

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

DIANA RAVAGNOLLI

**CLASSIFICAÇÃO DE BARRAGEM DE REJEITO SEGUNDO A
CATEGORIA DE RISCO E DANO POTENCIAL ASSOCIADO E
ANÁLISE CRÍTICA DE PASSAGENS DA LEGISLAÇÃO ATUAL DE
BARRAGENS**

BELÉM / PA

2020

DIANA RAVAGNOLLI

**CLASSIFICAÇÃO DE BARRAGEM DE REJEITO SEGUNDO A
CATEGORIA DE RISCO E DANO POTENCIAL ASSOCIADO E
ANÁLISE CRÍTICA DE PASSAGENS DA LEGISLAÇÃO ATUAL DE
BARRAGENS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Geociências da UFPA como
requisito básico para a obtenção do título de
especialista em Geologia de Minas e Técnicas em
Lavra a Céu Aberto

Orientadora: Profª Ma. Gisele Yamanouth

BELÉM-PA

2020

Ao Tchopo, meu amor pra sempre, bom demais para ser verdade.

e

À paz, ao verde e à energia de Bocaina, que me permitiram concluir esta monografia.

AGRADECIMENTOS

À Territorial São Paulo Mineração, pela autorização à utilização dos dados no presente estudo e por ser um exemplo no cumprimento da legislação de barragens;

À empresa MGA Mineração e Geologia Aplicada, pelo suporte na realização desse curso;

Aos Home(r) Officer's, equipe sensacional, e às nossas reuniões, que foram muito importantes nesse ano difícil;

Aos meus pais, meu porto seguro de sempre;

Às minhas alegrias, Ginno, Theo, Princesa, Dorfo, Tchopo (*in memoriam*) e Dóris;

Ao meu sobrinho, afilhado e amor da dinda, que aos 4 anos já tem uma coleção de "pedras" e ama dinossauros;

Aos meus amigos Beth, Danilo e Mauricio, pelo apoio na minha monografia;

À minha orientadora, professora Gisele, pela paciência e atenção.

“Os lugares mais sombrios do inferno são reservados àqueles
que se mantiveram neutros em épocas de crise moral.”

(Dante Alighieri)

RESUMO

A mineração representa um setor estratégico para o país, porém, por explorar recursos finitos e gerar resíduos, não se justifica como uma atividade sustentável em sua essência. Muitos empreendimentos minerários contam com barragens para dispor seus rejeitos, e os recentes acidentes tem gerado uma onda de preocupação em relação à segurança destas estruturas. Nesta perspectiva, o presente estudo detalhou a legislação vigente sobre barragens de rejeitos de mineração, o que serviu como embasamento para a classificação quanto à Categoria de Risco (CRI) e ao Dano Potencial Associado (DPA) do barramento da empresa Territorial São Paulo Mineração Ltda, empreendimento minerário que produz pedra britada, situada no município de São Paulo, Estado de São Paulo. Este trabalho também apresentou uma análise crítica de quatro passagens da legislação, a qual apontou para dois resultados principais: a necessidade de refinamento da forma de classificação quanto à CRI e ao DPA e a urgência de uma participação ativa da Agência Nacional de Mineração - ANM quando se trata de segurança de barragens. Também foi abordada uma proposta de estudo futuro, para readequação do atual sistema de classificação das barragens quanto à CRI e ao DPA, com determinação dos parâmetros mais relevantes e de pesos que reflitam essa hierarquização, considerando a existência de estruturas com características muito diversas.

Palavras-chave: Barragens de rejeito, Classificação de barragens de rejeito, Legislação de barragens de rejeito, Categoria de Risco, Dano Potencial Associado.

ABSTRACT

The mining sector is a strategic segment of Brazil's economy. However, given that it is based on the exploration of finite resources and its operation generates waste, it is not considered a sustainable activity in its essence. Many mining sites contain tailing dams, and recent accidents resulting from the rupture of these structures have triggered concerns about their safety. This study provides an analysis of the current legal framework that served as the foundation for the Classification of Risk Category (CRI) and the Potential Associated Damage (DPA) of the tailing dam of Territorial São Paulo Mineração Ltda, a mining enterprise that produces stone gravel in the city of São Paulo, SP. This work also presents a critical analysis of four excerpts of the legal acts, that lead to two main results: the need to refine the classification regarding CRI and DPA and the urgency of more active participation by Agência Nacional de Mineração - ANM when it comes to the safety of dams. The conclusion of this monograph proposes a future study to readjust the current system of classification of dams in terms of CRI and DPA, with the measurement of the most relevant parameters and attribution of levels of importance that reflect this hierarchy, considering the existence of structures that have distinct characteristics.

Keywords: Tailings dams, Tailings dams classification, Tailings dams legislation, Risk Category, Associated Potential Damage.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Etapas desenvolvidas neste estudo.....	27
Figura 2 - Localização da área de estudo	29
Figura 3 - Mapa geológico regional	31
Figura 4 - Mapa geológico local	33
Figura 5 - Acessos à mina e localização da barragem no empreendimento	36
Figura 6 - Fluxograma das operações da Territorial São Paulo Mineração Ltda....	38
Figura 7 - Barragem de rejeitos da Territorial São Paulo e suas principais estruturas.	40
Figura 8 - Barragem de rejeitos da Territorial São Paulo em plena atividade (10/07/2017) e em processo de descomissionamento (23/08/2020).....	42
Figura 9 - Crista do barramento, com 160 metros de extensão.	44
Figura 10 - Vista geral da barragem construída por alteamento a jusante, com crista de 25 metros de altura	44
Figura 11 - Medidor de nível d'água instalado no maciço da barragem.	45
Figura 12 - Piezômetro instalado conforme instrumentação da barragem.	45
Figura 13 - Estrutura de drenagem com canaletas bem mantidas e ao fundo instrumentos de monitoramento e medição.....	48
Figura 14 - Escada hidráulica ligada a sistema extravasor em excelentes condições	48
Figura 15 - Não existem deformações, recalques e nem sinais de deterioração nos taludes.....	49
Figura 16 - Os taludes são sempre podados para mantê-los livres de qualquer tipo de vegetação.....	49
Figura 17 - Caminho da mancha de inundação, onde existe ocupação permanente de pessoas.....	53

Figura 18 - Comparação entre as barragens de rejeito da Territorial São Paulo e da Mina Córrego do Feijão.....	57
Figura 19 - Comparação entre as cavas da Territorial São Paulo e da Mina Córrego do Feijão	58
Figura 20 - SIGBM Público disponível no site da ANM para consulta sobre as barragens de rejeito.	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação em relação à Categoria de Risco.	24
Tabela 2 - Comparação das barragens da Territorial São Paulo e da Mina Córrego do Feijão, situada em Brumadinho (MG).....	57
Tabela 3 - Pontuação para cada método construtivo, de acordo com o Quadro 2 do Anexo V da Portaria DNPM 70.389/2017.....	62
Tabela 4 - Pontuação para classificação de barragem conforme a Categoria de Risco.	66
Tabela 5 - Pontuação para classificação de barragem conforme o Dano Potencial Associado.....	66

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Quadro de classificação quanto à Categoria de Risco e ao Dano Potencial Associado, nas classes A, B, C, D e E	18
Quadro 2 - Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco - 1.1 - Características Técnicas (CT).....	46
Quadro 3 - Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco - 1.2 - Estado de Conservação - EC	47
Quadro 4 - Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco - 1.3 - Plano de Segurança da Barragem - OS.....	50
Quadro 5 - Classificação quanto ao DPA.....	52
Quadro 6 - Classificação para barragens de mineração (1 - Risco).....	53
Quadro 7 - Classificação para barragens de mineração (2 - Dano)	54
Quadro 8 - Classificação de Categoria de Risco e Dano Potencial Associado	55

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1. LEGISLAÇÃO ATUAL SOBRE BARRAGENS	15
3.1.1. <i>Lei 12.334/2010 - Política Nacional de Segurança de Barragens</i>	16
3.1.2. <i>Portaria DNPM 70.389/2017</i>	17
3.1.3. <i>Resolução 13/2019</i>	20
3.1.4. <i>Resolução ANM 32/2020</i>	21
3.1.5. <i>Resolução ANM 40/2020</i>	22
3.1.6. <i>Lei 14.066/2020</i>	22
3.2. SOBRE A CLASSIFICAÇÃO DE BARRAGENS DE REJEITOS EM CATEGORIA DE RISCO E DANO POTENCIAL ASSOCIADO.....	23
4. METODOLOGIA	26
5. APRESENTAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	28
5.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	28
5.2. GEOLOGIA REGIONAL	30
5.3. GEOLOGIA LOCAL.....	32
5.3.1. <i>Grupo Serra do Itaberaba</i>	32
5.3.2. <i>Granito Cantareira</i>	34
5.3.3. <i>Granito Taipas</i>	34
5.4. MINA DA TERRITORIAL SÃO PAULO.....	35
5.5. MÉTODOS DE LAVRA E BENEFICIAMENTO.....	35
5.6. PROCESSOS ANM ASSOCIADOS AO BARRAMENTO	39
5.7. BARRAGEM DE REJEITOS DA MINA TERRITORIAL SÃO PAULO	40
6. CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM DE REJEITOS DA MINA TERRITORIAL SÃO PAULO QUANTO À CRI E AO DPA	43
7. ANÁLISE CRÍTICA SOBRE PASSAGENS DA ATUAL LEGISLAÇÃO DE BARRAGENS	55
7.1. CRITÉRIOS PARA CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO DANO POTENCIAL ASSOCIADO	56
7.2. EFETIVIDADE DO AUTOMONITORAMENTO	58
7.3. PESO DO MÉTODO CONSTRUTIVO NA CLASSIFICAÇÃO DA CATEGORIA DE RISCO.....	61
7.4. OBRIGATORIEDADE DA APRESENTAÇÃO DE PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA TODAS AS BARRAGENS DE MINERAÇÃO.....	63
8. SUGESTÃO DE ESTUDO FUTURO	65
9. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
REFERÊNCIAS	69

1. INTRODUÇÃO

A atividade de mineração é considerada como indispensável à manutenção da evolução econômica dos países mais desenvolvidos e essencial à continuidade da evolução daqueles que estão ainda em fase de atingir sua maturidade econômica. É geradora de produtos essenciais para o mercado e para a sociedade moderna, sendo, assim, essencial ao mercado econômico.

Apesar dos seus aspectos favoráveis, o fato de ser uma atividade que explora recursos naturais finitos faz com que não se confirme como uma atividade sustentável em sua essência, cabendo, assim, um planejamento efetivo em todas as suas fases.

A despeito de sua importância, a mineração nunca foi uma atividade econômica popular. Entretanto, mais recentemente, vem sendo alvo de muitas polêmicas, tanto por parte da mídia quanto por parte da sociedade, não somente pelo impacto visual causado pelas cavas, mas também, e principalmente, devido aos casos em que há barragens de rejeito associadas à mineração.

Em empreendimentos em que há geração de rejeitos, ou seja, resíduos sólidos sem interesse comercial oriundos do beneficiamento, os mesmos precisam ser dispostos de forma econômica, sendo dispostos muitas vezes em barragens de rejeitos.

Uma barragem deve ser construída segundo critérios técnicos e geotécnicos com o objetivo de confinar o rejeito gerado durante o beneficiamento. Deve-se sempre considerar que cada barragem é uma obra particular, pois depende da forma de processamento do minério, do rejeito a ser depositado, das diferenças granulométricas, etc. Ainda, diferentemente de uma barragem de água para geração de energia elétrica, a maioria das barragens de mineração possui um processo gradativo de construção ao longo da vida útil da mina, podendo receber diversos alteamentos para comportar todo o rejeito gerado (MACHADO, 2007).

Estes sistemas de disposição de rejeitos exigem grande responsabilidade, pois, no caso de falhas, além de paralisar as atividades da mina afetando a produção, pode causar enormes catástrofes, com perdas de vidas, danos ao meio ambiente, destruição de cidades, dentre diversos outros prejuízos incalculáveis.

Neste contexto, este trabalho demonstrará a forma de classificação de uma barragem de rejeitos de mineração quanto à Categoria de Risco e ao Dano Potencial Associado, conforme os preceitos da Política Nacional de Segurança de Barragens (Lei nº 12.334/2010) e da Portaria DNPM 70.389/2017, visto que esta é a etapa inicial para se determinar as demais obrigações e prazos a serem cumpridos.

Também, este trabalho desenvolverá uma análise crítica de algumas passagens da atual legislação sobre barragens e, com base nestas reflexões, será proposto um escopo de estudo futuro.

Para alcançar estes objetivos, o Capítulo 2 apresenta uma abrangente revisão bibliográfica da atual legislação brasileira sobre barragens, contextualizando a classificação que será realizada adiante, bem como a análise crítica. Serão descritos o dano potencial associado e a categoria de risco e será demonstrado como se procede ao enquadramento de uma barragem segundo estes parâmetros.

O Capítulo 3 detalha a metodologia desenvolvida nesta monografia, que segue, então, no Capítulo 4, com a apresentação da área de estudo, onde se situa a barragem da Territorial São Paulo Mineração, sua localização, geologia regional e local, características da mina, métodos de lavra e beneficiamento, processos ANM associados e descrição da sua barragem de rejeito.

Os resultados do presente trabalho são revelados a partir do Capítulo 5, no qual é realizada a classificação da barragem de rejeitos da Territorial São Paulo Mineração com base em seus atributos e a pontuação que os mesmos recebem de acordo com os Quadros 2 a 5 do Anexo V da Portaria DNPM 70.389/2017.

Tendo como embasamento a revisão bibliográfica apresentada e a situação vivenciada pelo país com a catástrofe relacionada à barragem de Brumadinho/MG, no Capítulo 6 são expostas análises críticas de passagens da atual legislação.

Finalmente, considerando o padrão atual de classificação de barragens e as críticas ora apresentadas, finaliza-se a apresentação dos resultados com uma sugestão de estudo futuro, minudenciada no Capítulo 7, para que seja proposta nova forma de classificação, com mais subdivisões para o Dano Potencial Associado e Categoria de Risco, que considere melhor as particularidades de cada barragem.

Constam no Capítulo 8 as conclusões obtidas no estudo realizado e as considerações finais da presente monografia.

2. OBJETIVOS

Como objetivo geral deste trabalho tem-se a apresentação da legislação minerária sobre barragens de rejeitos e dos conceitos de Categoria de Risco e Dano Potencial Associado, bem como a demonstração sobre como devem ser classificados os barramentos de acordo com tais parâmetros.

O objetivo específico será a aplicação da teoria na realização da classificação da barragem de mineração da empresa Territorial São Paulo Mineração Ltda, em relação à Categoria de Risco e ao Dano Potencial Associado, de acordo com o Anexo V da Portaria DNPM 70.389/2017. Ainda, com base em todos os conceitos apresentados, objetiva-se realizar a análise crítica da legislação de barragem em relação à realidade do ramo da mineração de agregados para construção civil.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A legislação brasileira sobre barragens de mineração é relativamente recente e sua criação e modificação foram impulsionadas pelas graves tragédias ocorridas no país.

Neste compêndio, este item buscará apresentar a revisão da bibliografia mais relevante no que compete à legislação vigente sobre barragens, mais especificamente no que concerne ao tema deste trabalho, de forma a embasar o desenvolvimento do estudo.

3.1. Legislação atual sobre barragens

Atualmente, a regulamentação das barragens de mineração brasileiras é regida, principalmente, pela Lei 12.334/2010, modificada recentemente pela Lei 14.066/2020, e pela Portaria DNPM 70.389/2017. Neste capítulo serão também discutidas as disposições das Resoluções ANM 13/2019, 32/2020 e 40/2020.

3.1.1. Lei 12.334/2010 - Política Nacional de Segurança de Barragens

A Lei 12.334/10 estabeleceu a Política Nacional de Segurança de Barragens e criou o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens.

A PNSB - Política Nacional de Segurança de Barragens aplica-se às estruturas destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, mas que apresentem pelo menos uma das seguintes características:

I - altura do maciço, medida do encontro do pé do talude de jusante com o nível do solo até a crista de coroamento do barramento, maior ou igual a 15 metros (alterado pela Lei 14.066/2020);

II - capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000 m³;

III - reservatório que contenha resíduos perigosos;

IV - categoria de Dano Potencial Associado médio ou alto;

V - categoria de risco alto, a critério do órgão fiscalizador (incluído pela Lei 14.066/2020).

O objetivo da PNSB foi criar uma política pública e um sistema de integração dos diversos órgãos e entes federativos no intuito de assegurar a integridade das barragens, de maneira a proteger os seres humanos que delas dependam ou que vivam no seu entorno, bem como o próprio meio ambiente.

A Seção I, mais especificamente o Artigo 7º, dispõe sobre a classificação das barragens, que deve ser realizada pelos agentes fiscalizadores, por categoria de risco, por dano potencial associado e pelo seu volume, com base em critérios gerais estabelecidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). Essa classificação veio a ser formalizada pela Resolução CNRH 143/2012.

Nas demais seções são tratadas questões que tangem ao Plano de Segurança de Barragens, ao SNISB - Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e às competências do órgão fiscalizador e dos empreendedores.

3.1.2. Portaria DNPM 70.389/2017

De acordo com a Portaria DNPM 70.389/2017, Barragens de Mineração são todas as *“barragens, barramentos, diques, cavas com barramentos construídos, associados às atividades desenvolvidas com base em direito minerário, construídos em cota superior à da topografia original do terreno, utilizados em caráter temporário ou definitivo para fins de contenção, acumulação, decantação ou descarga de rejeitos de mineração ou de sedimentos provenientes de atividades de mineração com ou sem captação de água associada, compreendendo a estrutura do barramento e suas estruturas associadas, excluindo-se deste conceito as barragens de contenção de resíduos industriais”*.

Note-se que, para enquadrar-se como barragem de mineração, conforme disposições do inciso II do Art. 2º desta portaria, as estruturas devem estar *“associadas às atividades desenvolvidas com base em direito minerário”* e, ainda, ser *“construídas em cota superior à da topografia original do terreno”*.

As barragens podem ser divididas inicialmente em duas classes, aquelas que estão inseridas na Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e as que não estão. Assim, de acordo com o parágrafo único do Art. 1º da Portaria DNPM 70.389/2017, *“à exceção do Capítulo I, o qual se aplica a toda e qualquer barragem de mineração, os demais dispositivos desta portaria aplicam-se às Barragens de Mineração abrangidas pela PNSB”*, ou seja, barragens que apresentem pelo menos uma das quatro características elencadas pelo Artigo 1º da Lei 12.334/10.

Dadas estas prerrogativas, de acordo com o Capítulo I, é obrigação do titular do empreendimento minerário que contenha qualquer barragem de mineração:

I. Cadastrar as suas barragens no Sistema Integrado de Gestão de Segurança de Barragens de Mineração (SIGBM) antes de seu primeiro enchimento;

II. Elaborar um mapa de inundação, de acordo com os prazos e parâmetros definidos no Art. 6º;

III. Implantar um sistema de monitoramento, que variará, em sua complexidade, de acordo com o seu Dano Potencial Associado (DPA).

O Artigo 5º traz um dos aspectos mais importantes da Portaria DNPM 70.389/2017: enquadramento das barragens de acordo com o quadro de

classificação do Anexo I, quanto à Categoria de Risco e ao Dano Potencial Associado, nas classes A, B, C, D e E, como ilustra o Quadro 1.

Quadro 1 - Quadro de classificação quanto à Categoria de Risco e ao Dano Potencial Associado, nas classes A, B, C, D e E.

CATEGORIA DE RISCO	DANO POTENCIAL ASSOCIADO		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	C
MÉDIO	B	C	D
BAIXO	C	D	E

Fonte: Anexo I da Portaria DNPM 70.389/2017

O Artigo 5º aponta para a necessidade do titular conhecer as características técnicas e o estado de conservação de sua barragem, bem como os danos que podem ocorrer devido ao seu rompimento ou mau funcionamento, a fim de inseri-las no SIGBM e classificá-las quanto ao seu Dano Potencial Associado (DPA) e a sua Categoria de Risco (CRI).

Estes dois parâmetros são balizadores essenciais para entender em qual categoria a barragem está inserida e quais são as obrigações decorrentes previstas na norma legal. A matriz para pontuação da estrutura visando à classificação do DPA e do CRI, conforme as características da barragem, consta do Anexo V da Portaria 70.389/2017 e será mostrada mais adiante, quando do enquadramento da barragem de rejeitos da Territorial São Paulo.

A partir do Capítulo II, a portaria segue com disposições apenas para as barragens que estão inseridas na Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). Os Arts. 8º e 9º regem sobre a necessidade de o titular possuir um Plano de Segurança da Barragem (PSB). Além disso, para as barragens construídas antes da promulgação da Política Nacional de Segurança de Barragens e que não possuam o projeto “*as built*”, deverá ser anexado ao PSB o projeto “*as is*”.

O Capítulo III da Portaria 70.389/2017 trata das ações a serem adotadas pelo empreendedor para Revisão Periódica de Segurança de Barragem (RPSB), das estruturas inseridas na PNSB. De forma geral, a RPSB deve complementar e

atualizar o Plano de Segurança da Barragem (PSB), conforme a periodicidade estabelecida pelo Art. 15 da portaria em função de seu DPA, quais sejam:

- I. DPA alto: revisão periódica a cada 3 (três) anos;
- II. DPA médio: revisão periódica a cada 5 (cinco) anos; e
- III. DPA baixo: revisão periódica a cada 7 (sete) anos.

O empreendedor também deve realizar Inspeções de Segurança Regulares, conforme disposições do Capítulo IV da Portaria 70.389/17, que incluem:

- a. Preencher, quinzenalmente, as Fichas de Inspeção Regular (FIR) e anexá-las no PSB;
- b. Preencher, quinzenalmente, o Extrato da Inspeção de Segurança Regular da Barragem no SIGBM; e
- c. Elaborar, semestralmente, o Relatório de Inspeção de Segurança Regular da Barragem (RISR) com a Declaração de Condição de Estabilidade (DCE), que deverá ser enviada à ANM por meio do SIGBM, entre 1º de março e 31 de março de cada ano, elaborado por equipe interna, e entre 1º e 31 de setembro de cada ano, elaborado por equipe externa.

Caso sejam detectadas anomalias na estrutura da barragem com pontuação igual a 10 em qualquer coluna do Quadro 3 - Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco, do Anexo V, devem ser realizadas Inspeções de Segurança Especiais (ISE), conforme regulamentação estabelecida no Capítulo V da portaria.

Segundo a Portaria 70.389/2017, o empreendedor deveria anexar ao PSB o Volume V, referente ao Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM), nas seguintes situações: i) caso possua DPA alto; ii) seja exigido pela ANM; ou iii) tenha DPA médio e o item "existência de população a jusante" atingir 10 pontos ou o item "impacto ambiental" atingir 10 pontos. Contudo, pelas recentes alterações trazidas pela Lei 14.066/2020, independentemente da classificação quanto ao dano potencial associado e ao risco, a elaboração do PAE é obrigatória para todas as barragens de rejeito de mineração.

A regulamentação do PAEBM está disposta no Capítulo VI da Portaria 70.389/2017, com destaque para a obrigatoriedade em entregar cópia do plano para as prefeituras e organismos de defesa civil e revisar o plano por ocasião da realização de cada RPSB.

Salienta-se que o não cumprimento das obrigações previstas nessa norma legal sujeita o infrator às penalidades estabelecidas no art. 10 da Resolução nº 7, de 11 de abril de 2019, e poderá acarretar interdições da barragem e do próprio empreendimento.

3.1.3. Resolução 13/2019

A Resolução 13, de 08 de agosto de 2019, também estabelece medidas regulatórias para as barragens de mineração, em especial àquelas construídas ou alteadas pelo método a montante ou por método declarado como desconhecido. A seguir apresentam-se em itens os principais artigos desta Resolução, seguido de suas obrigações:

- Art. 2º: *“Fica proibida a utilização do método de alteamento de barragens de mineração denominado "a montante" em todo o território nacional”;*
- Art. 3º e 4º: regulamentam a proibição em conceber, manter e operar nas localidades pertencentes à Zona de Autossalvamento (ZAS). Os artigos elencam quais são as estruturas proibidas e estabelecem prazos para a desativação e remoção das mesmas, destacando que o não atendimento a estes prazos implicará na interdição da estrutura;
- Art. 5º: estabelece que, independentemente do método construtivo adotado, deve-se calcular os fatores de segurança para as barragens de mineração inseridas na PNSB sendo exigido, para as análises de estabilidade e estudos de susceptibilidade à liquefação na condição não drenada, valor igual ou superior a 1,3 para resistência de pico;
- Art. 7º: estabelece que devem ser instalados sistemas automatizados de acionamento de sirenes, para as barragens que necessitam de PAEBM;

- Art. 8º: para as barragens com método de alteamento a montante ou por método declarado como desconhecido, o empreendedor deverá descaracterizar as estruturas conforme as etapas e prazos estabelecidos;
- Art. 10º: regulamenta a implementação de soluções voltadas à diminuição do aporte de água operacional nas barragens e seus prazos; e
- Art. 11º: deve-se evitar o aporte de água superficial e subterrânea no reservatório em desacordo com o projeto.

No caso de não atendimento, nos prazos fixados, das determinações estabelecidas, a Resolução 13/2019 dispõe que a ANM poderá adotar outras medidas acautelatórias, tais como interdição imediata de parte ou da integralidade das operações do empreendimento. Além disso, sujeitará o infrator às penalidades estabelecidas no art. 10 da Resolução nº 7, de 11 de abril de 2019. Salienta ainda que todos os estudos, projetos, relatórios e registros das obras relacionados a esta Resolução deverão ser anexados ao Plano de Segurança de Barragens (PSB).

3.1.4. Resolução ANM 32/2020

A Resolução ANM 32/2020 revogou o artigo 15 da Resolução ANM 13/2019 e alterou de forma significativa a Portaria DNPM 70.389/2017.

O Artigo 15 acima mencionado trazia alterações para a Portaria DNPM 70.389/2017, que foram incorporadas na nova resolução.

Uma importante mudança diz respeito ao conceito de barragem descaracterizada: para seu reconhecimento pela ANM, o minerador deverá abordar em seu projeto técnico de descaracterização uma série de itens e, somente após aprovação da Agência, a barragem será considerada descaracterizada.

O § único do artigo 5º, incluído pela resolução, prevê a elevação automática da classificação da barragem em Categoria de Risco para alta em algumas situações, como detecção de anomalias com pontuação 10 ou caso a Declaração de Condição de Estabilidade não seja entregue.

O artigo 6º traz para o empreendedor a obrigação de elaborar o mapa de inundação de acordo com uma série de critérios e com prazos específicos de acordo com o Dano Potencial Associado da barragem.

Ainda, determina que as barragens de mineração que necessitam ter Plano de Ação de Emergência devem contar com sistemas automatizados de acionamento de sirenes instaladas fora da mancha de inundação e outros mecanismos adequados ao eficiente alerta na Zona de Alto Salvamento.

3.1.5. Resolução ANM 40/2020

A Resolução 40/2020 deu nova redação ao Artigo 7º da Portaria DNPM 70.389/2017, em especial ao parágrafo segundo, com a inclusão da obrigação de implementação de sistema de monitoramento automatizado de instrumentação.

As demais disposições deste parágrafo permanecem iguais às da Portaria DNPM 70.389/2017, indicando que, para as barragens de mineração classificadas com DPA alto, existência de população a jusante com pontuação 10 e características técnicas com método construtivo contendo pontuação 10, o sistema de monitoramento deve ser adequado à complexidade da estrutura, com acompanhamento em tempo real e período integral.

3.1.6. Lei 14.066/2020

Essa lei foi publicada em 01/10/2020 e trouxe importantes alterações na legislação sobre barragens, com alterações e inclusões de artigos na Política Nacional de Segurança de Barragens (Lei nº 12.334/2010) e no Código de Mineração (Decreto-Lei nº 227/1967).

A seguir, serão apontadas as principais mudanças trazidas por esta lei, sob a óptica deste estudo:

- Introdução de um quinto item como critério de inclusão de barragens na Política Nacional de Segurança de Barragens: Categoria de Risco alto, a ser definido a critério do órgão fiscalizador;

- Obrigatoriedade de elaboração do Plano de Ação de Emergência para todas as barragens de rejeito de mineração, mesmo as não incluídas na PNSB;
- O empreendedor deve concluir a descaracterização da barragem construída ou alteada pelo método a montante até 25 de fevereiro de 2022;
- Alterações no processo administrativo (e suas sanções) para o caso de infrações, com multas que variam de R\$ 2 mil a R\$ 1 bilhão;
- A classificação por Categoria de Risco deverá considerar também o método construtivo e a idade da barragem, além de critérios a serem estabelecidos pelo órgão fiscalizador, o que representa menor segurança para o empreendedor, que terá a classificação de suas barragens alterada por critérios não previstos em lei;
- O Plano de Ação de Emergência deverá estar disponível no site do empreendedor e ser mantido, em meio digital, no SNISB e, em meio físico, no empreendimento, nos órgãos de proteção e defesa civil dos municípios inseridos no mapa de inundação ou, na inexistência desses órgãos, na prefeitura municipal.

Devido às alterações trazidas por esta lei, as demais normas legais sobre barragens precisarão ser adequadas, como a Portaria DNPM 70.389/2017 e a Resolução CNRH 143/2012.

3.2. Sobre a Classificação de Barragens de Rejeitos em Categoria de Risco e Dano Potencial Associado

A Lei nº 12.334/2010, mais conhecida como Política Nacional de Segurança de Barragens, em seu art. 7º atribuiu ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) a competência de estabelecer critérios gerais de classificação das barragens por categoria de risco, dano potencial associado e volume.

Assim, através da Resolução 143, de 10 de julho de 2012 (CNRH, 2012), foi criado o sistema de classificação de barragens por CRI e DPA.

De acordo com o Art. 3º da Resolução 143/2012, as barragens serão classificadas pelos agentes fiscalizadores por categoria de risco, dano potencial associado e pelo seu volume, com base em critérios gerais estabelecidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH).

A Seção I diz respeito à classificação em relação à Categoria de Risco, que deve levar em conta aspectos da própria barragem que possam influenciar na possibilidade de ocorrência de acidentes, considerando os seguintes critérios gerais, que devem receber pontuação máxima caso o empreendedor não apresente informações sobre o mesmo, conforme Tabela 1.

Os critérios para a classificação das barragens quanto ao Dano Potencial Associado constam da Seção II e devem considerar o uso e ocupação atual do solo.

Tabela 1 - Classificação em relação à Categoria de Risco.

I. Características técnicas	II. Estado de conservação da barragem	III. Plano de Segurança da Barragem
i. Altura do barramento	i. Confiabilidade das estruturas extravasoras	i. Existência de documentação de projeto
ii. Comprimento do coroamento da barragem	ii. Confiabilidade das estruturas de captação	ii. Estrutura organizacional e qualificação da equipe técnica de segurança da barragem
iii. Tipo de barragem quanto ao material de construção	iii. Eclusa	iii. Procedimentos de inspeções de segurança e de monitoramento
iv. Tipo de fundação da barragem	iv. Percolação	iv. Regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem
v. Idade da barragem	v. Deformações e recalques	v. Relatórios de inspeção de segurança com análise e interpretação
vi. Tempo de recorrência da vazão de projeto do vertedouro	vi. Deterioração dos taludes	

Fonte: Resolução 143/2012

Da mesma forma que ocorre na classificação quanto ao CRI, se o empreendedor não apresentar informações sobre algum critério, o mesmo recebe pontuação máxima:

- I- existência de unidades habitacionais ou equipamentos urbanos ou comunitários;
- II- existência de infraestrutura ou serviços;
- III- existência de equipamentos de serviços públicos essenciais;

- IV- existência de áreas protegidas definidas em legislação;
- V- natureza dos rejeitos ou resíduos armazenados;
- VI- volume.

Em relação ao volume do reservatório, o Art. 6º, na Seção III, traz a seguinte categorização:

- I- muito pequeno: reservatório com volume total inferior ou igual a 500 mil metros cúbicos;
- II- pequena: reservatório com volume total superior a 500 mil metros cúbicos e inferior ou igual a 5 milhões de metros cúbicos;
- III- média: reservatório com volume total superior a 5 milhões de metros cúbicos e inferior ou igual ou inferior a 25 milhões de metros cúbicos;
- IV- grande: reservatório com volume total superior a 25 milhões e inferior ou igual a 50 milhões de metros cúbicos;
- V- muito grande: reservatório com volume total superior a 50 milhões de metros cúbicos.

Nos Anexo I da Resolução 143/2012 constam os quadros para a classificação das barragens de rejeito por categoria de risco, dano potencial associado e volume, que foram reproduzidos no Anexo V da Portaria DNPM 70.389/2017.

Segundo a Portaria DNPM 70.389/2017, a definição de CRI e DPA se dá nos seguintes termos:

Categoria de Risco - CRI: *“classificação da barragem de acordo com os aspectos que possam influenciar na possibilidade de ocorrência de acidente, levando-se em conta as características técnicas, o estado de conservação e o Plano de Segurança da Barragem”.*

Dano Potencial Associado - DPA: *“dano que pode ocorrer devido ao rompimento ou mau funcionamento de uma barragem, independentemente da sua probabilidade de ocorrência, a ser graduado de acordo com as perdas de vidas humanas, impactos sociais, econômicos e ambientais”.*

Vale ressaltar que devem estar destacados no Plano de Segurança da Barragem a Categoria de Risco, o Dano Potencial Associado e a declaração de

condição de estabilidade, além dos demais documentos requeridos pela legislação específica para o funcionamento da barragem.

Além disso, a correta classificação do Dano Potencial Associado é de extrema importância para o Plano de Segurança da Barragem, pois determina a periodicidade da Revisão Periódica de Segurança de Barragem (RPSB) e do vídeo-monitoramento no caso de DPA alto.

4. METODOLOGIA

Para atingir os objetivos deste estudo, foi necessária a execução de oito etapas consecutivas, cuja concretização da etapa antecedente permitiu o avanço para a etapa posterior. A Figura 1 demonstra as etapas desenvolvidas para a conclusão desta monografia, organizadas conforme o fluxograma que segue.

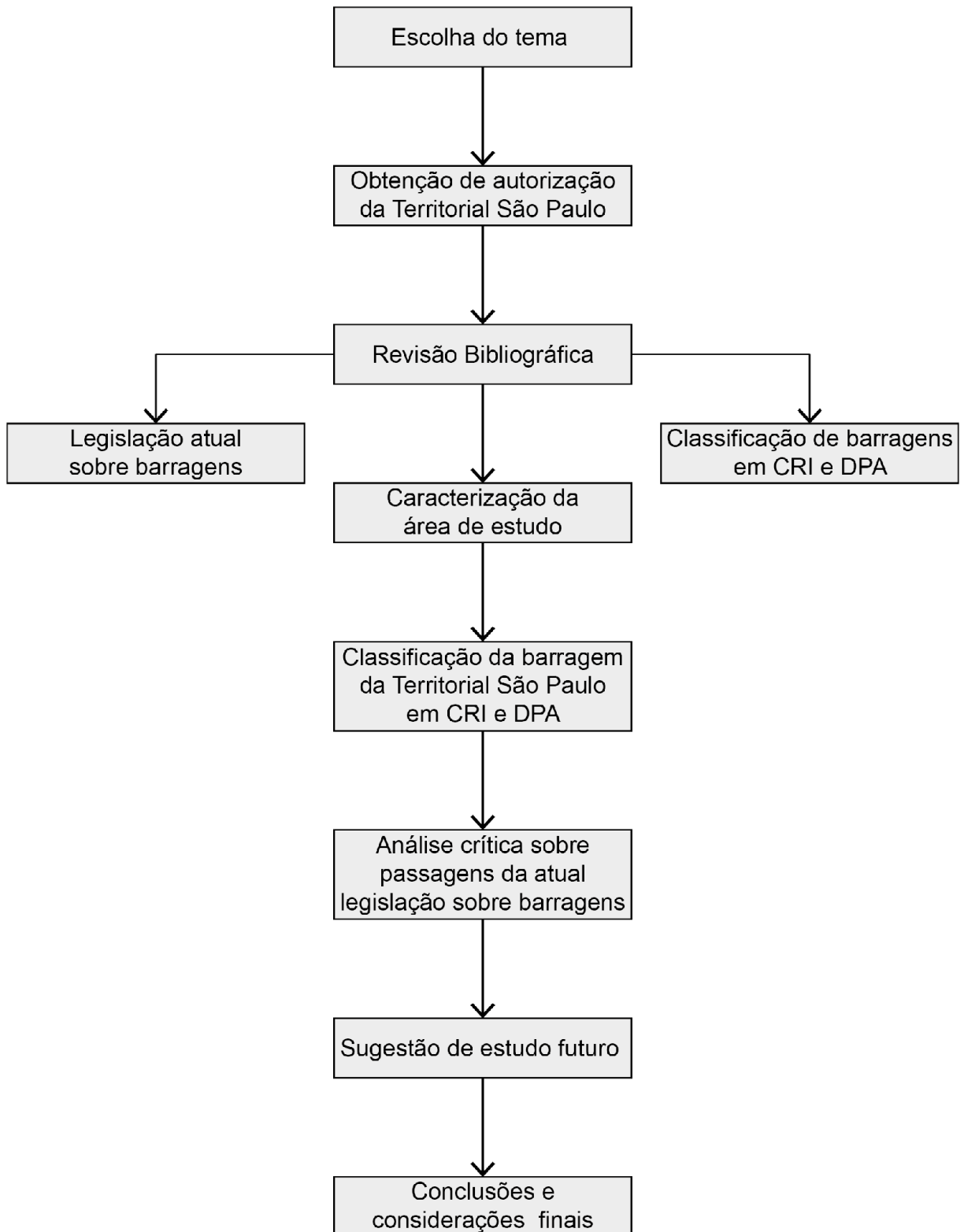
A primeira etapa referiu-se à escolha do tema, “classificação de barragem de mineração”, que, no presente caso, ocorreu devido à sua crescente importância no cenário nacional e à necessidade de melhores estudos para evitar acidentes.

A segunda etapa foi buscar junto à Territorial São Paulo a autorização para utilização de sua barragem como modelo para o presente trabalho. Registra-se que a empresa anuiu com a utilização de todos os dados disponíveis referentes à mina e ao barramento, bem como informações das campanhas de monitoramento, fotos, imagens, plantas, etc.

Devido à pandemia da Covid-19, não foi possível realizar trabalhos de campo para coleta de dados primários. Contudo, como a empresa Territorial São Paulo possui consultoria especializada nas áreas de mineração e meio ambiente, bem como na área de geotecnia e segurança de barragens, realizando todos os estudos necessários para atendimento da legislação e dos prazos legais, as informações necessárias ao presente estudo estavam disponíveis.

A terceira etapa consistiu em uma revisão bibliográfica que abrangeu o levantamento dos principais aspectos da legislação brasileira vigente sobre barragens de rejeitos, sendo utilizadas como principais fontes de pesquisa os sites da Agência Nacional de Mineração (ANM) e da Agência Nacional de Águas (ANA).

Figura 1 - Etapas desenvolvidas neste estudo



Sequencialmente, na etapa quatro a área de estudo foi caracterizada com o intuito de contextualizar a Territorial São Paulo no meio em que se insere, visando fornecer dados relevantes para as próximas fases do estudo. Além disso, através de informações fornecidas pela empresa, como métodos de lavra e beneficiamento, foi possível descrever o tipo de rejeito e dados técnicos da barragem.

O início da exposição dos resultados se deu na etapa cinco, com a classificação do barramento através de dados fornecidos pela empresa Territorial São Paulo (fotos e dados de campo), que foram cruzados com os quadros do Anexo V da Portaria DNPM 70.389/2017 para obtenção de pontuações.

Na sequência, desenvolveu-se a sexta etapa, em que foi manifestada opinião a respeito de quatro trechos da legislação sobre barragens, conduzida com base na legislação vigente e na recente tragédia ocorrida em Brumadinho/MG.

Considerando o estudo desenvolvido, no qual constatou-se que a atual forma de classificação de barragens não abarca todas as especificidades existentes, a sétima etapa foi voltada à proposição de um estudo futuro que considere com maior detalhe as características de cada barramento e empreendimento. Encerrando essa monografia, na etapa oito foram expostas as conclusões e principais considerações deste estudo.

5. APRESENTAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende a barragem de rejeitos da empresa Territorial São Paulo Mineração Ltda, que era utilizada para a decantação de rejeitos e captação de água para o processo de decapeamento de rocha para a produção de areia para a construção civil. Atualmente, está desativada e não recebe mais rejeitos de mineração desde março de 2018.

5.1. Localização da área de estudo

A barragem de rejeitos objeto deste trabalho situa-se na região norte do município de São Paulo, Estado de São Paulo, na Região Metropolitana homônima.

Com sua economia voltada principalmente ao setor de serviços, correspondendo a mais de 85% do total do Valor Adicionado do PIB, a Região Metropolitana de São Paulo é o maior polo de riqueza nacional, concentrando a maioria das sedes brasileiras que representam os mais importantes complexos industriais, comerciais e, principalmente, financeiros do país.

O Produto Interno Bruto (PIB) registrado em 2017 foi superior a R\$ 1 bilhão, o que é equivalente a 55% do total nacional (SEADE, 2020). Além disso, a região é um entroncamento das mais importantes rodovias, privilegiada com serviços sofisticados de alta qualidade para atender as mais diversas empresas instaladas em seu território.

A Figura 2 apresenta a localização da área de estudo em relação à Região Metropolitana de São Paulo.

Figura 2 - Localização da área de estudo em relação à Região Metropolitana de São Paulo.



Fonte: modificado de Lencioni, 2008.

5.2. Geologia Regional

A barragem de rejeitos da Territorial São Paulo, de acordo com CPRM (2006) e Heilbron *et al.* (2004), está inserida na Província Mantiqueira, que representa um sistema orogênico neoproterozoico na forma de uma faixa alongada com cerca de 3.000 km de direção NW-SE (Figura 3), ao longo da costa atlântica, de Montevidéu (Uruguai) ao sul da Bahia.

É integrada por uma sucessão de cinturões de “empurrão e dobramento” controlados por distintos sistemas transpressivos de cavalgamento em direção às margens dos crátons São Francisco e Rio de La Plata/Paraná, chamados sistemas orogênicos brasileiros.

Está limitada a oeste pelo Cráton São Francisco e pelo Bloco Paranapanema, com a extremidade sul limítrofe ao Cinturão Brasília e a leste com a Província Margem Continental Leste (Hasui, 2012).

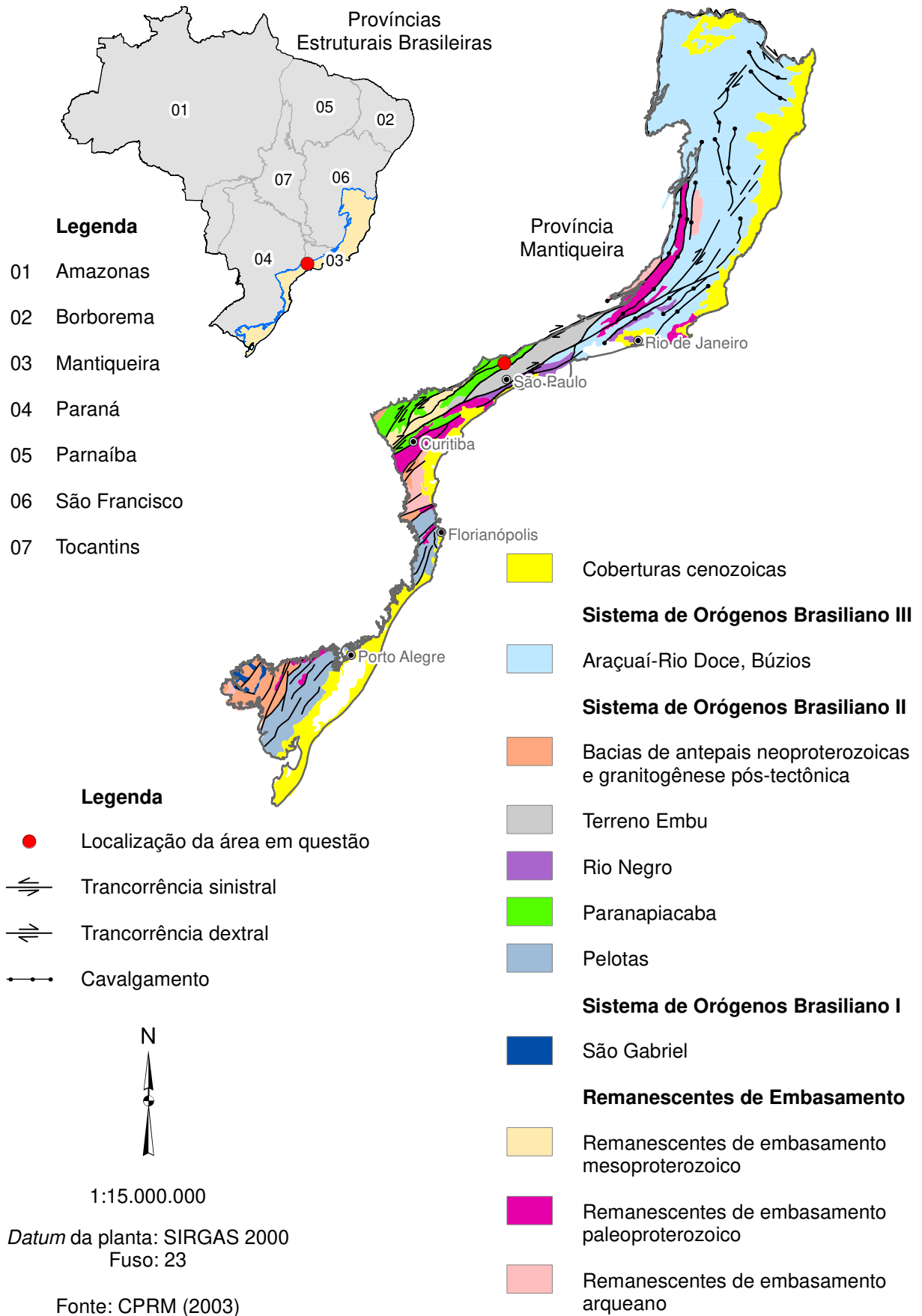
Contido no Sistema Mantiqueira se encontra o Cinturão Ribeira (Hasui, 2010). Este consiste em um largo domínio crustal paralelo à linha de costa do sudoeste brasileiro, cujas litologias sofreram metamorfismo de fácies xisto verde superior a granulito e deformação em decorrência da Orogenia Brasileira (~ 600 Ma), que marca a colisão com o continente Africano. Por conta disso, o Cinturão Ribeira é controlado por um sistema de cisalhamento transcorrente dextral (Campanha *et al.*, 2015), com presença de diversos corpos graníticos intrusivos.

O embasamento cristalino que compõe o Cinturão Ribeira possui intensa complexidade estrutural e litológica decorrente da superposição de estruturas geológicas e das diversas trajetórias metamórficas, geradas pela orogenia que afetou esta sucessão.

O arcabouço geotectônico brasileiro contém sucessões tectono-estratigráficas mistas de depósitos de margens continentais rifteadas, restos imbricados de crosta oceânica e sucessões diacrônicas de arcos magmáticos acrescidos datados de 950 a 520 Ma. Guarda ainda imbricações de remanescentes retrabalhados de embasamento arqueano, mesoproterozoico e paleoproterozoico.

A Província Mantiqueira, também conhecida como Sistema Orogênico Mantiqueira, pode ser dividida em três segmentos (Heilbron *et al.*, 2004), setentrional, central e meridional, sendo que a área de estudo se localiza no Setor Central.

Figura 3 - Mapa geológico regional



5.3 Geologia Local

Na Região Metropolitana de São Paulo ocorrem diversos corpos graníticos designados por Suítes Graníticas, intrudidos nos micaxistos e migmatitos dos terrenos Embu e Paranapiacaba. São corpos de diferentes tamanhos, desde batólitos a pequenos stocks.

Segundo Hasui *et al.* (1978) estas rochas são de origens sin-tectônica e pós-tectônica. Conforme Hasui & Carneiro (1980), as rochas granitoides que ocorrem na Região Metropolitana de São Paulo constituem batólitos que sustentam relevos de topografia elevada, tais como nas serras da Cantareira, Itaquí, Itapeti e Caucaia, onde ocorrem os mais extensos corpos granitoides.

Podem-se observar tipos bastante diversificados textural, composicional e mineralogicamente. O tipo mais comum é o granito-gnássico, com foliação concordante ao trend regional, possuindo granulação fina a média, composição granítica a granodiorítica e ocorrência significativa de megacristais de feldspato potássico, oriundos de metamorfose tardia, conferindo à rocha caráter porfiroide.

Localmente, de acordo com CPRM (2010), a barragem da Territorial São Paulo se situa em local onde afloram rochas das unidades Grupo Serra do Itaberaba, Granito Taipas e Granito Cantareira (Figura 4).

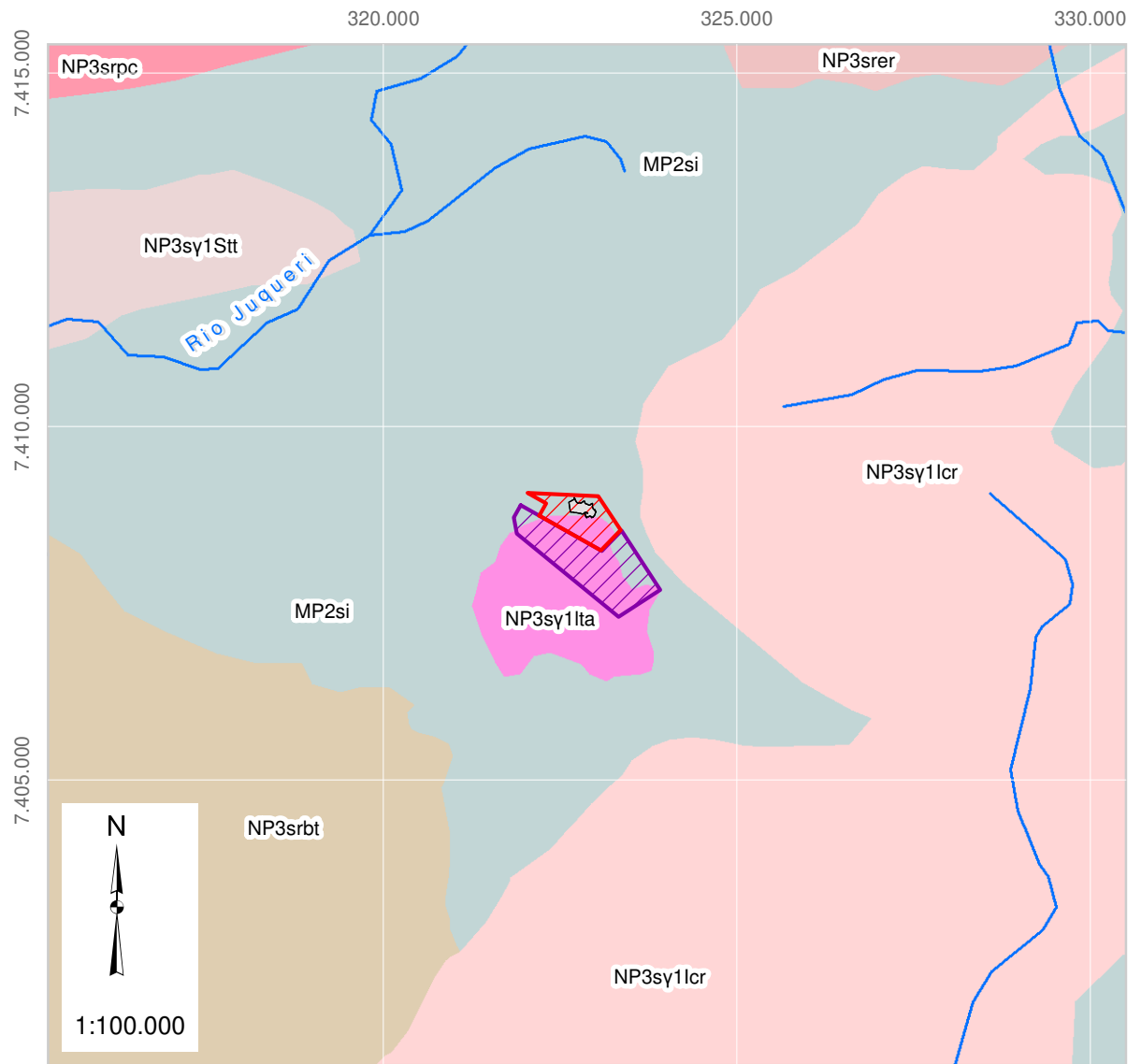
Na mina da empresa, observa-se um granito róseo, de granulação fina a grossa e estrutura maciça, com estruturas foliares em escala de afloramento.

5.3.1 Grupo Serra do Itaberaba

O Grupo Serra do Itaberaba abriga metassedimentos de natureza diversificada e metavulcânicas básicas. Na região pesquisada foram descritos ortoanfibolitos, intrusões graníticas, metavulcânicas básicas, rochas calciossilicáticas e intercalações de filitos, metarenitos e metaconglomerados (SVMA & SEMPLA, 2002).

Segundo Juliani *et al.* 2000 (*apud* Hasui, 2012), esta unidade teve os protolitos gerados em contexto de dorsal e bacia oceânica, indicada por basaltos de tipo *MORB*.

Figura 4 - Mapa geológico local



Fonte: CPRM (2010)

Datum da planta: SIRGAS 2000 / Fuso: 23

Legenda

- Cursos hídricos
- Processo ANM n° 8.220/1941
- Processo ANM n° 6.174/1946
- Barragem de rejeitos
- NP3srer Grupo São Roque, Formação Estradas dos Romeiros
- NP3srpc Grupo São Roque, Formação Pirapora do Bom Jesus, unidade carbonática
- NP3srbt Grupo São Roque, Formação Boturutu
- NP3sy1lcr Granito Cantareira
- NP3sy1lta Granito Taipas
- NP3sy1Stt Granito Tico-Tico
- MP2si Grupo Serra do Itaberaba

O metamorfismo foi de baixo a médio graus e a deformação se deu por tectônica de cavalgamento e transcorrente. Essa unidade serviu de embasamento para o pacote metavulcanossedimentar do Grupo São Roque.

O Grupo Serra do Itaberaba foi definido por Juliani et al. em 1986 (*apud* CPRM, 2006) e representa uma sequência metavulcanossedimentar de idade mesoproterozoica, composta pelas formações Morro da Pedra Preta, Nhanguçu e Pirucaia.

5.3.2 Granito Cantareira

De acordo com Ponçano (1981), a Fácies Cantareira é a de maior representatividade das intrusões graníticas do Pré-Cambriano paulista, tanto quanto ao número de corpos como quanto à expressão em área. Espalha-se por todos os blocos tectônicos, formando grandes batólitos e stocks, alongados em direção NE-SW (Ellert, 1964), destacando-se os maciços de Três Córregos, Agudos Grandes e Natividade. Segundo Ellert (1964) e Mattos *et al.* (2010), as cotas do topo rochoso do Maciço Cantareira variam entre 860 a 1.215 m, com espessuras de 450 m ou maior.

Os corpos graníticos da fácies Cantareira apresentam caráter alóctone a parautóctone, com feições de contato tanto transicionais quanto parcialmente discordantes, desenvolvendo inclusive algumas auréolas de contato quando intrudidos em metamorfismos de baixo grau.

Podem-se observar tipos bastante diversificados textural, composicional e mineralogicamente. O tipo mais comum é o granito-gnássico, com foliação concordante ao trend regional, possuindo granulação fina a média, composição granítica a granodiorítica e ocorrência significativa de megacristais de feldspato potássico, oriundos de metamorfose tardia, conferindo à rocha caráter porfiroide.

5.3.3 Granito Taipas

As rochas do Granito Taipas apresentam textura porfiroide, de matriz média e grossa, e composição monzogranítica variando para termos granodioríticos, tonalíticos e mais raramente monzodioríticos, estes últimos restritos às bordas. A

biotita apresenta-se como o mineral máfico principal, seguido de hornblenda; os minerais acessórios são titanita, apatita e opacos (sulfetos, ilmenita e titanomagnetita), ocorrendo ainda zircão, allanita e turmanina. É constituído por três stocks cujas rochas são muito parecidas entre si, com aspecto maciço e cor cinzenta (ANDRADE, 2016).

5.4 Mina da Territorial São Paulo

Fundada em 1952, a Territorial São Paulo Mineração Ltda é uma empresa brasileira que trabalha com extração e beneficiamento de granito para brita e areia como agregado miúdo para construção civil há mais de 60 anos. Com atuação marcante em toda a Grande São Paulo, atualmente possui capacidade instalada para extração de minério superior a 1.350.000 toneladas por ano e diversifica sua extração em 15 diferentes tipos de produtos e subprodutos.

A mineração se localiza na Avenida Raimundo Pereira de Magalhães, nº 14.000, no bairro Jardim Cidade Pirituba, região norte do município de São Paulo, Estado de São Paulo.

O acesso pode ser realizado através da rodovia dos Bandeirantes (SP-348), por onde se segue até a saída 23, em direção a Perus. Opta-se, então, pela direita até o Rodoanel Mário Covas. Após 2,5 km vira-se à direita na avenida Raimundo Pereira de Magalhães. a Territorial São Paulo localiza-se à direita, no nº 14.000.

A Figura 5 ilustra os acessos à mina e a localização da barragem no empreendimento.

5.5 Métodos de Lavra e Beneficiamento

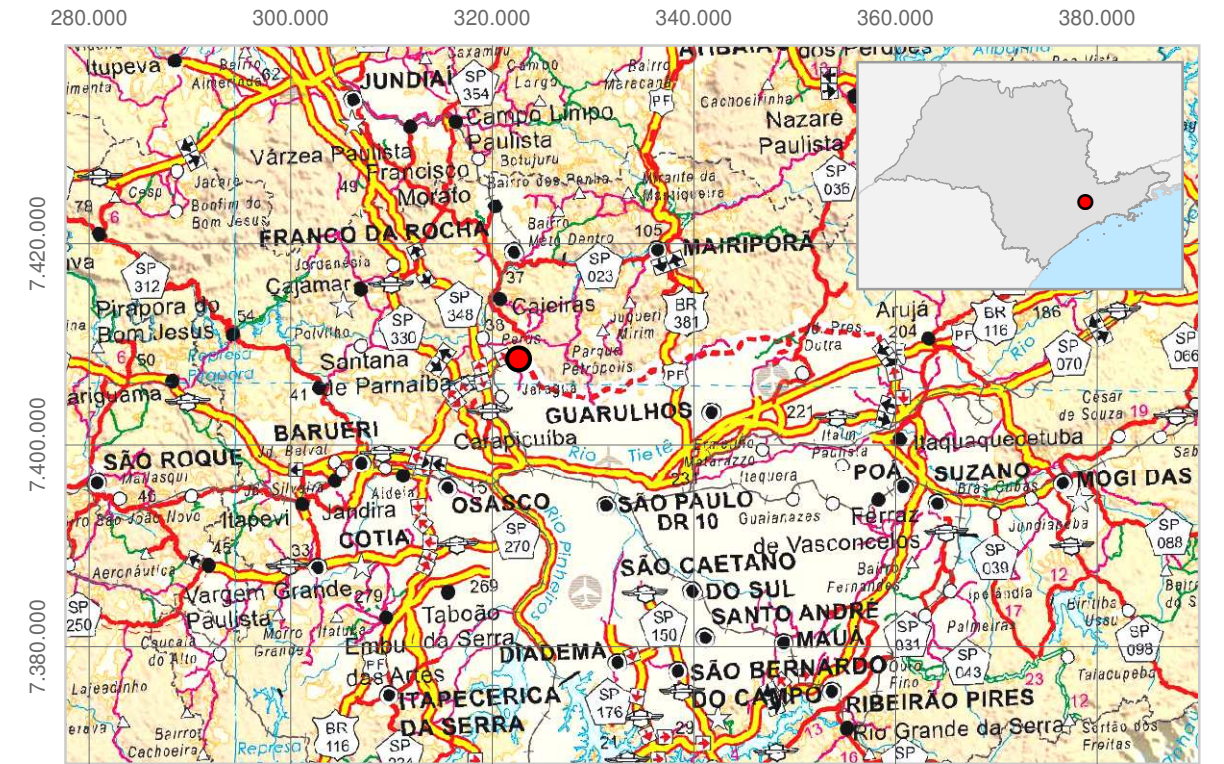
O método de lavra empregado na Territorial São Paulo é o desmonte por explosivos a céu aberto em cava, sendo que o minério proveniente da frente de lavra é beneficiado visando à adequação do produto ao mercado da construção civil.

Figura 5 - Acessos à mina e localização da barragem no empreendimento

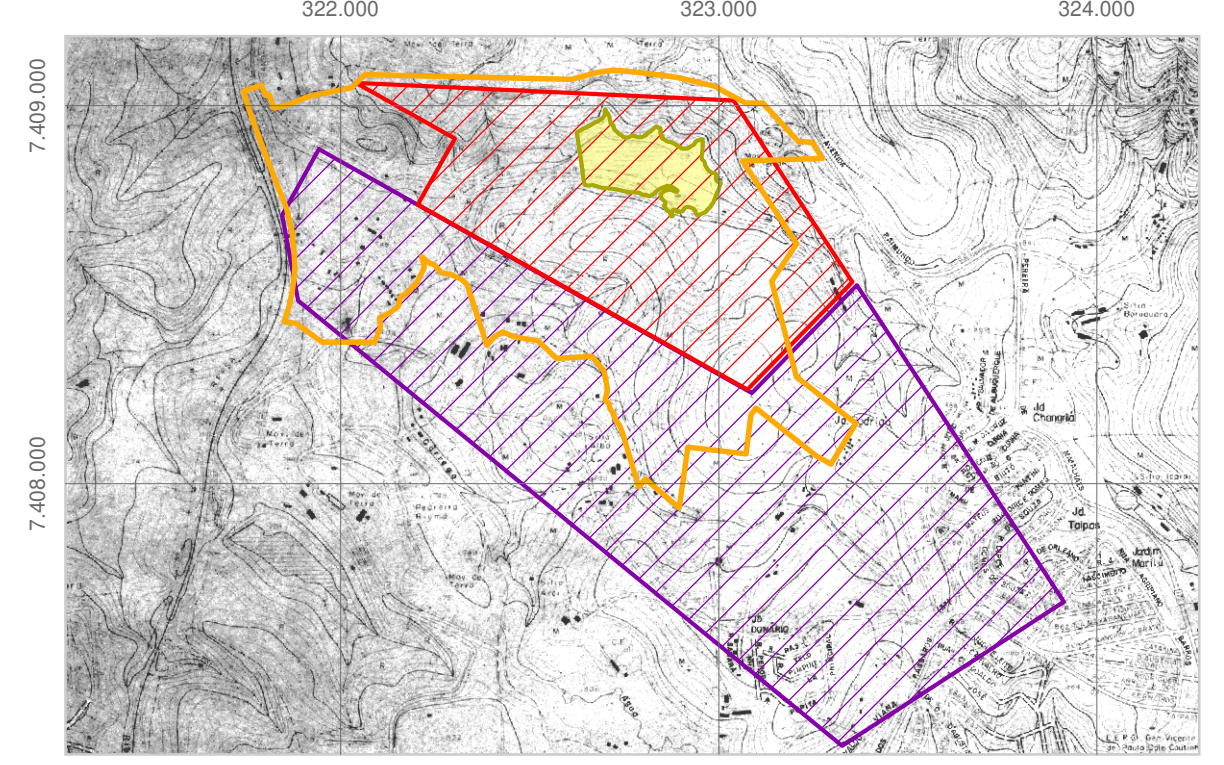


Fonte: Google Earth (2019)

Datum da planta: SIRGAS 2000 / Fuso: 23



Fonte: DER (2019)



Fonte: FI. Jardim Panamericana (EMPLASA-1994) SF-23-Y-C-III-4-SO-C
FI. Perus (EMPLASA-1996) SF-23-Y-C-III-4-SO-A

- Localização do empreendimento
- Limite do empreendimento
- Acesso ao empreendimento
- Processo ANM n° 8.220/1941
- Processo ANM n° 6.174/1946
- Barragem de rejeitos

O método que será descrito a seguir considerará o período em que a empresa ainda extraia areia, visto que, atualmente, a planta de beneficiamento deste bem mineral, cujo processo resultava na disposição de água e rejeito fino na barragem de rejeitos, já foi totalmente desativada e desmobilizada pela empresa, não havendo mais qualquer lançamento de água pela empresa na barragem.

Precedendo a extração de rocha, é realizado o decapeamento nas áreas onde a jazida ainda se encontra recoberta com areia e material estéril. A remoção desses materiais se dá com o auxílio de pá mecânica/carregadeira. Este material é agrupado em pilhas que, posteriormente, são desagregadas com monitores hidráulicos para envio da polpa (água + sedimentos) para o circuito de beneficiamento.

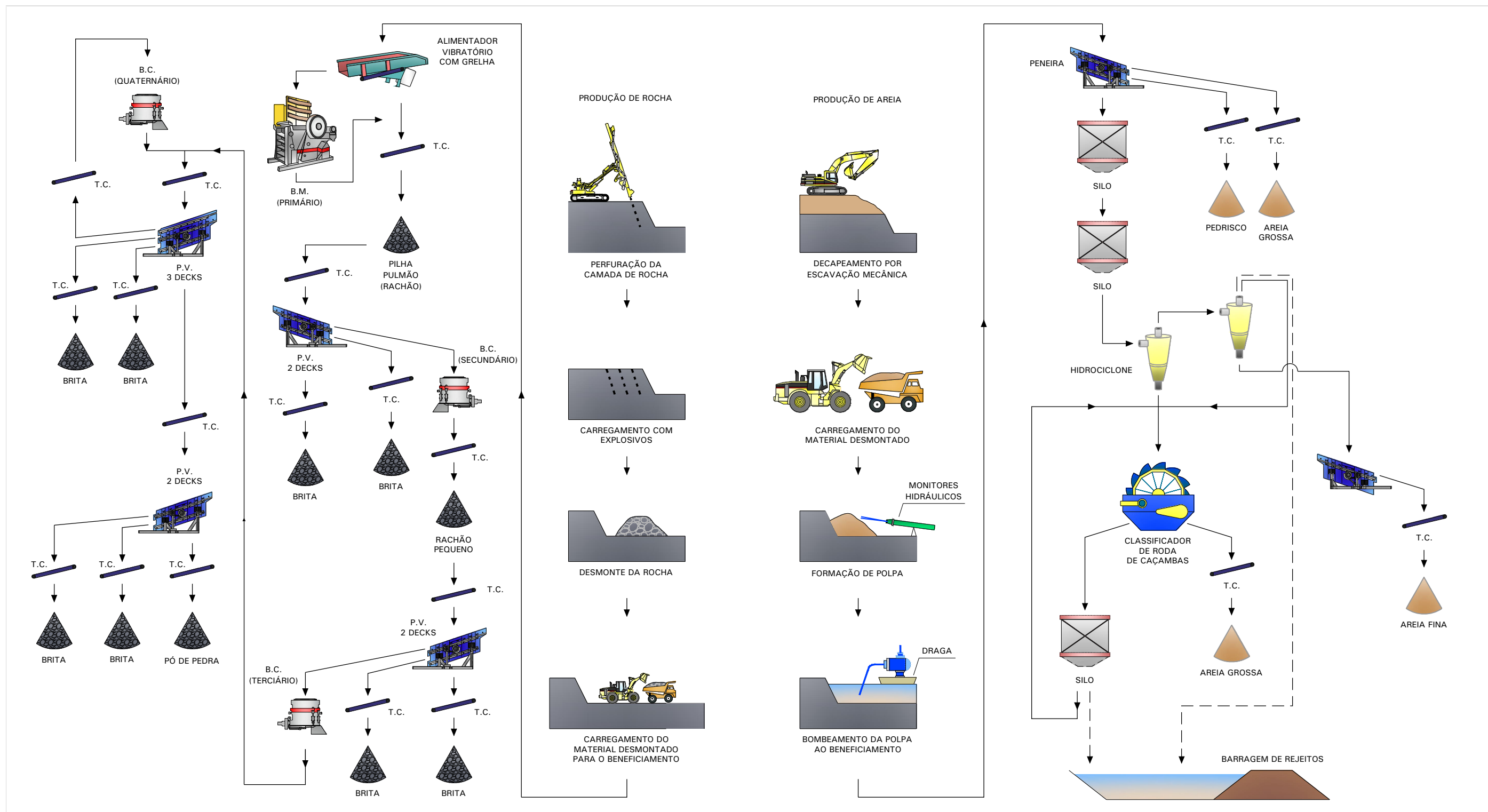
A extração da rocha é realizada por desmonte a céu aberto por explosivos. O processo se inicia pela perfuração, executada com a perfuratriz, seguida pelo preenchimento dos furos com explosivos e sua detonação por empresa terceirizada especializada na data prevista. O Plano de Fogo da empresa é apresentado à CETESB juntamente com o cronograma dos desmontes. O material resultante do desmonte é direcionado à planta de beneficiamento do empreendimento para redução granulométrica e peneiramento do minério.

O granito proveniente das frentes de lavra é carregado por pás carregadeiras em caminhões fora de estrada que o direcionam ao beneficiamento primário realizado pelo britador de mandíbulas. Em seguida, a redução granulométrica é feita por sequências de britadores cônicos, sendo que a segregação e classificação dos produtos são realizadas por peneiras vibratórias.

Já o beneficiamento da areia se dá a úmido, após a formação de polpa. É composta por dois circuitos (primário e secundário) que promovem a classificação granulométrica do material com o uso de peneiras vibratórias e baterias de hidrociclones, e sua lavagem para retirada de argila com o uso de um classificador de roda de caçambas. O rejeito do beneficiamento é lançado na barragem.

O fluxograma das operações da mineração é apresentado na Figura 6.

Figura 6 - Fluxograma das operações da Territorial São Paulo Mineração Ltda.



Fonte: Fornecido pela empresa.

5.6 Processos ANM associados ao barramento

O empreendimento minerário da Territorial São Paulo é composto pelos processos do ANM 8.220/1941 e 6.174/1946, sendo que a barragem de rejeitos se situa no polígono do primeiro.

Estes processos são de titularidade de Botuquara Administração, Empreendimentos e Participações Ltda. e tiveram início na década de 1940, com o protocolo de Requerimentos de Autorização de Pesquisa. No decorrer dos trâmites processuais realizou-se pesquisa mineral de feldspato, granito e areia, todos para uso na construção civil.

Com a aprovação dos Planos de Aproveitamento Econômico apresentados para os processos do ANM 8.220/1941 e 6.174/1946, foram publicados os Decretos de Lavra 24.166/1947 e 31.183/1952, em 12/12/1947 e 25/07/1952, respectivamente.

Atualmente, ambos os títulos minerários estão arrendados para a Territorial São Paulo Mineração Ltda. perante à ANM, com arrendamento válido até 31/10/2022.

Em 20/03/2017, os processos tiveram seus novos Planos de Aproveitamento Econômico e Relatórios de Reavaliação das Reservas aprovados pelo extinto DNPM.

Em 26/09/2019 foi apresentado à ANM Relatório Técnico de Descomissionamento da Barragem de Clarificação e esclarecimentos acerca das atividades da empresa para descaracterização do barramento.

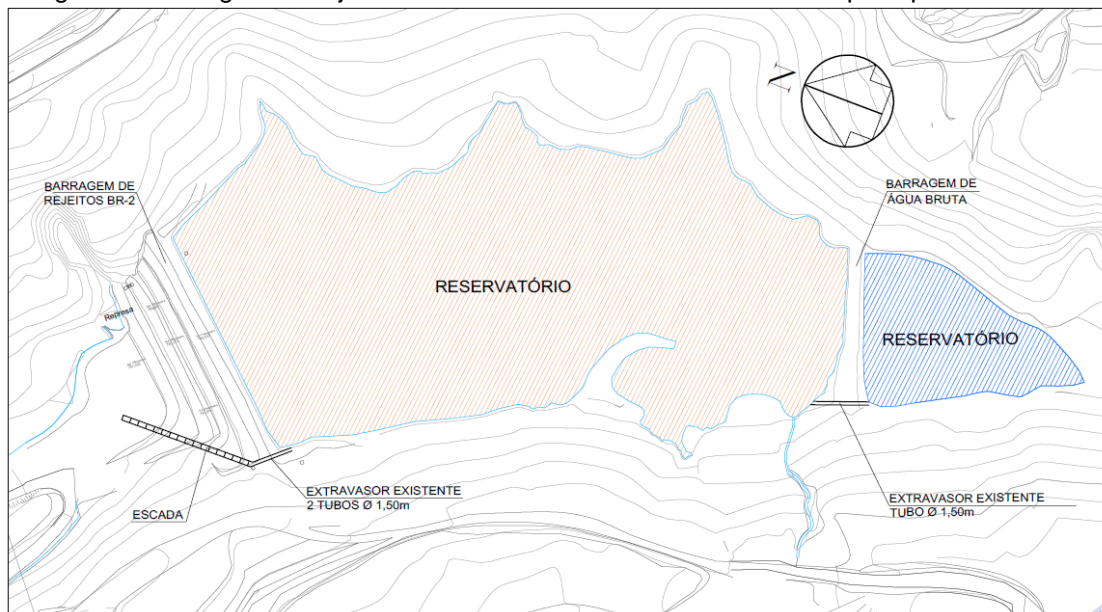
Atualmente, os eventos relacionados a estes processos resumem-se à apresentação de Relatório Anual de Lavra (RAL), atendimento de eventuais exigências da ANM e de obrigações relativas à existência da barragem de rejeitos na mineração, esta última até que se conclua e comprove a total descaracterização da estrutura.

5.7 Barragem de Rejeitos da mina Territorial São Paulo

O corpo d'água barrado é um afluente sem nome do córrego Ajuá e situa-se na sub-bacia do rio Juquery, na Bacia Hidrográfica do rio Tietê. Seu reservatório inunda uma área de 5,7 ha, com capacidade total de aproximadamente 670 mil m³.

O corpo da barragem é constituído por um maciço de terra compactado, tendo sido realizados dois alteamentos por jusante, e está assentado sobre o terreno natural representado por solo residual e rocha alterada de micaxisto. Possui 160 m de extensão, altura máxima de 25 m e sua crista se encontra na cota 775,95 m (Figura 7).

Figura 7 - Barragem de rejeitos da mina Territorial São Paulo e suas principais estruturas.



Fonte: Fornecido pela Territorial São Paulo.

O sistema extravasor é representado por um vertedouro livre com soleira na cota 775,45 m, constituído por duas tubulações de concreto com 1,50 m de diâmetro, canal de aproximação e tomada d'água a montante, e um canal de descarga em degraus a jusante com cerca de 4 m de largura e uma estrutura de dissipação no final.

O monitoramento da barragem é feito por meio de inspeção visual sistemática e medições e leituras dos instrumentos que constituem seu sistema de

monitoramento, que compreende oito marcos superficiais, onze piezômetros e cinco medidores de nível d'água.

Os marcos superficiais são utilizados para monitoramento de recalques, estando três deles instalados na crista e os demais nas bermas do talude de jusante da barragem.

Para o monitoramento das cargas piezométricas, são utilizados piezômetros que estão distribuídos na crista e nas bermas do talude de jusante da barragem. Já os cinco medidores de nível d'água são utilizados para o monitoramento da linha freática no interior da barragem. Um deles está instalado na crista, três na berma intermediária do talude de jusante e um no pé da barragem.

O rejeito depositado na barragem foi caracterizado por meio de análises e ensaios de laboratório realizados com duas amostras indeformadas, sendo classificado como um silte areno-argiloso.

É proveniente do beneficiamento via úmido da areia e minoritariamente da britagem e lavagem de rocha e de processos erosivos superficiais. Pela sua natureza podem ser considerados como Classe IIB (inertes) pelos padrões da Norma NBR-10.004/2004 da ABNT para classificação de resíduos sólidos.

Por uma decisão de diretoria da empresa, está sendo realizado o descomissionamento da barragem, através da deposição de material estéril seco proveniente da remoção do capeamento da pedreira, de modo a preencher o volume útil do barramento e reduzir o acúmulo de águas pluviais no mesmo.

Será construído um canal impermeabilizado que constituirá o novo canal do córrego que se encontra barrado, que irá se desenvolver junto à margem esquerda do reservatório e estará interligado ao extravasor da barragem de rejeitos, de forma que o curso do córrego seja restituído a jusante da mesma.

A Figura 8 ilustra a barragem de rejeitos objeto deste estudo enquanto se encontrava em plena atividade, em 10/07/2017, e imagem que ilustra o desenvolvimento do processo de descomissionamento, de 23/08/2018.

Figura 8 - Barragem de rejeitos da Territorial São Paulo em plena atividade (10/07/2017) e em processo de descomissionamento (23/08/2020)



Fonte: Google Earth (2017)

Datum da planta: SIRGAS 2000 / Fuso: 23



Fonte: Google Earth (2020)

Datum da planta: SIRGAS 2000 / Fuso: 23

6. CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM DE REJEITOS DA MINA TERRITORIAL SÃO PAULO QUANTO À CRI E AO DPA

A classificação da barragem foi realizada no primeiro semestre de 2019 e protocolada na ANM em 30/04/2019, como parte integrante do 1º Relatório de Revisão Periódica de Segurança. Os dados que seguem neste capítulo foram apresentados neste relatório, o qual foi acompanhado da devida Declaração de Condição de Estabilidade da barragem.

Serão reproduzidos os Quadros 2 a 5 do Anexo V da Portaria DNPM 70.389/2017, os quais apresentam as Matrizes de Classificação quanto à Categoria de Risco e ao Dano Potencial Associado. Os atributos do barramento, a seguir descritos, foram consignados nestes quadros.

Tema da primeira matriz, as **Características Técnicas** da barragem trazem questões como a altura do maciço e a extensão da crista, sendo de 25 e 160 metros no presente caso, respectivamente. Como não possui projeto “*as built*”, a vazão de projeto foi considerada como desconhecida. Seus dois alteamentos foram realizados a jusante e o monitoramento é realizado com instrumentação que segue o projeto técnico apresentado à ANM.

As Figuras 9 a 12 ilustram as propriedades relatadas, as quais conferiram uma pontuação a cada parâmetro desta matriz. Assim, as **Características Técnicas** da barragem de rejeitos da Territorial São Paulo somaram 14 pontos, como se vê no Quadro 2.

Figura 9 - Crista do barramento, com 160 metros de extensão.



Fonte: Acervo da MGA Mineração e Geologia Aplicada Ltda.

Figura 10 - Vista geral da barragem construída por alteamento a jusante, com crista de 25 metros de altura



Fonte: Acervo da MGA Mineração e Geologia Aplicada Ltda.

Figura 11 - Medidor de nível d'água instalado no maciço da barragem.



Fonte: Acervo da MGA Mineração e Geologia Aplicada Ltda.

Figura 12 - Piezômetro instalado conforme instrumentação da barragem.



Fonte: Acervo da MGA Mineração e Geologia Aplicada Ltda.

Quadro 2 - Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco

1.1 - Características Técnicas (CT)

Altura (a)	Comprimento (b)	Vazão de Projeto (c)	Método Construtivo (d)	Auscultação (e)
Altura ≤ 15m (0)	Comprimento ≤ 50m (0)	CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilenar (0)	Etapa única (0)	Existe instrumentação de acordo com o projeto técnico (0)
15m < Altura < 30m (1)	50m < Comprimento < 200m (1)	Milenar (2)	Alteamento a jusante (2)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto, porém em processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (2)
30m ≤ Altura ≤ 60m (4)	200 ≤ Comprimento ≤ 600m (2)	TR = 500 anos (5)	Alteamento por linha de centro (5)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto sem processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (6)
Altura > 60m (7)	Comprimento > 600m (3)	TR Inferior a 500 anos ou Desconhecida/ Estudo não confiável (10)	Alteamento a montante ou desconhecido ou que já tenha sido alteada a montante ao longo do ciclo de vida da estrutura (10)	Barragem não instrumentada em desacordo com o projeto (8)
1	1	10	2	0
CT = Σ (a até e)			CT = 14	

Fonte: Quadro 2 do Anexo V da Portaria DNPM 70.389/2017

O Quadro 3 traz o **Estado de Conservação**, sendo que a estrutura da Territorial São Paulo garantiu pontuação zero nesta matriz, tendo em vista a excelente condição de preservação e manutenção da mesma. Suas estruturas civis

estão bem mantidas e garantem operação normal, com percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem. Não existem deformações e nem recalques e não existem sinais de deterioração dos taludes, conforme demonstram as Figuras 13 a 16.

Quadro 3 - Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco

1.2 - Estado de Conservação - EC

Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (f)	Percolação (g)	Deformações e Recalques (h)	Deterioração dos Taludes / Paramentos (i)
Estruturas civis bem mantidas e em operação normal /barragem sem necessidade de estruturas extravasoras (0)	Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)	Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (0)	Não existe deterioração de taludes e paramentos (0)
Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação (3)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorado (3)	Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação (2)	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva (2)
Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes ou ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Existência de trincas e abatimentos sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Erosões superficiais, ferrugem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)
Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas (10)	Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)
0	0	0	0
EC = Σ (f até i)			EC = 0

Fonte: Quadro 3 do Anexo V da Portaria DNPM 70.389/2017

Figura 13 - Estrutura de drenagem com canaletas bem mantidas e ao fundo instrumentos de monitoramento e medição.



Fonte: Acervo da MGA Mineração e Geologia Aplicada Ltda.

Figura 14 - Escada hidráulica ligada a sistema extravasor em excelentes condições



Fonte: Acervo da MGA Mineração e Geologia Aplicada Ltda.

Figura 15 - Não existem deformações, recalques e nem sinais de deterioração nos taludes.



Fonte: Acervo da MGA Mineração e Geologia Aplicada Ltda.

Figura 16 - Os taludes são sempre podados para mantê-los livres de qualquer tipo de vegetação.



Fonte: Acervo da MGA Mineração e Geologia Aplicada Ltda.

O Quadro 4 apresenta a pontuação para os parâmetros relacionados ao **Plano de Segurança da Barragem**.

Quadro 4 - Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco

1.3 - Plano de Segurança da Barragem - PS

Documentação de Projeto (j)	Estrutura Organizacional e Qualificação dos Profissionais na Equipe de Segurança da Barragem (k)	Manuais de Procedimentos para Inspeções de Segurança e Monitoramento (l)	Plano de Ação Emergencial - PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador) (m)	Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e de Análise de Segurança (n)
Projeto executivo e "como construído" (0)	Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (0)	Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação (0)	Possui PAE (0)	Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança (0)
Projeto executivo ou "como construído" (2)	Possui profissional técnico qualificado (próprio ou contratado) responsável pela segurança da barragem (1)	Possui apenas manual de procedimentos de monitoramento (2)	Não possui PAE (não é exigido pelo órgão fiscalizador) (2)	Emite regularmente apenas relatórios de Análise de Segurança (2)
Projeto "como está" (3)	Possui unidade administrativa sem profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (3)	Possui apenas manual de procedimentos de inspeção (4)	PAE em elaboração (4)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção e monitoramento (4)
Projeto básico (5)	Não possui unidade administrativa e responsável técnico qualificado pela segurança da barragem (6)	Não possui manuais ou procedimentos formais para monitoramento e inspeções (8)	Não possui PAE (quando for exigido pelo órgão fiscalizador) (8)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção visual (6)
Projeto conceitual (8)				Não emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento e de Análise de Segurança (8)
Não há documentação de projeto (10)				
3	1	0	0	0
PS = Σ (j até n)			PS = 4	

Fonte: Quadro 4 do Anexo V da Portaria DNPM 70.389/2017.

Tal como relatado, por não possuir projeto “como construído” ou “*as built*”, a empresa providenciou projeto “como está” ou “*as is*”, elaborado pelo profissional técnico qualificado (contratado), que é o responsável pela segurança da barragem. Este profissional elaborou o manual de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação da barragem, bem como emite regularmente os relatórios de inspeção e monitoramento. Assim como exigido pelo órgão fiscalizador, a empresa possui Plano de Ação Emergencial, o que, juntamente os pontos dos demais parâmetros, totalizou pontuação 4 para o Quadro 4 - **Plano de Segurança da Barragem**.

O último quadro do Anexo V da Portaria 70.389/2017, aqui também retratado como Quadro 5, diz respeito à classificação do dano. O primeiro parâmetro a ser avaliado para se quantificar o dano é o volume do reservatório, sendo que a barragem da Territorial São Paulo se enquadra como pequeno, visto que seu volume (670 mil m³) é inferior a 5 milhões de m³.

Um dos atributos mais importantes, e que pode fazer o Dano Potencial Associado ser imediatamente qualificado como alto, independentemente da pontuação, é a existência de população a jusante. No caso da barragem em questão, verificou-se que existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, denominada de Zona de Autossalvamento, conforme se verifica na Figura 17, e, que, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas em eventual caso de rompimento da estrutura.

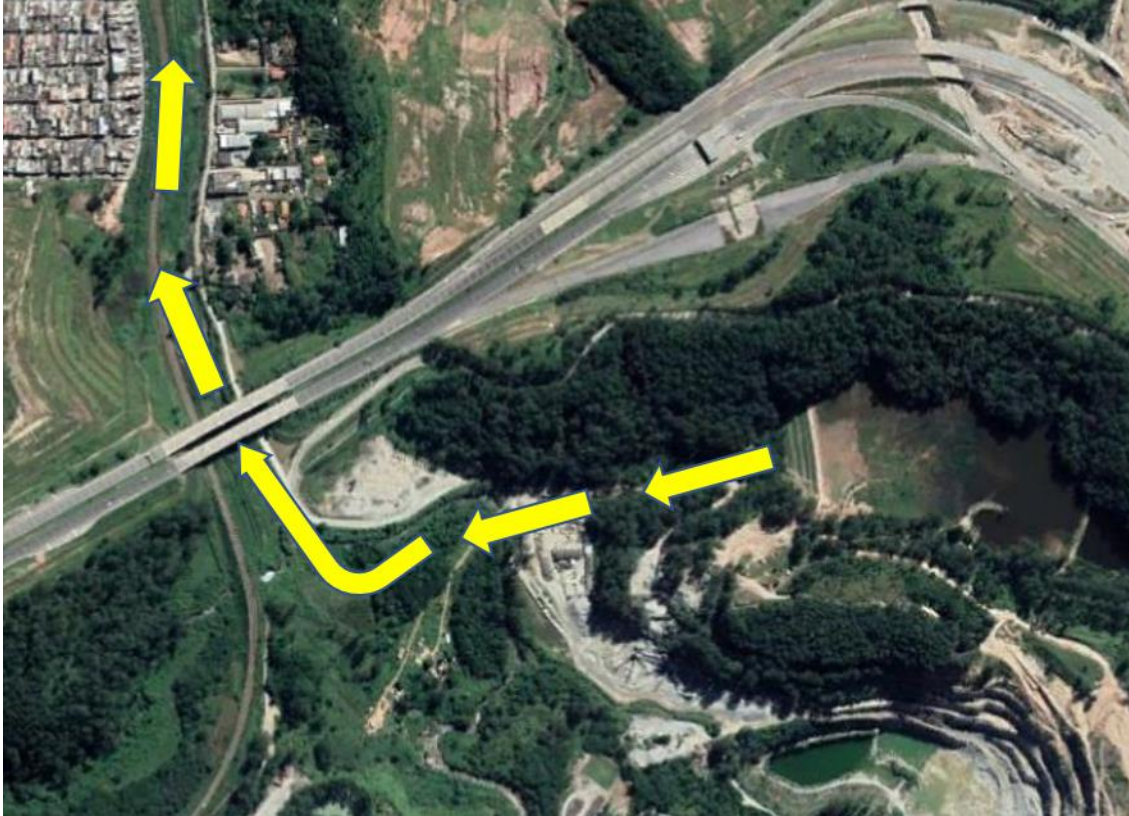
Quanto ao impacto ambiental, o mesmo foi classificado como pouco significativo, visto que na região a jusante não há áreas de interesse ambiental relevante e, além disso, o rejeito armazenado foi classificado como resíduo Classe II B - Inerte. Finalmente, considerando os possíveis impactos socioeconômicos, como existe alta concentração de instalações residenciais e comerciais e de infraestrutura de relevância socioeconômica na área a jusante, este item recebeu pontuação máxima. Somando-se os pontos recebidos de todos os itens, o **Dano Potencial Associado** recebeu a contagem de 19.

Quadro 5 - Classificação quanto ao DPA

Volume Total do Reservatório (a)	Existência de população a jusante (b)	Impacto ambiental (c)	Impacto socioeconômico (d)
Muito Pequeno < = 500 mil m ³ (1)	INEXISTENTE (não existem pessoas permanentes/residentes ou temporárias / transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	INSIGNIFICANTE (área afetada a jusante da barragem encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais e a estrutura armazena apenas resíduos Classe II B – Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (0)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações na área afetada a jusante da barragem) (0)
Pequeno 500 mil a 5 milhões m ³ (2)	POUCO FREQUENTE (não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (3)	POUCO SIGNIFICATIVO (área afetada a jusante não apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos Classe II B – Inertes) (2)	BAIXO (existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (1)
Médio 5 milhões a 25 milhões m ³ (3)	FREQUENTE (não existem pessoas permanentemente na área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal ou estadual ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas) (5)	SIGNIFICATIVO (área afetada a jusante da barragem apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos Classe II B - Inertes) (6)	MÉDIO (existe moderada concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (3)
Grande 25 milhões a 50 milhões m ³ (4)	EXISTENTE (existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (10)	MUITO SIGNIFICATIVO (barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na Classe II A - Não Inertes, segundo a NBR 10004 da ABNT) (8)	ALTO (existe alta concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante) (5)
Muito Grande > = 50 milhões m ³ (5)		MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO (barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na Classe I-Perigosos segundo a NBR 10004 da ABNT) (10)	
2	10	2	5
DPA= Σ (a até d)		DPA = 19	

Fonte: Quadro 5 do Anexo V da Portaria DNPM 70.389/2017

Figura 17 - Zona de Autossalvamento da barragem, com ocupação permanente de pessoas.



Fonte: Modificado de Google Earth (2020).

A pontuação obtida nos Quadros 2 a 5 foi lançada nos Quadros 6 e 7, que se reportam ao Quadro 1 do Anexo V da Portaria 70.389/2017, para obter-se a classificação quanto ao risco e ao dano, conforme segue.

Quadro 6 - Classificação para barragens de mineração (1 - Risco).

1	CATEGORIA DE RISCO (CRI)	Pontos
1.1	Características Técnicas (CT)	14
1.2	Estado de Conservação (EC)	0
1.3	Plano de Segurança de Barragens (PS)	4
PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PS		18

CLASSIFICAÇÃO DE RISCO		CRI = 18 = BAIXO
FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	CATEGORIA DE RISCO	
	Alto	≥ 65 ou $EC^* = 10$ (*)
	Médio	37 a 65
	Baixo	≤ 37
(*) Pontuação (10) em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTA e necessidade providências imediatas pelo responsável da barragem.		

Fonte: Quadro 1 do Anexo V da Portaria DNPM 70.389/2017.

Quadro 7 - Classificação para barragens de mineração (2 - Dano).

2	DANO POTENCIAL ASSOCIADO	Pontos
2.1	Volume total do reservatório	2
2.1	Existência de População a Jusante	10
2.3	Impacto Ambiental	2
2.4	Impacto Socioeconômico	5
PONTUAÇÃO TOTAL (DPA)		19
CLASSIFICAÇÃO DE DANO		DPA = 19 = ALTO
FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	DANO POTENCIAL ASSOCIADO	
	Alto	≥ 13
	Médio	$13 < DPA < 7$
	Baixo	≤ 7

Fonte: Quadro 1 do Anexo V da Portaria DNPM 70.389/2017.

Considerando a classificação obtida para a Categoria de Risco (**BAIXO**) e para o Dano Potencial Associado (**ALTO**) para a barragem de rejeitos da mina da Territorial São Paulo Mineração Ltda, pôde-se obter a sua Classe, de acordo com a Matriz de Classificação que consta no Anexo I da Portaria DNPM 70.389/2017

(Quadro 8), cujo objetivo é estabelecer a abrangência e frequência das ações de segurança e funcionar como ferramenta de planejamento e gestão (Neves, 2018).

Quadro 8 - Classificação de Categoria de Risco e Dano Potencial Associado.

	Dano Potencial Associado		
Categoria de Risco	Alto	Médio	Baixo
Alto	A	B	C
Médio	B	C	D
Baixo	B	C	E

Fonte: Anexo I da Portaria DNPM 70.389/2017

Assim, a Classe obtida para a barragem de rejeitos objeto da presente monografia é **B**. Contudo, por mais que se conclua que quanto maior a classe, maior é a necessidade de planos mais abrangentes e revisões mais frequentes, não há na legislação de barragens de rejeito de mineração uma relação direta entre as classes e as obrigações legais, como ocorre com as barragens sob a tutela da ANA. No caso das barragens de mineração, as exigências tem vínculo com o DPA da estrutura.

7. ANÁLISE CRÍTICA SOBRE PASSAGENS DA ATUAL LEGISLAÇÃO DE BARRAGENS

Nos próximos capítulos, será desenvolvida uma análise, sob ponto de vista crítico, de quatro trechos da legislação vigente sobre barragens.

Os trechos analisados foram escolhidos em vista de observações da atuação da ANM no ramo da mineração, especialmente da construção civil, pelos desdobramentos da recente tragédia ocorrida em Brumadinho/MG e, também, considerando as recentes alterações trazidas pela Lei 14.066/2020.

7.1. Critérios para classificação quanto ao Dano Potencial Associado

De acordo com a Portaria DNPM 70.389/2017, DPA é o “*dano que pode ocorrer devido ao rompimento ou mau funcionamento de uma barragem, independentemente da sua probabilidade de ocorrência, a ser graduado de acordo com as perdas de vidas humanas, impactos sociais, econômicos e ambientais*”.

Contudo, o Dano Potencial Associado para classificação de barragens é dividido em apenas três níveis: Alto, Médio e Baixo e, em se tratando de barragens de mineração de rejeitos, existe no país uma enorme diversidade das suas características, em termos de tamanho, volume, tipo do minério e do rejeito, características da ocupação do entorno, etc.

Assim, o que se percebe é que esta pobre divisão resulta no enquadramento de barragens com características muito distintas dentro de uma mesma classificação.

A título de exemplo, foi possível verificar que a Barragem I da Mina Córrego do Feijão, situada em Brumadinho (MG) e que infelizmente veio a romper em janeiro de 2019, possuía exatamente a mesma classificação da barragem da Territorial São Paulo, ou seja, Categoria de Risco Baixo e Dano Potencial Associado Alto. Contudo, suas características são completamente diferentes, conforme dados da Tabela 2.

As Figuras 18 e 19 trazem uma comparação entre as barragens de rejeito das duas empresas (Figura 18) e de suas cavas (Figura 19), de modo a ilustrar as gritantes diferenças expostas na Tabela 2, em detrimento de ambas possuírem a mesma classificação de risco e de dano.

Pode-se verificar que esta classificação muito generalista traz exigências muito brandas para alguns empreendedores e muito pesadas para outros. O resultado disso é que muitas empresas do setor de agregados para construção civil estão em processo de descaracterização de suas barragens por não suportarem financeiramente as exigências impostas pela legislação, que são as mesmas impostas para grandes empresas.

Tabela 2 - Comparação das barragens da Territorial São Paulo e da Mina Córrego do Feijão, situada em Brumadinho (MG).

Parâmetros	Barragem da Territorial São Paulo	Barragem I da Mina Córrego do Feijão	Territorial x Córrego do Feijão
Altura da barragem	25 metros	86 metros	3,4 x menor
Comprimento da crista	160 metros	720 metros	4,5 x menor
Área	5,7 ha	25 ha	4,4 x menor
Volume	670 mil m ³	11,7 milhões de m ³	17,5 x menor
Método construtivo	jusante	montante	-

Fonte: Territorial: informações fornecidas pela empresa. Brumadinho: Site <http://www.vale.com>

Figura 18 - Comparação entre as barragens de rejeito da Vale S/A (esquerda) e da Territorial São Paulo (direita).

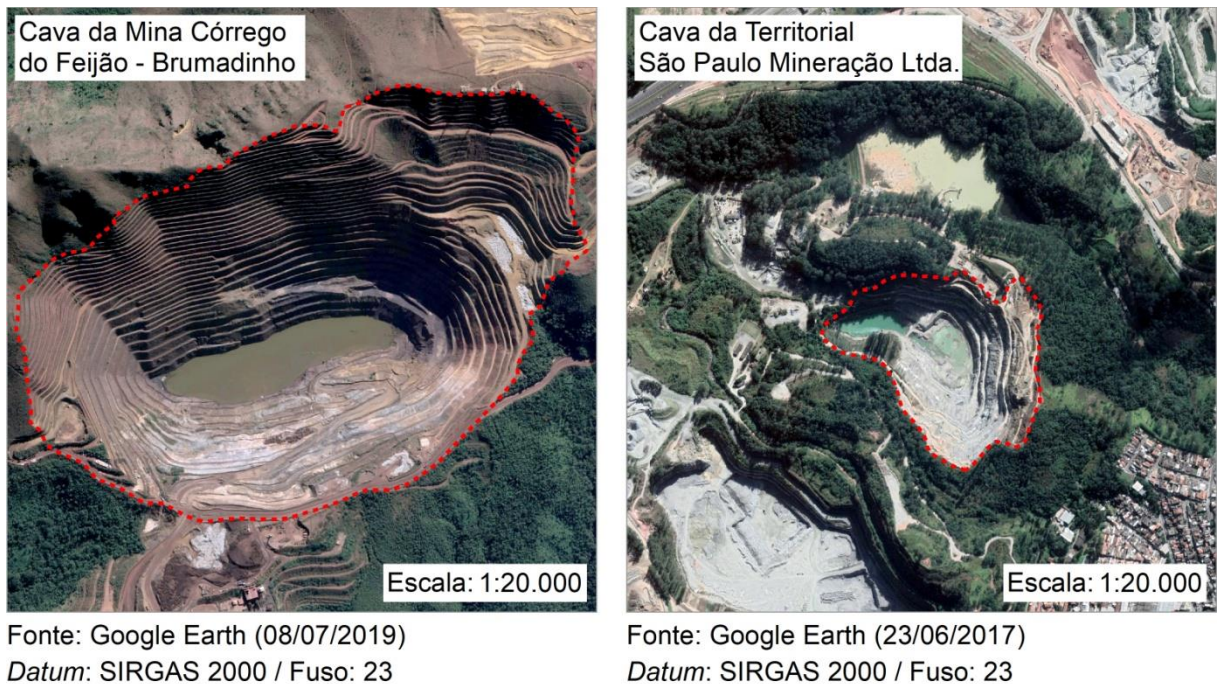


Fonte: Google Earth (06/07/2018)
Datum: SIRGAS 2000 / Fuso: 23



Fonte: Google Earth (10/07/2017)
Datum: SIRGAS 2000 / Fuso: 23

Figura 19 - Comparação entre as cavas da Vale S/A (esquerda) e da Territorial São Paulo (direita).



Assim, evidencia-se que o dano que a barragem de Brumadinho poderia ocasionar, como de fato o fez, considerando as perdas de vidas humanas, impactos sociais, econômicos e ambientais, é muito superior ao dano que a barragem da Territorial poderia vir a ocasionar. Do mesmo modo, fica evidente que o rompimento do maciço da barragem da Mina do Córrego do Feijão ocorreu pois seu estado de conservação estava prejudicado, demonstrando, então, que as duas estruturas nunca poderiam ser enquadradas na mesma Categoria de Risco e nem possuir o mesmo enquadramento quanto ao Dano Potencial Associado.

7.2. Efetividade do Automonitoramento

A Política Nacional de Segurança de Barragens, Lei Federal 12.334/2010, bem como a Lei 14.066/2020 que a alterou, atribuem unicamente à mineradora e ao profissional que a assessora a responsabilidade pela segurança das barragens. O caso de Brumadinho foi emblemático, pois a partir deste desastre diversos meios de comunicação expuseram a problemática da atuação dos órgãos em relação às barragens no país.

De acordo com artigo publicado na Folha de São Paulo por Paranaíba (2019), 15 dias após o rompimento da barragem de Brumadinho, ao ser questionado pela reportagem, o diretor da ANM à época, Eduardo Leão, admitiu que a agência não tem condições de fiscalizar as barragens de mineração do país. Em 2010, o então DNPM contava com um total de 1.140 servidores, número que foi reduzido para 820 em 2018, sendo que, em 2019, 300 destes entraram em condições de se aposentar.

Zylberkan e Amâncio (2019) também evidenciaram a falta de estrutura dos órgãos de fiscalização. A reportagem publicada no Correio Brasiliense em abril de 2019 documentou que o Ministério Público Federal averiguava se teria havido falta de ação da União para evitar que a tragédia de Mariana/MG, ocorrida em 2015, se repetisse. Por outro lado, o Ministério Público Estadual criticava ação da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (Semad) durante o processo de licenciamento das atividades da Mina Córrego do Feijão, dizendo que a pasta poderia ter analisado o risco da atividade e possivelmente adotado ações para evitar as mortes de quase 300 pessoas.

De acordo com os procuradores, à época do desastre em Mariana havia apenas dois servidores no DNPM, sem formação em segurança de barragens, para fiscalizar mais de 300 destas estruturas em Minas Gerais. Após o acidente em Brumadinho, o grupo de dois fiscais passou para quatro, porém apenas dois com formação em segurança de barragem. Para o MP, isso indicaria que a União deveria ter agido e, mais uma vez, teria se omitido.

“O Brasil não tem estrutura para garantir a segurança de todas as barragens em operação em seu território”, afirmaram Jansen e Girardi (2019) na reportagem publicada no Estadão. A Agência Nacional de Mineração (ANM), responsável pela fiscalização, tem apenas 35 fiscais capacitados para atuar nas 790 barragens semelhantes às do Córrego do Feijão, em Brumadinho, e à do Fundão, em Mariana, ou seja, barragens inseridas na Política Nacional de Segurança de Barragens.

De acordo com a legislação em vigor, o governo federal verifica a segurança das barragens apenas pelos laudos produzidos pelas próprias mineradoras ou por auditorias contratadas por elas. São estes laudos que atestam a segurança das suas estruturas. Conforme publicado pelo Estadão, Paulo Ribeiro de Santana, servidor responsável pelo Serviço de Informação ao Cidadão da ANM, informou que as raras

fiscalizações *in loco* ocorrem em casos de grave discrepância nos relatórios apresentados pelas empresas ou seguindo rodízio esporádico dos técnicos (JANSEN E GIRARDI, 2019). Ainda segundo ele, devido ao reduzido quadro de servidores da ANM, os 35 fiscais possuem também outras atribuições além de barragens de rejeitos, como fiscalização de minas, pesquisa mineral, entre muitas outras coisas.

Analisando todo este contexto, é inegável que o tema barragem exige extrema responsabilidade, mas será que é correto que esta enorme responsabilidade recaia unicamente sobre o minerador e o profissional que a assessora?

No caso de Brumadinho, o Tribunal de Contas do Estado verificou que os relatórios técnicos e fotográficos apresentados à Semad ficavam armazenados, sem análise, o que reduzia a segurança. Ao ser questionada, a Secretaria reconheceu a deficiência na fiscalização e atribuiu o desconhecimento das condições de segurança das estruturas ao reduzido efetivo de funcionários capacitados. A Semad admitiu que, como a fiscalização é feita com base no automonitoramento, se o empreendedor atuar de má-fé, os resultados podem ser adulterados (Zylberkan e Amâncio, 2019).

A despeito dos desastres que ocorreram nos últimos anos, a legislação brasileira sobre barragem de rejeitos de mineração vem sendo construída e modificada de forma que a responsabilidade sobre a segurança das estruturas seja apenas da empresa e, por conseguinte, do profissional que realiza a auditoria conforme dispõe a legislação. Mesmo a Lei 14.006/2020, recém-publicada, continua a manter os órgãos fiscalizadores isentos de assumir sua parcela de compromisso.

Essa situação acaba muitas vezes por repelir profissionais a trabalharem com estas estruturas. Por óbvio, os profissionais devem ser devidamente habilitados e capacitados para lidar com barragens e para declarar a estabilidade das mesmas. Porém, mesmo possuindo a devida qualificação, como consequência da atual legislação, cada vez menos profissionais se destacam a trabalhar com barragens. Com a redução de profissionais capacitados disponíveis no mercado para trabalhar com estas estruturas, aumenta-se o problema, com a diminuição da segurança das barragens, das pessoas e do meio ambiente.

Uma reflexão que pode ser feita é que, se documentos como Relatórios Finais de Pesquisa ou Planos de Aproveitamento Econômico são analisados e aprovados pela ANM, por que os projetos e relatórios de segurança de barragem não são,

sabendo-se que estes últimos carregam consigo um ônus muito superior em relação à segurança das pessoas, do meio ambiente e dos empreendimentos? Mesmo se, por hipótese, não houver má-fé nem da mineradora e nem do seu auditor contratado, mas algum erro técnico levar o profissional a chegar a uma conclusão equivocada no relatório? E se, num cenário ainda pior, houver má-fé de alguma parte?

A falta de pessoal ou, até mesmo, a falta de preparo dos servidores disponíveis, não pode servir de motivo para que o legislador continue a abster os órgãos fiscalizadores, sejam ambientais ou a própria Agência Nacional de Mineração, de assumir sua parcela de responsabilidade na segurança das barragens. Por mais que a atual legislação de barragens disponha sobre o automonitoramento, não se pode olvidar que a Constituição Federal estabelece que é dever do Estado fiscalizar.

Apenas através de investimentos em estrutura e qualificação pode-se vislumbrar alguma mudança no cenário atual dos órgãos públicos. Com órgãos mais fortes e servidores verdadeiramente capacitados para atuar na fiscalização, monitoramento, análise e aprovação dos relatórios de barragens, certamente haverá ganho em termos de segurança, não apenas para os mineradores e profissionais, mas para toda a sociedade.

7.3. Peso do Método Construtivo na classificação da Categoria de Risco

No Anexo V da Portaria 70.389/2017 constam as matrizes para classificação das barragens quanto à Categoria de Risco e ao Dano Potencial Associado. A primeira delas, que se refere ao Quadro 2 - Características Técnicas, possui uma coluna para pontuação do barramento segundo seu método construtivo, conforme segue na Tabela 3.

É largamente conhecido que o método de alteamento a montante é o que possui menor coeficiente de segurança. Dados divulgados por ICOLD (2001, *apud* Thomé e Passini, 2018) mostram que, em números absolutos, ocorrem mais acidentes em barragens alteadas para montante do que por qualquer outro método, embora não se possa deixar de registrar que este também é o método mais antigo.

Tabela 3 - Pontuação para cada método construtivo, de acordo com o Quadro 2 do Anexo V da Portaria DNPM 70.389/2017.

Método Construtivo	Pontuação
Etapa única	0
Alteamento a jusante	2 pontos
Alteamento por linha de centro	5 pontos
Alteamento a montante ou desconhecido ou que já tenha sido alteada a montante ao longo do ciclo de vida da estrutura	10 pontos

Fonte: Quadro 2 do Anexo V da Portaria DNPM 70.389/2017.

Diversos países já proibiram este método, inclusive alguns da América do Sul, em especial aqueles situados em zonas tectonicamente ativas, sujeitos a fortes tremores, como Chile e Peru, que se localizam em região de limite convergente de placas tectônicas.

Registre-se, também, que todos os acidentes em barragens de rejeitos de mineração no Estado de Minas Gerais, desde o ano 2001, envolveram estruturas construídas pelo emprego do método para montante (Thomé e Passini, 2018).

Feitas tais considerações, volte-se à pontuação atribuída a cada método na Matriz do Quadro 2 - Características Técnicas, na qual se observa que, a despeito da segurança de cada método, a diferença da pontuação da Categoria de Risco de uma barragem que possua alteamento a jusante (o mais seguro) para uma com o método a montante (o menos seguro) é de apenas 8 pontos, embora o risco da segunda para a primeira seja substancialmente maior.

Este tipo de desarranjo faz com que barragens com características muito divergentes e, conseqüentemente, níveis de segurança totalmente desiguais, possam vir a ser enquadradas na mesma Categoria de Risco.

Novamente, cita-se como exemplo o caso da barragem da Territorial São Paulo e da Barragem I da Mina Córrego do Feijão, situada em Brumadinho (MG): embora a primeira tenha sido alteada pelo método de jusante e a segunda para montante, ambas estão enquadradas na Categoria de Risco **baixo**.

Por mais que a construção de novas barragens com alteamento a montante esteja proibida no país e que já foram determinados prazos para a descaracterização daquelas existentes, algumas ponderações merecem ser feitas. Primeiramente, alguns especialistas já se manifestaram no sentido de que podem não ser suficientes os prazos concedidos para descaracterização das barragens alteadas por este método e que, inclusive, tal procedimento é complexo e deve ser realizado com muita cautela e responsabilidade para evitar novos acidentes (Alterações, 2020).

Mesmo considerando um cenário otimista, isto é, que seja possível descaracterizar todas as barragens alteadas a montante nos prazos concedidos, ainda assim haverá um intervalo de tempo considerável em que o país terá de conviver com a insegurança destas estruturas.

Desta análise, depreende-se pela importância de a classificação quanto à Categoria de Risco de uma barragem alteada para montante refletir as condições menos seguras da estrutura em relação aos demais métodos construtivos, assim como ocorre com barragens que possuem população a jusante e seu Dano Potencial Associado é elevado para Alto, independentemente dos demais parâmetros.

Assim, até que de fato não haja mais barragens no país construídas ou alteadas pelo método a montante, a sugestão que se coloca é que a Categoria de Risco destas estruturas seja elevada para **Alto**, o que irá lhes conferir maiores obrigações legais, refletindo no aumento da segurança.

7.4. Obrigatoriedade da apresentação de Plano de Ação de Emergência para todas as Barragens de Mineração

A Lei 14.066/2020, publicada em 01/10/2020, trouxe diversas alterações para a Política Nacional de Segurança de Barragens. Uma das mudanças mais significativas foi a inclusão do Parágrafo Único no Artigo 11 da Lei 12.334/2010, que assim dispõe:

*“Parágrafo único. Independentemente da classificação quanto ao dano potencial associado e ao risco, a **elaboração do PAE é obrigatória para todas as barragens destinadas à acumulação ou à disposição de rejeitos de mineração.**” (destaque acrescido)*

Anteriormente, a elaboração do Plano de Ação de Emergência era obrigatória apenas para as barragens incluídas na Política Nacional de Segurança de Barragens, ou seja, aquelas que se enquadravam em pelo menos uma das quatro características (agora cinco, considerando as alterações da Lei 14.066/2020) listadas no Artigo 1º da Lei 12.334/2010 (altura do maciço, capacidade do reservatório, característica do resíduo, DPA médio ou alto e CRI alto).

Essa nova imposição legal faz supor que o legislador desconhece a ampla diversidade de barragens de rejeitos que existem no país, considerando apenas as grandes minas de minerais metálicos, com suas enormes barragens e seus rejeitos contendo minerais pesados. Ao se visitar empreendimentos minerários de agregados para a construção civil (areia e brita) é difícil imaginar estas barragens foram consideradas quando se instituiu o § único do Artigo 11 da Lei 14.066/2020.

Uma medida destas, aos olhos da sociedade, inicialmente pode causar um impacto positivo. Contudo, merece um olhar mais apurado, pois sua efetividade pode não ser aquilo que aparenta, visto que as grandes barragens das grandes mineradoras já precisavam possuir o Plano de Ação de Emergência. Tomando-se como exemplo, as duas recentes tragédias ocorridas no país, a de Mariana/MG e a de Brumadinho/MG, não ocorreram por falta deste documento.

Sabendo-se que os principais problemas com barragens no país não ocorreram com aquelas que não estavam incluídas na Política Nacional de Segurança, ou seja, de um modo geral, as estruturas menores, então qual será o efeito prático desta medida, em questões de segurança? Muito pequeno, se supõe.

Além de pouca efetividade, esta medida acaba por onerar ainda mais um setor da mineração que, por conta da pobre subdivisão das categorias de CRI e DPA, muitas vezes se vê enquadrado juntamente com grandes mineradoras, precisando atender as mesmas duras exigências, porém sem ter condições de arcar financeiramente com elas.

Em resumo, trata-se de uma medida que exigirá tempo, energia e recursos das empresas, mas cujo resultado prático não deve ser significativo, ao passo que tais esforços poderiam ser melhor direcionados para a questão principal: garantir a segurança das barragens que realmente apresentam risco.

Um outro ponto a se considerar é que a Lei 14.066/2020 entrou em vigor na data de sua publicação, trazendo sanções que vão de R\$ 2 mil a R\$ 1 bilhão, porém sem conceder prazo para que as mineradoras se regularizassem. Ou seja, as barragens que não estavam incluídas na PNSB e que, por força da nova Lei estão agora obrigadas a elaborar o PAE, tornaram-se irregulares de um dia para o outro.

8. SUGESTÃO DE ESTUDO FUTURO

Conforme a revisão bibliográfica realizada, a classificação da barragem da mina Territorial São Paulo quanto à CRI e ao DPA e a análise da legislação exposta no capítulo anterior, será minudenciada uma sugestão de estudo futuro.

Tanto a Categoria de Risco quanto o Dano Potencial Associado possuem apenas três níveis de enquadramento: Alto, Médio e Baixo (Tabelas 4 e 5).

Conforme anteriormente exposto e exemplificado, com estas simples subdivisões, barragens que representam risco e potencialidade de dano muito discrepantes restam enquadradas nas mesmas categorias. Com isso, são impostas exigências ora muito brandas ora muito duras.

Sob essa perspectiva, a pesquisa que se propõe é a readequação da metodologia de classificação de barragens de rejeitos de mineração quanto à Categoria de Risco e quanto ao Dano Potencial Associado, para que se leve em consideração as diversas particularidades de cada estrutura e empreendimento, de forma que recaiam sob uma mesma categoria barragens com características semelhantes.

Tabela 4 - Pontuação para classificação de barragem conforme a Categoria de Risco.

CLASSIFICAÇÃO DE RISCO	
Alto	≥ 65 *
Médio	37 a 65
Baixo	≤ 37

Fonte: Quadro 1 do Anexo V da Portaria DNPM 70.389/2017.

(*) Pontuação 10 em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente Categoria de Risco Alta

Tabela 5 - Pontuação para classificação de barragem conforme o Dano Potencial Associado.

CLASSIFICAÇÃO DE DANO	
Alto	≥ 13
Médio	$13 < DPA < 7$
Baixo	≤ 7

Fonte: Quadro 1 do Anexo V da Portaria DNPM 70.389/2017.

Para tanto, sugere-se que inicialmente seja feita uma análise dos empreendimentos minerários que utilizam barragens, bem as distinções entre as mesmas, com a finalidade de verificar a necessidade de cada grupo possuir sua própria forma classificação, parâmetros e pontuações, ou se, um único formato, readequado, abarcaria todos os tipos de barragem.

Num segundo passo, por meio do SIGBM Público (Figura 20) e das suas ferramentas de busca, serão selecionadas barragens pertencentes a cada grupo, que farão parte do grupo amostral para a definição dos ajustes necessários à classificação existente. Deve ser adotada uma amostragem que confira confiabilidade à pesquisa.

Figura 20 - SIGBM Público disponível no site da ANM para consulta sobre as barragens de rejeito.

The screenshot shows the ANM (Agência Nacional de Mineração) website interface for the SIGBM Público (Public Dam Safety Management System). The page title is "SIGBM - Sistema de Gestão de Segurança de Barragem de Mineração - Quarta-Feira, 25 de". The navigation menu includes "BARRAGENS", "CADASTRO NACIONAL", "ESTATÍSTICAS", and "MAPAS".

The search section, titled "Pesquisar Barragens", contains several filters:

- Empreendedor:** Todos
- Barragem(ns):** Todos
- UF:** Todos
- Município:** Todos
- Minério Principal:** Todos
- Categoria de Risco (CRI):** N/A Alto Médio Baixo
- Dano Potencial Associado (DPA):** N/A Alto Médio Baixo
- Classe:** A B C D E
- Necessita de PAEBM:** Todos Sim Não
- Inserida na PNSB:** Todos Sim Não
- Nível de Emergência:** Sem emergência Nível 1 Nível 2 Nível 3

Buttons for "Pesquisar" and "Limpar" are located below the filters.

The results table is as follows:

Barragem de Mineração	Empreendedor	Município	UF	Categoria de Risco - CRI	Dano Potencial Associado - DPA	Classe	Inserido na PNSB?	Necessita de PAEBM?	Nível de Emerg.
Barragem Mina Engenho	Massa Falida de Mundo Mineração Ltda. - 07.950.015/0001-60	RIO ACIMA	MG	Alto	Alto	A	Sim	Sim	Nível 1
Barragem II Mina Engenho	Massa Falida de Mundo Mineração Ltda. - 07.950.015/0001-60	RIO ACIMA	MG	Alto	Alto	A	Sim	Sim	Nível 1
Dique B3 (pê)	Emicon Mineração e Terraplenagem LTDA. - 16.679.953/0001-68	BRUMADINHOS	MG	Alto	Medio	B	Sim	Não	Nível 1
Forquilha III	Vale S.A Filial: Vale Itabirito - 33.592.510/0044-94	OURO PRETO	MG	Alto	Alto	A	Sim	Sim	Nível 3
Forquilha II	Vale S.A Filial: Vale Itabirito - 33.592.510/0044-94	OURO PRETO	MG	Alto	Alto	A	Sim	Sim	Nível 2

Fonte: Site da Agência Nacional de Mineração, SIGBM Público.

Numa próxima etapa, propõe-se a avaliação da necessidade de inclusão de novos parâmetros como, por exemplo, tipo de minério, vida útil do empreendimento ou da barragem, bem como buscar uma reflexão para o peso dos quesitos novos e rever a consistência do peso dos existentes. Neste momento, poderia ser revista, por exemplo, a pertinência da diferença de pontuação de uma barragem com alteamento para jusante para uma com o método a montante ser de apenas 8 pontos.

Esta fase do estudo será de suma importância, pois é quando se pretende entender a relação de importância entre os parâmetros de análise de Risco e Dano Potencial Associado. Recomenda-se a realização de simulados da classificação com os diferentes cenários considerados, para se buscar a melhor associação entre os pesos atribuídos a cada parâmetro de cada matriz, lembrando-se que na atual classificação para o Risco existem três Quadros (2 - Características Técnicas, 3 - Estado de Conservação e 4 - Plano de Segurança da Barragem) e para classificação quanto ao Dano há apenas um (Quadro 5).

Finalmente, considerando uma pesquisa embasada nas diversas particularidades de barragens e empreendimentos, obter-se-á um refinamento para a classificação quanto ao Risco e ao Dano, por meio da verificação de quais parâmetros são mais relevantes e como essa importância se reflete nos pesos, ou seja, a possibilidade de quantificar cada fator e hierarquizá-los será a premissa para o desenvolvimento da pesquisa aqui sugerida.

9. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A enorme diversidade de substâncias minerais existente no país muitas vezes impõe a utilização de processos de beneficiamento para liberação do elemento de interesse. Em alguns casos, esse beneficiamento é realizado a úmido, gerando rejeito em forma de polpa que, diversas vezes, é disposto em barragens de mineração devido ao seu baixo custo em detrimento de outras formas de tratamento.

O tema **Barragens de Rejeitos de Mineração** é bastante complexo e, por isso, deve ser objeto de discussão constante, para que haja projetos e estruturas cada vez mais seguras e com redução dos riscos.

Neste sentido, esta monografia se propôs a realizar a classificação da barragem de rejeitos de empreendimento minerário de brita e areia para construção civil, situado no município de São Paulo/SP, denominado Territorial São Paulo, quanto à Categoria de Risco e ao Dano Potencial Associado. Após o levantamento de todas as características pertinentes ao barramento e as pontuações recebidas pelas mesmas, a Categoria de Risco foi enquadrada no nível **baixo** e o Dano Potencial Associado como **alto**, resultando na Classe **B**.

Foram analisadas quatro passagens da atual legislação brasileira sobre barragens, tomando-se como base o estudo aqui desenvolvido e a recente tragédia ocorrida em Brumadinho/MG. Foram discutidos os critérios para enquadramento quanto ao Dano Potencial Associado, a efetividade do automonitoramento, o peso do método construtivo na classificação quanto à CRI e a obrigatoriedade de apresentação de Plano de Ação de Emergência para todas as barragens de mineração.

Não obstante as conclusões individuais de cada análise, em linhas gerais os apontamentos realizados apontaram para dois resultados principais: a necessidade de refinamento na forma de classificação quanto à CRI e ao DPA e a urgência de uma participação ativa da ANM quando se trata de segurança de barragens.

Em vista da ampla revisão bibliográfica realizada, da caracterização da área de interesse e de todo o estudo aqui exposto, foi sugerida a realização de uma pesquisa futura que consiste no refinamento da atual classificação de barragens de rejeitos de mineração quanto à CRI e ao DPA, para que sejam determinados os parâmetros mais relevantes de forma que essa importância se reflita nos pesos atribuídos, partindo da premissa que existem barragens com características muito diversas no país.

Considerando-se o proposto inicialmente nesse estudo, pondera-se que a monografia aqui desenvolvida atendeu ao seu desígnio, cabendo, por fim, um registro para que a União, no papel da Agência Nacional de Mineração, cumpra com a responsabilidade ativa que deveria lhe caber, para que seja então estabelecido o elo de ligação necessário visando promover o aumento da segurança das barragens.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). **Resolução 7, de 11 de abril de 2019**. Define, nos termos do Artigo 70, o valor das multas previstas nos incisos V, IX, X, XI, XII, XII, XVI, XVIII e XIX do Artigo 34 do Decreto nº 9.406/2018, que regulamenta o Código de Mineração.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). **Resolução ANM 13, de 8 de agosto de 2019**. Estabelece medidas regulatórias objetivando assegurar a estabilidade de barragens de mineração, notadamente aquelas construídas ou alteadas pelo método denominado "a montante" ou por método declarado como desconhecido e dá outras providências.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). **Resolução ANM 32, de 11 de maio de 2020**. Altera a Portaria 70.389, de 17 de maio de 2017 e dá outras providências.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). **Resolução 40, de 6 de julho de 2020**. Altera o artigo 7º da Portaria nº 70.389, de 17 de maio de 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). **Sistema Integrado de Gestão de Barragens de Mineração (SIGBM) versão pública**. Disponível em <https://www.gov.br/anm/pt-br>. Acesso em 25/11/2020.

ALIGHIERI, Dante. **A Divina Comédia**. Belo Horizonte, Ed. Itatiaia e S.Paulo, Ed. da Universidade de São Paulo, 1979.

ALTERAÇÕES sobre Normas de Barragens. Intérprete: Wagner Araújo. Produção de Instituto Minere. 2020. Live no YouTube (56:15 min). In: <https://www.youtube.com/watch?v=F9uhGViv7Mg&list=LL&index=1&t=16s>. Acesso em 25/11/2020.

ANDRADE, S. **Análises por LA-LCPMS em zircões de rochas graníticas da Faixa Ribeira no Estado de São Paulo - SE do Brasil: implicações genéticas e geocronológicas.** São Paulo, 2016. 361 p. Tese (doutorado). IGc/USP. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10004:** Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro/RJ, 2004.

BRASIL. **Decreto-lei 227, de 28 de fevereiro de 1967.** Dá nova redação ao Decreto-lei nº 1.985, de 29 de janeiro de 1940 (Código de Minas).

BRASIL. **Lei n. 12.334, de 20 de setembro de 2010.** Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4o da Lei n. 9.984, de 17 de julho de 2000. 2010.

BRASIL. **Lei 14.066, de 30 de setembro de 2020.** Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração).

CAMPANHA, G.A.C.; BASEI, M.A.S.; FALEIROS, F.M.; NUTMAN, A.P.; TASSINARI, C.C.G.; VASCONCELOS, P.M. **Geochemistry and age of mafic rocks from Votuverava Group, Southern Ribeira Belt, Brazil: evidence for 1490 Ma oceanic back-arc magmatism.** Precambrian Research, v. 266, p. 530-550, 2015.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS (CNRH). **Resolução 143, de 10 de julho de 2012.** Estabelece critérios gerais de classificação de barragens por

categoria de risco, dano potencial associado e pelo volume do reservatório, em atendimento ao art. 7º da Lei n. 12.334, de 20 de setembro de 2010. 2012.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Portaria DNPM 70.389, DE 17 DE MAIO DE 2017**. Cria o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração, o Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de Mineração e estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem, das Inspeções de Segurança Regular e Especial, da Revisão Periódica de Segurança de Barragem e do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração, conforme art. 8º, 9º, 10, 11 e 12 da Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens - PNSB. 2017.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM (DER). **Mapa Rodoviário do Estado de São Paulo**. Escala 1:1.000.000. 2019.

ELLERT, R. **Geologia da região de Mairiporã, SP**. Tese (Concurso de Livre Docência da cadeira de Geologia) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo. 1964.

FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS (SEADE). **Perfil Municipal**. Disponível <https://www.seade.gov.br/>. Acesso em 23/11/2020.

GOOGLE EARTH. Imagem de satélite obtida pelo aplicativo Google Earth. Acesso em 20/10/2020.

HASUI, Y.; CARNEIRO, C. D. R.; BISTRICHI, C. A. **Os Granitos e Granitóides da Região de Dobramentos Sudeste nos Estados de São Paulo e Paraná**. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 30, Recife. Anais, SBG. v.6, p. 2579-2593. 1978.

HASUI, Y. & CARNEIRO, C.D.R. **Origem e evolução da Bacia de São Paulo**. In: Mesa redonda: Aspectos geológicos e geotécnicos da Bacia Sedimentar de São Paulo. São Paulo, 1980. Publicação Especial. São Paulo, ABGE/SBG. p. 47-52. 1980.

HASUI, Y. **A grande colisão pré-cambriana do sudeste brasileiro e a estruturação regional**. Geociências, v. 29, n. 2, p. 141-169, 2010.

HASUI, Y. **Sistema Orogênico Mantiqueira**. In: HASUI, Y.; CARNEIRO, C.D.R.; ALMEIDA, F.F.M.; BARTORELLI, A. - 2012 - Geologia do Brasil. p. 331-371. 2012.

HEILBRON M., PEDROSA-SOARES A.C., SILVA L.C., CAMPOS NETO M.C. & TROW R.A.J. **Província Mantiqueira**. In: V. Mantesso-Neto, A. Bartorelli, C.D.R. Carneiro, B.B. Brito Neves. Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo, 647p. 13: 203-235. 2004.

JANSEN, R.; GIRARDI, G. **Brasil tem 35 fiscais de barragem de mineração em todo o território**. O Estadão, 30/01/2019. Disponível em <https://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/agencia-estado/2019/01/30/pais-tem- apenas-35-fiscais-de-barragem-de-mineracao.htm?cmpid=copiaecola>. Acesso em 20/10/2020.

LENCIONI, S. Impasses da gestão metropolitana nas Regiões de Buenos Aires, São Paulo e Santiago. **Diez años de cambios en el Mundo, en la Geografía y en las Ciencias Sociales, 1999-2008. Actas del X Coloquio Internacional de Geocrítica**. Barcelona. Universidad de Barcelona, 26-30 de maio de 2008.

MACHADO, W.G.F. **Monitoramento de barragens de contenção de rejeitos da mineração**. Dissertação (Mestrado). 155 p. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo. 2007.

MATTOS, I. F. A de; ARZOLLA, F. A. R. P., VILELA, F. E. S. P.; MOURA, C.; KANASHIRO, M. M. **O Parque Estadual da Cantareira: Uma Floresta na Cidade de São Paulo, Brasil**. VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física - II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física. Universidade de Coimbra. 2010.

NEVES, L. P. **Segurança de Barragens - Legislação federal brasileira em Segurança de barragens comentada**. 2018

PARANAIBA, G. Brumadinho: servidores públicos podem ter responsabilidade apurada pelo MP. Correio Brasiliense, 05/04/2019. Disponível em <https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/brasil/2019/04/05/interna-brasil,747616/depois-de-mirar-a-vale-tragedia-em-brumadinho-se-aproxima-de-autorida.shtml>. Acesso em 20/10/2020.

PONÇANO, W.L. coord. **Texto Explicativo do Mapa Geológico do Estado de São Paulo**, escala 1:500.000, Volume II, Divisão de Minas e Geologia Aplicada, São Paulo. 1981.

SECRETARIA MUNICIPAL DO VERDE E DO MEIO AMBIENTE & SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO URBANO (SVMA & SEMPLA). **Atlas Ambiental do Município de São Paulo**. 2002.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO ESTADO DO BRASIL (CPRM). **Mapa Geológico do Estado de São Paulo - Breve Descrição das Unidades Litoestratigráficas Aflorantes no Estado de São Paulo**. Escala 1:750.000. 2006.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO ESTADO DO BRASIL (CPRM). **Mapa Geodiversidade do Estado de São Paulo**. Escala 1:750.000. 2010.

THOMÉ, R.; PASSINI, M.L. Barragens de rejeitos de mineração: características do método de alteamento para montante que fundamentaram a suspensão de sua

utilização em Minas Gerais. In: **Ciências Sociais Aplicadas em Revista**. UNIOESTE/MCR, v.18, n. 34, p. 49 a 65, 1º sem 2018.

VALE S.A. **Brumadinho**. Disponível em <http://www.vale.com/>. Acesso em 04/10/2020.

ZYLBERKAN, M.; AMÂNCIO, T. **Com falhas, fiscalização fica só a cargo de mineradoras**. Folha de São Paulo, 09/02/2019. Disponível em <https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2019/02/com-falhas-fiscalizacao-fica-so-a-cargo-de-mineradoras.shtml>. Acesso em 20/10/2020.