

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais – PPGE3M

WAGNER CRISTIANO SCHMITZHAUS

ANÁLISE DE CENÁRIOS DE PLANEJAMENTO DE LAVRA PARA ADEQUAÇÃO DE
USO FUTURO DE ÁREA DE MINERAÇÃO DE AGREGADOS

Porto Alegre

2018

WAGNER CRISTIANO SCHMITZHAUS

ENGENHEIRO DE MINAS

ANÁLISE DE CENÁRIOS DE PLANEJAMENTO DE LAVRA PARA ADEQUAÇÃO DE
USO FUTURO DE ÁREA DE MINERAÇÃO DE AGREGADOS

Dissertação submetida ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Minas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia, modalidade Acadêmica, área de concentração: Metalurgia Extrativa e Tecnologia Mineral.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo de Lemos Peroni

Porto Alegre

2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Rui Vicente Oppermann

Vice – Reitor: Jane Fraga Tutikian

ESCOLA DE ENGENHARIA

Diretor: Luiz Carlos Pinto da Silva filho

Vice – Diretor: Carla Schwengber ten Caten

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

Coordenador: Carlos Pérez Bergmann

Vice – Coordenador: Afonso Reguly

Schmitzhaus, Wagner Cristiano

ANÁLISE DE CENÁRIOS DE PLANEJAMENTO DE LAVRA PARA ADEQUAÇÃO DE USO FUTURO DE ÁREA DE MINERAÇÃO DE AGREGADOS / Wagner Cristiano Schmitzhaus. – 2018. 96 f.

Orientador: Rodrigo de Lemos Peroni

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Porto Alegre, BR-RS, 2018.

1.agregados. 2. planejamento de lavra. 3. fechamento de mina. 4. uso futuro. Peroni, Rodrigo de Lemos, orient.

WAGNER CRISTIANO SCHMITZHAUS

ANÁLISE DE CENÁRIOS DE PLANEJAMENTO DE LAVRA PARA ADEQUAÇÃO DE
USO FUTURO DE ÁREA DE MINERAÇÃO DE AGREGADOS

Esta dissertação de Mestrado foi analisada e julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: _____

Prof. Dr. Rodrigo de Lemos Peroni

Coordenador PPGE3M: _____

Carlos Pérez Bergmann

Aprovado em 29/01/2018

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. André César Zingano - PPGE3M/UFRGS _____

Prof. Dr. Jorge Dariano Gavronski – DEMIN/UFRGS _____

Prof. Dr. Fernando Mainardi Fan – IPH/UFRGS _____

AGRADECIMENTOS

Ao programa de Pós- Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, PPGE3M, pela oportunidade de realização deste trabalho.

Aos empreendedores e colaboradores da Saibreira da Divisa, em especial a Henrique Beckel e Maicon Stohr, pela oportunidade, paciência e parceria na realização deste projeto e trabalho de equipe para solução de problemas.

A Francisco Witt, pela paciência e parceria, no que tange à utilização de equipamentos, levantamentos de campo e elaboração de projetos.

Aos meus pais, irmãos e namorada, pelo apoio, motivação e incentivo.

Ao meu orientador, Dr. Rodrigo de Lemos Peroni, pela paciência, profissionalismo e motivação para a realização do trabalho.

RESUMO

A produção de agregados para construção civil é o maior segmento mineral Brasileiro, em números de produção, sendo formada principalmente por pequenos e médios empreendimentos, normalmente utilizando técnicas e procedimentos obsoletos e pouco ou nenhum planejamento tanto para extração quanto para o fechamento da mina. O fechamento de mina e posterior utilização da área ainda é um grande problema visto que existem muitas áreas mineradas em que o plano de fechamento de mina não foi executado, deixando assim um passivo socioambiental elevado, prejudicando a imagem da mineração. Existem diversos exemplos de sucesso em que antigas cavas foram utilizadas para a implantação de novos empreendimentos, como loteamentos, óperas e hotéis. Com o intuito de mostrar a importância do planejamento para fechamento e posterior utilização de área de mineração, bem como a análise ambiental e impactos da atividade na sociedade e meio ambiente, este trabalho tem o objetivo de desenvolver uma metodologia para auxiliar, principalmente o pequeno e médio produtor de agregados, sobre os impactos que o correto planejamento e manejo da operação têm sobre o retorno no uso futuro da área. Foram desenvolvidos diferentes cenários de usos futuros alternativos de uma área de mineração localizada no Litoral Norte do Rio Grande do Sul, que posteriormente foram comparados entre si em relação à recuperação mineral, impactos socioambientais, e retorno financeiro. Ao final do trabalho foi possível visualizar uma metodologia apropriada para a análise de impactos socioambientais e planejamento para preparação da área para o recebimento de novos empreendimentos. A partir destes métodos de análise dispõe-se de diversos cenários comparativos, podendo assim o empreendedor tomar a decisão mais correta em relação ao seu empreendimento minerário e futuros empreendimentos pós-fechamento.

Palavras Chave: agregados; planejamento de lavra; fechamento de mina; uso futuro.

ABSTRACT

Aggregate production for civil construction is the largest Brazilian mineral segment, in production numbers, consisting mainly of small and medium-sized enterprises, usually using obsolete techniques and procedures and little or no planning for both extraction and closure of the mine. The closure of mines and subsequent use of the area is still a major problem, there are many mined areas where the mine closure plan has not been implemented, thus leaving a high social and environmental liability, damaging the mining image, but there are several examples of use of deactivated mining sites for the implementation of diverse projects. In order to show the importance of planning for the closure and subsequent use of the mining area, as well as the environmental analysis of impacts of the activity on society and the environment, this work has the objective of developing a methodology to assist, especially small and medium aggregate producer, on the impacts that correct planning and management of the operation has on the future use of the area. Different scenarios of future uses of a mining area located in the Northern Coast of Rio Grande do Sul were developed, which were later compared to each other in relation to mineral recovery, socioenvironmental impacts, and financial return. At the end of the work it was possible to visualize an appropriate methodology for the analysis of socio-environmental impacts and planning to prepare the area to receive new projects. From these methods of analysis we have several comparative scenarios, so that the entrepreneur can make the most correct decision regarding his mining enterprise and future enterprises after the closing.

Keywords: aggregates; mine planning; mine closure; future use.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Consumo de Agregados no Brasil, em Milhões de Toneladas.....	24
Figura 2 Ciclo de Vida e Fechamento de Minas	35
Figura 3 Estrutura da Metodologia Utilizada	41
Figura 4 Fluxograma de Coleta de Dados de Levantamento de Campo	42
Figura 5 Fluxograma de Coleta de Dados de Equipamentos.....	43
Figura 6 Etapas e Premissas do Planejamento Mineiro Para Pequenos Empreendimentos de Agregados.....	45
Figura 7 Etapas da Análise Ambiental	47
Figura 8 Fluxograma da Comparação de Diferentes Cenários	50
Figura 9 Vista Panorâmica do Acesso à Jazida Tomada a partir das Bancadas Superiores da Área Operacional	51
Figura 10 Localização da Jazida de Agregados	52
Figura 11 Geologia regional da Jazida	53
Figura 12 Cobertura Vegetal com Borda de Arbustivas, Aativas e Pioneiras (a) e (b) em Alguns Locais e Arbóreas Nativas Secundárias (c) e (d)	55
Figura 13 Cobertura Vegetal com Arbóreas Exóticas (acácias e eucaliptos)	55
Figura 14 Situação Topográfica da Jazida em 2015.....	57
Figura 15 Situação Topográfica da Jazida em 2017.....	58
Figura 16 Vista Superior da Jazida (2017)	60
Figura 17 Vista Isométrica da Frente de Lavra da Jazida (2017)	60
Figura 18 Vistas Isométricas da Jazida	61
Figura 19 Configuração Final na Máxima Recuperação Mineral.....	63
Figura 20 Previsão da Geometria Final da Cava - Uso para loteamento.....	68
Figura 21 Vistas Isométricas do Planejamento de Loteamento.....	69
Figura 22 Previsão da Geometria Final da Cava - Uso para Criação de Clube	70
Figura 23 Vistas Isométricas do Planejamento de Uso como Clube	71
Figura 24 Localização de APAs na Área de Estudo	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Principais Utilizações dos Agregados.....	18
Tabela 2 Consumo de Agregados por Estado.....	23
Tabela 3 Principais Fatores que Afetam a Localização de uma Pedreira	25
Tabela 4 Principais Rochas para Agregados e suas Características.....	26
Tabela 5 Custo de Investimento Capital em Equipamentos de Lavra	64
Tabela 6 Custo de Investimento Capital em Equipamentos de Beneficiamento	64
Tabela 7 Valores de Capital Investido	65
Tabela 8 Custos de Produção por m ³ (em R\$).....	65
Tabela 9 Fases e Atividades de Cada Fase do Empreendimento	72
Tabela 10 Principais Aspectos por Fase.....	73
Tabela 11 Impactos Possíveis por Fase	73
Tabela 12 Identificação das Atividades Correlacionadas com Aspectos e Impactos Ambientais na Fase de Operação	75
Tabela 13 Identificação das Atividades Correlacionadas com Aspectos e Impactos Ambientais na Fase de Desativação	76
Tabela 14 Estimativa dos Aspectos Ambientais do Empreendimento.....	77
Tabela 15 Grau de Importância dos Impactos da Extração Mineral	79
Tabela 16 Fluxo de Caixa Extração Máxima sem Investimentos.....	81
Tabela 17 Fluxo de Caixa Extração Máxima com Investimentos	81
Tabela 18 Custos Médios por m ² de Área Bruta	82
Tabela 19 Fluxo de Caixa Loteamento sem Investimentos da Mineração.....	83
Tabela 20 Fluxo de Caixa Loteamento com Investimentos da Mineração.....	83
Tabela 21 Fluxo de Caixa Loteamento sem Passivos.....	84
Tabela 22 Fluxo de Caixa Clube com Investimentos	85
Tabela 23 Fluxo de Caixa Clube sem Investimentos.....	85
Tabela 24 Fluxo de Caixa Clube sem Passivos	86
Tabela 25 Estimativa de retorno socioambiental em cenário	86

SUMÁRIO

1. Capítulo 1 - Introdução	12
1.1. Justificativa da Dissertação	15
1.2. Meta	15
1.3. Estrutura da Dissertação	16
2. Capítulo 2 – Revisão do Estado da Arte	17
2.1. Produção de Agregados	17
2.1.1. Definição e Classificação de Agregados.....	17
2.1.2. Importância dos Agregados.....	18
2.1.3. Características da Cadeia Produtiva de Agregados	19
2.1.4. Estrutura Empresarial do Setor de Agregados	20
2.1.5. Utilização de Agregados	20
2.1.6. Produção Mundial de Agregados	21
2.1.7. Produção Brasileira de Agregados.....	21
2.1.8. Localização, recursos e reservas para rochas de produção de agregados.....	24
2.1.9. Características Geológicas	26
2.2. Gestão Ambiental na Mineração	27
2.3. Impactos Sociais da Mineração.....	29
2.4. Ordenamento Territorial no Setor de Agregados	30
2.5. Planejamento e Fechamento de Mina	30
2.5.1. Plano de Fechamento de Mina e Uso Futuro	31
2.5.2. Aspectos Legais no Fechamento de Minas.....	35
2.6. Análise Econômica	38
3. Capítulo 3 - Metodologia	41
3.1. Levantamento de Campo	41
3.2. Coleta de Dados de Custos de Equipamentos e Serviços	43
3.3. Planejamento de Mina	44
3.4. Análise Ambiental Integrada.....	46
3.4.1. Identificação e Descrição dos Impactos Ambientais	48
3.4.2. Magnitude dos Impactos.....	48
3.4.3. Importância dos Impactos	48

3.5. Análise de Cenários	49
4. Capítulo 4 - Estudo de Caso de Unidade Produtora de Agregados no Litoral Norte do Rio Grande do Sul	51
4.1. Levantamento de Campo	51
4.1.1. Localização da Jazida	51
4.1.2. Geologia Regional e Local.....	52
4.1.3. Topografia.....	56
4.2. Levantamento de Custos de Equipamentos e Serviços	64
4.3. Cenários de Planejamento	66
4.4. Análise Ambiental	71
4.5. Análise de Cenários	80
5. Capítulo 5 - Conclusões e Trabalhos Futuros.....	88
5.1. Conclusões	88
5.2. Sugestões de Trabalhos Futuros	89
Referências	91

1. Capítulo 1 - Introdução

Agregados são essenciais para a construção civil de uma forma geral e estão relacionados com o bem estar de desenvolvimento da sociedade. A quantidade destes materiais que é utilizada ao redor do mundo a cada ano é de aproximadamente 45 bilhões de toneladas, representando aproximadamente 2/3 da produção mineral mundial. Esta quantidade significa valores da ordem de mais de \$ 70 bilhões de dólares, fazendo com que seja um dos mais importantes setores da mineração ao redor do mundo. No Brasil, assim como no mercado mundial, os agregados para a construção civil estão no topo da produção do setor mineral, quando se analisa a produção e consumo (ANEPAC, 2014). A utilização estimada no ano de 2014 foi de 741 milhões de toneladas, enquanto que produtos com maior valor comercial, como o aço, teve um consumo de 27 milhões de toneladas. Alguns motivos para que, mesmo com estes valores elevados de produção, os agregados para construção civil não tenham grande destaque no setor mineral são o baixo valor associado ao bem, a restrição de comércio e utilização local devido ao alto custo de transporte e grande número de ocorrências na natureza. Os principais bens minerais brasileiros são, em toneladas produzidas no ano de 2010, os agregados para construção civil, com 670 milhões de toneladas (sendo 377 Mt de areia e 293 Mt de brita e cascalho), minério de ferro 386 milhões de t e carvão, 7,41 milhões de t (DNPM, 2014). A posição dos agregados na produção mineral mundial tem a maior representação, sendo somente menos consumidos que a água, onde, das 65 bilhões de toneladas de minerais produzidas no mundo, 45 bilhões foram de agregados e 20 bilhões de outras substâncias minerais (ANEPAC, 2014).

Agregados são utilizados para a construção e manutenção de infraestruturas urbanas e rurais, estradas, pontes, parques, estações de tratamento de água e esgoto entre outras tantas aplicações no setor da construção e infraestrutura. Países desenvolvidos não conseguem sustentar seus altos índices de produtividade, bem como o desenvolvimento da economia não pode ser expandido, sem o uso de agregados. O desenvolvimento socioeconômico, bem como a qualidade de vida de uma população, por meio de obras de infraestrutura e construção civil confere uma grande importância aos agregados como matérias primas minerais fundamentais para esses empreendimentos (LUZ, 2012).

Extração mineral envolve um grande número de aspectos técnicos e econômicos, que vão desde a remoção e disposição de estéril, dimensionamento e planejamento de desmonte de rochas, projeto da mina, métodos e estratégia de carregamento e transporte, dimensionamento de equipamentos, proteção e gestão ambiental, e finalmente a análise de viabilidade do empreendimento.

A maioria dos empreendimentos de agregados é composto por empresas familiares, de pequeno e médio porte, que, apesar de terem uma grande importância no cenário econômico, são, muitas vezes, negligenciadas individualmente. Grande parte delas utiliza técnicas e equipamentos obsoletos, tem pouco conhecimento da economia local, da legislação relacionada e pouco, ou nenhum estudo é feito nas áreas de engenharia, geologia, sustentabilidade e conservação ambiental destes locais. Estas práticas tem um impacto negativo na rentabilidade do

negócio, geram dificuldades operacionais e embates jurídicos que podem vir a surgir devido ao não cumprimento das condicionantes legais exigidas para o funcionamento do empreendimento, resultando em autuações, suspensões de operação por falta de licenças ambientais e falta de planejamento. Estas características mostram que as minerações de agregados não estão seguindo a tendência atual, de controle financeiro, gestão planejada e especialização para aumento de produtividade aliado a baixos custos operacionais. Segundo a ANEPAC (2012), em 2006, 60% das empresas fornecedoras de brita tinham produção menor que 200mil t/ano, 30% entre 200mil e 500mil t/ano e 10% com produção maior de 500mil t/ano.

O conhecimento da legislação relacionada ao setor é fundamental para o desenvolvimento de um empreendimento. Muitas vezes a ignorância dos aspectos legais pode provocar perda de grande parte, se não de todos os investimentos feitos no projeto, gerando grandes prejuízos ao minerador. Além do conhecimento da legislação, a necessidade de estudos econômicos, de análise de demandas e do mercado consumidor, conhecimento da biota local e zonas de proteção ambiental, entre outros, são essenciais para o bom desenvolvimento da atividade de mineração.

Aliado aos fatores acima mencionados, as pequenas e médias empresas mineradoras ainda estão submetidas a uma carga de tributos elevada. A grande quantidade de ocorrências naturais de rochas com propriedades para produção de agregados, bem como o fato dos produtos serem razoavelmente equivalentes, criam condições para que a concorrência dentro dos mercados regionais mantenham tanto grande, como pequenos empreendimentos em condições de concorrência entre si. A implicação disso é que as forças que mais atuam para a formação dos preços é o estado da demanda e a capacidade do parque produtos em atendê-la num dado período (ABDI, 2012), ou seja, o mercado é quem acaba ditando os preços de venda dos produtos, fazendo com que a margem de lucro possa ser reduzida em certos períodos.

O consumo de agregados no Brasil se mantém em média de 2 toneladas por habitante, valor relativamente baixo em relação à países europeus, onde o consumo médio chega a 10 toneladas por ano por habitante (LUZ, 2012). O balanço de consumo e produção de areia e brita no Brasil é praticamente equivalente, já que o comércio exterior é praticamente inexistente. No entanto, afirmar que a produção interna se iguala ao consumo, não significa que toda a demanda nacional por agregados está atendida. O déficit habitacional no Brasil ilustra a existência de uma grande demanda reprimida. Porém a demanda habitacional não tem sido atendida, não pela falta de oferta de agregados, mas por outros fatores relativos ao desenvolvimento do país (ABDI, 2012). Nota-se também, que não existem incentivos específicos, financeiro ou fiscal para a produção de agregados, e por muitos anos, a produção esteve estagnada e poucos ousaram investir nesta área (ABDI, 2012).

As minerações devem obter a demanda exigida por agregados, de uma forma que não cause impactos ambientais inaceitáveis. A indústria de agregados deve fazer a recuperação ambiental, reciclagem, gestão ambiental para minimizar e/ou evitar os impactos ambientais causados pela sua atividade. Como exemplos de aproveitamento de área mineradas, antigas cavas podem ser convertidas em áreas úteis para usos futuros, como áreas de lazer, loteamentos, aterros sanitários, jardins botânicos, reservatórios de abastecimento de água, entre outros.

Em determinados países desenvolvidos, o setor mineral não é bem aceito, pois é visto como um responsável por danos ambientais passados, mesmo atualmente sendo desenvolvido com técnicas modernas e sob regulamentos rígidos (TAVEIRA, 2003). Países em desenvolvimento têm a mesma visão, porém com a necessidade de geração de riqueza, as questões econômicas são postas em prioridade em relação às ambientais, no entanto, em locais onde a legislação é frágil ou pouco severa, após o fechamento, o passivo ambiental é muitas vezes deixado para a sociedade. Outro grande problema é a disseminação desordenada de mineração informal de areia e brita próximo de grandes centros, que são amplamente divulgados devido aos impactos negativos na sociedade e meio ambiente (SCLIAR in SINGEO & ABGE 2006).

A desativação de empreendimento mineiro, e conseqüentemente utilização posterior desta área, ainda representa um desafio para o setor, necessitando um planejamento eficiente durante a operação da mina, para implementar na fase de fechamento da unidade. Para que isso ocorra, é necessário que se tenha um planejamento para remoção de estruturas instaladas, reabilitação das áreas impactadas, requerimento não só legal, mas também da sociedade e do próprio meio ambiente, para que se tenha uma área passível de instalação de novos empreendimentos com resultados conjugados ou individuais financeiros, social ou ambiental.

Empreendimentos mineiros possuem impactos positivos e negativos, porém, a mineração é vista como um agressor do meio ambiente e desenvolvimento sustentável (DIAS, 2016). A imagem de que a lavra altera o ambiente, promovendo desmatamento, alterações topográficas, impacto visual, erosão e poluição dos rios, ar e solo, foi transmitida nas últimas décadas e influenciou a opinião pública a esse respeito (FERNANDES, 2007).

Após a finalização da vida útil de uma jazida, o existe um projeto que deve estar incorporado no Plano de Fechamento de Minas (PFM) deve ser executado, a fim de reabilitar a área e remoção de instalações físicas e equipamentos. A não reabilitação destas áreas, anteriormente utilizadas para a mineração, ou aplicação de técnicas inadequadas na execução destes planos, podem gerar passivos ambientais (TONIDANDEL, 2011).

O Plano de Fechamento de Minas efetivo é de grande importância, principalmente quando se considera minerações de pequeno porte, onde a falta de fiscalização é comum, e as mesmas tem grande contribuição na geração de passivos. A reabilitação, se não for planejada adequadamente, torna-se, muitas vezes, uma etapa onerosa quando comparado com o capital investido no empreendimento, o que acarreta menor mobilização de recursos e competências, principalmente nas áreas ambiental e social (DIAS, 2016). É na fase de desativação que a gestão de impactos deve ser realizada, a fim de reduzi-los e que mais passivos ambientais não sejam gerados, afetando de forma negativa a imagem da mineração perante a sociedade.

Baseado nestas informações, este trabalho desenvolve diferentes alternativas de planejamento mineiro, aliadas com a procedimentos voltados para a gestão ambiental, com propostas para diferentes usos futuros da área estudada, analisando o retorno para os diferentes cenários. Para ilustrar a metodologia proposta, foi feito um estudo de caso em uma unidade extratora de rocha basáltica e saibro. localizada na região sul do Brasil no município de Santo

Antônio da Patrulha, no Rio Grande do Sul. A análise está baseada na capacidade de produção, capacidade de comercialização de seu material para a região e seu contexto ambiental.

1.1. Justificativa da Dissertação

Como a maioria das empresas do setor está defasada no desenvolvimento e uso de novas tecnologias, procedimentos operacionais e controles de produção, acabam tendo uma rentabilidade menor e trabalhando com custos mais elevados. Isso se deve principalmente, devido à falta de capacitação de pessoal e carência de equipamentos, falta de planejamento financeiro, de produção e ambiental.

A necessidade de conscientizar os gestores dos empreendimentos mineiros da importância de um planejamento de curto, médio e longo prazo, bem como os impactos que o correto estudo ambiental, muitas vezes negligenciado, pode ter no planejamento da mineração e mostrando que o planejamento de uso futuro da área deve ser planejado e estudado, pois a área ainda pode se tornar atrativa economicamente.

1.2. Meta

Esse estudo tem como meta a análise econômica e comparativa entre a extração convencional de recursos minerais (exaustão do minério) com uma proposta de viabilidade integrada com aproveitamento futuro da área de mineração, aliado a uma análise de impactos socioambientais que o empreendimento pode causar.

Tarefas

Para que as metas propostas sejam atingidas, as seguintes tarefas também devem ser cumpridos:

- a. Levantamento de campo e coleta de informações gerais do empreendimento, como: topografia, vida útil, equipamentos e investimentos.
- b. Proposta de planejamento de lavra e definição de vida útil.
- c. Análise do mercado de agregados.
- d. Avaliação econômica do projeto.
- e. Análise com enfoque na gestão ambiental e uso futuro de áreas mineradas.

A metodologia utilizada para elaboração do trabalho teve como objetivo fornecer todos os elementos necessários para correto planejamento e gestão de uma mineração de agregados. Primeiramente realizou-se um levantamento de campo para definição de características gerais do local, então um levantamento topográfico foi realizado, com base nestes dados foi possível definir as cotas da cava atual, definir e planejar as próximas etapas de extração, para finalmente definir as diferentes cavas finais. Após esta etapa, realizou-se o levantamento dos equipamentos utilizados na empresa, bem como o custo unitário de cada atividade. Finalmente, um estudo comparativo para os diferentes usos futuros da área foi realizado.

Para o planejamento de lavra, após os levantamentos topográficos, utilizou-se o *software AutoCAD Civil 3D*, para o tratamento dos dados e modelamento do depósito e projeto das cavas. Quanto à análise de custos, realizou-se um levantamento dos principais custos existentes na mina, tanto nas operações unitárias como desmonte britagem e transporte, como na área administrativa e consumo de insumos. Estes dados foram utilizados para a realização de uma análise de custos do empreendimento, possibilitando uma avaliação do retorno financeiro que a extração de agregados pode trazer. Estes dados também podem auxiliar os gestores da empresa a tomarem medidas de redução de custos em setores mais críticos, que podem estar impactando negativamente na margem de lucros da empresa.

Planejamento mineral e gestão ambiental na indústria mineira fazem parte de um campo em rápida evolução. Existem avanços importantes em assuntos de recuperação de áreas degradadas pela mineração, manejo de águas em minas, monitoramento ambiental e relações com a comunidade vizinha (SÁNCHEZ, 2007). Sendo assim, o fechamento de minas é um aspecto importante e problemático neste contexto. A importância de planejar o fechamento é consenso. Na parte de gestão ambiental, fez-se um comparativo entre diferentes planos de lavra, com diferentes limitantes ambientais, como tamanho de bermas e áreas de supressão vegetal, a fim de verificar o impacto financeiro que a má ou inexistência de gestão deste recurso. Finalmente, para o fechamento de mina, foram propostos projetos de uso futuro da área, considerando a extração total e parcial do minério existente, mostrando diferentes usos que é possível dar-se a antigas cavas de mineração.

1.3. Estrutura da Dissertação

A presente dissertação é dividida em cinco capítulos: O primeiro introduz o assunto e expõe os objetivos e justificativas do trabalho. O segundo capítulo apresenta as principais considerações teóricas sobre mineração de agregados para construção civil com foco no fechamento de mina e gestão ambiental, onde são definidos agregados e sua importância dentro da sociedade, técnicas de planejamento, principais características do setor, impactos do fechamento de uma mineração e importância da gestão ambiental em empreendimentos minerais. O capítulo 3 traz a metodologia utilizada para o desenvolvimento do estudo, mostrando como foram coletadas as informações da mineração e como estes dados foram trabalhados a fim de desenvolver conclusões. O quarto capítulo mostra o estudo de caso da pedreira, mostrando características do local, estudos de campo realizados e planejamentos executados, propondo diferentes usos futuros da área de mineração e mensuração de impactos socioambientais desta atividade. No capítulo 5 são apresentadas as conclusões e sugestões para pesquisas futuras.

2. Capítulo 2 – Revisão do Estado da Arte

Uma revisão bibliográfica foi realizada a fim de fundamentar o trabalho, baseado na bibliografia existente sobre temas abordados nesta dissertação. A revisão apresentada nesse capítulo apresenta as principais considerações teóricas sobre mineração de agregados para construção civil com foco no fechamento de mina e gestão ambiental, onde são definidos agregados e sua importância dentro da sociedade, técnicas de planejamento, principais características do setor, impactos do fechamento de uma mineração e importância da gestão ambiental em empreendimentos minerais.

2.1. Produção de Agregados

O setor de agregados possui algumas peculiaridades quando comparado a minerações de outras espécies minerais, principalmente em relação ao porte, valor, características dos produtos produzidos, tecnologia utilizada na extração e beneficiamento dos materiais. Este tópico apresenta as principais características do setor produtivo de agregados, definição, classificação e dados de produção tanto mundial quanto brasileira.

2.1.1. Definição e Classificação de Agregados

Agregados para construção civil são materiais granulares, sem forma e volume definidos, de propriedades e dimensões adequadas para uso em obras de engenharia civil, como rocha britada e areia. Os agregados podem ser classificados quanto a sua origem, dimensão das partículas e massa unitária. Quanto a sua origem, podem ser naturais ou artificiais. Os naturais são os que se encontram de forma particulada na natureza (areia e cascalho), já os artificiais, são produzidos por algum processo industrial, como a britagem, que produz brita de diversos tamanhos, escórias de alto forno e argilas expandidas (LA SERNA, 2009).

Quanto à dimensão das partículas, a Norma Brasileira 7211 define agregado miúdo, areia de origem natural ou resultante de britamento, ou mistura de ambas, que passam pela peneira padrão de 4,8mm e ficam retidos na peneira padrão de 0,075 mm, ou agregado graúdo, pedregulho natural ou pedra britada proveniente da britagem de rochas estáveis, ou a mistura de ambos, cujos grãos passam pela peneira de abertura 152 mm e ficam retidos na peneira de abertura de 4,8mm

Brita é classificada como agregado de origem artificial de tamanho graúdo, extraído basicamente de pedreiras que exploram rochas cristalinas sem alteração, e contendo quartzo, rochas feldspáticas, como granitos e também basaltos e calcários microcristalinos. A estrutura da rocha deve ser coesa e não muito grossa, com baixa porosidade, ausência de plano de fraqueza ou estrutura isotrópica. Rochas xistosas, com foliações finas e micro fraturas não são indicadas para a produção de brita.

Quanto aos minerais, é preferível que se evite rochas que predominem minerais de fácil alteração como micas (especialmente biotita e clorita, quando acima de 20%), assim como óxidos, sulfetos e carbonatos em grãos grossos. Rochas sem minerais alterados ou em decomposição são mais indicadas (CHIOSSI, 1979).

A forma e superfície do grão também exerce influência na qualidade e uso dos agregados. As formas arredondadas e superfícies lisas reduzem a porosidade entre os grãos facilitando a fluidez do concreto. Formas angulosas facilitam a aderência do cimento (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, s.d).

2.1.2. Importância dos Agregados

A utilização de agregados para a construção civil está diretamente ligada à qualidade de vida da população, como a construção de moradias, saneamento básico, rodovias, vias públicas (LUZ, 2009). Conseqüentemente, o consumo per capita de agregados é um indicador de desenvolvimento sócio econômico (LUZ, 2009). Em meados de 2006, com a publicação da Resolução CONAMA 369, a mineração foi inserida como uma atividade de interesse social, além do status de utilidade pública que já lhe conferia a lei (ANEPAC, s.d).

Os agregados estão presentes em praticamente todos os aspectos da vida do ser humano. Quase toda a infraestrutura construída pelo homem é feita basicamente de concreto. Em volume, os agregados compreendem aproximadamente 85% das estruturas de concreto, os 15% restantes são representados por cimento Portland e outros produtos (WILLIAM *et. al*, 2004). As propriedades físicas e químicas dos agregados e das misturas ligantes são essenciais para a vida das estruturas em que são usados. São inúmeros os exemplos de falência de estruturas em que é possível chegar-se à conclusão que a causa foi a seleção e o uso inadequado dos agregados. O uso inadequado pode causar deterioração de concreto de cimento Portland precocemente, em condições severas de utilização (temperatura, cargas, etc.) (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, s.d).

Agregados são utilizados para construir, manter e fazer manutenção de praticamente todas as estruturas sejam elas urbanas ou rurais. Países desenvolvidos não conseguem manter seu nível de desenvolvimento e evolução da economia sem o uso de agregados (WILLIAM *et. al*, 2004). Este setor é o segmento da indústria mineral que possui o maior número de empresas e trabalhadores e também é o único que existe em todos os estados brasileiros, sendo abundantes no Brasil e no mundo (LA SERNA, 2009).

Quanto à utilização de agregados, a Tabela 1 mostra as principais utilizações de diferentes produtos.

Tabela 1 Principais Utilizações dos Agregados

Produto	Exemplos de utilização
Areia Artificial e Areia Natural (4,8 a 0, 074 mm)	Assentamento de bloquetes, tubulações em geral, tanques, embolso, podendo entrar na composição de concreto e asfalto.
Pedrisco (4,8 a 9,5 mm)	Confecção de pavimentação asfáltica, lajotas, bloquetes, intertravados, lajes, jateamento de túneis e acabamentos em geral.
Brita 1 (4,8 a 12,5mm)	Fabricação de concreto, com inúmeras aplicações, como na construção de pontes, edificações e grandes lajes.
Brita 2 (12,5 a 25,0mm)	Fabricação de concreto que exija maior resistência, principalmente em formas pesadas.
Brita 3 (25,0 a 50 mm)	Também denominada pedra de lastro utilizada nas ferrovias.

Brita 4 (50,0 a 76,0mm)	Produto destinado a obras de drenagem, como drenos sépticos e fossas.
Rachão, pedra de mão ou pedra marroada	Fabricação de gabiões, muros de contenção, bases de pavimentos, drenos.
Brita graduada	Em base e sub-base de pavimentos, pisos, pátios, galpões e estradas.

Fonte: adaptado de KULAIF (2001).

2.1.3. Características da Cadeia Produtiva de Agregados

Segundo Ferreira e Junior (2009), as principais características da cadeia produtiva de agregados para construção civil são:

- I. *Commodity*: Trata-se de um produto mineral abundante, com normas técnicas caracterizadas e processos tecnológicos convencionais.
- II. Menor preço unitário dentre os minerais industriais, tem baixo valor agregado.
- III. Baixa elasticidade do preço da demanda: os agregados têm demanda praticamente inelástica, ou seja, responde pouco a variações de preços e a demanda é subordinada a ciclos econômicos.
- IV. Correlação direta entre consumo e PIB: a demanda por agregados é forte indicadora do nível de atividade econômica, se a economia está se desenvolvendo bem, o consumo de agregados tende a ser mais elevado.
- V. Mercado regional: O processo de produção de agregados utiliza matérias primas mineral, energia e mão de obra regional, e usualmente a sua área de produção é próxima de aglomerados urbanos.
- VI. Grande volume de produção, com muitos produtores, usinas de médio ou pequeno porte e gerenciamento precário.
- VII. Rigidez locacional: sendo produtores de material de baixo valor agregado, não suportam custos de transporte elevados.
- VIII. Alta disponibilidade: existência de reservas abundantes.
- IX. Recursos exauríveis/ ciclo de vida: são bens finitos, ou seja, as extrações de brita e areia têm um determinado tempo de vida, após este tempo, deve-se ter em mente que as áreas devem ser recuperadas ambientalmente para futuro uso.
- X. Mercado não consolidado: em qualquer micro mercado podem haver aquisições e fusões para proporcionar maior poder de competitividade e redução de custos.
- XI. Produtividade baixa, comparativamente aos países Europeus e América do Norte.
- XII. Reduzida qualificação de pessoal: usualmente, os recursos humanos disponíveis nas empresas de produção de agregados não são especializados.
- XIII. Alta demanda reprimida: o setor de agregados tem muito potencial de crescimento, porém ainda se encontra em uma demanda reprimida. Consumo *per capita* brasileiro é menor que em países Europeus.
- XIV. Conflitos sociais, ambientais e políticos existentes, devido à ausência de legislação dirigida exclusivamente para os agregados.

2.1.4. Estrutura Empresarial do Setor de Agregados

Há dois grupos distintos de produtores de brita. Um deles é formado por produtores que tem objetivo de produzir e comercializar materiais agregados. O outro é ligado a empresas de construção civil, que além de produzir e vender brita, destina-se também ao fornecimento para obras próprias e empreitadas, onde, muitas vezes, também produzem concreto e asfalto.

O mercado de agregados não está consolidado. Portanto, como em qualquer micro mercado, haverá um maior número de aquisições e fusões, aumentando assim o tamanho e capacidade de competição das empresas. Além de ocorrer a diminuição de custos, as empresas terão uma maior fatia do micro mercado em que estão inseridas, aumentando assim, sua área de atuação, e capacidade de fornecimento. Isto significa que ao possuir uma produção de agregados, as empresas podem desenvolver produtos do setor de concreto e asfalto. O setor de brita também está ficando fortemente ligado a construtoras, onde empresas, além de adquirirem pedreiras, também estão trabalhando na administração da concessão de rodoviária e buscando outras áreas do setor mineral, como calcário agrícola (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2009).

Quanto ao nível de formalização dos empreendedores, a falta de capacitação gerencial e profissional é um dos principais limitantes para a consolidação do mercado de vários pequenos empreendimentos, que são conduzidos sem nenhuma técnica, e fazendo com que percam capacidade de competir no mercado com os principais *players*.

Com relação à produtividade, a mineração brasileira é deficiente, quando comparada a países europeus e norte americano, onde a mão de obra é treinada e especializada, e investimentos são feitos na modernização das instalações de produção (LUZ, 2009). Existe uma carência na oferta de mão de obra qualificada de nível operacional, que acaba se tornando um problema sério.

O setor de agregados sofre com a falta de incentivos específicos, tanto financeiro como fiscal. Durante muitos anos a produção esteve estagnada e poucos ousaram investir. Porém, com a perspectiva de aumento da demanda, investimentos para substituição e aquisição de novas máquinas e equipamentos deve ser feita. Os motivos que levam a falta de investimentos neste setor se dão principalmente pelo alto risco do setor e da legislação instável, onde uma empresa corre o risco de perder, ou não ter sua licença ambiental renovada, fazendo com que todo investimento seja comprometido.

2.1.5. Utilização de Agregados

O Levantamento da Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas da Universidade de São Paulo (FIPE) para o projeto “Diretrizes para a Mineração de Areia na Região Metropolitana de São Paulo” constatou a quantidade aproximada de agregados necessária para alguns tipos de obras:

- I. Construção de unidade básica de 35 m² - 21 toneladas de agregados;
- II. Habitação popular (unidade básica de 50 m²) - 68 t;
- III. Edifício público (unidade básica de 1.000 m²) - 1.360 t;
- IV. Escola padrão (unidade básica de 1.120 m²) - 1.675 t;

- V. Pavimentação urbana (1 km x 10 m) - 2.000 t a 3.250 t;
- VI. Estrada vicinal - 2.800 t/km;
- VII. Estrada pavimentada normal - cerca de 9.500 t/km.

Segundo o Ministério de Minas e Energia (2009), na França, 35% da quantidade produzida de agregados é destinada à construção de prédios, onde metade é destinada para moradias, para a construção e manutenção de vias públicas são utilizados 45%, o restante, é utilizado para outros tipos de construções. Metade da produção é consumida na preparação do concreto, e da outra metade, uma parte é consumida na mistura com o betume, para o concreto asfáltico, e outra consumida *in natura*, em bases de pavimentação, enrocamento e lastros, por exemplo.

2.1.6. Produção Mundial de Agregados

Agregados são as substâncias minerais mais consumidas no mundo. Com mudança da população para as cidades e conseqüente crescimento, mais agregados serão necessários Segundo Smith (2001), produção de agregados para engenharia civil e para construções é uma das maiores indústrias do mundo. A mineração de agregados é a maior indústria do Reino Unido, em tonelagem movimentada, mas não em valor monetário, no entanto, o consumo de agregados nesse país mais que duplicou nos últimos 40 anos, passando de 100 milhões de toneladas em 1959 para entre 200 a 300 milhões de toneladas por ano na década de 90. Os agregados para construção civil correspondem por cerca de 2/3 do total da produção mineral mundial. Em 2014, a produção mineral global foi de 65 bilhões de toneladas, onde, quase 70% desta produção foi de agregados (ANEPAC, 2014).

Os EUA são os maiores produtores de brita do mundo, chegando a produção de 1,5 bilhões de metros cúbicos em 2007. Aproximadamente 1500 empresas operando 3500 unidades foram responsáveis por esta produção (Ferreira e Junior, 2009). Em 2014, a Ásia representou 66% de toda produção mundial de agregados, seguida pela Europa (9%), América do Norte (9%), e África (8%), os outros 13% são representados por América do Sul e Oceania.

Dados atuais mostram que a média da comunidade européia é de 5,2 t/habitante, EUA tem consumo de 9t/habitante, China aparece com 12t/habitante e a Finlândia com 17t/habitante (ANEPAC, 2014). Estatísticas da União Européia de Produtores de Agregados mostram que, cada europeu requer durante toda a vida, mais de 500 toneladas de agregados. Essa quantidade é maior do que qualquer outro bem mineral consumido naquele continente.

2.1.7. Produção Brasileira de Agregados

A produção de agregados tende a ser descentralizada, com grande quantidade de ocorrências e empreendimentos (LA SERNA, 2009). Enquanto a produção de ferro em 2009 foi de 310 milhões de toneladas, a de agregado totalizou 481 milhões.

Os dados de produção no Brasil são estimados, e difíceis de serem coletados, por diversos motivos. Durante muito tempo, o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM, s.d) não separava dados de produção de rochas britadas de rochas ornamentais. O principal motivo, porém, é o elevado grau de informalidade das empresas atuantes no setor, isso não significa que

as empresas estavam ilegais. Muitas delas estavam em situação legal perante prefeituras, estados e União, porém não eram formalizadas junto ao DNPM. Além disso, os dados divulgados pelo DNPM são recolhidos através de relatórios elaborados com base nos questionários respondidos pelas empresas legalizadas do setor.

Em 14 anos, a demanda de agregados para construção civil saiu de 460 milhões de toneladas (1997) para 673 milhões de toneladas (2011), crescimento correspondente a 46,2%, ou taxa composta de crescimento anual de 2,8% a.a. Se utilizado o período de 2001 a 2011, o crescimento da demanda de agregados foi de 92,3%, que corresponde a uma taxa composta de crescimento anual de 6,8% a.a. Este setor foi um dos únicos que não sentiu o impacto da crise internacional de 2008/09 e 2011/12 (IBRAM, 2012), porém teve grande impacto na demanda nos últimos 3 anos.

É um setor que gira R\$ 8,3 bilhões em negócios e é responsável por 68 mil empregos diretos (IBRAM, 2010). No período de 2001 a 2007, as minas de rocha britada e areia representavam 25% e 28%, respectivamente, do total de minas a céu aberto e acima de 10.000t/ano operando no Brasil. Pedreiras representam 41% do total de minas de porte médio (abaixo de um milhão e acima de 100 mil t/ano) (LA SERNA, 2009).

A Tabela 2 mostra o consumo de agregados no ano de 2011, divididos por estado, no Brasil.

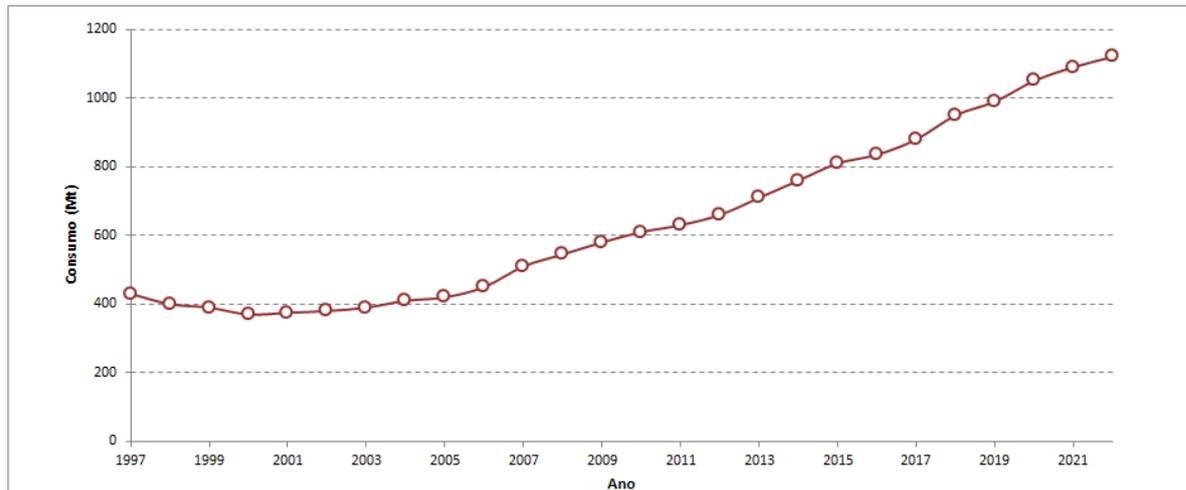
Tabela 2 Consumo de Agregados por Estado

Estados/ Regiões	Consumo de agregados (t)	
Amazonas	10.551.744	
Pará	19.012.575	
Acre	1.888.866	
Rondônia	7.408.262	
Roraima	1.183.520	
Amapá	1.801.562	
Tocantins	4.192.791	
Norte	45.999.319	6,83%
Bahia	37.702.689	
Alagoas	7.484.543	
Sergipe	5.769.790	
Pernambuco	26.778.265	
Paraíba	8.823.781	
Rio Grande do Norte	8.547.150	
Ceará	19.692.468	
Piauí	6.696.278	
Maranhão	14.024.997	
Nordeste	135.519.961	20,11%
Goiás	23.595.020	
Distrito Federal	14.915.681	
Mato Grosso	11.426.783	
Mato Grosso do Sul	8.572.237	
Centro Oeste	58.509.721	8,68%
São Paulo	177.158.361	
Minas Gerais	71.076.418	
Rio de Janeiro	61.930.077	
Espírito Santo	18.877.637	
Sudeste	324.042.493	48,10%
Paraná	41.941.737	
Santa Catarina	28.455.865	
Rio Grande do Sul	39.272.768	
Sul	109.670.369	16,28%
BRASIL	673.741.863	

Fonte: ANEPAC, 2012

A produção de agregados pode ser diretamente relacionada com o uso de cimento. Com base nesta correlação, projetou-se o crescimento da produção até 2022, quando se atinge um valor de 1,12 bilhões de toneladas. A Figura 1 mostra o consumo de agregados no Brasil e a projeção até 2022.

Figura 1 Consumo de Agregados no Brasil, em Milhões de Toneladas



Fonte: IBRAM, 2012

O consumo *per capita* de agregados no Brasil, no ano de 2011 foi de 3,50 t/habitante. Em 2010 este consumo era de 3,3 t/ habitante, ou seja, teve um incremento de 6%. Comparado a países desenvolvidos, o consumo do brasileiro ainda é baixo, por exemplo, os EUA têm um consumo de 6 a 7 toneladas por habitante.

O aumento dos investimentos em infraestrutura no Brasil, para que sediasse a Copa do Mundo em 2014 e a as Olimpíadas em 2016 garantiram, e continuam indicando que a demanda por agregados continue em alta até 2022 (IBRAM, 2012).

Apesar da expectativa de manter a forte demanda por agregados em médio e longo prazo persista, quedas pontuais ainda existem, em setores relacionados à construção civil, como observado em 2012, com a queda de 8,5% na produção de aço, segundo o Instituto Aço Brasil, e de 9% no comércio de materiais de construção, segundo a Anamac (Associação Nacional dos Comerciantes de Material de Construção) (IBRAM, 2012).

2.1.8. Localização, recursos e reservas para rochas de produção de agregados

Todas as regiões brasileiras têm mineração de areia e rochas para produção de brita. A dispersão geográfica é uma característica natural dos depósitos de rochas utilizadas para a produção de agregados. Para que estes depósitos sejam economicamente viáveis, fatores como legislação, uso do solo para plantações ou cidades, sistema de transporte e demanda por agregados são fundamentais (LA SERNA, 2009). A maioria das pedreiras atende a um mercado localizado a no máximo 50 km de distância.

O ordenamento territorial visa planejar o crescimento dos municípios, atendendo as expectativas da sociedade, respeitando aspectos físicos, bióticos e econômicos da região. Conflitos entre este ordenamento e a produção de agregados não são raros, apesar de os grandes centros possuírem importantes reservas de areia e rochas em suas proximidades, as mesmas não estão disponíveis para aproveitamento, por falta de ordenamento territorial. Basicamente, a mineração de agregados é impedida de promover um planejamento adequado de expansão, em áreas próximas a mercados consumidores, pois esbarra em resistências legais e de grupos sociais. Portanto, devido a estes conflitos, a regra básica de países desenvolvidos de produzir agregados próximo de áreas urbanas não pode ser realizada no Brasil. Isso faz com que minerações de agregados tenham que se deslocar para locais que só seriam viáveis economicamente dentro de vários anos. A Tabela 3 mostra os principais fatores de influência na localização de uma pedreira.

Tabela 3 Principais Fatores que Afetam a Localização de uma Pedreira

Fatores Geológicos	Ações a considerar
Espessura do estéril	Uma relação de mais de 2:1 é geralmente antieconômica.
Tamanho da reserva	Reservas de 1Mt é o mínimo requerido para areia e cascalho. Uma reserva de no mínimo 10Mt é o necessário para justificar uma pedreira
Lençol freático	Caso ocorra dentro da área, um bombeamento é necessário
Córregos e rios	Uma distância apropriada, usualmente pelo menos 50 m, deve ser deixada entre o local e cursos de água. Às vezes um rio ou córrego é desviado.
Tipo de rocha	Rochas comuns para produtos básicos devem estar perto do mercado. Materiais menos abundantes (para usos especializados) podem ser enviados a uma distância maior.
Impacto visual	Barreiras paisagísticas devem ser construídas e / ou um grande número de árvores plantadas.
Rodovias e estradas de ferro	Reservas são por vezes perdidas por causa da proximidade entre estas estruturas, embora elas também sejam essenciais para a distribuição do produto. Estradas ou vias férreas devem estar perto da área da usina, mas não muito perto das reservas minerais.
Distância do mercado	Devido aos altos custos de transporte, isso é muito importante.

Fonte: Brown, 2011

O levantamento de reservas e recursos minerais é importante para saber a relação entre a produção e reservas, assim é possível acompanhar a sua evolução e planejar a exaustão das reservas, indicar a necessidade de investimentos em máquinas, equipamentos, pessoal e pesquisa mineral, criar políticas de incentivo a busca de recursos. Para rochas utilizadas para a produção de agregados para a construção civil, esta regra não se aplica. Para definição de reservas para agregados para construção civil, basta multiplicar a espessura da camada pela área ocupada por esta camada (DUNN, 2001).

Na maior parte do Brasil estes recursos existem e são abundantes. O que necessita ser feito é proteger estes recursos contra a esterilização, ou seja, impedir que outras atividades ocupem o solo, que impossibilitaria a extração dos recursos. Portanto, rochas para britagem são facilmente encontradas na natureza e são minerais abundantes. A abundância deve ser encarada

com cuidado, os custos de transporte da pedra até o mercado consumidor final encarecem o preço final, então, idealmente, estas rochas devem ser extraídas próximas de centros consumidores, o que acaba tornando inviáveis muitos depósitos minerais (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2009).

Devido a alguns fatores, as reservas de rochas para produção de agregados aprovadas pelo DNPM, devem ser consideradas com cautela, pois:

- I. Muitas empresas trabalham no Regime de Licenciamento, que não exige cubagem de reservas.
- II. Muitas concessões são utilizadas para servirem de proteção à pedra, principalmente as localizadas em zonas urbanas, evitando assim que o entorno da pedra não se torne um loteamento.
- III. Produtores de rochas calcária vendem como brita parte da rocha produzida que não tem qualidade para uso na destinação principal.
- IV. Pedreiras temporárias, formadas para construção de estradas e hidrelétricas.
- V. Muitas empresas só legalizaram sua atividade depois de muito tempo após o início da atividade de extração.

2.1.9. Características Geológicas

Segundo Smith (2001), existem duas fontes principais de agregados, os depósitos inconsolidados de fragmentos de rochas e os depósitos de rochas “duras”, que devem ser mineradas e preparadas por equipamentos. Os agregados mais procurados são os de origem sedimentar mais antiga e compactada, de rochas ígneas e metamórficas em grandes depósitos. A maior parte das rochas “duras” pode ser utilizada para produção de agregados. A experiência mostra que eles são mais pré-dispostos a terem uma boa performance em vários usos.

La Serna e Rezende (2009) mostram que os agregados para construção civil podem ser obtidos de diferentes tipos de materiais rochosos, consolidados ou granulares, fragmentados por processos naturais ou industriais. Basicamente os agregados são obtidos de rochas sedimentares como arenitos e siltitos; metamórficas como quartzitos e gnaisses; ígneas como granitos e basaltos. A tabela 4 detalha as características das principais rochas utilizadas como agregados.

Tabela 4 Principais Rochas para Agregados e suas Características

Rocha	Características
Arenitos	Constituídos por grãos de quartzo a partir de uma matriz argilosa ou siltosa, aglomerados por sílica amorfa, óxidos de ferro ou carbonato. Somente arenitos silicosos podem ser usados como rocha britada, porém a sílica presente pode reagir com os álcalis do cimento Portland e causar má adesividade.
Siltitos	Constituídos grãos muito finos, formados de silte.
Quartzitos	Arenitos metamorfizados em que o cimento que ligava os grãos de areia que também eram de sílica recristalizaram.
Calcários	Podem ter origem metamórfica ou sedimentar. Os de origem metamórfica (agora mármore) são mais resistentes mecanicamente, mas com dureza inferior aos silicatos. Têm boas propriedades para serem utilizados em concreto hidráulico.

Gnaisses	Rochas metamórficas, com composição variada, podem ser gnaisses graníticos, dioríticos, sieníticos.
Granitos	Rochas plutônicas ácidas constituídas por cristais de feldspatos, plagioclásio, quartzo e mica. Tem resistência mecânica relativamente alta e pequena alterabilidade.
Sienitos	São rochas hipobássais, compostas por feldspatos potássicos, e pouco quartzo. Têm características próximas às do granito.
Basaltos e Diabásios	São compostos principalmente de plagioclásio e piroxênio. Rochas básicas de alta resistência mecânica. Se ocorrer sílica amorfa na composição podem ocorrer reações com álcalis e baixa adesividade. Tem boas propriedades físicas e mecânicas para rocha britada, exceto em frações muito finas, quando os fragmentos são achatados e angulosos.

Fonte: Adaptado de La Serna e Rezende, 2009.

2.2. Gestão Ambiental na Mineração

A preocupação com o meio ambiente tem alterado profundamente o estilo de administrar, as empresas estão incorporando, juntamente com as metas de produção e venda procedimentos para redução de poluentes, reciclagem e impactos no meio ambiente. A responsabilidade empresarial em relação ao meio ambiente tem tendência de deixar de ser apenas característica obrigatória exigida pela legislação, para ser transformada em atitude voluntária (MEYER, 2000).

Segundo Sánchez (1994), gestão ambiental, pode ser discutida em nível empresarial ou de políticas de governo. No caso governamental, são discutidos os instrumentos de políticas que podem ser aplicados pela agências governamentais com o objetivo de prevenir a degradação do meio ambiente, utilizando-se de normas e padrões ambientais para definição de zoneamentos ambientais e aplicação de multas e penalidades. Já o nível empresarial será definido de acordo com essas políticas públicas, demandas e pressões de opinião pública e condições de mercado. Basicamente, a gestão ambiental é um conjunto de atividades técnicas e gerenciais que têm o objetivo de assegurar que um empreendimento opere dentro dos padrões ambientais exigidos, assim, minimizando seus impactos, mantendo outros objetivos empresariais, como manter um bom relacionamento com a comunidade.

Na indústria mineral, o reconhecimento de que planejamento integrado e sistêmico é indispensável para a correta e eficiente gestão ambiental ao longo de todas as etapas que compõem o ciclo de vida da jazida é consenso, desde a fase de extração até a desativação, fechamento e devolução da área recuperada para a sociedade (CYTED, 2000). Tratando-se de gestão ambiental empresarial, a mineração normalmente é lembrada como uma atividade de grande impacto ambiental, devido ao seu alto poder de alteração dos meios físico, biótico e antrópico, devido à extração do minério e passivos gerados. Sabendo que a empresa é um ator social, cabe a ela a obrigação de ter comprometimento com um meio ambiente equilibrado e saudável. O rigor deste zelo varia de um local para o outro, devido à existência de legislação específica ou da sensibilidade apresentada por determinados locais onde o empreendimento estiver inserido (GUTIERRES, 2012).

Os instrumentos de gerenciamento ambiental são divididos em (BITAR & ORTEGA, 1998):

- **Avaliação de Impacto Ambiental** – Com objetivo de identificar os possíveis impactos, prever sua magnitude, e avaliar sua importância, propondo medidas técnicas e gerenciais com o objetivo de reduzir os impactos negativos e potencializar os positivos.
- **Análise de Riscos** – É classificada como a análise dos riscos de acidentes industriais e suas consequências.
- **Auditoria Ambiental** – Pode ser descrita como uma avaliação dos sistemas de gestão com o objetivo de fiscalizar e limitar o impacto de suas atividades sobre o meio ambiente.
- **Monitoramento Ambiental** – São ferramentas que fornecem as informações necessárias para possibilitar o correto gerenciamento.
- **Programa de Medidas Emergenciais** – Tem como objetivo possuir mecanismos de ação para emergências ambientais.
- **Remediação Ambiental** – Remete à designação de medidas que visam a limpeza do local degradado pela atividade, restando níveis de contaminação residual.
- **Recuperação Ambiental** – É utilizado como medidas que tem objetivo de restabelecer o equilíbrio ecológico do local, que engloba diferentes níveis. O local que sofreu danos pode ser transformado em área útil posteriormente, tais como ocupação urbana, pastagem, florestal, entre outros.

A indústria mineral tem especificidades desde a área de planejamento e economia, até mesmo na gestão ambiental, portanto, os problemas ambientais da área de mineração são muito variáveis, não permitindo generalizações (SÁNCHEZ, 1994). Basicamente, existem alguns principais tópicos gerenciais que são os maiores desafios para a indústria mineira, alguns deles são citados por Sánchez (1994).

- **Controle da poluição** – Sendo o componente básico de gerenciamento ambiental, está diretamente relacionado ao uso de tecnologias mais modernas para seu controle.
- **Impactos sobre os ecossistemas** – um dos maiores impactos da indústria mineral Brasileira é a remoção da cobertura vegetal existente, que é exigida para os trabalhos de lavra, disposição de rejeitos e instalações industriais. Ações de limitação de área a serem desmatadas, definição de zonas de proteção, manejo e revegetação de áreas e recuperação do ecossistema são medidas cabíveis a estes impactos.
- **Impactos Sociais** – Acaba sendo uma das áreas menos compreendidas por setores de gestão das empresas. Podem acontecer também, impactos sociais devido a modificações de paisagens de beleza singular, ou locais de interesse cultural. A instalação de empreendimentos minerais em locais onde a atividade mineira era previamente inexistente pode causar desconforto da comunidade devido à mudança nos hábitos de vida dessas comunidades.
- **Impactos ambientais de longo prazo** – Muitas vezes, o futuro que um sítio mineral terá após a sua exaustão é indefinido ou desconhecido, porém, é de conhecimento que muitas minas desativadas continuam a causar prejuízos ambientais após seu fechamento. Sabe-se que o controle pós mineração não se limita a revegetação, mas também a controle de estabilidade de taludes, controle de poluição de aquíferos, e até mesmo manutenção da área contra invasões.

Sendo a maioria dos empreendimentos de extração de agregados de pequeno e médio porte, há a dificuldade de disponibilidade de recursos financeiros e corpo técnico para a correta gestão destes parâmetros, acabando com que este pequeno minerador acabe descumprindo a legislação, na maioria das vezes (FARIAS, 2002).

A partir da década de 90, a mineração de agregados, que normalmente está localizada em locais próximos às regiões metropolitanas, tem feito esforços para acompanhar a legislação ambiental, incorporando o gerenciamento ambiental no planejamento, aplicando técnicas mais modernas de lavra e beneficiamento, fazendo assim com que impactos negativos sejam minimizados (SINTONI, 1994).

2.3. Impactos Sociais da Mineração

Quando se considera o ponto de vista da comunidade, deve-se notar que os impactos causados pela mineração e competição de ocupação do solo geram conflitos, pois são raras as metodologias que reconheçam a pluralidades dos interesses. A mineração gera conflitos, principalmente em regiões metropolitanas, devido à expansão desordenada e sem controle de loteamentos em áreas muito próximas as de extração, o que acaba exigindo uma evolução desta relação de proximidade, para que se evitem situações de impasse (FARIAS 2002).

De acordo com Sánchez (1994), a empresa tem uma tendência de visualizar somente os impactos ambientais e poluição que seu empreendimento causa, os quais são os objetos de regulamentação do poder público, definindo padrões ambientais a serem controlados. Porém, é necessário que o empreendedor, informe-se também com as expectativas da comunidade e governo local, em relação ao seu negócio, pois as percepções dos envolvidos normalmente são diferentes daquelas do empresário, sendo assim, pode-se tomar atitudes que minimizem os impactos sociais.

Segundo Freire (2000), o empreendedor deve tomar ações preventivas a fim de minimizar os conflitos, como:

- Compra de áreas no entorno da mineração, evitando assim o estabelecimento de moradias muito próximas. Esta ação pode não ser viável dependendo da existência de áreas livres e também do custo envolvido.
- Arrendamento de áreas no entorno da mineração, que possam ser utilizadas para atividades que podem conviver com a mineração.
- Melhoria na relação com proprietários de áreas próximas ao empreendimento.
- Planejamento das operações de lavra de acordo com as disposições legais que regulam o uso e ocupação do solo.

Os problemas ambientais originados pela mineração de agregados, e os conflitos de outras formas de uso do solo tem conduzido a uma diminuição crescente de jazidas disponíveis para o atendimento da demanda das principais regiões metropolitanas, o que pode se tornar um problema mais grave, e ainda aumentar o custo destes materiais para o consumidor final, já que o custo de transporte associado a este bem também tende a aumentar, isto pode dificultar os

programas e metas de construção de estradas, casas e obras de saneamento (FARIAS 2002). A mineração em áreas urbanas pode causar um desconforto grande, mesmo se as emissões estiverem abaixo do estabelecido, devido aos impactos visuais, resultantes de movimentações de grandes volumes de rocha e solo e a existência de cavas e paredões (DIAS, 2001).

2.4. Ordenamento Territorial no Setor de Agregados

O ordenamento territorial é essencial para o planejamento e a gestão da produção de agregados, seja para empreendimentos isolados ou para pólos produtores dos mesmos (CALAES, 2007). Com o aumento da população mundial e com a sua concentração em zonas urbanas, bem como à crescente escassez e complexidade do suprimento de recursos minerais, os conflitos sociais de ocupação do solo vêm aumentando.

O processo de concentração aumenta a quantidade de agregados consumidos pela construção civil, cuja distribuição e produção podem oferecer sérios impactos, em termos de consumo energético e geração de resíduos, principalmente quando não houver zoneamento adequado. As questões relacionadas ao desenvolvimento sustentável encontram-se associadas ao ordenamento do território, ou seja, às políticas de uso e ocupação do solo (CALAES, 2007).

Os processos de ordenamento devem levar em consideração a importância das diferentes atividades econômicas, para o desenvolvimento local, sempre considerando os impactos referentes de cada atividade. Com isso, notam-se algumas tendências:

- Empresas em conflito com expansão urbana, sem capacidade de relocação saíram do mercado.
- Empresas em conflito com expansão urbana, com boa estrutura tecnológica e gerencial, se manterão no mercado, ou se relocarão para outras áreas.
- Empresas sem conflitos locais e com boa estrutura econômica e gerencial fortalecerão suas atividades.

As ações mitigadoras de impactos nas minerações de agregados devem ser complementadas com medidas de zoneamento e uso e ocupação do solo, a fim de garantir segurança e estabilidade para novos investimentos, e usos alternativos em áreas de cavas já exauridas. Também devem ser feitas políticas de zoneamento mineral, a fim de que as áreas dedicadas à exploração mineral, mesmo que somente dentro de alguns anos, não seja utilizada para outros fins que possam esterilizar a área.

2.5. Planejamento e Fechamento de Mina

A preparação de um plano de mina pode significar um grande trabalho, envolvendo relatórios de análises, consultas à comunidade e estudos ambientais. Cada mineração de agregados é única, portanto, cada uma delas terá um plano de mina único.

Um plano de mina pode abordar questões relacionadas a:

- Identificação de recursos (exploração);

- Análise de mercado e planejamento de negócios;
- Acesso à área;
- Gestão ambiental;
- Consulta à comunidade;
- Processos de licenciamento;
- Operações;
- Recuperação e pós-exploração do solo.

Um planejamento de lavra é elaborado considerando-se três fases: longo, médio e curto prazo. Na fase de longo prazo, faz-se um planejamento mais amplo, é pensado na mineração para vários anos até o fim da vida útil. Na fase de médio prazo o planejamento é feito para períodos de três a cinco anos, e na de curto prazo, pode ser feito anual, mensal e até diário. Salienta-se que estes intervalos não são rígidos e dependem de cada empresa (ARAUJO e SOUZA, 2011).

Vários dados devem ser coletados, como dados ambientais, regulamentação, informações sobre equipamentos de extração e beneficiamento, variáveis econômicas e perspectivas para o mercado local, bem como dados geológicos do depósito (ARCHIBALD, 2001). Estes dados são compilados e estudados, para definição de limites finais de cava, localização de estruturas de beneficiamento e administrativas. Após a definição de todas as restrições, o projeto da mina pode ser realizado, normalmente com a ajuda de programas computacionais e de modelagem para cálculos de exaustão e projetos de avanços intermediários até a exaustão.

Conhecendo os dados relativos à quantidade e qualidade do bem mineral de interesse, pode-se falar da vida útil da mesma (ARAUJO e SOUZA, 2011). Estes valores de vida útil são variáveis, pois o mercado pode mudar e requerer mais ou menos produtos, materiais considerados estéreis podem ser utilizados com o desenvolvimento de novas tecnologias e equipamentos de maior produtividade também podem fazer com que a exaustão da mina ocorra mais rapidamente. Agregados para construção civil normalmente tem uma vida útil relativamente elevada, que gira em torno de 30 anos ou mais.

2.5.1. Plano de Fechamento de Mina e Uso Futuro

Após o fim da vida útil de uma jazida mineral, é necessário que se realize o Plano de Fechamento de Mina, para descomissionamento das atividades, reabilitação de áreas degradadas e atendimento às exigências legais. A desativação de empreendimento mineiro e utilização destas áreas para outros usos ainda representa um grande desafio. Deve-se dar grande importância aos empreendimentos de pequeno porte, principalmente para que não ocorra o abandono da área minerada após o fim da vida útil, já que atividades de fechamento apresentam custos elevados (DIAS, 2016).

O planejamento deve ocorrer desde os estudos de viabilidade, onde é comum o desenvolvimento de dois planos distintos. Um deles é conceitual, exigido para o processo de licenciamento, que contém a viabilidade de um fechamento seguro técnica e socialmente. O outro plano é realizado após a fase de operação, que consiste basicamente nas modificações realizadas no plano inicial. Este plano deve conter a minimização de impactos físicos, ambientais,

econômicos e sociais decorrentes do fechamento, além de alternativas de uso futuro, garantindo a segurança, e saúde da população e a sustentabilidade da área a ser reabilitada (CAMELO, 2006).

Durante séculos as empresas em todo o mundo abandonavam as minerações, nos EUA, por exemplo, estima-se que existam 8 mil minas abandonadas no estado de Missouri, e 20mil nos estados de Montana e no Colorado. Já no Canadá, somente na província de Ontário estima-se que existam mais de 6 mil minas abandonadas, e na Austrália, no estado de Queensland, cerca de 50 mil. Organizações internacionais têm estimulado boas práticas para o Fechamento de Minas, o Conselho Internacional de Mineração e Metais editou a publicação “Planejamento para o fechamento integrado de minas: Conjunto de ferramentas”.

A singularidade no processo de fechamento de uma mina vem do processo de modificação do uso dado para a área, onde é necessário que sejam analisadas as imposições legais para que isso ocorra como a necessidade novo licenciamento ambiental, a responsabilidade do minerador pelo cumprimento da obrigação de executar o plano de recuperação. Com base nisso, nota-se que o minerador tem obrigação de implantar o plano de recuperação de área degradada, aprovado pelo órgão ambiental competente, contendo sugestões de uso futuro da área de extração, após seu fechamento (FARIAS 2002).

A experiência brasileira em fechamento de minas ainda é reduzida. Avanços têm acontecido em todo mundo, no que diz respeito à recuperação de áreas degradadas, e até no restabelecimento de comunidades vegetais nativas. Com este desenvolvimento, nota-se uma conscientização crescente na necessidade de incentivos na sustentabilidade de configurações ecológicas e sociais em zonas onde há mineração. Por isso, após a exaustão de uma mineração, e desativação da mesma, um simples Plano de Recuperação de Áreas Degradadas não é suficiente, as medidas de fechamento não podem ser confundidas somente como ações de recuperação da área degradada, mas sim, terem um âmbito mais amplo (DIAS, 2016).

O fechamento de mina pressupõe uma negociação envolvendo Poder Público, minerador e sociedade, principalmente a comunidade atingida pela mineração, a qual deve ser implementada com base nos fundamentos e conhecimentos técnicos científicos e conceitos de desenvolvimento sustentável (SOUZA, 2002). O plano de fechamento deve contemplar todos os aspectos, partindo da recuperação de áreas degradadas, até a sua integração à economia local. Os procedimentos de recuperação devem ser desenvolvidos desde a fase inicial de operações, até o fim do plano de fechamento.

Segundo SÁNCHEZ (2013), os principais impactos socioeconômicos mais frequentemente vistos no fechamento de uma mina são:

- Perda de arrecadação tributária, principalmente municipal.
- Perda de empregos.
- Redução da atividade econômica local.
- Redução da qualidade e alcance dos serviços públicos.
- Perda da qualidade de vida da população em geral.

A magnitude e significância destes impactos vão depender da importância econômica do empreendimento, e do impacto do mineral no contexto regional. O fechamento de uma pequena mineração em um município grande, com atividade econômica diversificada, pode ter um impacto socioeconômico muito baixo, porém, o fechamento de uma grande mineração em uma cidade pequena pode causar impactos muito elevados (SÁNCHEZ, 2013).

O futuro das áreas impactadas pela mineração, bem como suas áreas de influência deve ser pensado de modo sustentável. O planejamento de fechamento adequado pode proteger acionistas, governos, fornecedores, comunidades locais e gerações futuras, dos impactos socioeconômicos deste fechamento, bem como reduzir os passivos ambientais, podendo resultar em aspectos positivos para a região onde a extração está inserida (FERNANDES, 2007). A incorporação da questão social, além da ambiental, é importante no processo de fechamento, até mesmo o redimensionamento da questão ambiental, para uma concepção mais atual, de desenvolvimento sustentável (VILLAS BOAS e BARRETO, 2000). É necessário que o planejamento seja efetivo desde a implantação do projeto, pois assim, quando ocorrer o fechamento, os impactos tanto sociais como ambientais serão minimizados, possibilitando enquadrar a atividade no conceito de desenvolvimento sustentável (DIAS, 2002). É importante observar que sustentabilidade não deve estar relacionado com uma expressão simplesmente emotiva e oportunista, o conceito deve estar relacionado com uma obrigação a preservar a capacidade produtiva em um futuro incerto, mostrando que isso só é possível caso todos os recursos não renováveis fossem substituídos por um produto distinto.

O fechamento em áreas remotas acarreta problemas sociais mais graves e de soluções mais complexas que em áreas metropolitanas, devido à maior valorização de áreas urbanas, proporcionando uma reabilitação facilitada, muitas vezes, gerando lucros. É importante que os empreendedores tenham conhecimento da necessidade de provisão financeira no fim da exploração, já que muitas áreas estudadas mostram inviabilidade, porém geram passivos relativos ao processo de pesquisa (DIAS, 2016).

Em um planejamento de fechamento de mina, existem quatro objetivos chave a serem considerados:

- Proteger a segurança e saúde pública;
- Minimizar ou eliminar impactos ambientais;
- Obter uma terra produtiva, ou devolvê-la a condições próximas a situação prévia da mineração;
- Garantir, na medida do possível, os benefícios econômicos e sociais provenientes da mineração.

Brandt (1998) ainda cita mais aspectos que devem ser considerados:

- Identificar possíveis usos futuros para a área;
- Garantir a inserção da área, depois de estabilizada, ao contexto regional;
- Desenvolver procedimentos e alternativas tecnológicas para a desativação da mina a partir de usos futuros;

- Avaliar os impactos e riscos de cada alternativa;
- Estabelecer programa para o fechamento.

Segundo o Ministério de Minas e Energia (2006), plano de desativação deve contemplar toda vida útil e gestão ambiental da mineração, onde algumas boas práticas devem ser seguidas, como:

- Reduzir a geração de estéril;
- Recuperar e revegetar progressivamente;
- Garantir o uso da terra pós mineração;
- Garantir a minimização de impactos negativos à saúde das comunidades locais;
- Garantir que as comunidades próximas à mineração não tenham impactos econômico elevado;
- Distribuir os custos de recuperação ao longo da vida útil da mina.

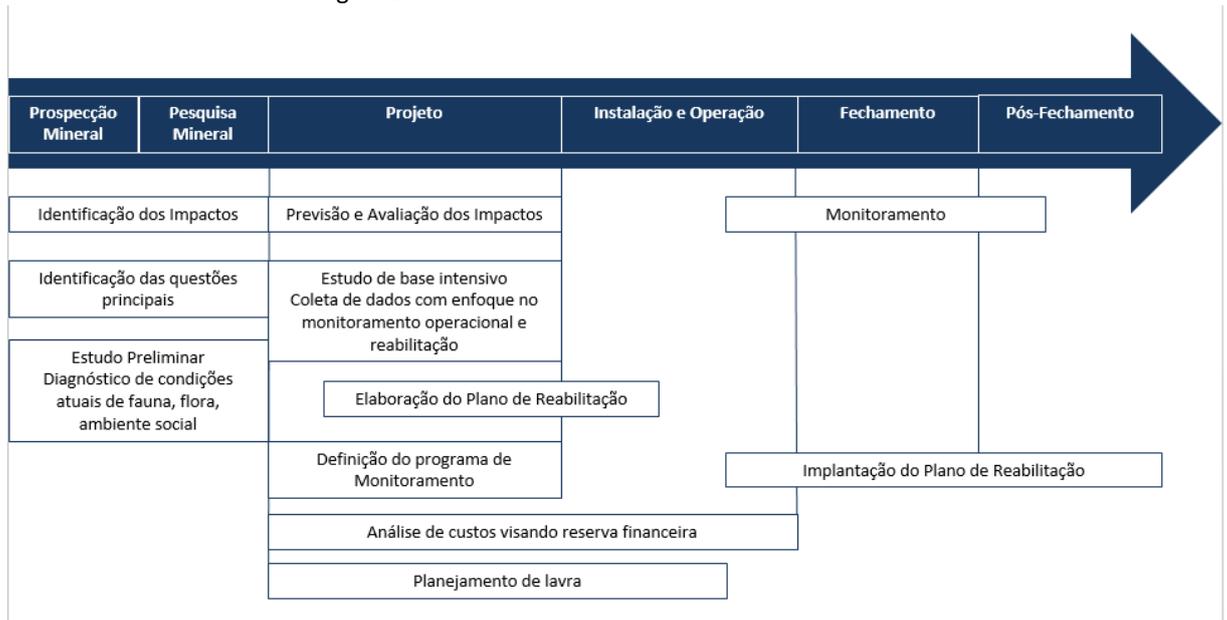
É conveniente agrupar os principais impactos provenientes resultantes da mineração, que podem afetar o plano de fechamento, em quatro grupos.

- Estabilidade física: Taludes, encostas e construções devem ser estáveis, a fim de se evitar perigos à saúde e segurança da população.
- Estabilidade geoquímica: minerais e outros contaminantes devem ser estáveis e/ou neutralizados.
- Uso da terra: o local de extração, desativado deve ser reabilitado para condições pré-mineração ou condições compatíveis com as terras vizinhas, ou ainda, ser uma terra economicamente ativa, que pode gerar receita.
- Desenvolvimento sustentável: elementos da mineração que contribuíram para impactar positivamente a sociedade e a economia devem ser mantidos mesmo após a desativação da mesma.

É evidente que a avaliação destes tipos de impactos e requisitos de encerramento deve levar em conta componentes do local, bem como a região e deve selecionar medidas e alocar recursos para abordar as principais questões destes impactos. A fim de minimizar os vários impactos, riscos e responsabilidades, é necessário antecipar, tão cedo quanto possível riscos futuros, e planejar sua eliminação ou minimização. Um fechamento de mina bem-sucedido depende da conquista dos objetivos de fechamento, alinhados com os requisitos da empresa, dos órgãos fiscalizadores e da comunidade, para que percebam os benefícios que continuarão a existir mesmo sem contribuição da empresa (IBRAM, 2013).

A figura 2 mostra um fluxograma do planejamento do fechamento de mina no ciclo de vida do empreendimento.

Figura 2 Ciclo de Vida e Fechamento de Minas



Fonte: Elaborado pelo Autor

Alguns casos de sucesso podem ser citados, como exemplos de fechamentos de minas, com devolução da área para a comunidade, como:

- Ópera de Arame, localizada em Curitiba/PR, foi construída na antiga cava de uma pedreira desativada, Pedreira Gava, a Ópera está integrada à paisagem por meio dos blocos de fundação apoiados diretamente na rocha.
- Mina de Águas Claras, localizada em Nova Lima/MG, uma mina explorada por quase 30 anos, desativada desde 2002, onde a proprietária é empreendedora de um projeto imobiliário, com a utilização de 194 hectares para a formação do bairro.
- Mina do Recreio, Localizada em Minas do Leão/RS, é um projeto resultante do aproveitamento a condição gerada pela extração de carvão a céu aberto, e da hidrogeologia adequada, para a implantação de um aterro sanitário.
- Mina de Argila em Cordeirópolis/SP, apesar de não ter sido planejada, após a exaustão da mina, ocorreu o acúmulo de água, que foi utilizada para abastecimento de água da população em tempos de seca, como medida emergencial, em 2014.
- Intercontinental Shimao, está em construção nos arredores de Shangai, utilizando uma face de uma antiga mineração. O hotel de luxo terá 19 andares, sendo 2 deles subterrâneos. Haverá piscina e aquário, o projeto prevê investimentos de cerca de 420 milhões de dólares.

2.5.2. Aspectos Legais no Fechamento de Minas

Durante séculos, as empresas mineradoras simplesmente abandonavam as minerações, após a sua exaustão, sem nenhum planejamento para fechamento. No Brasil, a partir da década de 70 e 80 que se iniciou a obrigatoriedade de recuperar ambientes degradados pela mineração,

segundo a Lei nº 6.938/81 da Constituição Federal, que tornaram obrigatórios o Estudo e o Relatório de Impacto Ambiental – EIA/RIMA.

Temas sobre fechamento de mina ainda são recentes no Brasil, os mesmos vêm se materializando aos poucos no ordenamento jurídico nacional, a partir do advento da Constituição Federal de 1988 (SOUZA, 2002). O artigo 19 da Lei nº 7.805/89 responsabiliza o minerador pela reparação dos danos ambientais causados pela atividade de mineração, podendo acarretar em sanções penais e administrativas. A NBR 13.030/99, oferece subsídios técnicos quanto à elaboração e apresentação de projetos de reabilitação e recuperação de áreas degradadas pela mineração.

O Art. 225 da Constituição Federal cita: “Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei.”Mostrando que a legislação federal é clara quando responsabilizar o empreendedor pela recuperação ambiental em empreendimentos minerários. O § 3 deste artigo ainda estabelece responsabilidades jurídicas (penal, administrativa e civil) aos infratores que realizam atividades que geram impactos ao meio ambiente.

O Art. 55 da Lei nº 9.605/98 estabelece sanções como multa e detenção à quem realizar qualquer atividade de lavra, pesquisa ou extração de recursos minerais sem autorização, como segue: “Executar pesquisa, lavra ou extração de recursos minerais sem a competente autorização, permissão, concessão ou licença, ou em desacordo com a obtida: Pena – detenção de seis meses a um ano, e multa”, ainda, há um parágrafo que cita as mesmas sanções a quem deixar de recuperar a área pesquisada ou explorada.

O DNPM é bastante claro no quesito de fechamento de minas, principalmente em suas NRMs 20 e 21. A NRM 20 define : “Para efeito desta Norma o termo fechamento de mina designa a cessação definitiva das operações mineiras.” Onde, é necessário que se tenha um requerimento justificativo, contendo instrumentos comprobatórios onde conste:

- a) relatório dos trabalhos efetuados;
- b) caracterização das reservas remanescentes;
- c) plano de desmobilização das instalações e equipamentos que compõem a infra-estrutura do empreendimento mineiro indicando o destino a ser dado aos mesmos;
- d) atualização de todos os levantamentos topográficos da mina;
- e) planta da mina na qual conste as áreas lavradas recuperadas, áreas impactadas recuperadas e por recuperar, áreas de disposição do solo orgânico, estéril, minérios e rejeitos, sistemas de disposição, vias de acesso e outras obras civis;
- f) programa de acompanhamento e monitoramento relativo a:
 - I- sistemas de disposição e de contenção;
 - II- taludes em geral;
 - III- comportamento do lençol freático e
 - IV- drenagem das águas;
- g) plano de controle da poluição do solo, atmosfera e recursos hídricos, com caracterização de parâmetros controladores;

- h) plano de controle de lançamento de efluentes com caracterização de parâmetros controladores;
- i) medidas para impedir o acesso à mina de pessoas estranhas e interditar com barreiras os acessos às áreas perigosas;
- j) definição dos impactos ambientais nas áreas de influência do empreendimento levando em consideração os meios físico, biótico e antrópico;
- l) aptidão e intenção de uso futuro da área;
- m) conformação topográfica e paisagística levando em consideração aspectos sobre a estabilidade, controle de erosões e drenagens;
- n) relatório das condições de saúde ocupacional dos trabalhadores durante a vida útil do empreendimento mineiro e
- o) cronograma físico e financeiro das atividades propostas.

Esta mesma norma ainda exige que o plano de fechamento deve ser atualizado periodicamente e ficar disponível na mina para fiscalização, quando necessário. Item que na prática dificilmente acontece, onde o plano de fechamento normalmente é apenas conceitual e não é mais atualizado.

Já a NRM 21, trata da reabilitação de áreas mineradas, e exige que no projeto de reabilitação de áreas degradadas, conste no mínimo alguns itens como: identificação e análise dos impactos ambientais sobre os meios físicos, bióticos e antrópicos, aspectos de conformação paisagística, olanta topográfica, aptidão e uso futuro da área e cronograma físico e financeiro do plano de reabilitação.

A Constituição de 1988, ainda estabelece em seu Art. 20 a Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM), que foi criada para compesar os impactos gerados pela mineração à União, estados e municípios (BRASIL, 2012), onde a arrecadação é dividida entre o município, ficando com a maior parte e o restante entre estado e União, de forma a melhorar a infraestrutura, qualidade ambiental, saúde e educação. (NERY, 2009).

Segundo Tonidandel (2012), os aspectos legais relacionados ao fechamento de minas em Minas Gerais seguem diretrizes do Ministério de Minas e Energia, e Ministério do Meio Ambiente, onde:

Ministério de Minas e Energia

- **DNPM:** Órgão Federal responsável pela regulação do setor mineral no país
- **Portaria 237:** Estabelece 22 normas regulamentadoras da mineração
- **NRM 20:** Regulamenta objetivos, aspectos gerais, suspensão das operações mineiras, fechamento de mina, renúncia ao título de concessão e retomada das operações mineiras.
- **NRM 21:** Reabilitação de áreas pesquisadas, mineradas e impactadas – Regulamenta objetivos e aspectos gerais.

Ministério do Meio Ambiente

- **IBAMA:** Instituto Brasileiro de Meio Ambiente: responsável pelo licenciamento ambiental e a fiscalização dos empreendimentos minerais
- Agências Estaduais de regulação ambiental, – no caso de MG, Sisema, que integra FEAM, IGAM, IEF e SUPRAM's.
- **DN COPAM 127/2008:** que estabelece diretrizes e procedimentos na fase de fechamento de mina.
 - garantir que após o fechamento da mina os Impactos ambientais, sociais e econômicos sejam mitigados;
 - manter a área após o fechamento da mina em condições seguras e estáveis, com a aplicação das melhores técnicas de controle e monitoramento;
 - proporcionar à área impactada pela atividade minerária um uso futuro que respeite os aspectos sócio-ambientais e econômicos da área de influência do empreendimento.

Nota-se que a existe uma legislação vigente definida para o fechamento de minas e impactos ambientais, porém em muitos itens, a legislação é superficial, não especificando diretamente procedimentos e aspectos a serem adotados para descomissionamento e fechamento de empreendimentos mineiros (TONIDANDEL, 2012). Sendo assim, Poveda (2007) afirma que a legislação não garante a defesa do meio ambiente, mas a existência dela é importante suporte para a condução dessa defesa.

2.6. Análise Econômica

Segundo Bruni (1998), a avaliação de projetos de investimentos, envolve um conjunto de técnicas que tem como objetivo, o estabelecimento de indicadores para sua viabilidade. Os principais indicadores econômicos são o *Payback* (tempo de retorno no investimento inicial), TIR (taxa interna de retorno) e VPL (valor presente líquido). Para o contexto de mineração, avaliação abrange um significado mais amplo que apenas a determinação de valores numéricos, mas engloba a viabilidade econômica, a oportunidade de investimentos, estimativas de reservas, receitas, custos, retornos esperados, riscos associados e impactos sociais, para cada projeto, devido às peculiaridades de cada sítio mineiro.

Para cada empreendimento, recomenda-se que sejam executadas avaliações de diferentes cenários, onde a variação de parâmetros está associada à sua respectiva probabilidade de ocorrência. Este processo ainda é mais peculiar para mineração, onde há rigidez locacional, e vida útil limitada (LUZ, 2009). Os investidores e a comunidade devem ser alertados dos riscos econômicos e ambientais que estarão sujeitos assumindo a implantação de um empreendimento mineiro (PETTER, s.d).

Segundo Luz (2009), os processos de planejamento e tomada de decisão devem ser apoiados em análise de dois fatores; os estruturais, que compreendem assuntos técnico-operacionais gerenciais e econômicos; e os sistêmicos, que são os legais, institucionais, ambientais, de infraestrutura, fiscais e financeiros, de modo que estabeleçam ações que

assegurem a competitividade e a sustentabilidade dos empreendimentos. Para o setor mineral, deve-se entendê-lo como um processo de suprimento, onde recursos geológicos são convertidos em produtos de interesse da sociedade.

Um projeto conceitual de produção de agregados requer a definição de vários parâmetros. Os principais são: definição de reservas; localização da planta de beneficiamento; ensaios de caracterização da rocha; licenças ambientais e definição de escala de produção (LUZ, 2009).

Outro custo que não pode ser descartado é o ambiental, sendo este custo definido por “a antecipação, medida em termos monetários, incorrida ou potencialmente a incorrer, para atingir os objetivos de avaliar, reabilitar e recuperar uma área degradada por um empreendimento mineral, ou mantê-la em condições ambientais aceitáveis, através das ações de proteção, monitoramento e prevenção” (Taveira, 1997). Os custos ambientais devem ser considerados desde a etapa de implantação. Fatores como localização, método de lavra e beneficiamento podem afetar e serem determinantes na definição dos custos ambientais. Áreas próximas de centros urbanos e áreas de proteção tendem a terem valores mais elevados, por exemplo.

Segundo Luz (2009), a avaliação econômica de um empreendimento mineiro deve seguir diretrizes para fundamentar o modelo de decisão:

- Aproveitamento integral do depósito;
- Teor econômico e relação estéril – minério;
- Características de acordo com mercado consumidor;
- Integração do empreendimento à estrutura social e econômica da região;
- Contribuição para desenvolvimento regional;
- Rentabilidade adequada à atração de capitais;
- Conciliação do empreendimento com uso e ocupação do solo e meio ambiente.

O estudo de mercado na definição de projeto é crucial, informações como quem vai comprar o produto, a quantidade, o preço e concorrentes são necessárias para a definição deste estudo, erros nestas informações são causas freqüentes de fracasso dos projetos (FERREIRA, 2010).

Segundo Ferreira e Andrade (2010), os principais itens a serem analisados em um estudo de mercado são:

- Características requeridas pelos consumidores;
- Análise de oferta dos produtos;
- Demanda reprimida, devido à inexistência de matéria prima ou disponibilidade insuficiente;
- Influência do local onde se encontra a jazida, pela sua posição, recursos, infraestrutura e transporte;
- Influência política governamental e legislação;
- Meios de transporte.

Este estudo deve mostrar a aceitação dos produtos no mercado, considerando a sua qualidade, e caso seja possível, possuir acordos prévios de compra dos produtos, eliminando assim, uma boa parte da incerteza do projeto (FERREIRA, 2010).

Segundo Ferreira e Andrade (2010), os investimentos e avaliação dos custos de mineração se limitam pela vida útil da mina, visto que após a exploração de todo minério existente, é necessário que seja feito o fechamento da mina, portanto durante a vida útil do projeto, o investidor deve resgatar todo o capital investido com acréscimo de uma remuneração compatível com a natureza do empreendimento.

Os principais itens a serem avaliados são:

- Vida útil da mina, baseado nos estudos realizados previamente;
- Custos iniciais de investimento, com infraestrutura e equipamentos (CAPEX);
- Custos de produção, operação, despesas de administração e beneficiamento (OPEX);
- Condições de financiamentos;
- Taxa de retorno aceitável para o capital investido e mais uma compensação.

Os custos iniciais de investimento (CAPEX) são definidos após o estabelecimento de produção anual, tecnologia a ser utilizada na lavra e beneficiamento, e anteprojeto de instalações. Serão baseados em custos de estudos técnicos, compra, transporte e instalação de equipamentos de mineração, instalações gerais como oficinas e escritórios, bem como os custos de substituição de equipamentos e compra de novos equipamentos para aumento de produção, ao longo da vida útil da mina (FERREIRA, 2010).

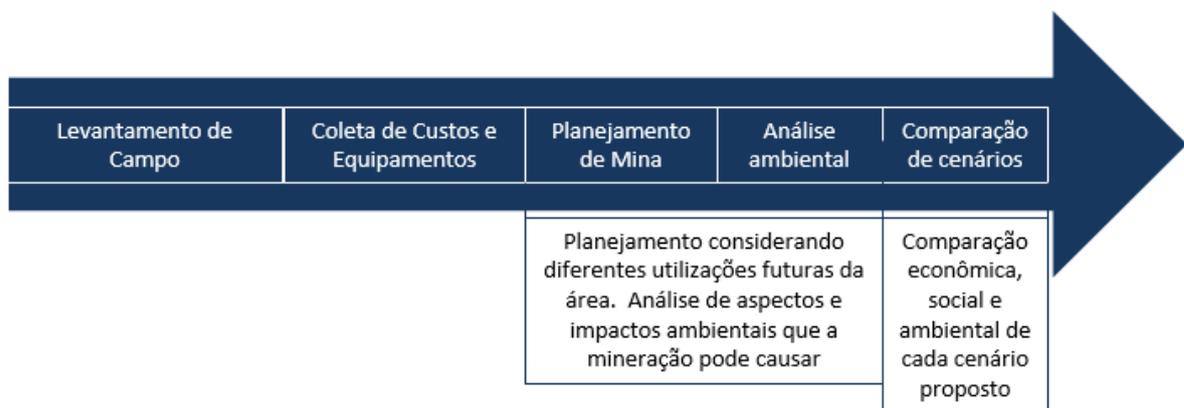
Os custos operacionais (OPEX) serão relacionados aos salários de pessoal tanto de engenharia, como de administração, material consumido, energia elétrica, os custos de extração, transporte e carregamento do minério, manutenção dos equipamentos e combustível (FERREIRA, 2010). Com base nestes valores é possível estimar o valor de custo, e conseqüentemente balizar o preço de venda com certa margem de lucro para o investidor.

Com a utilização de valores de CAPEX, OPEX e receitas, é possível que o fluxo de caixa seja realizado, procedendo-se a uma avaliação econômica do empreendimento. O fluxo de caixa normalmente é feito em um determinado período de tempo, o qual pode ter valores positivos e negativos, dependendo do período de tempo analisado. Normalmente os períodos iniciais do projeto apresentam fluxos negativos, devido a altos investimentos, o mesmo pode ocorrer em fases de expansão, substituição de equipamentos e instalação de medidas de controle ambiental e fechamento de mina.

3. Capítulo 3 - Metodologia

Com objetivo de estabelecer uma metodologia para a análise da unidade de extração de agregados, bem como a influência de condicionantes ambientais e de fechamento e reutilização da área, um fluxograma foi definido com as principais atividades realizadas, de acordo com a ordem de execução. A figura 3 representa como foi organizado o método de trabalho.

Figura 3 Estrutura da Metodologia Utilizada

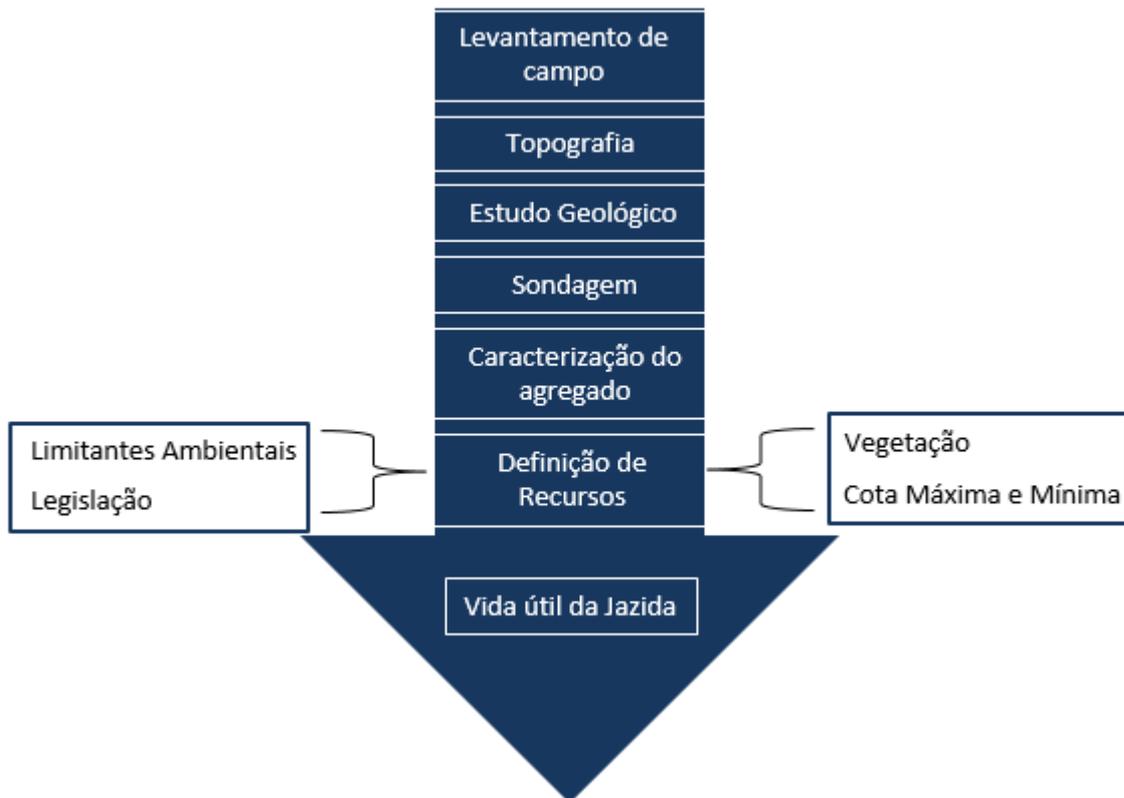


Fonte: Elaborado pelo Autor

3.1. Levantamento de Campo

O levantamento de campo realizado consistiu na coleta de dados iniciais para um pré-projeto de mineração. Este levantamento consistiu na caracterização do meio físico, considerando aspectos geológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos, localização, topografia. Também consistiu em levantamento preliminar de flora e legislação minerária local. O fluxograma ilustrado na figura 4 demonstra a estratégia utilizada para coleta destes dados.

Figura 4 Fluxograma de Coleta de Dados de Levantamento de Campo



Fonte: Elaborado pelo Autor

O levantamento topográfico foi realizado utilizando medições angulares, lineares, de desníveis e coleta de coordenadas obtidos por equipamentos de alta precisão como estação total e GPS geodésico. Cálculos utilizando os dados coletados foram realizados visando determinar o perímetro, desníveis e georreferenciar a área, realizando também a correção das coordenadas coletadas pelos equipamentos utilizando como referência, marcos geodésicos conhecidos.

Conhecer a área é essencial para melhor entendimento das principais características locais. Dados como geologia e hidrologia onde o depósito se localiza fornecem dados essenciais para os trabalhos futuros de planejamento e extração de minério. Com a definição destes parâmetros iniciais parte-se para a sondagem, basicamente o método utilizado para perfuração foi roto percussivo, quando a mineração já estava em andamento, assim analisou-se o pó de furação do desmonte de rochas e velocidade de avanço da haste na rocha assim tendo uma base da qualidade da rocha.

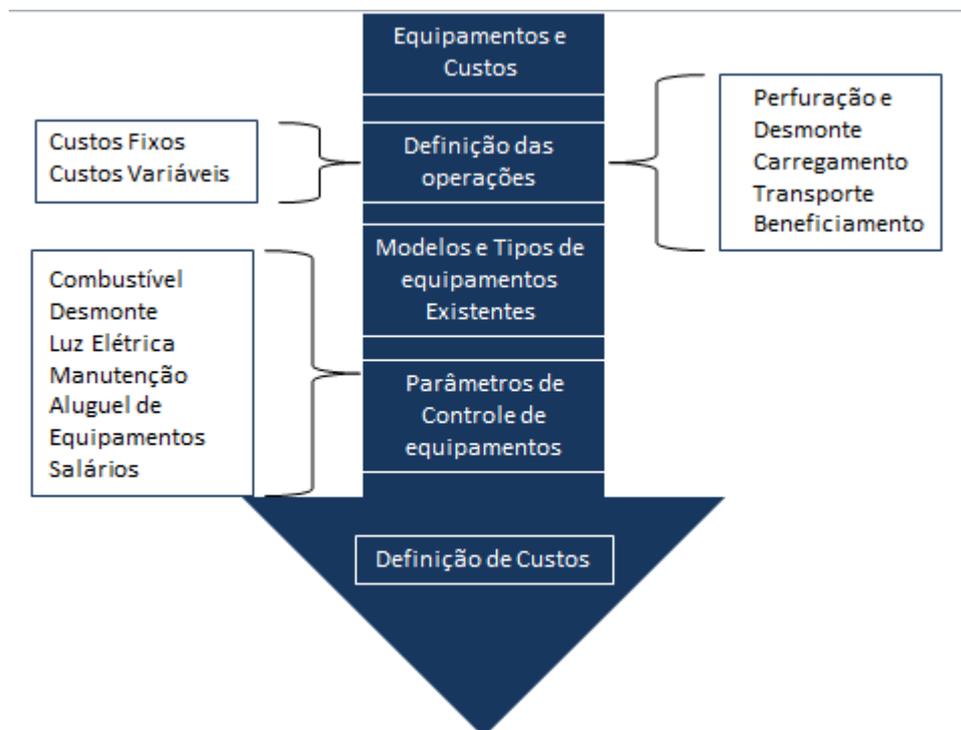
Baseado nos dados coletados iniciou-se o cálculo de cubagem e avaliação de reservas existentes. A primeira etapa foi a definição da espessura de material estéril e matéria orgânica a ser retirada, até que se chegue ao minério. Definiram-se o topo e base do corpo rochoso, bem como seus limites horizontais de extração e cotas operacionais. Como limites da jazida utilizou-se a poligonal do DNPM, onde definiram-se fatores limitantes que impedem o avanço de lavra, como vegetação nativa, presença de APPs (área de preservação permanente), barreiras naturais ou artificiais e condições socioambientais proibitivas que impediriam o desenvolvimento de lavra em cada um destes pontos. Então o cálculo de cubagem foi feito utilizando a extensão horizontal e

vertical do depósito mineral, excluindo-se as áreas impeditivas previamente citadas. A partir disso definiu-se uma produção anual desejada, tem-se uma ideia da vida útil da jazida, partiu-se para o planejamento mineiro e análise de equipamentos.

3.2. Coleta de Dados de Custos de Equipamentos e Serviços

Após a coleta de todos os dados de campo necessários parte-se para a aquisição de informações sobre os equipamentos necessários para realização da lavra na pedreira e custos atrelados à extração e beneficiamento. Baseado nos equipamentos utilizados criam-se planilhas para controle dos custos, coletando-se assim, dados como consumo de diesel, produção, e custos de manutenção. Também são coletados dados relativos à administração, impostos e salários de funcionários, tendo assim uma visão geral do custo de produção do produto final. A figura 5 mostra o fluxograma de coleta de dados dos equipamentos.

Figura 5 Fluxograma de Coleta de Dados de Equipamentos



Fonte: Elaborado pelo Autor

O princípio fundamental na seleção de equipamentos é garantir de que a mineração esteja provida de recursos e seja capaz de fornecer minérios com o menor custo possível, alimentando assim a usina de beneficiamento de minério de forma contínua. Primeiramente, definem-se os métodos que serão utilizados para realização das operações unitárias na lavra, como desmonte, transporte e carregamento. Após a definição destas operações parte-se para a seleção e dimensionamento de equipamentos, também se deve considerar a opção de terceirizar uma parte, ou até toda a operação de lavra.

Os equipamentos e operações de lavra são controlados baseados no seu valor monetário sobre toneladas produzidas, sendo assim possível compor o custo unitário de lavra. Os dados coletados para realização deste controle nas diferentes operações são:

- Desmonte: Custo por m³ desmontado
- Carregamento: Consumo de diesel
- Transporte: Consumo de diesel e número de viagens

Informações sobre os equipamentos utilizados no beneficiamento de minério devem ser coletadas, a fim de que seja possível estabelecer os investimentos necessários para aquisição, construção de benfeitorias e demais obras, e também definir número de operadores necessários para que a mineração esteja em produção. Custos ambientais e de fechamento de mina não podem ser dispensados, pois são valores que podem ter um impacto elevado no fim da vida útil da mina, opções como valor mensal ambiental, ou investimento final total devem ser analisados.

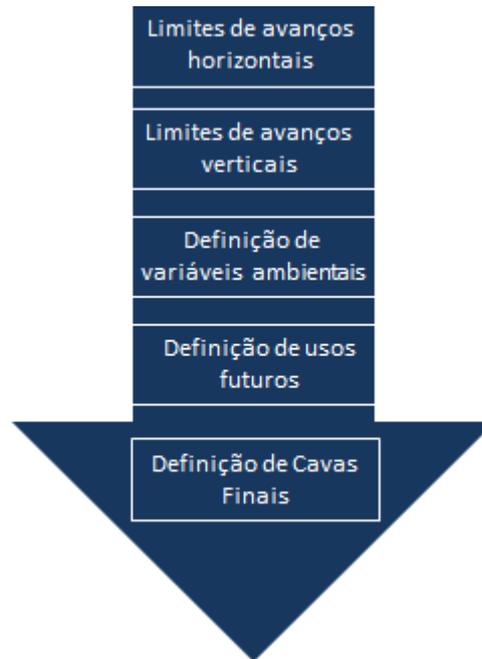
Existem diferentes maneiras de definir como os custos serão controlados na mineração. Principalmente em minerações de pequeno porte, esta etapa pode ser um grande desafio, devido à falta e dificuldade de controle de custos, onde os mesmos equipamentos são utilizados em várias etapas da lavra. Dados de custos variáveis em relação ao minério produzido como consumo de diesel dos equipamentos, custos de terceirização do desmonte de rochas, energia, manutenção e aluguel de equipamentos devem ser coletados diariamente. Os custos fixos também devem ser definidos, os quais não dependem da taxa de produção do minério. Esses custos são compostos por salários, custos de terceiros (prestadores de serviços), administrativos (telefone, custos de escritório, segurança) e retiradas de *pró labore* dos sócios.

3.3. Planejamento de Mina

O planejamento de lavra é baseado inicialmente em dados já definidos, como os limites do corpo mineral, que são gerados através da interpretação geológica. A partir destes dados se desenvolve o planejamento, que vai desde a fase inicial de pré-extração, até o fim da vida útil da cava, onde se deve buscar o maior aproveitamento econômico, redução de custos e menor impacto ambiental. Para um planejamento adequado, usualmente utilizam-se *softwares*, um destes *softwares* é o AutoCAD, que apesar de não ser específico para mineração, é utilizado principalmente por consultorias em mineração, e empreendimentos de pequeno porte, onde se tem uma maior simplicidade para desenho das cavas, fornecendo um resultado satisfatório com um custo de aquisição reduzido, em relação a outros *softwares* especializados em planejamento mineiro.

A figura 6 demonstra as principais etapas realizadas no processo de planejamento das cavas.

Figura 6 Etapas e Premissas do Planejamento Mineiro para Pequenos Empreendimentos de Agregados



Fonte: Elaborado pelo Autor

O planejamento de longo prazo visa definir uma cava final onde se obtenha o maior retorno financeiro, cumprindo com todas as condicionantes ambientais e legais. Propostas de uso futuro da área já devem ser consideradas nesta etapa, pois cada uso futuro analisado vai requerer geometrias e dimensões de bancadas e taludes distintos. Existem diversas maneiras de se projetar cavas para um mesmo depósito, mostrando que cenários diversos tenham que ser estudados a fim de se garantir o melhor retorno financeiro para o empreendimento.

Após a definição da cota máxima e mínima do projeto, determinação dos limites horizontais da área a ser minerada dentro da poligonal do DNPM, estudam-se as condicionantes ambientais que podem interferir com o processo de extração. Etapas como supressão vegetal, drenagem de águas, construção de bacias de drenagem podem modificar consideravelmente o projeto. As bermas e inclinação de face dos taludes são definidas de acordo com a estabilidade do maciço e cumprindo as exigências do órgão ambiental, a dimensão dos equipamentos que serão utilizados também é levada em conta neste dimensionamento. Como se tratam tipicamente de lavra em encosta, as rampas e acessos para a área de lavra são traçados na periferia da escavação, onde permitindo acessos para as bancadas, e dando permanência durante toda vida útil da mineração.

Outra ressalva que deve ser realizada é que, como os projetos de mineração normalmente tem ciclo de vida elevado, leis e normas podem ser criadas e modificadas, sendo mais ou menos restritivas em relação ao uso do solo e recuperação ambiental, fazendo com que o projeto inicial tenha que ser readequado ao longo do tempo de vida útil da mineração.

O plano de mina foi realizado considerando impactos de longo prazo, tanto físicos como biológicos e socioambientais na esfera de uso da área. Controles operacionais são fixados e

realizados durante a operação a fim de minimizar os impactos, então planos de fechamento alternativos são desenvolvidos a fim de garantir que as medidas de fechamento sejam possíveis de serem executadas, caso estas medidas não sejam possíveis, um plano de fechamento e desenvolvimento da mina diferente deve ser realizado.

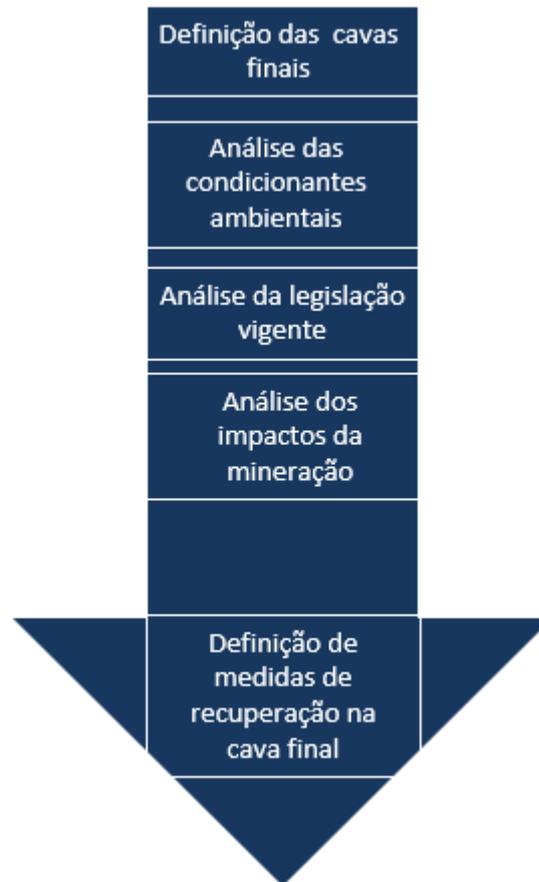
Cada plano de desenvolvimento e fechamento de mina compreende projetos e especificações que definem como serão construídos e operacionalizados. O projeto é realizado a fim de satisfazer critérios operacionais e critérios técnicos definidos por órgãos reguladores. Os planejamentos são reavaliados de acordo com o desenvolvimento da mina, com as condições encontradas durante a operação, desenvolvimento de novas tecnologias, e mudança de normas regulamentadoras, podendo assim modificar o plano de fechamento de mina e uso futuro, sendo necessárias adaptações nas opções existentes.

Diferentes usos para a área, após o fechamento da mineração são propostos, considerando fatores como: máxima extração mineral, impacto socioambiental, maior retorno para a comunidade, fechamento emergencial e peculiaridades locais, como a existência de vizinhança, acesso a pontos turísticos e belas paisagens. Cada cenário possui diferentes impactos e recuperação mineral, conseqüentemente, gerando diferentes retornos financeiros. As cavas finais são então definidas, possuindo diferentes alturas de bancadas, ângulos de taludes, cotas mínimas.

3.4. Análise Ambiental Integrada

A análise ambiental é de suma importância no planejamento mineiro, visto que impeditivos ambientais podem até mesmo inviabilizar um empreendimento mineiro. Onde cada passivo ambiental gera um custo associado que deve ser mensurado e adicionado ao custo de lavra. A figura 7 demonstra como é feita a análise ambiental nos diferentes cenários.

Figura 7 Etapas da Análise Ambiental



Fonte: Elaborado pelo Autor

Primeiramente definem-se os principais impactos que a mineração de agregados pode causar no meio ambiente, onde se considera supressão vegetal, drenagem de águas e impactos visuais, por exemplo, estes são detectados e quantificados e são identificadas as medidas de recuperação em cada uma das situações. Ações como plantio de árvores e revegetação, instalação de sistemas e dispositivos de drenagem e disposição de bancadas e bermas são exemplos de ações.

A análise ambiental é dividida em três principais seções, onde a primeira é baseada na identificação dos principais aspectos e impactos do empreendimento, citando uma lista dos impactos e relacionando com a fase da mineração, na segunda fase, estimou-se a magnitude e intensidade dos impactos previamente citados, e na última etapa, uma interpretação da importância dos impactos é realizada.

Nota-se que a análise ambiental deve ser feita caso a caso, e ainda deve-se considerar que as leis e normas são variáveis ao longo do tempo, portando esta análise deve ser feita de tempos em tempos, principalmente fazer a revalidação durante as operações de renovação de licenças ambientais, sendo assim possível estar sempre atendendo as normas ambientais exigidas.

3.4.1. Identificação e Descrição dos Impactos Ambientais

A identificação e descrição de impactos ambientais compreende a primeira etapa na análise destes dados, resultando em uma relação de impactos prováveis, que serão analisados em relação à magnitude e importância. A identificação dos impactos é baseada no conhecimento de suas fontes geradoras, e em qual etapa do ciclo de vida ocorrem, no caso sendo operação e desativação.

Para a identificação dos impactos, segue-se uma linha em que além da análise de impactos decorrentes do empreendimento, identificam-se também os aspectos ambientais, onde são correlacionados com as principais atividades minerárias para então nomear os impactos relativos a cada aspecto ambiental. O conceito de aspecto ambiental é definido pela NBR ISO 14001 como “elemento da atividade, produto ou serviço da organização que pode interagir com o meio ambiente”. O procedimento de identificação é baseado em etapas:

- I. Atividades que podem gerar aspectos ambientais
- II. Identificação dos prováveis aspectos ambientais de cada atividade
- III. Classificação em aspecto significativo ou não
- IV. Identificação de impactos ambientais relacionado a cada aspecto
- V. Identificação dos impactos em baixa, média ou alta importância

A classificação de aspectos significativo ou pouco significativo segue a lógica de que os aspectos significativos têm a capacidade de afetar a saúde ou segurança de pessoas, afetar o meio de vida das pessoas ou afetar meios valorizados do meio ambiente.

3.4.2. Magnitude dos Impactos

A magnitude dos impactos está relacionada ao grau de incidência de um impacto sobre o fator ambiental, em relação ao universo do mesmo. Estes impactos podem ser classificados em de grande, média ou pequena magnitude, devido à intensidade da transformação da situação existente antes do fator ambiental ser impactado. Devido à dificuldade e complexidade, bem como a dinâmica de propagação de impactos ao longo do tempo, a identificação dos mesmos pode se tornar complicada, também deve-se considerar que alguns impactos têm caráter quantitativo e outros somente qualitativo.

A magnitude dos impactos depende ainda dos planos existentes para a região, onde é interessante que sejam conhecidas propostas de projetos e esforços que serão aplicados. Para impactos onde é possível mensurar sua magnitude, o mesmo foi feito com indicadores adequados para cada um deles baseados em seus aspectos correlatos, já para os impactos onde não é possível quantificá-los, foi definida uma regra para cada um deles.

3.4.3. Importância dos Impactos

A importância dos impactos ambientais é relacionada ao grau de influência em relação a um aspecto ambiental e está relacionada com a importância da perda ambiental que pode causar. A importância dos impactos foi analisada baseada no seguinte procedimento:

- I. Conjunto de indicadores que descrevem o impacto
- II. Classificação de cada impacto segundo os atributos
- III. Definição de uma regra de combinação de conjuntos para classificar os impactos
- IV. Aplicação da regra para cada impacto

Os indicadores utilizados para a quantificação dos impactos seguiram de atributos sugeridos na CONAMA 01/86, com adaptações, facilitando assim sua mensuração. Os atributos utilizados são:

- I. Percepção: Impactos positivos ou negativos
- II. Tempo: se impactos são imediatos, ou seja, ocorrem ao mesmo tempo da ação que os gera, impactos de médio e longo prazo
- III. Duração: temporários ou permanentes
- IV. Espaço: abrangência espacial do impacto
- V. Magnitude: intensidade do impacto ambiental: alta, média ou baixa
- VI. Probabilidade de ocorrência: grau de incerteza sobre a ocorrência do impacto
- VII. Reversibilidade: se o impacto é reversível ou não

Com o estudo destes indicadores é possível que se consiga mensurar o grau de importância de cada um dos impactos, em relação ao meio ambiente e comunidade.

A metodologia utilizada para esta avaliação foi baseada no método de Matrizes e Interações, utilizando-se uma adaptação da Matriz de Leopold, elaborada em 1971, projetada para avaliar os impactos associados a implantação de projetos (BECHELLI, 2010). Esta matriz é composta por uma lista de 100 ações humanas com potenciais de causar impactos ambientais, e outra lista com 88 características ambientais (FINUCCI, 2010). É necessário que se estabeleça as interações existentes entre ações e fatores, e posteriormente, definam-se a magnitude e importância de cada impacto.

O aferimento de valores para magnitude é relativamente empírico, e refere-se ao grau de alteração provocado por uma ação em certo fator ambiental, como esta matriz não estabelece princípios de exclusão, e nem se relaciona com fatores segundo seus efeitos finais, o mesmo impacto pode ter diferentes resultados (TOMMASI, 1994). A matriz também peca nos critérios de avaliação de impactos indiretos.

Este método é útil, pois tem compreensão facilitada para o público, inclui a abordagem de fatores sociais, orienta de forma satisfatória para a realização de estudos ambientais e ainda introduz a multidisciplinaridade indispensável nos estudos de avaliação de impactos ambientais (CREMONEZ et al., 2014).

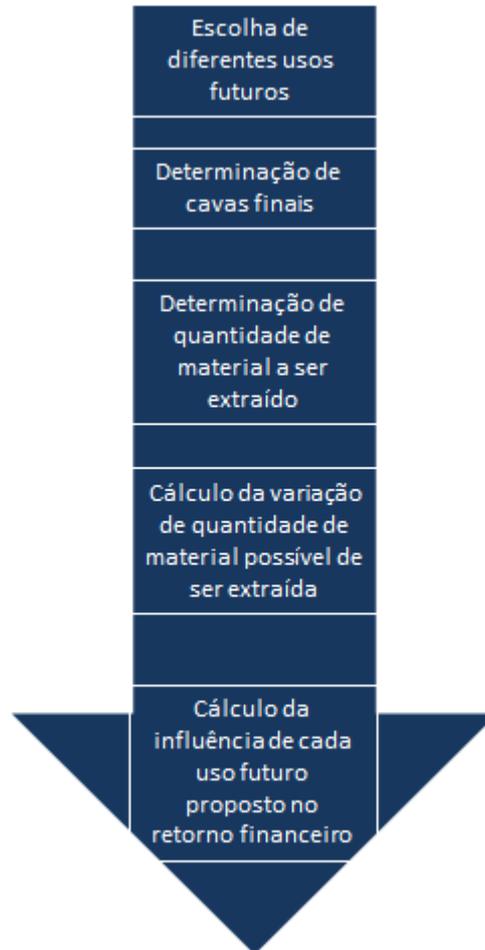
3.5. Análise de Cenários

Após a definição de diferentes parâmetros, e variação dos mesmos, estuda-se a influência que têm na recuperação de material extraído, onde cada cenário proposto tem características próprias que são comparadas entre si.

Nota-se que estudos de caso são mais utilizados para aumentar a compreensão sobre um determinado fenômeno, do que para tentar delimitá-los. O estudo de caso foi utilizado para testar diferentes hipóteses, mostrando assim, diferentes cenários possíveis de se planejar para uma

mesma mineração, também servindo de alternativa em caso de mudanças bruscas não planejadas que possam influenciar negativamente o retorno financeiro do empreendimento. A figura 8 demonstra o fluxograma utilizado para a comparação dos diferentes cenários.

Figura 8 Fluxograma da Comparação de Diferentes Cenários



Fonte: Elaborado pelo Autor

Sendo a última etapa do trabalho, é dependente de todas as outras, onde, após a determinação dos aspectos ambientais, e o planejamento de diferentes cavas sugerindo diferentes usos futuros pós-fechamento. A recuperação mineral é variável em cada cenário, sendo feita a comparação entre eles. Também é feita uma comparação dos possíveis retornos, tanto financeiros, como sócio ambientais que cada uso futuro proposto pode proporcionar.

4. Capítulo 4 - Estudo de Caso de Unidade Produtora de Agregados no Litoral Norte do Rio Grande do Sul

Nessa seção é apresentado o estudo de caso realizado utilizando a metodologia desenvolvida. Foi utilizada uma pedreira localizada na região do Litoral Norte do Rio Grande do Sul, entre as cidades de Osório e Santo Antônio da Patrulha e a coleta de dados ocorreu entre o segundo semestre de 2015 até o primeiro semestre de 2017.

A motivação de incorporação de análises de caráter ambiental ocorreu devido a inconsistências encontradas pelo órgão ambiental responsável durante vistoria, e consequente necessidade de paralização da extração e produção de minério até a regularização. A coleta de dados e posterior análise dos impactos provocados pelas questões e condicionantes ambientais foi o que estruturou a metodologia, podendo auxiliar o empreendedor dos passos subsequentes a serem tomados. A figura 9 mostra uma vista panorâmica da área, a fotografia foi tomada a partir dos bancos superiores da lavra.

Figura 9 Vista Panorâmica do Acesso à Jazida Tomada a partir das Bancadas Superiores da Área Operacional



Fonte: Elaborado pelo Autor

4.1. Levantamento de Campo

O levantamento de campo é a etapa onde os principais dados são coletados a fim de serem estudados em análises posteriores, é onde são realizados os estudos bibliográficos e de campo da geologia, quando é feito o levantamento topográfico e avaliação prévia de vida útil da jazida.

4.1.1. Localização da Jazida

A jazida fica localizada na divisa entre os municípios de Santo Antônio da Patrulha e Osório, no Rio Grande do Sul, a aproximadamente 90 quilômetros de Porto Alegre, em uma área total de

9,57 hectares. Na figura 10 é possível visualizar a localização da jazida em detalhe, em relação a Santo Antônio da Patrulha.

Figura 10 Localização da Jazida de Agregados



Fonte: Google Earth.

4.1.2. Geologia Regional e Local

Geologicamente a área do presente empreendimento está localizada na província do Paraná e também na Província Costeira do RS. A primeira sendo representada pela ocorrência das rochas vulcânicas da Formação Serra Geral. A Formação Serra Geral, é predominantemente de rochas vulcânicas básicas e, por rochas ácidas a intermediárias, que ocorrem restritas à região de planalto, correspondendo aos municípios de Caxias do Sul e São Francisco de Paula. Seus contatos inferiores são as Formações Botucatu e Rosário do Sul. A Província Costeira se encontra na porção sul da bacia e é constituída, principalmente, por depósitos sílticos-argilosos, arenosos e, raramente, conglomeráticos fracamente consolidados ou inconsolidados, constituindo acumulações coluviais, fluviais e eólicas (CPRM, 2007).

Localmente, é definida pelas Fácies de Gramado (K1 beta gr), sendo derrames basálticos granulares finos a médio, contendo horizontes vesiculares preenchidos por zeólitas, carbonatos apofilitas e saponita, possuindo intercalações com os arenitos da Formação Botucatu (CPRM, 2007). Observa-se o contato nítido entre as rochas areníticas da Formação Botucatu e as basálticas da Formação Serra Geral, formando o saibro basáltico. A figura 11 mostra a localização da jazida no mapa geológico do Rio Grande do Sul.

Figura 11 Geologia regional da Jazida



Fonte: Adaptado de Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, folha SH 22, Porto Alegre

O maciço basáltico apresenta-se em elevado grau de alteração condicionada pelo intenso fraturamento que estas rochas exibem em função do rápido resfriamento da lava quando em contato com a superfície. A rocha basáltica apresenta coloração cinza, apresentando estruturas de preenchimento tais como amígdalas e vesículas. Em alguns locais do jazimento há presença de fragmentos de rocha basáltica, os quais sofreram alteração.

Quanto às características hidrográficas locais, o município de Santo Antônio da Patrulha está inserido, de acordo com a Secretaria Estadual de Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul (SEMA, s.d), na Região Hidrográfica do Guaíba, contudo, uma pequena porção no extremo sudeste está inserida na Região Hidrográfica do Litoral. Sendo assim, o município pertence tanto a Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí, quanto do Rio dos Sinos e do Litoral Médio.

A Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí possui área de 2.008,93 km², e tem como principais usos da água o abastecimento público, a diluição de esgotos domésticos e efluentes industriais e a irrigação de lavouras de arroz.

A Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos possui área de 3.680,04 km², tendo como principais tipos de usos da água o abastecimento público, o uso industrial e a irrigação. As áreas mais conservadas encontram-se a montante da bacia. O grande problema encontrado é o despejo de efluentes industriais e principalmente domésticos sem tratamento nos cursos de água no seu trecho médio-baixo. A Bacia Hidrográfica do Litoral Médio com área de 6.108,03 km² é

caracterizada por um sistema de diversas lagoas interligadas, e tem como principal uso da água a irrigação.

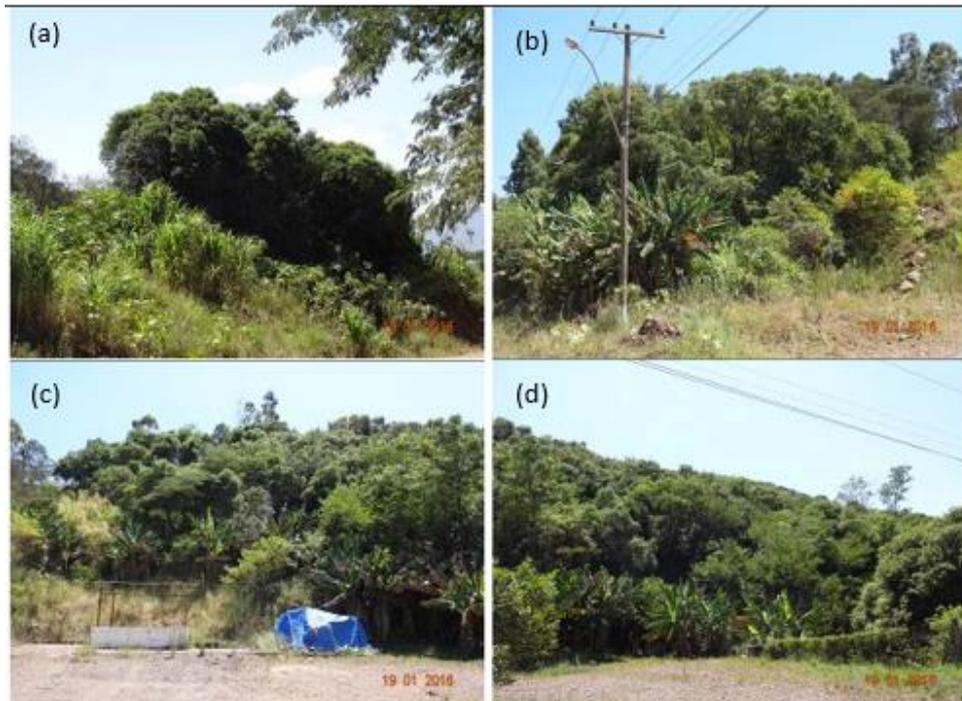
A área de mineração está inserida na Bacia Hidrográfica do Litoral Médio, porém não existe curso hídrico natural em seu interior. O recurso hídrico mais próximo ao empreendimento é a Lagoa dos Barros, a 122 m a Sudoeste.

Geomorfologicamente a região é constituída por unidades do Planalto Meridional e pela Planície de Terras Baixas Costeiras. Onde o Planalto Meridional é constituído por rochas pertencentes à Formação Botucatu, intercaladas com rochas da Formação Serra Geral, o planalto é representado basicamente pela escarpa de falha. Esta escarpa abrupta é representada por vales entalhados, com declividades acentuadas e formas em morros, devido a fatores tectônicos e climáticos. Existem rampas coluviais, que são elementos côncavos e declividades mais suaves (FUJIMOTO, 2005).

A Planície Costeira do Rio Grande do Sul é relacionada a períodos regressivos e transgressivos dos últimos períodos geológicos, esta planície é dividida em Planície Aluvial interna, caracterizada pela presença de colinas e terraços, Barreira das Lombas, constituída de colinas com altitude de aproximadamente 100m, Sistema Lagunar Guaíba- Gravataí, área de terras baixas que evoluiu para lagoas e pântanos, Barreira Múltipla Complexa, sendo uma sucessão de terraços planos, intercalados com depressões, ocupadas por lagoas, lagoas e pântanos e Sistema Lagunar Patos- Mirim, que é formada por terraços, cristas de praias pântanos e pontais arenosos (FUJIMOTO, 2005).

A vegetação nativa existente na área de interesse a ser minerada pode ter influência bastante elevada na recuperação do minério. Onde a área está localizada em uma zona classificada como Floresta Estacional Semidecidual Submontana, localizada no Planalto sul-riograndense e na Depressão Central, em áreas de clima úmido e temperaturas médias mensais inferiores a 15°C durante quatro meses do ano, o que caracteriza a vegetação entre 20% e 50% de árvores caducifólias no conjunto florestal adaptados ao efeito da sazonalidade da estação chuvosa e a outra seca, cujos gêneros dominantes são neotropicais. Localmente a área é caracterizada por espécies arbóreas exóticas, como o eucalipto, acácias, frutíferas, gramíneas e arbustivas. Ocorrem também arbóreas nativas secundárias. Além das arbóreas nativas secundárias, a área do empreendimento conta com locais de plantio de nativas realizados concomitantes à lavra, como medida mitigadora e compensatória executada pela empresa responsável pelo empreendimento. As figuras 12 e 13 mostram exemplos da cobertura vegetal existente na área.

Figura 12 Cobertura Vegetal com Borda de Arbustivas, Aativas e Pioneiras (a) e (b) em Alguns Locais e Arbóreas Nativas Secundárias (c) e (d)



Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 13 Cobertura Vegetal com Arbóreas Exóticas (acácias e eucaliptos)



Fonte: Elaborado pelo Autor

Visto que a mineração teve de ser paralisada devido ao auto de fiscalização ambiental, seguiu-se a legislação vigente, formulários e informações exigidas pelos órgãos ambientais competentes para que as etapas e planejamento e manejo ambiental fossem corretamente seguidos. Situações como supressão de vegetação nativa ou não, e diferentes cotas mínimas

foram estudados e propostos, podendo assim calcular a quantidade de material a ser extraído, mesmo que outros limitantes ambientais fossem propostos, como perda da autorização de supressão de vegetação, ou de rebaixamento do nível do terreno.

4.1.3. Topografia

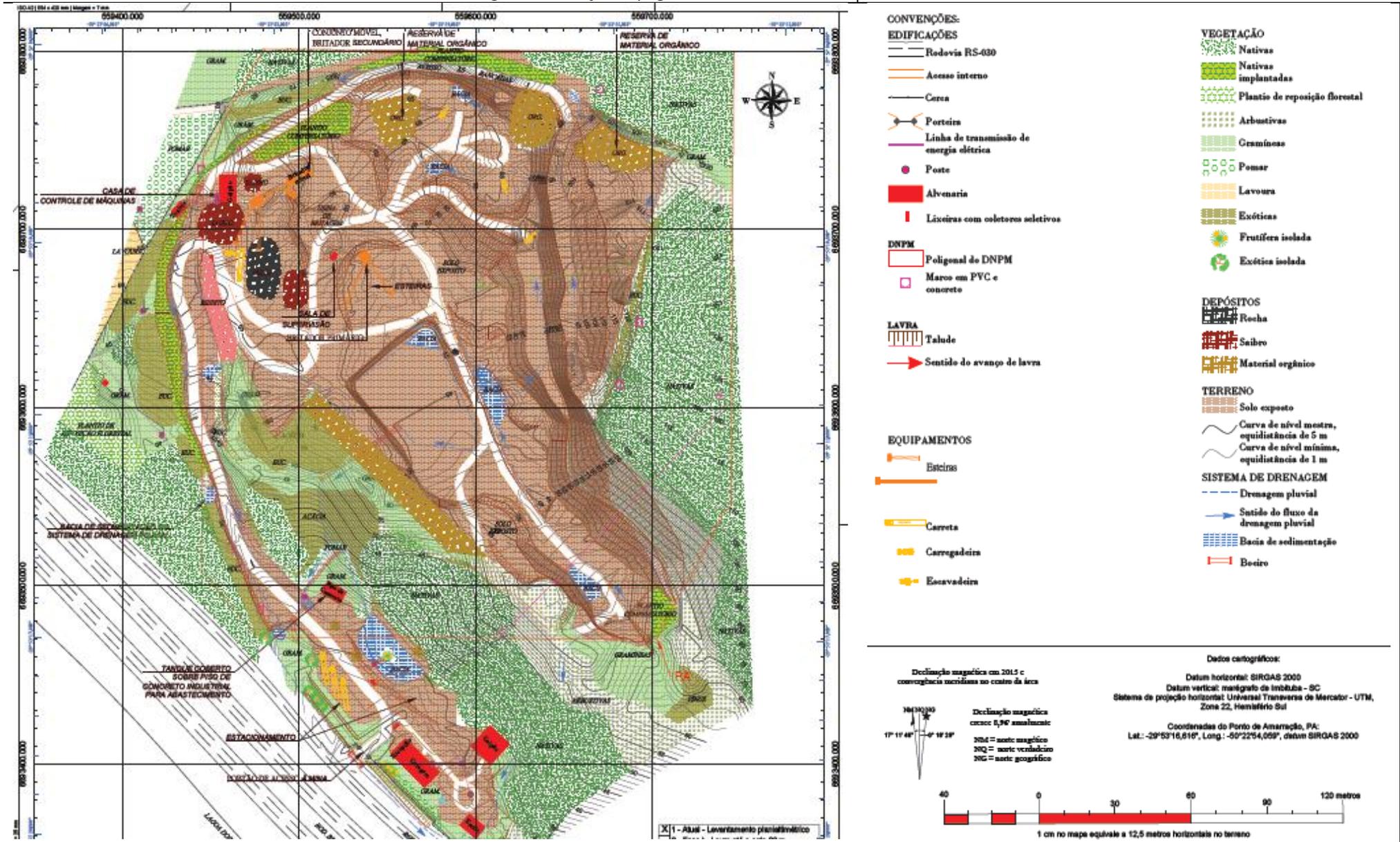
Os levantamentos topográficos foram realizados em duas etapas, a primeira em meados de 2015, e uma atualização no início de 2017. Ambos os levantamentos foram georreferenciados pelo sistema geodésico brasileiro utilizando equipamentos GNSS marca Leica Geosystems, modelo GS-20 (L1) e um *drone* Dji Phantom 3.

Foram coletados dados em campo com o GPS, L1, onde foram pós processados utilizando a base do IBGE, estações POA e Santa Maria (Simar). Já no segundo levantamento (aerofotogrametria), foram coletadas as coordenadas dos alvos determinados em solo, onde se seguiu para a coleta de imagens com a utilização do drone Phantom 3 e processamento no *software Photoscan*, após adicionados os dados dos pontos de controle definidos em campo.

Foram gerados os mapas topográficos da jazida em 2 momentos distintos e com técnicas de levantamento distintas em cada uma das oportunidades. A figura 14 mostra a situação topográfica da jazida em 2015, já a figura 15 mostra a situação topográfica em 2017. O foco principal da extração neste período foi o de regularização das bancadas dos setores noroeste e leste, onde, em 2015, haviam bancadas com mais de 40 metros de altura, portanto, não houve rebaixamento do piso da cava neste período.

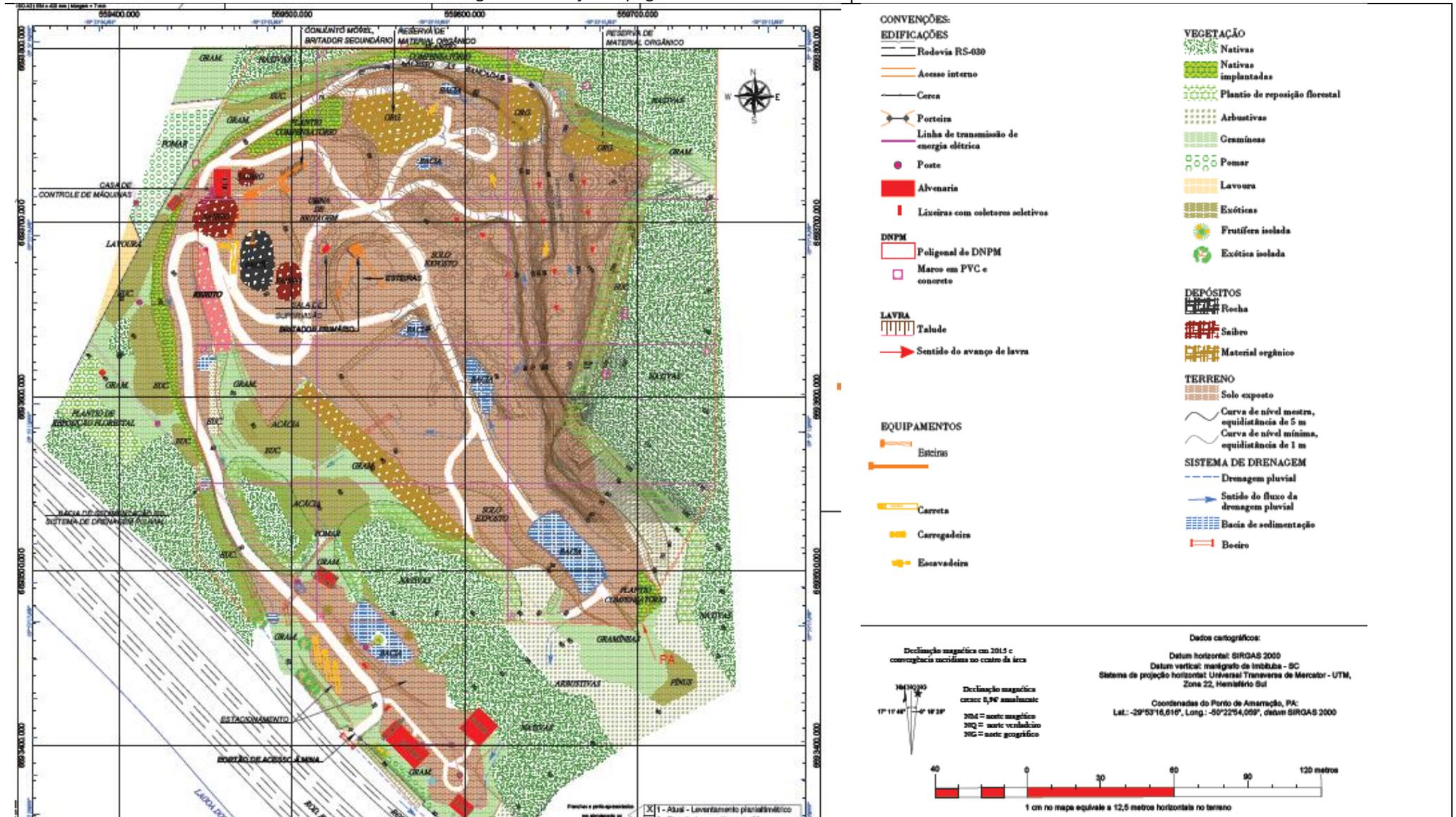
Entre 2015 a 2017, foram realizados desmontes a fim de corrigir e regularizar as bacadas. Os desmontes foram feitos nas partes superiores das bancadas mais altas no setor noroeste, reduzindo pela metade o tamanho de suas bermas e altura, assim, construiu-se uma nova bancada e acesso a ela neste setor. No setor leste, o paredão existente também foi desmontado, formando um talude estável, é possível notar a existência de 2 bancadas menores no mapa topográfico de 2017 em relação à 2015.

Figura 14 Situação Topográfica da Jazida em 2015



Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 15 Situação Topográfica da Jazida em 2017



Fonte: Elaborado pelo Autor

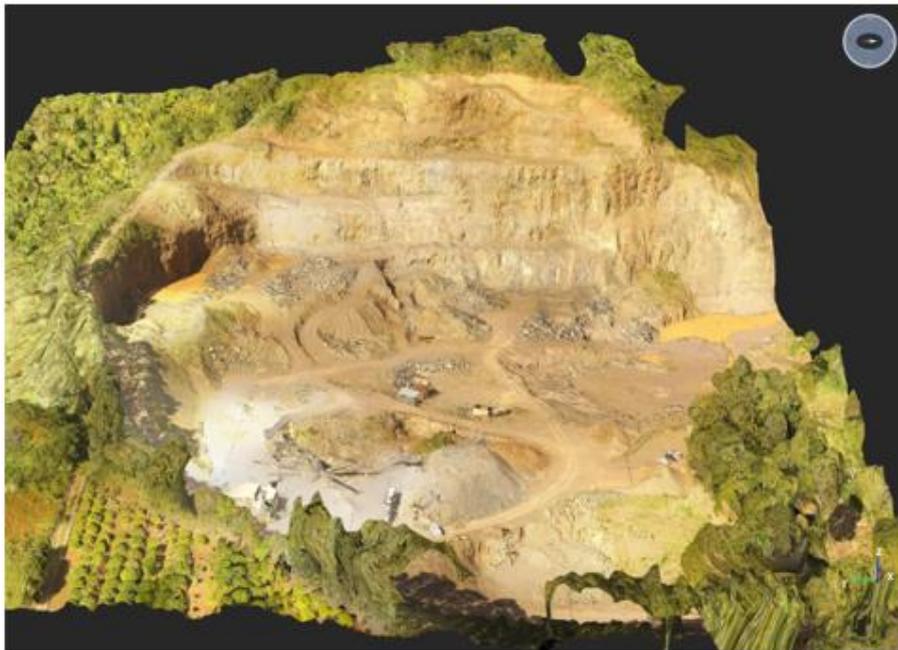
Abaixo são mostradas as imagens geradas pela fotogrametria, relativas ao levantamento feito em 2017, facilitando assim o entendimento geral do empreendimento. A figura 16 mostra a vista superior da mineração enquanto a 17 mostra a vista isométrica da frente de lavra.

Figura 16 Vista Superior da Jazida (2017)



Fonte: Elaborado pelo Autor

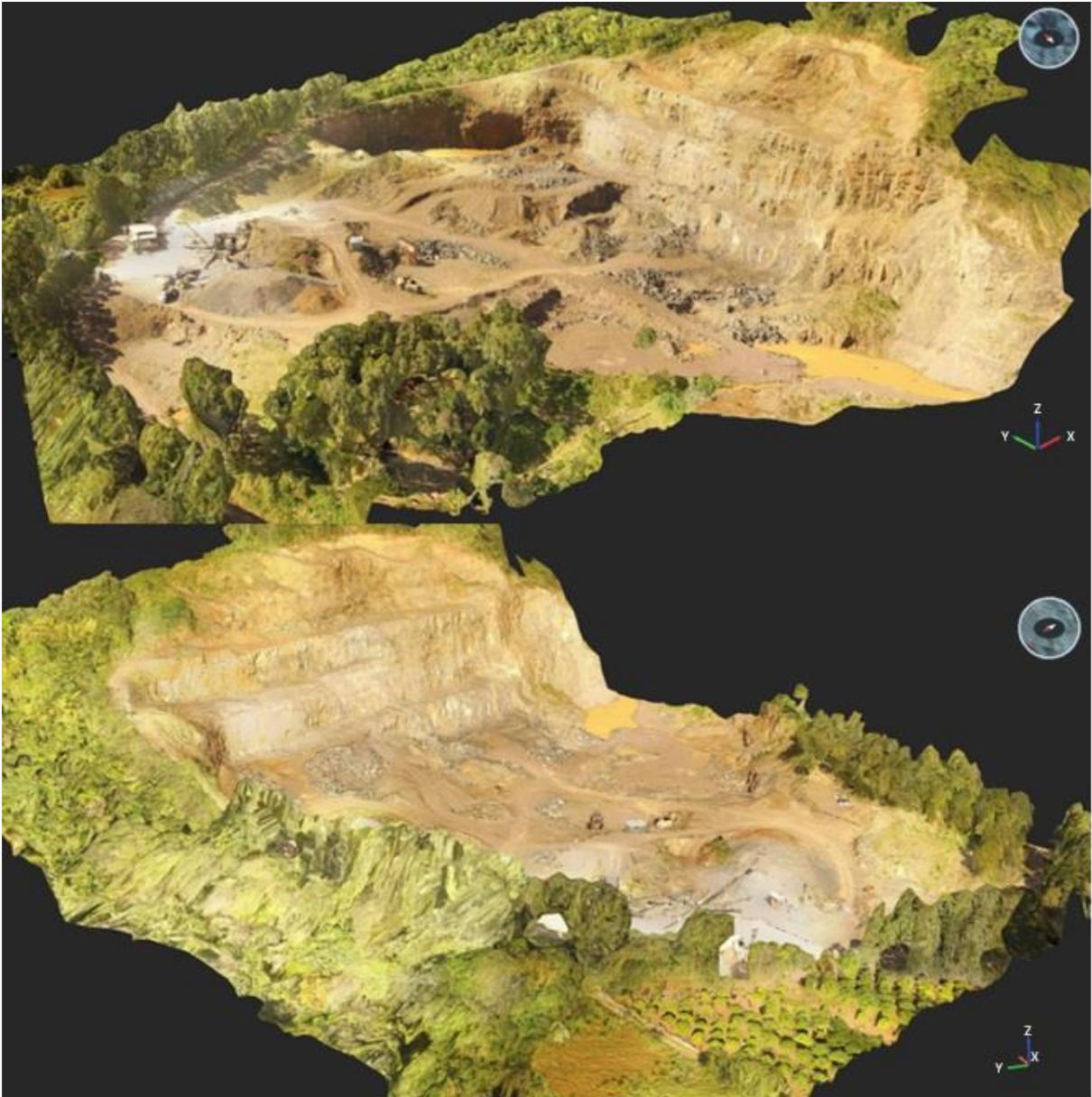
Figura 17 Vista Isométrica da Frente de Lavra da Jazida (2017)



Fonte: Elaborado pelo Autor

A figura 18 mostra vistas isométricas da jazida em 2017:

Figura 18 Vistas Isométricas da Jazida



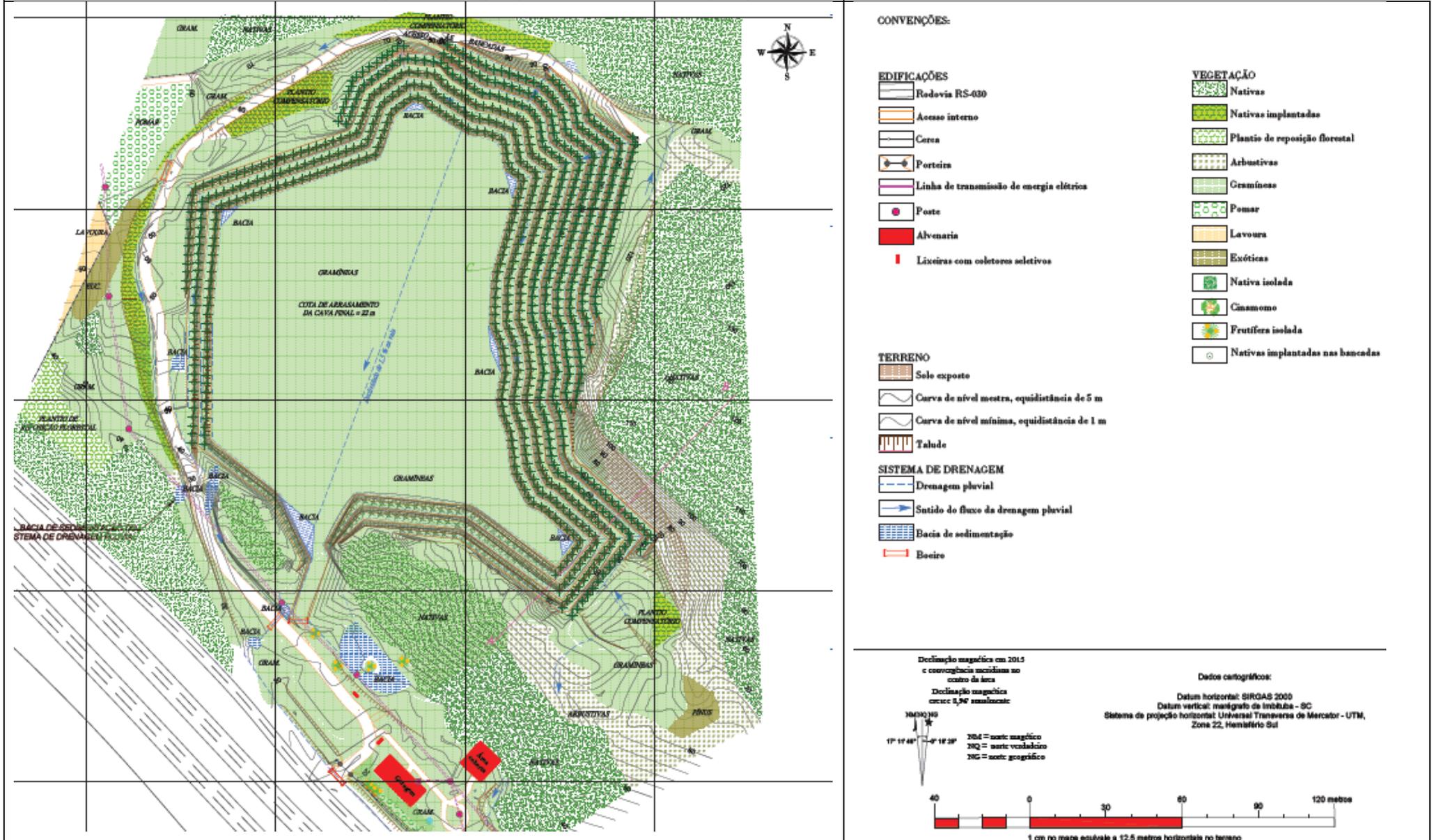
Fonte: Elaborado pelo Autor

Para a definição de reservas e vida útil da mina, foi considerada a extração máxima desejada, considerando os limites físicos e do DNPM, sem levar em conta diferentes geometrias que outros usos futuros propostos pudessem exigir. Neste planejamento considera-se a cota máxima de 110 metros, sendo a parte superior da encosta, que encontra a vegetação nativa, e a cota mínima de 22 metros, sendo uma cota muito próxima da rodovia BR 290.

Estima-se que a reserva resulta em um volume *“in situ”* de 1.410.621 m³ de material basáltico, em uma configuração de 9 bancadas de 10 metros de altura e bermas de contenção de 4 metros. Considerando uma produção/comercialização média para os próximos anos de 6.000m³ de rocha *in situ* mensais, a vida útil da jazida é de aproximadamente 20 anos. A figura 19 mostra

configuração da mina após a extração total do material no cenário de exaustão, considerando o máximo aproveitamento dos recursos minerais.

Figura 19 Configuração Final na Máxima Recuperação Mineral



Fonte: Elaborado pelo Autor

4.2. Levantamento de Custos de Equipamentos e Serviços

As operações de lavra e beneficiamento na unidade já estavam definidas e equipamentos em operação, então, não especificaram-se ou dimensionaram-se os equipamentos necessários para realização destas operações, apesar de pouco estudo ter sido realizado para o dimensionamento e aquisição da frota existente, onde a compra dos mesmos foi feita de forma empírica. Sendo assim, os equipamentos foram listados, e compiladas as informações tais como capacidades e valores unitários de aquisição. De posse dos dados iniciais, planilhas de controle operacional foram criadas para acompanhamento de desempenho dos equipamentos e produção da mineração, bem como foram levantados os dados referentes a custos administrativos, e custos referentes a aluguel de equipamentos e terceirização do desmonte de rochas, fornecendo uma visão global do custo de produção de rocha britada da unidade.

Os equipamentos são utilizados tanto para a lavra, como para a recuperação ambiental, movimentação de material dentro da mina, portanto não são divididos em áreas de atuação. As tabelas 5 e 6 mostram os equipamentos existentes na pedreira, bem como a capacidade e o valor médio do conjunto, os valores podem não ser exatos, visto que muitos equipamentos foram adquiridos por meio de negócios realizados pelo empreendedor, e não necessariamente comprados novos.

Tabela 5 Custo de Investimento Capital em Equipamentos de Lavra

Lavra				
Quantidade	Descrição	Valor (R\$)	Capacidade	Unidade
1	Comboio de Diesel	45.000	2000	litros
1	Trator de esteira	150.000		
2	Caminhão basculante	250.000	8	m ³
1	Escavadeira PC 200	500.000	1,2	m ³
1	Carregadeira L90	130.000	3	m ³
Total	-	1.075.000	-	-

Fonte: Elaborado pelo Autor

Tabela 6 Custo de Investimento Capital em Equipamentos de Beneficiamento

Beneficiamento				
Quantidade	Descrição	Valor (R\$)	Capacidade	Unidade
1	Britador Móvel QJ 330	1.200.000	130	m ³ /h
1	Britador Fixo C80	120.000	90	m ³ /h
1	Peneira Vibratória 3 decks	50.000	100	m ³ /h
1	Peneira Vibratória 2 decks	70.000	120	m ³ /h
3	Correia Transportadora	50.000		
Total	-	1.490.000	-	-

Fonte: Elaborado pelo Autor

Adicionados aos custos de aquisição de equipamentos, foi considerado ainda um valor de investimento em infraestrutura para montagem das instalações industriais e administrativa da unidade. Assim, os investimentos existentes da mineração, necessários para o funcionamento básico da mesma, são mostrados na tabela 7.

Tabela 7 Valores de Capital Investido

Área	Investimento (R\$)
Lavra	1.075.000
Beneficiamento	1.490.000
Instalações	550.000
CAPEX Total	3.115.000

Fonte: Elaborado pelo Autor

Visto que o desmonte de rochas é realizado por empresa terceirizada, os equipamentos utilizados nesta operação não são listados nas tabelas acima, bem como o aluguel de uma frota terceirizada de caminhões e escavadeira, no caso de parada de algum dos equipamentos próprios.

A fim de determinar-se o custo de produção dos materiais, a totalidade dos custos foi distribuída aos produtos vendidos, formando assim o valor unitário para produção. Para determinação dos custos operacionais foram levantados os custos correntes no empreendimento, divididos por atividades principais, como consumo de combustível, manutenção mecânica, consumo de energia elétrica, entre outros. Os custos administrativos, também foram determinados a partir de informações estimadas dos salários dos funcionários, segurança, *pró labore* dos sócios, custos de escritório, entre outros. Os custos não foram divididos por atividade específica, pois a maioria dos equipamentos realiza mais de uma atividade, assim como os operadores podiam realizar a operação de mais de um equipamento. O desmonte de rochas é realizado por empresa terceirizada, compreendendo a parte de perfuração, carregamento dos furos e o desmonte de rochas em si.

A tabela 8 mostra as principais despesas da empresa, sendo representados em reais por metro cúbico beneficiado (ano base 2017), é importante notar que o combustível é considerado tanto para a operação de carregamento como transporte, a energia elétrica compreende principalmente a planta de beneficiamento e os salários compreendem tanto operadores de equipamentos, da planta de beneficiamento e funcionários administrativos.

Tabela 8 Custos de Produção por m³ (em R\$)

Insumo	Custo (R\$/m³)
Combustível	2,25
Desmonte de Rocha	4,65
Energia Elétrica	0,87
Manutenção	0,89
Aluguel de Equipamentos	1,85
Custo Operacional Total	10,51
Salários	4,76
Terceirizados	1,70

Encargos bancários	0,05
Segurança	0,39
<i>Pró- Labore</i>	2,57
Custo Administrativo Total	9,47
OPEX Total	19,98

Fonte: Elaborado pelo Autor

4.3. Cenários de Planejamento

Após a coleta de todos os dados necessários, estabelecimento da reserva total e vida útil para máxima extração, efetuaram-se diferentes planejamentos para uso futuro da área, onde se realizou uma nova cubagem e então análise de retorno financeiro e socioambiental para cada cenário proposto. Assim, é possível que se realize uma análise comparativa entre os cenários a fim de auxiliar o empreendedor na tomada de decisões futuras para o empreendimento, e sugerindo propostas para uso da área para órgãos governamentais e sociedade.

Os diferentes cenários de uso futuro foram simulados considerando pontos como a localização da jazida, facilidade de acessos, existência de pontos turísticos próximos, existência de infraestrutura próxima, vizinhança e também o histórico de abandono de cavas exauridas. Chegaram-se a três cenários comparativos, o modelo clássico, de exaustão máxima da cava, porém sem uso futuro definido, um segundo caso, de implantação de um loteamento, e o terceiro cenários, em caso de fechamento prematuro, a instalação de um clube.

Cenário 1 – Máxima Extração

O primeiro cenário, de máxima extração, sem uso futuro definido, é recorrente em minerações, principalmente de pequeno porte, onde o empreendedor não tem muito capital para investir na recuperação da área e acaba abandonando o local, deixando um passivo ambiental e social na região. Neste cenário, planejou-se o rebaixamento do fundo da cava até a cota limite de 22m, sempre com o objetivo de maximizar a extração. Assim, chega-se em uma cubagem de 1.410.621m³ de material, e vida útil de aproximadamente 20 anos. É considerado que a área será abandonada, portanto nenhum retorno de venda da área, ou utilização da mesma é considerado em fluxos de caixa.

No cenário de exaustão da cava, projetam-se 9 bancadas de 10 metros de altura e bermas de contenção de 4 metros com ângulo do talude de aproximadamente 70°, iniciando na cota de 110m e sendo rebaixada até a cota de 22m, onde será formada uma praça minerada sem uso futuro definido. Considerando uma produção média de 6.000m³ de rocha *in situ* mensais, a vida útil da jazida, em caso de extração máxima é de aproximadamente 20 anos.

Cenário 2 – Implantação de Loteamento

O segundo uso alternativo proposto é a de utilização da área para construção de loteamento de médio a alto padrão de construção. Esta proposta é sugerida devido à existência de um valor cênico, com vista da Lagoa dos Barros. A facilidade de acessos é uma vantagem da

jazida visto que, se encontra em uma localização estratégica, a aproximadamente 100km de Porto Alegre, a 20km das principais praias do litoral norte Gaúcho e a 13km da área urbana de Osório.

A população dos municípios de Osório e Santo Antônio da Patrulha tem aumentado nos últimos anos. Pela análise do PIB, nota-se também o crescimento em Santo Antônio da Patrulha, já Osório obteve um pico em 2012, e após isso sofre uma pequena queda (IBGE, 2013). Esse crescimento populacional e o crescimento de investimentos imobiliários na região litorânea demonstram que novos empreendimentos nesse setor podem vir a ser interessantes economicamente. Esse loteamento poderia ser utilizado tanto para construção de residências temporárias para lazer no litoral, como para moradia fixa.

O cenário de construção de loteamento foi projetado com o objetivo de que todas as residências a serem construídas tenham vista para a Lagoa dos Barros, podendo assim aproveitar a riqueza natural do local. Para que isso seja possível, a geometria da cava final foi traçada em forma de escadaria alongada, com a formação de 3 patamares, onde os lotes serão construídos, e uma área abaixo destes patamares, com estacionamentos, parque e portaria. Os acessos a estes patamares serão os mesmos existentes atualmente, localizados na periferia da área.

A primeira etapa a ser realizada é a regularização e estabilização dos taludes existentes, partindo da cota 110m até o atual piso cava na cota 60m, estas bancadas são projetadas com alturas de 10m e bermas de 4m, onde será feito plantio compensatório, com objetivo de melhorar a estabilidade do maciço e reduzir o impacto visual. A partir da cota 60m são definidos 3 patamares para a construção de lotes, nas cotas de 60m, 50m e 40m, com bermas aproximadamente de 30 m, permitindo a construção de lotes de no mínimo 360m² e acessos, como exigido no plano diretor da cidade. O acesso até o loteamento é feito pela RS-030, onde, após a portaria, será construída uma área de lazer e estacionamentos, localizada na cota de 30m.

Este projeto contempla a construção de 50 lotes, e a nova cubagem é calculada em 650.853 m³ de material. Caso a produção da mineração continue no seu atual ritmo, estima-se que a vida útil é de 9 anos, e mais 5 anos para a implantação do loteamento, com início das obras de recuperação a partir do 8º ano de mineração. A figura 20 representa a previsão da geometria final da cava, após a instalação do loteamento, contemplando já, a construção de alguns imóveis e aproveitando os acessos utilizados anteriormente pela mineração.

Figura 20 Previsão da Geometria Final da Cava - Uso para loteamento



Fonte: Elaborado pelo Autor

A figura 21 mostra vistas isométricas de áreas do loteamento planejado.

Figura 21 Vistas Isométricas do Planejamento de Loteamento



Fonte: Elaborado pelo Autor

Cenário 3 – Implantação de Clube

O terceiro cenário é projetado para o caso de necessidade de fechamento emergencial da mineração, que pode ocorrer tanto por fatores econômicos, ambientais ou políticos. Este cenário sugere a construção de um clube com a presença de pistas de corrida, piscinas e quadras para prática de esportes tendo o objetivo principal de fornecer o maior retorno social dentre os três cenários. Projeta-se que o fechamento emergencial faria com que a mineração parasse na cota 40m, assim, toda a infraestrutura seria instalada em uma área plana locada nesta cota, totalizando aproximadamente 2,6 ha a serem urbanizados.

Neste plano, a mineração das bancadas inicia na cota máxima de 110m e avança somente até a cota 40m. São desenvolvidas 5 bancadas de 10m de altura e bermas de 4m de largura. Sendo um plano emergencial, esse fechamento contempla basicamente a regularização e estabilização da atual frente de lavra com a construção, estabilização e revegetação das bancadas. Após a estabilização das bancadas e terraplenagem da área projeta-se a construção de campos de futebol, tênis, piscinas e um pequeno centro de convenções, podendo assim ser utilizado pela

população em geral, ou utilização mediante o pagamento de uma mensalidade para uso da infraestrutura. A cubagem de material neste plano é de 590.944m³. Considerando a cubagem calculada para este cenário, projeta-se uma vida útil de 9 anos, considerando uma produção mensal de 6.000m³ e mais 4 anos para a instalação da infraestrutura do clube, sendo que estas obras somente iniciariam após o fechamento total da mineração.

Devido ao valor cênico existente na região, com a implantação desta infraestrutura é possível que o clube possa se tornar um ponto turístico da região visto a proximidade de outros locais de turismo próximos, como o Morro da Borussia. A área poderá ser utilizada como ponto de encontro para famílias e até mesmo para a realização de pequenos eventos locais, onde há a necessidade de uma extensa área aberta. A figura 22 representa a previsão de configuração final em caso de fechamento emergencial.

Figura 22 Previsão da Geometria Final da Cava - Uso para Criação de Clube



Fonte: Elaborado pelo Autor

A figura 23 mostra vistas isométricas da área planejada para criação de um clube.

Figura 23 Vistas Isométricas do Planejamento de Uso como Clube



Fonte: Elaborado pelo Autor

4.4. Análise Ambiental

A análise ambiental deve ser realizada previamente e durante a vida útil do empreendimento mineiro, assim é possível que se conheça as principais fontes de impacto ao meio ambiente geradas pela atividade extrativa. Considerando que a empresa analisada já possuía um passivo ambiental, trabalhou-se com a regularização e controle das principais fontes geradoras de poluição.

De acordo com o mapa apresentado na Figura 25 nota-se que o empreendimento não se encontra no interior de nenhuma Unidade de Conservação, porém está inserido num raio de até 10 km de duas destas unidades, sendo uma estadual (APA do Banhado Grande) e uma municipal (Parque Natural Municipal de Barros Pereira e APA Morro de Osório). Estas unidades de conservação são regidas pela Lei Federal nº 9.985/2000, a qual institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. A figura 24 mostra a localização das duas principais APAs.

Figura 24 Localização de APAs na Área de Estudo



Fonte: Elaborado pelo Autor

Identificação dos Impactos Ambientais

As principais atividades desenvolvidas tanto nas fases de operação e de desativação são mostradas na tabela 9.

Tabela 9 Fases e Atividades de Cada Fase do Empreendimento

Fase	Atividade
Operação	Supressão Vegetal
	Decapagem
	Disposição de rejeitos
	Perfuração para desmonte
	Desmonte de rochas
	Extração mineral
	Carregamento e Transporte
	Monitoramento Ambiental
	Abastecimento de equipamentos
	Operações de Beneficiamento
	Manutenção
	Aquisição de insumos
	Emprego de trabalhadores
	Recolhimento de impostos
Desativação	Monitoramento Ambiental
	Descomissionamento
	Recuperação de áreas degradadas
	Demissão de trabalhadores

Fonte: Elaborado pelo Autor

A tabela 10 mostra os principais aspectos observados em cada uma das fases da mineração enquanto a tabela 11 mostra os possíveis impactos.

Tabela 10 Principais Aspectos por Fase

Fase	Aspecto
O	Alteração da topografia
O	Desmatamento
O/D	Alteração da ocupação e uso da terra
O	Consumo de recursos não renováveis
O/D	Emissão de poeiras
O/D	Emissão de poluentes atmosféricos
O/D	Emissão de ruídos e vibrações
O	Vazamento de óleos
O	Aumento do tráfego de veículos
O/D	Geração de empregos
O/D	Geração de oportunidades de novos negócios
O/D	Alteração da demanda de serviços
O/D	Recolhimento de impostos
D	Perda de empregos

O – Operação / D - Desativação

Fonte: Elaborado pelo Autor

Tabela 11 Impactos Possíveis por Fase

Fase	Impacto
O	Alteração de propriedades físicas do solo
O	Alteração de pressão sonora
O	Mudança na qualidade do ar
O	Mudança na qualidade da água superficial
O	Redução dos estoques de recursos naturais
O/D	Alteração da Paisagem
O	Perda de vegetação
O	Perda de fauna
O	Qualificação da mão de obra
O	Aumento de arrecadação
O/D	Incômodo da comunidade
D	Redução de atividade econômica
D	Redução de arrecadação
D	Redução da Renda

O – Operação / D - Desativação

Fonte: Elaborado pelo Autor

Após a identificação das principais atividades realizadas na mineração, aspectos e potenciais impactos, foi montada uma matriz de interação entre estes três fatores, facilitando assim o entendimento da correlação entre cada atividade, aspecto e potencial impacto. Define-se

qual aspecto gera cada impacto. Cada aspecto foi classificado em significativo ou pouco significativo, onde, os aspectos considerados significativos são aqueles que:

- Podem influenciar elementos de grande valor do meio ambiente
- Podem lesar a saúde ou segurança de pessoas
- Podem modificar o meio de vida das pessoas

Além de apontar qual impacto é gerado por cada aspecto, a matriz de correlação ainda demonstra o grau de importância de cada impacto, podendo assim priorizá-los, caso seja necessário. Com a matriz, facilita-se o entendimento da intensidade e frequência dos impactos, e consequências no meio que o empreendimento está inserido. Assim, o trabalho de validação e ponderação de quais impactos devem ser enfrentados com maior prioridade e provimento de recursos a fim de mitigá-los em diferentes fases da mineração.

As Tabelas 12 e 13 mostram as atividades de operação e desativação de mina, correlacionados com seus aspectos e impactos, mostrando seu grau de importância. Para definição do grau de importância de cada impacto, foi realizada uma interação entre magnitude e reversibilidade, mostrada em detalhe na tabela 15.

Tabela 12 Identificação das Atividades Correlacionadas com Aspectos e Impactos Ambientais na Fase de Operação

Atividades na Fase de Operação													Impactos na Fase de Operação												
Supressão Vegetal	Decapagem	Disposição de rejeitos	Perfuração para desmonte	Desmonte de rochas	Extração mineral	Carregamento e Transporte	Monitoramento Ambiental	Abastecimento de equipamentos	Operações de Beneficiamento	Manutenção	Aquisição de insumos	Emprego de trabalhadores	Recolhimento de impostos	Aspectos na Fase de Operação											
														Alteração de propriedades físicas do solo	Alteração de pressão sonora	Mudança na qualidade do ar	Mudança na qualidade da água	Redução dos estoques de recursos naturais	Alteração da Paisagem	Perda de vegetação	Perda de fauna	Qualificação da mão de obra	Aumento de arrecadação	Incomodo da comunidade	
	X	X		X	X									Alteração da topografia	X					X					
X														Desmatamento	X					X	X	X			
	X	X			X									Alteração da ocupação e uso da terra	X					X	X	X			
	X	X			X				X					Consumo de recursos não renováveis				X							
X	X	X	X	X	X	X			X					Emissão de poeiras		X									X
X		X	X	X	X				X					Emissão de poluentes atmosféricos		X									X
		X	X		X				X					Emissão de ruídos e vibrações	X										
					X			X						Vazamento de óleos	X		X								
						X		X						Aumento do tráfego de veículos		X									
												X		Geração de empregos									X		
										X	X	X		Geração de oportunidades de novos negócios									X	X	
						X				X	X			Alteração da demanda de serviços									X	X	
											X	X		Recolhimento de impostos									X	X	
X- Significativo / X - Pouco Significativo													X- Impacto de grande importância/ X - Média Importância/ X - Baixa importância												

Fonte: Elaborado pelo Autor

Tabela 13 Identificação das Atividades Correlacionadas com Aspectos e Impactos Ambientais na Fase de Desativação

Atividades na Fase de Desativação				Aspectos na Fase de Desativação	Impactos na Fase de Desativação				
Monitoramento Ambiental	Descomissionamento	Recuperação de área degradadas	Demissão de trabalhadores		Alteração da Paisagem	Incomodo da comunidade	Redução de atividade econômica	Redução de arrecadação	Redução da Renda
	X			Alteração da ocupação e uso da terra	X	X			
	X			Emissão de poeiras		X			
	X			Emissão de ruídos e vibrações		X			
	X			Emissão de poluentes atmosféricos		X			
X		X		Geração de empregos					
X		X		Geração de oportunidades de novos negócios				X	
		X		Alteração da demanda de serviços					X
	X			Recolhimento de impostos					X
	X		X	Perda de empregos			X	X	X
X- Significativo / X - Pouco Significativo					X- Impacto de grande importância/ X - Média Importância/ X - Baixa importância				

Fonte: Elaborado pelo Autor

A tabela 14 mostra os principais aspectos ambientais selecionados, com uma estimativa de magnitude dos mesmos, é possível notar que alguns dos aspectos não foram estimados:

- Poluição atmosférica: Este impacto tende a ser pontual, somente ocorrendo quando equipamentos estão em operação, e pode ser reduzido com manutenção preventiva de equipamentos.
- Geração de oportunidades e alteração da demanda de serviços: é de difícil estimativa, sendo mais adequado que sejam considerados em modo qualitativo.
- Recolhimento de Impostos: Pode aumentar como um todo, com a mudança e geração de oportunidades, podem ocorrer novos empreendimentos, recolhendo assim, além dos impostos da mineração, impostos sobre estes negócios.
- Redução das atividades comerciais: aspecto que não pode ser estimado no presente momento, pois não é confirmada a redução destas atividades, quando outras atividades poderão substituir a mineração.

Tabela 14 Estimativa dos Aspectos Ambientais do Empreendimento

Fase	Aspecto	Estimativa	Unidade
O	Alteração da topografia	5,67	m ²
O	Desmatamento	1	ha
O/D	Alteração da ocupação e uso da terra	9,57	ha
O	Consumo de recursos não renováveis	6000	m ³ /mês
O/D	Emissão de poeiras	0,05	kg/km transportado
O/D	Poluição atmosférica	-	S/ Estimativa
O/D	Emissão de ruídos e vibrações	86	dB(A)
O	Vazamento de óleos e combustíveis	0,01% do consumo	Litros/ano
O	Aumento do tráfego de veículos nas rodovias	25	Viagens/dia
O/D	Geração de empregos durante a vida útil da operação	15	Empregados
O/D	Geração de oportunidades de novos negócios	-	S/ Estimativa
O/D	Alteração da demanda de serviços	-	S/ Estimativa
D	Redução das atividades comerciais	-	S/ Estimativa
O/D	Recolhimento de impostos	-	S/ Estimativa
D	Perda de empregos na desativação do empreendimento	15	Empregados

Fonte: Elaborado pelo Autor

A existência de vegetação acarreta na necessidade de supressão vegetal, e consequentemente replantio de mudas. A revegetação é planejada com objetivo de proteger fauna e flora da região, absorção de ruídos, contenção de erosão, entre outros. O plantio abrange aproximadamente 1.150 mudas de arbóreas nativas na região minerada, fazendo com que o impacto desta atividade ao longo dos anos seja reduzido e até completamente mitigado.

A tabela 15 mostra o grau de importância relacionado a cada um dos impactos possíveis da extração de rochas, onde foram considerados impactos de baixa importância, os que apresentaram:

- Baixa magnitude e reversibilidade

Os impactos de grau médio de importância foram considerados os que:

- Magnitude média e são reversíveis, independente de outras características

Os impactos de grau alto de importância foram classificados assim por apresentarem as seguintes características:

- Magnitude média
- Impactos irreversíveis

É importante salientar a existência de duas exceções: a perda de vegetação e perda de fauna foram considerados de grande importância, apesar de serem reversíveis, devido ao grau de dificuldade de retorno às condições próximas ao anterior a mineração, e também ao risco a que estes impactos estão relacionados, no caso de uma recuperação mal executada, pode ocorrer com que a revegetação não seja eficiente, e o retorno da fauna não ocorra de maneira satisfatória após o término da extração mineral.

Tabela 15 Grau de Importância dos Impactos da Extração Mineral

IMPACTOS	PERPCEPÇÃO	TEMPO	DURAÇÃO	ESPAÇO	MAGNITUDE	PROBABILIDADE	REVERSIBILIDADE	GRAU DE IMPORTÂNCIA
Alteração de propriedades físicas do solo	N	I	P	LO	B	I	R	B
Contaminação do solo	N	I	T	LO	B	B	R	B
Alteração de pressão sonora	N	I	T	LO	M	I	R	M
Mudança na qualidade do ar	N	I	T	LO	M	A	R	M
Mudança na qualidade da água superficial	N	I	T	LO	B	B	R	B
Redução dos estoques de recursos naturais	N	I	P	LO	M	I	I	A
Alteração da Paisagem	N	I	P	LO	M	I	I	A
Perda de vegetação	N	I	T	LO	A	A	R	A
Perda de fauna	N	I	T	LO	A	A	R	A
Qualificação da mão de obra	P	M	P	M	M	B	I	A
Aumento de arrecadação	P	M	T	M	B	I	R	B
Incomodo da comunidade	N	I	T	LO	B	A	R	B
Redução de atividade econômica	N	L	P	M	B	M	R	B
Redução de arrecadação	N	L	P	M	B	M	R	B
Redução da Renda	N	L	P	M	B	M	R	B
LEGENDA	P - Positivo N - Negativo	I - Imediato/ M - Médio Prazo/ L - Longo Prazo	P - Permanente T - Temporário	LO - Local/ M - Municipal	A - Alta/ M - Média/ B - Baixa	A - Alta/ M - Média/ B - Baixa/ I - Inevitável	R - Reversível I - Irreversível	A - Alta/ M - Média/ B - Baixa

Fonte: Elaborado pelo Autor

4.5. Análise de Cenários

Após a definição das propostas de plano de uso futuro, e impactos socioambientais, uma análise comparativa entre os diferentes cenários propostos é realizada a fim de auxiliar o empreendedor na escolha da opção mais viável para a realidade em que a mineração está inserida.

Como meio comparativo, foi utilizada a recuperação mineral possível de cada caso e seu retorno financeiro e socioambiental. Para cálculo de retorno financeiro foi considerado um preço médio de venda dos produtos de R\$23,50/m³. No cenário de loteamento foi definido o valor do lote em R\$ 130.000 para um lote de 360 m². Para a proposta de que seja feito o clube, estimou-se um valor de instalação de infraestrutura, e um valor de venda baseado em pesquisas regionais de possíveis compradores da área.

Para a análise econômica, definiu-se o fluxo de caixa para cada cenário, tendo em vista a vida útil, preço de venda, custos de implantação de novo empreendimento e custos operacionais. Os fluxos de caixa foram estimados primeiramente sem considerar os investimentos iniciais necessários, levando-se em conta apenas o fluxo atual de venda. Posteriormente, novos fluxos de caixa foram estimados, considerando os investimentos iniciais necessários. O retorno financeiro de cada empreendimento isolado também foi calculado, a fim de demonstrar o retorno possível de cada empreendimento, desconsiderando a mineração.

Estabeleceram-se os principais parâmetros econômicos do projeto, custos, Imposto de Renda, assim, foram utilizados os seguintes valores:

- Imposto de Renda: 27%
- Custo de produção por m³: R\$ 19,98
- Preço de venda por m³: R\$23,50
- Taxa de desconto: 10%, taxa baixa

Os valores considerados para investimento inicial da mineração (R\$ 3.115.000) foram mostrados em todos cenários a fim de evidenciar o capital investido no empreendimento, podendo estes não estarem precisos, devido a falta de documentação de investimentos, negociações feitas sem registro e valores de mercado dos equipamentos incertos devido a flutuação de preços. A informação deste valor serve apenas como base para um investimento inicial da mineração, não mostrando a realidade atual, pois todo o investimento é feito em apenas em um curto período de tempo, e são desconsiderados custos de licenciamento. Já os cenários onde o valor de investimento inicial é desconsiderado, representam de melhor forma a situação atual do empreendimento, devendo este, ser analisado a fim de tomada de decisão.

Cenário 1 – Máxima Extração

A tabela 16 mostra o fluxo de caixa da máxima extração sem considerar os investimentos iniciais, já a tabela 17 mostra o fluxo de caixa considerando os investimentos iniciais necessários.

Tabela 16 Fluxo de Caixa Extração Máxima sem Investimentos

	Produção	Receita	Custo	Fluxo	Imposto de Renda	Fluxo
ANO	m³	R\$	R\$	S/ IR (R\$)	R\$	Final (R\$)
-	-	-	-	-	-	-
1	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
2	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
3	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
4	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
5	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
6	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
7	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
8	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
9	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
10	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
11	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
12	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
13	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
14	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
15	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
16	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
17	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
18	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
19	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
20	42.621	1.001.594	851.568	150.026	40.507	109.519
			VPL	1.947.551	VPL	1.421.712

Fonte: Elaborado pelo Autor

Tabela 17 Fluxo de Caixa Extração Máxima com Investimentos

	Investimento	Produção	Receita	Custo	Fluxo	Imposto de Renda	Fluxo
ANO	R\$	m³	R\$	R\$	S/ IR (R\$)	R\$	Final (R\$)
-	-3.115.000	-	-	-	-3.115.000	-	-3.115.000
1	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
2	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
3	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
4	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
5	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
6	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
7	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
8	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
9	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
10	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
11	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
12	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
13	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
14	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
15	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
16	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011

17	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
18	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
19	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
20	-	42.621	1.001.594	851.568	150.026	40.507	109.519
				VPL	-884.268	VPL	-1.410.106
				TIR	5,02%	TIR	1,52%

Fonte: Elaborado pelo Autor

Caso os investimentos iniciais sejam considerados na análise, o VPL é negativo e TIR muito baixa, fazendo com que o empreendimento não seja atrativo para possíveis investidores, visto que o retorno será muito baixo ou até mesmo negativo. Uma possível causa é o custo de produção muito elevado, quase igualando o preço médio de venda dos produtos, caso o custo de produção seja reduzido, o empreendimento tende a melhorar sua rentabilidade.

Cenário 2 – Implantação de Loteamento

Para a estimativa de custo de instalação de infraestrutura foi adaptado um boletim técnico fornecido pela USP adicionando-se 10% do valor e correção monetária para o ano de 2017, mostrados na Tabela 18.

Tabela 18 Custos Médios por m² de Área Bruta

Serviços	Custo/m²
Serviços Auxiliares	R\$ 1,06
Terraplenagem	R\$ 1,67
Rede de Esgotos	R\$ 2,26
Guias e sarjetas	R\$ 1,42
Galerias pluviais	R\$ 1,45
Rede de água	R\$ 1,13
Pavimentação	R\$ 9,66
Rede elétrica	R\$ 2,39
Iluminação pública	R\$ 0,32
Paisagismo e arborização	R\$ 1,70
Total	R\$ 23,04

Fonte: Adaptado de ELOY, 2011

No cenário de construção de loteamento, foi considerado que 5.200m²/ano serão urbanizados, iniciando no penúltimo ano de fechamento da mina, o que totaliza 2,6 ha urbanizados e a venda inicia no último ano de urbanização da área. A tabela 19 mostra o fluxo de caixa para instalação de loteamento sem considerar os investimentos iniciais, já a tabela 20 mostra o fluxo de caixa considerando os investimentos iniciais necessários na mineração.

Tabela 19 Fluxo de Caixa Loteamento sem Investimentos da Mineração

	Investimento	Venda Lotes	Produção	Receita	Custo	Fluxo	Imposto de Renda	Fluxo	
ANO	R\$	Unidade	m ³	R\$	R\$	S/ IR	R\$	Final (R\$)	
0	-	-	-	-	-	-	-	-	
1	-	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011	
2	-	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011	
3	-	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011	
4	-	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011	
5	-	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011	
6	-	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011	
7	-	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011	
8	-119.808	-	72.000	1.692.000	1.438.560	133.632	36.081	97.551	
9	-119.808	-	44.853	1.054.046	896.163	38.075	10.280	27.794	
10	-119.808	-	-	-	-	-119.808	-	-	
11	-119.808	-	-	-	-	-119.808	-	-	
12	-119.808	6	-	780.000	-	660.192	178.252	481.940	
13	-	8	-	1.040.000	-	1.040.000	280.800	759.200	
14	-	12	-	1.560.000	-	1.560.000	421.200	1.138.800	
15	-	10	-	1.300.000	-	1.300.000	351.000	949.000	
16	-	10	-	1.300.000	-	1.300.000	351.000	949.000	
17	-	4	-	520.000	-	520.000	140.400	379.600	
						VPL	2.585.062	VPL	1.945.617

Fonte: Elaborado pelo Autor

Tabela 20 Fluxo de Caixa Loteamento com Investimentos da Mineração

	Investimento	Venda Lotes	Produção	Receita	Custo	Fluxo	Imposto de Renda	Fluxo
ANO	R\$	Unidade	m ³	R\$	R\$	S/ IR	R\$	Final (R\$)
0	-3.115.000	-	0	0	0	-3.115.000	0	-3.115.000
1	-	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
2	-	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
3	-	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
4	-	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
5	-	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
6	-	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
7	-	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
8	-119.808	-	72.000	1.692.000	1.438.560	133.632	36.081	97.551
9	-119.808	-	44.853	1.054.046	896.163	38.075	10.280	27.794
10	-119.808	-	-	-	-	-119.808	-	-
11	-119.808	-	-	-	-	-119.808	-	-
12	-119.808	6	-	780.000	-	660.192	178.252	481.940
13	-	8	-	1.040.000	-	1.040.000	280.800	759.200

14	-	12	-	1.560.000	-	1.560.000	421.200	1.138.800	
15	-	10	-	1.300.000	-	1.300.000	351.000	949.000	
16	-	10	-	1.300.000	-	1.300.000	351.000	949.000	
17	-	4	-	520.000	-	520.000	140.400	379.600	
						VPL	-246.756	VPL	-886.201

Fonte: Elaborado pelo Autor

A tabela 21 mostra o fluxo de caixa para a implantação do loteamento, sem considerar o fluxo de caixa da mineração, mostrando o resultado isolado do empreendimento, caso passivos prévios fossem desconsiderados.

Tabela 21 Fluxo de Caixa Loteamento sem Passivos

ANO	Investimento R\$	Venda Lotes Unidade	Receita R\$	Custo R\$	Fluxo S/ IR	Imposto de Renda R\$	Fluxo Final (R\$)		
1	-119.808		-	- 119.808	-119.808	-	- 119.808		
2	-119.808		-	- 119.808	-119.808	-	- 119.808		
3	-119.808		-	- 119.808	-119.808	-	- 119.808		
4	-119.808		-	- 119.808	-119.808	-	- 119.808		
5	-119.808	6	-	780.000	-	660.192	178.252		
6		8	-	1.040.000	-	1.040.000	280.800		
7		12	-	1.560.000	-	1.560.000	421.200		
8		10	-	1.300.000	-	1.300.000	351.000		
9		10	-	1.300.000	-	1.300.000	351.000		
10		4	-	520.000	-	520.000	140.400		
						VPL	2.776.001	VPL	1.923.941
						TIR	72%	TIR	61%

Fonte: Elaborado pelo Autor

Cenário 3 – Implantação de Clube

Para a construção do clube foi considerado um valor reduzido, devido à menor infraestrutura exigida, sendo considerado um custo de R\$ 20,00/m² para urbanização da área e considerado que após a finalização do projeto de infraestrutura a área seria vendida, considerou-se que a instalação da infraestrutura seria realizada em 4 anos, a partir do fechamento da mina, sendo 6.500m² totalizando 26.000 m². O valor de venda da área foi baseado em estimativas e consultas previamente feitas por possíveis compradores da área na região somando-se os custos e lucro estimado de instalação de infraestrutura. A tabela 22 mostra o fluxo de caixa da instalação do empreendimento sem considerar os investimentos na mineração, já a tabela 23 considera estes investimentos.

Tabela 22 Fluxo de Caixa Clube com Investimentos

	Investimento	Produção	Receita	Custo	Fluxo	Imposto de Renda	Fluxo
ANO	R\$	m ³	R\$	R\$	S/ IR	R\$	Final (R\$)
0	-3.115.000			-3.115.000	-3.115.000	-	-3.115.000
1	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
2	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
3	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
4	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
5	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
6	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
7	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
8	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
9	-	14.944	351.184	298.581	52.603	14.203	38.400
10	-130.000	-	-	-130.000	-130.000	-	-130.000
11	-130.000	-	-	-130.000	-130.000	-	-130.000
12	-130.000	-	-	-130.000	-130.000	-	-130.000
13	-130.000	-	-	-130.000	-130.000	-	-130.000
14	-	-	3.200.000	-	3.200.000	864.000	2.336.000
				VPL	-975.192	VPL	-1.519.377
				TIR	5%	TIR	1%

Fonte: Elaborado pelo Autor

Tabela 23 Fluxo de Caixa Clube sem Investimentos

	Investimento	Produção	Receita	Custo	Fluxo	Imposto de Renda	Fluxo
ANO	R\$	m ³	R\$	R\$	S/ IR	R\$	Final (R\$)
	-	-	-	-	-	-	-
1	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
2	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
3	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
4	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
5	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
6	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
7	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
8	-	72.000	1.692.000	1.438.560	253.440	68.429	185.011
9	-	14.944	351.184	298.581	52.603	14.203	38.400
10	-130.000	-	-	-130.000	-130.000	-	-130.000
11	-130.000	-	-	-130.000	-130.000	-	-130.000
12	-130.000	-	-	-130.000	-130.000	-	-130.000
13	-130.000	-	-	-130.000	-130.000	-	-130.000
14	-	-	3.200.000	-	3.200.000	864.000	2.336.000
				VPL	1.856.627	VPL	1.312.441

Fonte: Elaborado pelo Autor

A tabela 24 mostra o fluxo de caixa para a instalação da infraestrutura do clube, sem considerar o fluxo de caixa da mineração, mostrando o retorno isolado deste empreendimento, desconsiderando passivos prévios.

Tabela 24 Fluxo de Caixa Clube sem Passivos

	Investimento	Produção	Receita	Custo	Fluxo	Imposto de Renda	Fluxo
ANO	R\$	m ³	R\$	R\$	S/ IR	R\$	Final (R\$)
1	-130.000	-	-	-130.000	-130.000	-	-130.000
2	-130.000	-	-	-130.000	- 130.000	-	-130.000
3	-130.000	-	-	-130.000	-130.000	-	-130.000
4	-130.000	-	-	-130.000	-130.000	-	-130.000
5	-	-	3.200.000	-	3.200.000	864.000	2.336.000
				VPL	1.574.866	VPL	1.038.390
				TIR	88%	TIR	70%

Fonte: Elaborado pelo Autor

Uma comparação qualitativa considerando os retornos socioambientais de cada cenário foi realizado, considerando passivo pós fechamento, retorno social e retorno ambiental, onde são classificados em alto, médio ou baixo. A tabela 25 demonstra os resultados obtidos desta comparação.

Tabela 25 Estimativa de retorno socioambiental em cenário

Caso	Passivo pós-fechamento	Retorno Social	Retorno Ambiental
Máxima Extração	Alto	Baixo	Baixo
Loteamento	Baixo	Baixo/Médio	Médio
Clube	Baixo	Alto	Médio/Alto

Fonte: Elaborado pelo Autor

O caso que fornece o maior retorno financeiro para o empreendimento considerando apenas as receitas provenientes da mineração é o cenário de implantação de loteamento. Já o cenário menos atrativo economicamente é o de utilização como clube. Quando os cenários são comparados, considerando os investimentos necessários para implantação da mineração, nenhum dos cenários é atrativo economicamente, e o que resulta em menor prejuízo ao empreendedor é o de implantação de loteamento. Caso considere-se a atual situação, onde já existem equipamentos utilizados na mineração, os três cenários podem gerar receita positiva, onde, o mais atrativo continua sendo a implantação de loteamento, após, a máxima extração, e então o clube, como medida emergencial em caso de fechamento prematuro.

Quanto aos passivos ambientais, a máxima extração é a que deixa o maior deles, devido ao maior rebaixamento do piso, maior extração de recursos naturais e falta de uso futuro bem definido. Caso nenhum plano de utilização futuro e fechamento de minas seja posto em prática os impactos socioambientais podem ser agravados devido ao uso indevido da área. É sabido da exigência legal de fechamento e recuperação da área, porém aqui, cita-se que pode ocorrer o

abandono da área sem recuperação, como já ocorreram em outras minerações, este caso é apenas uma suposição, não sendo sugestão do autor, e nem uma opção legal para os dias atuais.

O cenário proposto de construção de loteamento tem um retorno social baixo a médio, pois a área terá seu uso limitado a pessoas com condições de adquirir um imóvel no local, acesso restrito e retorno ambiental médio, já que ainda existirão áreas desmatadas, impermeabilizadas, e afugentamento de fauna devido à movimentação de pessoas e veículos.

A proposta de um clube, apesar de ser a que tem o menor retorno financeiro, pode ser a que seja mais bem vista pela sociedade, devido à alta acessibilidade proporcionada por este projeto, onde toda comunidade tem acesso ao local. O retorno ambiental também tende a ser maior, pois é possível que haja maior reabilitação da vegetação e a área se torne a mais próxima à situação pré-mineração.

É importante salientar que valores residuais de venda de equipamentos no fim da vida útil dos cenários não foram considerando e tampouco estimados, visto o atual cenário incerto do empreendimento. Valores de mudança e renovação de frota também foram desconsiderados neste estudo, já que foram sugeridos apenas cenários conceituais. Estes valores tem a capacidade de alterar sensivelmente o fluxo de caixa e conseqüentemente o VPL geral do empreendimento.

Devido ao atual cenário econômico da região do litoral norte, principalmente quando considera-se a produção de agregados e o desenvolvimento habitacional, acredita-se que a melhor opção para o futuro do empreendimento é apostar na construção de loteamento, onde os valores de retorno do capital investido são maiores, e não menos importante, a mineração seria teria um impacto socioambiental mais baixo e seria mais bem vista pela sociedade, podendo ser utilizada como exemplo a ser seguido de sustentabilidade na mineração.

5. Capítulo 5 - Conclusões e Trabalhos Futuros

5.1. Conclusões

A metodologia proposta, mostrando possibilidades de uso futuro alternativo de áreas de mineração bem como seus impactos socioambientais demonstrou as vantagens de um planejamento integrado de um projeto de mineração para empresas de pequeno e médio porte. Com base em dados obtidos desde o planejamento inicial, é possível que se avaliar antecipadamente os resultados de diversos cenários para o fechamento de mina e seus respectivos impactos socioambientais e econômicos, podendo auxiliar o empreendedor tanto no caso de um fechamento prematuro ou fechamento com utilização futura da área bem definida.

Como a maioria dos empreendimentos mineiros de extração de agregados para construção civil são formados por pequenos e médios empresários sem muito capital disponível para investimentos e principalmente para pagamento de multas de autuações por simples desconhecimento dos aspectos legais. Portanto, é importante que seja criado um plano de ação para planejar antecipadamente o empreendimento, evitando situações de suspensão parcial ou permanente da mineração e conseqüentemente prejuízos tanto ao empreendimento quanto ao meio ambiente e sociedade. É importante que órgãos públicos fiscalizem, analisem de forma crítica e inclusive exijam planos de fechamento e utilização futura bem definidos e trabalhem em parceria com mineradores, pois só assim, é possível mitigar os passivos causados pelo abandono de uma área minerada e não recuperada. Estes passivos prejudicam ainda mais a imagem da mineração perante a sociedade e junto aos próprios órgãos fiscalizadores, o que acaba reduzindo cada vez mais as áreas disponíveis e aumentando os níveis de exigências e condicionantes para extração de agregados próximos de grandes centros. O efeito do distanciamento progressivo das unidades de produção de agregados dos centros urbanos e consumidores causam o aumento dos preços destes insumos devido ao maior custo de transporte.

Apesar da análise de usos futuros alternativos não ser bem difundida entre mineradores de agregados de pequeno a médio porte, nota-se que é possível que se tenham mudanças benéficas para o empreendedor, sociedade e órgãos do governo quando um plano de reabilitação é realizado. A avaliação de uso futuro torna-se ainda mais atrativa para o empreendedor quando é mostrado que mesmo após o fechamento da mineração, a área ainda pode possuir um valor econômico bastante elevado e novos empreendimentos rentáveis podem ser instalados em uma área considerada de baixo interesse.

Cabe ressaltar que as sugestões de uso futuro alternativo propostas para a área em estudo não devem ser considerados fixas e como únicas alternativas e devem ser considerados os aspectos peculiares de cada área. No caso específico a configuração da encosta, o aspecto cênico e paisagístico diferenciados, a expansão urbana das regiões litorâneas e a relativa proximidade com centros urbanos tornaram a proposta de criação de um condomínio residencial interessantes. Portanto, deve-se realizar uma análise completa do local onde a mineração está inserida, visto que cada local possui suas particularidades, e utilizações não citadas neste trabalho podem ser

mais viáveis. Entende-se que este tipo de análise é praticável para outros tipos de minas, com portes maiores e diferentes substâncias além dos agregados.

É importante notar que as análises de uso da área de mineração são bastante sensíveis à mudanças do mercado, portanto, devem ser realizadas em certos intervalos de tempo, considerando mudanças no preço de insumos, mão de obra e valor de venda do produto. Atualmente, como o mercado de agregados se encontra em baixa, devido a queda de investimentos em construção civil, o cenário de implantação de loteamentos acaba se mostrando o mais atrativo economicamente, porém, devido à proximidade de valores de VPL entre os cenários, caso o valor o do agregado tivesse uma grande alta, o cenário de extração máxima poderia ultrapassá-lo, e ser o cenário escolhido para dar continuidade à mineração.

Devido ao baixo valor de seus produtos, as minerações de agregados para construção civil acabam sendo, muitas vezes, negligenciadas inclusive por profissionais do setor. Como estas empresas, muitas vezes, têm grandes problemas econômicos, muitas delas não têm capacidade de arcar individualmente e de forma continuada com o custo de um engenheiro, sendo que, este profissional, muitas vezes é visto apenas como uma necessidade temporária para a obtenção das licenças necessárias para extração mineral. Sendo assim, os profissionais que atuam na área de agregados, são, em sua maioria, subutilizados pela gestão das empresas (SILVA, 2013). Este é um pensamento que deve ser modificado, já que, como a margem de lucros destes empreendimentos, é relativamente baixa, o Engenheiro de Minas pode atuar ativamente em vários setores desta empresa, reduzindo os custos e consequentemente aumentando a eficiência da operação e consequentemente a lucratividade da empresa.

Este estudo ainda mostra que um simples planejamento de fechamento de minas, juntamente com a elaboração de um PRAD (plano de recuperação de área degradada), não necessariamente é a melhor opção, quando outras abordagens podem ser realizadas para que se tenha uma visão geral mais ampla sobre o fechamento do empreendimento e uso futuro da área, de modo sustentável tanto economicamente, quanto ambiental e socialmente.

5.2. Sugestões de Trabalhos Futuros

Como propostas de desenvolvimentos a partir dos resultados obtidos nessa dissertação sugere-se algumas propostas conforme descritas abaixo:

- Realizar a análise financeira completa de usos futuros alternativos, com valores exatos de investimentos e previsões de retorno ao longo do tempo;
- Aplicar a metodologia em outras minerações e localidades, a fim de constatar novas variáveis locais a serem analisadas no processo de planejamento de fechamento da mineração;
- Realizar pesquisas com comunidades e órgãos públicos locais sobre o interesse e confiança em utilizar áreas mineradas como loteamentos, parques, etc.;
- Divulgar a importância do planejamento de uso futuro da área entre mineradores, mostrando as vantagens da realização deste tipo de análise.

- Definição detalhada de custos de investimento e operacionais em uma pedreira para produção de brita e areia
- Análise completa para novo licenciamento ambiental necessário para implantação de novo empreendimento.
- Realizar estudo completo para implantação de nova infraestrutura, como instalação elétrica, drenagem, fossas sépticas, etc.

Referências

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. AGREGADOS MINERAIS PARA OBRAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL E INFRAESTRUTURA NAS PRINCIPAIS REGIÕES METROPOLITANAS DO BRASIL: DIAGNÓSTICO E CENÁRIOS DA CADEIA PRODUTIVA, COM SEUS DESAFIOS E OPORTUNIDADES. Dezembro, 2012.

ABDI – Agência Nacional de Desenvolvimento Industrial - Relatório Técnico 1 – Análise da cadeia Produtiva de Agregados Minerais para Obras de Construção Civil e Infraestrutura , 2012.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT NBR ISO 14001:2015. Sistemas de gestão ambiental — Requisitos com orientações para uso

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR NBR7211 de 04/2009. Agregado para concreto – Especificação.

ALMEIDA, S. L. M. (Ed.); LUZ, A. B. (Ed.). Manual de agregados para construção civil. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2009. 412p.

ARAÚJO, F. C. R.; SOUZA, M. J. F. - Uma heurística para o planejamento operacional de lavra com alocação dinâmica de caminhões. REM: R. Esc. Minas, Ouro Preto, 64(1), p. 69-76, jan-mar. 2011.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS ENTIDADES DE PRODUTORES DE AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL - ANEPAC. Artigos. Disponível em < <http://anepac.org.br/agregados/artigos>> Acesso em 29/10/2016

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS ENTIDADES DE PRODUTORES DE AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL – ANEPAC. Perspectivas para o Setor de Agregados – Disponível em < <http://www.anepac.org.br/agregados/mercado>>, Acessado em 15/05/2017.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS ENTIDADES DE PRODUTORES DE AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL - ANEPAC. Revista Areia & Brita. Edição 57, Abril/Maio/Junho 2012, Disponível em: <http://anepac.org.br/wp/wp-content/uploads/2011/05/Revista57.pdf>. Acesso em 29/10/2016

BECHELLI, C. B. Utilização de matriz de impactos como ferramenta de análise em estudos de impacto de vizinhança: edifício residencial em Porto Rico – PR. In: XVI Encontro Nacional dos Geógrafos, Porto Alegre. 2010.

BITAR, O.Y & ORTEGA, R.D. Gestão Ambiental. In: OLIVEIRA, A.M.S. & BRITO, S.N.A. (Eds.). Geologia de Engenharia. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), 1998. cap. 32, p.499-508

BRANDT, W. 1998. - Avaliação de cenários futuros em planos de fechamento de mina. In: DIAS, L.E.; MELLO, J.W.V. (Ed.). Recuperação de áreas degradadas, Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, p. 131-134. 1998.

- BRASIL. Constituição (1988). 35. ed. Brasília: Câmara dos Deputados, 2012. 446p.
- BROWN, I. Quarrying. In: DARLING, P. (edited). - SME Mining Engineering Handbook. 3rd Ed. [S. l.]: Published by Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. cap. 10.11, p. 1031-1046. 2011.
- BRUNI, A. L., FAMÁ, R., SIQUEIRA, J. de Oliveira – Análise do risco na avaliação de Projetos de Investimento: Uma Aplicação do Método de Monte Carlo – Caderno de Pesquisas em Administração, São Paulo, v.1,nº6,1º Trim./98.
- CALAES, G. D., NETO, B. P. C., MANGUEROM, C., AMARAL, J. A. G. - Bases para o desenvolvimento sustentável e competitivo da indústria de agregados nas regiões metropolitanas do país – Parte 2, REM: R. Esc. Minas, Ouro Preto, 61(1): 47-56, jan. mar. 2008
- CALAES, G. D., NETO, B. P. C., MANGUEROM, C., AMARAL, J. A. G. - Bases para o desenvolvimento sustentável e competitivo da indústria de agregados nas regiões metropolitanas do país – Parte 1, REM: R. Esc. Minas, Ouro Preto, 60(4): 675-685, out. dez. 2007
- CAMELO, M. S. M. - Fechamento de mina: Análise de casos selecionados sob os focos ambiental, econômico e social. 2006. 64 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geotécnica de Barragens) – Núcleo de Geotecnia, UFOP, Ouro Preto. 2006.
- CHIOSSI, N. J. - Geologia Aplicada à Engenharia. II edição, São Paulo, Grêmio Politécnico, 1979.
- CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais /Serviço Geológico do Brasil. Gravataí- SH. 22-X-C-V, escala 1:100.000: nota explicativa./Ari Roisenberg, Juliana Charão Marques, Flávio Antônio Bachi, José Carlos Frantz.- Rio Grande do Sul: UFRGS/CPRM, 2007.
- CPRM, MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Folha SH 22, PORTO ALEGRE.
- CYTED, I Jornadas Iberoamericanas sobre Cierre de Minas, Lá Rábida, Huelav, Espanha, 25-29 de setembro de 2000.
- CREMONEZ, F. E; CREMONES, P. A; FEROLDI, M; DE CAMARGO, M. P.; KLAJN, F. F.; FEIDEN, A. - Avaliação de impacto ambiental: metodologias aplicadas no Brasil, REMOA - v.13, n.5, dez. 2014, p.3821-3830
- DIAS, E. G.C.S. - Avaliação de impacto ambiental de projetos de mineração no Estado de São Paulo: a etapa de acompanhamento. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia Mineral) Universidade de São Paulo. 2001.
- DIAS, L. P; COELHO, E. M. S.; SILVA, R. F.G. - PLANO DE FECHAMENTO DE MINA: ALTERNATIVAS PARA REUTILIZAÇÃO DA ÁREA IMPACTADA. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental. v. 5, n. 1, p. 371-394, abr./set. 2016
- DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral – Anuário Mineral Brasileiro. Edição 2010. Disponível em < <http://www.dnpm.gov.br/dnpm/paginas/anuario-mineral/arquivos/anuario-mineral-brasileiro-2010>> Acesso em 16/04/2016

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral. Sumário Mineral. Edição 2014. Disponível em < <http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2014>>. Acesso em 11/04/2017.

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral. Sumário Mineral. Edições 2000 a 2011. Disponível em <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=64>>. Acesso em 11/04/2017.

DUNN, J. R. - Geology and Exploration. In: BARKSDALE, R. D. (edited). The Aggregate Handbook. Arlington, Va: National Stone, Sand and Gravel Association. cap. 4, p. 4.1-4.46. 2001.

ELOY, E. J. S.; CARDOSO, L. R. A. - Parâmetros e conceitos dos custos de infra-estrutura em uma cidade média. São Paulo: EPUSP. 15 p. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/566). 2011.

FARIAS, C. E. G. - Mineração e meio Ambiente no Brasil – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Outubro, 2002.

FERNANDES, F. R. C.; LUZ; A. B.; MATOS, G. M. M. Matos; CASTILHOS, Z. C. - Tendências Tecnológicas Brasil 2015: Geociências e Tecnologia Mineral - CETEM/MCT - Rio de Janeiro/RJ: - 380 p. 2007.

FERREIRA, G. E.; JUNIOR, C. A. F. F. Mercado de Agregados no Brasil. In: LUZ, A. B; ALMEIDA, S. L. M. (editores). Manual de Agregados para a construção civil. 2ª Edição. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2012. cap. 2, p. 07-34.

FERREIRA, G.E.; ANDRADE, J,G. - Elaboração e Avaliação Econômica de Projetos de Mineração, Comunicação Técnica elaborada para o Livro Tratamento de Minérios, 5ª Edição – Capítulo 20 – pág. 899-932. Editores: Adão B. da Luz, João Alves Sampaio e Silvia Cristina A. França. Rio de Janeiro Agosto/2010

FINUCCI, M. Metodologias utilizadas na avaliação do impacto ambiental para a liberação comercial do plantio de transgênicos. 2010. 230f. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-graduação em Saúde Pública, Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. São Paulo-SP.

FREIRE, D. A mineração de agregados na região metropolitana de São Paulo. AREIA & BRITA. São Paulo: ANEPAC, 2000.

FUJIMOTO, N. S, STROHAECKER, T .M., KUNST, A. V., FERREIRAS, A. H. , USO E OCUPAÇÃO DO USO NO LITORAL NORTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL – BRASIL, Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina, Universidade de São Paulo – 20 a 26 de março de 2005.

GOOGLE EARTH. Imagens de Satélite da região de Osório. 2013. Disponível em: www.google.com.br/earth/media/licensing.html. Acesso em 29 Outubro de 2016

GUTIERRES, H. E P. - Efetividade da Gestão Ambiental nas Empresas de Mineração no Estado da Paraíba na Ótica das Comunidades – Revista OKARA, Geografia em debate, v.6, n2, p287-289, 2012.

IBGE. Manuais Técnicos em Geociências: Número 1 - Manual Técnico da Vegetação Brasileira. 2ªed. Rio de Janeiro, 2012.

IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração. Análise/mineração: produção de agregados para construção cresce e confirma avanço da economia, 2010. Disponível em < http://www.ibram.org.br/150/15001002.asp?ttCD_CHAVE=124267> Acesso em 12/04/2017.

IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração. Guia para Planejamento de Fechamento de Mina — Setembro / 2013

IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração. Informações e Análises da Economia Mineral Brasileira, 7ª Edição, Dezembro, 2012. Pg. 17-20.

KULAIF, Y. Análise dos mercados de matérias-primas minerais: estudo de caso da indústria de pedras britadas do Estado de São Paulo. São Paulo, 2001.

LA SERNA, H. A.; REZENDE, M. M. - Agregados para a Construção Civil. Departamento Nacional De Produção Mineral – DNPM. Brasília, 2009.

MEYER, M. M. - Gestão Ambiental no Setor Mineral: um estudo de caso. Florianópolis, 2000. 193f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2000.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME - Agregados Minerais Para Construção Civil: Areia, Brita e Cascalho, sem data.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME, PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE PASSIVOS AMBIENTAIS DA ATIVIDADE MINERÁRIA, Consultor: CIBELE TEIXEIRA PAIVA. Brasília, 2006

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME, Relatório Técnico 30 Perfil de brita para construção civil, CONSULTOR: Luiz Felipe Quaresma, 2009.

NERY, M. A. C. Aspectos regulatórios do fechamento de mina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. 13. 2009, Anais... Belo Horizonte, MG: IBRAM, 2009.

PETTER, C. O.; SAMPAIO, C.H.; PETTER FILHO, E.A. - Avaliação Econômica de Projetos de Mineração, Aplicação da Técnica do Fluxo de Caixa Descontado, Sem Data.

Poveda, E.P.R. 2007. A eficácia legal na desativação de empreendimentos minerários. São Paulo: Signus. 238pp.

RESOLUÇÃO CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986 Publicada no DOU, de 17 de fevereiro de 1986, Seção 1, páginas 2548-2549

RESOLUÇÃO CONAMA nº 369, de 28 de março de 2006 Publicada no DOU no 61, de 29 de março de 2006, Seção 1, páginas 150 – 151

SÁNCHEZ, L. E. – Gerenciamento ambiental e a indústria de mineração – Revista de Administração, São Paulo, v. 29, n.1, p67-75, Janeiro/Março, 1994

SÁNCHEZ, L. E. - Mineração e meio ambiente: Uma agenda para a pesquisa e o desenvolvimento. São Paulo: Brasil Mineral, 2007. Vol. 265.

SÁNCHEZ, L.E. - Projetos de recuperação: usos futuros e a relação com a comunidade. In: I Encontro de Mineração no Município de São Paulo. Anais... São Paulo: Secretaria das Administrações Regionais da Prefeitura do Municipal de São Paulo, 1994. p. 53-73.

Sánchez, L.E.; S.S.; Neri, A.C. Guia para o Planejamento do Fechamento de Mina. Brasília: Instituto Brasileiro de Mineração, 2013.

SEMA - Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Sul, Sem Data. Disponível em < <http://www.sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas> > Acesso em: 15/08/2016.

SILVA, E. S. – Metodologia de Planejamento, Análise de Custos, de Mercado, e Econômica para Unidades de Produção de Agregados para Construção Civil. 30/09/2013. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). PPGE3M – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2013.

SINGEO-MG (Sindicato dos Geólogos no Estado de Minas Gerais) & ABGE (Associação Brasileira de Geologia de Engenharia). 2006. Geologia na Gestão do Município. Belo Horizonte, 2006. 205p.

SINTONI, A. - A mineração no cenário do município de São Paulo: mercado e novas tecnologias. In: I Encontro de Mineração no Município de São Paulo. Anais... São Paulo: Secretaria das Administrações Regionais da Prefeitura do Municipal de São Paulo, 1994. p. 31-42.

SMITH, L.J. - Marketplace. In: BARKSDALE, R. D. (edited). The Aggregate Handbook. Arlington, Va: National Stone, Sand and Gravel Association, cap. 9, p. 9.1-9.40. 2001

SOUZA, M. G. - Fechamento de Mina: Aspectos Legais. 2002. Disponível em < <http://www.brasilminingsite.com.br/artigos/artigo.php?cod=31&typ=1> > Acesso em 14/06/2017.

TAVEIRA, A.L.S. - Análise qualitativa da distribuição e custos ambientais. Estudo de caso da Samarco Mineração S. A. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas – São Paulo. 1997

TAVEIRA, A.L.S. - Provisão de Recursos Financeiros para Fechamento de Empreendimentos Mineiros. São Paulo, 2003. Tese de Doutorado. Escola Politécnica de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo. 209p. 2003.

TOMMASI, L.R. Estudo de impacto ambiental. São Paulo: CETESB: Terragraph Artes e Informática. 1994, 354p

TONIDANDEL, R. de Paula – Aspectos legais e ambientais do fechamento de Mina no Estado de Minas Gerais – Dissertação de Mestrado UFMG – Belo Horizonte/MG: 2011.

TONIDANDEL, R. de Paula; PARIZZI, M, G; DE LIMA, H, M. - ASPECTOS LEGAIS E AMBIENTAIS SOBRE FECHAMENTO DE MINA, COM ÊNFASE NO ESTADO DE MINAS GERAIS / Geonomos, 20(1), 32-40, 2012 www.igc.ufmg.br/geonomos.

VILLAS BÔAS, R. C.; BARRETO, M. L. - Cierre de minas: experiencia em Iberoamerica. Rio de Janeiro: Cytel/I, 2000.

WILLIAM H. L.; LAWRENCE J. D. ; JANET S. S. - Aggregate and the environment. American Geological Institute, 2004.