



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

ALTERNATIVAS DE DISPOSIÇÃO DE REJEITO A ÚMIDO NA AVALIAÇÃO DE
IMPACTOS AMBIENTAIS DE ATIVIDADES MINERÁRIAS NO ESTADO DE MINAS
GERAIS

MARINA DAMASCENO PAIXÃO

BELO HORIZONTE

2019

MARINA DAMASCENO PAIXÃO

ALTERNATIVAS DE DISPOSIÇÃO DE REJEITO A ÚMIDO NA AVALIAÇÃO DE
IMPACTOS AMBIENTAIS DE ATIVIDADES MINERÁRIAS NO ESTADO DE MINAS
GERAIS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas
Gerais como requisito parcial para obtenção do título
de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Orientador: Profa. Dra. Adriana Pereira Alves Wilken

BELO HORIZONTE

2019

Paixão, Marina Damasceno.

S---

Alternativas de disposição de rejeito a úmido na Avaliação de Impactos Ambientais de atividades minerárias no estado de Minas Gerais/ Marina Damasceno Paixão, - Registro: 2019.

86f; --cm.

Orientadora: Profa. Dra. Adriana Pereira Alves Wilken

Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental e Sanitária) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, 2019

1. Estudo de Impacto Ambiental. 2. Alternativas Tecnológicas. 3. Rejeito de Mineração. I. Paixão, Marina Damasceno. II. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. III. Alternativas de disposição de rejeito a úmido na Avaliação de Impactos Ambientais de atividades minerárias no estado de Minas Gerais.

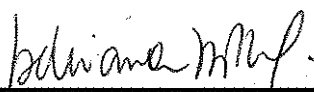
MARINA DAMASCENO PAIXÃO

ALTERNATIVAS DE DISPOSIÇÃO DE REJEITO A ÚMIDO NA AVALIAÇÃO DE
IMPACTOS AMBIENTAIS DE ATIVIDADES MINERÁRIAS NO ESTADO DE MINAS GERAIS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas
Gerais como requisito parcial para obtenção do título
de Engenheira Ambiental e Sanitarista.

Data de aprovação: 05 / 12 / 2019

Banca Examinadora:



Adriana Alves Pereira Wilken – Presidente da Banca Examinadora
Profa. Doutora; Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – Orientadora.



Daniel Brianezi
Prof. Doutor; Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais.



Evandro Carrusca de Oliveira
Prof. Doutor; Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por guiar meus passos e proporcionar perseverança durante toda a minha vida.

Aos meus pais Erivelto e Claudia e ao meu irmão Rodrigo por a todo o momento estarem ao meu lado. Agradeço pelo amor incondicional, apoio, incentivo e confiança depositados em mim.

A professora Adriana Pereira Alves Wilken, pelas oportunidades oferecidas durante a trajetória acadêmica e pelos ensinamentos e apoio no desenvolvimento deste trabalho.

E ao CEFET pela oportunidade de fazer o curso, aos momentos e amigos que foi proporcionado.

RESUMO

PAIXÃO, M.D. *Alternativas de disposição de rejeito a úmido na avaliação de impactos ambientais de atividades minerárias no estado de Minas Gerais*. 2019. 86f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

A Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) é um dos instrumentos mais amplamente empregado no mundo para a verificação dos futuros efeitos da ação humana sobre o meio. A aplicação da AIA no país foi estabelecida na Resolução CONAMA nº 1 de 1986. Por força desta Resolução, o principal instrumento preventivo de gestão ambiental deu-se a partir da exigência do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) para o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente. Nesse sentido, a mineração, cuja atividade está relacionada à geração de rejeitos, os quais impactam significativamente o meio ambiente, deve ser submetida ao processo de licenciamento ambiental, para obtenção da Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO). Segundo a Resolução CONAMA nº 1/1986, os EIAs devem contemplar todas as alternativas locacionais e tecnológicas do projeto, bem como a alternativa de não se implantar o projeto. Além disto, devem analisar todos impactos ambientais e de suas alternativas, e recomendar a mais favorável do ponto de vista da viabilidade ambiental. No caso da mineração, em particular, tendo em vista os recentes desastres com barragens, alternativas de disposição de rejeitos seria uma forma de estimular os proponentes a conceber projetos menos agressivos ao meio ambiente. Pesquisas indicam que, de modo geral, os EIAs produzidos no país não abordam sistematicamente as alternativas e seus impactos ambientais. O presente trabalho objetivou estudar as alternativas tecnológicas da disposição de rejeitos a úmido em empreendimentos minerários licenciados no estado de Minas Gerais. Para tanto, foram analisados treze EIAs de processos administrativos para exame da LP concomitante, ou não, a LI e LO, com base nos critérios definidos pela Resolução CONAMA nº 01/1986, e em critérios gerais de boas práticas ambientais descritos na literatura. A análise indicou que quatro estudos apresentaram alternativas tecnológicas, sendo que apenas um apresentou fundamentação técnica para subsidiar a decisão. Nove estudos não contemplaram discussões a respeito de metodologias de disposição de rejeitos, limitando-se a definir a técnica a ser empregada, prevalecendo metodologias usuais e sem considerar os aspectos ambientais relacionados. O mesmo foi observado com a hipótese de não execução do projeto, presente em três estudos, foi prontamente descartada em função de fatores econômicos. As limitações encontradas sugerem que o aparato legal brasileiro se mostra frágil no que tange às normas para o licenciamento ambiental, em função da falta de detalhamento nas exigências da apresentação deste quesito, o qual é fundamental para que opções mais viáveis ambientalmente sejam concebidas. Desta forma, pode-se afirmar que a qualidade da abordagem das alternativas tecnológicas nos estudos é insuficiente, não atendendo aos requisitos da Resolução CONAMA nº 1/1986. Pode-se afirmar que os empreendedores do setor de mineração no estado de Minas Gerais não estão sendo estimulados judicialmente a conceber projetos menos agressivos ao meio ambiente.

Palavras-chave: Estudo de Impacto Ambiental. Viabilidade ambiental. Licenciamento. Rejeito de mineração.

ABSTRACT

PAIXÃO, M.D. *Wet tailings disposal alternatives in the environmental impact assessment of mining activities in the state of Minas Gerais*. 2019. 86f. Monograph (Degree in Environmental and Sanitary Engineering) - Department of Environmental Science and Technology, Federal Center for Technological Education of Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

The Environmental Impact Assessment (EIA) is one of the most widely used tools in the world for verifying the future effects of human action on the environment. The application of EIA in the country was established in Resolution CONAMA No. 1 of 1986. As a result of this Resolution, the main preventive instrument of environmental management was based on the requirement of the Environmental Impact Study (EIS) for the licensing of environmentally modifying activities. For that matter, mining, whose activity is related to the generation of tailings, which significantly impact the environment, must be submitted to the environmental licensing process, in order to obtain the Preliminary License (LP), Installation License (LI) and Operation (LO). According to CONAMA Resolution No. 1/1986, EISs must apply to all the project's location and technological alternatives, as well as the alternative of not implementing the project. In addition, they should analyze all environmental impacts and their alternatives, and recommend the most favorable one from the point of view of environmental viability. In the case of mining, in particular, given the recent dam disasters, tailings disposal alternatives would be a way of encouraging proponents to design less aggressive environment projects. Research indicates that, in general, EISs produced in the country do not systematically address alternatives and their environmental impacts. The present work aimed to study the technological alternatives of wet tailings disposal in licensed mining enterprises in the state of Minas Gerais. For this purpose, thirteen EISs of administrative processes were analyzed for concurrent or non-concurrent LP examination, based on the criteria defined by CONAMA Resolution No. 01/1986, and on general criteria of good environmental practices described in the literature. The analysis indicated that four studies presented technological alternatives, and only one presented technical grounds to support the decision. Nine studies did not contemplate discussions about tailings disposal methodologies, limiting themselves to defining the technique to be employed, prevailing usual methodologies and without considering related environmental aspects. The same was observed with the hypothesis of non-execution of the project, present in three studies, was promptly discarded due to economic factors. The limitations found suggest that the Brazilian legal apparatus is fragile regarding the rules for environmental licensing, due to the lack of detail in the requirements of the presentation of this aspect, which is fundamental for more environmentally viable options to be conceived. Thus, it can be said that the quality of the approach of technological alternatives in the studies is insufficient, not meeting the requirements of CONAMA Resolution No. 1/1986. It can be said that mining entrepreneurs in the state of Minas Gerais are not being judicially stimulated to design less aggressive environmental projects.

Keywords: Environmental Impact Assessment. Environmental feasibility. Licensing. Mining tailings.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Fluxograma típico de tratamento de minério	25
Figura 02 – Disposição em barragem: método de montante	28
Figura 03 – Disposição em barragem: método de jusante.	29
Figura 04 – Disposição em barragem: método de linha de centro	30
Figura 05 – Ângulos de disposição para polpas de alta densidade (rejeito espessado) e para pasta, para diferentes tipos de terreno.	35
Figura 06 – Disposição compartilhada de estéreis e rejeitos.....	38
Figura 07 – Disposição em cava exaurida.....	39
Figura 08 – Disposição junto à extração de minério.....	39
Figura 09 – Representação esquemática dos EIAs analisados e a contemplação de alternativas tecnológicas.	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Determinação do potencial poluidor geral de atividades ou empreendimentos, segundo a DN nº 217/2017.....	21
Tabela 2 – Determinação da classe do empreendimento a partir do potencial poluidor/degradador da atividade e do porte, segundo a DN nº 217/2017	21
Tabela 3 – Critérios locacionais de enquadramento, segundo a DN nº 217/2017.....	22
Tabela 4 – Matriz de fixação da modalidade de licenciamento, DN nº 217/2017	22
Tabela 5 – Determinação da classe do empreendimento a partir do potencial poluidor e do porte, segundo a DN nº 74/2004.....	23
Tabela 6 – Desastres em barragens de mineração em Minas Gerais	32
Tabela 7 – Relação dos processos discutidos nas Reuniões Ordinárias da CMI do COPAM para obtenção de LP, concomitante ou não a LI e LO, selecionados para a análise	41
Tabela 8 – Critérios gerais utilizados para avaliação dos estudos de alternativas tecnológicas em Estudos de Impacto Ambiental de empreendimentos minerários do estado de Minas Gerais	43
Tabela 9 – Resultado da análise dos critérios gerais dos Estudos de Impacto Ambiental analisados	44
Tabela 10 – Resumo das alternativas tecnológicas propostas pelos Estudos de Impacto Ambiental analisados	66

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIA – Avaliação de Impacto Ambiental

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CMI – Câmara de Atividades Minerárias

CMT – Complexo de Mineração de Tapira

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

COPAM – Conselho Estadual de Política Ambiental

CRI – Categoria de Risco

CT – Câmara Técnica

DN – Deliberação Normativa

DPA – Dano Potencial Associado

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração

ITM – Instalação de Tratamento de Minério

LAC – Licenciamento Ambiental Concomitante

LAS – Licenciamento Ambiental Simplificado

LAT – Licenciamento Ambiental Trifásico

LI – Licença de Instalação

LO – Licença de Operação

LP – Licença Prévia

PDDR – Plano Diretor de Disposição de Rejeitos

PNMA – Política Nacional de Meio Ambiente

RAS – Relatório Ambiental Simplificado

RIMA – Relatório de Impacto Ambiental

SEMAD – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

UTM – Unidade de Tratamento de Minério

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo geral	16
2.2 Objetivos específicos	16
3 REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1 Avaliação de Impacto Ambiental	17
3.1.1 Alternativas tecnológicas	18
3.1.2 Licenciamento ambiental	18
3.1.3 DN do COPAM nº 217/2017	20
3.2 Tratamento ou beneficiamento de minério	23
3.3 Rejeitos	25
3.4 Métodos de disposição de rejeitos	27
3.4.1 Barragem de rejeitos	27
3.4.1.1 Método de montante	27
3.4.1.2 Método de jusante	29
3.4.1.3 Método de linha de centro	30
3.4.1.4 Ruptura de barragens	31
3.4.2 Empilhamento drenado	33
3.4.3 Disposição de rejeitos espessados e/ou em pasta	33
3.4.4 Disposição de rejeitos filtrados	35
3.4.5 Empilhamento a seco (<i>Dry stacking</i>)	36
3.4.6 Codisposição e disposição compartilhada	37
3.4.7 Disposição em cava	39
4 METODOLOGIA	41
4.1 Seleção de estudos de impacto ambiental	41
4.2 Análises das alternativas tecnológicas apresentadas	42
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	44
5.1 MML Metais Mineração Ltda – Ampliação do empreendimento de mineração de minério de ferro e cascalho	44
5.2 Vale S.A. – Expansão de Brucutu: Cava Divisa	46

5.3 Vale Fertilizantes S.A. – Alçamento da Barragem BL-1	47
5.4 Vale S.A. – Barragem Maravilhas III.....	48
5.5 Oratórios Engenharia Mineral Ltda – Lavra a céu aberto com tratamento a úmido (manglês)	50
5.6 Vale Fertilizantes S.A. – Barragens B6 e B7.....	52
5.7 Votorantim Metais Zinco S.A. – Projeto de disposição de rejeitos secos – Pilha Garrote.....	54
5.8 Samarco Mineração S.A. – Sistema de disposição de rejeitos – Alegria Sul.....	56
5.9 Anglo American – Projeto de extensão da Mina do Sapo.....	57
5.10 MLOG S.A. – Projeto minerário Morro do Pilar	58
5.11 Vale S.A. – Alçamento da barragem de rejeitos Itabiruçu El. 850m	62
5.12 Ferro + Mineração S.A. – Lavra a céu aberto, UTM, pilhas de estéril e rejeito e estrada	63
5.13 CSN Mineração S.A. – Projeto da pilha de rejeito desaguado e/ou filtrado do Fraile	63
5.14 Análise Geral.....	66
6 CONCLUSÃO.....	73
7 PRODUÇÃO CIENTÍFICA	75
REFERÊNCIAS.....	76

1 INTRODUÇÃO

A mineração compreende um conjunto de atividades destinadas a pesquisar, descobrir, mensurar, extrair, tratar ou beneficiar e transformar recursos minerais de forma a torná-los benefícios sociais e econômicos (IBRAM, 2016). No Brasil, essa atividade consiste em um dos setores básicos da economia em função da quantidade e diversidade de recursos disponíveis, contribuindo de forma decisiva para o bem-estar e a melhoria da qualidade de vida das presentes e futuras gerações, sendo fundamental para o desenvolvimento de uma sociedade equânime (FARIAS, 2002).

A importância do setor para economia pode ser visualizada no Relatório Anual de Atividades (julho 2017 a junho 2018), fornecido pelo Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), no qual a indústria extrativa, que compreende as atividades de extração de matéria-prima da natureza para a utilização em outras indústrias, representou 3,7% de todo Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil, enquanto somente a extrativa mineral representou 1,4% (IBRAM, 2018). Além disso, por se tratar do segmento fornecedor de matéria prima para os demais segmentos, a mineração consiste em um importante fomentador da indústria nacional.

Contudo, inerente à atividade de mineração, está a geração de rejeitos, estes impactam o meio ambiente e, portanto, deve-se ter uma atenção especial para o tratamento e armazenamento desse material, de forma a minimizar os impactos e os custos associados ao processo e maximizar a segurança (PORTES, 2013).

Em função do tipo de minério processado e dos tratamentos adotados, podem ser encontrados rejeitos com variadas características. De forma geral, pode-se afirmar que os rejeitos podem ser dispostos em: minas subterrâneas; em cavas exauridas de minas; em pilhas; por empilhamento a seco (método *dry stacking*); por disposição em pasta; e em barragens de contenção de rejeitos (do tipo a montante, a jusante e “em linha de centro”). A seleção do método de disposição irá depender: da natureza do processo de mineração; das condições geológicas e topográficas da região; das propriedades mecânicas dos materiais; do poder de impacto ambiental de contaminantes dos rejeitos e das condições climáticas da região (IBRAM, 2016).

Com relação ao atual cenário, dentre os diversos métodos, a disposição em reservatórios criados por diques de contenção ou barragens é a mais comumente usada pelas mineradoras brasileiras do segmento metálico. Essas barragens ou diques são estruturas geotécnicas que podem ser de solo natural ou ser construídos com os próprios rejeitos, e

devem permanecer estáveis por períodos de tempo muito longos, normalmente maiores que a própria vida útil da mina (IBRAM, 2016; RODRIGUES, 2017).

Porém, os diversos rompimentos de barragens ocorridos no Brasil e no mundo, demonstram que essa técnica pode apresentar falhas, culminando em um significativo impacto social e ambiental. Citam-se como exemplos, os mais recentes e catastróficos casos ocorridos no país, os rompimentos das barragens de Fundão e da Mina do Córrego do Feijão. No caso de Fundão, a represa encontrava-se localizada no município de Mariana/MG e pertencia à empresa Samarco S/A. No dia 05 de novembro de 2015, seu dique entrou em colapso e rompeu-se, causando um desastre ambiental sem precedentes na história do Brasil. Os efeitos imediatos dessa tragédia puderam ser observados desde a jusante da barragem destruída, em Minas Gerais, até a foz do rio Doce, no mar do Espírito Santo. Seu legado: um rastro de destruição, contaminação e mortes (LOPES, 2016). Já a barragem da Mina do Córrego do Feijão, localizada em Brumadinho/MG e pertencente à Vale S.A, rompeu-se no dia 25 de janeiro de 2019, também causando um significativo impacto ambiental em função da lama ter atingido o rio Paraopeba, além de ter levado a óbito 253 pessoas e ainda contar com 17 desaparecidos (CANOFRE, 2019).

De acordo com Azam e Li (2010), a frequência de incidentes de rompimento de barragens de rejeitos mudou recentemente no espaço. Anteriormente acontecia nos países desenvolvidos e passou, gradualmente, a ocorrer nos países em desenvolvimento. Além disso, os autores afirmam que barragens construídas há cerca de 50 anos são altamente propensas ao rompimento, particularmente em países que não possuem monitoramento adequado.

Rico *et al.* (2008), ao analisarem 147 incidentes em barragens de mineração, concluíram que os rompimentos resultaram de uma combinação de fatores, dos quais se destacam causas meteorológicas, práticas de gestão deficiente, ausência de monitoramento contínuo e de controle durante a construção e operação, crescimento das barragens sem adequados procedimentos de segurança e sobrecarga a partir de rejeitos de mineração. Também chamam a atenção para a falta de regulamentação sobre os critérios de projetos específicos. Tais fatores, combinados com políticas frágeis e instituições públicas de controle e prevenção desestruturadas, constituem um cenário fértil para a ocorrência de desastres no Brasil (FREITAS *et al.*, 2016).

No ano de 2016 existiam no país 839 barragens de rejeitos de mineração registradas, sendo a maioria concentradas no estado de Minas Gerais (43,5%). As barragens são classificadas segundo a Categoria de Risco (CRI), que é feita em função das características técnicas, do estado de conservação do empreendimento e do atendimento ao Plano de

Segurança da Barragem, e pelo Dano Potencial Associado (DPA), feita em função do potencial de perdas de vidas humanas e dos impactos econômicos, sociais e ambientais decorrentes de uma eventual ruptura da barragem. No que tange aos critérios de riscos existentes, a maioria (aproximadamente 77%) se encontra em CRI baixo (mesma classificação das barragens de Fundão e da Mina do Córrego do Feijão). Quanto ao DPA, 56,5% encontram-se classificadas como baixo, porém 26,58% estão classificadas com DPA elevado (ANA, 2017).

Considerando que os desastres ocorridos em Minas Gerais não estão associados apenas a falhas na gestão de riscos de barragem por parte das empresas, mas também às frágeis políticas e instituições existentes para a redução de riscos, pode-se considerar que se tem um grande conjunto de sérias ameaças e riscos de desastres em barragens de mineração espalhado pelo país (FREITAS *et al.*, 2016).

Empreendimentos que causem significativas interferências ao meio ambiente, como é o caso da mineração, devem se submeter ao processo de licenciamento ambiental, para concessão da Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO). Para tal processo, se faz necessário apresentar estudos ambientais que subsidiem a análise e posterior posicionamento do órgão ambiental licenciador. Segundo a Resolução CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) nº 1/1986, os Estudos de Impacto Ambiental (EIAs) devem contemplar todas as alternativas tecnológicas do projeto (BRASIL, 1986). Além disso, devem analisar todos impactos ambientais e de suas alternativas, e recomendar a mais favorável do ponto de vista da viabilidade ambiental. A análise e proposição de alternativas objetivam estimular os proponentes a conceber projetos menos agressivos ao meio ambiente (SÁNCHEZ, 2013). Desta forma, este instrumento se mostra importante para a proposição e implementação de alternativas para disposição de rejeitos a úmido no setor minerário.

Pesquisas indicam que, de modo geral, os EIAs produzidos no país não abordam sistematicamente as alternativas e seus impactos ambientais (LANDIM, SÁNCHEZ, 2012; MONTAÑO, SOUZA, 2008; MPF, 2004). No entanto, não há estudos que analisem qualitativamente e quantitativamente a abordagem das alternativas tecnológicas à disposição de rejeitos a úmido no setor de mineração, bem como a análise da viabilidade ambiental da alternativa escolhida em EIAs do setor minerário no estado de Minas Gerais.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar as alternativas tecnológicas à disposição de rejeitos a úmido presentes em Estudos de Impacto Ambiental de empreendimentos minerários licenciados no estado de Minas Gerais.

2.2 Objetivos específicos

- . Levantar as possíveis alternativas de disposição de rejeito a úmido.
- . Verificar se os Estudos de Impacto Ambiental apresentam alternativas tecnológicas.
- . Analisar a seleção da alternativa tecnológica de melhor viabilidade ambiental apresentada nos estudos, com base em critérios gerais de boas práticas ambientais.
- . Verificar os métodos de disposição de rejeitos de mineração mais adotados por empreendimentos minerários em Minas Gerais.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Avaliação de Impacto Ambiental

A Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) é um dos instrumentos mais amplamente empregado no mundo para a verificação dos futuros efeitos da ação humana sobre o meio. Introduzida pela Lei da Política Nacional para o Meio Ambiente dos Estados Unidos em 1969, a AIA compreende o processo de prevenir, identificar, prever, avaliar e mitigar os efeitos relevantes de natureza biofísica, social e outros efeitos de atividades ou projetos de desenvolvimento, antes que decisões importantes sejam tomadas (IAIA, 2015).

A partir de sua introdução, a AIA transformou-se em uma ferramenta internacionalmente aceita e estabelecida (JAY *et al.*, 2007; SÁNCHEZ, 2013), constituindo o instrumento de verificação dos efeitos da ação antrópica sobre o meio mais amplamente empregado no mundo (MORGAN, 2012).

No Brasil, as discussões a respeito da AIA ocorreram após a reunião sobre meio ambiente promovida pela Organização das Nações Unidas (ONU), em Estocolmo (1972), em que os efeitos negativos da ação do homem sobre o ambiente passam a ser considerados e reconheceu-se a necessidade de controlá-los. Também influenciaram na sua introdução as instituições e agências multilaterais de desenvolvimento que passaram a adotar regulamentos e requisitos para a verificação dos efeitos ambientais negativos decorrentes dos projetos em financiamento (FERNANDES *et al.*, 2017). Então, em 1981, houve sua consolidação através da Lei nº 6.938, que criou a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), e instituiu a AIA como um dos instrumentos da política ambiental no país (BRASIL, 1981).

A aplicação da AIA no Brasil foi estabelecida na Resolução CONAMA nº 1 de 1986 (BRASIL, 1986). Por força dessa resolução, o principal instrumento preventivo de gestão ambiental previsto na PNMA deu-se a partir da exigência do EIA para o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente (BRASIL, 1981). Essa exigência também foi feita posteriormente, na Constituição Federal de 1988, a qual passou a exigir, na forma da lei, estudo prévio de impacto ambiental para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente (BRASIL, 1988).

A vinculação de um EIA e o seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) (documento público que refletirá as conclusões do EIA, um resumo em linguagem didática, clara e objetiva, para que qualquer interessado tenha acesso à informação e exerça controle social) ao processo de licenciamento impõe um caráter preventivo na realização de um

empreendimento, assegurando que as questões ambientais sejam explicitamente tratadas e incorporadas ao processo decisório (ALMEIDA, MONTAÑO, 2015).

3.1.1 Alternativas tecnológicas

De forma geral, um EIA deve apresentar uma síntese clara e concisa da caracterização do empreendimento, da condição do meio onde será implantado o projeto (diagnóstico ambiental), descrever os prováveis impactos ambientais (prognóstico ambiental), caracterizar as propostas de medidas de mitigação e compensatórias, a importância dos impactos residuais e apresentar sugestões para outros estudos de acompanhamento (ROSS, MORRISON-SAUNDERS, MARSHALL, 2006).

Ainda, de acordo com a Resolução CONAMA nº 1 de 1986, o EIA deve contemplar todas as alternativas tecnológicas do projeto. Além disso, deve analisar todos impactos ambientais e suas alternativas, além de recomendar a alternativa mais favorável do ponto de vista da viabilidade ambiental (BRASIL, 1981).

A proposição de alternativas, tecnológicas e locacionais, é um dos princípios de melhores práticas da AIA, e deve ser considerada na elaboração dos estudos a fim de que opções mais viáveis ambientalmente sejam escolhidas (PALIWAL, 2006).

Porém, o que é observado, na prática, a partir de uma reflexão sobre a efetividade da AIA, é a ausência de proposição de alternativas, a apresentação de alternativas reconhecidamente inferiores à selecionada, a prevalência dos aspectos econômicos sobre os ambientais nas escolhas de alternativas e a comparação de alternativas a partir de base diferenciada (MPF, 2004). Além disso, é comum os estudos se limitarem em descrever os impactos da alternativa escolhida pelo proponente do projeto, sem apresentar um estudo de comparação (DUARTE *et al.*, 2017). E essa é a realidade quando se fala em EIAs apresentados em processos de licenciamento de diversas atividades no estado de Minas Gerais (ALMEIDA, MONTAÑO, 2015; BRASIL, 1986).

3.1.2 Licenciamento ambiental

Assim como a AIA, o licenciamento ambiental foi instituído no Brasil como um dos instrumentos da Política Nacional de Meio Ambiente, através da Lei nº 6.938/81 (BRASIL, 1981). Essa lei foi regulamentada pelo Decreto Federal 99.274/90 (BRASIL, 1990). Suas

principais diretrizes estão expressas também nas Resoluções CONAMA nº 01/86 (BRASIL, 1986) e nº 237/97 (BRASIL, 1997).

Segundo o inciso I, do artigo 1º, da Resolução CONAMA nº 237/97, a definição legal para licenciamento ambiental consiste em:

Procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso (BRASIL, 1997, p.1).

Antunes (2007) defende que o licenciamento ambiental é o instrumento mais importante para a aplicação do princípio da prevenção dos danos ambientais, pois é por seu intermédio que as autoridades públicas pela proteção ambiental podem, efetivamente, adotar medidas capazes de evitar danos ambientais ou mitigá-los. Corroborando com o autor, Granziera (2011) assevera que o licenciamento ambiental é um dos mais importantes instrumentos de gestão do meio ambiente e que possui natureza técnica, visto que analisa os impactos que um empreendimento poderá causar em um determinado local, de acordo com seu porte e características, utilizando parâmetros definidos pelas várias ciências que dão suporte técnico ao direito ambiental, e ao mesmo tempo, constitui um tipo de processo administrativo, submetido ao regime jurídico de direito público.

Para garantir a efetiva proteção ao meio ambiente, a licença ambiental é concedida em três fases do processo. A LP é concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou da atividade aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação. A LI autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes, da qual constituem motivo determinante. E a LO, que autoriza a operação da atividade ou empreendimento após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação (BRASIL, 1997).

No Brasil, a responsabilidade do licenciamento ambiental é compartilhada pelos Órgãos Estaduais e Municipais de Meio Ambiente e pelo IBAMA (Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), como partes integrantes do Sistema

Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), devendo ser realizado em um único nível de competência (BRASIL, 1981).

A Lei Complementar Brasileira nº 140/2011 regulamentou os deveres dos órgãos ambientais da esfera municipal, estadual e federal. Tal lei atribuiu os deveres aos entes federativos brasileiros suas competências no exercício do licenciamento ambiental (BRASIL, 2011). Importante mencionar que o procedimento do licenciamento ambiental deve seguir um rito, preestabelecido em normativas e, também, no Termo de Referência, emitido pelo órgão ambiental licenciador.

A principal legislação referente ao processo de licenciamento no estado de Minas Gerais é a Deliberação Normativa (DN) do COPAM nº 217/2017, que estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, bem como os critérios locacionais a serem utilizados para definição das modalidades de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais (MINAS GERAIS, 2017a). As atribuições são exercidas, de acordo com as competências estabelecidas no Decreto Estadual nº 47.042/2016, pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), por meio de suas unidades administrativas: as Superintendências Regionais de Meio Ambiente (Suprams), distribuídas por nove regiões do Estado, e a Superintendência de Projetos Prioritários (Suppri) (MINAS GERAIS, 2016a). O Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM), por meio de suas Câmaras Técnicas (CTs), tem atribuição de deliberar sobre as licenças ambientais, de acordo com o disposto no Decreto Estadual nº 46.953/2016 (MINAS GERAIS, 2016b).

3.1.3 DN do COPAM nº 217/2017

O principal instrumento normativo que regula o licenciamento ambiental em Minas Gerais, a DN nº 217/2017, entrou em vigor em 06 de março de 2018, substituindo o texto anterior da DN nº 74/2004.

Com sua vigência, passou-se a ter duas modalidades de licenciamento, sendo criado o Licenciamento Ambiental Simplificado (LAS) e permanecendo com o licenciamento ambiental convencional, que pode ser trifásico ou concomitante. O LAS é realizado em uma única etapa, mediante o cadastro de informações relativas à atividade ou ao empreendimento junto ao órgão ambiental competente, ou pela apresentação do Relatório Ambiental Simplificado (RAS), contendo a descrição da atividade ou do empreendimento e as respectivas medidas de controle ambiental. No Licenciamento Ambiental Trifásico (LAT), a

LP, LI e LO da atividade ou empreendimento são concedidas em etapas sucessivas. Já no Licenciamento Ambiental Concomitante (LAC), são analisadas as mesmas etapas previstas no Trifásico, com expedição concomitante de duas ou mais licenças (MINAS GERAIS, 2017a).

De acordo com a DN nº 217/2017 o enquadramento e o procedimento de licenciamento ambiental a serem adotados serão definidos pela relação da localização da atividade ou empreendimento, com seu porte e potencial poluidor/degradador, levando em consideração sua tipologia.

Neste contexto, o potencial poluidor/degradador da atividade ou empreendimento é considerado como pequeno (P), médio (M) ou grande (G), por meio das variáveis ambientais de ar, água e solo, conforme estabelecido na Tabela 1. O porte também é classificado em pequeno (P), médio (M) ou grande (G), de acordo com os parâmetros e limites preestabelecidos para cada atividade ou empreendimento, conforme as listagens de atividade constadas no Anexo Único da DN nº 217/2017, cuja Listagem A se refere a atividades minerárias.

Tabela 1 – Determinação do potencial poluidor geral de atividades ou empreendimentos, segundo a DN nº 217/2017

Potencial poluidor/degradador										
Variáveis										
Variáveis Ambientais	P	P	P	P	P	P	M	M	M	G
Ar/Água/Solo	P	P	P	M	M	G	M	M	G	G
Geral	P	M	G	M	G	G	M	G	G	G
	P	P	M	M	M	G	M	M	G	G

Fonte: Minas Gerais (2017).

O enquadramento do empreendimento ou atividade em classes ocorre conforme matriz de conjugação do potencial poluidor/degradador e do porte (Tabela 2).

Tabela 2 – Determinação da classe do empreendimento a partir do potencial poluidor/degradador da atividade e do porte, segundo a DN nº 217/2017

		Potencial poluidor/degradador geral da atividade		
		P	M	G
Porte do empreendimento	P	1	2	4
	M	1	3	5
	G	1	4	6

Fonte: Minas Gerais (2017).

A localização do empreendimento ou atividade, caso se enquadre nos critérios referentes à relevância e à sensibilidade dos componentes ambientais que os caracterizam, estabelecidos na DN nº 217/2017, Tabela 3, terá pesos 01 (um) ou 02 (dois) atribuídos. Caso não se encaixe em nenhum critério, terá peso 0.

Tabela 3 – Critérios locacionais de enquadramento, segundo a DN nº 217/2017

Critérios Locacionais de Enquadramento	Peso
Localização prevista em Unidade de Conservação de Proteção Integral, nas hipóteses previstas em Lei	2
Supressão de vegetação nativa em áreas prioritárias para conservação, considerada de importância biológica “extrema” ou “especial”, exceto árvores isoladas	2
Supressão de vegetação nativa, exceto árvores isoladas	1
Localização prevista em zona de amortecimento de Unidade de Conservação de Proteção Integral, ou na faixa de 3 km do seu entorno quando não houver zona de amortecimento estabelecida por Plano de Manejo; excluídas as áreas urbanas.	1
Localização prevista em Unidade de Conservação de Uso Sustentável, exceto APA	1
Localização prevista em Reserva da Biosfera, excluídas as áreas urbanas	1
Localização prevista em Corredor Ecológico formalmente instituído, conforme previsão legal	1
Localização prevista em áreas designadas como Sítios Ramsar	2
Localização prevista em área de drenagem a montante de trecho de curso d’água enquadrado em classe especial	1
Captação superficial em Área de Conflito por uso de recursos hídricos	1
Localização prevista em área de alto ou muito alto grau de potencialidade de ocorrência de cavidades, conforme dados oficiais do CECAV-ICMBio	1

Fonte: Minas Gerais (2017).

Definido a classe do empreendimento ou atividade e o critério locacional, a modalidade de licenciamento será definida através da matriz de conjugação de classe e critérios, conforme estabelecido na Tabela 4.

Tabela 4 – Matriz de fixação da modalidade de licenciamento, segundo a DN nº 217/2017

		Classe por porte e potencial poluidor/degradador					
		1	2	3	4	5	6
Critérios locacionais de enquadramento	0	LAS – Cadastro	LAS – Cadastro	LAS – RAS	LAC 1	LAC 2	LAC 2
	1	LAS – Cadastro	LAS – RAS	LAC 1	LAC 2	LAC 2	LAT
	2	LAS – RAS	LAC 1	LAC 2	LAC 2	LAT	LAT

Fonte: Minas Gerais (2017).

Com relação a algumas mudanças entre a DN nº 74/2004 e a DN nº 217/2017, observa-se a matriz que determina a classe do empreendimento conjugando seu porte com o seu potencial poluidor/degradador sofreu alterações. Na DN nº 74/2004 a determinação da classe do empreendimento, ocorria conforme a Tabela 5. Sendo que os empreendimentos e atividades modificadoras do meio ambiente sujeitas ao licenciamento ambiental eram aqueles enquadrados nas classes 3, 4, 5 e 6.

Assim, a DN nº 217/2017 alterou a metodologia de classificação de empreendimentos da DN nº 74/2004, incrementando também a variável dos critérios locacionais.

Tabela 5 – Determinação da classe do empreendimento a partir do potencial poluidor e do porte, segundo a DN n° 74/2004

		Potencial poluidor/degradador geral da atividade		
		P	M	G
Porte do empreendimento	P	1	1	3
	M	2	3	5
	G	4	5	6

Fonte: Minas Gerais (2004).

3.2 Tratamento ou beneficiamento de minério

Inicialmente é relevante que sejam definidos os conceitos e que seja estabelecida a distinção entre mineral e minério. Mineral é todo corpo inorgânico de composição química e de propriedades físicas encontradas na crosta terrestre. Minério é toda rocha construída de um mineral ou agregado de minerais contendo um ou mais minerais valiosos, que podem ser aproveitados economicamente. O mineral ou conjunto de minerais não aproveitados de um minério é denominado ganga (LUZ, LINS, 2004).

O aproveitamento da matéria-prima requer invariavelmente alguma forma de processamento. Sendo assim, é realizado o tratamento ou beneficiamento do minério, que consiste de operações que visam modificar a granulometria, a concentração relativa das espécies minerais presentes ou a forma, sem, contudo, modificar a identidade química ou física dos minerais (LUZ, SAMPAIO, FRANÇA, 2010).

A intensidade do tratamento necessário depende do teor do minério na jazida e da especificação desejada do produto. A fim de se atingir essa especificação, a qual é normalmente dada em termos de um teor mínimo de metal de interesse ou composto no produto ou de teor máximo de algum tipo de contaminante, torna-se necessária a concentração do minério. Para um minério ser concentrado, é necessário que os minerais estejam fisicamente liberados, ou seja, uma partícula deve apresentar idealmente uma única espécie mineralógica. Para tal, o minério é submetido a uma operação de redução de tamanho, a cominuição, que consiste dos processos de britagem e/ou moagem. Como as operações de redução de tamanho são caras, devido ao consumo de energia, tipo de meio moedor, revestimento, etc., deve-se fragmentar só o estritamente necessário para a operação seguinte. Para evitar uma cominuição excessiva, faz-se uso de operações de separação por tamanho ou classificação, tais como peneiramento, ciclonagem, etc. (LUZ, SAMPAIO, FRANÇA, 2010).

Na sequência, a concentração é realizada, na maioria das vezes, a úmido. Nessa etapa, ocorre a separação dos minerais valiosos dos minerais de ganga presentes no minério, sendo

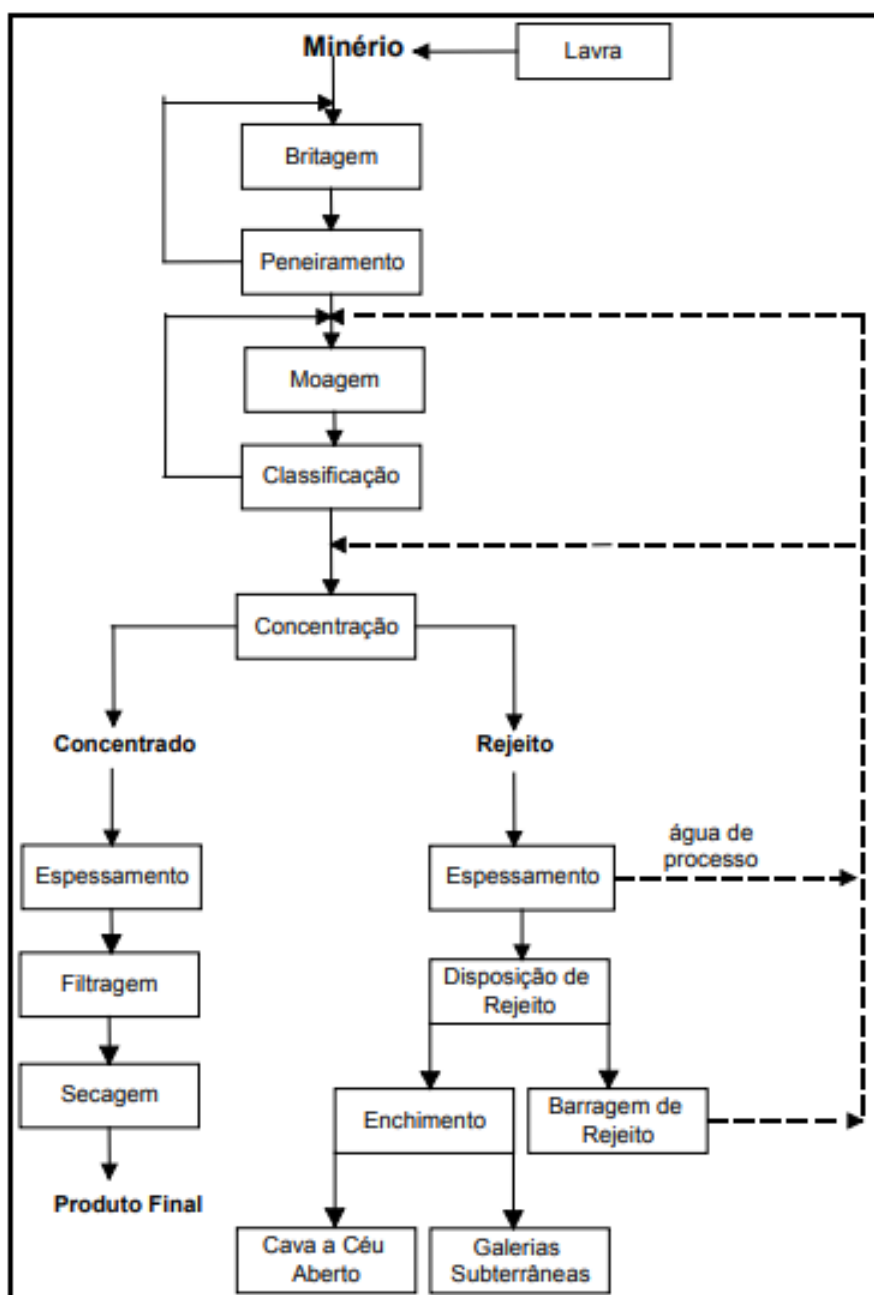
executada em sistemas dinâmicos em que uma resultante de forças confere distintos caminhos aos minerais com diferentes propriedades, acarretando a separação dos mesmos. Para isso, explora-se determinada propriedade dos minerais como brilho, cor, peso específico, condução de cargas, susceptibilidade magnética e propriedades de superfície (naturais ou induzidas). Conforme a propriedade explorada, esses métodos dividem-se em gravíticos, elétricos, magnéticos, flotação, dentre outros (PERES *et al.*, 2007).

Antes de se ter um produto para ser transportado, ou mesmo adequado para a indústria química ou para a obtenção do metal, é realizado a operação de desaguamento (espessamento e filtração) e secagem, que além de eliminar parte da água do concentrado, tem por objetivo reciclar parte da água contida nos rejeitos para uso na usina de beneficiamento (LUZ, SAMPAIO, FRANÇA, 2010).

A Figura 1 mostra um fluxograma típico de tratamento de minérios, com recirculação de água. O minério bruto procedente da etapa de lavra de uma mina passa por diversas operações unitárias, que são assim classificadas (LUZ, SAMPAIO, FRANÇA, 2010):

- . Cominuição: britagem e moagem;
- . Peneiramento (separação por tamanhos) e classificação (ciclonagem, classificação em espiral);
- . Concentração: gravítica, magnética, eletrostática, flotação, etc;
- . Desaguamento: espessamento e filtração;
- . Secagem: secador rotativo, *spray dryer*, secador de leito fluidizado;
- . Disposição de rejeito.

Figura 01 – Fluxograma típico de tratamento de minério



Fonte: Luz, Sampaio, França (2010).

3.3 Rejeitos

As atividades mineradoras geram uma grande quantidade de resíduos sólidos. Existem os resíduos de extração (o estéril) e os de beneficiamento (os rejeitos), além de outros resultantes da operação das plantas de mineração, como os esgotos das estações de tratamento

e os pneus e as baterias utilizadas nos veículos (SILVA *et al.*, 2012). Nesta pesquisa focaremos apenas na disposição de rejeitos.

De acordo com Silva *et al.* (2012), os rejeitos são resíduos resultantes de processos de beneficiamento a que são submetidos os minerais, visando extrair os elementos de interesse econômico (produto final). Esses processos têm a finalidade de padronizar o tamanho dos fragmentos, remover minerais associados sem valor econômico e aumentar a qualidade, pureza ou teor do produto final. Os procedimentos empregados para esse fim são muito variados, pois dependem basicamente do tipo e da qualidade do minério a ser extraído (ESPÓSITO, 2000).

Em função do tipo de minério processado e dos tratamentos adotados, podem ser encontrados rejeitos com variadas características geotécnicas, físico-químicas e mineralógicas. Quando de granulometria fina, são denominados lama, e quando de granulometria grossa (acima de 0,074 mm), são denominados rejeitos granulares (DUARTE, 2008). Eles são transportados para os locais de disposição em tubulações, por gravidade ou por bombeamento, e descartados sob a forma de pasta, a granel, ou líquida (polpa de água com sólidos ou lama) (FIGUEIREDO, 2007).

A disposição dos rejeitos pode ser feita a céu aberto, de forma subterrânea, ou subaquática. A disposição subaquática não é muito utilizada, pois gera impactos negativos aos ecossistemas aquáticos, algumas vezes irreversíveis. A disposição subterrânea é feita em câmaras que restam depois da extração do minério. Os rejeitos são bombeados na maioria dos casos diretamente na cava da mina e depositados preenchendo essas câmaras. A disposição mais comum é a céu aberto, e pode ser feita em pilhas controladas ou em estruturas de contenção localizadas em bacias ou vales (LOZANO, 2006). A seleção de um método para a disposição irá depender da natureza do processo de mineração, das condições geológicas e topográficas da região, das propriedades mecânicas dos materiais e do poder de impacto ambiental do contaminante dos rejeitos (IBRAM, 2016).

Com o passar do tempo, os rejeitos vêm sendo produzidos em quantidades cada vez maiores, uma vez que os minérios a serem lavrados estão ficando cada vez mais pobres ou menos acessíveis, o que afeta de forma significativa o meio ambiente. Esse fato tem gerado uma preocupação cada vez maior nas empresas, que buscam minimizar os impactos ambientais e os custos associados aos processos de contenção desse material. Esses rejeitos, apesar de não possuírem valor econômico direto, têm sido alvo de grande interesse por parte das empresas do setor de mineração, que vêm procurando novas alternativas de disposição desses materiais, de forma mais econômica e segura (ESPÓSITO, 2000).

3.4 Métodos de disposição de rejeitos

3.4.1 Barragem de rejeitos

As barragens de contenção de rejeitos é o método mais comumente usado no Brasil e é responsável pelo armazenamento do rejeito dos processos minerais (ARAÚJO, 2006).

Os rejeitos destinados a barragens constituem-se de uma mistura de rocha cominuída e os fluidos do processo de beneficiamento, apresentando granulometria fina, textura superficial angular e composição química dependente da composição da rocha de origem e dos reagentes utilizados no processamento mineral (KOSSOFF *et al.*, 2014).

O grande volume de rejeitos gerados, condicionados aos custos da disposição, faz com que seja atrativa a utilização destes materiais na construção das próprias barragens de contenção, desde que sejam obedecidas algumas premissas, tais como: separação da fração grossa e fina, controle dos processos de separação, utilização de sistemas de drenagens eficientes, compactação dos rejeitos (aumento da densidade e da resistência), proteção superficial da barragem, dentre outras (MARTIN *et al.*, 2002).

Segundo Vick (1983), a estrutura de contenção é construída levantando-se inicialmente um dique de partida com solo de empréstimo, o qual deve ter uma capacidade de retenção de rejeitos para dois ou três anos de operações da lavra. Os estágios posteriores (alteamentos) podem ser construídos também com material de empréstimo, com estéreis, por deposição hidráulica de rejeitos ou por ciclonagem dos mesmos rejeitos. A ciclonagem é feita com um equipamento chamado ciclone, que separa granulometricamente, por efeitos da pressão, partículas menos densas e finas de partículas mais densas e grossas.

A ampla utilização de barragens para a deposição de rejeitos provoca os seguintes aspectos negativos relevantes no fator socioambiental: supressão de vegetação; destruição dos habitat da fauna; redução da biodiversidade; elevado uso de água; poluição de recursos hídricos; e riscos para as comunidades situadas a jusante (BNDES SETORIAL, 2018).

Três métodos construtivos podem ser empregados: jusante, de montante e de linha de centro.

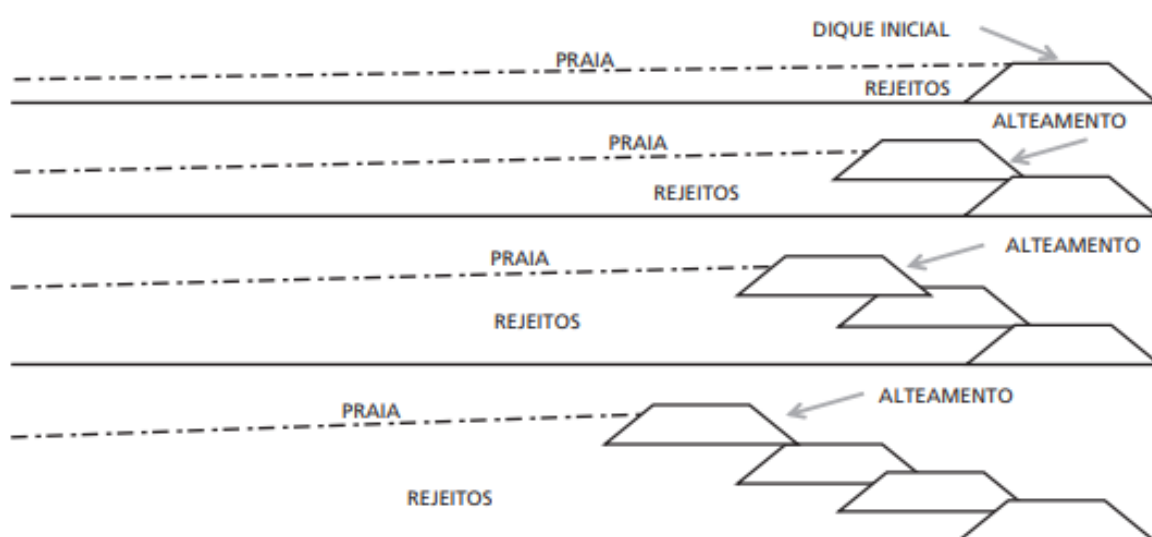
3.4.1.1 *Método de montante*

O método de montante, em sua etapa inicial, consiste na construção de um dique de partida, formado normalmente de material argiloso ou enrocamento compactado. O dique de

partida é essencialmente um aterro e um suporte para a linha de rejeitos descartados. Ele é construído com materiais permeáveis para assegurar a drenagem do fluxo de água e controlar a erosão. Contudo, pode ser construído com materiais impermeáveis (SILVA *et al.*, 2012).

Após realizada essa etapa, o rejeito é lançado por canhões em direção à montante da linha de simetria do dique, formando assim a praia de deposição, que se tornará a fundação e eventualmente fornecerá material de construção para o próximo alteamento. Esse processo continua sucessivamente até que a cota final prevista em projeto seja atingida (Figura 02) (ARAUJO, 2006).

Figura 02 – Disposição em barragem: método de montante



Fonte: Vick (1983), modificado.

O método de montante apresenta como principais vantagens o baixo custo de sua construção, a necessidade de menor volume de materiais, a rapidez e a simplicidade na execução dos alteamentos, normalmente realizados pela equipe técnica da própria mineradora (VICK, 1983).

Como desvantagens, apresenta menor segurança devido à suscetibilidade a liquefação, e possibilidade de ocorrer entubamento, quando a água é capaz de atravessar determinadas regiões do talude e aparecer a montante da estrutura, enfraquecendo-a (LUZ, SAMPAIO, FRANÇA, 2010).

As barragens alteadas pelo método de montante têm se mostrado de maior facilidade de execução e mais economicamente viáveis, portanto têm sido as preferencialmente adotadas pelas empresas mineradoras (ARAUJO, 2006).

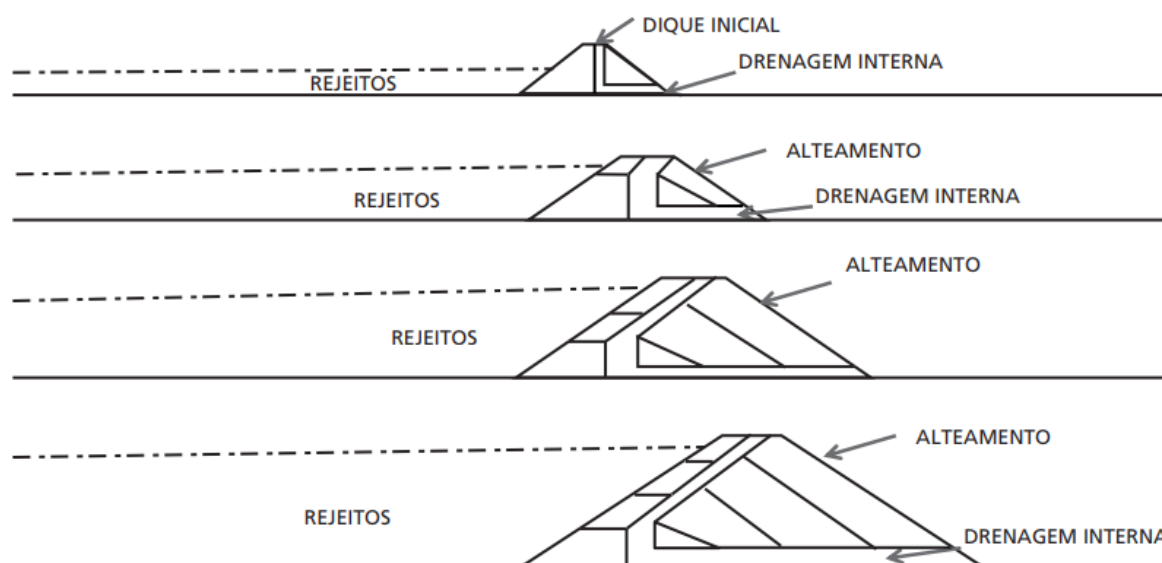
Em função dos rompimentos de barragem ocorridos no país, a Agência Nacional de Mineração (ANM), por meio da Resolução nº4, de 15 de fevereiro de 2019, determinou a

proibição da utilização do alteamento à montante em todo o território nacional. Além disto, barragens construídas por esse método deverão ser desativadas até 2021 (BRASIL, 2019). No contexto do estado de Minas Gerais, a Resolução Conjunta SEMAD/FEAM nº 2.784, de 21 de março 2019, determina a descaracterização de todas as barragens de contenção de rejeitos e resíduos alteadas pelo método a montante (MINAS GERAIS, 2019a).

3.4.1.2 Método de jusante

O método de jusante consiste no alteamento da barragem para jusante do dique de partida, inicialmente construído (Figura 03). A construção pode ser feita empregando o próprio rejeito, solos de empréstimo ou estéril proveniente da lavra. Quando a barragem é executada com rejeito, ele pode ser separado com emprego de ciclones, de forma que no maciço da barragem seja utilizada apenas a fração grossa (SILVA *et al.*, 2012).

Figura 03 – Disposição em barragem: método de jusante.



Fonte: Vick (1983), modificado.

O método apresenta como vantagens o fato de ser uma solução mais segura, visto que se pode controlar a qualidade do maciço e a posição da linha freática pela construção de um sistema contínuo de drenagem interna, e possui o risco de ruptura por liquefação e *piping* bem reduzido (BNDES SETORIAL, 2018).

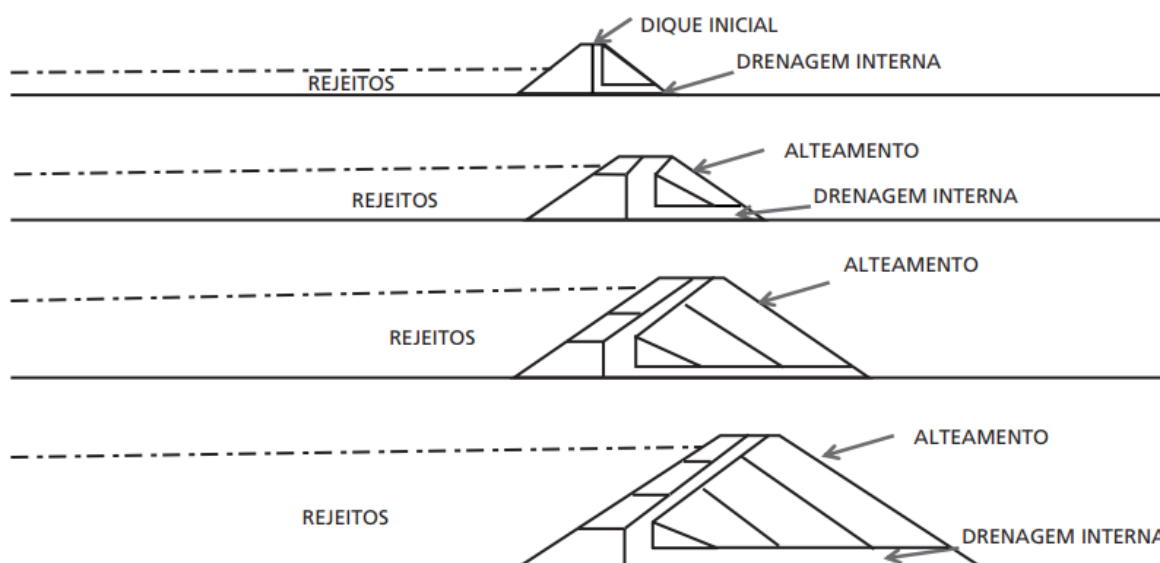
Entretanto, como desvantagem, necessita de maiores volumes de material para construção, apresentando maiores custos associados ao processo de ciclonagem ou ao empréstimo de material. Além disso, com esse método, a área ocupada pelo sistema de

contenção de rejeitos é muito maior, devido ao progresso da estrutura para jusante em função do acréscimo da altura (ARAUJO, 2006).

3.4.1.3 Método de linha de centro

De acordo com Chambers e Higman (2011), o método de linha de centro constitui-se de um meio termo entre os dois métodos citados anteriormente em relação à estabilidade sísmica (Figura 4). Ele utiliza uma técnica intermediária, que concatena a segurança do alteamento para jusante com o custo e velocidade do alteamento para montante. Nele, as construções subsequentes são executadas em parte sobre a praia formada pela deposição de rejeitos, em parte sobre o talude de jusante do alteamento anterior. Mantém-se, dessa forma, o alinhamento do eixo em relação ao dique inicial (THOMÉ, PASSINI, 2018).

Figura 04 – Disposição em barragem: método de linha de centro



Fonte: Vick (1983), modificado.

Apresenta como vantagem o fato de que nesse método, torna-se possível a utilização de zonas de drenagem internas em todas as fases de alteamento, o que possibilita o controle da linha de saturação e promove uma dissipação de poropressões, tornando-o apropriado para utilização inclusive em áreas de alta sismicidade (ASSIS, ESPÓSITO, 2017).

Como desvantagens, têm-se a necessidade de sistemas de drenagem eficientes e sistemas de contenção a jusante, pois a saturação do rejeito compromete a estabilidade do maciço. Além disto, pela complexidade da operação, os investimentos globais podem ser altos (LOZANO, 2006).

3.4.1.4 Ruptura de barragens

As barragens de rejeito estão entre as maiores estruturas de barragens do mundo, e devem permanecer estáveis (CHAMBERS, HIGMAN, 2011). A necessidade de manter a estabilidade não está relacionada apenas a possibilitar a mineração em si, mas também visa garantir a segurança das pessoas à jusante e do meio ambiente (BRIAUD, 2008). Visto que seu rompimento gera diversos impactos, tais como a poluição ambiental, perda de vida e danos de infraestrutura (AZAM, LI, 2010).

Azam e Li (2010), ao analisaram estatisticamente dados disponíveis sobre falhas de barragem de rejeitos ao redor do mundo, concluíram que houve um declínio de incidentes com o tempo, em função da melhoria das práticas de engenharia. Além disto, as falhas mudaram geograficamente de países desenvolvidos para os países em desenvolvimento.

De forma análoga, Bowker e Chambers (2015), ao interpretarem a frequência de acidentes com barragens entre 1910 e 2010, concluíram que o número de incidentes diminuiu nas últimas duas décadas, evidenciando o sucesso da legislação e fiscalização, bem como da adoção das melhores práticas da indústria. Porém, a incidência de casos de alta gravidade tem sido maior, fato este que se deve à divergência entre o acelerado progresso tecnológico na extração e beneficiamento do minério em comparação com os avanços tecnológicos envolvendo a geração e tratamento dos rejeitos. Tendo em vista que nas últimas décadas houve um intenso processo de acúmulo de conhecimento científico e tecnológico envolvendo o processo de extração de minério, principalmente os processos de lavra e concentração de minério de ferro, progresso que não foi observado na mesma intensidade quando se trata do tratamento dos rejeitos (PINHEIRO, 2000).

Para Chambers e Higman (2011), os motivos que podem levar à ruptura de uma barragem incluem dano acumulado (erosão interna ou múltiplos eventos sísmicos), acidentes geológicos (deslizamento de terra), liquefação do material de alteamento ou mudança nos padrões climáticos. Ainda, de acordo com Rico e colaboradores (2008), as causas são: construção de diques com materiais residuais da mineração; aumento sequencial de barragens juntamente com um aumento de efluentes; falta de regulamentação sobre critérios de projeto, especialmente nos países em desenvolvimento e alto custo de manutenção após fechamento de mina. Para Azam e Li (2010), os principais fatores responsáveis pela ruptura de barragens são as chuvas incomuns e a má gestão. Tais causas têm um efeito profundo sobre os mecanismos de falhas. Má gestão inclui inadequados procedimentos de construção de

barragens, manutenção de estruturas de drenagem impróprias e monitoramento inadequado (RICO *et al.*, 2008).

No Brasil, os fatores citados ainda podem ser combinados com o estabelecimento de políticas frágeis e desestruturadas instituições públicas de controle e prevenção de desastres (FREITAS *et al.*, 2016). Essa relação estaria associada à aceleração dos processos de licenciamento ambiental e à pressão sobre os órgãos licenciadores na fase de valoração do minério de ferro, bem como à intensificação da produção e pressão por redução de custos em períodos onde ocorre redução dos preços (MILANEZ *et al.*, 2016).

Existem vários exemplos de acidentes ocorridos em todo o mundo, como o de 2003 na República da Macedônia (Europa), o qual liberou aproximadamente 100.000 m³ de rejeitos com quantidades elevadas de metais pesados (Ag, As, Cd, Cu, Mo, Pb, Sb e Zn) através do vale do rio Kamenica, que afetou a qualidade da água do Lago Kalimanci (VRHOVNIK *et al.*, 2013; RICO *et al.*, 2008). Outros exemplos de falhas significativas são o de Merriespruit (África do Sul), 1994; Omai (Guiana), 1994; Los Frailes (Espanha), 1998; Baia Mare (Romênia), 2000 e Aitik (Suécia), 2000 (AZAM, LI, 2010).

Também existem registros históricos de desastres ambientais envolvendo barragens de rejeito no Brasil, alguns exemplos em MG estão representados na Tabela 6.

Tabela 6 – Desastres em barragens de mineração em Minas Gerais

(continua)

Ano	Empresa	Município	Breve descrição
1986	Grupo Itaminas	Itabirito	Rompimento de barragem de rejeitos da Mina Fernandinho causando a morte de sete pessoas.
2001	Mineração Rio Verde	Nova Lima	Rompimento da barragem no distrito de São Sebastião das Águas Claras, em Nova Lima, causando assoreamento de 6,4 km do córrego Taquaras e ainda a morte de cinco pessoas. A onda de lama atingiu 43 hectares de Mata Atlântica e também assoreou o córrego Fechos.
2006	Mineradora Rio Pomba Cataguases	Miraí	Vazamento de 1.200.000 de m ³ de rejeitos contaminando córregos, causando mortandade de peixes e interrompendo fornecimento de água.
2007	Mineradora Rio Pomba Cataguases	Miraí	Rompimento de barragem com 2.280.000 de m ³ de material, inundando as cidades de Miraí e Muriaé e desalojando mais de 4.000 pessoas.
2008	Companhia Siderúrgica Nacional	Congonhas	Rompimento da estrutura que ligava o vertedouro à represa da Mina Casa de Pedra, causando aumento do volume do Rio Maranhão e desalojando 40 famílias.
2014	Herculano Mineração	Itabirito	Rompimento de barragem de rejeitos, ferindo uma pessoa e causando a morte de três funcionários da mineradora que trabalhavam na manutenção da barragem.

Tabela 6 – Desastres em barragens de mineração em Minas Gerais

(conclusão)

Ano	Empresa	Município	Breve descrição
2015	Samarco S/A	Mariana	Rompimento de barragem de rejeitos, lançando 34 milhões de m ³ de lama na bacia hidrográfica do rio Doce, no total cerca de 663,2 km de corpo hídrico foram impactados. A lama também atingiu a localidade de Bento Rodrigues, que foi quase totalmente destruída, causando 19 mortes.
2019	Vale S.A.	Brumadinho	Rompimento da barragem de rejeitos (B1) da mina Córrego do Feijão, liberando 13 milhões de m ³ de lama no meio ambiente, e provocando a morte de mais de 300 pessoas.

Fonte: O Autor.

3.4.2 Empilhamento drenado

O empilhamento drenado consiste em um método que, em vez de utilizar uma estrutura impermeável de barramento, adota-se uma estrutura drenante, que não retém a água livre que sai dos poros dos rejeitos, liberando esta água por meio de um sistema de drenagem interna, de grande capacidade de vazão, ligada aos rejeitos do reservatório (IBRAM, 2016).

Neste método, inicialmente, é construído um dique de partida e o sistema de drenagem interna, o qual consiste em drenos executados na fundação do reservatório. Os rejeitos arenosos são, então, lançados da crista do dique de partida pela técnica de aterro hidráulico. Alteamentos sucessivos são construídos, por montante, com rejeitos retirados da própria praia e compactados com trator de esteira (GUEDES, SCHNEIDER, 2017).

Essa técnica deve ser utilizada somente em materiais granulares, uma vez que estes apresentam características de resistência e permeabilidade que condicionem livre drenagem e capacidade suporte para os alteamentos (ALVES, 2015).

O empilhamento drenado apresenta como vantagens a obtenção de maciço não saturado com maior estabilidade; menor potencial de danos provenientes de rupturas catastróficas e melhores condições para fechamento com menor custo de reabilitação ambiental (ÁVILA, 2011).

3.4.3 Disposição de rejeitos espessados e/ou em pasta

Após o processo de beneficiamento, o rejeito pode apresentar diferentes estados físicos (polpa, pasta ou massa tipo torta), de acordo com o processo de desaguamento (retirada de água) aplicado. Normalmente, o processo de desaguamento é realizado por meio de espessadores de grande porte ou em potentes filtros a vácuo (no caso de rejeitos filtrados), de

forma a se obter um material com maior teor de sólidos, e assim obter-se o aumento da resistência (FIGUEIREDO, 2007).

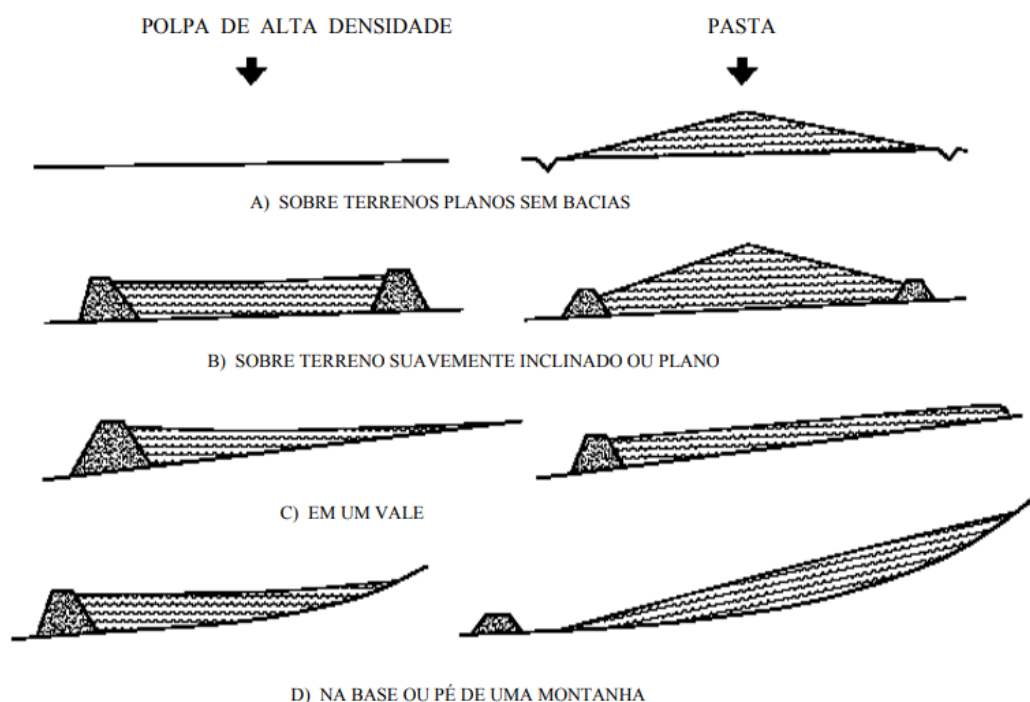
A técnica de disposição de rejeitos espessados foi citada em Robinsky (2002) como uma técnica alternativa viável para disposição dos rejeitos gerados nas minerações, frente aos potenciais riscos inerentes à disposição de rejeitos em forma de polpa em barragens convencionais. Nesse procedimento, são empregados espessadores que separam os sólidos dos líquidos mediante a sedimentação das partículas por gravidade, podendo ser empregados reagentes, como coagulantes ou floculantes, quando necessário (PORTES, 2013).

Segundo Slottee *et al.* (2005), a tecnologia de disposição de rejeitos espessados (polpa de alta densidade) ou em pasta (rejeitos espessados de alta densidade) tem se mostrado como um método eficaz, no intuito de recuperação de água e, principalmente, como alternativa viável à metodologia de disposição em barragens. Além disso, a técnica compreende das seguintes vantagens: menor susceptibilidade à liquefação e a rupturas catastróficas das estruturas de contenção de rejeitos; maior densidade e estabilidade dessas estruturas; menores impactos ambientais; redução da área em planta necessária para a disposição e maior recuperação dos reagentes utilizados nos processos de tratamento (GOMES, 2009). Entretanto, apresenta limitações, como melhor condição de disposição em topografias planas, principalmente em ambientes de intensa pluviometria, necessidade de um alto nível de tecnologia e infraestrutura locais e custos elevados (PORTES, 2013).

No caso do descarte dos rejeitos, as características do comportamento das pastas são devidas ao adensamento em sólidos, fazendo com que, a partir de uma determinada porcentagem de sólidos, não haja segregação das partículas sólidas na mistura. Desta forma, obtêm-se ângulos de disposição mais elevados do que ao utilizar polpas, por exemplo, na faixa de 2 até 5%, representando um ganho em termos de volumes a serem dispostos, sobretudo para grandes áreas, características das disposições em barragens (ARAÚJO *et al.*, 2003).

Assim, a disposição em pasta tende a apresentar uma conformação bastante distinta da praia de rejeitos em uma barragem convencional (Figura 05). No caso de descarte dos rejeitos em áreas planas ou irregulares, este irá se conformar segundo a topografia natural. No caso de vales ou taludes, a massa viscosa tende a fluir e a se adensar, ajustando-se à topografia local ou sendo barrada por um dique de contenção à jusante. Os mecanismos preliminares que envolvem essas características estão relacionados ao processo de adensamento da polpa espessada ou da pasta e ao processo de desidratação e ressecamento do material (evaporação) (FIGUEIREDO, 2007).

Figura 05 – Ângulos de disposição para polpas de alta densidade (rejeito espessado) e para pasta, para diferentes tipos de terreno.



Fonte: Laudriault (2002) *apud* Osorio (2005).

Devido à menor quantidade de água, as pastas podem ser empilhadas superficialmente ou preencher cavidades subterrâneas. No primeiro processo, conhecido como *stacking*, as pastas são distribuídas uniformemente ao longo da área, facilitando sua secagem e adensamento natural. Como benefícios adquiridos pela utilização da técnica, destaca-se menor risco de ruptura, menor área para disposição, maior recuperação de água, menores riscos a jusante, facilidade de recomposição da topografia original e reabilitação da área (LARA, 2011). Como desvantagem, tem-se o custo operacional, uma vez que é determinante para o sucesso do método que a infraestrutura seja eficiente (ALELVAN *et al.*, 2016).

No segundo processo, conhecido como *backfill*, cavidades subterrâneas são preenchidas com misturas de vários materiais. Na preparação da mistura, pequenas dosagens de aditivos são adicionadas à pasta mineral, para incrementar suas propriedades mecânicas (SOFRÁ; BOGER, 2008). Dessa forma, maiores recuperações nas minas subterrâneas podem ser alcançadas.

3.4.4 Disposição de rejeitos filtrados

A filtragem do rejeito consiste na separação sólido-líquido através da passagem da polpa em um meio filtrante, que é capaz de reter as partículas sólidas e permitir a passagem

do líquido. Nesse processo, elevadas quantidades de partículas finas podem inviabilizar o processo de filtração (PORTES, 2013).

Para que a filtração aconteça é necessária a presença de uma força sobre as partículas, que pode ser obtida através de gravidade, vácuo, pressão ou centrifugação. Nas usinas de minério de ferro o mais comum é a utilização de filtros que operam a vácuo (filtros de discos convencionais e filtros horizontais de correia) ou filtros de pressão (GUIMARÃES, 2011).

Os rejeitos podem ser filtrados a úmido (*wet cake*) ou filtrados a seco (*dry cake*). O filtrado a úmido apresenta grau de saturação próxima de 100%, já o a seco apresenta de 70 a 85% de grau de saturação (DAVIES, 2011).

Após o processo, os rejeitos com baixo teor de umidade são transportados em caminhões ou em correias transportadoras até o local de disposição final, onde são lançados, espalhados e compactados em camadas ou estabilizados em pilhas. Assim, não necessitam de qualquer estrutura de contenção a jusante (GOMES, 2009).

Essa tecnologia apresenta as vantagens obtidas pela disposição de rejeitos espessados, porém, obtendo melhores resultados devido a maior eficiência do processo de desaguamento (PORTES, 2013). E apesar do custo elevado associado à planta de desaguamento e ao transporte e disposição final, os custos são amortizados na fase de desativação do empreendimento (GOMES, 2009).

Davies (2011) menciona que a técnica de filtração de rejeitos está se tornando cada vez mais comum em muitas minas no mundo. De acordo com o autor, existem mais pilhas de rejeitos filtrados dispostos em superfície do que disposição de rejeitos em forma de pasta.

3.4.5 Empilhamento a seco (*Dry stacking*)

O método de disposição chamado *dry stacking*, ou empilhamento a seco, é comumente utilizado para disposição de rejeitos em pilhas. Porém, esses rejeitos não se apresentam completamente secos, conforme mencionado em sua nomenclatura (CARVALHO, 2017).

Nesse método, o rejeito fino (em geral de granulometria passando na peneira 400) é adensado em espessadores até alcançar teores de sólidos elevados (acima de 50%). Depois disto, o rejeito é bombeado para um reservatório onde sua superfície é exposta à evaporação, com o teor de sólidos crescendo até valores da ordem de 80% (IBRAM, 2016). Os rejeitos após filtrados também podem ser dispostos na forma de *dry stacking*.

Uma das principais vantagens do método sobre outros sistemas é a facilidade de recuperação e fechamento progressivo da área de disposição. A estrutura geralmente pode ser

desenvolvida de tal maneira que a recuperação comece de forma bastante antecipada no ciclo de vida do projeto. Isto pode ter muitas vantagens no controle de emissão de poeira, no uso de materiais para recuperação, e nos impactos ambientais do projeto em curto e longo prazo (DAVIES, 2011).

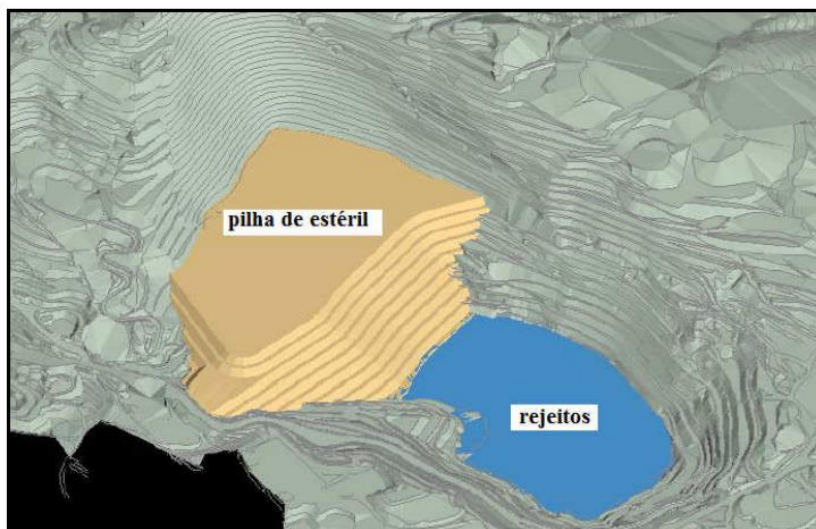
Lara e León (2011) apresentaram detalhes operacionais e de projeto das instalações de Cerro Lindo, Peru, que contou com a alternativa de disposição para rejeitos filtrados em *dry stack*, dentre outros motivos, por ocupar menor área de disposição, reduzindo o impacto ambiental e a resistência social. Além disso, os autores realizaram estudos de viabilidade, e concluíram que a disposição em *dry stack* apresentou elevado custo de operação, mas o menor custo total das alternativas avaliadas, basicamente devido à redução significativa das alturas das barragens de contenção.

3.4.6 Codisposição e disposição compartilhada

Em função da crescente dificuldade de liberação, por parte dos órgãos ambientais, de novas áreas para a disposição final dos resíduos de mineração, uma alternativa bastante viável seria integrar esses sistemas de disposição em um mesmo depósito através da disposição de rejeitos e estéreis num mesmo espaço físico. Deve-se ressaltar que esse método não faz referência apenas a misturas de rejeitos e estéreis, pode ser feito também para diferentes granulometrias de rejeitos, que por vezes possuem características geotécnicas distintas (ALELVAN *et. al.*, 2016).

Quando a mistura rejeito-rejeito ou rejeito-estéril for realizada previamente ou efetivada no próprio ambiente da disposição tem-se a codisposição. Já quando os materiais estéreis e os rejeitos forem dispostos no mesmo espaço físico, sem, contudo, precisar misturá-los tem-se a técnica definida por disposição compartilhada (PEIXOTO, 2012). Aplicações em termos de uma disposição compartilhada (Figura 06) já são existentes no Brasil (ALVES *et al.*, 2010), ao passo que as técnicas de codisposição ainda são praticamente inexistentes no país.

Figura 06 – Disposição compartilhada de estéreis e rejeitos.



Fonte: Galbiatti (2006).

Têm-se três metodologias para disposição compartilhada e uma para codisposição. O primeiro caso de disposição compartilhada refere-se a uma pilha de estéril que recebe pequenas lagoas de rejeito em pasta contidas por diques do próprio material granular. Em que é recomendado que as lagoas estejam separadas por quatro vezes da sua altura. A segunda proposta é a injeção de rejeitos em pasta através de tubos inclinados ou verticais em pilhas de estéreis. Ressalta-se que esses rejeitos já devem ter sido desaguados e espessados. O terceiro método trata da execução de camadas alternadas de rejeito e estéreis, obedecendo ao processo de secagem do primeiro. Mais uma vez, as condições de estabilidade devem ser minuciosamente verificadas. Isto porque nas regiões de encontro entre os diferentes materiais localiza-se as zonas de fraqueza. O último caso é de codisposição, em que se sugere que os rejeitos sejam lançados pelo topo do depósito de estéril, formando uma pilha. Contudo, deve-se atentar para as condições de estabilidade da estrutura, principalmente a inclinação dos taludes. A codisposição de estéreis e rejeitos envolve preferencialmente o estéril de granulometria mais grosseira sendo preenchidos os vazios do mesmo com as partículas finas do rejeito (VECTOR ENGINEERING, 2002; MARTIN *et al.*, 2002).

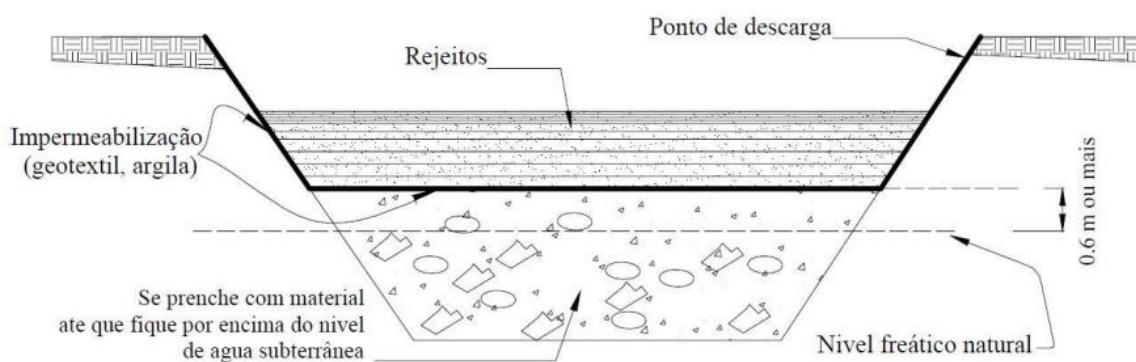
A principal vantagem das técnicas está relacionada à melhoria das condições de resistência e drenabilidade do rejeito, além da minimização da potencialidade de geração de drenagem ácida do estéril, quando este se encontra associado a sulfetos, implicando na redução de volume e de comprometimento ambiental. Entretanto, é apresentada como desvantagem a necessidade de um maior controle operacional destes depósitos, uma vez que variações nas quantidades de rejeitos e estéreis podem comprometer a sua estabilidade, e o

comprometimento ambiental quando um dos rejeitos for quimicamente ativo ou tóxico (MARTIN *et al.*, 2002; SILVA, 2014).

3.4.7 Disposição em cava

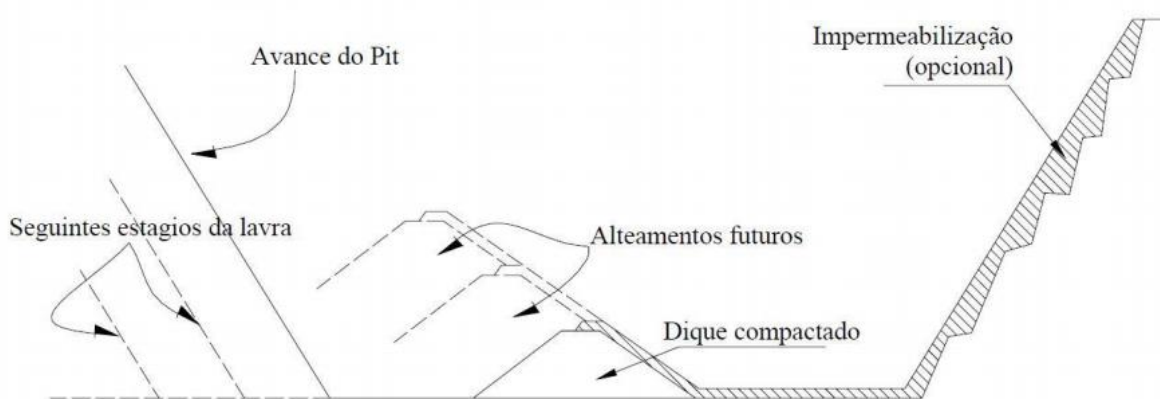
O método de disposição em cavas, também chamado de “disposição em pit”, consiste no lançamento do rejeito em cavas exauridas ou naquelas em que ainda há extração de minérios, não sendo necessária a construção de diques (LOZANO, 2006; PORTES, 2013). As Figuras 7 e 8 ilustram essas duas situações.

Figura 07 – Disposição em cava exaurida.



Fonte: Ritcey (1989) *apud* Lozano (2006).

Figura 08 – Disposição junto à extração de minério.



Fonte: Ritcey (1989) *apud* Lozano (2006).

O método apresenta como vantagens a facilidade de recuperação das áreas lavradas concomitante ao avanço da lavra, redução de impactos ambientais e visuais, redução de riscos, minimização de custos operacionais e facilidade de recuperação da área quando do descomissionamento (PORTES, 2013).

As desvantagens envolvem a logística de extração de minério devido à construção de estruturas de contenção de rejeitos dentro da cava, pouco volume disponível para disposição de rejeitos dado o grande volume ocupado pela estrutura de contenção (elevado desnível da cava), problemas de percolação e estabilidade (VICK, 1983).

A disposição também pode ocorrer em cavas subterrâneas. Segundo Lozano (2006), apresentando certos méritos quando os rejeitos são considerados inertes e sem perigos potenciais. Porém, com o tempo, muitos rejeitos podem gerar poluentes e contaminar águas subterrâneas. Esse método é aplicado tendo em vista um, ou mais, dos seguintes propósitos: proporcionar um piso de trabalho para as atividades de extração do minério, proporcionar suporte às paredes das escavações subterrâneas, e maximizar a recuperação do corpo do minério (VICK, 1983).

4 METODOLOGIA

4.1 Seleção de estudos de impacto ambiental

Inicialmente buscou-se os processos administrativos para exame da LP concomitante, ou não, a LI e LO, nas pautas das Reuniões Ordinárias da Câmara de Atividades Minerárias (CMI) do COPAM, no período compreendido entre a 1ª reunião, ocorrida em 03 de fevereiro de 2017, e a 48ª, ocorrida em 30 de agosto de 2019, obtendo-se um total de 46 processos.

Na sequência, os mesmos foram acessados através da ferramenta *on-line* do Sistema Integrado de Informações Ambientais (SIAM) do Estado de Minas Gerais, filtrando aqueles cuja atividade se relacionava a geração de rejeitos úmidos, assim sendo, selecionou-se 17 processos. Dos quais, o empreendimento da City Car Veículos, Serviços e Mineração Ltda (Processo 00026/2012/001/2017) foi excluído, pois teve sua licença indeferida. E os processos da Sigma Mineração S.A. (Processo 06839/2017/001/2018), da AVG Empreendimentos Minerários Ltda (Processo 00151/1987/015/2013) e o da Galvani Indústria Comércio e Serviços S.A. (Processo 09039/2005/006/2017) foram excluídos pois os respectivos EIAs não estavam disponíveis no SIAM.

Desta forma, foram selecionados para a análise 13 estudos, cuja relação dos processos, tipo de licença requerida, atividade licenciada, empreendedor responsável e empreendimento estão presentes na Tabela 7.

Tabela 7 – Relação dos processos discutidos nas Reuniões Ordinárias da CMI do COPAM para obtenção de LP, concomitante ou não a LI e LO, selecionados para a análise

(continua)				
Processo	Licença	Atividade	Empreendedor	Empreendimento
27576/2011/ 003/2015	LP + LI Ampliação	Lavra a céu aberto com tratamento a úmido – Minério de ferro	MML Metais Mineração Ltda	Ampliação do empreendimento de mineração de minério de ferro e cascalho
00022/1995/ 063/2013	LP Ampliação	Lavra a céu aberto sem tratamento ou com tratamento à seco – Minério de ferro	Vale S.A.	Expansão Cava da Divisa
00001/1988/ 029/2017	LP + LI Ampliação	Barragem de contenção de rejeitos/resíduos	Vale Fertilizante S.A.	Alteamento da Barragem BL-1
00211/1991/ 058/2011	LP Ampliação	Barragem de contenção de rejeitos/resíduos e pilhas de rejeito/estéril	Vale S.A.	Barragem Maravilhas III

Tabela 7 – Relação dos processos discutidos nas Reuniões Ordinárias da CMI do COPAM para obtenção de LP, concomitante ou não a LI e LO, selecionados para a análise

(conclusão)				
Processo	Licença	Atividade	Empreendedor	Empreendimento
27116/2011/ 001/2015	LP	Lavra a céu aberto com tratamento a úmido – Manganês; UTM - Unidade de Tratamento de Minerais; Pilha de rejeito/estéril; Obras de infraestrutura; Barragem de contenção de rejeitos; Estrada para transporte de minério/estéril; Posto de abastecimento de combustível	Oratórios Engenharia Mineral Ltda	Lavra a céu aberto com tratamento a úmido (manganês)
00078/1980/ 052/2011	LP + LI Ampliação	Barragem de contenção de rejeitos/resíduos	Vale Fertilizantes S.A.	Barragens B6 e B7
00104/1988/ 061/2016	LP + LI Ampliação	Pilhas de rejeito/estéril	Votorantim Metais Zinco S.A.	Projeto de disposição de rejeitos secos – Pilha Garrote
15476/2016/ 001/2016	LP + LI Retorno de operações	Barragem de contenção de rejeitos/resíduos	Samarco Mineração S.A.	Sistema de disposição de rejeitos – Alegria Sul
00472/2007/ 008/2015	LP + LI Ampliação	Lavra a céu aberto com tratamento a úmido – Minério de Ferro	Anglo American	Projeto de extensão da Mina do Sapo
02402/2012/ 001/2012	LP	Lavra a céu aberto com tratamento a úmido - Minério de Ferro	MLOG S.A.	Projeto mineral Morro do Pilar
00119/1986/ 111/2014	LP + LI + LO Ampliação	Barragem de Contenção de Rejeitos / Resíduos	Vale S.A.	Alteamento da barragem de rejeitos Itabiruçu El. 850m
03886/2007/ 015/2014	LP + LI Ampliação	Lavra a céu aberto com tratamento a úmido - Minério de ferro; Unidade de Tratamento de Minerais – UTM; Pilhas de rejeito/estéril	Ferro + Mineração S.A.	Lavra a céu aberto, UTM, pilhas de estéril e rejeito e estrada
00103/1981/ 090/2017	LP + LI Ampliação	Pilhas de rejeito/estéril - Minério de ferro	CSN Mineração S.A.	Projeto da pilha de rejeito desaguado e/ou filtrado do Fraile

Fonte: O autor.

4.2 Análises das alternativas tecnológicas apresentadas

A análise da abordagem das alternativas nos estudos foi baseada nos critérios definidos pela Resolução CONAMA nº 01/1986 e nas recomendações presentes no manual para elaboração de estudos para o licenciamento com avaliação de impacto ambiental, elaborado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2014). Esse manual estabelece a inclusão no EIA de uma análise comparativa quanto às alternativas tecnológicas viáveis das estruturas, modalidades e/ou principais equipamentos previstos no projeto, suas vantagens e desvantagens, considerando os aspectos técnicos, ambientais e econômicos. Além

disso, é recomendado, pelo manual, que a alternativa selecionada seja devidamente justificada, indicando-se a estimativa quantitativa de indicadores para balizar a tomada de decisão em relação à alternativa escolhida. E deve-se levar em consideração os impactos ambientais aos meios físico, biótico e socioeconômico (CETESB, 2014).

O presente trabalho também se baseou na adaptação de critérios gerais de boas práticas ambientais descritos na literatura e reportados por Fernandes *et al.* (2017). Enfatiza a necessidade do estudo de alternativas ser rigoroso, objetivo e não enviesado, de forma a apresentar imparcialmente as opções; a proposição de trabalhos realizados com dados confiáveis e atualizados para subsidiar a tomada de decisão; verificar a não-ocorrência da elaboração arbitrária de alternativas que geram a inclusão de propostas inviáveis apenas para engrandecer o estudo; a exclusão sem justificativa de alternativas consideráveis, antes de avaliá-las detalhadamente.

Portanto, para cada EIA selecionado, foram avaliados os critérios presentes na Tabela 8, verificando o cumprimento ou não de cada um.

Tabela 8 – Critérios gerais utilizados para avaliação dos estudos de alternativas tecnológicas em Estudos de Impacto Ambiental de empreendimentos minerários do estado de Minas Gerais

Critérios Gerais
1 – Proposição de alternativas tecnológicas;
2 – Hipótese de não execução do projeto;
3 – Ser rigoroso, objetivo e não enviesado na proposição das alternativas;
4 – Embasar em dados confiáveis e atualizados;
5 – Propor escolhas realistas, evitando a elaboração arbitrária de alternativas e propostas inviáveis apenas para engrandecer o estudo;
6 – Consideração quanto aos impactos ambientais aos meios físico, biótico e socioeconômico de cada alternativa;
7 – Apresentação das vantagens e desvantagens das alternativas, considerando os aspectos técnicos, ambientais e econômicos;
8 – Análise comparativa das alternativas;
9 – Justificar e analisar os motivos que eliminaram alguma alternativa e o processo de escolha;
10 – Evitar favorecer alternativas utilizadas anteriormente, desconsiderando opções modernas.
11 – Indicação da estimativa quantitativa de indicadores para balizar a tomada de decisão.

Fonte: BRASIL (1986), CETESB (2014), Fernandes *et al.* (2017), adaptado.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos critérios gerais para os EIAs apresentou os resultados descritos na Tabela 9.

Tabela 9 – Resultado da análise dos critérios gerais dos Estudos de Impacto Ambiental analisados

Empreendedor	Empreendimento	Critérios Gerais										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
MML Metais Mineração Ltda	Ampliação do empreendimento de mineração de minério de ferro e cascalho	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Vale S.A.	Expansão Cava da Divisa	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Vale Fertilizantes S.A.	Alteamento da Barragem BL-1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Vale S.A.	Barragem Maravilhas III	✓	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x
Oratórios Engenharia Mineral Ltda	Lavra a céu aberto com tratamento a úmido (manganês)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Vale Fertilizantes S.A.	Barragens B6 e B7	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Votorantim Metais Zinco S.A.	Projeto de disposição de rejeitos secos – Pilha Garrote	✓	x	✓	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x
Samarco Mineração S.A.	Sistema de disposição de rejeitos – Alegria Sul	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Anglo American	Projeto de extensão da Mina do Sapo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
MLOG S.A.	Projeto minerário Morro do Pilar	✓	✓	x	x	✓	x	x	x	x	✓	x
Vale S.A.	Alteamento da barragem de rejeitos Itabiruçu El. 850m	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ferro + Mineração S.A.	Lavra a céu aberto, UTM, pilhas de estéril e rejeito e estrada	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
CSN Mineração S.A.	Projeto da Pilha de Rejeito Desaguado e/ou Filtrado do Fraile	✓	x	✓	x	✓	x	✓	x	✓	✓	x

✓: Critérios cumpridos; x: Critérios não cumpridos.

Fonte: O autor.

5.1 MML Metais Mineração Ltda – Ampliação do empreendimento de mineração de minério de ferro e cascalho

O empreendimento da MML Metais Mineração LTDA (Processo 27576/2011/003/2015), enquadrado na Classe 5¹ apresentou EIA/RIMA visando ao licenciamento ambiental para a ampliação do empreendimento de mineração de minério de

¹ Classificação de acordo com a DN n° 74/2004.

ferro e cascalho, localizado no município de Passa Tempo, Minas Gerais, objetivando a obtenção da LP + LI (GEOMIL – SERVIÇOS DE MINERAÇÃO LTDA, 2015).

De acordo com o estudo, o estéril e o rejeito seriam dispostos em pilha. O estéril seguiria diretamente da lavra para a pilha. O minério, após lavrado e concentrado através de rolos magnéticos, geraria um rejeito que seria lançado em baias de sedimentação, para recuperação da água. Após secagem dos rejeitos decantados, estes seriam removidos com escavadeira e encaminhados para a pilha de estéril/rejeito. Porém, de acordo com o Parecer Único Nº 0673067/2017, que embasou o processo de tomada de decisão sobre esse licenciamento, posteriormente a empresa informou a desistência da disposição do rejeito em pilha. Segundo o parecer, tanto o estéril quanto o rejeito seriam dispostos em cava de lavra já exaurida e também utilizados para recuperação das cavas a serem lavradas (MINAS GERAIS, 2017b).

Apesar de descrita a forma desejada de disposição de estéril e rejeito, proposta de forma compartilhada, o estudo, ao abordar as alternativas tecnológicas, refere-se aos principais métodos de concentração do minério de ferro (concentração por densidade ou por diferença de magnetismo). Ressalta-se que a Unidade de Tratamento de Minério (UTM) não foi objeto de licenciamento neste processo. Segundo o estudo, a UTM existente iria concentrar o minério lavrado após ampliação da cava. Portanto, em nenhum momento foram realmente propostas alternativas de disposição do rejeito. Nesse contexto, apesar de apresentado o tópico, o EIA não apresentou alternativas tecnológicas de disposição de rejeito (critério 1 – Tabela 9). Há que se ressaltar que as formas diferentes de concentração do minério propostas ainda gerariam o rejeito úmido, não alterando, portanto, no potencial do rejeito de causar impacto. Assim, foi impossível analisar os critérios 3 a 11 (Tabela 9).

Em relação à hipótese de não execução do projeto, o estudo diz que implicaria no não aproveitamento da jazida mineral da área em sua plenitude, e a manutenção do uso e ocupação do solo em sua forma atual, predominantemente voltado para a pecuária de corte. Segundo o estudo, não ocorreriam os impactos ambientais inerentes à atividade de mineração, mas por outro lado não seriam gerados/mantidos os empregos na região (62 empregos diretos). Além disto, o poder público deixaria de receber tributos relacionados a atividade, deixando de movimentar a economia local. Percebe-se que a exclusão da alternativa de não ampliar o empreendimento foi prontamente descartada pelo estudo, sem ser embasada por uma análise mais detalhada contemplando aspectos técnicos e ambientais. Considerou-se apenas os aspectos econômicos para justificar a exclusão da alternativa de não se implantar o projeto.

Desta forma, após a análise, conclui-se que o estudo não apresentou as alternativas tecnológicas, não atendendo ao exigido pela Resolução CONAMA nº 01/86, apesar de considerado a hipótese de não execução do projeto (critério 2 – Tabela 9).

5.2 Vale S.A. – Expansão de Brucutu: Cava Divisa

O empreendimento da Vale S.A. (Processo 00022/1995/063/2013), enquadrado na Classe 6², apresentou EIA/RIMA para subsidiar o licenciamento ambiental do projeto de expansão de Brucutu, localizado nos municípios de São Gonçalo do Rio Abaixo e Barão de Cocais, em Minas Gerais, objetivando a obtenção da LP (LUME ESTRATÉGIA AMBIENTAL LTDA, 2012).

O empreendimento em questão tinha como objetivo o aumento da produção de minério de ferro em 15 milhões de toneladas/ano. O projeto previa a expansão da Cava Divisa, incluindo a implantação de uma usina de beneficiamento a seco. Desta forma, uma parcela do minério (5 milhões de toneladas/ano) seria beneficiada na instalação a seco, que consistia de etapas de peneiramento e britagem. Os 10 milhões de toneladas de minério restantes seriam direcionados para a planta de concentração a úmido, cujo rejeito seria disposto em uma barragem existente (Barragem Sul) e em outra barragem que se encontrava em processo de licenciamento (Barragem Norte). Outras estruturas também faziam parte deste processo, como pilha de estéril e realocação de duas linhas de transmissão.

Diante do exposto, o EIA em análise não abordou sobre alternativas tecnológicas. Porém, a implantação da usina de beneficiamento a seco pode ser entendida como uma alternativa, visto que é responsável por reduzir a geração de rejeitos úmidos dispostos em barragem, sendo uma solução que trata do aspecto ambiental em sua origem. Contudo, mesmo que esta opção represente uma forma de disposição dos rejeitos vantajosa sobre o aspecto ambiental, deveria ter sido contemplado outras tecnologias possíveis de serem aplicadas, tendo em vista a necessidade de se discutir realmente se essa se trata da opção mais viável, e a obrigatoriedade da apresentação da mesma, segundo a Resoluções CONAMA nº 01/86.

Ademais, uma parte do rejeito ainda seria direcionado para a planta de concentração a úmido, mas, como já mencionado, não foram propostas alternativas. Portanto, observa-se que o empreendedor apenas se contentou em alocá-lo na barragem já licenciada, prevendo posteriormente o licenciamento de uma nova barragem. Nesse contexto, o EIA poderia já ter

² Classificação de acordo com a DN nº 74/2004.

contemplado um estudo de alternativas tecnológicas, de forma a dispor o rejeito na opção que apresentasse maior viabilidade ambiental.

Com relação à hipótese de não implantação do empreendimento, apenas foi falado que se esperava que as comunidades faunísticas permanecessem na região, mesmo diante da descaracterização da paisagem já presente. Sendo assim, a hipótese não foi discutida e a informação apenas citada. Portanto, não se pode considerar que o estudo a contemplou.

Conclui-se assim, que o EIA não apresentou as alternativas tecnológicas (critério 1 – Tabela 9), impossibilitando a análise dos critérios 3 a 11 (Tabela 9). E também não considerou a hipótese de não execução do projeto (critério 2 – Tabela 9).

Contudo, cabe salientar que o projeto apresentado no EIA foi alterado para processamento total a seco (MINAS GERAIS, 2017c). Apesar do aparente ganho ambiental no sentido de buscar alternativas evitando a construção de novas barragens, o detalhamento da tecnologia empregada e suas implicações no meio ambiente não foram amplamente discutidas no EIA, documento onde se espera esse tipo de discussão.

5.3 Vale Fertilizantes S.A. – Alteamento da Barragem BL-1

O empreendimento Alteamento da Barragem BL-1 da Vale Fertilizantes S.A. (Processo 00001/1988/029/2017), enquadrado na Classe 6³, apresentou EIA/RIMA para subsidiar o processo de licenciamento ambiental da disposição do rejeito gerado no Complexo de Mineração de Tapira (CMT), localizado no município de Tapira-MG, objetivando a obtenção da LP + LI (MULTIGEO MINERAÇÃO GEOLOGIA E MEIO AMBIENTE LTDA, 2017).

O CMT está em operação há mais de 30 anos, realizando atividades de extração de minério de titânio e fosfatado, e de beneficiamento e expedição de concentrado fosfático. Visando assegurar a continuidade operacional do empreendimento, pretendia-se realizar o alteamento da barragem já em operação, BL-1, da cota de 1.217,5 m para 1.225 m, de forma a estender sua vida útil.

Nesse contexto, o estudo não abordou as alternativas tecnológicas, a opção de alteamento da barragem já havia sido definida, sem espaços para novas opções, que poderiam vir a ser mais viáveis ambientalmente. Tem-se, portanto, um empreendimento consolidado,

³ Classificação de acordo com a DN n° 74/2004.

cuja estrutura já estava implantada, e que não considerou a discussão de alternativas tecnológicas.

Sendo assim, tendo em vista que o estudo não apresenta alternativas tecnológicas (critério 1 – Tabela 9), a análise dos critérios 3 a 11 (Tabela 9) foi impossibilitada. A hipótese de não execução também não foi considerada (critério 2 - Tabela 9). Portanto, conclui-se que o EIA em análise deixou de cumprir o mínimo exigido pela Resolução CONAMA nº 01/86.

5.4 Vale S.A. – Barragem Maravilhas III

O empreendimento Barragem Maravilhas III da Vale S.A. (Processo 00211/1991/058/2011), enquadrado na Classe 6⁴, apresentou EIA/RIMA para subsidiar o processo de licenciamento ambiental da disposição do rejeito gerado nas instalações de tratamento da Mina do Pico e Vargem Grande, localizadas no município de Itabirito-MG, objetivando a obtenção da LP (LUME ESTRATÉGIA AMBIENTAL, 2010).

Os rejeitos das Instalações de Tratamento de Minério (ITM) das minas são gerados na forma de polpa, como mistura de água e sólidos. Foram estudados no EIA três alternativas de disposição, visto que para essas condições, segundo o estudo, são as opções mais comuns, sendo elas: disposição a seco, disposição na forma espessada, e disposição hidráulica.

A primeira alternativa apresentada foi a disposição de rejeitos a seco, ou seja, disposição dos rejeitos após filtragem. Essa tecnologia, de acordo com o estudo, apresenta diversos inconvenientes, tais como o tráfego intenso de caminhões para transporte do material, a demanda de volumes elevados de solo vegetal para revegetação do depósito e geração de poeiras. Além disso, sua utilização só seria possível em 2/3 dos rejeitos produzidos, pois a outra parcela é composta de lama, material que não apresenta características filtráveis e, portanto, ainda seria necessária a implantação de uma barragem para contenção. Apesar dessa alternativa possibilitar o aumento do tempo de vida útil da barragem, a mesma foi prontamente descartada no estudo. Outra limitação seria em função da pouca disponibilidade de área para implantação de acessos e estruturas de disposição na região, que dificultaria a implantação de diques de contenção e de acessos para o trânsito de caminhões. Vale notar que foram apresentadas as desvantagens dessa tecnologia, em nenhum momento falou-se das vantagens da mesma. Ademais, as limitações apresentadas não foram

⁴ Classificação de acordo com a DN nº 74/2004.

amplamente discutidas e os inconvenientes pouco significantes em um contexto de mineração, quando considerado os impactos associados a disposição em barragens de rejeitos.

A segunda alternativa apresentada foi a disposição na forma espessada, que, segundo o estudo, apresenta como vantagens a demanda por áreas menores para disposição, melhor recuperação de água e maior facilidade na recuperação final da área. Custos elevados (investimento e operacional), elevado consumo de energia para o bombeamento dos rejeitos espessados, necessidade de floclulantes para o espessamento, e o fato da técnica não se adequar às regiões com elevado índice pluviométrico e condições topográficas adversas foram algumas desvantagens da tecnologia levantadas pelo estudo. Na região da Mina do Pico, de acordo com o EIA, não foi identificada área adequada para a implantação desse tipo de disposição, visto que a morfologia da área mostra-se com relevo dissecado e altos índices de erodibilidade. Desta forma, percebe-se que apesar das vantagens apresentadas, a tecnologia foi descartada em função da geomorfologia da região, sem nenhum tipo de estudo que comprove as informações passadas, sendo a única justificativa cabível ao empreendedor para descartar essa opção, o alto custo. Assim, conclui-se que a alternativa não é viável economicamente, mesmo apresentando ganhos ambientais.

A última opção abordada foi a disposição hidráulica. O estudo já deixa claro, de início, que esse é o método mais empregado no Brasil e no exterior. Além dos custos de implantação e operação serem inferiores aos sistemas já citados, a operação é mais simples e a empresa domina a tecnologia. Contudo, o fato de ser o método mais usual, não implica em ser o que apresenta uma maior viabilidade ambiental. E percebe-se a tendência do estudo em escolher uma alternativa mais usual, desconsiderando opções que sejam mais modernas (critério 10 – Tabela 9). Além disso, não foi mencionado os potenciais riscos atrelados a essa técnica, relacionados ao grande impacto ambiental causado pela inserção da barragem no meio ambiente e também em caso de eventuais rupturas.

Por fim, é apresentada a alternativa escolhida, sendo a opção mais viável, segundo o estudo, do ponto de vista técnico, econômico e ambiental, a opção chamada de barragem Congonhas + empilhamento drenado. O estudo considera as características do rejeito, as particularidades climáticas da região e as restrições e potencialidades das alternativas locais para chegar a uma conclusão, porém tais considerações não foram embasadas.

Após apresentadas as alternativas tecnológicas do EIA, destaca-se que a abordagem foi realizada de forma superficial. Contudo, as opções propostas são possíveis de serem aplicadas (critério 5 – Tabela 9), apesar de duas delas terem sido excluídas apressadamente, sem uma análise criteriosa. As informações presentes no estudo não possuem referência ou

estudos que a comprovem (critério 4 – Tabela 9), portanto a credibilidade das informações é debilitada.

Os impactos das alternativas não foram sequer mencionados (critério 6 – Tabela 9). Além disso, o estudo abordou as desvantagens da disposição de rejeitos a seco, vantagens e desvantagens da disposição na forma espessada, e vantagens da disposição hidráulica, sendo insuficiente para uma comparação relacionada a aspectos técnicos e ambientais (critério 7 – Tabela 9). Tal fato também demonstra um enviesamento do estudo (critério 3 – Tabela 9), visto que para as alternativas descartadas foram enfatizadas apenas as desvantagens, sendo que para a alternativa escolhida foram destacadas apenas as vantagens. Mesmo que todas as tecnologias possuam pontos positivos e negativos, estas informações foram omitidas a critério do estudo de forma a engrandecer a alternativa escolhida. O enviesamento também foi percebido quando as opções que não seriam as escolhidas foram descartadas sem uma análise criteriosa e justificativas comprovadas.

Na escolha da alternativa o estudo fez considerações que apesar de citadas, não foram embasadas com dados (critério 4 – Tabela 9). Assim, percebe-se que a tomada de decisão não utilizou indicadores (critério 11 – Tabela 9). Além disso, não foi realizada uma comparação das opções (critério 8 – Tabela 9). Apesar de previamente justificado os motivos que eliminaram duas das alternativas, esses não foram substantiados, não havendo uma discussão aprofundada das opções (critério 9 – Tabela 9).

Desta forma, após a análise do estudo conclui-se que a escolha da alternativa de disposição hidráulica dos rejeitos em barragem não foi justificada pelo fato de ser a opção mais interessante do ponto de vista ambiental. A escolha se deu basicamente em função da disposição hidráulica ser a tecnologia mais usual e a empresa dominar a tecnologia. Além disso, a hipótese de não execução do empreendimento não foi abordada (critério 2 – Tabela 9).

5.5 Oratórios Engenharia Mineral Ltda – Lavra a céu aberto com tratamento a úmido (manganês)

O empreendimento minerário da empresa Oratórios Engenharia Mineral (Processo 27116/2011/001/2015), enquadrado na Classe 5⁵, apresentou EIA/RIMA para subsidiar o processo de regularização ambiental da instalação da extração do minério de manganês com

⁵ Classificação de acordo com a DN n° 74/2004.

beneficiamento a úmido, localizada na Fazenda Ribeirão, no município de Narazeno-MG, objetivando a obtenção da LP (LITHOS GEOLOGIA ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE LTDA, 2015).

No tópico referente às alternativas tecnológicas foi dito que a energia elétrica para o abastecimento da planta de beneficiamento era de um gerador, que implicaria, em um consumo de 10 mil litros de óleo diesel. Na sequência, foi proposta como soluções tecnológicas a realização de estudos para a redução do consumo e substituição do diesel por energia hidrelétrica ou por combustíveis alternativos, em função do custo operacional e a emissão de gás carbônico advinda desta fonte de energia. Também foi proposto o investimento em estudos de rota de processo com o objetivo de viabilizar o aproveitamento dos finos de manganês, tendo em vista, o exemplo da Mineração Buritirama, no Pará, onde a recuperação dos finos provocou a redução de 10 a 15% do volume dos rejeitos do total da alimentação.

Observa-se, portanto, que não foram propostas alternativas tecnológicas para a disposição dos rejeitos, os quais seriam enviados para uma bacia de decantação, sendo retirados depois de drenado, e enviado para a pilha de rejeito (sólido). Assim, o estudo se limitou a descrever apenas a alternativa pré-escolhida, não se discutindo outras opções. Porém, visto que a forma de disposição é um fator significativo no potencial de causar impactos em empreendimentos minerários, ela deveria ter sido discutida. As soluções citadas, substituir a forma de energia e alterar a rota de processo para recuperação de rejeitos finos, apesar de serem alternativas, vêm para cumprir exigências, preencher um espaço, mas não se compõe de alternativas tecnológicas de maior interesse em projetos minerários que geram rejeito. Além disso, nem essas opções foram amplamente discutidas, o EIA apenas as citou e enfatizou que deveriam ser realizados estudos para avaliá-las, mesmo esse sendo o momento destinado para a realização de estudos.

Portanto, apesar de apresentar o tópico referente às alternativas tecnológicas, o estudo não as apresenta de fato (critério 1 – Tabela 9), impossibilitando a análise dos critérios 3 a 11 (Tabela 9). O estudo também não considera a hipótese de não execução do empreendimento (critério 2 – Tabela 9), apenas justifica sua necessidade em função do minério de manganês ser essencial para a produção de aço, gusa e de liga à base de manganês e pela geração de empregos e arrecadações tributárias, mais uma vez apoiando-se em justificativas econômicas.

Assim, após a análise desse estudo conclui-se que não foram discutidas alternativas tecnológicas e não se discutiu a hipótese de não execução do projeto, deixando de cumprir o mínimo exigido pela Resolução CONAMA nº 01/86.

5.6 Vale Fertilizantes S.A. – Barragens B6 e B7

O empreendimento Barragens B6 e B7 da Vale Fertilizantes S.A. (Processo 00078/1980/052/2011), enquadrado na Classe 6⁶, apresentou EIA/RIMA para subsidiar o processo de licenciamento ambiental, para obtenção da LP + LI, da disposição dos rejeitos gerados no processo de beneficiamento do minério fosfático. A unidade industrial no município de Araxá-MG funciona desde 1977, e foi gradativamente ampliada, sendo adquirida pela Vale Fertilizantes S.A. em 2010. Desde o início de sua operação, já foram construídas cinco barragens de rejeitos (PROMINER PROJETOS LTDA, 2011).

De acordo com o estudo, as alternativas tecnológicas para a disposição de rejeitos contemplam de modo geral as barragens de rejeitos e se referem basicamente aos métodos construtivos, à altura máxima de alteamento, ao sistema extravasor e ao sistema de captação de água. Ainda salienta que novas tecnologias de disposição por meio de uso de áreas degradadas ou espessamento e empastamento estão sendo estudada, não havendo viabilidade devido às características do material, vazão de operação e equipamentos compatíveis.

Percebe-se, partindo desse ponto, que o EIA abordou apenas uma alternativa, a disposição em barragem, que apesar de apresentar três métodos construtivos, considerando em um aspecto geral, os impactos ambientais são semelhantes. Assim sendo, uma abordagem apenas de tais métodos, é uma análise de alternativas tecnológicas muito restrita. A altura máxima de alteamento, o sistema extravasor e o sistema de captação de água, por sua vez, não se caracterizam como alternativas tecnológicas para a disposição de rejeitos, tratam-se de aspectos construtivos de barragens. Além disso, não foram apresentadas justificativas para descartar outras tecnologias, apenas foi informado que estão estudando outras opções, o que já deveria ter sido avaliado e os resultados apresentados no EIA.

Na sequência foram abordados os métodos construtivos de barragens. O método de montante foi apresentado com o de menor custo e o que exige menor corpo de barragem, por outro lado, apresenta menor segurança e a geometria dos alteamentos dificulta a implantação de sistemas internos de drenagem. Este método foi escolhido para a última etapa do alteamento da barragem B6, em função da pequena altura prevista (5 metros). Ressalta-se que atualmente a opção de construção ou ampliação de barragem alteada pelo método de montante é proibida no estado de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2019b). Já o método de jusante possibilita maior segurança, uma maior disposição de rejeito, e permite que os sistemas

⁶ Classificação de acordo com a DN n° 74/2004.

internos de drenagem sejam prolongados durante o alteamento, contudo necessita de um maior corpo de barragem, o que exige maior área de intervenção. É o método que seria utilizado integralmente na barragem B7 e na maior parte da B6. O método de linha de centro é o intermediário entre os outros dois, e seria adequado em uma situação de espaço limitado, que não é o caso do empreendimento em questão.

E por fim, foi discutido também como alternativas tecnológicas a altura máxima de alteamento, o sistema extravasor e o sistema de captação de água, que como já mencionado, não se enquadram em alternativas tecnológicas de disposição de rejeitos.

Com relação a hipótese de não execução, foi afirmado que essa é uma opção desfavorável por diversos aspectos, pois paralisaria as atividades produtivas da empresa. Segundo o estudo, esta alternativa impactaria economicamente no fornecimento de matéria prima para indústria agrícola brasileira. Socialmente, deixaria de gerar empregos e renda ao município de Araxá. E ambientalmente, levaria à implantação de outras unidades produtivas em outras localidades. Esses novos empreendimentos acarretariam impactos ambientais em áreas não ocupadas que seriam significativamente maiores que os impactos associados à manutenção das atividades numa área já impactada. Além disso, levaria a uma exploração inadequada dos recursos minerais finitos e ainda existentes na mina de Araxá.

Explorar uma área já impactada ao invés de uma nova área depende diretamente dos impactos que serão causados para que se ateste sua viabilidade ambiental, pois casos estes sejam de uma grande magnitude, considerar explorar uma nova área pode se tornar uma melhor opção, a vulnerabilidade do ambiente também deve ser levada em consideração para a escolha. Além da justificativa ambiental, que não contém informações suficientes para validar o argumento apresentado, o estudo se apoia em argumentos de cunho econômico para implantação do projeto, assim, observa-se a prevalência deste fator para descartar a hipótese de não implantação do empreendimento.

Observa-se que o estudo se limitou a apresentar, apenas uma alternativa tecnológica de disposição de rejeitos. Segundo a Resolução CONAMA nº 01/86, o EIA deveria contemplar todas as alternativas tecnológicas, certamente o primeiro critério não foi atendido (Tabela 9), mesmo que o estudo tenha tentado ludibriar o exigido apresentando uma discussão a respeito dos aspectos construtivos da tecnologia escolhida. Portanto, os critérios 3 a 11 não puderam ser analisados (Tabela 9).

Desta forma, após a análise, conclui-se que o EIA considerou a hipótese de não implantação do empreendimento (critério 2 – Tabela 9). Apenas foi apresentado a alternativas

tecnológicas que se desejava implantar, não sendo discutidas nem mensuradas opções de disposição do rejeito. Assim, não atende ao exigido pela Resolução CONAMA nº 01/86.

5.7 Votorantim Metais Zinco S.A. – Projeto de disposição de rejeitos secos – Pilha Garrote

O projeto de disposição de rejeitos secos – Pilha Garrote da Votorantim Metais Zinco S.A. (Processo 00104/1988/061/2016), enquadrado na Classe 6⁷, apresentou EIA/RIMA para subsidiar o processo de licenciamento ambiental, objetivando a obtenção da LP + LI, da disposição dos rejeitos industriais gerados na Unidade Industrial Vazante, localizada no município de Vazante-MG. Os quais seriam dispostos na estrutura operacional Barragem Aroeira, cuja perspectiva de término de sua vida útil estava estimada para dezembro de 2017. As atividades desse empreendimento compreendem a extração de minérios de cobre, chumbo, zinco e outros minerais metálicos não-ferrosos não especificados e atividades de apoio à extração de minerais metálicos não-ferroso (ECOLAB MEIO AMBIENTE LTDA, 2016).

Buscando uma solução técnica, econômica e ambiental para a disposição dos rejeitos, a Votorantim estudou quatro alternativas tecnológicas: instalação de uma nova barragem (alternativa 1); alteamento da barragem existente, Barragem Aroeira (alternativa 2); combinação alternada de disposição em superfície (pilha) de rejeitos espessados e/ou filtrados (alternativa 3), e; preenchimento de realces com pasta (*Paste Back Fill*) (alternativa 4).

A primeira alternativa descreveu a possibilidade de construção de uma nova barragem, alteada por linha de centro. Essa opção, segundo o estudo, implicaria na utilização de áreas extensas que a Unidade Industrial de Vazante deveria adquirir. Além disto, o impacto ao meio ambiente seria maior, em função da maior área de desmate e risco geotécnico mais relevante.

A alternativa 2, alteamento da Barragem Aroeira, previu o alteamento da barragem já existente da cota de 626m para 636m. Tal possibilidade demandaria menor área de desmate e dispensaria aquisição de terras. Contudo, segundo o estudo, essa opção apresentou risco geotécnico mais elevado que uma nova barragem, pois seria necessário realizar alteamentos para montante para respeitar a Área de Preservação Permanente (APP) do Rio Santa Catarina. Atualmente, a opção de construção de barragem alteada pelo método de montante é, inclusive, proibida no estado de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2019b).

⁷ Classificação de acordo com a DN nº 74/2004.

A alternativa 3, combinação alternada de disposição em superfície (pilha) de rejeitos espessados e/ou filtrados, mostrou-se, de acordo com o estudo, operacionalmente manejável e viável. A possibilidade de disposição de rejeitos espessados a 63% de sólidos na barragem existente e disposição de rejeitos filtrados contendo entre 12 e 15% de sólidos em uma área adjacente mostrou-se como a alternativa viável no empreendimento.

A última alternativa estudada foi o preenchimento de realces com pasta (*Paste Back Fill*), que demonstrou, inicialmente, ser atrativa, devido às características hidrológicas da região. No entanto, o EIA menciona que novos estudos seriam necessários para uma avaliação mais detalhada. Além disso, precisaria instalar duas plantas em função da extensão de 10 Km da mina. A justificativa para descartar essa escolha foi tomada com base na necessidade de mais estudos, que poderia ser sanada pela própria empresa ao realizá-los, e pela extensão da mina, que seria um impeditivo mais associado ao custo do que propriamente aos impactos ambientais.

Após realizar o estudo da possibilidade de implantação das 4 alternativas, o EIA concluiu que a alternativa 1 apresentaria maior potencial de impacto ambiental em função da supressão vegetal de extensas áreas e maior risco geotécnico, enquanto a alternativa 2 teria um menor impacto ambiental, mas apresentaria risco geotécnico mais significativo em função dos alteamentos para montante, além da proximidade do Córrego Santa Catarina. A alternativa 3 teria um menor risco geotécnico e impacto ambiental que as alternativas anteriores, e a 4 foi considerada inviável, devido a extensão da mina, ocasionando em uma menor flexibilidade operacional. Optando, portanto, como solução de maior viabilidade ambiental, pela disposição em pilha, após o desaguamento do material. Ao final, foi apresentado um quadro comparativo com as vantagens e desvantagens de cada alternativa, sintetizando as informações.

Observa-se que o EIA discorre sobre a proposição de alternativas tecnológicas viáveis, apresentando a síntese de um projeto básico conceitual de aplicação das mesmas, de forma clara, direta, objetiva e imparcial, demonstrando os pontos negativos e positivos de todas, sem engrandecer a escolhida (critérios 3 e 5 – Tabela 9). As informações dos estudos de alternativas foram produzidas por empresas contratadas (GEOCONSULTORIA e GOLDBERG ASSOCIATES), mas que não foram referenciadas neste tópico do EIA (critério 4 – Tabela 9). Percebe-se também que se buscaram metodologias mais modernas, não se restringindo a mais usual (barragem) (critério 10 – Tabela 9).

Ademais, foram considerados os impactos ambientais de cada alternativa, suas vantagens e desvantagens, e uma comparação entre elas no que diz respeito aos impactos,

risco e a viabilidade de implantação (critérios 6, 7 e 8 – Tabela 9). Os motivos que levaram a eliminação de alguma opção também foram bem claros, apesar da alternativa 4 não ter sido estudada a fundo, como já mencionado (critério 9 – Tabela 9). Os fatores que levaram a decisão, de forma indireta, foram indicados, sendo eles os impactos ambientais, riscos associados e viabilidade de implantação comparados anteriormente, mas não houve uma indicação da estimativa quantitativa (critério 11 – Tabela 9).

Desta forma, após a análise, conclui-se que, de uma forma geral, a escolha da disposição em pilha foi justificada com fundamentação técnica para subsidiar a decisão da alternativa de melhor viabilidade ambiental, apesar da falta de indicadores quantitativos para completar essa decisão. Outro problema observado foi a não proposição da hipótese de não execução (critério 2 – Tabela 9).

5.8 Samarco Mineração S.A. – Sistema de disposição de rejeitos – Alegria Sul

O Sistema de disposição de rejeitos – Alegria Sul da Samarco Mineração S.A. (Processo 15476/2016/001/2016), enquadrado na Classe 6⁸, apresentou EIA/RIMA para subsidiar o processo de licenciamento ambiental, objetivando a obtenção da LP + LI, da retomada das operações no Complexo Germano, em Minas Gerais (ARCADIS S.A., 2016). As atividades do empreendimento encontravam-se interrompidas desde o rompimento da Barragem de Fundão, cujo rejeito extravasado se dirigiu para a Barragem Santarém, em novembro de 2015.

Neste contexto, segundo o estudo, com exceção de algumas estruturas, como as barragens atingidas, os demais ativos da empresa poderiam continuar a operar, incluindo as áreas de lavra e unidades de tratamento de minério. Assim, foi alegado que, em função da indisponibilidade das infraestruturas das barragens afetadas, a Samarco iniciou estudos para identificação de alternativas técnicas para a disposição de rejeitos que viabilizariam seu retorno operacional. Desta forma, foi definida a disposição do rejeito na cava confinada (Alegria Sul), temporariamente (apenas por 2 anos), como a opção de maior viabilidade técnica, considerando o aproveitamento de estruturas existentes, além de se tratar de uma solução de baixo risco para a disposição de rejeitos, segundo o EIA.

Ao analisar o estudo, observa-se que não foi separado um tópico para a apresentação das alternativas tecnológicas. A informação contida no parágrafo anterior foi a única

⁸ Classificação de acordo com a DN nº 74/2004.

encontrada no EIA que aborda este tema. Foi mencionado que alternativas técnicas foram estudadas, mas em nenhum momento foram apresentados tais estudos, o que demonstra que não se teve um interesse em realizar uma análise das opções de disposição de rejeito. A escolha ocorreu sem nenhuma justificativa embasada, provavelmente sendo a opção previamente escolhida pelo empreendedor. Além disso, percebeu-se que, mesmo após o rompimento da barragem pertencente ao Complexo Germano, o qual culminou em uma série de impactos ambientais, para a escolha da alternativa não foi citado o viés ambiental, apenas se falou na viabilidade técnica da opção, além dos benefícios econômicos do retorno das atividades da empresa para a sociedade (geração de renda, empregos, arrecadação de tributos pelo poder público, etc).

Comparando com a disposição dos rejeitos em barragem, à princípio, a disposição em cava aparenta ser uma boa alternativa. No entanto, não foram apresentadas as vantagens e desvantagens da implantação da alternativa desejada, nem as implicações de uma proposição, num futuro próximo, de uma nova alternativa para continuidade das operações. Além disto, opções para aumentar a vida útil da cava não foram propostas, como por exemplo, filtrar o rejeito arenoso e dispor o mesmo em pilhas. Esta última opção acabou sendo incluída posteriormente no processo de Licença de Operação Corretiva (LOC) das atividades da empresa (MINAS GERAIS, 2019c).

Portanto, o estudo não apresentou as alternativas tecnológicas (critério 1 – Tabela 9), impossibilitando a análise dos critérios 3 a 11 (Tabela 9). Também não considerou a hipótese de não execução do empreendimento (critério 2 – Tabela 9). Assim, conclui-se que o EIA em análise deixou de cumprir o mínimo exigido pela Resolução CONAMA nº 01/86, mesmo após ter sua estrutura de disposição de rejeito rompida, ainda assim, optou por um método sem levar em conta estudos de viabilidade ambiental.

5.9 Anglo American – Projeto de extensão da Mina do Sapo

O Projeto de extensão da Mina do Sapo da Anglo American (Processo 00472/2007/008/2015), enquadrado na Classe 6⁹, apresentou EIA/RIMA com vistas à formalização do processo de licenciamento ambiental da expansão da produção de minério de ferro beneficiado na mina do Sapo, localizada nos municípios de Conceição do Mato Dentro e Alvorada de Minas, ambos em Minas Gerais, objetivando a obtenção da LP + LI (FERREIRA

⁹ Classificação de acordo com a DN nº 74/2004.

ROCHA, 2015). O empreendimento em questão advém do Projeto Minas-Rio, o qual foi planejado para uma sequência de expansões.

Para o estudo das alternativas tecnológicas de disposição de rejeitos, foi destinado um parágrafo do EIA, o qual cita que a opção de altear a barragem já existente traz benefícios ambientais em comparação à construção de um novo barramento, visto que se minimizam os impactos sobre áreas que necessitariam ser interferidas para a construção de uma nova barragem.

Observa-se, portanto, que não foram apresentadas alternativas tecnológicas, provavelmente buscando dar segmento às atividades vigentes, visto que conforme mencionado no estudo, a sequência de expansões do Projeto Minas-Rio pretendia utilizar das reservas geológicas e infraestruturas já implantadas e em operação. A opção de alteamento da barragem de rejeitos já era algo pré-determinado pelo empreendedor, não sendo estudadas outras tecnologias disposição de rejeitos. Porém, mesmo se tratando de um projeto de ampliação as opções deveriam ter sido estudadas, de forma a garantir a viabilidade ambiental do empreendimento.

Portanto, apesar de apresentar o tópico referente às alternativas tecnológicas, o estudo não as apresenta de fato (critério 1 – Tabela 9), impossibilitando a análise dos critérios 3 a 11 (Tabela 9). O estudo também não considera a hipótese de não execução do empreendimento (critério 2 – Tabela 9). Assim, conclui-se que o EIA em análise deixou de cumprir o mínimo exigido pela Resolução CONAMA nº 01/86.

5.10 MLOG S.A. – Projeto minerário Morro do Pilar

O Projeto minerário Morro do Pilar da MLOG S.A. (Processo 02402/2012/001/2012), enquadrado na Classe 6¹⁰, apresentou EIA/RIMA para subsidiar o processo de licenciamento ambiental da extração e beneficiamento de minério de ferro prevista para o município de Morro do Pilar-MG, objetivando a obtenção da LP (GEONATURE SERVIÇOS EM MEIO AMBIENTE LTDA, 2012).

O estudo, apoiado na filosofia de incorporar soluções técnicas de engenharia para reduzir os impactos ambientais potenciais e ao mesmo tempo maximizar o aproveitamento eficiente do minério de ferro, propõe alternativas tecnológicas para a lavra e estruturas de beneficiamento, incluindo estruturas de disposição de estéril e de rejeito. Observa-se assim,

¹⁰ Classificação de acordo com a DN nº 74/2004.

uma inovação do EIA em analisar outros aspectos que provocam um aproveitamento maior do minério e consequentemente a redução da geração do produto de maior preocupação ambiental, os rejeitos. Porém, como já mencionado anteriormente, o impacto de maior significância da atividade de mineração está na forma de dispor estes produtos, e esse é o foco do presente trabalho. Desta forma, foi analisada a abordagem das opções para lavra e beneficiamento, mas foi dado enfoque na disposição de rejeitos.

Foi avaliado pelo EIA três alternativas de disposição de rejeitos, sendo elas: disposição a seco, disposição na forma de pasta e disposição na forma hidráulica.

A primeira alternativa apresentada foi a disposição de rejeitos a seco, que seria realizada com material filtrado, e transportado por caminhões ou correias transportadoras até a disposição na forma de pilhas. De acordo com o estudo, tal tecnologia apresenta inconvenientes, como o intenso tráfego de caminhões para o transporte do material, demanda de uma barragem para contenção dos sólidos erodidos, demanda de volumes elevados de solo vegetal para revegetação do depósito e geração de poeira. Além disso, um percentual de rejeitos é formado por lama não filtrável, o que exigiria a implantação de uma barragem. O estudo cita ainda que dados do total de rejeito gerados em nove anos de operação da cava norte demonstram que 7% é composto por lama. Observa-se, portanto, que essa alternativa aumentaria significativamente o tempo de vida útil da barragem, já que deixaria de ser utilizada para armazenar 100% do rejeito, passando para algo em torno de 7%. Entretanto, foi prontamente descartada pelo estudo. Outra justificativa utilizada foi a pouca disponibilidade de área. Nota-se também que foram apresentadas apenas as desvantagens dessa tecnologia, as limitações apresentadas não foram amplamente discutidas e os inconvenientes pouco significantes em um contexto de mineração.

A segunda alternativa discutida foi a disposição na forma de pasta. O estudo realiza comparações entre esta técnica e a disposição hidráulica. A alternativa anteriormente descartada não foi considerada. Desta forma, foi afirmado que a grande desvantagem das estruturas de disposição na forma de pasta em relação às barragens é a não adequação em áreas de elevado índice pluviométrico e relevo íngreme, onde há alto potencial de erodibilidade. Outro fator citado como desvantagem é o elevado custo de investimento e operacional. Assim, a opção foi descartada, pois segundo o estudo não foi identificada área adequada, que fosse plana o suficiente, e a morfologia da área apresenta relevo dissecado, altos índices de erodibilidade e índices pluviométricos expressivos. Porém, nota-se, que nenhum estudo acerca das características geomorfológicas da área foi apresentado, não

contendo embasamento técnico para descartar a escolha. Subentende-se, portanto, que a alternativa foi excluída em função do seu elevado custo.

A terceira e última alternativa abordada foi a disposição hidráulica. Logo de início, o EIA já assegura que essa opção é o método mais aplicado no Brasil e no exterior, sendo a forma de disposição facilitada quando o processo de concentração é a úmido. Como vantagens da técnica foram apresentadas os custos de implantação e de operação inferiores aos demais sistemas analisados, e a simplicidade operacional. Ainda, foi argumentado que o diferencial do projeto seria um empilhamento drenado, em contraposição ao barramento de rejeitos, sendo que o empilhamento drenado apresenta como vantagem a maior segurança e menor risco de acidentes. Ficou claro que essa alternativa é a que se desejava escolher, pois foram abordadas apenas suas vantagens, não mencionando os potenciais riscos atrelados a essa técnica. Observou-se, por outro lado, alguma inovação no projeto, na medida em que optou por uma tecnologia diferente da barragem convencional (critério 10 – Tabela 9).

A partir do exposto, o EIA conclui que a alternativa mais viável de disposição dos rejeitos úmidos seria uma barragem de empilhamento de rejeito drenado. Porém, nota-se que foram enfatizados no estudo os aspectos técnicos, econômicos e de segurança, e pouco se discutiu acerca das questões ambientais envolvidas. Ademais, constata-se que, para a escolha da alternativa, não foram realizadas comparações das tecnologias estudadas ou apresentadas informações que deem embasamento para subsidiar a decisão.

Desta forma, as alternativas foram apresentadas a partir de informações não referenciadas (critério 4 – Tabela 9), o que compromete a credibilidade do estudo, e com um certo enviesamento (critério 3 – Tabela 9), visto que para as duas primeiras tecnologias foram descritas apenas as desvantagens das técnicas, descartando-as prontamente, e já para a escolhida, foi descrito as vantagens, desconsiderando impactos e riscos associados. Mesmo que todas as tecnologias possuam pontos positivos e negativos, estas informações foram omitidas a critério do estudo de forma a engrandecer a alternativa escolhida. Além disso, o enviesamento também é visto na medida que as alternativas foram descartadas sem uma análise criteriosa e sem informações para embasar a tomada de decisão. Desta forma, observa-se também, que o estudo não apresentou as vantagens e desvantagens de todas as opções (critério 7 – Tabela 9). Porém, propôs tecnologias possíveis de serem aplicadas (critério 5 – Tabela 9).

Os impactos das alternativas não foram sequer mencionados (critério 6 – Tabela 9), sendo a análise voltada para fatores de aplicabilidade técnica. Ademais, apesar de comparações esporádicas, o estudo não realizou uma análise comparativa de todas as

alternativas (critério 8 – Tabela 9), e, apesar da tentativa de se justificar os motivos que eliminaram duas opções, esses não foram convincentes, não havendo uma discussão aprofundada das tecnologias (critério 9 – Tabela 9). Além disso, não foram considerados indicadores para subsidiar a tomada de decisão (critério 11 – Tabela 9). Portanto, a escolha foi realizada sem embasamento que a sustente.

Com relação a hipótese de não execução, foi argumentado no EIA que o município do Morro do Pilar permaneceria no seu estado atual de estagnação e isolamento econômico, que culminam na migração da população jovem para polos econômicos regionais em busca de maior capacitação, melhores condições de trabalho, dentre outros fatores. Assim, o município deixaria de gerar empregos e de capacitar a mão de obra local, já que não haveria incentivo a instalação de cursos voltados para o mercado de trabalho local. Além disso, deixaria de arrecadar impostos e *royalties*, perderia a oportunidade de participar da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFem) e de contribuir para o crescimento do PIB. Já em relação aos recursos físicos e bióticos, o estudo afirma que a não implantação do empreendimento iria culminar na manutenção das condições atuais, cuja tendência é a gradual transformação da paisagem florestal em pastagem e a degradação da Mata Atlântica. Ainda, salienta que seria realizado o aproveitamento da madeira, de forma que o corte indiscriminado da vegetação levaria à intensificação de processos erosivos ocasionando vários problemas ambientais. Sendo assim, observa-se que o estudo não leva em consideração os impactos referentes a seu empreendimento para esta análise. Também se nota que foi argumentada de forma incisiva nos ganhos econômicos que serão advindos da implantação do projeto. Logo, percebe-se que a hipótese foi prontamente descartada em função de aspectos econômicos.

Desta forma, após a análise conclui-se que apesar da tentativa do estudo em apresentar uma inovação na apresentação das alternativas tecnológicas, as informações presentes não foram suficientes para subsidiar a decisão. Além disso, a escolha da alternativa de uma barragem por empilhamento drenado, apesar de fugir do convencional, não foi justificada pelo fato de ser a opção mais interessante do ponto de vista ambiental, foi levado em consideração o menor custo e fácil operação.

5.11 Vale S.A. – Alteamento da barragem de rejeitos Itabiruçu El. 850m

O empreendimento alteamento da barragem de rejeitos Itabiruçu El. 850m da Vale S.A. (Processo 00119/1986/111/2014), enquadrado na Classe 6¹¹, apresentou EIA/RIMA com vistas a formalização do processo de Regularização Ambiental das atividades de exploração e beneficiamento de minério de ferro, localizadas no município de Itabira-MG, objetivando a obtenção da LP + LI + LO (TOTAL PLANEJAMENTO EM MEIO AMBIENTE LTDA, 2017).

O empreendimento em questão compõe o Complexo Itabira, o qual compreende a Mina Conceição, que possui toda estrutura necessária para sua operação, como pilhas de estéril, estruturas administrativas e operacionais, e as barragens Conceição, Rio do Peixe e Itabiruçu.

Neste contexto, no tópico destinado à apresentação das alternativas tecnológicas, o estudo apenas citou a possibilidade de ampliação de barragens já existentes e/ou a utilização de área já antropizadas pela atividade de mineração. A Vale definiu a ampliação da barragem Itabiruçu, considerando fatores ambientais, econômicos, de engenharia e os volumes de rejeitos previstos no processo de beneficiamento. De acordo com o estudo, se novas áreas fossem selecionadas, ocorreriam impactos, como: intervenção em um novo curso d'água; intervenção em maiores áreas de vegetação nativa e maior distância a ser percorrida para o transporte do rejeito.

Desta forma, nota-se, em primeiro lugar, que o estudo não apresenta alternativas tecnológicas. Há uma breve tentativa de se comparar a possibilidade de utilizar uma área já antropizada e uma nova área, mas não se fala propriamente de tecnologias. Nem mesmo essa breve comparação foi criteriosa, abordando as desvantagens do uso da nova área, mas não levantando possíveis impactos de se utilizar a já existente. Além disso, não foi possível saber ao certo quais fatores foram considerados para a decisão da tecnologia.

Portanto, o estudo não apresentou as alternativas tecnológicas (critério 1 – Tabela 9), impossibilitando a análise dos critérios 3 a 11 (Tabela 9). E também não considerou a hipótese de não execução do empreendimento (critério 2 – Tabela 9), concluindo-se que o EIA em análise deixou de cumprir o mínimo exigido pela Resolução CONAMA nº 01/86.

¹¹ Classificação de acordo com a DN nº 74/2004.

5.12 Ferro + Mineração S.A. – Lavra a céu aberto, UTM, pilhas de estéril e rejeito e estrada

O empreendimento da Ferro + Mineração S.A. (Processo 03886/2007/015/2014), enquadrados na Classe 5¹², apresentou EIA/RIMA para subsidiar o licenciamento ambiental das atividades de ampliação da lavra de minério de ferro, localizado no município de Ouro Preto, objetivando a LP + LI (CERN, 2014).

O projeto refere-se à ampliação da mina já em operação, sendo que o minério é destinado a uma ITM, no qual o rejeito passa por um espessador, depois é bombeado para baias de decantação, onde há a recuperação da água e o rejeito seco é disposto em pilhas. Neste contexto, o estudo apenas expõe como será realizada a disposição dos rejeitos em pilhas, não aborda em nenhum momento as alternativas tecnológicas. Observa-se, portanto, que novamente temos um estudo cuja estrutura para operação já estava implantada e que não foram discutidas tecnologias que poderiam vir a ser ambientalmente mais viáveis à usada. Além disso, mesmo que a opção selecionada apresente vantagens aparentes consideráveis (não disposição em barragens, por exemplo), essas vantagens não foram elencadas frente a outras tecnologias disponíveis.

Portanto, o EIA em análise não apresentou alternativas tecnológicas (critério 1 – Tabela 9), impossibilitando a análise dos critérios 3 a 11 (Tabela 9). E também não foi considerada a hipótese de não execução do empreendimento (critério 2 – Tabela 9). Não cumprindo o mínimo exigido pela Resolução CONAMA nº 01/86.

5.13 CSN Mineração S.A. – Projeto da pilha de rejeito desaguado e/ou filtrado do Fraile

O Projeto da pilha de rejeito desaguado e/ou filtrado do Fraile da CSN Mineração S.A. (Processo 00103/1981/090/2017), enquadrado na Classe 4¹³, apresentou EIA/RIMA para subsidiar o processo de Regularização Ambiental do aumento da capacidade de produção e entrada em operação de novas plantas de beneficiamento na Mineração Casa da Pedra, onde são realizadas atividades de lavra, beneficiamento e embarque de minério de ferro. O empreendimento é localizado em Congonhas-MG, e visa à obtenção da LP + LI (SETE SOLUÇÕES E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA, 2017).

¹² Classificação de acordo com a DN nº 74/2004.

¹³ Classificação de acordo com a DN nº 74/2004

Para o estudo das alternativas tecnológicas, foi elaborado um Plano Diretor de Disposição de Rejeitos (PDDR) pela Pimenta de Ávila Consultoria (2016). Neste, adotando a premissa de que não constitui escopo do estudo a avaliação da viabilidade técnica para a disposição de rejeitos espessados, em forma de “pasta”, ou disposição em cava, contempla três alternativas tecnológicas, sendo elas: barragem convencional, empilhamento drenado (aterro hidráulico) e *dry stacking*.

A primeira alternativa apresentada foi a barragem convencional, a qual é a forma atual de disposição da Mineração Casa da Pedra. O PDDR apresenta as principais vantagens da técnica, destacando-se o fato de se tratar de uma tecnologia bastante difundida no Brasil e no exterior, os custos de operação serem inferiores aos de um empilhamento drenado e os custos de implantação e operação serem inferiores ao de uma estrutura em *dry stacking*. Grande área de ocupação, incorrendo maiores impactos ambientais; baixa recuperação de água no processo, requerendo consumo de água nova para usina; e a possibilidade de alteração dos parâmetros de qualidade da água se o efluente for lançado no meio ambiente, são algumas das desvantagens citadas.

Na sequência, o PDDR abordou sobre o empilhamento drenado. Para tal, inicialmente foi apresentado alguns dos requisitos comumente empregados para a técnica, com base em Küpper (1991) e Vick (1983), de três condições, uma não foi atendida. Posteriormente, foram citadas as vantagens da técnica, dentre as quais evidencia-se que a utilização dos próprios rejeitos para alteamento da estrutura otimiza a necessidade de material para o aterro e permite que a barragem seja construída com menos investimentos iniciais, uma vez que os alteamentos ocorrem em conjunto com a geração dos rejeitos na planta. Como desvantagens são citadas, entre outros, a maior dificuldade de controle do nível d’água (drenagem interna); maior suscetibilidade a efeitos de *piping*, se não mantidos cuidados necessários com a drenagem interna/de fundo; e geração de superfícies erodíveis.

O PDDR estudou ainda a possibilidade de utilizar a ciclonagem nos rejeitos, de forma a retirar água, promovendo sua recirculação no processo e, ao mesmo tempo, promover a partição granulométrica dos rejeitos, separando a fração mais grossa da fração mais fina. Desta forma, a fração mais grossa poderia ser utilizada na conformação do barramento, servindo de material para construção de diques de alteamento, por meio da técnica de empilhamento drenado. E a parcela mais fina seria destinada a lançamento em reservatórios, formado ou pelo empilhamento ou por barragens a serem alteadas. Os requisitos de aplicabilidade foram citados, bem como as vantagens, destacando-se o fato do processo oferecer melhor controle da dinâmica de ocupação do reservatório da barragem, em função da

separação entre rejeitos finos e grossos; flexibilidade operacional; e o aproveitamento do rejeito grosso como material de construção dos diques de alteamento, o que gera considerável economia de implantação. Como desvantagem, foi citado o custo operacional mais elevado, em relação à técnica da barragem convencional e do empilhamento drenado sem ciclonagem.

A última alternativa abordada no PDDR foi a disposição de pilhas de rejeitos filtrados na estruturas *dry stacking*. Foram definidos os requisitos e critérios de aplicabilidade, e citado como vantagens que a técnica possui melhor aceitação de órgãos ambientais e da opinião pública; apresenta maior segurança, uma vez que a disposição é realizada “a seco” (com baixa umidade); e proporciona boa recuperação de água de processo da usina, reduzindo o consumo de água nova. As desvantagens giram em torno do custo elevado; intenso tráfego de caminhões para o transporte do material, com riscos operacionais; intenso manuseio do material; possível demanda de volumes elevados de solo vegetal para revestimento das pilhas; e emissão de particulado.

Por fim, o estudo concluiu a viabilidade técnica para empilhamento dos rejeitos gerados na Casa da Pedra, através da construção de pilha de rejeitos grossos e/ou finos (filtrados) através da metodologia *dry stacking*. O empilhamento foi justificado em função de se tratar da implementação de maior segurança para as estruturas que maximizam a capacidade de contenção de rejeitos, pela tendência atual de maior dificuldade em licenciar novas áreas para disposição de rejeitos, e indisponibilidade de novas áreas para dispor rejeitos.

Observou-se que a empresa responsável por ponderar as possíveis alternativas é a mesma dos empreendimentos Barragem Congonhas da Vale S.A. e MLOG S.A. Os processos de extração de minério de ferro e beneficiamento das três empresas são similares, mas desta vez nota-se mudança na estrutura do texto, como um todo. Atenta-se também, que o PDDR se limitou a discorrer basicamente as vantagens e desvantagens de cada tecnologia (critério 7 – Tabela 9). Os requisitos e critérios de aplicabilidade foram citados trazendo informações a respeito de estudos e equipamentos/procedimentos necessários para utilizar as técnicas, mas de forma geral, não auxiliam na decisão da viabilidade ambiental das técnicas.

Ademais, os impactos ambientais não foram abordados (critério 6 – Tabela 9). Brevemente foi descrito sobre eles nas barragens convencionais, cuja necessidade de grandes áreas para implantação, gera impacto socioambiental. Desta forma, pode-se observar que a análise teve como foco aspectos técnicos, o fator ambiental, foi considerado superficialmente.

Nem mesmo foi realizada uma análise comparativa das alternativas (critério 8 – Tabela 9), apenas em alguns momentos observou-se comparações quanto os custos de

implantação e operação. A escolha da técnica apesar de justificada (critério 9 – Tabela 9), foi considerado pelo EIA apenas as informações técnicas presentes no PDDR, não abordando critérios ambientais. Ademais, a decisão não contemplou da estimativa quantitativa de indicadores que fornecessem subsídio a escolha (critério 11 – Tabela 9). Entretanto, percebe-se a iniciativa do empreendimento em optar uma metodologia mais moderna, não se restringindo a mais usual (barragem) (critério 10 – Tabela 9).

As opções abordadas seriam todas possíveis de serem aplicadas pelo empreendedor (critério 5 – Tabela 9) e foram apresentadas mostrando as reais vantagens e desvantagens das técnicas sob a ótica técnica e operacional, não sendo presente nenhum enviesamento voltado para a engrandecer a alternativa escolhida (critério 3 – Tabela 9), apesar das opções de disposição de rejeitos espessados, em forma de pasta, e em cava, terem sido eliminados apressadamente, sem nenhuma justificativa. Além disso, as informações presentes no estudo não foram referenciadas, debilitando na veracidade das informações (critério 4 – Tabela 9).

Desta forma, conclui-se que a proposição das alternativas tecnológicas no estudo considerou primordialmente os aspectos técnicos e operacionais, o fator ambiental não recebeu a devida atenção, distanciando do objetivo da realização de um EIA. Além disso, o não cumprimento de alguns dos critérios analisados (critérios 4, 6, 8 e 11) demonstram que as informações presentes no estudo não foram suficientes para subsidiar a decisão. Contudo, a escolha pela alternativa do *dry stacking* consiste de uma opção que apresenta vantagens ambientais consideráveis. Outro problema observado foi a não proposição da hipótese de não execução (critério 2 – Tabela 9).

5.14 Análise Geral

O resumo das alternativas tecnológicas dos empreendimentos está representado na Tabela 10.

Tabela 10 – Resumo das alternativas tecnológicas propostas pelos Estudos de Impacto Ambiental analisados

(continua)

Empreendedor	Empreendimento	Alternativas Tecnológicas	Hipótese de não execução do projeto
MML Metais Mineração Ltda	Ampliação do empreendimento de mineração de minério de ferro e cascalho	NÃO APRESENTA. Abordado sobre métodos de concentração do minério.	APRESENTA. Prontamente descartada em função de aspectos econômicos, sem embasamento detalhado contemplando aspectos técnicos e ambientais.

Tabela 10 – Resumo das alternativas tecnológicas propostas pelos Estudos de Impacto Ambiental analisados

(continua)

Empreendedor	Empreendimento	Alternativas Tecnológicas	Hipótese de não execução do projeto
Vale S.A.	Expansão Cava da Divisa	NÃO APRESENTA.	NÃO APRESENTA.
Vale Fertilizantes S.A.	Alteamento da Barragem BL-1	NÃO APRESENTA.	NÃO APRESENTA.
Vale S.A.	Barragem Maravilhas III	APRESENTA. Contempla três alternativas: disposição a seco, disposição na forma espessada, e disposição hidráulica. Optando-se pela disposição em barragem, por se tratar da tecnologia usual e que a empresa domina.	NÃO APRESENTA.
Oratórios Engenharia Mineral Ltda	Lavra a céu aberto com tratamento a úmido (manglês)	NÃO APRESENTA. Citado sobre a necessidade de estudos para substituição da fonte de energia e para alteração da rota de processo para recuperação de rejeitos finos.	NÃO APRESENTA.
Vale Fertilizantes S.A.	Barragens B6 e B7	NÃO APRESENTA. Abordado sobre métodos construtivos de barragens, além de outros aspectos construtivos.	APRESENTA. Opção descartada apoiando-se na justificativa de que é melhor explorar uma área já impactada do que uma nova área, e em aspectos econômicos.
Votorantim Metais Zinco S.A.	Projeto de disposição de rejeitos secos – Pilha Garrote	APRESENTA. Contempla quatro alternativas: instalação de uma nova barragem, alteamento da barragem existente, combinação alternada de disposição em pilha de rejeitos espessados e/ou filtrados e preenchimento de realces com pasta (<i>Paste Back Fill</i>). Escolhendo-se a disposição em pilha, com fundamentação técnica para a decisão.	NÃO APRESENTA.
Samarco Mineração S.A.	Sistema de disposição de rejeitos – Alegria Sul	NÃO APRESENTA.	NÃO APRESENTA.
Anglo American	Projeto de extensão da Mina do Sapo	NÃO APRESENTA. Apenas foi falado que opção de altear a barragem existente traz benefícios ambientais em comparação à construção de uma nova.	NÃO APRESENTA.
MLOG S.A.	Projeto minerário Morro do Pilar	APRESENTA. Contempla três alternativas: disposição a seco, disposição na forma de pasta e o empilhamento drenado. Optando-se pelo empilhamento drenado, em função de ser uma tecnologia usual, de menor custo e fácil operação.	APRESENTA. Prontamente descartada em função de aspectos econômicos.

Tabela 10 – Resumo das alternativas tecnológicas propostas pelos Estudos de Impacto Ambiental analisados

(conclusão)			
Empreendedor	Empreendimento	Alternativas Tecnológicas	Hipótese de não execução do projeto
Vale S.A.	Alteamento da barragem de rejeitos Itabiruçu El. 850m	NÃO APRESENTA. Citado a possibilidade de ampliação de barragens já existentes e/ou a utilização de área já antropizadas pela atividade de mineração. Sendo definida a ampliação da barragem.	NÃO APRESENTA.
Ferro + Mineração S.A.	Lavra a céu aberto com tratamento a úmido - Minério de ferro; Unidade de Tratamento de Minerais – UTM; Pilhas de rejeito/estéril	NÃO APRESENTA.	NÃO APRESENTA.
CSN Mineração S.A.	Projeto da pilha de rejeito desaguado e/ou filtrado do Fraile	APRESENTA. Contempla três alternativas: barragem convencional, empilhamento drenado e dry <i>stacking</i> . Optando-se pelo empilhamento drenado, em função das dificuldades em licenciar barragens.	NÃO APRESENTA.

Fonte: O autor.

Em termos gerais, de um total de treze EIAs avaliados, apenas quatro empreendimentos contemplaram as alternativas tecnológicas. O que corrobora com a reflexão do Ministério Público Federal sobre a efetividade da AIA, a qual constatou a ausência de proposição de alternativas, em que diversos EIAs deixam apresentá-las no estudo, sem justificativa plausível. Nesses casos, não há, de fato, uma escolha a ser feita, uma vez que a única proposta apresentada é aquela selecionada pelo empreendedor (MPF, 2004).

Dentre os EIAs que não cumpriram com a Resolução CONAMA nº 01/86, no que tange ao artigo 5º, inciso I, cinco EIAs compreenderam o tópico, mas abordaram sobre outros quesitos que não se compõem de estudos sobre formas de disposição de rejeitos. Neste sentido, foram observadas discussões sobre métodos de concentração, alternativas para fonte de energia, métodos construtivos de barragens e breves comparações entre altear a barragem já existente e construção de um novo barramento.

Portanto, as apresentações das alternativas tecnológicas nesses casos vêm para preencher um espaço obrigatório, cuja análise da disposição dos rejeitos não foi mencionada, provavelmente em função da tecnologia de disposição ter sido previamente selecionadas pelos empreendedores. Os estudos referentes a tal abordagem foram: Ampliação do empreendimento de mineração de minério de ferro e cascalho (MML Metais Mineração

Ltda); Lavra a céu aberto com tratamento a úmido (manganês) (Oratórios Engenharia Mineral Ltda); Barragens B6 e B7 (Vale S.A.); Projeto de extensão da Mina do Sapo (Anglo American) e o Alteamento da barragem de rejeitos Itabiruçu El. 850m (Vale S.A.).

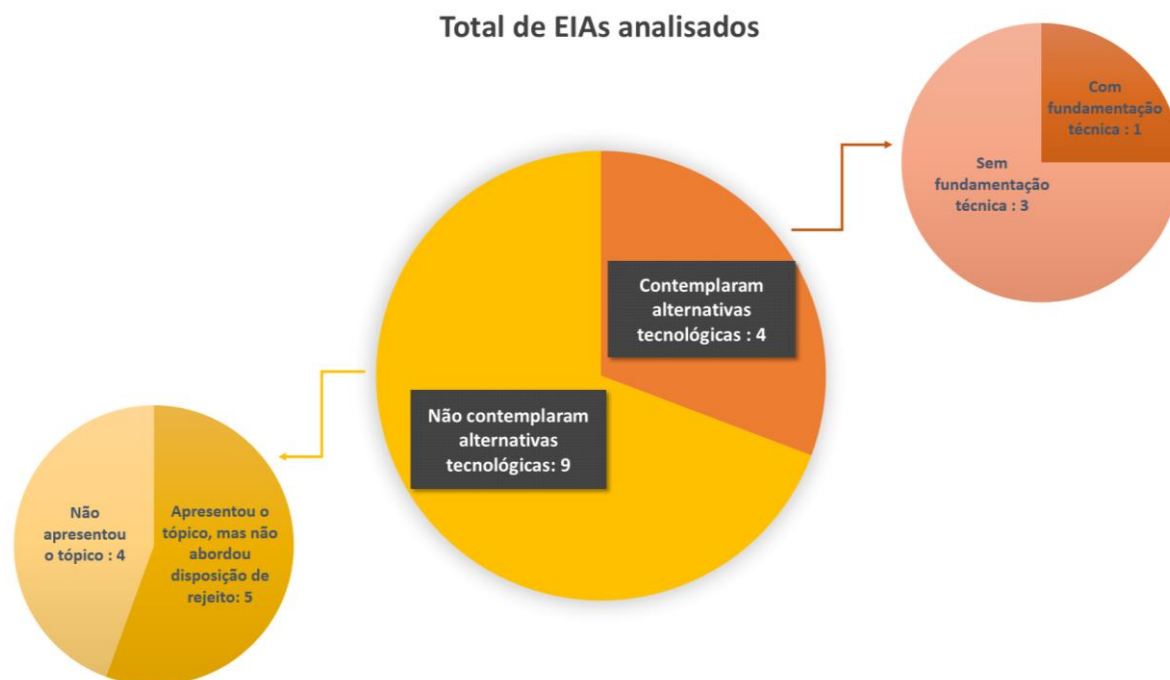
Ainda dentre os EIAs que não apresentaram alternativas tecnológicas, tiveram aqueles cujo tópico não foi mencionado, neste contexto tem-se os seguintes empreendimentos: Expansão Cava da Divisa (Vale S.A.); Alteamento da barragem BL-1 (Vale Fertilizantes S.A.); Sistema de disposição de rejeitos – Alegria Sul (Samarco Mineração S.A.) e Lavra a céu aberto, UTM, pilhas de estéril e rejeito e estrada (Ferro + Mineração S.A.). O primeiro e o último processos citados referem-se a empreendimentos cujas tecnologias empregadas apresentavam vantagens ambientais com relação às demais, e que não abordaram sobre outras possíveis opções. Porém, apesar da viabilidade ambiental, este fato não isenta o empreendedor de realizar estudo de alternativas, visto que essa é uma exigência da Resolução CONAMA nº 01/86. O segundo e terceiro estudos citados, referem-se a empreendimentos já consolidados cuja tecnologia foi definida, e a análise sobre possíveis opções não foi realizada.

Dos EIAs que apresentaram as alternativas, a Barragem Maravilha III (Vale S.A.), o Projeto minerário Morro do Pilar (MLOG S.A.) e o Projeto da Pilha de Rejeito Desaguado e/ou Filtrado do Fraile (CSN Mineração S.A.) apresentaram as opções de tecnologias similares, visto que os estudos foram realizados pela mesma empresa contratada, Pimenta de Ávila Consultoria. O primeiro projeto optou pela disposição em barragem, por se tratar da tecnologia mais usual e a empresa dominar a técnica, enquanto o segundo e terceiro optaram por uma barragem por empilhamento drenado, em função do menor custo, fácil operação, e das dificuldades encontradas para licenciar barragens. Portanto, a escolha foi dada em função de critérios técnicos e econômicos, a viabilidade ambiental, não foi levada em consideração.

O Projeto de disposição de rejeitos secos – Pilha Garrote (Votorantim Metais Zinco S.A.) que optou pela disposição em pilha, foi o único estudo com fundamentação técnica para subsidiar a decisão. Portanto, de um total de quatorze EIAs, apenas um apresentou informações suficientes para escolher a opção de disposição de rejeitos com melhor viabilidade ambiental a ser empregada pelo empreendimento.

A relação dos EIAs que apresentaram e não apresentaram alternativas tecnológicas pode ser visualizada na Figura 9.

Figura 09 – Representação esquemática dos EIAs analisados e a contemplação de alternativas tecnológicas.



Fonte: O autor.

A hipótese de não execução, critério 2, foi contemplada apenas por três projetos, sendo eles a Ampliação do empreendimento de mineração de minério de ferro e cascalho (MML Metais Mineração Ltda), Barragens B6 e B7 (Vale Fertilizantes S.A.) e Projeto minerário Morro do Pilar (MLOG S.A.). A opção foi prontamente descartada pelos estudos em função de aspectos econômicos.

Dos quatro empreendimentos que apresentaram alternativas, dois deles não cumpriram o critério 3, demonstrando o enviesamento dos estudos na medida que apresentam as informações convenientes ao objetivo do empreendedor, levando o leitor desatento a subentender que determinada alternativa se mostra mais vantajosa, quando na verdade falta informações pertinentes para tal análise.

O critério 4 não foi cumprido por nenhum dos estudos, visto que não foi verificado informações referenciadas nas discussões, reduzindo a credibilidade das informações passadas. Por sua vez, o critério 5 já foi cumprido pelos quatro EIAs, evidenciando que todos propuseram propostas realistas, possíveis de serem empregadas.

Nesses aspectos, observa-se que todos os estudos destoaram das constatações do Ministério Público Federal (2004), o qual foi observado que os EIAs apresentam alternativas inferiores à selecionada. Na presente análise verificou-se que as opções consideradas poderiam ser implantadas, inclusive compondo-se de tecnologias ambientalmente mais

viáveis que a selecionada, levando os estudos a utilizar do enviesamento na tentativa de engrandecer a alternativa que se desejava escolher perante as demais.

Já com relação à descrição dos impactos ambientais, critério 6, apenas o estudo da Votorantim Metais Zinco S.A. que apresentou fundamentação técnica para a escolha a contemplou, os demais não abordaram sobre este quesito fundamental para o EIA, visto que este objetiva a análise do ponto de vista ambiental do empreendimento. Desta forma, o fator socioambiental não foi considerado pela maioria dos estudos, sendo os fatores técnicos e econômicos que nortearam as discussões da viabilidade das alternativas. Novamente constatando a observação realizada pelo Ministério Público Federal (2004) da prevalência dos aspectos econômicos sobre os ambientais na escolha das alternativas.

O critério 7, referente à apresentação das vantagens e desvantagens, foi cumprido por 2 estudos. Vale notar que a contemplação desse é fundamental para que seja realizada a comparação das tecnologias, que irá nortear a decisão. Neste sentido, não surpreende que somente um estudo realizou a comparação das alternativas, critério 8, e que, portanto, apenas um estudo apresentou fundamentação técnica para a escolha.

Apenas o estudo da Votorantim Metais Zinco S.A. e da CSN Mineração S.A. cumpriu o critério 9, justificando, de forma embasada, a eliminação de alguma alternativa, nos demais estudos, a eliminação ocorreu sem argumentos que embasassem a tomada de decisão. Ademais, a estimativa quantitativa de indicadores para balizar a escolha, critério 11, não esteve presente em nenhum estudo. O que também não é surpresa, visto que tal critério exigiria um estudo mais completo e embasado, o que não foi observado, visto que nem mesmo os critérios mais simples foram cumpridos.

Com relação ao critério 10, notou-se nos EIAs que contemplaram alternativas a tendência dos empreendimentos em optar por tecnologias mais modernas, buscando inovações. Neste contexto, foram observados a proposição de pilhas de rejeitos espessados e/ou filtrados, empilhamento drenado e o empilhamento de rejeito seco (dry stacking), apenas o empreendimento Barragem Maravilhas III da Vale S.A. optou pela construção de uma nova barragem.

Nos demais estudos, quatro deles optaram pelo alteamento da barragem existente ou construção de uma nova. Portanto, essa foi a técnica predominante, sendo escolhida por 5 empreendimentos dos 13 analisados.

Nota-se ainda, que nos estudos que não apresentaram opções tecnológicas, alguns deles adotaram alternativas interessantes do ponto de vista ambiental. Dois deles propuseram a utilização de bacias de sedimentação/decantação, estruturas simples e de fácil operação, e

posterior disposição em pilha de rejeitos secos, porém a aplicação de tal metodologia é recomendável em situações que são gerados menores volumes de resíduo. Também foi adotado a implantação de uma UTM a seco (não gerando rejeito), disposição em cava, e o espessamento do rejeito para posterior disposição em pilhas de rejeito seco, todas apresentam vantagens ambientais comparadas as barragens, que não foram amplamente discutidas nos estudos. Vale lembrar, que isso não isenta que o EIA contemple uma discussão ampla das alternativas.

Ademais, observou-se que com a exceção dos estudos da Oratórios Engenharia Mineral Ltda e da MLOG S.A., os demais empreendimentos tratam-se de projetos de ampliação, e tenderam a repetir tecnologias já adotadas, que não são necessariamente as melhores do ponto de vista ambiental, perpetuando um *modus operandi*.

Portanto, em um contexto geral, constatou-se deficiências nos estudos de alternativas tecnológicas (ALMEIDA, MONTAÑO, 2017; STEINEMANN, 2001; PINHO *et al.*, 2007; JALAVA *et al.*, 2010).

6 CONCLUSÃO

A análise das alternativas tecnológicas em Estudos de Impacto Ambiental de atividades minerárias, indicou que as diretrizes estabelecidas pela Resolução CONAMA nº 01/1986, quanto ao artigo 5º, inciso I, não foram atendidas pela maioria dos empreendimentos. Sendo que de um total de treze estudos, apenas um, o Projeto de disposição de rejeitos secos – Pilha Garrote da Votorantim Metais Zinco S.A., apresentou fundamentação técnica para a escolha da opção tecnológica de melhor viabilidade ambiental. A grande maioria se limitou a não contemplar discussões a respeito de metodologias para a disposição de rejeito, ou apresentá-las com qualidade inferior ao desejado, compondo-se apenas da definição da técnica a ser empregada, com a prevalência de metodologias usuais, e não compreendendo de consideração acerca do aspecto ambiental. O mesmo foi observado com a hipótese de não execução do projeto, presente em poucos estudos, foi prontamente descartada em função de fatores econômicos.

As limitações encontradas sugerem que o aparato legal brasileiro se mostra frágil no que tange às normas para o licenciamento ambiental. A Resolução CONAMA nº 01/1986, compreende apenas de um inciso sobre as alternativas, o qual apenas diz que essas devem ser contempladas, confrontando-as com a hipótese de não execução. Ademais, o Termo de Referência para atividades minerárias no estado de Minas Gerais, não apresenta muitas informações aquém da Resolução, apenas enfatiza que devem ser justificadas as alternativas que possuem menor impacto em relação às demais. Portanto, existe uma falta de detalhamento nas exigências da apresentação desse quesito, o qual é fundamental para que opções mais viáveis ambientalmente sejam concebidas.

Apesar da falta de proposição, ou análises inconscientes, todos os empreendimentos foram aprovados pelo COPAM, enfatizando a fragilidade do aparato legal brasileiro, que permite a aprovação de estudos que não contemplam de informações exigidas. Além disso, comprovando que os empreendedores do setor de mineração no estado não são estimulados judicialmente a conceber projetos menos agressivos ao meio ambiente.

Conforme observado, as barragens são o método usualmente empregado, mas existem outras metodologias, com vantagens ambientais, técnicas e até mesmo econômicas que os empreendedores não são estimulados a adotar, como o exemplo das instalações de Cerro Lindo no Peru, que contou com a alternativa de disposição para rejeitos filtrados em *dry stack*, e foi observado elevado custo de operação, mas o menor custo total das alternativas avaliadas,

basicamente devido à redução significativa das alturas das barragens de contenção (LARA, LEÓN, 2011).

Para que a presente situação possa mudar é necessário que os empreendedores comecem a serem estimulados a conceber projetos menos agressivos ao meio ambiente, para tal, sugere-se que sejam criadas leis que definam normas gerais para o licenciamento ambiental, estabelecendo os requisitos que devem ser atendidos para a apresentação de alternativas que garanta a viabilidade ambiental da atividade, ou mesmo propondo estas mudanças, por meio de alterações do Termo de Referência do estado, para empreendimentos minerários. Além disso, que a análise do corpo técnico do órgão ambiental, se torne mais criteriosa, não permitindo que estudos que não cumpram com o exigido, tenham sua licença deferida.

7 PRODUÇÃO CIENTÍFICA

PAIXÃO, M. D.; PEREIRA A. A. Análise das alternativas locacionais e tecnológicas propostas em Estudos de Impacto Ambiental de atividades minerárias no Estado de Minas Gerais. In: **4º CBAI - Congresso Brasileiro de Avaliação de Impacto**. Fortaleza: ABAI, 2018.

REFERÊNCIAS

ALELVAN, G. M.; PIRES, A. C. G.; RIBEIRO, L. F. M. Análise das possibilidades de depósito de estéreis e rejeitos de mineração: as vantagens da codisposição e da disposição compartilhada. **10º Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental**, Porto Alegre, RS, 2016.

ALMEIDA, M. R. R.; MONTAÑO, M. Benchmarking na avaliação de impacto ambiental: o sistema mineiro frente às melhores práticas internacionais. **Sociedade & Natureza**, v. 27, n. 1, p. 81-96, 2015.

ALMEIDA, M. R. R.; MONTAÑO, M. A efetividade dos sistemas de Avaliação de Impacto Ambiental nos estados de São Paulo e Minas Gerais. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 20, n. 20, 2017.

ALVES, A. R. C.; RIBEIRO, L. F. M.; ESPOSITO, T. J. Análise da estabilidade de sistemas de disposição compartilhada de rejeitos e estéreis em cavas exauridas de minas. **XV COBRAMSEG – Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica**, 2010.

ALVES, H. O. **Estudo comparativo de duas técnicas de lavra em barragem de rejeito sob o ponto de vista geotécnico**. 2015. 153 f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Relatório de segurança de barragens**. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2017. Disponível em: <http://www.snisb.gov.br/portal/snisb/relatorio-anual-de-seguranca-debarragem/rsb-2016/relatorio-de-seguranca-de-barragens-2016.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2019.

ANTUNES, P. B. **Direito Ambiental**. 10 ed. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2007.

ARAÚJO, C. B. **Contribuição ao estudo do comportamento de barragens de rejeito de mineração de ferro**. 2006. 136 f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

ARCADIS S.A. **Estudo de Impacto Ambiental – EIA: Sistema de disposição de rejeito - Alegria Sul**. Samarco Mineração S.A. Ouro Preto, MG. 2016.

ASSIS, A; ESPÓSITO, T. Construção de barragens de rejeitos sob uma visão geotécnica. **Revista Engenharia em Ação UniToledo**, v. 02, n. 01, p. 3-15, 2017.

ÁVILA, J. A disposição de rejeitos em barragens. **VII Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental (REGEO 2011)**. 2011.

AZAM, S.; LI, Q. Tailings dam failures: a review of the last one hundred years. **Geotechnical News**, v. 28, n. 4, p. 50-54, 2010.

BNDES SETORIAL – BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Sustentabilidade socioambiental da mineração**. Rio de Janeiro: BNDS, 2018.

BRASIL. Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Presidência da República**. Brasília, DF. 1981.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico. 1988.

BRASIL. Resolução nº 1 de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. **Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA)**. Brasília, DF. 1986.

BRASIL. Decreto nº 99.274 de 6 de junho de 1990. Regulamenta a Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências. **Presidência da República**. Brasília, DF. 1990.

BRASIL. Resolução nº 237 de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre os procedimentos e critérios para licenciamento ambiental. **Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA)**. Brasília, DF. 1997.

BRASIL. Lei Federal nº 140 de 8 de dezembro de 2011. Cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas relativas ao meio ambiente. **Presidência da República**. Brasília, DF. 2011.

BRASIL. Resolução nº 4 de 15 de fevereiro de 2019. Estabelece medidas regulatórias cautelares objetivando assegurar a estabilidade de barragens construídas ou alteadas pelo método a montante ou por método declarado como desconhecido. **Agência Nacional de Mineração (ANM)**. Brasília, DF. 2019.

BOWKER, L. N.; CHAMBERS, D.M. The risk, public liability, & economics of tailings storage facility failures. **ResearchPaper**. Stonington, ME, 2015.

BRIAUD, J.-L. Case Histories in soil and rock erosion: Woodrow Wilson Bridge, Brazos River Meander, Normandy Cliffs, and New Orleans Levees. **Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering**, v. 134, n.10, p. 1424-1447, 2008.

CANOFRE, F. Identificada 253ª vítima da tragédia de Brumadinho (MG). **Folha de S.Paulo**. 13 nov. 2019. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2019/11/identificada-253a-vitima-da-tragedia-de-brumadinho-mg.shtml>. Acesso em: 08 dez. 2019.

CARVALHO, W. D. S. de. **Sistema de disposição compartilhada de estéreis e rejeitos desaguados da mina de Fernandinho**. 2017. 163 f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

CERN – Consultoria e Empreendimentos de Recursos Naturais LTDA. **Estudo de Impacto Ambiental – EIA: Volume I - lavra a céu aberto, UTM, pilhas de estéril e rejeito e estrada. Ferro + Mineração S.A.** Ouro Preto, MG. 2014.

GEOCONSULTORIA. **Estudo Conceitual: Unidade de Vazante – Empilhamento de Rejeitos**. 2013.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual para elaboração de estudos para o licenciamento com Avaliação de Impacto Ambiental**. Anexo único, São Paulo, 2014. Disponível em: <https://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/cetesb/documentos/Manual-DD-217-14.pdf>. Acesso em: 05 maio. 2019.

CHAMBERS, D. M.; HIGMAN, B. Long-term risks of tailings dam failure. **Alaska Park Science**, v. 13, n. 2, 2011.

DAVIES, M. P. Filtered dry stacked tailings – the fundamentals. **Proceedings Tailings and Mine Waste**, Vancouver, BC, Canada, 2011.

DUARTE, A. P. **Classificação das barragens de contenção de rejeitos de mineração e de resíduos industriais no estado de Minas Gerais em relação ao potencial de risco**. 2008. 114f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

DUARTE, C. G.; DIBO, A. P. A.; SÁNCHEZ, L. E. O que diz a pesquisa acadêmica sobre avaliação de impacto e licenciamento ambiental no Brasil? **Ambiente&Sociedade**, v.20, n. 1, p. 245-278, 2017.

ECOLAB MEIO AMBIENTE LTDA. **Estudo de Impacto Ambiental – EIA**: Unidade Industrial Vazante – Projeto de disposição de rejeitos secos Pilha Garrote. Votorantim Metais Zinco S.A. Vazante, MG.2016.

ESPÓSITO, T. J. **Metodologia probabilística e observacional aplicada a barragens de rejeito construídas por aterro hidráulico**. 2000. 363 f. Dissertação de Doutorado, Universidade Federal de Brasília, Brasília, 2000.

FARIAS, C. E. G. **Mineração e o Meio Ambiente**. Relatório preparado para o CGEE, PNUD – Contrato 2002/001604. 2002. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/minera.pdf. Acesso em: 20 abr. 2019.

FERNANDES, A. H. V.; CASSIANO, M. A.; GUIMARÃESM, T. C. S.; ALMEIDA, M. R. R.. Alternativas locacionais em Avaliação de Impacto Ambiental de rodovias mineiras. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Paraná, v. 43, Edição Especial: Avaliação de Impacto Ambiental, p. 73-90, 2017.

FERREIRA ROCHA. **Estudo de Impacto Ambiental – EIA**: Projeto de extensão da Mina do Sapo – Caracterização do empreendimento – Áreas de estudo – Referencias legais – Volume I/IV. Anglo American. Conceição do Mato Dentro e Alvorada de Minas, MG. 2015.

FIGUEIREDO, M. M. **Estudo de metodologias alternativas de disposição de rejeitos para a mineração Casa de Pedra – Congonhas/MG**. 2007. 100 f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2007.

FREITAS, C. M.; SILVA, M. A.; MENEZES, F. C. O desastre na barragem de mineração da Samarco - fratura exposta dos limites do Brasil na redução de risco de desastres. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 68, n. 3, 2016.

GALBIATTI, H. F. **Ruptura oblíqua condicionada por falha transcorrente na cava a céu aberto da mina do Cauê, Itabira, MG**. 2006. 99 f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2006.

GEOMIL – SERVIÇOS DE MINERAÇÃO LTDA. **Estudo de Impacto Ambiental – EIA**: lavra de minério de ferro com tratamento a úmido, lavra de cascalho, pilha de estéril/rejeito. MML – Metais Mineração Ltda. Passa Tempo, MG. 2015.

GEONATURE SERVIÇOS EM MEIO AMBIENTE LTDA. **Estudo de Impacto Ambiental – EIA**: Volume I – Apresentação do empreendimento. Morro do Pilar Minerais S.A. Morro do Pilar, MG. 2012.

GOLDER ASSOCIATES. Trade - Off Study , Paste- Paste Backfill Versus Disposição de Rejeitos Filtrados em Superfície. **Relatório Técnico Final (VMZ-T0000-00RE_001)**. Votorantim Metais Vazante, 2013.

GOMES, M. F. M. **Metodologia de análise hierárquica aplicada para escolha do sistema de disposição de subprodutos da mineração com ênfase nos rejeitos de minério de ferro**. 2009. 193 f. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia do Núcleo de Geotecnia da Escola de Minas, Ouro Preto, 2009.

GRANZIERA, M. L. M. **Direito Ambiental**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2011.

GUEDES, G. B.; SCHNEIDER, C. Disposição de rejeitos de mineração: as opções tecnológicas para a redução dos riscos em barragens. **XXVII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa Belém-PA**, 2017.

GUIMARÃES, N. C. **Filtragem de rejeitos de minério de ferro visando a sua disposição em pilhas**. 2011. 129 f. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2011.

IAIA – INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR IMPACT ASSESSMENT. **FASTIP: Alternatives in Project EIA**. Washington, 2015. Disponível em: https://iaia.org/uploads/pdf/FasTips_11_AlternativesinProjectEIA.pdf. Acesso em: 18 abr. 2019.

IBRAM – INSTITUTOBRASILEIRO DE MINERAÇÃO. **Gestão e Manejo de Rejeitos da Mineração**. 1.ed. Brasília: IBRAM, 2016. Disponível em: <http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00006222.pdf>. Acesso em: 31 mar. 2019.

IBRAM – INSTITUTOBRASILEIRO DE MINERAÇÃO. **Relatório Anual de Atividades (Julho 2017 a Junho 2018)**. Brasília, 2018. Disponível em: http://portaldaminerao.com.br/ibram/wp-content/uploads/2018/07/Diagrama%C3%A7%C3%A3o_Relat%C3%B3rioAnual_vers%C3%A3oweb.pdf. Acesso em: 31 mar. 2019.

JALAVA, K.; PASANEN, S.; SAALASTI, M; KUITUNEN, M. Quality of environmental impact assessment: Finnish EISs and the opinion of EIA professionals. **Impact Assessment and Project Appraisal**, v. 28, n.1, p. 15-27, 2010.

JAY, S; JONES, C.; SLINN. P.; WOOD, C. Environmental impact assessment: Retrospect and prospect. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 27, n.4, p. 287-300, 2007.

KOSSOFF, D.; DUBBINN, W. E.; ALFREDSSON, M.; EDWARDS, S. J.; MACKLIN M. G., HUDSON-EDWARDS, K. A. Mine tailings dams: characteristics, failure, environmental impacts, and remediation. **Applied Geochemistry**, v. 51, p. 229-245, 2014.

KÜPPER, A. M. A. G. **Design of hydraulic fill**. 1991. 525 f. Dissertação de Doutorado, PhD Thesis of Doctor of Philosophy. Departament of Civil Engineering, The University of Alberta, Alberta, Canadá., 1991.

LANDIM, S. N. T.; SÁNCHEZ, L. E. The contents and scope of environmental impact statements: how do they evolve over time? **Impact Assessment and Project Appraisal**, v. 30, n. 4, p. 217–228, 2012.

LARA, A. F. M. **Espessamento e transporte de pasta mineral**. 2011. 66 f. Dissertação de Especialização, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

LARA, J. L.; LEÓN, E. Design and operational experience of the Cerro Lindo filtered tailings deposit. **Paste 2011**, Australian Centre for Geomechanics, Perth,.p. 25-38, 2011.

LAUDRIAULT, D. The surface disposal of industrial waste: slurry placement v/s high density slurry placement v/s placement as a paste. **High Density& Paste**, 2002.

LITHOS GEOLOGIA ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE LTDA. Estudo de Impacto Ambiental – EIA: Lavra a céu aberto com tratamento a úmido – Manganês. Oratórios Engenharia Mineral Ltda. Nazareno, MG. 2015.

LOPES, L. M. N. O rompimento da barragem de Mariana e seus impactos socioambientais. **Sinapse Múltipla**, v.5, n.1, 2016.

LOZANO, F. A. E. **Seleção de locais para barragens de rejeitos usando o método de análise hierárquica**. 2006. 128 f. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

LUME ESTRATÉGIA AMBIENTAL. **Estudo de Impacto Ambiental – EIA:** Barragem Congonhas. Vale S.A. Itabirito, MG. 2010.

LUME ESTRATÉGIA AMBIENTAL LTDA. **Estudo de Impacto Ambiental – EIA:** Projeto Expansão de Brucutu Cava Divisa. Vale S.A. São Gonçalo do Rio Abaixo e Barão de Cocais, MG. 2012.

LUZ, A. B.; LINS, F. A. F. **Introdução ao tratamento de minérios – Capítulo 1.** CETEM - Centro de Tecnologia Mineral. Edição do Livro de Tratamento de Minérios. Rio de Janeiro: 2004.

LUZ, A. B.; SAMPAIO, J. A.; FRANÇA, S. C. A. **Tratamento de Minérios.** 5. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010.

MARTIN, T. E.; DAVIES, M. P.; RICE, S.; HIGGS T.; LIGHTHALL P. C. Stewardship of Tailings Facilities. **MMSD Mining, Minerals and Sustainable Development**, n. 20, 2002.

MILANEZ, B. SANTOS, R. S. P.; WANDERLEY, L. J. M.; MANSUR, M. S.; PINTO, R. G.; GONÇALVES, R. J. A. F.; COELHO, T. P. **Antes fosse mais leve a carga: avaliação dos aspectos econômicos, políticos e sociais do desastre da Samarco/Vale/BHP em Mariana (MG).** A questão mineral no Brasil - Vol.2. Editorial iGuana, 2016.

MINAS GERAIS. Decreto 47.042 de 06 de setembro de 2016. Dispõe sobre a organização da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Governador do Estado de Minas Gerais.** Belo Horizonte, MG. 2016a.

MINAS GERAIS. Decreto 46.953, de 23 de fevereiro de 2016. Dispõe sobre a organização do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM. **Governador do Estado de Minas Gerais.** Belo Horizonte, MG. 2016b.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Copam nº 217 de 06 de dezembro de 2017. Estabelece critérios para classificação e critérios locacionais para definição das modalidades de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais no Estado de Minas Gerais. **COPAM.** Minas Gerais, MG. 2017a.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Subsecretaria de Gestão e Regularização Ambiental Integrada. Superintendência Regional de Meio Ambiente do Alto São Francisco. **Parecer Único Nº 0673067/2017.** Divinópolis: Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, 2017b.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Subsecretaria de Gestão e Regularização Ambiental Integrada. Superintendência de Projetos Prioritários. **Parecer Único N° 02/2017**. Belo Horizonte: Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, 2017c.

MINAS GERAIS. Resolução Conjunta SEMAD/ FEAM nº 2.784, de 21 de março 2019. Determina a descaracterização de todas as barragens de contenção de rejeitos e resíduos, alteadas pelo método a montante em Minas Gerais. **SEMAD/FEAM**. Belo Horizonte, MG. 2019a.

MINAS GERAIS. Lei Estadual nº 23291 de 25 de fevereiro de 2019. Institui a política estadual de segurança de barragens. **Governador do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, MG. 2019b.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Superintendência de Regularização Ambiental – SUPRAM. Superintendência de Projetos Prioritários - SUPPRI. **Parecer Único N° 0603993/2019**. Belo Horizonte: Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, 2019c.

MONTAÑO, M.; SOUZA, M. P. A viabilidade ambiental no licenciamento de empreendimentos perigosos no Estado de São Paulo. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 4, p. 435-442, 2008.

MORGAN, R. K. Environmental impact assessment: the state of the art. **Impact Assessment and Project Appraisal**, v. 3, n.1, p. 5-14, 2012.

MPF – MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL. **Deficiências em Estudos de Impacto Ambiental**: síntese de uma experiência. Brasília: 4ª Câmara de Coordenação e Revisão, Escola Superior do Ministério Público da União, 2004.

MULTIGEO MINERAÇÃO GEOLOGIA E MEIO AMBIENTE LTDA. **Estudo de Impacto Ambiental – EIA**: Alteamento da Barragem BL-1. Volume I - caracterização do empreendimento e diagnóstico do meio físico. Vale Fertilizantes S.A. Tapira, MG. 2017.

OSORIO, C. A. H. **Caracterização de Pastas Minerais**. 2005. 177 f. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Minas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2005.

PALIWAL, R. EIA practice in India and its evaluation using SWOT analysis. **Environmental Impact Assessment Review**, v.26, p.492-510, 2006.

PEIXOTO, C. L. **Proposta de uma nova metodologia de desaguamento de rejeitos em polpa**. 2012. 93 f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2012.

PERES, A. E. C.; ARAUJO, A. C.; EL-SHALL, H.; ZHANG, P.; SCHLANZ, J. W. Non-sulfide minerals plant practice. **Flotation Plant Practice**, p. 845-868, 2007.

PIMENTA DE AVILA CONSULTORIA LTDA. **Plano Diretor da Disposição de Rejeitos da Mineração Casa de Pedra**. 2016.

PINHEIRO, J. C. de F. **A mineração brasileira de ferro e a reestruturação do setor siderúrgico**. 2000. 371 f. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, 2000.

PINHO, P.; MAIA, R.; MONTERROSO, A. The quality of Portuguese Environmental Impact Studies: the case of small hydropower projects. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 27, p.189-205, 2007.

PORTES, A. M. C. **Avaliação da disposição de rejeitos de minério de ferro nas consistências polpa e torta**. 2013. 154 f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

PROMINER PROJETOS LTDA. **Estudo de Impacto Ambiental – EIA: Barragens B6 e B7**. Vale Fertilizantes S.A. Araxá, MG. 2011.

RICO, M.; BENITO, G.; SALGUEIRO, R.; DÍEZ-HERRERO, A. Reported tailings dam failures. A review of the European incidents in the worldwide context. **Journal of Hazardous Materials**, v. 152, p.846-852, 2008.

RITCEY, G. M. Problems and solutions in the mining industry. **Tailings Management**: Elsevier Science Publishers, 1989.

ROBINSKY, E. Site Planning for Thickened Tailings Disposal (TTD). **High Density & Paste Seminar**. Santiago, 2002.

RODRIGUES, A. B. **Riscos da disposição de rejeitos da mineração e técnicas alternativas de disposição**. 2017. 39 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Minas), Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

ROSS, W. A.; MORRISON-SAUNDERS, A.; MARSHALL, R. Common sense in environmental impact assessment: it is not as common as it should be. **Impact Assessment and Project Appraisal**, v.24, n.1, p.3–22, 2006.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental**: conceitos e métodos. 2.ed. São Paulo: Oficina de textos, 2013.

SETE SOLUÇÕES E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA. **Estudo de Impacto Ambiental – EIA**: Pilha de Rejeito Desaguado e/ou Filtrado do Fraile – Mina Casa de Pedra – Volume I. CSN Mineração S.A. Congonhas, MG. 2017.

SILVA, A. P. M.; VIANA, J. P.; CAVALCANTE, A. L. B. Diagnóstico dos resíduos sólidos da atividade de mineração de substâncias não energéticas. **Relatório de pesquisa, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA)**, Brasília: 2012.

SILVA, R. K. A. **Co-disposição e disposição compartilhada de rejeitos e estéreis em cava exaurida**. 2014. 158 f. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2014.

SLOTTEE, S.; JOHNSON, J.; CROZIER, M. Paste Thickening Iron Ore Tailings. **XXXV Ironmaking and Raw Materials Seminar, VI Brazilian Symposium on Iron Ore**. Florianópolis, Santa Catarina, Brazil Partner, PasteThick Associates Partner.2005.

SOFRÁ, F.; BOGER, D. V. Environmental rheology for waste minimization in the minerals industry. **Chemical Engineering Journal**, v. 86, n. 3, p. 319-330, 2002.

STEINEMANN, A. Improving alternatives for environmental impact assessment. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 21, p. 3-21, 2001.

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. **Ciências Sociais Aplicadas em Revista**, v.18, n. 34, p. 49-65, 2018.

TOTAL PLANEJAMENTO EM MEIO AMBIENTE LTDA. **Estudo de Impacto Ambiental – EIA**: Alteamento da Barragem de Rejeitos Itabiruçu EL. 850 m – Volume I A. Vale S.A. Itabira, MG. 2017.

VECTOR ENGINEERING. **Verificação da Variação no Comportamento de Estéreis e Rejeitos Dispostos Juntos em um Mesmo Bota-Fora** – Opções de Disposição e Projeto Conceitual. 2002.

VICK, S.G. **Planning, design, and analysis of tailing dams**. New York: John Wiley, 1983.

VRHOVNIK, P.; DOLENEC, T.; SERAFIMOVSKI, T.; DOLENEC, M.; ŠMUC, N. R.. The occurrence of heavy metals and metalloids in surficial lake sediments before and after a tailings dam failure. **Polish Journal of Environmental Studies**, v. 22, p. 1525–1538, 2013.