

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

JULIANE QUINTANILHA DE ALBERGARIA

**EXECUÇÃO DE ATERRO DE REJEITOS DE MINERAÇÃO DE CÁLCARIO
NO MUNICÍPIO DE CAÇAPAVA DO SUL - RS**

**Caçapava do Sul
2017**

JULIANE QUINTANILHA DE ALBERGARIA

**EXECUÇÃO DE ATERRO DE REJEITOS DE MINERAÇÃO DE CÁLCARIO
NO MUNICÍPIO DE CAÇAPAVA DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador: Anelise Marlene Schimdt

**Caçapava do Sul
2017**

JULIANE QUINTANILHA DE ALBERGARIA

**EXECUÇÃO DE ATERRO DE REJEITOS DE MINERAÇÃO DE CÁLCARIO
NO MUNICÍPIO DE CAÇAPAVA DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido em: 06 de julho de 2017.

Banca examinadora:

Prof. Dra. Anelise Marlene Schimdt
Orientador
UNIPAMPA

Prof. Me. Guilherme Pacheco Casa Nova
UNIPAMPA

Prof. Me. Lucas Dotto Bueno
UNIPAMPA

Dedico este trabalho ao meu avô
Joaquim André Quintanilha, responsável
por minha educação e caráter.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus que me amparou em todos os momentos, me permitiu manter o equilíbrio e nunca me afligir perante as dificuldades.

Agradeço imensamente ao meu avô Joaquim André Quintanilha, que embora não estará presente em minha formatura por não estar mais entre nós, foi o responsável por toda a minha trajetória até a Universidade, tanto com apoio financeiro, mas principalmente com incentivo e muito amor.

Agradeço a minha família, em especial a minha mãe Maria das Graças Quintanilha por todo esforço para me manter durante a universidade mesmo não possuindo recursos e de todos os seus desdobramentos e preocupações comigo.

Agradeço a minha prima Nathália Quintanilha Queiroz, por me ouvir nos momentos difíceis, por seu companheirismo e bom humor marcante. Você deveria ser comediante ! Te amo prima.

A Prof. Dra. Anelise Marlene Schimdt, por sua orientação durante o estudo deste trabalho e principalmente por todo o carinho e atenção que sempre me proporcionou durante todo o período na universidade. Quero que saiba que te considero como uma mãe que Deus colocou em meu caminho, que sou imensamente grata e que peço a Deus um dia poder retribuir tudo que já fez por mim.

Ao Téc. Me. Guilherme Pacheco Casa Nova por nossos momentos descontraídos e amigáveis. Sempre prestativo e atencioso, um amigo que Deus colocou em meu caminho.

Ao Prof. Me. Lucas Dotto Bueno que embora esteja em uma breve passagem por nossa universidade, me auxiliou neste estudo de forma efetiva e atenciosa, com uma empatia indescritível. Agradeço imensamente por ter aceitado o convite para compor a banca.

A todos os professores que contribuíram para que eu pudesse caminhar por mim mesma e desenvolveram ainda mais a minha paixão pela engenharia.

Agradeço ao Engenheiro Ambiental Bruno Acosta Flores, o qual efetuou todo o apoio durante e após o estudo, sempre atencioso e paciente, me proporcionando um aprendizado na prática. Sou muito grata!

Agradeço a mineradora Dagoberto Barcellos S/A - DB constitui uma empresa dedicada, sempre receptiva a pesquisa e que me proporcionou a realização deste estudo.

Aos amigos que a universidade me proporcionou, em especial ao meu irmão de alma Bolívar S. Dall'agnese agradeço a Deus por você estar na minha vida e por todas as vezes que me amparou nos momentos mais difíceis e me fez rir e, principalmente de todos os por do sol que assistimos juntos.

Ao meu amigo Sergio Maturana Filho que esteve comigo desde o primeiro dia de faculdade, sei que te perturbo às vezes e que você tem prazer em discutir comigo, sinto sua falta aqui.

A todos os colegas de curso tanto os que auxiliaram quanto os que dificultaram a minha passagem pela faculdade, sou grata por cada experiência, pois elas me evoluíram e me ensinaram a persistir e encontrar o lado bom de toda e qualquer situação.

“Não se paga o mau com o mau, se paga o mau com o bem! Seja fiel a quem você é, pois o bonito é o caráter”.

Quintanilha. Joaquim A.

RESUMO

A mineração de calcário é uma importante atividade para a extração de matéria prima, no entanto, esta prática gera uma modificação no local de exploração gerando resíduos inutilizáveis e causando impactos ambientais. Este estudo se situa nas imediações da empresa de calcário denominada Dagoberto Barcellos S/A, em Caçapava do Sul. Nesta área, há um grande contingente de rochas calcárias, o que caracteriza o Escudo Sul-riograndense, região sudoeste do estado do Rio Grande do Sul, destacando o município de Caçapava do Sul, como de grande exploração mineral. Com a extração de minérios, ocorre uma modificação significativa na estrutura do local de exploração e seus arredores, pois é gerado um volume de rejeitos inutilizáveis que necessitam de disposição correta. Com o intuito de dispor esses rejeitos de forma ambientalmente adequada, este estudo tem como escopo e elaboração e execução de um aterro de resíduos sólidos provenientes das atividades mineradoras. Desta forma, realizou-se a caracterização da área através de imagens orbitais de satélite e dados adquiridos em campo, com a finalidade de conhecer a área, planejar e executar o procedimento para construção do aterro. Este estudo está em fase final de implementação, os resultados obtidos até o presente momento foram positivos uma vez que, houve o seguimento das normas ambientais, como o Plano Nacional de Resíduos Sólidos e as orientações da empresa com relação ao seu histórico de obras de aterro.

Palavras-Chave: Aterro, Resíduos, Mineração.

ABSTRACT

Limestone mining is an important activity for the extraction of raw material, however, this practice generates a modification in the exploitation site generating unusable residues and causing environmental impacts. This study is located in the limestone company surroundings named Dagoberto Barcellos S/A, in Caçapava do Sul. In this area there is a large contingent of calcareous rocks which features the Rio Grande do Sul Shield, the southwestern region of the State of Rio Grande do Sul, especially in the municipality of Caçapava do Sul, as large mining area. With the extraction of minerals, there is a significant change in the local structure of exploitation and its surroundings because it generated a volume of unusable waste that must be deposited correctly. In order to eliminate these wastes in an environmentally safe way, this study has the scope and elaboration and execution of a landfill of solid waste from mining activities. In this way, the area was characterized by satellite orbital images and data acquired in the field, with the purpose of knowing the area, planning and executing the procedure for construction of the landfill. This study is in the final phase of implementation, the results obtained up to the present moment were positive since there was a follow-up of environmental standards, such as the National Solid Waste Plan and the company's guidelines regarding its history of landfill works.

Keywords: Landfill, Waste, Mining.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapas de situação e localização da área de estudo.....	14
Figura 2: Área de estudo com vista lateral.	16
Figura 3: Área de estudo com vista frontal.	17
Figura 4: (a) Imagem do talude vista com o galpão à esquerda; (b) Imagem do talude vista com o galpão à direita; (c) Imagem do talude vista ao térreo do talude.	17
Figura 5: Área de estudo sob consequência da chuva, com indicação em vermelho da área a ser construída.	19
Figura 6: Modelo de vala de drenagem à ser implementado.	19
Figura 7: Trator avançando com o material de rejeitos para ampliar o terreno.....	21
Figura 8: Avanço do banco da pilha de estéril no método por ponta de aterro.	21
Figura 9: Retaludamento da face do banco.	22
Figura 10: Deposição dos rejeitos na área de estudo.....	22
Figura 11: Talude em fase de ampliação e modificação de declividade.	23
Figura 12: Avanço do banco da pilha de estéril no método por ponta de aterro.	24
Figura 13: Início de obra do galpão com as estruturas fixadas.	25
Figura 14: Imagem do terreno antes da iniciação de obra do aterro de rejeitos.....	26
Figura 15: Resultados esperados após a conclusão da construção do aterro.....	27
Figura 16: Contorno da área de estudo com inclinação reduzida e área revegetada.	28
Figura 17: Imagem atual do local de estudo após a conclusão do aterro.	29

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	4
2.1 Geral.....	4
2.2 Específicos	4
3. REVISÃO DE LITERATURA	5
3.1 Mineração de calcário	5
3.2 Degradação ambiental por atividade de mineração	6
3.3 Aterros de rejeitos	7
3.3.1 Pilha de estéril	8
3.3.2 Métodos construtivos de depósito de rejeitos da mineração	9
3.4 Recuperação de áreas degradadas	11
3.4.1 PRAD em áreas de mineração.....	12
4. ÁREA DE ESTUDO	13
5. MÉTODO	15
5.1 Diagnósticos da área	15
5.2 Observações de campo: análise de recuperação da degradação	18
5.3 Execução do aterro de resíduos	20
6. RESULTADOS	25
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
8. REFERÊNCIAS	31

1. INTRODUÇÃO

A indústria mineira percorreu um longo trajeto de exploração de recursos minerais sem grandes preocupações com o meio ambiente até o surgimento de leis regulamentadoras que exigissem uma forma conveniente e com razoável demanda de custos para o descarte de resíduos da sua produção.

Com a legislação atuando sobre as empresas de mineração, tornou-se incontestável a necessidade de mudanças que assegurassem a qualidade ambiental na área de exploração através do tratamento dos poluentes gerados pela própria empresa e a realização da recuperação do local após a exploração (Manahan et al. 2013).

A mineração exerce uma função essencial para o desenvolvimento da sociedade. A matéria prima do setor mineiro é utilizada por indústrias metalúrgicas, siderúrgicas, petroquímica, dentre outras, para confecção de materiais que utilizamos em grande escala no nosso cotidiano. Em 2014, o setor mineral representou cerca de 5% do PIB, o valor de US\$ 40 bilhões e, para dar continuidade à exploração e ao aproveitamento de novos depósitos minerais, são estimados investimentos US\$ 53,6 bilhões no período 2014/2018 (IBRAM 2015).

A mineração contribuiu efetivamente para evolução humana, mas na mesma medida que ocorreu essa evolução houve também um significativo aumento da degradação ambiental, pois o processo de mineração possui uma alta capacidade de alterar o meio ambiente natural, por ação de suas atividades a tendência é uma diminuição na produtividade e na qualidade ambiental, que necessitará da aplicação de medidas para sua recuperação (TEIXEIRA et al., 1999).

Durante o processo de extração de minérios verifica-se uma grande movimentação do volume de materiais no local, devido à atividade de mineração, na qual são originados em grandes quantidades dois tipos de resíduos sólidos, os estéreis e os rejeitos.

No início do processo de extração de minério, ocorre a remoção da camada de terra depositada sobre a rocha, ou seja, o decapeamento da mina que produz os estéreis que são materiais provindos da escavação. Embora sejam desprovidos de valor econômico, são estocados, de forma a constituir uma pilha de estéreis.

Os rejeitos são resíduos resultantes dos processos de beneficiamento de minérios que consistem de operações que buscam extrair os minerais não proveitosos de um

minério, dos minerais de valia, passíveis de serem explorados economicamente, sem que transcorra uma modificação das características química e física do minério. O propósito desses processos justifica-se por uma questão de padronização granulométrica, subtração mineral sem valor econômico e elevação da qualidade, em teor de pureza do produto final.

Com a geração dos estéreis e dos rejeitos devido às ações da mineração, torna-se irrefragável a responsabilidade das empresas mineradoras em dispor esses resíduos de forma adequada, a fim de preservar o meio ambiente e bem estar social.

A implantação de uma Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS tornou-se um instrumento fundamental de política pública para que soluções apropriadas sejam efetuadas, adequando os objetivos de desenvolvimento socioeconômico e preservação da qualidade ambiental.

Aprovada sob a Lei nº 12.305/10, a Política Nacional de Resíduos Sólidos instituiu a elaboração do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, sendo o seu processo de construção descrito no Decreto no. 7.404/2010 e contempla diversas medidas para os diversos tipos de resíduos gerados, alternativas de gestão e gerenciamento passíveis de implementação, bem como metas para diferentes cenários, programas, projetos e ações correspondentes.

Dentre as normas estabelecidas, destaca-se a o art. 47, inc. II, da Lei nº 12.305/10, que proíbe o lançamento de resíduos in natura a céu aberto, sendo excetuados os resíduos de mineração. Desta forma, pode-se aplicar a “distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos” (art.3º, VIII).

O aterro de rejeitos apresenta-se como um recurso de disposição final ambientalmente adequada, em razão da formação de pilhas controlada ser evidentemente mais onerosa ao empreendimento mineiro que o simples aterramento do material nas encostas ou terrenos adjacentes à mina (BATES, 2003).

Para que o processo de disposição final de resíduos sólidos em aterro se concretize de modo estável e seguro, conciliando a exploração mineral com a recuperação da degradação ambiental gerada, são elaborados e aplicados os Planos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRADs), que dentre outros vários aspectos ambientais, englobam um conjunto de técnicas que mitigam o impacto ambiental, incluindo o reflorestamento da área. Dessa forma, atendendo a legislação brasileira, que

obriga as empresas a reparar os danos ambientais causados, estando sujeitos à sanções penais para pessoas físicas ou administrativas para pessoas jurídicas (BRASIL, 1988).

A contribuição do setor mineral é evidente assim como a necessidade de tratamento aos poluentes a serem gerados. Na perspectiva de ambas as partes se desenvolverem de forma equilibrada, o presente estudo tem como escopo a execução de um aterro de rejeitos de rochas inutilizáveis de uma empresa do setor mineral, especializada em extração de calcário localizada no município de Caçapava do Sul – RS.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

- Execução de um aterro de rejeitos de rochas inutilizáveis de uma empresa do setor mineral, especializada em extração de calcário localizada no município de Caçapava do Sul – RS.

2.2 Específicos

- Investigação da área de estudo através de pesquisa de campo;
- Aplicar o método construtivo por ponta de aterro; e
- Análise da área de estudo pós-construção para futura aplicação do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD).

3. REVISÃO DE LITERATURA

Nesta seção apresenta-se alguns tópicos sobre assuntos inerentes ao objetivo de estudo referentes à conhecimentos necessários para a construção de um aterro rejeitos de mineração. São retratadas também técnicas de recuperação de áreas degradadas uma vez que se pretende reflorestar a área de implantação do aterro.

3.1 Mineração de calcário

O calcário é uma rocha sedimentar formada por mais de 50% de carbonato em sua composição, os minerais responsáveis por esse carbonato são a calcita CaCO_3 e a dolomita $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, (UNESP, 2001). De acordo com a geologia local descrita por Porcher e Lopes (2000), a formação de calcário é anterior a formação de rochas graníticas e metamórficas, desta forma esta interação das rochas alterou a composição mineralógica, afetando negativamente o valor econômico e o custo de extração, pois aumentou a quantidade de impurezas no calcário.

O calcário apresenta uma grande variedade de usos, desde matéria prima para a construção civil, matéria prima para a fabricação de cal, fonte de ligante hidráulico (cal) na fabricação de cimento, e até como rocha ornamental. As rochas carbonadas e seus produtos também são utilizados como corretivos de solos ácidos, refratários, abrasivos, matéria-prima para as indústrias de papel, plásticos, química, siderúrgica, de vidro, dentre outros (Sampaio e Almeida, 2005).

No Brasil a extração de calcários está aumentando, os valores indicam um crescimento na produção de aproximadamente 14,5 milhões em 2009 para 33 milhões de toneladas em 2013, sendo os principais estados produtores em ordem decrescente, Mato Grosso, Paraná, Minas Gerais, Goiás, Rio Grande do Sul, São Paulo e Tocantins. O Rio Grande do Sul representa quase 10% da produção total do país, fazendo a região de Caçapava do Sul, que concentra grande parte das reservas do estado, investir sua economia na mineração de calcário. (MARTINS, 2014).

Na atividade de mineração existem dois tipos principais de resíduos sólidos: os estéreis e os rejeitos. Os estéreis são os materiais escavados, gerados pelas atividades de extração (ou lavra) no decapeamento da mina, que são desprovidos de valor econômico

e ficam geralmente dispostos em pilhas. Os rejeitos são resíduos resultantes dos processos de beneficiamento e corresponde aos minérios sem valor econômico (Silva et al., 2011).

Entre as substâncias das rochas carbonáticas, que são constituídas principalmente por calcita e/ou dolomita estão as impurezas que serão descartadas como rejeito, como silicatos, fosfatos, sulfetos, sulfatos, óxidos e matéria orgânica (MINEROPAR, 2015).

3.2 Degradação ambiental por atividade de mineração

Segundo Sánchez (2006), o conceito de degradação ambiental aborda diversos significados que estão diretamente relacionados a fatores que interferem no equilíbrio ecológico que comprometam a fauna, flora e conseqüentemente o equilíbrio do meio ambiente, como: degeneração de funções ambientais, alteração nas paisagens e o risco a saúde e a segurança da população, podendo ser considerada como um processo de descaracterização e degradação do meio ambiente provocado por alterações de ordem física, química ou biológica.

Por volta do ano de 1986, quando foram estabelecidas no Brasil as primeiras diretrizes básicas para elaboração dos estudos de impactos ambientais (EIA) e relatórios de impactos ambientais (RIMA), o termo “degradação da qualidade ambiental”, tornou-se mais utilizado de forma a questionar a qualidade do meio ambiente após a ação do ser humano (SÁNCHEZ, 1993).

É importante ressaltar que, “degradação ambiental” não deve ser confundida com “impacto ambiental”, como esclarece Meneguzzo (2006), existe uma distinção de ambos os termos e essa diferença é destacada no fato de que a degradação ambiental é um fenômeno exclusivamente adverso referente ao desgaste e/ou deterioração, enquanto o termo impacto ambiental está relacionado a um aspecto, que pode ser tanto positivo como negativo.

No setor mineiro, o conceito de área degradada é definido de acordo com a NBR 13030/1998, referente a elaboração e apresentação de projetos de reabilitação de áreas degradadas pela mineração, que define como “aquela com diversos graus de alteração dos fatores bióticos e abióticos, causados pelas atividades de mineração”.

Guimarães (2011) destaca que das áreas degradadas por atividades mineiras, há a formação de taludes ocasionada por remoção de solo, esta formação pode sofrer diversas alterações de acordo com as condições de estabilidade, dentre os fatores interferentes do meio, destaca-se as ações do vento, a formação geológica, as características do solo, a inclinação do terreno e do talude, a hidrologia, o clima, a cobertura vegetal, dentre outros.

A execução de taludes de corte e de aterros pode acarretar superfícies suscetíveis à erosão tanto por exposição da rocha decomposta por intemperismo químico para um material friável, quanto pela utilização de material inadequado ou práticas errôneas de compactação de aterros. A ausência de cobertura vegetal do solo e de sistemas de drenagem superficial pode acentuar essa vulnerabilidade (COUTO, 2010).

3.3 Aterros de rejeitos

Um aterro de rejeito de mineração possui o objetivo de conter os materiais resultantes da extração e beneficiamento do minério, materiais estes que podem ser tanto sólidos como líquidos e minimizar os impactos ambientais consequentes deste processo.

De acordo com Soares (2010), o conceito de aterro de resíduos consiste em uma área onde são depositados, em camadas compactadas, resíduos sólidos, para que sejam posteriormente tratados ou integrados ao local de maneira a reduzir ao mínimo os efeitos nocivos sobre o ambiente ou a saúde pública.

Conforme a NBR 8419/1992 da ABNT o aterro de resíduos é uma técnica de disposição de resíduos sólidos ou líquidos no solo, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente, minimizando os impactos ambientais. Este método faz uso de princípios de engenharia para confinar os resíduos à menor área possível, reduzindo-os ao menor volume permissível e finalizando com uma camada de terra na conclusão de cada trabalho, ou intervalos menores, caso seja necessário.

Em relação aos rejeitos, segundo Amorim et al, (1995) eles são partículas sólidas resultantes da moagem, britagem e o tratamento químico que não possuem valor econômico, com variação na granulometria de acordo com o tipo de minério. Este mesmo autor ainda menciona informações importantes para o planejamento do aterro, ele deve ser feito utilizando o próprio material extraído na lavra. Para minimizar os

custos, sua localização deve ser estrategicamente planejada, para que possa suportar a quantidade de material e proporcionar segurança respeitando as exigências de proteção ambiental.

O aterro de resíduos sólidos é uma obra contínua, seu planejamento deve ser feito de tal forma que quando finalizado, ele irá durar durante as atividades da mina e ainda por muitos anos, minimizando os impactos ambientais daquela área. A construção de um aterro de resíduos sólidos deve possibilitar o acompanhamento de possíveis alterações e aprimoramentos do projeto inicial, podendo assim realizar a disposição controlada do material de rejeito de forma contínua e segura. (SOARES, 2010).

Segundo Silva et al. (2011), o sistema de deposição de estéril deve funcionar como uma estrutura projetada e implantada para acumular materiais, em caráter temporário ou definitivo, dispostos de modo planejado e controlado em condições de estabilidade geotécnica e protegido de ações erosivas, de modo a mitigar a geração de resíduos e movimentos de massa.

3.3.1 Pilha de estéril

Estéril é definido como um aglomerado de minerais com um baixo valor econômico ou mesmo sem valor, o qual é extraído da área de lavra a fim de garantir o acesso ao corpo do minério a ser explorado. O material estéril deve ser identificado, removido, transportado e estocado. A estocagem deste material geralmente ocorre sob a forma de pilhas, que podem ser distribuídas por dois métodos, os ascendentes (de baixo para cima), ou os descendentes (de cima para baixo que são os métodos de ponta de aterro).

Devido as pilhas de estéril possuírem uma constituição de diversos tipos de materiais, é importante ter cuidado com as características dos mesmos, tais como: coesão, ângulo de atrito, peso específico e ângulo natural de estabilidade dos materiais que englobam o estéril como um todo.

Algumas normativas orientam quanto a este cuidado a ser aderido no manejo de pilhas de estéril, como descrito na NRM 19 - Portaria DNPM nº 237 de 18/10/2001 e que estão apresentados a seguir:

- a construção de depósitos de estéril, rejeitos e produtos deve ser precedida de estudos geotécnicos, hidrológicos e hidrogeológicos;
- os depósitos de estéril devem ser construídos com dispositivos de drenagem interna de forma que não permitam a saturação do maciço;
- a estocagem definitiva ou temporária de estéril e materiais diversos provenientes da mineração deve ser realizada com o máximo de segurança e o mínimo de impacto no ambiente.

A NBR 13029/1993 assim como a sua versão atualizada da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas que fala sobre a disposição de estéril em pilhas na mineração, instruindo como deve ser feita a disposição do material estéril. O material deve ser disposto dentro da própria cava da mina, ou o mais próximo possível, de preferência em áreas já degradadas e dentro dos limites legais do empreendimento.

3.3.2 Métodos construtivos de depósito de rejeitos da mineração

Para selecionar um local adequado para a construção de uma pilha de estéril é necessário observar que cada local possui suas peculiaridades, sendo único, especificamente com relação a sua geologia, topografia, fauna, flora, aspectos sócio econômicos, hidrologia, hidrogeologia, geotecnia etc.(Eaton et al.,2005).

A escolha da metodologia é realizada de acordo com o empreendimento e suas especificidades, o autor ressalta, dentre tantas particularidades, as mais importantes para uma empresa como: os métodos de compactação, drenagem, transporte de solo, revegetação do local, benefícios e custos.

Os métodos construtivos de depósitos de rejeitos são divididos em três técnicas: método construtivo de depósito de rejeitos em camadas; método construtivo de pilha por bancos ou ponta de aterro e; método construtivo de pilha com correias, como descreve a FEPAM (2009):

Método construtivo de depósito de rejeitos em camadas: utilizando um caminhão para o transporte de estéril, o método consiste em descarregar o material por basculamento na plataforma aberta, formando pequenas pilhas. Após a disposição do estéril na forma de pilhas, um trator nivela realizando uma “quebra” do material

formando uma camada de espessura uniforme, e criando uma nova área para disposições. O processo se repete até a altura final da pilha.

Método construtivo de pilha por bancos ou ponta de aterro: com a utilização de caminhão para transporte de estéril, esse método consiste em bascular o material na ponta da plataforma de trabalho (“crista”) e avançar o aterro no ângulo de repouso. Esse avanço do banco é feito tanto de forma perpendicular a face do banco quanto paralelo, sobre aterro, ou seja, sobre material não compactado, apenas lançado, propiciando eventuais deformações e mesmo ruptura da frente do banco. Por razões de segurança, o lançamento de material na ponta do aterro é comumente realizado por um trator de lâmina (que empurra o material por sobre a crista). Após o término de avanço do banco, sua finalização requer uma atenuação da inclinação, propiciando uma estabilidade física de fator de segurança de 1,5 normatizado, segundo a NBR 11682/1991 – Estabilidade de encostas. Esse rebatimento, assim como o recuo de cada banco em relação ao banco inferior, que deixa uma faixa livre de carregamento (berma) e contribui também para a estabilidade geral da pilha.

Método Construtivo de Pilha com correias: a correia é a forma com que o material é transportado, e em seguida depositado na pilha. Na prática, o lançamento do estéril normalmente é realizado por um sistema mais eficaz e específico denominado “*spreader*”. De acordo com a SAMARCO (2010) o *spreader* é um método aparentemente simples, no entanto, a técnica de dispor o material e o modo de construção, que está diretamente relacionado ao planejamento da construção da pilha de estéril e a formação a pilha por bancos parece ao risco operacional de um rompimento de talude.

- Compactação dos solos

A compactação de um solo consiste basicamente no aumento do peso específico do solo e na redução de seus vazios com a execução de processos mecânicos, o efeito desta técnica possibilita o aumento da resistência do solo e a diminuição da sua compressibilidade e permeabilidade (Oliveira Filho, 1987).

A construção de um aterro de estéril de rejeitos é uma obra de terra, porém não passa por um controle rígido de compactação, diferente de obras de grande porte da engenharia (rodovias, barragens, metros, dentre outros). Esses aterros não necessitam deste acompanhamento, pois, na maioria das vezes sua destinação final é a sua incorporação ao meio ambiente e para isso basta que sejam uma estrutura que sustenta a

si própria, ou seja, autoportante, sem necessidade de fixação ao solo e com uma margem de segurança aceitável e dentro da norma (ABNT, 2006).

- Drenagem

A drenagem do terreno é fundamental para favorecer o escoamento da água do topo das pilhas e no controle da erosão. Para tanto, utilizam-se de técnicas de construção de canal para coleta do fluxo da água, ou mesmo o plantio de árvores que possuem raízes profundas para minimizar a infiltração (Braja, 2007).

O controle da drenagem evita que as infiltrações decorrentes da água da chuva infiltrem do topo para o interior da pilha, pois essa descarga deve convergir para uma linha de fluxo estável, ou seja, direcionando o fluxo de água ao nível do solo e em seguida, ao local de disposição previsto no projeto de drenagem (Luz, 2015). De acordo com o autor, na drenagem de pilhas de estéril ou de rejeitos, é essencial considerar o efeito da formação de poças no topo da pilha, a profundidade e a sua duração para reduzir ou anular esse efeito, por meio de técnicas de terraplanagem, como por exemplo, o nivelamento do terreno e a revegetação.

- Cobertura Vegetal

Segundo Luz (2015), a cobertura vegetal é um fator que unido a drenagem da água do terreno, equilibra o fluxo da água do topo da pilha sobre suas encostas, até o nível do solo, sem causar danos ao formato da pilha. A cobertura vegetal de superfícies e taludes são essenciais, pois evitam a penetração da água no interior da pilha que provocaria a denudação e a erosão do talude, podendo ocasionar o deslizamento do solo.

Soares (2010) destaca que, os métodos de compactação, drenagem e cobertura vegetal, quando aplicados de forma correta, propiciam as empresas se adequarem as normas ambientais de maneira econômica e sustentável.

3.4 Recuperação de áreas degradadas

Segundo a Lei Federal N° 9.985, de 18 de julho de 2000, em seu art. 2, Paragrafo XIII, recuperação é a “restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original” (BRASIL, SINUC 2000).

Impacto ambiental pode ser definido como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente resultantes de atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais. (Resolução CONAMA n.º 01 de 23/01/86).

Sánchez (2006) compreende que, a recuperação de áreas degradadas pode ser definida como “o resultado da aplicação de técnicas de manejo visando tornar uma área degradada apta para um novo uso produtivo”.

“A recuperação de áreas degradadas consiste no restabelecimento do equilíbrio dos processos físicos e/ou químicos e/ou biológicos, permitindo o uso da área após a interrupção dos mecanismos que levaram a degradação” (ZUQUETTE et al., 2013).

3.4.1 PRAD em áreas de mineração

O Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) foi estabelecido pelos órgãos ambientais de forma à integrar o processo de licenciamento de atividades degradadoras do meio ambiente ou mesmo após um empreendimento ser informado legalmente por causar degradação ambiental. O PRAD é um conjunto de medidas que visa reestabelecer condições equilíbrio ambiental à área degradada, de maneira que a mesma possa se desenvolver em âmbito florestal e paisagístico (IMA, 2011).

A legislação mineral brasileira tem como base o Código de Mineração (Decreto-Lei Federal 227/67), que dispõe sobre o regime de aproveitamento dos recursos minerais explorados encontrados na superfície ou no subsolo nacional. A Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto Nº 99.274/90, relativa a Política Nacional do Meio Ambiente, faz referência a seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. Em seu Art. 4º, afirma que a Política Nacional do Meio Ambiente visará:

VII - (...) obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados e, ao usuário da contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos.

Em seu Art. 2º, ele define o conceito de degradação:

(...) são considerados como degradação os processos resultantes dos danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas

propriedades, tais como, a qualidade ou capacidade produtiva dos recursos ambientais.

Art. 3º, o decreto estabelece a finalidade dos PRAD: A finalidade dos PRAD consiste em possibilitar o retorno do sítio degradado a um estado satisfatório de estabilidade do ambiental.

Desta forma, a elaboração dos projetos de exploração e obtenção das licenças inclui a responsabilidade ambiental, portanto a empresa mineradora deverá elaborar o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) com o intuito de minimizar os impactos ambientais decorrentes da sua atividade.

4. ÁREA DE ESTUDO

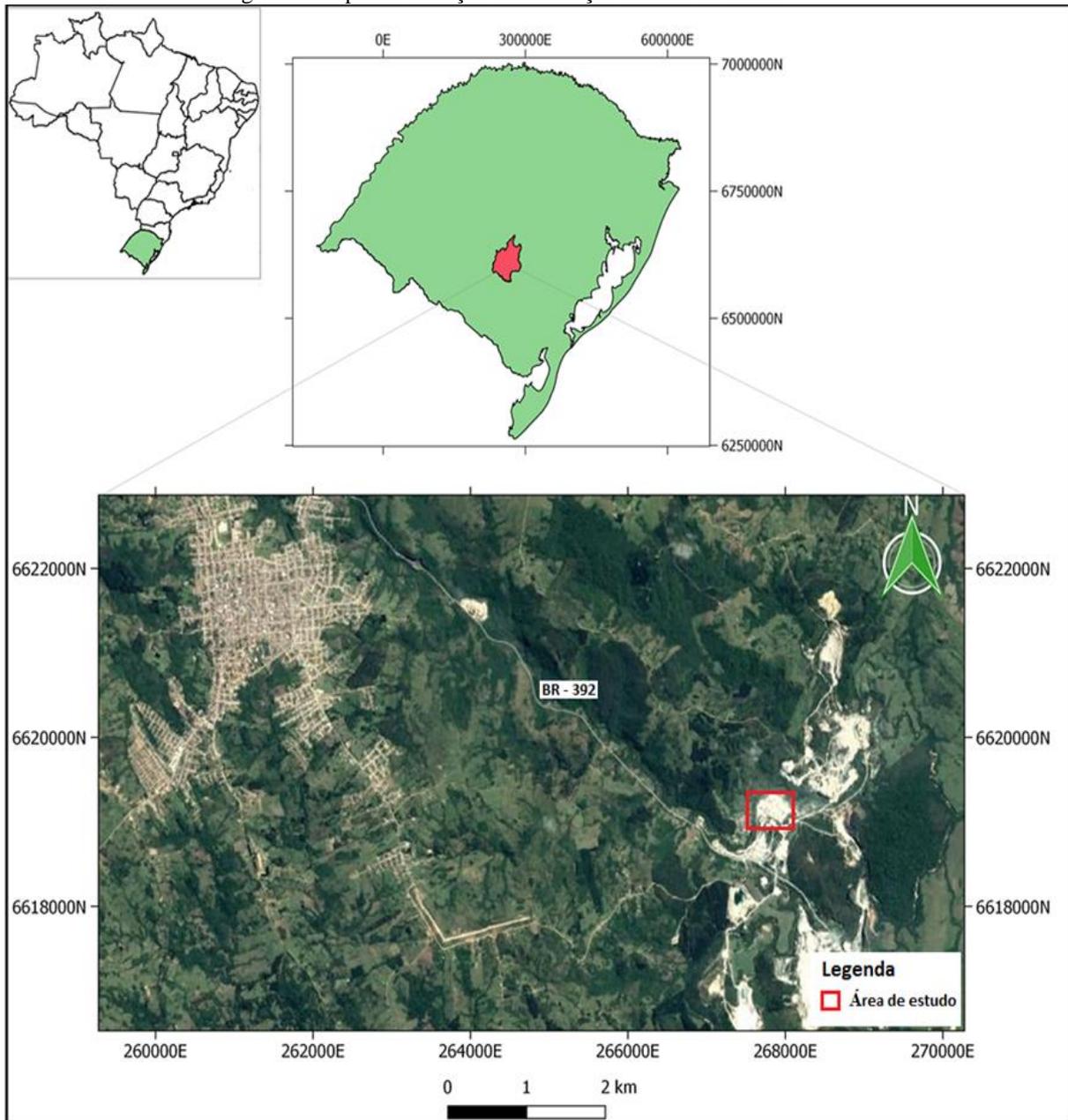
A cidade de Caçapava do Sul abrange uma área de 3.047 km², com população de cerca de 34.654 habitantes (IBGE, 2015), com a economia baseada no setor primário, na pecuária, agricultura e mineração.

A área de estudo encontra-se na região de Caçapava do Sul localizada no centro-sul do estado do Rio Grande do Sul, conhecida por ser um grande polo industrial na área de exploração e lavra de calcário. Distante a 259 km da capital Porto Alegre pela BR 290, próxima do cruzamento das rodovias RS 357 e BR 392, a área de estudo está inserida na empresa de mineração de calcário Dagoberto Barcellos S/A - DB (figura 1). As coordenadas do ponto inicial da área de estudos são 30° 32'11,73"S e 53°25'13,97"O, a partir da qual foi realizado o percurso até o ponto final com as coordenadas 30°32'10,03"S e 53°25'13,13"O.

Os minerais extraídos na região, essencialmente o calcário dolomítico, são destinados à produção de argamassa e cal, utilizadas em diversas áreas como na construção civil e na agricultura essencialmente para correção de acidez dos solos.

A mineradora Dagoberto Barcellos S/A - DB constitui uma empresa dedicada à exploração de calcário no Estado do Rio Grande do Sul, onde assume o compromisso de garantir que todas as atividades de sua operação sejam desenvolvidas preservando o meio ambiente, a segurança e a saúde de seus empregados e de seus prestadores de serviços e, mostrou-se solícita durante todo o desenvolver deste estudo.

Figura 1: Mapas de situação e localização da área de estudo.



Fonte: Adaptado de imagem do Google Earth, 2017.

5. MÉTODO

A realização do trabalho consistiu em visitas técnicas à empresa de mineração de rocha calcária Dagoberto Barcellos S/A – DB, assim como a pesquisa ao acervo bibliográfico e histórico de construções de aterros da própria empresa.

O projeto foi realizado em conjunto com o profissional da empresa, Engenheiro Ambiental Bruno Acosta Flores, o qual efetuou o apoio técnico durante o período de planejamento e execução.

O aterro deste trabalho visa à contenção a céu aberto de materiais inconsolidados como argila, silte, areia e seixo, resultantes dos processos de mineração de calcário.

A empresa pretende realizar a ampliação da área para que a mesma seja utilizada na expansão de um galpão localizado ao lado do local de estudo, portanto, a escolha do método construtivo de aterro, bem como a regularização da inclinação do talude da área, foram idealizadas com base neste objetivo.

As pesquisas quanto ao planejamento de construção do aterro de rejeitos, sistemas de drenagem, reflorestamento, dentre outros mecanismos para implantação do aterro, foram obtidas através da própria empresa, que possui uma configuração deste processo, com base no histórico de outras áreas da empresa que foram destinadas para a mesma finalidade.

O monitoramento regular da obra com auxílio de ferramentas de registro (máquina fotográfica e diário de campo) possibilitou a associação dos dados registrados pela instrumentação com a observação de campo, permitindo correlações importantes que serviram de subsídios para as análises e conclusão da pesquisa.

5.1 Diagnósticos da área

Para produção de cartogramas empregou-se o georreferenciamento da área e o programa Google Earth. Para obtenção das imagens orbitais, utilizou-se também o GPS, trena e máquina fotográfica para demarcar a área com os pontos de interesse e fotografar as ocorrências registradas.

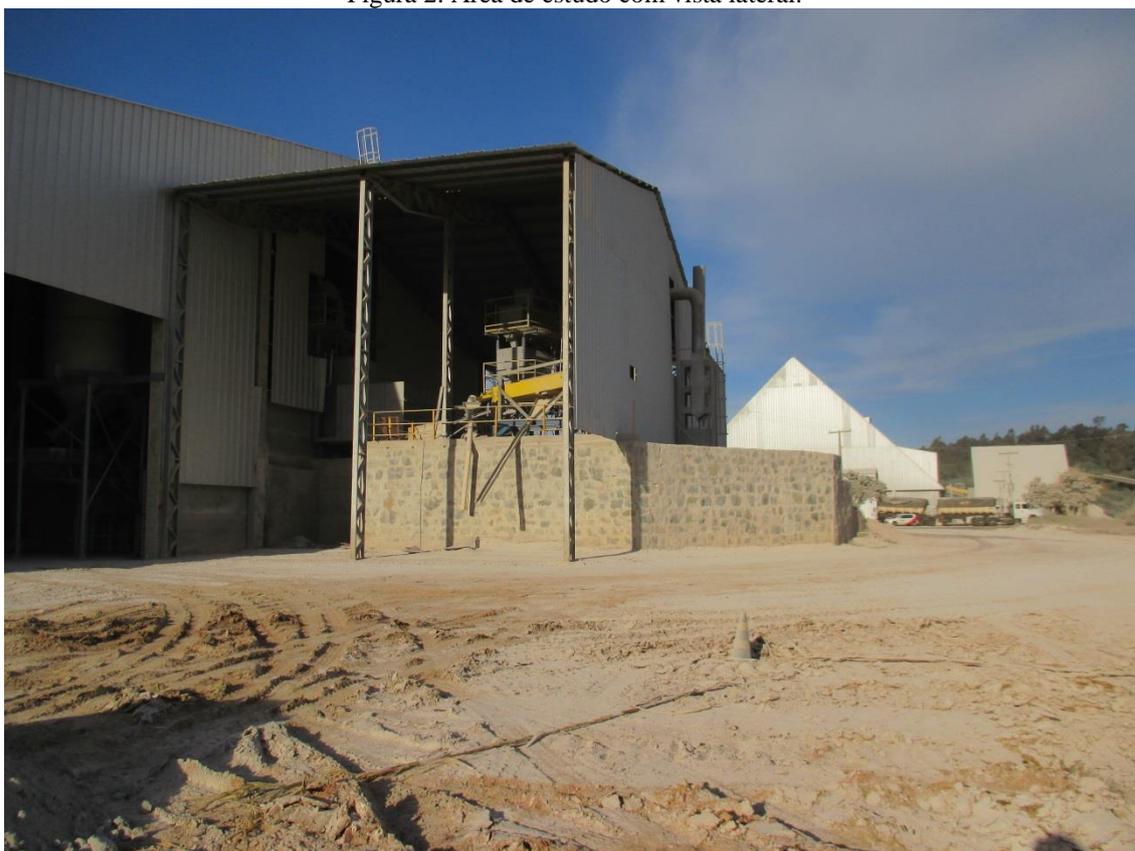
Na segunda fase, a atividade executada foi uma pesquisa de dados de documentos da empresa mineradora em que consta o reconhecimento do solo que

servirá como área de deposição de material de rejeito e estéril das operações mineiras. Para este reconhecimento do solo realizou-se doze sondagens em uma malha aproximadamente regular, com espaçamento médio de 15 m.

A campanha geotécnica foi realizada com auxílio de um trado manual. Através desse equipamento foram identificados três horizontes de solo característicos: (A) argila á argila siltosa e arenosa de coloração preta à marrom, (B) silte à silte arenoso e argiloso de coloração variada e (C) argila vermelha à areia argilosa vermelha, o horizonte (C) corresponde o material de alteração do embasamento granítico da região. O método utilizado para classificar o solo foi tátil-visual.

No local de estudo, denominado aterro de rejeitos, realizou-se o mapeamento de uma área de 13,0 metros de largura por 56,0 metros de comprimento (728,0 m²) e a verificação das condições da estrada de terra em relação à inclinação, falta de cobertura vegetal, drenagem, dentre outros estabelecidos dentro do PRAD (figuras 2 e 3).

Figura 2: Área de estudo com vista lateral.



Fonte: Acervo da autora

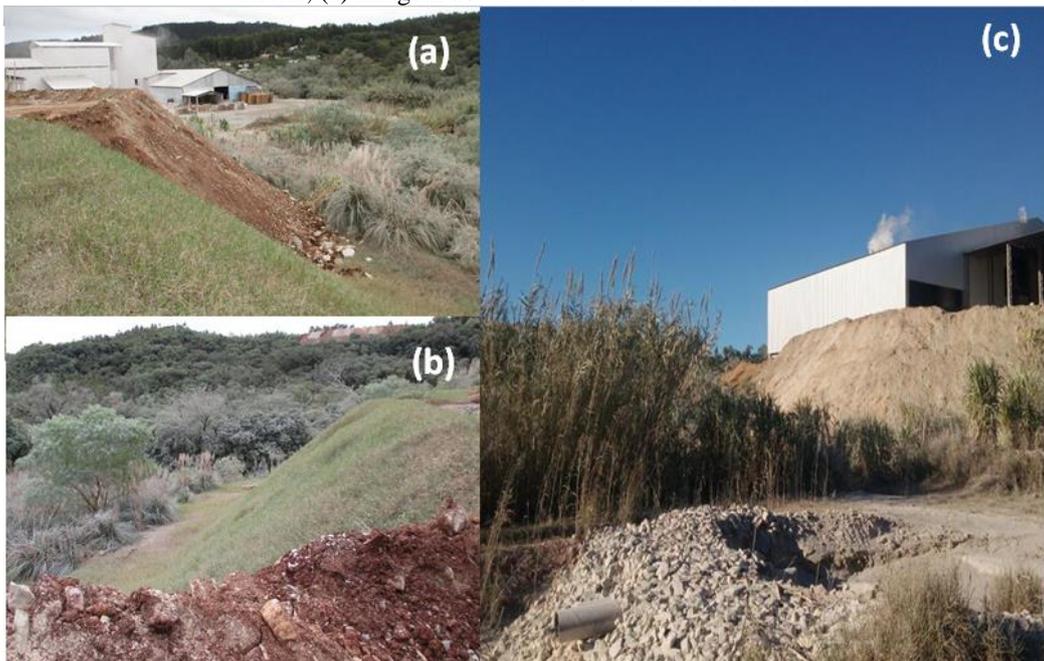
Figura 3: Área de estudo com vista frontal.



Fonte: Acervo da autora

A área de estudo apresenta uma inclinação média do talude de aproximadamente 45° , possuindo uma altura de aproximadamente 12 m. como indicado na figura 4. Em sua maior parte, o talude encontrava-se com vegetação nativa, enquanto em outros pontos carecia de cobertura vegetal bem como apresentava sinais erosão.

Figura 4: (a) Imagem do talude vista com o galpão à esquerda; (b) Imagem do talude vista com o galpão à direita; (c) Imagem do talude vista ao térreo do talude.



Fonte: Acervo da autora.

5.2 Observações de campo: análise de recuperação da degradação

A empresa estoca fertilizantes no galpão situado ao lado da área de estudo. A medição do terreno foi realizada utilizando o galpão de fertilizantes como um ponto de referência, sendo assim, com uma trena encontrou-se a medida de 13,0 metros de largura até o início do talude por 56,0 metros de comprimento, como verificado no diagnóstico da área.

Com a pretensão de ampliar a área através da deposição de material de rejeitos de escavações provindas de diversas áreas de exploração dentro da empresa, ampliou-se em paralelo ao galpão, 14 m de área que antes possuía apenas 56 m. Desta forma, reestruturou-se a extensão do terreno para 70 metros de comprimento.

Quanto a largura da área, foram acrescentados 7 metros para a direita do galpão que anteriormente possuía apenas 13,0 metros, modificando a área em um total de 20 metros de largura. Portanto, com a reestruturação do terreno, a dimensão atual é de 1400 m² de área. Desta nova dimensão de área, utilizou-se 5 metros de largura por 20 metros de comprimento para a deposição de material do aterro e foi acrescentado 2 metros por medida de segurança.

A área requer um sistema de drenagem devido à inclinação do talude e da erosão na superfície do terreno (Figura 5). Para adequar o terreno de forma a evitar danos futuros, será instalado um cano de PVC que realizará a ligação do topo do terreno até a sua base, direcionando a água para uma vala de drenagem que será construída com uma medição de aproximadamente 70 cm de largura com 50 cm de profundidade na lateral do terreno (Figura 6).

Figura 5: Área de estudo sob consequência da chuva, com indicação em vermelho da área a ser construída.



Fonte: Acervo da autora.

Figura 6: Modelo de vala de drenagem à ser implementado.



Fonte: GCL Development & representações Ltda.

A água proveniente da chuva será conduzida até três bacias de decantação de aproximadamente 15 m² cada, estas já se encontram construídas e localizadas à cerca de 10 m da área. As bacias serão providas de uma bomba. À medida que a água for completando o volume das bacias, essa bomba irá drenar a água até a fábrica, para hidratação da cal, realizando o aproveitamento da água através da drenagem local.

Na área frontal ao galpão, a água que escoar no talude, será direcionada a infiltração do solo de modo a ser seccionada pelas plantas. Deste modo, a drenagem do terreno será realizada de duas formas, com a coleta da água que escoar superficialmente por parte da canalização até as bacias e por retenção da água de infiltração por parte das plantas. Quanto ao arroio, localizado próximo à área, será realizado o plantio de gramíneas de forma a evitar assoreamento no rio.

5.3 Execução do aterro de resíduos

Para a construção do aterro, devido a inclinação de 45° do terreno e finalidade de deposição de material inutilizável e não poluente, optou-se pelo método construtivo de ponta de aterro. Este método consiste na operação de um caminhão basculante ou motoniveladora em posse do material deslocado avançando e espalhando o material de um aterro trazido por caminhões por sobre um terreno de fundação, deslocando ou substituindo total ou parcialmente o rejeito do depósito, através do próprio peso do aterro (figura 7).

Figura 7: Trator avançando com o material de rejeitos para ampliar o terreno.



Fonte: Acervo da autora.

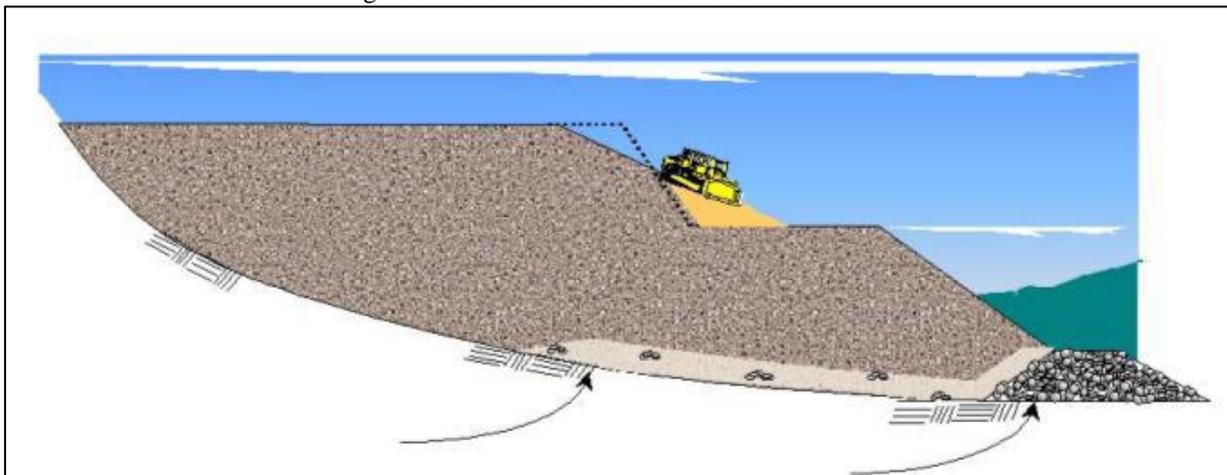
Este método foi empregado em duas etapas, a primeira requer uma atenção especial, pois nessa fase foi criado um suporte para a terraplanagem do local, conhecida como forro, como ilustra a figura 8. Na segunda etapa aplicou-se o retaludamento da face do banco da pilha de estéril, que consiste na formação de camadas compactadas por tráfego dos equipamentos até a altura de projeto (figura 9).

Figura 8: Avanço do banco da pilha de estéril no método por ponta de aterro.



Fonte: Adaptado de (RAMOS, 2014).

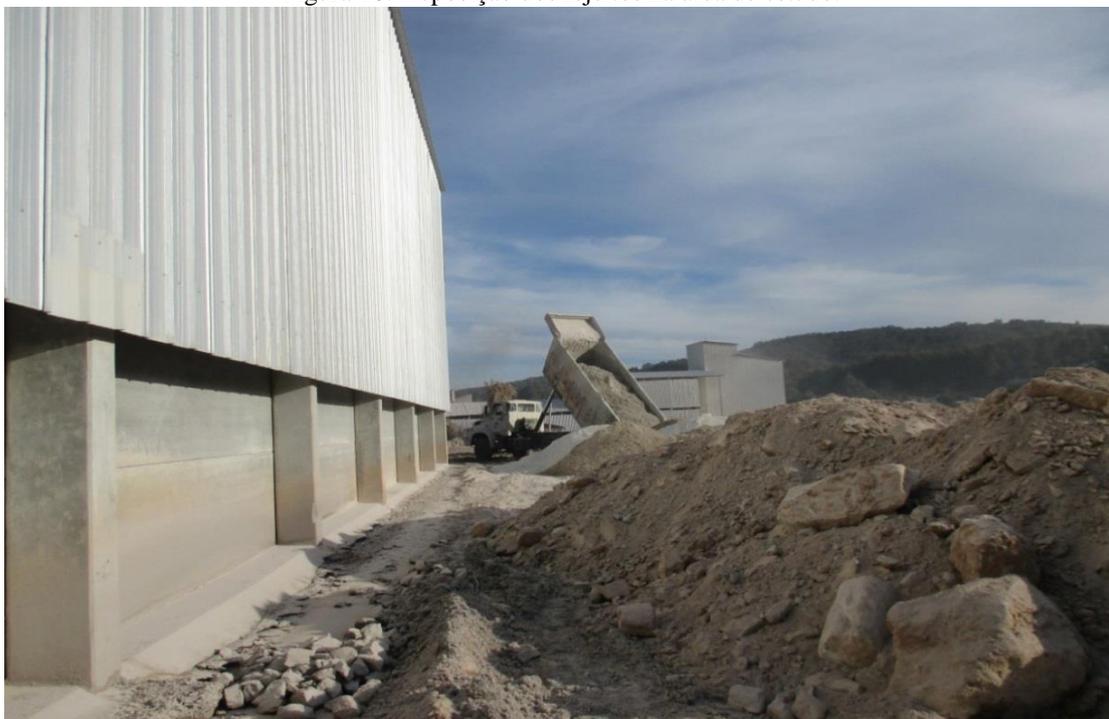
Figura 9: Retaludamento da face do banco.



Fonte: Adaptado de (RAMOS, 2014).

O volume estipulado que foi disposto por caminhões no local de estudo é estimado em 22 toneladas, com cerca de 12 m³ semanais, provenientes dos rejeitos da extração de minério, que conforme depositados no local, eram compactados através do método de compactação estática, ou seja, colocação de um peso sobre a amostra da área de estudo e, coberto por uma camada de solo de empréstimo (figura 10).

Figura 10: Deposição dos rejeitos na área de estudo.



Fonte: Acervo da autora.

O talude que antes da operação de disposição de rejeitos, encontrava-se em grande parte vegetado como mostra a figura 5, foi coberto por resíduos sólidos da mineração como ilustrado na figura 11.

Figura 11: Talude em fase de ampliação e modificação de declividade.



Fonte: Acervo da autora.

O solo foi assentado através de rolo compactador ou pelo tráfego de veículos para nivelar o material despejado no terreno, formando uma camada de espessura uniforme, e criando uma nova área para disposições, ou seja, ampliando o terreno (figura 12).

A compactação do solo é um processo que exige cuidados, sendo realizado com um controle rígido. Em uma área de depósitos de estéril construídos pelo método de ponta de aterro, como citado anteriormente, é dispensável o acompanhamento rígido, por se tratar de uma obra de terra que tem por objetivo integrar o material despejado a natureza. A ampliação do galpão de fertilizantes não caracteriza risco a área devido ao volume de solo despejado, a ampliação do terreno, os fatores de segurança adotados e por se tratar de uma obra simples.

Após o assentamento do terreno é realizado o avanço do banco e sua finalização requer um retaludamento de sua face, ou seja, um rebatimento, no sentido de uma atenuação da inclinação, de modo que o produto final deste processo estabeleça certa

segurança de estabilidade física. O fator de segurança de 1,5 é normatizado, para afirmar a segurança, foi adotado 2,0.

O rebatimento foi desenvolvido de forma que, o recuo de cada banco em relação ao banco inferior, apresente uma faixa livre de carregamento (berma) contribuindo com a estabilidade geral da pilha, pois o ângulo geral de inclinação da pilha deve ser menor que o ângulo de face do banco.

Figura 12: Avanço do banco da pilha de estéril no método por ponta de aterro.



Fonte: Acervo da autora.

As medidas da área foram averiguadas com trena para verificar a conclusão desta fase e iniciar a obra de ampliação do galpão com a fixação das estruturas (figura 13).

Figura 13: Início de obra do galpão com as estruturas fixadas.



Fonte: Acervo da autora.

Em seguida foi realizada a cobertura vegetal do local com a espécie da família Poaceae, da espécie *Sorghum sudanense*, conhecida como capim-sudão. Esta espécie escolhida para a cobertura vegetal do local é conhecida por ser resistente a degradação por transito de pessoas e ao clima, portanto, adequada a finalidade de minimizar os riscos de erosão.

6. RESULTADOS

O resultado de pesquisa geotécnica identificou no solo que as camadas de maior granulometria em contato com a água, movimentam-se de forma descendente, ou seja, propiciando menor retenção da água. Em regiões de maiores altitudes encontram-se as camadas de menor espessura granulométrica situadas nos horizontes (A) e (B) que possuem sedimentos mais finos na fração argila e silte, além disso, o horizonte (C) passou a apresentar uma característica mais arenosa. Essas características indicam que os sedimentos mais finos sofrem erosão e são transportados para áreas de baixos topográficos.

O aterro de rejeitos da DB foi construído com base no histórico de outros aterros que a empresa possui e elaborado de acordo com as normas ambientais estipuladas pelo Plano Nacional de Resíduos Sólidos.

Com a aplicação dos métodos citados anteriormente, a área foi modificada de forma sustentável e econômica, uma vez que a mesma se encontrava degradada e necessitando de reparos como ilustra a figura 14. Com a construção do aterro, a expectativa é obter uma área dentro dos padrões ambientais, como mostra a figura 15, elaborada de acordo com os dados obtidos nas visitas técnicas e imagens de satélite.

Figura 14: Imagem do terreno antes da iniciação de obra do aterro de rejeitos.



Fonte: Acervo da autora.

A figura 15 mostra as características superficiais da área de estudo, vegetação, um arroio que adentra a área, os acessos à área, as tubulações superficiais, taludes e as construções. Esta figura mostra como a área de estudo ficará após a conclusão final do aterro de rejeitos, com a aplicação de bocas de lobo, da vegetação, do canal de drenagem e as bacias de decantação que o complementam.

Figura 15: Resultados esperados após a conclusão da construção do aterro.



Fonte: Mapa elaborado no software AutoCad.

A obra do aterro foi realizada e concluída sem grandes dificuldades. Os fatores de risco foram respeitados, uma vez que a área foi ampliada com as medidas idealizadas.

O método construtivo por ponta do aterro foi aplicado com sucesso dividindo a inclinação do talude em duas camadas com espaçamento de 4m entre elas e inclinação de 45°. Não foi possível reduzir a angulação das camadas de solo devido ao espaço disponível, pois está situado próximo a um arroio. No entanto, foi reduzida a inclinação de 45° para 30° no entorno da área, onde não foi necessário aplicar o método por ponta de aterro (figura 16).

Figura 16: Contorno da área de estudo com inclinação reduzida e área revegetada.



Fonte: Acervo da autora

Após a construção do aterro, iniciou-se a revegetação do local. A área ao entorno do aterro recebeu solo de outras áreas exploradas dentro da empresa. A espécie *Sorghum sudanense*, denominada capim-sudão, apresentou boa fixação e crescimento vertiginoso.

A drenagem do local encontra-se em fase de aplicação e o escoamento de águas pluviais está ocorrendo por meio de gravidade, devido a inclinação e a atenuação do terreno na base da obra. A água escoada está sendo destinada até as bacias de decantação, a mesma receberá uma bomba para drenar a água até a fábrica de cal hidratada.

A obra do galpão foi concluída e a região superior foi regularizada de maneira que, há uma pequena inclinação conduzindo a água da superfície para a base do aterro, onde será implantado a tubulação. Durante os últimos períodos de chuva não houve sinais de empoçamento na parte superior do terreno.

De acordo com a figura 17, é possível verificar a atual situação da obra, observando a inclinação reduzida do terreno ao entorno do aterro de rejeitos, a revegetação do local e o método construtivo de ponta de aterro aplicado dividindo o talude em duas camadas.

Figura 17: Imagem atual do local de estudo após a conclusão do aterro.



Fonte: Acervo da autora.

Analisando a figura 15 em comparação a figura 17, podemos observar claramente a transformação da área de estudo. Portanto, a execução do aterro de rejeitos não somente foi uma obra realizada como local de disposição de material estéril, como também de reestruturação e recuperação da área.

A próxima etapa da obra para sua finalização será a implementação da drenagem do terreno com a implantação de tubulações como indicado na figura 16, a instauração de uma bomba de drenagem nas bacias de decantação e o reflorestamento dos taludes com espécies nativas.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a fixação do capim-sudão e a garantia da área de estudo estar estabilizada, será realizado um reflorestamento do local com plantas nativas. O solo fértil que será usado na cobertura do aterro para ser utilizado neste futuro reflorestamento, será extraído de dentro do terreno da própria empresa, este solo corresponde às áreas de exploração de rocha calcária, não comprometendo o meio ambiente.

As principais questões com relação a execução de um aterro de rejeitos em uma empresa mineradora denotam então, a importância do manejo, do conhecimento da geotecnia do terreno, dos cuidados na aplicação da drenagem, da definição correta de mecanismos e instabilidade possíveis de ocorrer. Todos estes aspectos foram abordados nesta pesquisa de forma coerente, indicando um resultado muito favorável, correspondendo as expectativas iniciais e, podendo auxiliar em projetos e construções semelhantes.

Através deste estudo foi possível constatar a eficiência do método construtivo por ponta de aterro, a importância da aplicação do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) para a obtenção do êxito na finalização da obra.

O monitoramento do aterro através de registros fotográficos e anotações de campo permitirá confirmar o sucesso da obra e principalmente a identificação de possíveis ocorrências que possam surgir no decorrer do processo de finalização.

Considerando a metodologia estabelecida, os desempenhos dos procedimentos para construção do aterro compactado utilizando materiais de empréstimos de solos de locais a ser explorada dentro da própria empresa, como também a realização da drenagem da área dispondo a água recolhida para abastecimento da fábrica de cal hidratada, pode-se presumir que esta operação está encaminhando-se de forma adequada para alcançar todos os objetivos propostos.

Este estudo cumpriu com os objetivos de construir o aterro utilizando-se de material de rejeitos da mineração através do método construtivo por ponta de aterro, no entanto, este projeto não foi finalizado. Atualmente está sendo realizada a drenagem do local e a análise para a implantação do PRAD.

8. REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas (2006). **Coletânea de normas de mineração e meio ambiente – NBR 13029/1993**. Rio de Janeiro, p. 2 – 5.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas (2006). **Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos – NBR 8419/1992**. Rio de Janeiro, p. 2 – 5.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas (2006). **Estabilidade De Taludes – NBR 11682/1991**. Rio de Janeiro, p. 2 – 25.

AMORIM, N. R.; PORTO, NLF; COSTA, AGD. **Avaliação da Segurança de Barragens de Rejeitos em Operação. Caso da Barragem de Germano**. III Simpósio Sobre Barragens de Rejeitos e Disposição de Resíduos–REGEO, p. 251-284, 1995.

BRAJA M. Das (2007) **Fundamentos de Engenharia Geotécnica**. 6a edição, norte-americana. Thomson.

BATES, Jeremy. **Parâmetros no Projeto de Pilhas e Barragens**. Ed. Signus, 2003, v.1, p. 17.

BRASIL. Constituição (1988) **Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília**, 1988.

BRASIL. Lei 9.985: **Sistema Nacional de Unidades de Conservação**, Brasília - DF, 2000.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, (Resolução CONAMA n.º 01 de 23/01/86), **Licenciamento Ambiental – Resolução do CONAMA 001/1986**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>> Acesso em 25 de mai. 2016.

COUTO, L. et al. **Técnicas de Bioengenharia para Revegetação de Taludes no Brasil**. Disponível em: < <http://www.cbcn.org.br/boletins.htm> > . Acesso em 01 jul. 2016, 09:50:31.

EATON, T., BROUGHTON, S., Berger, K. C., Piteau Associates Engineering Ltd (2005). **Course Introduction Design and Operation of Large Waste Dumps**. Under License from the British Columbia Ministry of Energy and Mines – Mine Dump Committee.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL (FEPAM, 2009). **Sistema de Gerenciamento e Controle de Resíduos Sólidos Industriais**, 2009. Disponível em <<http://www.fepam.rs.gov.br/legislacao/InstrucoesNormativas/>> Acesso: 05 mai. 2016.

GUIMARÃES, A.A. **Análise Qualitativa da Utilização de Espécies Vegetais exóticas e Nativas na Fase Inicial de Recuperação Ambiental de Taludes de Minas no Município de Itabira, MG**. Fundação Comunitária de Ensino Superior de Itabira – Funcesi, Itabira, 2011.

IBRAM – Instituto Brasileiro da Mineração, 2015. **Programas incentivam o uso dos calcários agrícolas**. *Revista Indústria da Mineração*, Ano III, no 13, p. 10-11, jan, 2015. Disponível em: <http://www.ibram.org.br/sites/700/784/00001300.pdf>, acessado em 15 jun. 2016, 18:45:45.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE, 2015) **Estimativas de população**, 2015. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br>> Acesso em: 21 abr. 2016, 03:25:17.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (IBRAM, 2015) **Informações Sobre a Economia Mineral Brasileira**, 2015. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00005836.pdf>> Acesso em: 20 abr. 2016, 06:45:30.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE (IMA 2011) **Gestão Florestal**. Disponível em: <<http://ima.al.gov.br/gestao-florestal/plano-de-recuperacao-de-areas-degradadas-prad/>> Acesso em: 25 abr. 2016, 08:25:34.

LUZ, Adão Benvindo. **Desativação de Minas, Série Tecnologia Ambiental**, CETEM/MCTI. Rio de Janeiro, 2015.

MANAHAN, S. E. **Química Ambiental**. 9ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

MARTINS, Fábio Lúcio Junior. **Calcário Agrícola**. Sumário Mineral, DNPM. Tocantins 2014.

MENEGUZZO, I. S. **Análise da degradação ambiental na área urbana da bacia do Arroio Gertrudes, Ponta Grossa, PR.: uma contribuição ao planejamento ambiental**. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Ciência do Solo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2006, 99 f.

MINEROPAR –Serviço Geológico do Paraná. **Rochas Carbonáticas - Calcários**. 2015. Disponível em: <<http://www.mineropar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=31>>. Acesso em 29 jun. 2016, 05:45:17.

NBR 13030, **Elaboração e apresentação de projeto de reabilitação de áreas degradadas pela mineração**, junho de 1999, p. 1 á 5.

OLIVEIRA FILHO,W.L (1987) *Considerações Sobre Ensaio Triaxial em Areias*. Tese de Mestrado em Engenharia Civil. COPPE – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

PORCHER, C. A.; LOPES, R. C. **Relatório Folha Cachoeira do Sul SH.22 – Y – A. Estado do Rio Grande do Sul**. CPRM, Programas Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, p. 9-58. Porto Alegre 2000.

RAMOS, Diego Nunes (2014). **Comportamento geotécnico de pilha de estéril formada pelo método de disposição** Tese de Mestrado em Engenharia de Minas. Departamento de Engenharia de Minas - Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais.

SAMARCO Mineração S.A, **Technical Description For an Exemplary Fully Mobile Dumping System**, THYSSENKRUPP Fördertechnik Latino America , Maio/2010.

SAMPAIO, J. A., ALMEIDA, S. L. M., 2005. CT2005-132-00: **Calcário e Dolomito – Capítulo 15**. Disponível em <http://www.cetem.gov.br/publicacao/CTs/CT2005-132-00.pdf>, acessado em 25 jun. 2016, 15:37:13.

SÁNCHEZ, L. E. **Os papéis da avaliação de impacto ambiental. In L. E. Sánchez (org.)** – Simpósio avaliação de impactos ambiental: situação atual e perspectivas. São Paulo, EPUSP, 1993, p. 20-30.

SÁNCHEZ, L. E. **Recuperação de Áreas Degradadas: Um campo multidisciplinar de pesquisas** - Seminário UNESP Rio Claro, 2006.

SOARES, Lindolfo. **Barragem de Rejeitos**. CETEM - Centro de Tecnologia Mineral Ministério da Ciência e Tecnologia. Coordenação de Processos Mineraiis – COPM. Rio de Janeiro, agosto de 2010.

TEIXEIRA, SANTIAGO e TRONCHINE, **Rio Paraíba do Sul, Degradação Ambiental Provocada Pela Mineração de Areia**- Trabalho de conclusão de curso da FAAP, 1999.

UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA. **Banco de Dados – Rochas**. Museu de Mineraiis e Rochas "Heinz Ebert". São Paulo, 2001. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/museudpm/banco/elementos%20nativos/ouro.html>. Acesso em: 29 jun. 2016, 15:28:14.

ZUQUETTE L. V.; RODRIGUES V. G. S.; PEJON O. J, **Engenharia Ambiental: Recuperação de Áreas Degradadas**, São Paulo, 2013. p.589-595.