

INSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIA, EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA
DO RIO GRANDE DO NORTE

RANIERI DE ARAÚJO PEREIRA

**DIAGNÓSTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA LAVRA DE ROCHA
ORNAMENTAL DA PEDREIRA GRANORTE EM PARELHAS-RN PARA
APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA**

NATAL-RN

2017

RANIERI DE ARAÚJO PEREIRA

**DIAGNÓSTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA LAVRA DE ROCHA
ORNAMENTAL DA PEDREIRA GRANORTE EM PARELHAS-RN PARA
APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de mestre em Ciências Ambientais, na linha de pesquisa de Sustentabilidade e Gestão dos Recursos Naturais.

Orientador: Prof. D.r Júlio Cesar Pontes

NATAL-RN
2017

Pereira, Ranieri de Araújo.

P436d Diagnóstico dos resíduos sólidos da lavra de rocha ornamental da pedra Granorte em Parelhas – RN para aplicação de técnicas de produção mais limpa / Ranieri de Araújo Pereira. – 2017.
158 f : il. color.

Dissertação (Mestrado Profissional em Uso Sustentável de Recursos Naturais) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

Orientador(a): Prof. D.r. Júlio Cesar Pontes.

1. Resíduos sólidos – Diagnóstico. 2. Rocha Ornamental. 3. Lavra. 4. Produção mais limpa. I. Pontes, Júlio Cesar. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. III. Título.

CDU 628.4

RANIERI DE ARAÚJO PEREIRA

**DIAGNÓSTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA LAVRA DE ROCHA
ORNAMENTAL DA PEDREIRA GRANORTE EM PARELHAS-RN PARA
APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA**

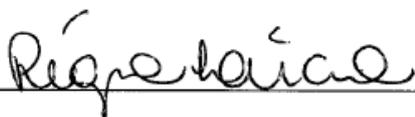
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de mestre em Ciências Ambientais, na linha de pesquisa de Sustentabilidade e Gestão dos Recursos Naturais.

Dissertação apresentada e aprovada em 19/07/2017, pela seguinte Banca Examinadora:

BANCA EXAMINADORA:



Júlio Cesar de Pontes, Prof. D.r – Presidente
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte



Régia Lúcia Lopes, D.ra – Examinadora Interna
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte



Werner Farkatt Tabosa, D.r – Examinador Externo
Universidade Potiguar
Centro Universitário do Rio Grande do Norte

Ao meus pais e minha família por sempre terem acreditado em e apoiado na difícil missão de conciliar estudos e trabalho. Em especial, ao meu bom Deus, que até aqui me segurou e concedeu a sabedoria para esta trajetória e tantas outras que virão com a benção Dele.

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo aos meus genitores, Maria Betânia de Araújo Pereira e Francisco Luiz Pereira, ao meu Irmão Kiev Luiz de Araújo Pereira, pelo incentivo e por sempre acreditarem nesta conquista, eles, além do apoio, me tornaram um cidadão que respeita os preceitos da educação, ética e honradez.

Ao meu filho Mateus Cavalcante Pereira que sempre me proporcionou momentos maravilhosos que contribuíram para a realização deste trabalho de pesquisa.

A minha avó materna, *in memoriam*, Geralda Teixeira de Araújo e ao meu avô Heronides Alves de Araújo e, aos meus Avós paternos, Luiz Pereira Barros e Olívia Alves Pereira pela transmissão de conhecimento e experiência de vida. A todos da minha família, tios, primos que participaram efetivamente nas minhas conquistas.

Aos professores, colegas de turma e técnicos, os quais participaram da minha formação, o meu reconhecimento a todos os Mestres da Diretoria Acadêmica de Recursos Naturais, em especial aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais que desprenderam tempo para ajudar nesta pesquisa e demais trabalhos. Aqui deixo o meu sincero agradecimento e respeito.

Não basta ensinar ao homem uma especialidade. Porque se tornará assim uma máquina utilizável, mas não uma personalidade. É necessário que adquira um sentimento, um senso prático daquilo que vale a pena ser empreendido, daquilo que é belo, do que é moralmente correto. A não ser assim, ele se assemelhará, com seus conhecimentos profissionais, mais a um cão ensinado do que a uma criatura harmoniosamente desenvolvida. Deve aprender a compreender as motivações dos homens, suas quimeras e suas angústias para determinar com exatidão seu lugar exato em relação a seus próximos e à comunidade.

Albert Einstein

RESUMO

A mineração de rochas ornamentais figura como importante atividade econômica para o Estado do Rio Grande do Norte. Entretanto, é válido ressaltar que a mineração de rochas ornamentais produz grandes volumes de resíduos sólidos na operação de lavra. Este trabalho versa sobre o diagnóstico ambiental e de processos com vistas à implementação da ferramenta de gestão ambiental de Produção Mais Limpa. O estudo de caso foi realizado entre os anos de 2016 e 2017, na pedreira da empresa Granorte - Mineração de Mármore e Granitos do Rio Grande do Norte, localizada no sítio Boa Vista dos Negros em Parelhas-RN. O objetivo deste trabalho foi diagnosticar a situação de geração de resíduos sólidos nas frentes de lavra. O diagnóstico para implementação de técnicas de Produção Mais Limpa para lavra de rocha ornamental seguiu a metodologia do Centro Nacional de Tecnologias Limpas do SENAI. Teve como etapas o comprometimento gerencial através de sensibilização, identificação de barreiras e soluções, elaboração do fluxograma da atividade de lavra e diagnóstico ambiental e de processos. As atividades programadas foram desenvolvidas e organizadas envolvendo pesquisa bibliográfica, e levantamento de dados do processo de lavra, visita de campo e trabalhos de laboratório. A pesquisa bibliográfica foi realizada através de consulta em banco de dados, revistas, periódicos e livros. Para o estudo de caso foram realizadas visitas a área da pedreira para obtenção de informações e observações do processo produtivo. Foi realizada a coleta de duas amostras de resíduos para análises químicas do tipo Fluorescência de Raio-X. Essas análises identificaram pequenos traços de elemento de terras raras, como também a presença de óxido de silício em percentuais que podem ser aproveitados. A quantidade de rocha e solo movimentados no período do estudo foi de 17.487,00 toneladas, sendo 11.768,75 descartados para pilha de resíduos, e 5.718,25 toneladas como produto na forma de blocos. O estudo identificou que 99,97 % em massa dos resíduos sólidos gerados nas frentes de lavra são de fragmentos de rochas. Entretanto, os resultados também demonstraram que técnicas de Produção Mais Limpa como modificações no processo e a aplicação de boas práticas operacionais com base no planejamento de mina e com a definição de avanços de lavra, através de análises de geologia estrutural, podem diminuir significativamente perdas e consequentemente a geração de resíduos. E que a reciclagem interna e externa através de processamento mineral para uso dos resíduos na construção civil e outras indústrias são alternativas para o resíduo que se encontra armazenado na forma de pilhas de estéril.

Palavras-chave: Diagnóstico. Produção Mais Limpa. Rocha Ornamental. Lavra. Resíduos Sólidos.

ABSTRACT

The mining of ornamental rocks is an important economic activity for the State of Rio Grande do Norte. However, it is worth mentioning that ornamental rock mining produces large volumes of solid waste in the mining operation. This paper deals with the environmental and process diagnosis with a view to implementing the Cleaner Production environmental management tool. The case study was carried out between 2016 and 2017, in the quarry of the company Granorte - Mineração de Mármore e Granitos do Rio Grande do Norte, located in the Boa Vista dos Negros site in Parelhas-RN. The objective of this work was to diagnose the solid waste generation situation in the mining fronts. The diagnosis for the implementation of Cleaner Production techniques for ornamental rock mining followed the methodology of SENAI's National Center for Clean Technologies. It has had as stages, the managerial commitment through sensitization, identification of barriers and solutions, elaboration of the flow chart of the mining activity and environmental and process diagnosis. The programmed activities were developed and organized involving bibliographical research and data collection of the mining process, field visit and lab work. The bibliographic research was done through consultation in databases, magazines, periodicals and books. For the case study visits were made to the quarry area to obtain information and observations of the production process. Two residue samples were collected for X-Ray Fluorescence type chemical analysis. These analyzes identified small trace elements of rare earth elements, as well as the presence of silicon oxide in percentages that can be used. The amount of rock and soil moved during the study period was 17,487.00 tons, of which 11,768.75 were discarded for the waste pile, and 5,718.25 tons as a block product. The study identified that 99.97% by mass of the solid residues generated in the mining fronts are fragments of rocks. However, the results have also shown that Cleaner Production techniques such as process modifications and the application of good operating practices based on mine planning and the definition of mining advances through structural geology analyzes can significantly reduce losses and Consequently the generation of waste. And that internal and external recycling through mineral processing for waste use in construction and other industries are alternatives to the residue that is stored in the form of sterile piles.

Keywords: Diagnosis. Cleaner Production. Ornamental Rock. Mining. Solid Waste.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - Pilha resíduos sólidos da mineração (A), resíduo do tipo sucata ferrosa (B), amostra de resíduo da mineração Granorte (C)	15
Figura 02 - Localização da área de estudo	17
Figura 03 - Mapa da geologia local	18
Figura 04 - Dados de exportação do município de Parelhas-RN	22
Figura 05 - Ilustração do desmonte através de máquina com fio diamantado	36
Figura 06 - Bloco de rocha ornamental padrão para o mercado	36
Figura 07 - Passos para implementação de um programa de Produção Mais Limpa	43
Figura 08 - Escopo de atuação da metodologia de Produção Mais Limpa	44
Figura 09 - Vista da área e seu produto final aplicados. A - frente de lavra, B - estoque, C - material polido e D - obra de alto padrão com o produto da mina aplicado.	47
Figura 10 - Método de lavra a céu aberto de bancadas altas, modelamento da pedreira Granorte, Parelhas-RN	49
Figura 11 - Tipos de cortes aplicados no maciço da pedreira Boa Vista dos Negros com máquina de fio diamantado. Corte vertical (A), corte horizontal ou de levante (B), corte 90° (C), corte cego (D)	50
Figura 12 - Fluxograma do processo de lavra da área de estudo	51
Figura 13 - Fluxograma com passos para implementação da Produção Mais Limpa utilizado	53
Figura 14 - Imagem da frente de lavra da Granorte	55
Figura 15 - Fluxograma de processo de lavra com dados qualitativos	57
Figura 16 - Resíduo sólido de rocha proveniente da atividade de lavra	59
Figura 17 - Comparativo do consumo de recursos e geração de resíduos	63
Figura 18 - Gráfico representado o rendimento da lavra	64
Figura 19 - Gráfico dos percentuais de resíduos gerados na operação de lavra por etapas	65
Figura 20 - Escopo de atuação da metodologia de Produção Mais Limpa na Lavra do Sítio Boa Vista dos Negros	66
Figura 21 - Resultados das análises de FRX para o resíduo de rocha da Granorte	68
Figura 22 - Frente de lavra e estruturas sendo medidas	69

Figura 23 - (A) - Diagrama de rosetas, e (B) - projeção estereográfica dos planos de falha	70
Figura 24 - (A) cortes utilizados na lavra e (B) - sugestão de cortes seguindo foliações e estruturas do maciço	71
Figura 25 - Utilização do resíduo como colchão para amortecimento	72

APRESENTAÇÃO

A presente dissertação intitulada “Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Lavra de Rocha Ornamental da pedreira da Granorte em Parelhas-RN para Aplicação de Técnicas de Produção Mais Limpa”, está estruturada, além desta parte inicial, constituída por uma introdução, na qual inclui-se a contextualização do tema, o problema da pesquisa e os objetivos, o referencial teórico, a metodologia e as referências, por mais duas seções compostas por dois artigos científicos.

O primeiro, intitulado “Uma Abordagem Sobre Produção Mais Limpa na Lavra de Rocha Ornamental de Uma Pedreira em Parelhas-RN”, foi submetido e para publicação na Revista Geociências ISSN 1980-900X, versão on-line (ANEXO A), classificada como B2 na área de Geologia e Geografia Física e disponível no site: <<http://www.revistageociencias.com.br/>>. O segundo, cujo título é “Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Lavra de Rocha Ornamental para a Implementação da Produção Mais Limpa”.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDO	17
2.1	GEOLOGIA	18
2.2	GEOMORFOLOGIA	19
2.3	FATORES CLIMÁTICOS	20
2.4	ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS	20
3	RELEVÂNCIA E JUSTIFICATIVA	23
4	OBJETIVOS	26
5	REFERENCIAL TEÓRICO	27
5.1	RECURSOS NATURAIS	27
5.2	RECURSOS MINERAIS E MEIO AMBIENTE	28
5.3	ROCHA ORNAMENTAL	32
5.4	DIAGNÓSTICO E RESÍDUOS SÓLIDOS	37
5.5	RESÍDUOS SÓLIDOS	37
5.6	PRODUÇÃO MAIS LIMPA	40
6	MATERIAIS E MÉTODOS	47
6.1	MATERIAIS	47
6.2	MÉTODOS	51
7	RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
7.1	PESQUISA BIBLIOGRÁFICA NA LITERATURA NACIONAL E INTERNACIONAL SOBRE A PRODUÇÃO MAIS LIMPA APLICADO À MINERAÇÃO DE ROCHAS ORNAMENTAIS	54
7.2	ACOMPANHAMENTO DAS ATIVIDADES DE LAVRA	54
7.3	INVESTIGAÇÃO DOS POLUENTES DISSEMINADOS NO MEIO AMBIENTE MOTIVADOS PELAS ATIVIDADES DE LAVRA	55
7.4	CONVENCIMENTO E SENSIBILIZAÇÃO DOS GESTORES, IDENTIFICAÇÃO DE BARREIRAS E SOLUÇÕES PARA ELABORAÇÃO DO DIAGNÓSTICO E ABRANGÊNCIA, FORMAÇÃO DO ECOTIME PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA NA LAVRA DE ROCHA ORNAMENTAL	56
7.5	ELABORAÇÃO DO FLUXOGRAMA DA OPERAÇÃO DE LAVRA	56

7.6	DIAGNÓSTICO E MONITORAMENTO DAS OPORTUNIDADES DE TÉCNICAS DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA NA LAVRA	58
7.6.1	Caracterização da área de estudo	58
7.7	AVALIAÇÃO DE PROCESSOS	60
7.7.1	Equipamentos	60
7.7.2	Consumo de água	60
7.7.3	Consumo de combustível e emissões	62
7.7.4	Consumo de recurso mineral e resíduos gerados	62
7.7.5	Quantificação dos resíduos de rocha gerados por etapas do processo de lavra	64
7.7.6	Monitoramento de oportunidades para implementação da Produção Mais Limpa	65
8	CONCLUSÕES	74
	REFERÊNCIAS	77
	APÊNDICE A – Uma abordagem sobre produção mais limpa para a lavra de rocha ornamental da pedreira Granorte em Parelhas-RN	83
	APÊNDICE B – Diagnóstico dos resíduos sólidos da lavra de rocha ornamental para aplicação de técnicas de produção mais limpa	103
	APÊNDICE C – Formulário de coleta de dados	148
	APÊNDICE D – Planta de detalhe	157
	ANEXO A – Comprovante de submissão de artigo no periódico da Revista Geociências	158

1 INTRODUÇÃO

O interesse do homem pelos produtos da mineração vem desde a Antiguidade, vendo, nestes, qualidades estéticas ou procurando neles propriedades físico-mecânicas (CURI, 2014).

O setor de mineração figura como uma atividade econômica de grande importância para o Estado do Rio Grande do Norte. O município de Parelhas-RN, desponta como um dos principais pólos produtores de rochas ornamentais do Estado e da região nordeste. Na pauta de Exportação de mármore e granitos em estado bruto ou desbastados por unidades da federação produtora, no ano de 2016 e no acumulado de janeiro a maio de 2017, ocupa a 5ª posição no cenário nacional e o 3ª da região nordeste (BRASIL, 2017). Segundo dados do Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE) do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) em fevereiro de 2017, o município possuía cerca de 158 processos minerários, sendo que 21 destes processos se encontram em fase de lavra e apenas 01(um), com portaria de lavra autorizado pelo Ministério de Minas e Energia para rocha ornamental. Todavia, é sabido que existem inúmeras operações de lavra de rocha ornamental autorizadas de forma provisória, com período de um ano através do documento de Guia de Utilização e Licenciamento Ambiental. Estas autorizações provisórias demonstram o grande entrave processual junto a autarquia federal que regula o setor mineral e que indiretamente contribuem para que a atividade de mineração seja realizada de forma sazonal. A lavra de rocha ornamental é tão significativa para o município que tem gerado emprego e renda, podendo figurar como um arranjo produtivo local.

Os recursos naturais provenientes da mineração não são renováveis, e por se tratar de uma atividade humana, podem degradar o meio ambiente significativamente. De acordo com Venturi (2006), recurso natural pode ser definido como qualquer elemento ou aspecto da natureza que esteja em demanda, seja passível de uso ou esteja sendo usado pelo Homem, direta ou indiretamente, como forma de satisfação de suas necessidades físicas e culturais em determinado tempo e espaço.

Sabe-se que a rocha ornamental é um recurso natural não renovável. Portanto, a apropriação desse recurso de forma predatória pode levar a sua escassez e conseqüentemente os resultados dos impactos ambientais ocasionados pela atividade de extração serão potencializados principalmente no solo devido à disposição inadequada de resíduos gerados nas operações de lavra.

Devido à rocha ornamental ter um padrão estético pré-estabelecido para sua aplicação, as operações unitárias para extração desse recurso se tornam complexas, devido ao seu aproveitamento na lavra.

As propriedades intrínsecas das rochas compreendem parâmetros físicos, físico-mecânicos e químico-mineralógicos. São determinados mediante análises e ensaios tecnológicos, executados sob rigorosos procedimentos padronizados, norteados por instruções normatizadoras, e constituem a caracterização tecnológica das rochas (MENEZES, 2005).

Não atendo-se apenas as análise e ensaios tecnológicos para determinação de parâmetros físicos, tais como; resistência ao impacto e desgaste, a lavra da rocha ornamental é limitada as estruturas geológicas, o que pode interferir diretamente na produção da mina e geração de resíduos. Elementos com falhas e fraturas podem causar sérios problemas para a operação da mina e conseqüentemente impactos ambientais negativos.

A medida que se caracteriza as propriedades químicas e físicas da rocha, bem como suas estruturas geológicas, chega-se à conclusão de como este maciço rochoso pode se comportar após os cortes que serão realizados na rocha nas atividades de lavra. Consegue-se determinar as zonas de alívio de tensão e por fim as melhores direções de avanço da lavra para que se tenha uma Produção Mais Limpa.

De acordo com Campos et al. (2009, p. 12), os resíduos grosseiros de pedreiras são compostos de blocos de tamanhos irregulares, blocos com imperfeições ocasionados no manejo, blocos com mudanças de padrão de cores e lascas de rochas.

A sustentabilidade passa pela concepção de que uma atividade que causa impactos ambientais seja desenvolvida de maneira que assegure as gerações futuras a mesma disponibilidade de recursos naturais daquela geração na qual o empreendimento operou.

Pode-se perceber os impactos adversos que a mineração pode ocasionar ao meio ambiente no tocante aos resíduos sólidos (Figura 01 - A e B), principalmente os relacionados aos solos com geração de resíduos sólidos.

Figura 01 - Pilha resíduos sólidos da mineração (A), resíduo do tipo sucata ferrosa (B), amostra de resíduo da mineração Granorte (C)



Fonte: Autoria própria (2016).

Diante de um cenário com grande produção de resíduos, entende-se que a Produção Mais Limpa pode ser uma estratégia técnica, econômica e ambiental integrada aos processos e produtos, a fim de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, através da não geração, minimização ou reciclagem dos resíduos e emissões geradas, com benefícios ambientais, de saúde ocupacional e econômicos (SENAI-RS, 2003a).

A relevância da Produção Mais Limpa aumentou devido ao agravamento da poluição industrial, a escassez de recursos, a globalização e a consequente exigência de mercado (LUKEN et al., 2016).

Em visita técnica, que fez parte da pesquisa exploratória, foi detectada a necessidade de se implementar um programa de Produção Mais Limpa, haja vista que o representante da Empresa Granorte demonstrou em entrevistas informais, durante a ação de convencimento e sensibilização a preocupação com a situação de geração de resíduos sólidos e que estava principalmente relacionada à operação de lavra. A hipótese é que lavra de rocha ornamental

do sítio Boa Vista dos Negros indica que há uma grande quantidade de resíduos sólidos sendo gerado, em especial, nas operações de lavra.

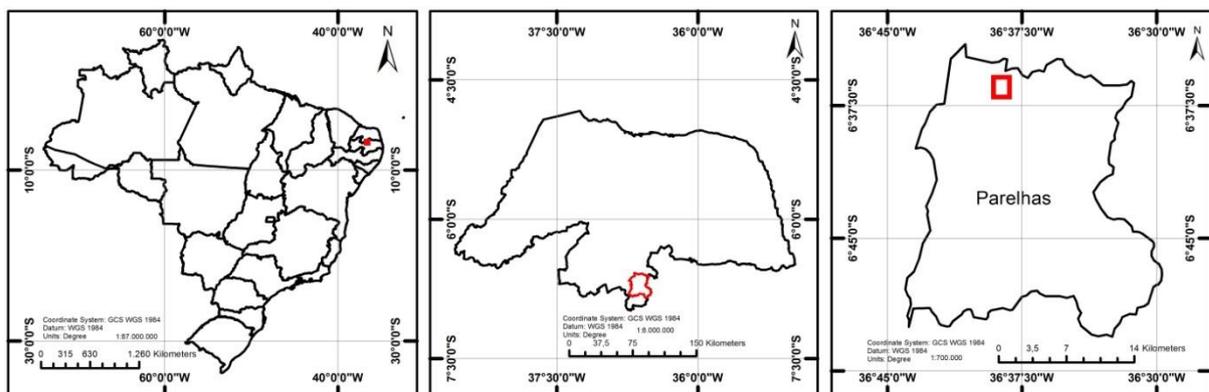
Portanto, diante da situação problema que é o desperdício de recursos e, conseqüente, produção de resíduos provenientes da lavra de rocha ornamental desenvolvida no sítio Boa Vista dos Negros, em Parelhas-RN, que esta pesquisa teve com principal questionamento: Qual a situação da geração de resíduos sólidos da lavra de rocha ornamental do sítio Boa Vista dos Negros?

2 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDO

O município de Parelhas está localizado no extremo sul do Estado do Rio Grande do Norte, na mesorregião Central Potiguar e na microrregião Seridó Oriental (Figura 02). Inserido na folha editada pela SUDENE de Jardim do Seridó (SB.24-Z-B-V), na escala 1:100.000. Dista da capital cerca de 249 km, sendo seu acesso, a partir de Natal, efetuado através das rodovias pavimentadas BR-226, BR-427 e RN-086. Limita-se com os municípios potiguares de Carnaúba dos Dantas, Equador, Jardim do Seridó e Santana do Seridó. Outra característica geográfica é que o município de Parelhas é limítrofe com os municípios paraibanos de Nova Palmeira, Pedra Lavrada e São Vicente do Seridó. A área territorial é de 523 km² e a sede municipal está localizada no ponto de coordenadas UTM 9259623.94 latitude sul e 758435.05 de longitude leste, Datum Sirgas 2000, zona 24. A área de influência direta do empreendimento tem 10 (dez) hectares e está a norte da sede municipal, num território quilombola que dá nome a localidade de Boa Vista dos Negros, e se aproxima dos limites municipais de Carnaúba dos Dantas.

Partindo do município de Parelhas pela RN-086 no sentido norte, percorrendo cerca de 8,9 km chega-se ao ponto de coordenadas UTM com latitude 9268828.04 sul e longitude 760112.95 m leste Datum Sirgas 2000, zona 24, nesse ponto torna-se a direita em acesso de estrada de terra por cerca de 525 metros e chega-se ao destino que é a mina objeto dessa pesquisa.

Figura 02 - Localização da área de estudo



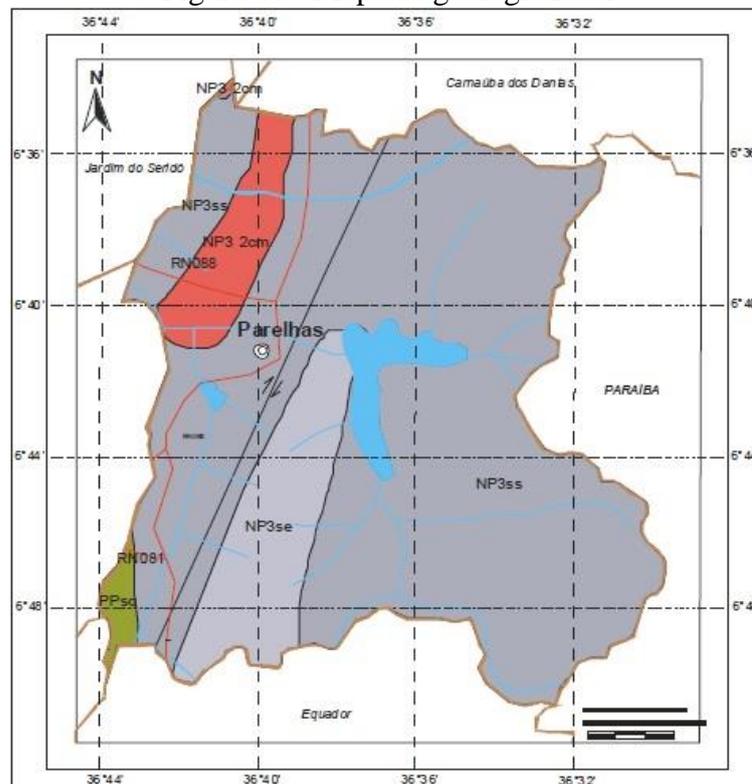
Fonte: Autoria própria (2017).

2.1 GEOLOGIA

No tocante a Geologia Regional, de acordo com a divisão proposta por Almeida et al. (1977; 1984), no Nordeste brasileiro, as rochas pré-cambrianas ao norte do Cráton São Francisco compõem a Província Borborema, enquanto as rochas sedimentares do Fanerozóico pertencem à Província Costeira e Margem Continental. A Província Borborema representa o segmento crustal de uma extensa faixa fortemente afetada pela Orogênese Brasileira (cerca de 650-550 Ma), denominada Faixa Trans-Saara, originada pela colisão entre os Crátons do Oeste Africano/São Luís e São Francisco/Congo-Kasai, que constituiriam massas continentais consolidadas em tempos pré-brasilianos (JARDIM DE SÁ, 1994). Seus limites são definidos ao norte e ao leste pela Margem Continental Atlântica, onde está recoberta pelos sedimentos costeiros meso-cenozóicos, ao sul pelo Craton São Francisco e ao oeste pelas rochas sedimentares paleozóicas da Bacia do Parnaíba.

Quanto a geologia local (Figura 03), o município de Parelhas está inserido, geologicamente, na Província Borborema, sendo constituído pelos litotipos do Complexo Serra dos Quintos (PPsq), da Formação Equador (NP3s/se) e Suíte Calcicalalina de Médio a Alto Potássio Itaporanga (NP3 μ 2cm).

Figura 03 - Mapa da geologia local



Fonte: Adaptado da CPRM (2007)

Geologicamente, a área é constituída na sua totalidade de granitos finos, granitos grosseiros e porfiríticos, granodioritos, de coloração cinza, cinza claro e róseo, pertencente ao Embasamento Cristalino do período Pré-Cambriano, indivisos que datam origem de milhões de anos. Ao norte da área há a presença de rocha da Formação Jucurutu, representada por paragneisses com biotita. Nesse contexto geológico, registra-se a ocorrência de mármore associados com calciossilicáticas e paranfibolitos. Da Formação Equador ocorrem quartzitos e metaconglomerados, serpentinitos, formações ferríferas e micaxistos aluminosos.

No contexto local, a geologia da área pertence a Formação Jucurutu, base do Grupo Seridó. Dessa formação há presença de intercalações de mármore, quartzitos e formações ferríferas, repousando sobre a intrusão granítica de interesse. Encontra-se a ocorrência de formações ferríferas bandadas, localizadas nas encostas de pequenas elevações e nas proximidades das drenagens.

As rochas pegmatóides provenientes das regiões de Currais Novos, Acari, Parelhas e Equador, são tipos de rochas de textura grosseira, dominada pelos cristais de feldspatos que concede-lhes a coloração predominante.

Em Parelhas afloram os corpos geológicos de tonalidade branca a cinza esbranquiçada, com o nome comercial de Branco Borborema, por exemplo. Constituem tipos de materiais exóticos, e de forte demanda no mercado externo.

2.2 GEOMORFOLOGIA

A área está sobre o domínio de duas formações geomorfológicas, que podem ocorrer variações de 200 a 400 metros de altitude.

- Depressão Sertaneja - terrenos baixos situados entre as partes altas do Planalto da Borborema e da Chapada do Apodi.
- Planalto da Borborema - terrenos antigos formados pelas rochas Pré-Cambrianas como o granito, onde encontram-se as serras e os picos mais altos.

A Depressão Sertaneja, seguindo denominação proposta por IBGE (1995), apresenta-se como uma depressão periférica em relação aos Baixos Platôs da Bacia Potiguar e compreende um diversificado conjunto de padrões de relevo com amplo domínio de superfícies aplainadas com relevo plano e suavemente ondulado, resultante de processos de arrasamento generalizado do relevo sobre diversos tipos de litologias. Essas vastas superfícies

aplainadas encontram-se pontilhadas por inselbergs e maciços montanhosos isolados, por vezes, desfeitos em um relevo de morros e serras baixas.

O Planalto da Borborema está localizado na porção oriental do Nordeste brasileiro, ocupando extensa área que abrange parte dos estados de Alagoas, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. Trata-se de um relevo de degradação em um maciço cristalino pré-cambriano, de direção geral NNE-SSW, com vastas superfícies planálticas alçadas em cotas que variam entre 450 e 1.000 m de altitude, destacando-se nitidamente em relação às áreas circundantes (MORAES NETO e ALKMIN, 2001).

A vertente oeste – ou vertente interiorana – é drenada pelo rio Piranhas-Açu para a Depressão Sertaneja, em localidades como Caicó. Essa região é regionalmente conhecida como Seridó, área de progressivo processo de desertificação devido à perda completa da exígua cobertura de solo e exposição irreversível da rocha aflorante. Trata-se de área semiárida, situada na vertente a sotavento da Borborema. Nesse caso, os ventos alísios ultrapassam o Planalto da Borborema, sem umidade, em pleno domínio da caatinga (DANTAS et al., 2008).

2.3 FATORES CLIMÁTICOS

O município de Parelhas tem pouca pluviosidade durante o ano, sendo 551 mm a pluviosidade média anual. Tem um ambiente de atuação dominante do intemperismo físico, em um clima tropical semiárido (Bsh) Köppen e Geiger, com temperatura média de 26.1 °C. Há o predomínio de um conjunto de solos rasos com fertilidade natural baixa a alta, e com revestimento de vegetação de caatinga hiperxerófitas.

2.4 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

De acordo com o censo demográfico do ano de 2010 realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (BRASIL, 2010), o município de Parelhas-RN tinha uma população total de aproximadamente 20.354 habitantes, sendo 16% residente em área rural e 84% em área urbana e 75,6% do total da população alfabetizada e 21% do total de pessoas são ocupadas. Desse total, 9.961 habitantes são do gênero masculino e 10.393 do gênero feminino, correspondendo a 49% e 51% da população total, respectivamente, distribuídos em torno de 6.060 domicílios particulares permanentes. Os serviços de saúde pública do SUS

contava com 18 estabelecimentos no ano de 2009. Em 2015 o município contava com duas agências bancárias e um PIB per capita de 10.885,46 em 2014.

No tocante ao imposto federal denominado de Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM), que é arrecadado por município minerador. Com base nos dados do DNPM, o município de Parelhas-RN, no ano de 2014 teve uma arrecadação que totalizou em R\$ 145.634,96. Sendo que 52,4% deste imposto foi proveniente da mineração de rocha ornamental. No ano seguinte, a CFEM arrecadada para rocha ornamental representou 70,37% do total deste imposto para o município, e com relação ao ano anterior o município teve um aumento com a arrecadação da mineração de rocha ornamental de 96,49%. No comparativo de 2016 com relação a 2015, foi arrecadado a mais com rocha ornamental de 27,26%. Por fim, no ano de 2016 a arrecadação de CFEM proveniente de rocha ornamental representou aproximadamente 89,82% do total arrecadado pelo município (Tabela 01).

Tabela 01 - Arrecadação de CFEM pelo município de Parelhas-RN

COMPENSAÇÃO FINANCEIRA PELA EXPLORAÇÃO DE RECURSOS MINERAIS - CFEM PARELHAS-RN		
ANO	SUBSTÂNCIA	VALOR R\$
2014	FELDSPATO	53.801,87
2014	GRANITO	76.341,57
2014	TURMALINA	15.491,52
2015	FELDSPATO	61.304,15
2015	GRANITO	150.005,42
2015	TURMALINA	1.847,35
2016	FELDSPATO	21.637,55
2016	GRANITO	190.899,31
2016	TURMALINA	0,00

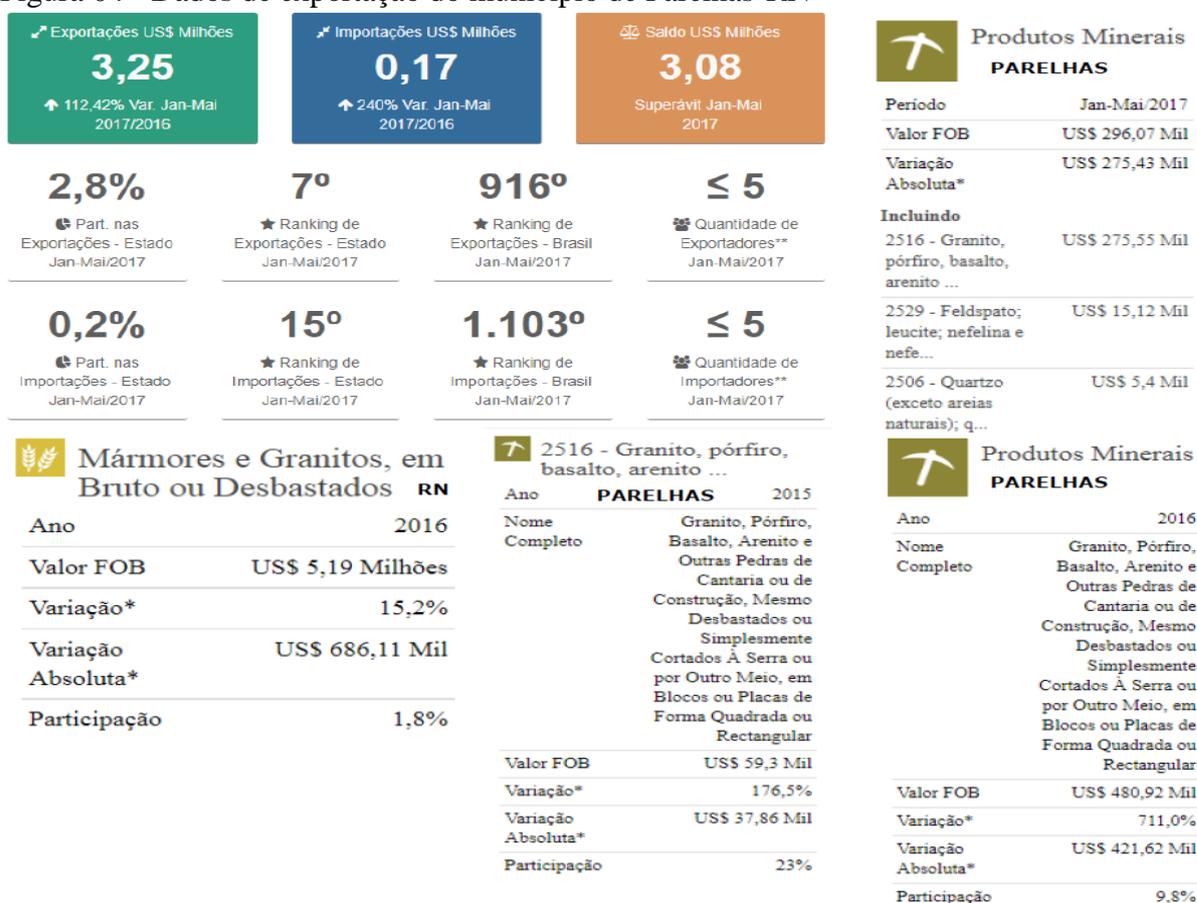
Fonte: Autoria própria (2017).

Conforme a NBR ISO 14001 (1996), o aspecto ambiental pode ser definido como "elemento das atividades, produtos e serviços de uma organização, que pode interagir com o meio ambiente", e impacto ambiental como "qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização".

Como qualquer outra atividade econômica, a mineração pode levar a um cenário de prós e contras no tocante aos impactos ambientais. Apesar de produzir impactos ambientais adversos, a mineração produz também impactos positivos.

Como identificado neste trabalho, os impactos positivos estão principalmente relacionados aos aspectos socioeconômicos. Pode-se citar a geração de emprego e renda, arrecadação de impostos e movimentação na economia local como um todo (Figura 04).

Figura 04 - Dados de exportação do município de Parelhas-RN



Fonte: Adaptado de MDIC (2017).

Partindo para a questão do comércio exterior, dados do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços – MDIC apontam que no acumulado de janeiro a maio de 2017, o município de Parelhas exportou US\$ 3,25 Milhões, o que representa um acréscimo de 112,42 % em relação ao mesmo período do ano anterior. Do acumulado de janeiro a maio de 2017, cerca de US\$ 296,07 mil são de produtos minerais, sendo que de rocha ornamental US\$ 275,55, este valor representa 93,06 % do total de minérios exportados.

3 RELEVÂNCIA E JUSTIFICATIVA

A elaboração desta pesquisa é baseada na busca de novos conhecimentos sobre Produção Mais Limpa na lavra de rocha ornamental, tendo em vista poucos estudos no Rio Grande do Norte que abordem a proposição desta técnica para esta área.

São poucos os trabalhos que tentaram descrever na prática como as minas podem atingir a Produção Mais Limpa, e como o conceito pode ser efetivamente incorporado nas políticas nacionais de mineração e adotadas a nível institucional (HILSON, 2003).

Segundo Vidal et al. (2013), o setor de rocha ornamental no Brasil foi responsável por 4% do saldo positivo da Balança Comercial Brasileira e contando com cerca de 400 empresas exportadoras.

As perdas nas operações de lavra de rochas ornamentais é uma preocupação, pois essa atividade gera um volume significativo de resíduos sólidos que são acumulados em pilhas de resíduos ou utilizados na construção de acessos da mina. Pode-se reavaliar as decisões quanto a utilização e disposição destes resíduos na atualidade. Seria mais oportuno que não se produzisse esse material. Todavia, as operações e as características estruturais das rochas que compõe a jazida podem ser fatores preponderantes na geração de resíduos de maneira que não existe para tal operação, resíduo zero. No entanto, pode-se vislumbrar outras destinações ou aplicações e empregar os resíduos sólidos como produto.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos é regida pela Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010 e, em seu artigo 3º e parágrafo VII, entende-se por destinação final ambientalmente adequada: destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária do Brasil (SNVS) e do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (SUASA), entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.

A mineração gera resíduos sólidos em todo seu processo produtivo: extração, manuseio, acondicionamento, transporte e disposição final, ressalta-se também as emissões atmosféricas. (OLIVEIRA; LANGE, 2005).

Valença (2006) considera imprescindível atuar no desenvolvimento de tecnologias que potencializem o reuso de resíduos.

A partir dos dados obtidos nesta pesquisa, o poder público, a sociedade e principalmente a iniciativa privada poderão tomar decisões que busquem prevenir impactos ambientais causados pela acumulação de resíduos provenientes da mineração.

Embora a Produção Mais Limpa esteja em uso há muitos anos em muitos países, e processos de Eco-eficiência tenham melhorado consideravelmente, a quantidade de resíduos nos países industrializados parece continuar a aumentar. Este aumento aparentemente está correlacionado com o Produto Interno Bruto (PIB). Isto significa que a Gestão de Resíduos e os padrões de consumo continuarão a ser importantes atividades por muitos anos (KJAERHEIM e NYLAND, 2007).

O pensamento da prevenção da poluição nas instituições, sejam elas públicas ou privadas é essencial para que os princípios da sustentabilidade sejam preservados e aplicados num cenário onde se tem um crescimento populacional considerável com o aumento da expectativa de vida.

Podemos pensar a luz da Produção Mais Limpa a recuperação de áreas degradadas por atividades de mineração. Tradicionalmente, o termo recuperação tem sido mais associado com áreas degradadas, referindo-se à aplicação de técnicas silviculturais, agrônômicas e de engenharia, visando à recomposição topográfica e à revegetação de área em que o relevo foi descaracterizado pela mineração (MARTINS, 2013 p. 25). A luz da Produção Mais Limpa poderíamos pensar no sentido amplo, onde as condições ecológicas sejam restabelecidas integralmente de forma a promover a biodiversidade e estabilidade do ecossistema local a longo prazo.

Esta dissertação é justificada pela necessidade de se diagnosticar e propor técnicas de Produção Mais Limpa para a lavra de rocha ornamental. Além disso, a escassez de estudos sobre o tema na literatura pesquisada se destaca dentre as principais razões para esta abordagem. Portanto, é nítida a importância da realização deste estudo na atividade de lavra de rocha ornamental. A pesquisa tem a finalidade não apenas de otimizar as condições do meio ambiente, mas também preservar os recursos naturais.

Quanto à relevância social, o projeto poderá promover um ganho de conhecimento para os funcionários que trabalham na lavra de rocha ornamental do sítio Boa Vista dos Negros, Parelhas/RN, visto que participarão diretamente na identificação e resolução de problemas e na proposta para aplicação de técnicas de Produção Mais Limpa nos processos produtivos da lavra.

Em suma, esta dissertação tem a finalidade de que sejam primorosamente apreciados o diagnóstico de resíduos sólidos e processo para implementação de técnicas de Produção Mais Limpa na lavra de rocha ornamental que indiquem o desenvolvimento sustentável.

4 OBJETIVOS

Como resposta ao questionamento que incentiva esta pesquisa, o objetivo geral foi a elaboração de um diagnóstico para a viabilização do implemento de técnicas de Produção Mais Limpa para lavra de rocha ornamental, do pegmatito do sítio Boa Vista dos Negros de Parelhas-RN.

Em vista disso, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Elaborar um diagnóstico de Produção Mais Limpa;
- Organizar o fluxograma do processo;
- Propor a aplicação de técnicas de Produção Mais Limpa;
- Realizar Análises química de amostras dos resíduos e sugerir usos alternativos;
- Identificar estruturas (falhas e fraturas) nas frentes de lavra;
- Propor a direção de avanços de lavra que diminuam a produção de resíduos.

5 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico desta pesquisa está balizado nos conceitos e fundamentações sobre recursos naturais, recursos minerais e meio ambiente, rocha ornamental, diagnóstico e resíduos sólidos e Produção Mais Limpa.

5.1 RECURSOS NATURAIS

A definição do termo “Recurso Natural” é conhecida pela sociedade como sendo os suprimentos de alimentos materiais para construção, vestuário, minerais, água e energia obtida da Terra, apresentando importância por manter a vida das civilizações (SKINNER, 1970).

De acordo com Miller Jr. (2007), o recurso é qualquer coisa obtida do meio ambiente com objetivo de atender as necessidades e desejos dos seres humanos, dentre os quais: água, produtos, manufaturados, transporte e comunicação. Os recursos da natureza podem ser classificados em Perenes (luz do sol, vento e água corrente), Renováveis (ar e água limpos, solo, produtos florestais e grãos), ou Não Renováveis (combustíveis fósseis, metais e areia).

O recurso renovável é repostado muito rápido, por meio de processos naturais, desde que não seja usado mais rapidamente do que repostado. Os recursos renováveis, conforme Miller Jr. (2007), podem ser degradados ou exauridos. A taxa mais alta que um recurso renovável pode ser usado indefinidamente sem produção de suprimentos é chamada de Produção Sustentável. E, quando a taxa de reposição natural do recurso começa a diminuir, tal processo chama-se degradação ambiental (MILLER JR., 2007).

Conforme classificação do mesmo autor, os recursos não renováveis possuem uma quantidade ou estoque finito na crosta terrestre. Os recursos denominados não renováveis são classificados ainda em: *Energéticos* (carvão, petróleo e gás natural), *Minerais Metálicos* (ferro, cobre e alumínio), e *Não Metálicos* (sal, argila, areia e fosfatos).

Corroborando com as classificações anteriores, Skinner no ano de 1970, já compreendia que a superfície da Terra era composta por recursos naturais renováveis e não renováveis. Os primeiros sendo representados por alimentos, fibras como algodão e produtos florestais (madeira e polpa para papel).

Então, com a expansão populacional surgem dois importantes questionamentos que podem auxiliar no futuro da humanidade, quando se trata de recurso necessário para a própria sobrevivência. A primeira questão seria: qual a máxima razão na qual os recursos renováveis

de alimentos podem ser produzidos, sem destruir a superfície da Terra? E a segunda pergunta diz respeito à civilização, haverá na Terra quantidades suficientes de combustíveis, metais, materiais de construção, fertilizantes e outros recursos não renováveis para manter e expandir essa civilização, cada vez mais complexa? (SKINNER, 1970).

Desde o surgimento do homem, a população terrestre tem crescido continuamente, e vem aumentando numa taxa muito superior à dos alimentos. Contudo, mesmo que a produção de todas as fontes seja aumentada, inclusive dos oceanos, não há como a população parar de expandir, ou então o consumo de alimentos ultrapassará a própria produção.

A base da civilização é composta por um complexo sistema de controle de saúde, distribuição de força, transporte e comunicação. Para a construção e manutenção desse sistema necessita-se de recursos minerais e combustíveis imprescindíveis à sua complexa tecnologia. Esses minerais depois de extraídos da natureza não podem ser repostos, pois diferentemente dos vegetais, não se formam por meio de rápidos processos cíclicos (SKINNER, 1970).

O Planeta Terra apresenta quantidades fixas dos recursos chamados não renováveis, como exemplo, o carvão e óleo queimados, argilas, metais como o ferro, chumbo, cobre, os quais podem passar por processos de reciclagem, e mesmo assim ainda sofrem perdas após cada ciclo de uso, e em longo prazo estarão sendo definitivamente exauridos.

A partir do aumento e evolução da sociedade, bem como o conhecimento sobre a natureza, o homem precisa usar em grande quantidade materiais, como por exemplo: cobre, bronze, ferro, argila para cerâmica e habitações, cimento, vidro, pigmentos (SKINNER, 1970).

5.2 RECURSOS MINERAIS E MEIO AMBIENTE

A crosta terrestre é composta por elementos e componentes inorgânicos sólidos e massas de um ou vários minerais denominados de rochas. Essas são definidas como sendo uma combinação sólida de um ou mais minerais que fazem parte da crosta terrestre. Já o mineral é um componente inorgânico natural, presente no estado sólido e com estrutura cristalina interna regular (MILLER JR, 2007).

Entende-se que os Recursos minerais são substâncias inorgânicas retiradas da Terra e que são usadas como matéria prima para os mais diversos setores industriais. São considerados ainda elementos ou compostos químicos que fazem parte da própria formação da crosta terrestre, não havendo participação do ser humano no seu processo de concepção.

Dos minerais existentes apenas alguns são formados por um único elemento, como por exemplo, o ouro, a prata e o diamante. A maioria dos minerais catalogados apresentam-se como componentes inorgânicos formados por muitas combinações de elementos, dentre eles cita-se: o sal, mica e o quartzo.

É importante destacar que as empresas da área mineral utilizam diversos métodos para identificar recursos e depósitos minerais que sejam rentáveis. Dentre as técnicas mais utilizadas, Miller Jr. (2007), destacou as seguintes: as fotos aéreas, imagens de satélite, avaliações sísmicas e análise química da água e das plantas para detectar depósitos de minerais que tenham sido recentemente drenados nos corpos de água ou que foram absorvidos pelos tecidos das plantas.

Após a identificação do local da jazida, as empresas utilizam outras técnicas e metodologias para realizar a lavra dos minérios, que irá depender da tipologia e dos locais onde esses materiais estejam localizados e do valor da commodity. Então, os minérios que estejam situados na superfície serão removidos pela metodologia de lavra a céu aberto e os depósitos que estão em locais mais profundos (subsolo), a sua extração têm que ser por métodos de mineração subterrânea.

Em geral, as minerações que desenvolvem suas atividades de forma subterrânea, iniciam seus trabalhos removendo os minérios que estão em camadas bastante profundas para serem extraídos na superfície. Os mineiros cavam um poço vertical, e depois começam a lavra abrindo túneis e câmaras com uso de explosivos para se chegar até as jazidas. Por fim, utilizam máquinas e equipamentos para remover o minério, e encaminhá-los para o sistema de transporte até a superfície (MILLER JR, 2007).

O autor em destaque explica que as minerações subterrâneas provocam prejuízos a terra bem menores do que as minerações de superfície, e no geral produzem menos resíduos. Todavia, deixam grande parte dos recursos na terra e são mais perigosas e caras do que as minerações de superfície. Dentre os principais perigos incluem desmoronamentos de terra, explosões e doenças como a silicose causadas pela prolongada inalação de poeira de sílica no interior das galerias.

A atividade mineral pode prejudicar o meio ambiente de diversas formas, por exemplo, com a formação de fendas na superfície; subsidências em áreas de minas subterrâneas; rompimento de tubulações de esgoto, de gás e prejudicar sistemas de água subterrânea (MILLER JR, 2007).

Outro ponto importante, e que também ocasiona danos irreversíveis ao meio ambiente são os resíduos da mineração com a presença de toxinas. Tais materiais podem ser levados e

depositados em qualquer lugar da superfície em razão da erosão pela água e pelo vento. Então, áreas que contenham esses tipos de resíduos e substâncias podem passar por um processo chamado de Drenagem Ácida da Mina, em que a água da chuva infiltra na mina ou nos seus resíduos carrega ácido sulfúrico (H_2SO_4 , produzido quando bactérias aeróbicas agem nos minerais de sulfeto de ferro dos rejeitos) para os córregos e as águas subterrâneas das redondezas (MILLER JR, 2007).

Geralmente o minério possui dois componentes: o mineral, que contém o metal desejado, e o resíduo chamado “*ganga*”. Então, a retirada da ganga dos minérios gera pilhas de resíduos chamados de *rejeitos de minérios*. E pequenas partículas de metais tóxicos levados pelo vento ou arrastados dos rejeitos de minério pela chuva podem contaminar a água superficial e a subterrânea.

Os recursos minerais foram definidos, de acordo com Skinner (1970), por todas as substâncias naturais inanimadas, as quais apresentem alguma utilidade para o homem, sejam orgânicas ou inorgânicas. A partir desse entendimento, os recursos minerais podem apresentar classificação de acordo com o uso, e serem subdivididos segundo as suas propriedades metálicas, e também conforme a sua ocorrência na crosta terrestre (SKINNER, 1970).

Os combustíveis fósseis como carvão, petróleo e gás natural atendem a crescente demanda energética. E a água é o recurso mineral mais importante de todos, pois é indispensável à produção de alimentos, e para a sobrevivência das atividades tecnológicas (SKINNER, 1970).

Contudo, de acordo com Miller Jr. (2007), os recursos minerais são materiais não renováveis, os quais podem ser retirados da crosta terrestre. Tal recurso é a concentração de material que é encontrado naturalmente no interior da crosta terrestre ou na sua superfície. Eles também podem ser extraídos e processados em materiais úteis e a preços acessíveis. É importante destacar que os processos geológicos da Terra, há milhões e bilhões de anos, formaram grandes quantidades desses minerais.

O termo minério, segundo a definição de Miller Jr. (2007), é considerado como uma rocha que contém um ou mais minerais metálicos suficientes para serem extraídos de maneira rentável. De acordo com o mesmo os recursos minerais não renováveis podem ser distribuídos em 4 (quatro) categorias: *Recursos identificados*, são aqueles cujos depósitos possuem localização, quantidade e qualidade conhecidas, e cuja existência tem como base evidências geológicas direta e medições; *Recursos não descobertos*, sabe-se dos conhecimentos teóricos e geológicos, porém, pressupõe-se que existam importantes recursos minerais, todavia desconhece-se a localização, quantidade e qualidade das fontes; *Reservas*, possuem os

recursos identificados e de onde pode-se extrair de maneira economicamente viável; e *outros recursos* não descobertos, e recursos identificados não categorizados como reservas.

A partir desse entendimento, Skinner (1970) cita que as estimativas de reserva são divididas, de acordo com a classificação do *United States Departamento of the interior*, em:

1. Reserva Medida: aquela que apresenta todas as informações necessárias para estabelecer exatamente a quantidade de minério e seu conteúdo em elemento útil;
2. Reserva Indicada: aquela em que não há possibilidade de se efetuar medidas em número desejável. Além disto, algumas extrapolações geológicas são envolvidas na estimativa;
3. Reserva Inferida: aquela em que a estimativa se baseia total ou parcialmente em interferências, e na experiência geológica com grau de precisão baixo.

Destaca-se ainda que a Terra possui massa de $6,5 \times 10^{21}$ toneladas, sendo constituída por 88 elementos diferentes, os quais apresentam quantidades consideráveis. Todas as evidências apontam que dez elementos compõem cerca de 98,8% da massa da Terra. A crosta terrestre é constituída, predominantemente, de minerais que são sólidos cristalinos de composição bastante simples. Na natureza os minerais não estão distribuídos aleatoriamente, mas concentrados em depósitos e rochas específicas (SKINNER, 1970).

Os recursos minerais são substâncias inorgânicas extraídas da Terra, que podem ser utilizadas como matéria prima pela sociedade, e suas respectivas atividades produtivas. São encontrados de forma natural na crosta terrestre, não havendo interferência humana no processo de criação.

Conforme definição de Silva (2007), os recursos minerais são bens considerados esgotáveis e não renováveis, dessa forma, apresentam tendência à escassez à medida que são explorados pelas atividades econômicas.

Na natureza pode ser encontrada uma grande diversidade de recursos minerais, os quais são classificados em: *metálicos*, como ferro, ouro, alumínio, manganês, magnésio, cobre, mercúrio, chumbo, estanho, prata e urânio; e *não metálicos* têm-se, como exemplo, a areia, argila, cloreto de sódio, nitratos, fosfatos, enxofre, cascalho, amianto, água, petróleo e carvão mineral (SILVA, 2007).

Antigamente o termo minério, conforme descrito por Tanno e Sintoni (2003), era considerado como a substância mineral de onde se podia extrair de forma econômica um ou mais metais. Entretanto, com o passar dos anos houve um avanço nesta denominação, em que minério passa a indicar todas as substâncias minerais que saem de uma mina e com valor econômico.

Cada substância mineral possui um determinado tipo de uso e aplicação para a sociedade. Destaca-se dentre as aplicações, os materiais destinados ao mercado da construção civil, por exemplo: areia, argila, rochas calcárias, material de empréstimo, dentre outros (TANNO E SINTONI, 2003). Vale destacar que o homem apresenta grande dependência das substâncias minerais, uma vez que estas fornecem os principais elementos de sustentação básica para a vida humana.

Mediante tais fatos, pode-se enfatizar que a atividade de extração mineral provê a sociedade um elevado número de matérias primas e insumos importantes à manutenção da vida, ao conforto e progresso da civilização humana.

Os recursos minerais podem ser encontrados no meio ambiente, em estado puro, como o ouro, ou associados a outros minerais. Para realizar a extração da matéria prima desejada comercialmente, faz-se necessário realizar o seu processamento, também chamado de beneficiamento. Tal atividade consiste em separar o recurso mineral de interesse comercial, daquele outro que não apresenta valor econômico.

Baseando-se em Tanno e Sintoni (2003), os recursos minerais são bens da União, sendo propriedade diferente do domínio do solo que os contêm e categorizados como recursos naturais não renováveis. Com isto, torna-se claro que o seu aproveitamento deva ser conduzido de forma responsável e racional, tentando controlar, obrigatoriamente, os impactos ambientais decorrentes do beneficiamento e lavra. Além disto, deverá ser feita a recuperação das áreas degradadas logo após o encerramento das atividades mineradoras.

É importante destacar a importância da mineração como atividade base para as indústrias de transformação e construção civil. Estas são áreas econômicas responsáveis por absorver grande quantidade de mão de obra, gerando conseqüentemente novos empregos para o comércio e os serviços que dele dependem.

Para um conhecimento sobre rochas ornamentais bem como as etapas do processo de lavra que é objeto deste estudo, terão seus conceitos apresentados nas próximas seções.

5.3 ROCHA ORNAMENTAL

De acordo com o Guia de Utilização de Rochas Ornamentais da Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais (ABIROCHAS), as rochas ornamentais e de revestimento, também designadas pedras naturais, rochas lapídeas, rochas dimensionais e materiais de cantaria, compreendem os materiais geológicos naturais que podem ser extraídos

em blocos ou placas, cortados em formas variadas e beneficiados por meio de esquadrejamento, polimento e lustro. De acordo com Vidal et al. (2013, p. 17):

Não é sem motivo que o homem escolheu este material para construir estruturas e templos com objetivos religiosos ou funerários, de forma a perdurarem muito além da própria vida e até da civilização. Sob o aspecto de material estético ou estrutural, sua utilização ao longo da história remonta-se aos hominídeos do Paleolítico, quando, pelo menos uns 300.000 anos atrás, nosso antecessor o Homem de Atapuerca (*Homo Heidelbergensis*) cobria seus mortos com pedras ou uns 40.000 anos atrás, nosso primo do Neanderthal (*Homo Neanderthalis*) construía cúpulas funerárias e as cobria com uma lápide de calcário (caverna de La Ferrassie, França). Muito antes, uns 2,5 milhões de anos atrás nossos antepassados fabricaram os primeiros utensílios conhecidos em sílex e quartzito.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define rocha ornamental como uma substância rochosa natural que, submetida a diferentes graus de modelamento ou beneficiamento, pode ser utilizada como uma função estética qualquer.

Rocha de revestimento, por sua vez, é qualificada pelo órgão como material rochoso passível de desdobramentos e beneficiamentos diversos com emprego em acabamentos de superfícies de paredes e pisos em construções civis.

A American Society for Testing and Materials (ASTM), órgão normatizador americano, define *dimension stone* (pedra ornamental) como qualquer material rochoso natural serrado, cortado em chapas e fatiado em placas, com ou sem acabamento mecânico, excluindo produtos acabados baseados em agregados artificialmente constituídos, compostos de fragmentos e pedras moídas e quebradas.

Frasca (2002), com base nos conceitos da ABNT (1995) e ASTM (2003), entende rocha para revestimento como “um produto de desmonte de materiais rochosos e de seu subsequente desdobramento em chapas, posteriormente polidas e cortadas em placas”.

Costa et al. (2002) conceitua rocha ornamental e de revestimento como tipos litológicos extraídos em blocos ou chapas, que podem ser cortados em formas diversas e beneficiados através de esquadrejamento, polimento e lustro.

Para Mattos (2002), uma rocha para ser considerada ornamental deve apresentar como requisitos básicos beleza estética, ou seja, homogeneidade textural e estrutural, e possuir características tecnológicas dentro de padrões aceitáveis pelas normas técnicas.

Uma definição de mercado são as “pedras naturais”. Abrangem rochas extraídas a partir de seu deslocamento, através de planos naturais de fraqueza, e são empregadas in natura como placas ou lajotas, sem qualquer polimento, em revestimentos (MATTOS, 2002;

MENDES & VIDAL, 2002). Estas incluiriam, segundo os autores, quartzitos foliados, gnaisses milonitizados, ardósias, arenitos estratificados, e até calcários laminados.

Nesse sentido, depreende-se das definições supracitadas que o conceito de rocha ornamental e de revestimento está baseado, sobretudo, em um método de extração e possibilidade de aplicação, conjugados a fatores estéticos, não importando a princípio seus aspectos genéticos e composicionais. Fica patente que qualquer material pétreo natural, passível de extração como bloco e com possibilidades de desdobramentos em chapas, com ou sem beneficiamento, pode ser considerado potencialmente uma rocha ornamental ou de revestimento.

Comercialmente, as rochas ornamentais são definidas essencialmente à luz de duas principais categorias, que são os “granitos” e os “mármore”, distinguidas com base na sua composição mineralógica. Os granitos abrangeriam as rochas silicatadas, ou seja, formadas por minerais estruturalmente constituídos por tetraedros de SiO_4 , ao passo que os mármore incluem as rochas composicionalmente carbonáticas.

Segundo Vidal (2002), estas duas categorias de rochas respondem largamente pelas variedades de rochas ornamentais e de revestimento comercializadas, representando cerca de 80% da produção mundial. No Brasil, dados da ABIROCHAS/CETEM (2002) indicam que os “granitos” correspondem a 57% da produção nacional de rochas ornamentais, enquanto apenas 19% são relativos aos “mármore”.

As demais categorias, não menos importantes, correspondem os quartzitos, as ardósias, os serpentinitos, os esteatitos, os arenitos e os conglomerados. Entretanto, observa-se uma tendência do mercado de descrever comercialmente algumas dessas variedades como “granito”, em função simplesmente de apresentarem comportamento típico da categoria nos processos de extração, desdobramento e beneficiamento. Costa et al. (2002) cita como exemplos o Quartzito Azul Imperial e o Quartzito Rosinha do Serro, rochas com alto grau de recristalização, granulação fina e textura granoblástica que obtidos a partir de blocos, aceitam desdobramentos em teares e lustro e polimentos de chapas. Estes autores acentuam ainda, que, sob certas condições, são utilizados nas mesmas aplicações dos granitos e chegam a ser até mais valorizados no mercado. Salientam também que tecnologicamente apresentam dados comparáveis ou melhores do que muitos granitos, isotrópicos ou movimentados.

Relativamente aos mármore, os granitos, pela sua grande diversidade estético-decorativa e, em geral, maior resistência às solicitações de uso, sejam elas naturais ou artificiais, são muito mais utilizados, sendo empregados em uma gama maior de situações.

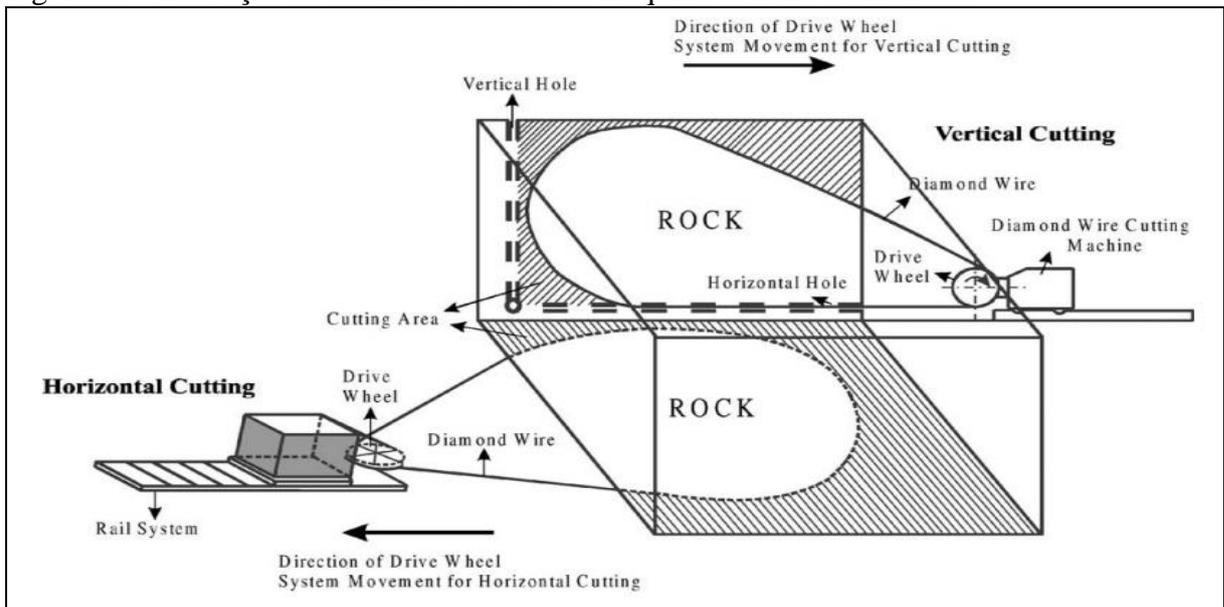
Para se obter os blocos de rocha ornamental, material que faz parte deste estudo, existe um conjunto de técnicas que são aplicadas no processo que visam o melhor aproveitamento do recurso mineral, levando em conta questões econômicas, de segurança e meio ambiente. Este conjunto de técnicas mencionado é denominado de lavra, e dependendo dos tipos de rochas ou minérios, são escolhidos os métodos que melhor se adéquam a realidade jazida.

Lavra é o conjunto de operações coordenadas objetivando o aproveitamento industrial da jazida, desde a extração de substâncias minerais úteis que contiver, até o beneficiamento das mesmas (BRASIL, 1967). Os métodos de lavra mais adotados na mineração são os de lavra a céu aberto. Estes métodos são adotados em jazidas com corpos de minérios aflorantes. O método de lavra pode ser considerado como sendo o conjunto de operações que definem a sequência espacial e os ciclos de trabalho em função do tempo para o melhor aproveitamento de uma jazida, correlacionando a geometria espacial do corpo, o sequenciamento do avanço com foco nos volumes a serem isolados e subdivididos (VIDAL et al., 2013).

Os métodos de lavra à céu aberto aplicados à mineração de rocha ornamental comumente utilizados são: lavra em bancadas altas ou baixas, lavras por desmoronamento, lavra de painéis verticais, lavra seletiva e lavra subterrânea. Este último não é utilizado no Brasil, existem relatos que uma pedreira no Estado da Bahia tentou utilizar o método.

Na atualidade a técnica mais utilizada para o desmonte de rocha ornamental é com a tecnologia da máquina cortadora com fio diamantado (Figura 05). Este tipo de equipamento permite que sejam realizados cortes com diferentes direções, e o mais importante, como boa produtividade. O corte só é possível através da execução de dois furos que são denominados "guias", um na direção vertical e outro na horizontal e que se interceptam para que seja passado o fio diamantado, e assim ser iniciada a operação de corte da rocha.

Figura 05 - Ilustração do desmonte através de máquina com fio diamantado

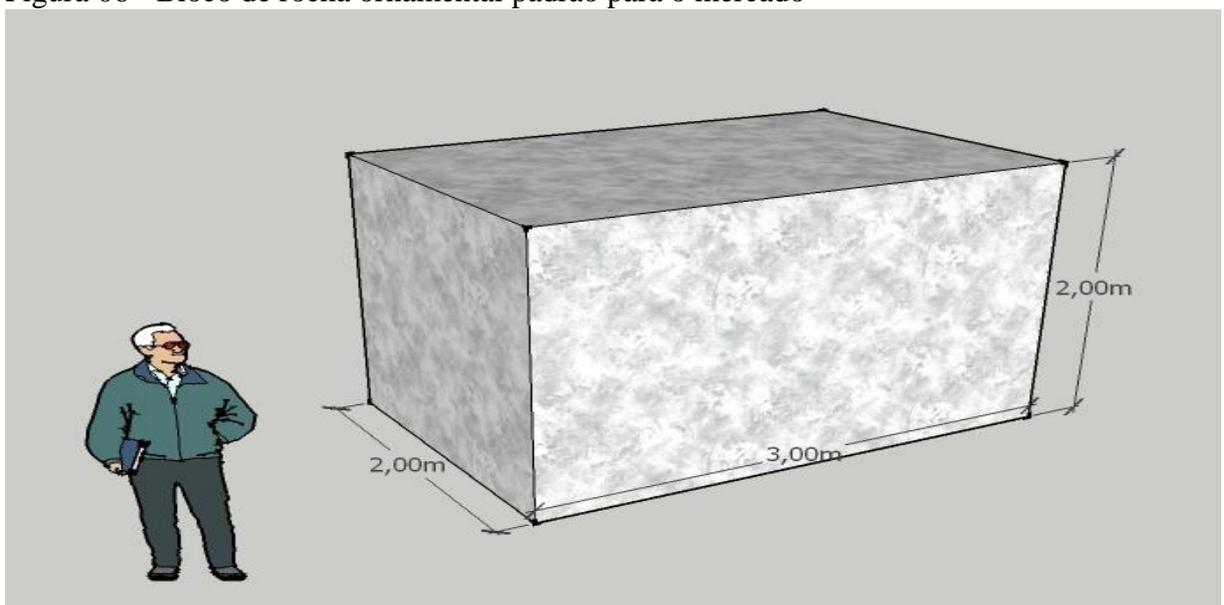


Fonte: Cardu et al.. (2005).

A máquina de fio diamantado pode realizar cortes posicionada na parte inferior ou superior da bancada e a depender do equipamento pode gerar faces nos mais diversos ângulos.

O produto final da lavra de rocha ornamental comumente são blocos que possuem de 8 m³ a 12 m³, com medidas de comprimento e altura de pelo menos 2,80 m e 1,70 m respectivamente (Figura 06). Estas especificação são exigências de mercado e que podem influenciar diretamente no rendimento da pedreira.

Figura 06 - Bloco de rocha ornamental padrão para o mercado



Fonte: Autoria própria (2017).

5.4 DIAGNÓSTICO E RESÍDUOS SÓLIDOS

A evolução do comportamento e desempenho da indústria da mineração no Brasil se deu a partir de 1970 com o surgimento das primeiras exigências legais de controle da poluição, onde estabeleceu obrigações ao minerador por meio de licenciamento ambiental, devendo apresentar diagnósticos, estudos de impacto ambiental, plano de controle ambiental com o objetivo de prevenir riscos e danos ambientais e para recuperar áreas degradadas (SÁNCHEZ, 2007).

O diagnóstico de resíduos e processos retrata a real situação de uma empresa quanto a geração de resíduos sólidos e descreve os processos e fluxos de matéria prima e resíduos de forma minuciosa.

Conhecimento efetivo ou em confirmação sobre algo, ao momento do seu exame; ou descrição minuciosa de algo, feita pelo examinador, classificador ou pesquisador; ou Juízo declarado ou proferido sobre a característica, a composição, o comportamento, a natureza etc. de algo, com base nos dados e/ou informações deste obtidos por meio de exame (DIAGNÓSTICO, 2017).

Barbieri (2007) define que a luz do Sistema de Gestão Ambiental - SGA com base na ISO 14.000, observa a aplicação do diagnóstico ambiental como uma ferramenta da fase do planejamento do Sistema de Gestão Ambiental (SGA), que trata de identificar os aspectos e impactos ambientais.

O tratamento de resíduos é mais caro do que torná-lo um produto, haja visto que produtos tem valores e podem levar a atividade a um equilíbrio econômico. É um desafio porque os resíduos de mineração variam em qualidade, quantidade e sazonalmente mediante mudanças nos tipos e montantes dos produtos (EL-HAGGAR, 2007).

5.5 RESÍDUOS SÓLIDOS

A política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), regida pela Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010, no capítulo II, parágrafo XVI, define resíduos sólidos como: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados: sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos

d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010).

A PNRS estabelece diretrizes e estratégias para os resíduos de mineração. A diretriz 01 (um) é a compatibilização do PNRS com o Plano Nacional de Mineração. Foram estabelecidas como estratégias:

- Promover, até 2014, a integração entre os órgãos de licenciamento ambiental e os órgãos gestores dos recursos minerais;
- A cada seis anos estabelecer cenários de tipologias de atividades minerárias e geração e destinação adequada de resíduos gerados mineração, com base no Plano Nacional de Mineração 2030;
- Participar da revisão e atualização a cada quatro anos do Plano Nacional de Resíduos Sólidos na Mineração.

Segundo Sewel (1978), pode-se denominar como resíduos sólidos, os detritos, sobras de materiais, refugos e resíduos sólidos ou líquidos de atividades industriais, agrícolas, comerciais, de mineração, e de comunidades, excetuando-se os materiais sólidos ou dissolvidos provenientes do esgoto doméstico.

Os resíduos sólidos podem ser classificados por classes conforme a ABNT NBR 10004: 2004, que são:

- Classe I – Resíduos Perigosos

Aqueles que apresentam algumas das características a seguir: periculosidade, inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, ou;

- Classe IIA – Resíduos Não Perigosos – Não Inertes

São aqueles que não se enquadram na classe I e na classe IIB, podem ter propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água, ou;

- Classe IIB – Resíduos Não Perigosos – Inertes

Quaisquer resíduos que quando amostrados de forma significativa seguindo as devidas normas da ABNT NBR 10007 e ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados na água a concentrações superiores ao padrão de potabilidade.

Entende-se por resíduo todos os tipos de poluentes, incluindo resíduos sólidos, perigosos ou não, efluentes líquidos, emissões atmosféricas, calor, ruído ou qualquer tipo de perda que ocorra durante o processo de geração de um produto ou serviço Centro Nacional de

Tecnologias Limpas do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial do Rio Grande do Sul (SENAI-RS, 2003a).

De acordo com ABIROCHAS (2011), no ano de 2010 as minerações de rochas ornamentais geraram uma quantidade de 3 milhões de toneladas de resíduos.

Na lavra de rocha ornamental, como pedra-sabão, apenas 30% da rocha é recuperada, sendo os 70% restantes compostos de pequenos blocos e fragmentos que são usados em oficinas artesanais (RODRIGUES; LIMA, 2012).

A mineração de rochas ornamentais, como a de outros minerais, causa impactos visuais, gera poeira e ruído, como também impactos sociais pelo uso do solo e o transporte de cargas pesadas, além de muitos resíduos de rochas, devido as taxas de recuperação das pedreiras serem baixas (VIDAL et al., 2013).

O desenvolvimento contínuo da indústria da rocha ornamental no Egito devido à forte demanda das pedras egípcias, na escala local ou internacional, levou a uma acumulação de grandes quantidades de resíduos de mármore, em diferentes formas e que podem atingir cerca de 55 a 85% das etapas totais do processo (AHMED, 2016).

A valorização de resíduos pode ser viabilizada com o desenvolvimento de tecnologias que fomentem uma Produção Mais Limpa, como o caso do trabalho desenvolvido na cidade de Santo Antônio de Pádua-RJ que existe aproveitamento de resíduos provenientes da lavra ou beneficiamento de rochas ornamentais e que são incorporados na composição de traços para fabricação de tijolos e argamassas (SÁNCHEZ, 2007).

Sendo assim, a Produção Mais Limpa não é apenas um tema ambiental e econômico, mas também um tema social, pois, considera que a redução da geração de resíduos em um processo produtivo, muitas vezes, possibilita resolver problemas relacionados à saúde e à segurança ocupacional dos trabalhadores (SENAI, 2003a).

Ao relacionar o conceito do CNTL sobre Produção Mais Limpa e a saúde do trabalhador, pode-se fazer uma menção à exposição do trabalhador a agentes de riscos como: poeira de sílica, ruídos e vibrações, além de riscos ergonômicos e de acidentes. A poeira de sílica, classificada no grupo dos aerodispersóides ou materiais particulados (resíduo), é um dos principais agentes químicos que pode afetar a saúde do trabalhador na mineração de rocha ornamental. Portanto, o plano de gerenciamento de riscos deve levar em consideração em especial o controle da liberação de poeiras minerais e medidas que amenizem riscos à saúde do trabalhador. Nesse sentido, o conhecimento do processo que gera o resíduo sólido e da composição química é item essencial para que se possa vislumbrar a reciclagem ou até mesmo o que era resíduo, ser produto.

5.6 PRODUÇÃO MAIS LIMPA

A Produção Mais Limpa (P+L) foi desenvolvida pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA, em inglês UNEP) e pela Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (ONUUDI, em inglês UNIDO) na década de 80, em resposta à abordagem de tratamento de fim-de-tubo (*End-of-Pipe Technologies*) ou controle da poluição adotada pelas indústrias (BARBIERI, 2007).

O forte crescimento populacional no mundo atrelado ao crescimento econômico de países emergentes com países de economia consolidada, onde o alto índice de emissão de poluentes e a produção de resíduos, promoveu discussões em Copenhague em 1992, acerca de qual seria a melhor forma de apoio que unisse esforços entre Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO), Programa das Nações Unidas para o Ambiente (UNEP) e Agência dos Estados Unidos para a Cooperação Internacional tendo como desafio a promover a facilitação de financiamento e transferência de tecnologias limpas. Dessa discussão surgiu uma estratégia de promoção da Produção Mais Limpa e sua definição (LUKEN et al., 2016).

De acordo com Salazar (2013, p. 1), Produção Mais Limpa é uma estratégia aplicada na produção e nos produtos a fim de economizar e maximizar a eficiência do uso de energia, matérias-primas e água e ainda minimizar ou reaproveitar resíduos gerados.

A implementação de práticas de P+L otimiza o uso de insumos disponíveis e, além de reduzir os custos envolvidos no tratamento de resíduos, fazem a empresa operar de forma ambientalmente segura e responsável, aumentando o bem-estar da comunidade e preservando recursos naturais para as próximas gerações. (HIROSE, 2005 p. 40)

A prática da P+L, como um instrumento do desenvolvimento sustentável, proporciona às empresas maior competitividade, devido à economia que se alcança, bem como, a valorização da sua marca pela associação ao respeito pelo meio ambiente (LEITE e NETO, 2016).

Na literatura, pode-se destacar algumas obras que definem Produção Mais Limpa. Por exemplo, Hillary e Thorsen (1999) afirmam que, Produção Mais Limpa é o desenvolvimento de processos e produtos industriais com o objetivo de diminuir a geração de resíduos, gerenciando e reduzindo os riscos ao meio ambiente e fazendo uso eficiente dos recursos e matérias-primas.

Por sua vez, Vieira e Amaral (2016) a definem como um processo de melhoria contínua que visa o uso eficiente dos recursos naturais, buscando mitigar os impactos ambientais adversos dos processos, produtos ou serviços, resultando em melhorias econômicas e mudança organizacional.

Van Berkel (2007) corrobora afirmando que é uma estratégia que proporciona oportunidades, na busca por melhorias, no que diz respeito às boas práticas operacionais, às entradas de materiais, aos equipamentos e tecnologia, no *design* de produto e na gestão de saídas de não-produtos.

Por outro lado, Glavic e Lukman (2007) definem Produção Mais Limpa como uma abordagem sistemática e organizada para o processo produtivo, que busca efeitos benéficos sobre o meio ambiente, por meio da redução do consumo de recursos, melhoria da ecoeficiência e redução na fonte, gerando proteção ambiental e redução de riscos aos organismos vivos. Nesse caso, a P+L é classificada como uma abordagem, e não uma estratégia, porque o termo “estratégia” é semanticamente mais abrangente que o termo “abordagem”. As estratégias, no campo de termos de sustentabilidade, englobam, por exemplo, os termos ecologia industrial, Prevenção à Poluição (P2) e Sistemas de Gestão Ambiental (SGA). Já as abordagens englobam termos menos abrangentes como controle da poluição, Produção Mais Limpa, Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e *ecodesign* (GLAVIC; LUKMAN, 2007).

Nesse sentido, Bass et al. (1995) afirmam que a Produção Mais Limpa é uma abordagem à produção, exige que as fases do ciclo de vida de um produto ou de um processo devem ser abordadas com o objetivo de prevenir ou minimizar os riscos para os seres humanos e meio ambiente.

Entende-se que “a ideia central da Produção Mais Limpa deve ser a visão do sistema global de produção, aplicação dos princípios fundamentais de precaução, prevenção, integração e controle democrático unido a responsabilidade continuada do produtor”, como assinalou Contador (2010, p. 292).

O conceito básico de Produção Mais Limpa deve ser mais abrangente, principalmente em países em desenvolvimento, onde deve incluir módulos que respondam mais diretamente aos desafios de erradicação da pobreza, proteção à saúde pública e melhorias na segurança. (KJAERHEIM; NYLAND, 2007). Nesse contexto, o modelo de Produção Mais Limpa norueguês explana que esta ferramenta não deve mais ser vista de maneira isolada, mas, ser integrada em todas as atividades de desenvolvimento de negócios para melhorar a qualidade de vida.

No tocante a atividade industrial a que esta pesquisa se ateve, e seu sítio num território quilombola em região de semiárido norte-riograndense, onde as perspectivas econômicas são ligadas às atividades de subsistência sazonais e comerciais, reforça o pensamento de Kjaerheim e Nyland (2007) para um conceito mais amplo de Produção Mais Limpa, que vise a erradicação da pobreza, valorização sociocultural, proteção à saúde do trabalhador e pública, na busca de melhorias da qualidade de vida.

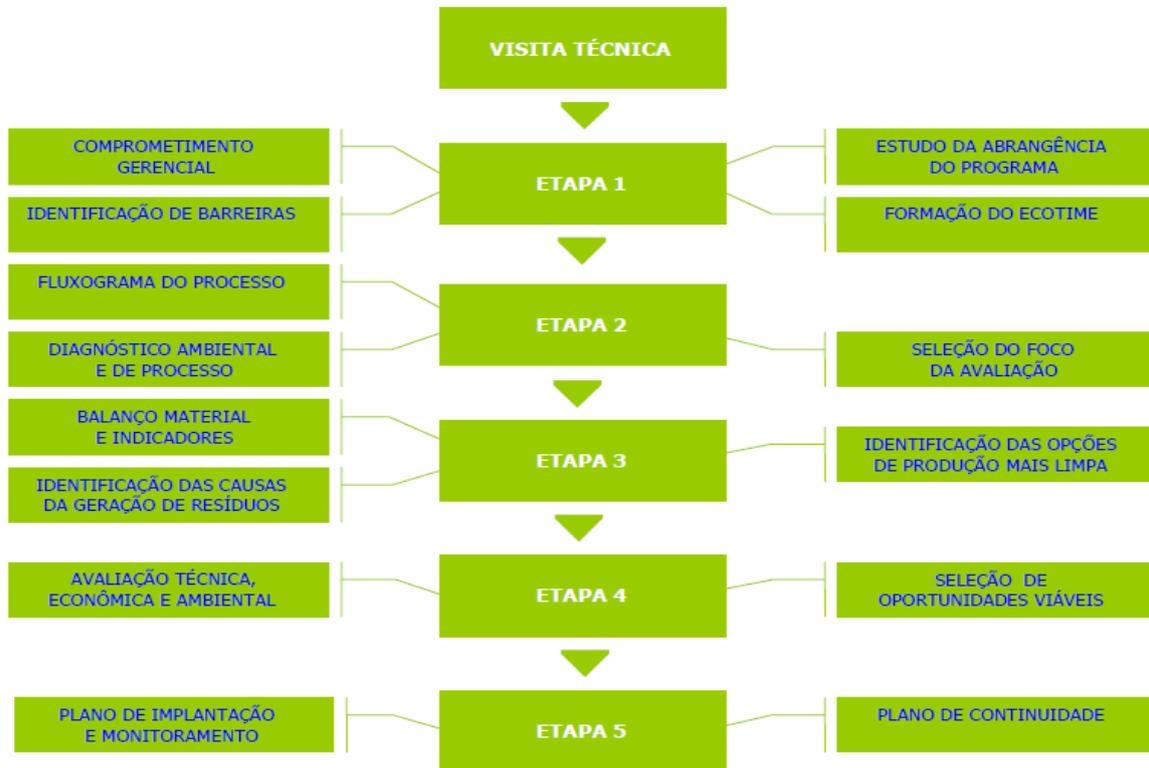
Segundo Hilson (2003), para os profissionais que atuam na gestão ambiental da indústria, o planejamento ambiental tornou-se um componente essencial para as corporações, mas para outras empresas, a gestão do meio ambiente de forma eficaz, não é tarefa fácil.

As pequenas empresas geralmente necessitam de apoio financeiro e tecnologia apropriada para melhorar seu processo produtivo. Para pequenas minerações, com capital de giro limitado, combinado com a falta de mão de obra qualificada, faz com a Produção Mais Limpa se torne uma prática difícil de se aplicar (HILSON, 2003).

Portanto, considerando a definição consagrada de Produção Mais Limpa da UNEP e as definições levantadas na revisão de literatura, pode-se dizer, que a Produção mais Limpa é uma abordagem preventiva e integrada a processos que visam o uso eficiente dos insumos e a redução de desperdícios, podendo gerar benefícios econômicos e ambientais.

Um programa de Produção Mais Limpa tem sua implementação iniciada com uma pré-sensibilização e comprometimento a nível gerencial, identificação de barreiras, estudo de abrangência do programa e formação do *ecotime* que são ações referentes a 1ª etapa (Figura 07). Concluída esta primeira fase, se elabora o fluxograma do processo, o diagnóstico ambiental e de processo e é selecionado do foco da avaliação (SENAI-RS, 2003b).

Figura 07 - Passos para implementação de um programa de Produção Mais Limpa



Fonte: SENAI-RS (2003b).

Nesse sentido, pesquisas realizadas no Brasil e em diversos países demonstram que é possível aplicar a Produção Mais Limpa na mineração, e em especial, na extração de rochas ornamentais.

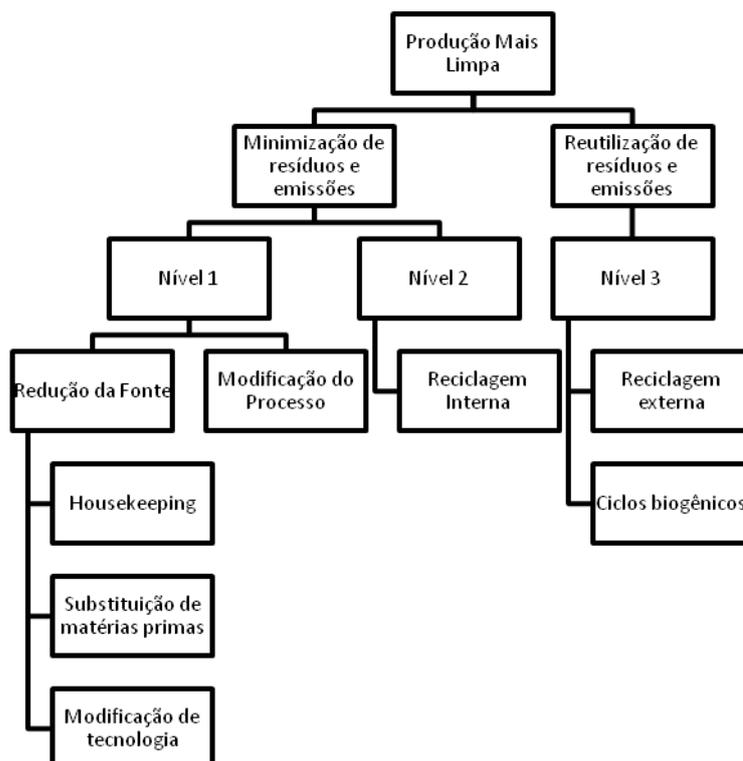
Para introduzirmos técnicas de Produção Mais Limpa em um processo produtivo, podem ser utilizadas várias estratégias, tendo em vista metas ambientais, econômicas e tecnológicas. E uma delas é a elaboração de um balanço ambiental, econômico e tecnológico do processo produtivo (OLIVEIRA; ALVES, 2007).

O que difere a Produção Mais Limpa de outros métodos, como Controle da Poluição é a escolha do tempo, custo e sustentabilidade. As técnicas de controle da poluição seguem uma regra de reação e tratamento, enquanto que as técnicas de Produção Mais Limpa adotam a filosofia prevencionista, ou seja se concentra antes do evento ocorrer (EL-HAGGAR, 2007).

A Produção Mais Limpa é a aplicação contínua de uma estratégia ambiental de prevenção da poluição na empresa, focando os produtos e processos, para otimizar o emprego de matérias primas, de modo a não gerar ou a minimizar a geração de resíduos, reduzindo os riscos ambientais para os seres vivos e trazendo benefícios econômicos para a empresa (CEBDS, 2008).

A prioridade da Produção Mais Limpa está no topo (à esquerda) do fluxograma: evitar a geração de resíduos e emissões de gases poluentes (nível 1). Os resíduos que não podem ser evitados devem, preferencialmente, ser reintegrados ao processo de produção da empresa (nível 2), (Figura 08). Na sua impossibilidade, medidas de reciclagem fora da empresa podem ser utilizadas (nível 3) (OLIVEIRA; ALVES, 2007).

Figura 08 - Escopo de atuação da metodologia de Produção Mais Limpa.



Fonte: Adaptado de CNTL - Centro Nacional de Tecnologias Limpas (2003).

As técnicas de Produção Mais Limpa podem ser ordenadas como exposto na Figura 08, da seguinte maneira:

- Redução da fonte:
 - ✓ Boas práticas operacionais (*Good housekeeping*);
 - ✓ Substituição de matérias primas;
 - ✓ Modificação de tecnologia.
- Mudanças de processo:
 - ✓ Melhor controle de processo;
 - ✓ Modificação do equipamento;
 - ✓ Mudança de tecnologia;
 - ✓ Mudança de material de entrada.

- Reuso:
 - ✓ Reciclagem no local;
 - ✓ Subprodutos úteis através da reciclagem fora do local.
- Modificação do produto.

El-Haggar (2007) afirma que não existe um obstáculo entre nenhuma das técnicas de acima mencionadas. Algumas das oportunidades de implementação da Produção Mais Limpa podem exigir uma ou mais técnicas para aspirar o "desenvolvimento sustentável".

A técnica de boas práticas operacionais foca na redução de resíduos na fonte, fazendo com que a empresa busque aplicar o maior número de medidas na minimização ou eliminação de resíduos e emissões. O PNUMA através da (UNEP, 2001) enumera algumas medidas que são consideradas boas práticas operacionais por exemplo:

- Manutenção preditiva e preventiva para evitar excesso de emissões ou vazamentos em equipamentos;
- Plano de gerenciamento de resíduos sólidos;
- Gestão de qualidade no armazenamento de insumos e manipulação correta para evitar perdas;
- Qualificação de funcionários e incentivos para melhorias contínuas na busca da diminuição e eliminação da geração de resíduos.

Um bom planejamento e controle podem dar garantia de processos que otimizem o consumo de recursos, produção e geração de resíduos. Para isso, requer gerenciamento e monitoramento contínuo de parâmetros na busca de economia de água, energia e matérias primas (EL-HAGGAR, 2007).

Concomitante ao uso de boas práticas, pode-se buscar a mudança da matéria prima ou tecnologia utilizada como técnicas de redução na fonte.

No que trata da técnica de modificação de equipamento, engloba medidas que otimizem o consumo de energia, troca da fonte de energia com uso de combustíveis mais limpos para que sejam reduzidas as emissões e a geração de resíduos.

Mudanças de tecnologia deve ser considerada sempre a última opção, haja visto que requer mudanças no processo como um todo, muitas vezes tendo que substituir toda uma linha de produção, o que pode resultar em investimentos altos.

Nesse sentido, percebe-se que a Produção Mais Limpa busca sempre a eliminação ou minimização da produção de resíduos nos diversos setores da indústria, e a mineração de rocha ornamental como atividade potencialmente poluidora por produzir quantias

significativas de resíduos sólidos, pode ansiar por um desenvolvimento sustentável fazendo uso desta ferramenta de gestão ambiental.

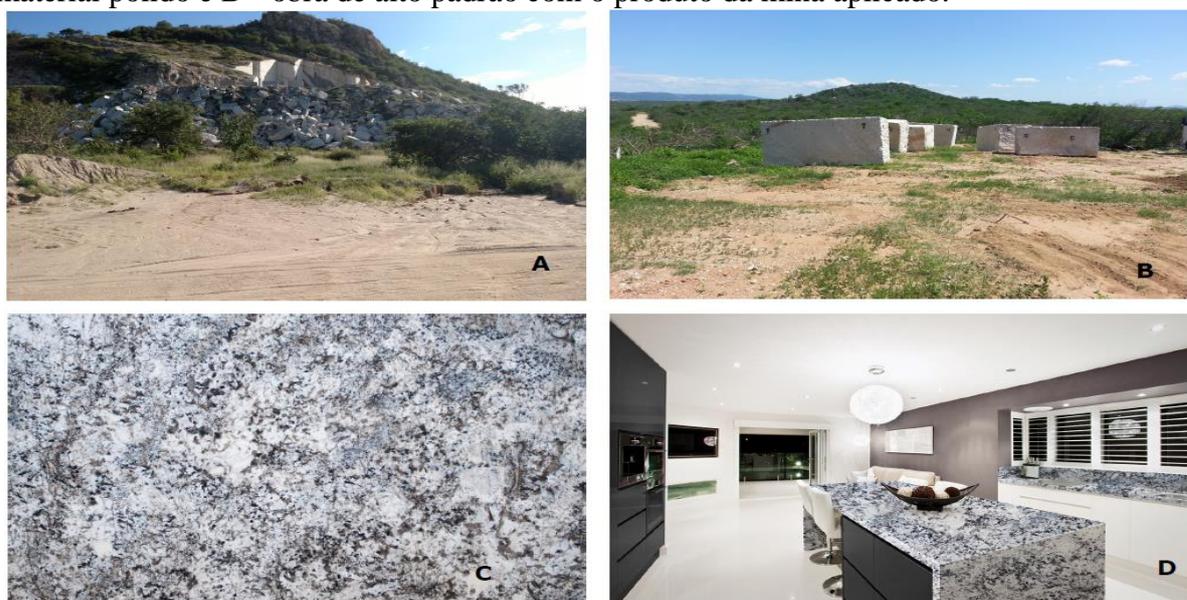
6 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo apresenta-se a metodologia que foi aplicada, para que esta pesquisa pudesse atingir os objetivos esperados e, por conseguinte, a resposta da questão de pesquisa. Portanto, este capítulo está dividido da seguinte forma: materiais, caracterização da área de estudo e método de pesquisa.

6.1 MATERIAIS

O foco principal deste trabalho foi a elaboração do diagnóstico de resíduos e processo para da lavra de rocha ornamental no sítio Boa Vista dos Negros em Parelhas-RN (Figura 9 - A), para fins de implementação de ferramentas de Produção Mais Limpa. O estudo foi realizado na Empresa Granorte Mineração de Mármore e Granitos do Rio Grande do Norte. A rocha na qual se opera a lavra trata-se de um pegmatito, que é uma rocha de origem ígnea, com granulação grosseira, composta predominantemente por cristais desenvolvidos de quartzo, feldspato (albita), mica (muscovita) e turmalina (afrisita) (Figura 09-C). É uma rocha ígnea ou metassomática, normalmente granitóide, que ocorre em veios/diques ou em massas de contatos irregulares, amebóides, e com minerais que tendem a ocorrer com grande tamanho, centimétrico a decimétrico (WINGE, 2017).

Figura 09 - Vista da área e seu produto final aplicados. A - frente de lavra, B - estoque, C - material polido e D - obra de alto padrão com o produto da mina aplicado.



Fonte: Autoria própria (2016).

O estudo foi realizado numa área superficial de 100.000 m² ou 10 hectares, que é o polígono delimitador da licença ambiental de operação emitida pelo órgão ambiental e autorizado por meio de guia de utilização pelo DNPM.

A empresa iniciou suas operações de lavra em janeiro de 2013. Possui o direito minerário com autorização pelo DNPM com reserva medida atualizada de 2.87 milhões de toneladas. A vida útil estimada para o empreendimento mineiro é de 28 anos. A diferença de nível entre a praça do banco mais baixo para o mais alto é de aproximadamente 30 metros.

No período compreendido de um ano, tempo em que houve a realização do estudo, a empresa teve uma produção de 5.718,25 toneladas de blocos.

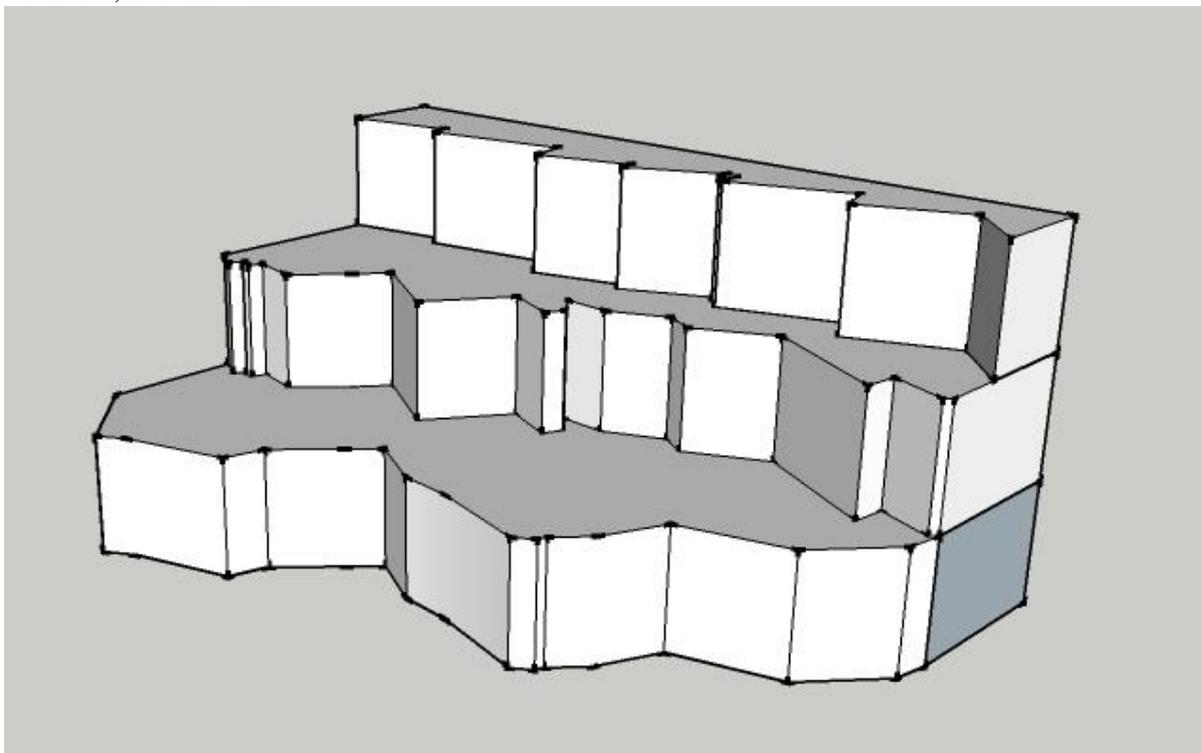
O quadro de funcionários da empresa é de 15 trabalhadores, que se dividem na operação, administração e serviços gerais. A operação de lavra que é o objeto de estudo possui dez trabalhadores. O regime operacional da empresa é de segunda a sexta, nos horários 07:00 horas às 11:00 horas e de 13:00 horas às 17:00, nos sábados de 07:00 horas às 11:00 horas, o que totaliza uma carga de trabalho semanal de 44 horas.

Os insumos que possuem representatividade na lavra são: recurso mineral (pegmatito), água e combustível do tipo óleo diesel. A água utilizada no processo de corte é captada de poço tubular e armazenada em dois reservatórios, um localizado na casa de apoio e outro na frente de lavra, com capacidades de 2.000 litros e 5.000 litros respectivamente. Reservatórios menores de mil litros, tipo container gradeado, são utilizados para armazenamento junto as frentes de lavra.

O mercado consumidor do produto bruto está concentrado no Estado do Espírito Santo, onde se concentra o maior pólo de beneficiamento de rochas ornamentais do Brasil. Após o beneficiamento o material é exportado para o Canadá e Estados Unidos da América com nome comercial de Bluenille (Figura 08, C -D).

O método de lavra para rocha ornamental é definido principalmente devido as característica geométricas da jazida e da mecânica de rochas. A pedreira da Granorte utiliza o método à céu aberto de bancadas altas em encostas (Figura 10).

Figura 10 - Método de lavra a céu aberto de bancadas altas, modelamento da pedreira Granorte, Parelhas-RN



Fonte: Autoria própria (2017).

A primeira etapa na lavra de rocha ornamental no sítio Boa Vista é a limpeza e preparação de frentes. Nesta etapa ocorre a retirada de solos e rochas intemperizadas para exposição do maciço rochoso, e na preparação de frentes é realizada a construção de acessos e praças de trabalho com utilização de equipamentos de escavação. Na segunda etapa é sucedida a marcação do prisma a ser removido, onde são pré-estabelecidas as dimensões, e por fim, a marcação dos locais a serem executados os furos que servirão de guia para passagem do fio diamantado. Os furos são executados com equipamento tipo sonda e/ou martelo fundo furo com diâmetro de no máximo 48 mm; para facilitar a interceptação dos furos. Quanto a execução dos furos, um se dá na horizontal e outro na vertical, de maneira que se interceptam com o objetivo de passar o fio, e só assim iniciar o corte no decurso da face planejada.

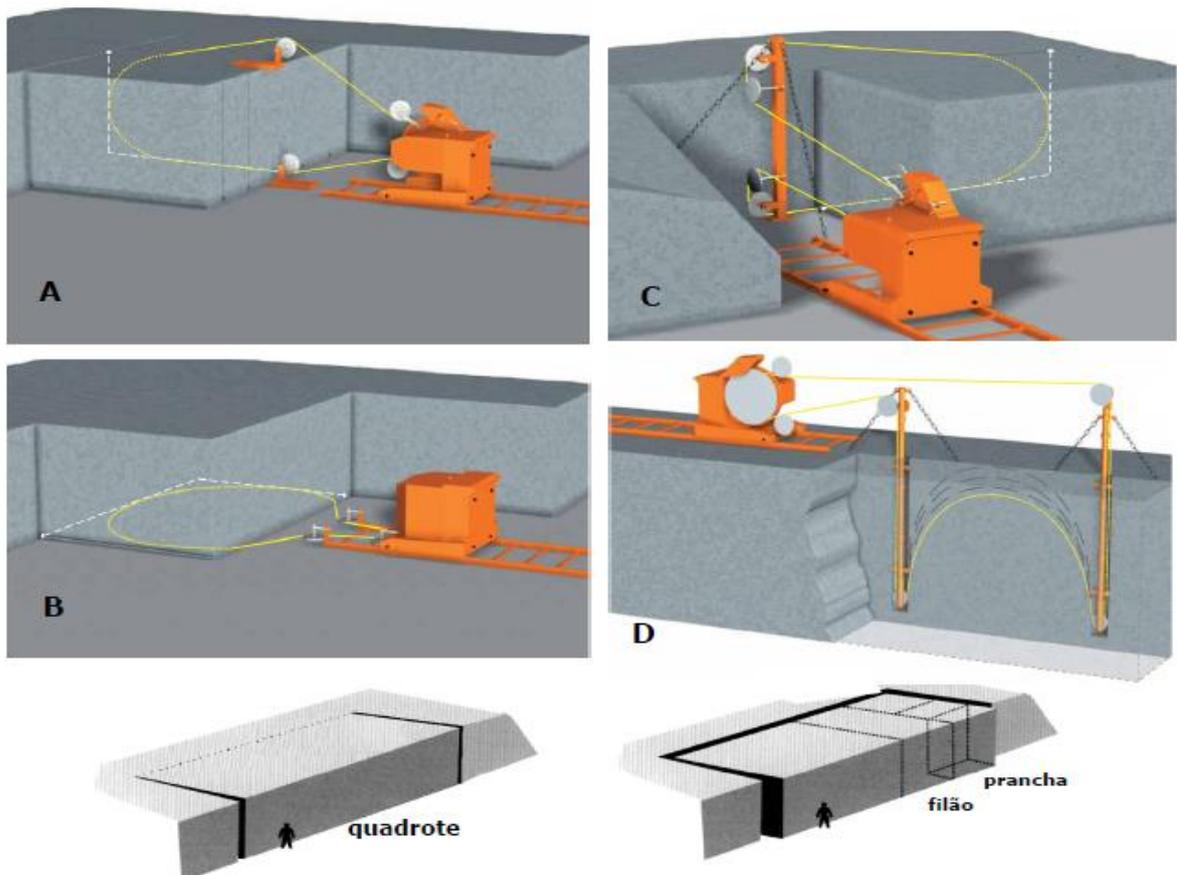
O primeiro corte da rocha dá origem a um bloco de grandes dimensões denominado de "quadrote", que após o isolamento do maciço é dividido em filões e posteriormente ao tombamento é denominado de "pranchas". As pranchas são desdobradas em "blocos" com operações de perfuração e corte. Os cortes para se chegar aos blocos são realizados pelos métodos de cunhas e argamassa expansiva em furos contínuos.

O corte da rocha é realizado com o auxílio de máquinas de fio diamantado e argamassa é utilizada a água para limpeza da superfície de corte e resfriamento do fio e no caso da argamassa para diluição e preparo (Figura 11).

O produto comercializado pela GRANORTE é o bloco de pegmatito com dimensões que podem variar de acordo com o aproveitamento da prancha. Mas normalmente são comercializados blocos no padrão de 8 m³ a 12 m³, o que representa em massa, para densidade do material estudado de 2,7 t/m³, blocos de aproximadamente 21,2 toneladas a 32,4 toneladas.

Os blocos são movimentados das frentes de lavra para a área de estocagem com auxílio da pá carregadeira sobre pneus e escavadeira, e são selecionados de acordo com o padrão estético que cada cliente deseja.

Figura 11 - Tipos de cortes aplicados no maciço da pedreira Boa Vista dos Negros com máquina de fio diamantado. Corte vertical (A), corte horizontal ou de levante (B), corte 90° (C), corte cego (D)



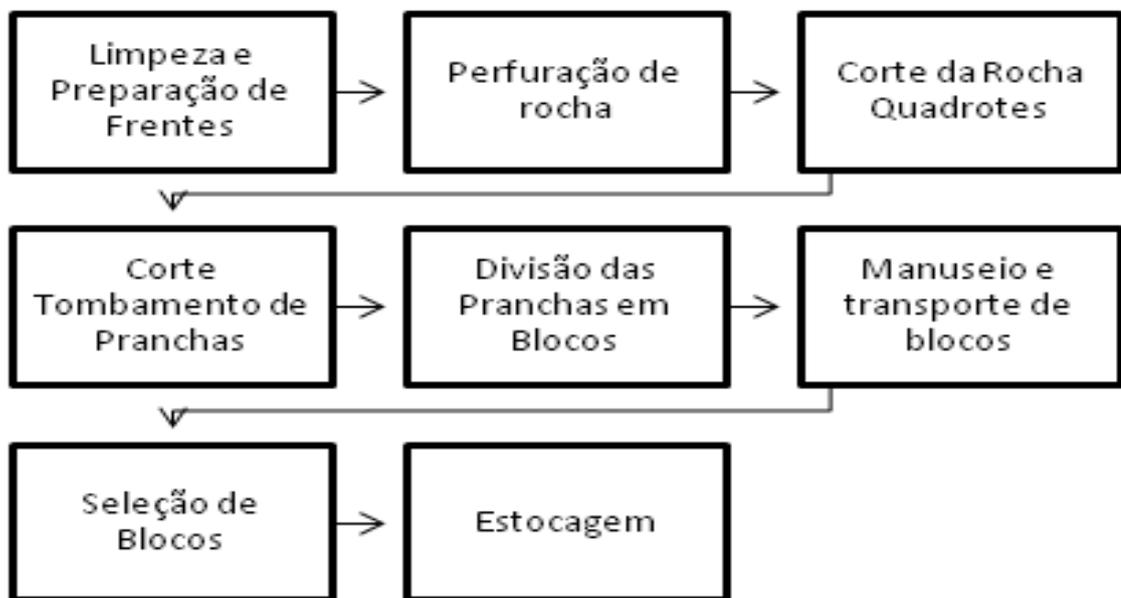
Fonte: Adaptado Cardu et al. (2005).

A última operação é a de carregamento e expedição que é realizada com o auxílio de uma estrutura denominada de pau de carga. O pau de carga eleva o bloco com o auxílio de um

equipamento pesado (pá carregadeira) que traciona o cabo de aço e eleva o bloco a altura ideal para carregar o caminhão.

O fluxograma do processo é relativamente simples, tendo como principais etapas a limpeza e preparação de frentes, perfuração, corte da rocha em quadrote, corte e tombamento, divisão pranchas em bloco, manuseio, seleção de blocos e estocagem, conforme ilustrado na (Figura 12).

Figura 12 - Fluxograma do processo de lavra da área de estudo



Fonte: Autoria própria (2017).

Essas informações foram investigadas através do diagnóstico, com a finalidade de verificar o ciclo de produção e com o objetivo de mensurar desperdícios e resíduos para fins de identificação de oportunidades para aplicar técnicas de Produção Mais Limpa.

6.2 MÉTODOS

Quanto aos fins, esta pesquisa é do tipo descritiva e explicativa, levando em conta o processo de lavra de rocha ornamental. Segundo Gil (2008), na pesquisa descritiva é realizada uma descrição de determinada população ou fenômenos, já a pesquisa explicativa tem como preocupação central identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos. O autor afirma ainda que as duas são complementares, pois, para a identificação dos fatores que determinam um fenômeno, é necessário que este esteja suficientemente descrito e detalhado.

De acordo com Gil (2008), as atividades programadas serão desenvolvidas e organizadas em quatro etapas: pesquisa bibliográfica e levantamento de dados, estudo de campo, trabalhos descritivos e por fim trabalhos de laboratório.

Este estudo também é caracterizado como pesquisa aplicada, uma vez que se espera que os resultados sejam aplicados para a melhoria do gerenciamento dos resíduos sólidos. De acordo com Ganga (2012), a pesquisa aplicada visa conhecimentos para a aplicação prática, com o objetivo de solucionar problemas específicos. De modo que envolve verdade e interesses locais.

A fase de pesquisa bibliográfica diz respeito ao levantamento bibliográfico disponibilizado no banco de dados da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, Bibliotecas, Órgãos Públicos, Setor Privado e da internet, tendo por finalidade a coleta e processamento de dados e organização de informações possíveis sobre o assunto do trabalho. Foram utilizadas imagens de satélite Landsat 8 que são disponibilizadas no sítio do Serviço Geológico Americano (USGS). Foi utilizado o Software ArcGis 10.1 de licença do Instituto Federal do Rio Grande do Norte - IFRN para o georreferenciamento de toda a área da mina.

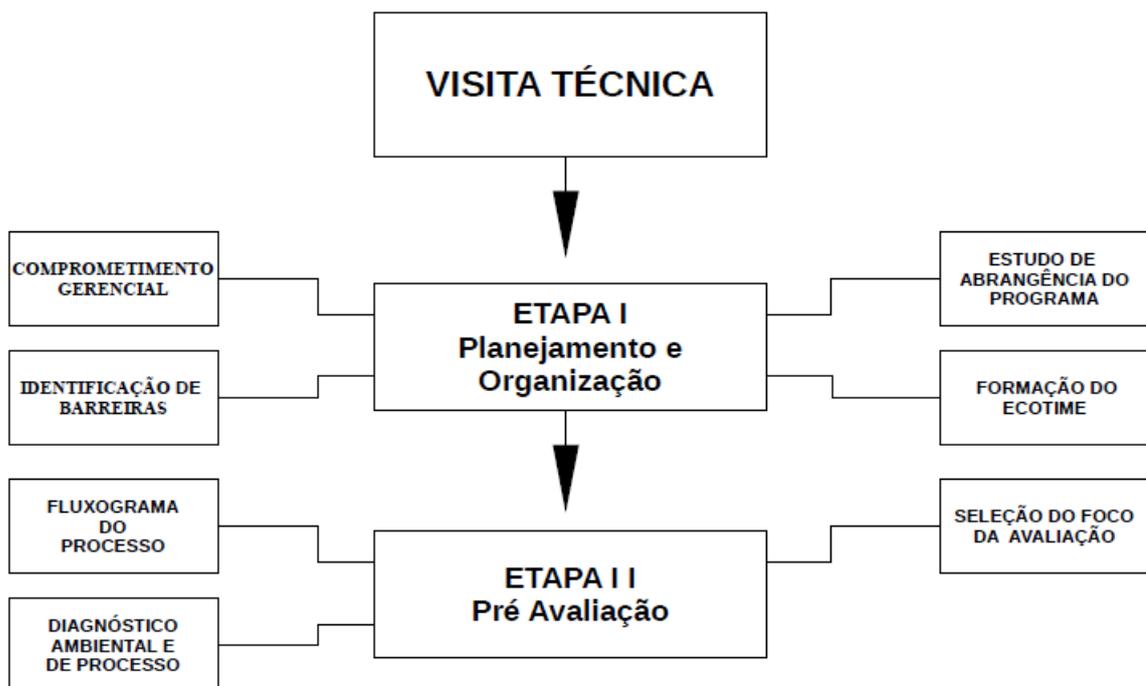
Na segunda fase, foram realizadas visitas a área de estudo, com o objetivo de observar a jazida e os processos envolvidos na produção dos blocos, bem como a realização de um estudo de caso através do preenchimento de um formulário que se encontra no (APÊNDICE C), onde foram coletadas as informações básicas do empreendimento. Nesta primeira visita foram coletadas duas amostras de rochas, de forma aleatória na pilha de resíduos e foram realizadas análises químicas. Foi escolhido um trabalhador que ficou encarregado de realizar estas medidas, que foram individualizadas para cada processo. Ao final de cada etapa eram realizadas as medições de resíduos sólidos com o auxílio de trena, onde foram realizadas as medidas de largura, comprimento e altura de pilhas, fragmentos e blocos individualizados, assim pôde-se chegar a valores aproximados do volume de resíduos de rochas. O resíduo plástico era separado, e posteriormente pesado. A quantificação do consumo de água foi realizado diariamente observando e realizando medições dos níveis dos reservatórios utilizados nas frentes de lavra. O consumo de combustível foi mensurado através de anotações diárias de abastecimento e observações dos contadores de hora dos equipamentos.

A terceira parte do trabalho foi realizada no Laboratório de Caracterização de Minerais/Materiais (LACAMM, -DIAREN) e Laboratório de Laminação e Preparação de Amostras (LAPAM - GPM/DIAREN) do Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN), onde as amostras foram preparadas para que fossem realizadas as análises químicas do tipo

Espectrometria de Raio-X (EDX). As amostras foram denominadas de A e B, para uma caracterização inicial, por meio de análise química. A preparação das duas amostras foram realizadas com o auxílio de marreta para cominuição primária e posteriormente com auxílio de almofariz e pistilo. As amostras foram cominuidas e classificadas em peneiras com passante e retido na malha #200. Análise química pelo método de Fluorescência de raio X (FRX) foi realizada com o aparelho EDX-720 *Atmosphere*.

Por essência, o estudo de caso teve por base o método do Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL/SENAI-RS), (Figura 13) com a seguinte sequência: acompanhamento das atividades, investigação dos poluentes disseminados no meio ambiente motivados pela atividade de lavra, sensibilização da gerência, identificação de barreiras e soluções para, formação do ecotime, elaboração do diagnóstico para definição do processo a ser estudado para a implementação da Produção Mais Limpa na lavra de rocha ornamental, e monitoramento das oportunidades de técnicas de Produção Mais Limpa para a operação de lavra.

Figura 13 - Fluxograma com passos para implementação da Produção Mais Limpa utilizado



Fonte: Adaptado de Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (2003a).

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA NA LITERATURA NACIONAL E INTERNACIONAL SOBRE A PRODUÇÃO MAIS LIMPA APLICADO À MINERAÇÃO DE ROCHAS ORNAMENTAIS

A pesquisa bibliográfica serviu para formar um embasamento teórico para realização da pesquisa como um todo e corroborar na elaboração do artigo intitulado "Uma abordagem sobre produção mais limpa na lavra de rocha ornamental de uma pedreira em Parelhas-RN" (APÊNDICE A).

Para conhecimento da literatura foram realizadas consultas e leituras prévias em guias, livros, manuais do CNTL/SENAI-RN, bem como do UNIDO/UNEP, que são instituições percursoras da Produção Mais Limpa a nível nacional e internacional, respectivamente. Para complementação e aprofundamento do conhecimento teórico sobre Produção Mais Limpa foram realizadas consultas no portal de periódicos da CAPES e portal do Domínio Público, como também em jornais e revistas eletrônicas nacionais e internacionais.

As palavras-chave inseridas nas buscas foram: produção mais limpa, rocha ornamental, resíduos sólidos, diagnóstico ambiental e de processo, recursos naturais, recursos minerais e meio ambiente.

No Scopus, entre os anos de 2012 e 2014, foram identificados 331 registros que retornaram para a pesquisa do vernáculo "*Cleaner Production*" (GIACCHETTI; AGUIAR, 2015).

Esses dados foram essenciais para o prosseguimento desta pesquisa, pois permitiram a construção do referencial teórico sobre Produção Mais Limpa e dos demais temas relacionados ao estudo proposto.

7.2 ACOMPANHAMENTO DAS ATIVIDADES DE LAVRA

As atividades de lavra acompanhadas em campo se deram através de visitas e preenchimento de formulário (APÊNDICE B e C), para levantamento de dados da operação mineira, dos resíduos sólidos gerados e registros iconográficos (Figura 14). Nessas oportunidades foram verificados os métodos operacionais, regime de trabalho, número de funcionários e empregos locais.

Figura 14 - Imagem da frente de lavra da Granorte



Fonte: Autoria própria (2017).

7.3 INVESTIGAÇÃO DOS POLUENTES DISSEMINADOS NO MEIO AMBIENTE MOTIVADOS PELAS ATIVIDADES DE LAVRA

Esta investigação foi realizada por operação unitária, e ficaram restritas a lavra da rocha ornamental que envolve a limpeza e preparação das frentes, perfuração, corte, movimentação de blocos e estéril (resíduos), estocagem e expedição de blocos, observando as técnicas que são utilizadas atualmente, e se adota procedimentos para minimizar os desperdícios dos recursos minerais.

Dessa forma, foram investigados os impactos positivos e negativos do empreendimento, através de pesquisa experimental qualitativa dos impactos decorrentes das atividades de lavra, objeto alvo desse estudo, que tem mostrado diversas preocupações no domínio ambiental.

Para um melhor resultado técnico das atividades foram desenvolvidas as seguintes etapas: detalhamento das atividades de lavra; registros e análises iconográficas; acompanhamento do processo produtivo e interpretação dos resultados, além de promover inter-relações dos meios físico e socioeconômico.

7.4 CONVENCIMENTO E SENSIBILIZAÇÃO DOS GESTORES, IDENTIFICAÇÃO DE BARREIRAS E SOLUÇÕES PARA ELABORAÇÃO DO DIAGNÓSTICO E ABRANGÊNCIA, FORMAÇÃO DO ECOTIME PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA NA LAVRA DE ROCHA ORNAMENTAL

Para a formação do *ecotime* foi realizada uma visita e apresentado o programa de Produção Mais Limpa e suas vantagens para a Empresa. Trata-se da primeira etapa do programa de Produção Mais Limpa, onde é realizada a sensibilização de proprietários e gerentes. Nessa oportunidade foram apresentados casos bem sucedidos de empresas que optaram pela implementação de programas de Produção Mais Limpa.

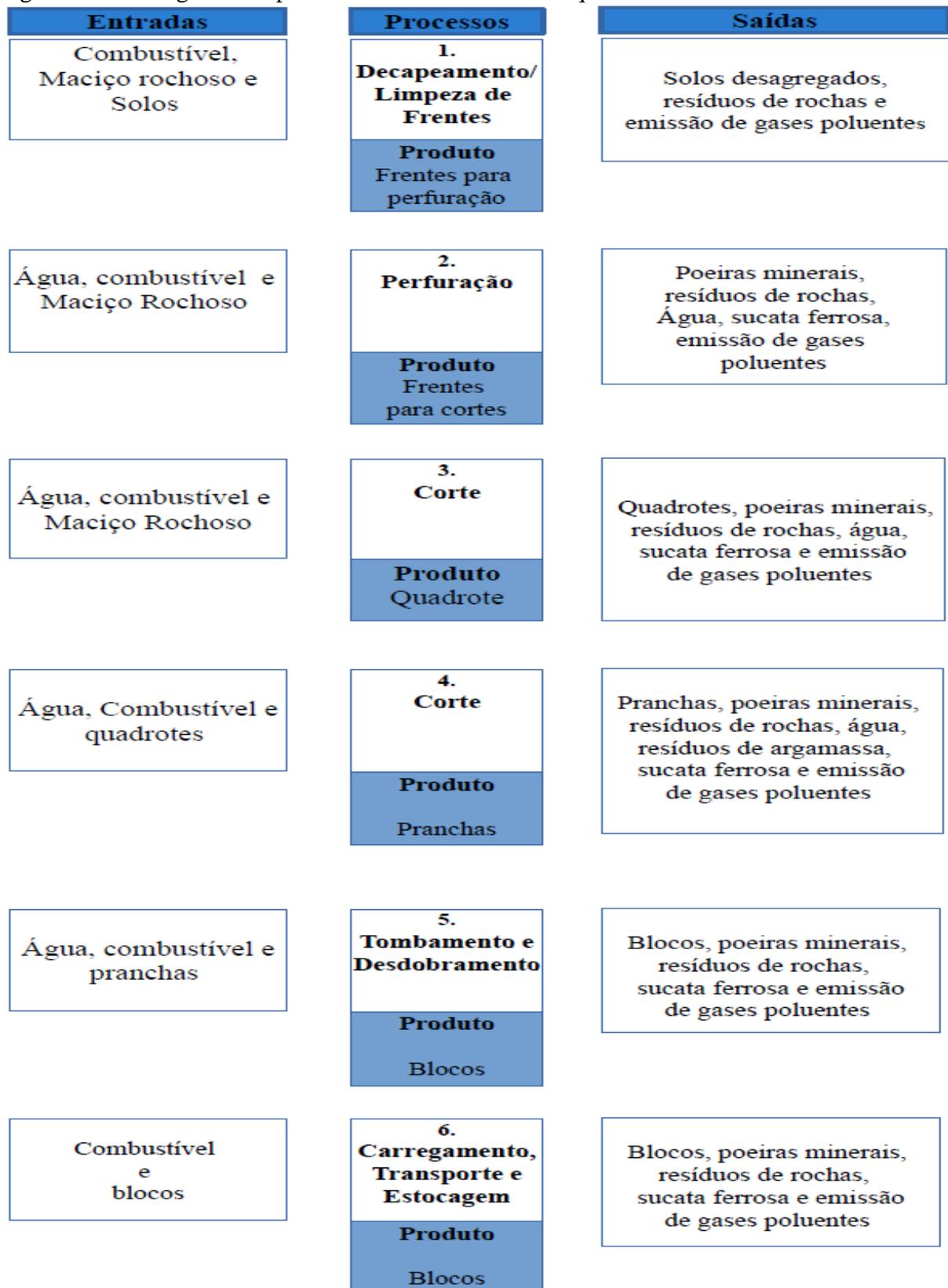
Foram escolhidos o sócio administrador da empresa e o encarregado de produção, para a formação do *ecotime*. Nessa etapa, também foi alcançado o objetivo do comprometimento gerencial da Empresa com o Programa, ao mesmo tempo em que foram identificadas as principais barreiras à implementação da Produção Mais Limpa e a busca por soluções adequadas.

Como barreiras para elaboração do diagnóstico foi identificada a ausência de um profissional de meio ambiente na empresa, pouca mão de obra qualificada e ausência de um programa de incentivos e treinamento profissional. Na reunião para formação do *ecotime* foram identificados como pontos críticos para a instalação do Programa, a operação de lavra, onde são gerados cerca de 99,9% dos resíduos sólidos da empresa.

7.5 ELABORAÇÃO DO FLUXOGRAMA DA OPERAÇÃO DE LAVRA

Foi montado o fluxograma do processo produtivo, com a visualização do fluxo qualitativo de água, combustível e geração de resíduos com vistas à formação de uma estratégia de minimização do consumo de água e combustível, e diminuição da geração de resíduos que se encontra no APÊNDICE B, e está representado em diagrama de blocos, conforme modelo sugerido pelo guia de elaboração de diagnóstico para implementação de Produção Mais Limpa do CNTL. No fluxograma é possível visualizar o curso qualitativo de entradas de insumo e recursos e de saídas de resíduos sólidos e desperdícios (Figura 15).

Figura 15 - Fluxograma de processo de lavra com dados qualitativos



Fonte: Autoria própria (2017).

7.6 DIAGNÓSTICO E MONITORAMENTO DAS OPORTUNIDADES DE TÉCNICAS DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA NA LAVRA

A última etapa da metodologia do projeto foi a aplicação do diagnóstico e monitoramento das oportunidades de técnicas de Produção mais Limpa segundo o modelo do CNTL. Antes de elaborar o diagnóstico foi montado um formulário padrão (APÊNDICE C) para coleta de dados conforme a metodologia do CNTL.

Por fim, o *ecotime* realizou o levantamento quantitativo dos dados de produção e geração de resíduos, consumo de combustível e água. Durante a elaboração do diagnóstico questionou-se situação ambiental da empresa e levantados os dados de estoque e acondicionamento de blocos.

A UNEP (2004) recomenda, para cada oportunidade de técnica de Produção Mais Limpa identificada, que sejam determinadas as tarefas que deverão ser realizadas, os responsáveis pela realização e o tempo: data de aplicação e tempo de duração. Nesse contexto, houve apenas a identificação das oportunidades por meio da análise dos dados do diagnóstico. Por fim, são apresentados os resultados e perspectivas para aplicação de técnicas de Produção Mais Limpa.

7.6.1 Caracterização da área de estudo

Quanto aos aspectos ambientais a Empresa possui licença ambiental de operação e autorização de lavra expedida pelo Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente (IDEMA) e Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM).

Trata-se de um empreendimento de mineração com zoneamento ambiental do solo apresentado no licenciamento ambiental. O desmatamento da área foi mínimo e resumido a área da licença, devido à rocha está quase que em sua totalidade aflorante e exposta com presença de vegetação espaça nas proximidades da área de lavra.

As etapas que foram identificadas como potenciais e geradoras de resíduos foram: limpeza de frentes, perfuração, corte, manuseio e carregamento de blocos e manutenção. Boa parte desses resíduos fica disposta sobre blocos que não foram aproveitados comercialmente.

Os resíduos sólidos de mineração com fragmentos de rochas são gerados a partir de operações de preparação de frentes para o início das etapas de perfuração e do corte, que envolve operações de limpeza de maciço rochoso que passou por processo de intemperismo. Pode ocorrer na operação de tombamento de pranchas o desperdício devido ao impacto que a

prancha sofre ao tocar o solo. Os resíduos provenientes da lavra são depositados no solo na forma de pilhas. Este aspecto causa impacto adverso como contaminação do solo por inutilização e funcionar com uma barreira a entrada e luz e umidade. Estima-se que apenas 10% (dez por cento) do resíduo de rocha e desperdício seja reutilizado para construção de acessos, no nivelamento de praças de trabalho das frentes de lavra e na construção de superfícies de amortecimento (Figura 16).

A produção de resíduos do tipo sucatas ferrosas que têm origem do desgaste natural de equipamentos devido à operação e de insumos utilizados na lavra. Para este tipo de resíduo recomenda-se que não seja disposto diretamente no solo e que seja reutilizado em serviços de manutenção ou coletado por empresa especializada na coleta e gestão de resíduos sólidos.

Figura 16 - Resíduo sólido de rocha proveniente da atividade de lavra



Fonte: Autoria própria (2017).

Outro aspecto identificado e estimado foi a emissão de CO₂, responsável por causar impactos adversos como poluição atmosférica. Isso se dá devido a utilização de equipamentos pesados que utilizam motores a combustão interna de óleo diesel.

7.7 AVALIAÇÃO DE PROCESSOS

7.7.1 Equipamentos

Os equipamentos utilizados no processo em sua maioria são movidos com motores de combustão a óleo diesel (Tabela 02). Apenas a máquina de fio cortadora que possui motor elétrico, mas o fornecimento desta energia tem origem no gerador que utiliza um motor a diesel.

Tabela 02 -Equipamentos com os dados do formulário do diagnóstico

Nº	Equipamento	Quant.	Etapa Fluxo	Capac. Nominal	Operação	Ano.	Manut.
1	Escavadeira Volvo 220 DL	01	1-5-6	1800 rpm	Lavra	2014	02/17
2	Pá Carregadeira Volvo L120F	01	5-6	1700 rpm	Lavra	2015	04/17
3	Caminhão pipa	01	2-3-4-5	5000 lts.	Lavra	2012	03/17
4	Compressor Altas Copco	02	2-3-4-5	400 PCM	Lavra	2014	02/17
5	Gerador	01	3	75 kva	Lavra	2010	04/17
6	Martelo fundo furo (DTH)	01	2	-	Lavra	2015	03/17
7	Martelo manual	02	5	-	Lavra	2015	02/17
8	Máquina cortadora	01	3	75 hp	Lavra	2014	02/17
9	Perfuratriz sobre trilho	01	5	-	Lavra	2015	03/17

Fonte: Autoria própria (2017).

7.7.2 Consumo de água

O consumo de água em média é de 5.800 l/dia ou 1.670,4 m³/ano, foi considerado alto e pode ser minimizado com o controle da operação de perfuração e corte. O aspecto de

consumo de água pode ocasionar os impactos de consumo de recursos naturais e redução da emissão de aerodispersóides. Sendo o encarregado e operadores da máquina de fio e perfuratriz, os responsáveis pela implementação desta medida. A operação de perfuração consome em média 48 m³/mês, o que representa 34,48% do consumo, contra 91,2 m³/mês da máquina de fio diamantado que representa 65,52% do consumo total de água no processo de lavra (Tabela 03 e 04).

Existem duas circunstâncias para o consumo de água no corte da rocha através do fio diamantado, e com peculiaridades, uma quando o fio está novo e nesta situação foi quantificado um consumo de 350 l/h ou 2.800 l/dia e outra quando o fio se encontra desgastado. Cabe atenção ao consumo de água no corte da rocha quando o fio diamantado está desgastado, que foi identificado um consumo de água de 850 l/h ou 6.800 l/dia, o que representa um incremento de 142 % (cento e quarenta e dois) por cento em relação ao fio ideal para operação. O consumo de água na perfuração se dá através do uso do martelo "fundo furo", e o volume mensal médio identificado para esta operação foi de 48 m³.

Tabela 03 - Consumo de água mensal.

Operação	Consumo m³/mês
Perfuração	48
Corte	91,2
TOTAL	139,2

Fonte: Autoria própria (2017).

Tabela 04 - Consumo de água anual.

Operação	Consumo m³/ano
Perfuração	576
Corte	1.094,40
TOTAL	1.670,40

Fonte: Autoria própria (2017).

7.7.3 Consumo de combustível e emissões

Foram identificados em praticamente todas as etapas processo que há o aspecto ambiental de emissão de gases provenientes da queima de combustíveis, isso ocorre devido ao grau de mecanização da operação de lavra e pela escolha da matriz energética do empreendimento. Em um ano, que correspondeu ao período de monitoramento para elaboração deste diagnóstico, foi catalogado um consumo médio de óleo diesel por equipamento e o somatório foi de 118.920,0 litros (Tabela 05). O fator de emissão de CO₂ para equipamentos pesados a diesel, de acordo com o método *Bottom-up*¹ é de 3140 g/kg de combustível. A densidade do diesel S500 é de 850 kg/m³. Estima-se que por ano, conforme o consumo levantado, esta mina produz emissões de CO₂ de cerca de 317,38 toneladas.

Tabela 05 - Consumo de combustível

Equipamento	Consumo mensal (m³)	Consumo anual (m³)	CO₂anual (ton.)
Escavadeira	2,88	34,56	92,24
Pá Carregadeira	2,40	28,80	76,86
Caminhão	0,55	6,60	17,61
Compressores	2,16	25,92	69,18
Gerador	1,92	23,04	61,49
TOTAL	9,91	118,92	317,38

Fonte: Autoria própria (2017).

7.7.4 Consumo de recurso mineral e resíduos gerados

O principal insumo que ao ser modificado pode se transformar em produto ou resíduo é a rocha pegmatítica. Este resíduo foi quantificado por etapas e somados para obtenção da massa total. Quanto ao resíduo sólido do tipo plástico, foram quantificados os consumos mensais de argamassa expansiva. De posse do conhecimento da demanda de argamassa, foi identificado o número de embalagens que por mês teve uma massa em média de 3,75 kg, o que totalizou 45 kg no período de um ano. Quanto a sucata ferrosa, originada de quebras de

¹ *Bottom-up*: método utilizado para a elaboração dos cálculos das emissões de gases de efeito estufa – CO₂. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0219/219295.pdf>.

equipamentos e peças foram quantificadas mediante a coleta por empresa especializada que realiza a coleta e teve uma massa de 3,0 toneladas (Tabela 06).

Tabela 06 - Consumo e geração de resíduos de 2016/2017 em toneladas

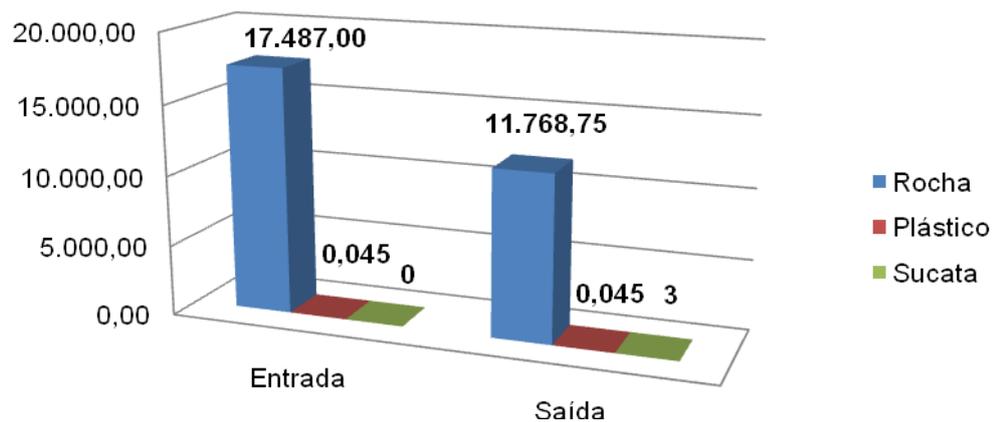
Insumo	Entrada	Saída	Produto
Rocha	17.487,00	11.768,75	5.718,25
Plástico	0,045	0,045	-
Sucata ferrosa	3	3	-
TOTAL	17.490,04	11.771,79	5.718,25

Fonte: Aatoria própria (2017).

No que se refere ao ponto mais crítico da pesquisa, que está relacionado à geração de resíduos sólidos e em especial aqueles provenientes das frentes de lavra, no ano de 2016 foram gerados aproximadamente em resíduos 11.771,79 toneladas, sendo 45 kg de embalagem plástica, 3 toneladas/ano de sucata ferrosa e 11.768,75 toneladas de fragmentos de rochas e solos (Figura 17).

Figura 17 - Comparativo do consumo de recursos e geração de resíduos

Entrada X Saída de resíduos sólidos em toneladas

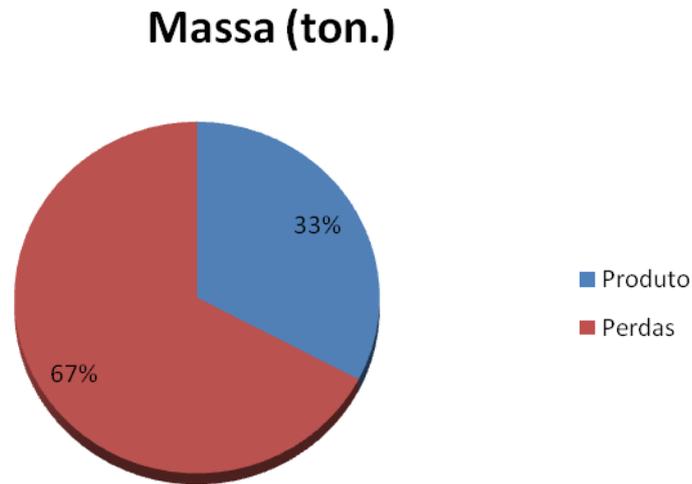


Fonte: Aatoria própria (2017).

O resíduo sólido do tipo fragmentos de rochas e solos representaram 99,97% do percentual em massa dos resíduos produzidos na pedreira Granorte. Com base nos dados de entrada e saída para produção de blocos foi identificado um rendimento de aproximadamente

33%, confirmando dados da literatura quando ao alto índice de desperdício para a mineração de rocha ornamental (Figura 18).

Figura 18 - Gráfico representado o rendimento da lavra



Fonte: Autoria própria (2017).

7.7.5 Quantificação dos resíduos de rocha gerados por etapas do processo de lavra

Nesta seção houve necessidade de fazer o acompanhamento da atividade com o controle e anotação de dados de produção por etapa e os dados expostos representam a massa anual de resíduos sólidos de rochas da operação de lavra (Tabela 07).

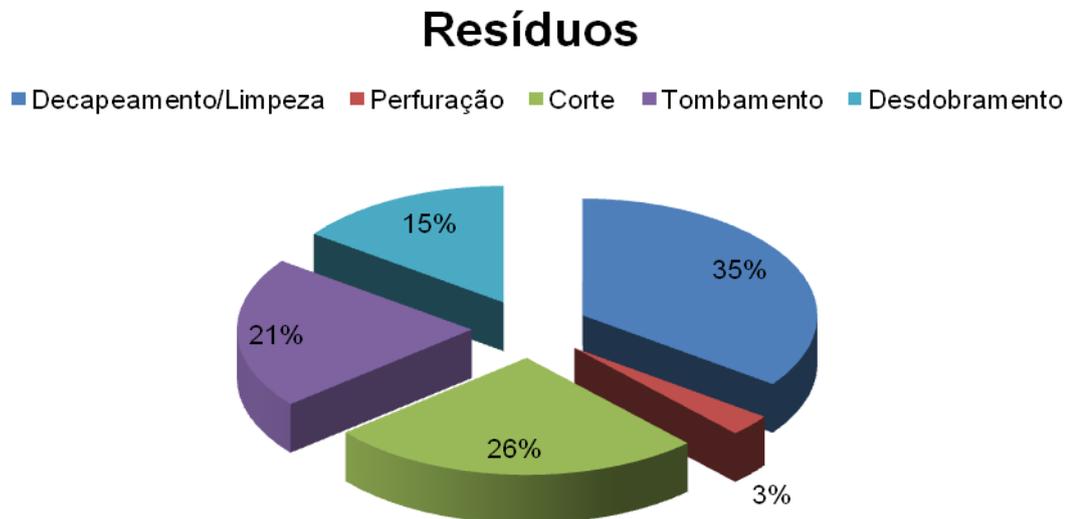
Tabela 07 - Geração de resíduos de 2016/2017 em toneladas por etapas do processo

Insumo	Entrada	Saída
Decapamento/Limpeza	17.487,00	13.367,94
Perfuração	13.367,94	13.014,88
Corte	13.014,88	9.955,01
Tombamento	9.955,01	7.483,58
Desdobramento	7.483,58	5.718,25
TOTAL		5.718,25

Fonte: Autoria própria (2017).

Foi identificado que 35% dos recursos minerais são desperdiçados na forma de fragmentos de rocha durante a operação de decapeamento, que representa uma massa de 4.119,06 toneladas, 26% dos resíduos sólidos do tipo rochas são gerados no corte da rocha e fraturas pré existentes, com uma massa de 3.059,87 toneladas, 21% são gerados pela operação de tombamento com massa de 2.471,43 toneladas, 15% no desdobramento, o que representa uma massa de 1.765,31 toneladas, 3% na operação de perfuração com 353,06 toneladas. Ao final do processo de avaliação, chegou-se a massa de 5.718,25 toneladas de blocos de rochas comerciais (Figura 19).

Figura 19 - Gráfico dos percentuais de resíduos gerados na operação de lavra por etapas

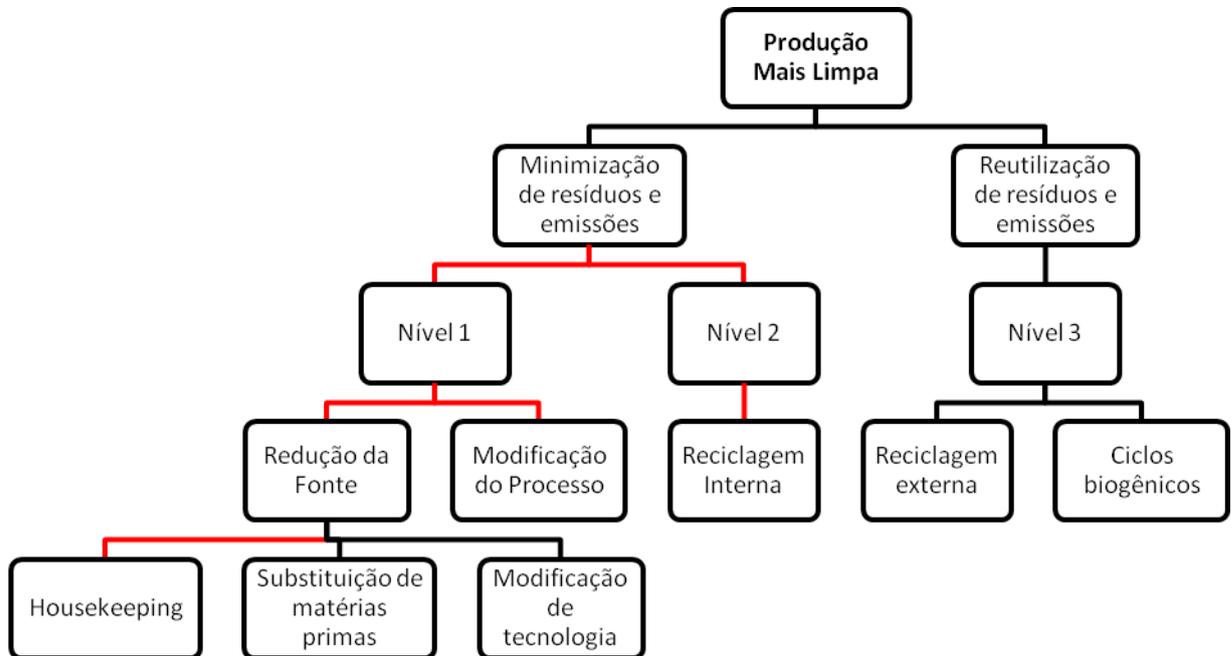


Fonte: Elaborado por este autor (2017).

7.7.6 Monitoramento de oportunidades para implementação da Produção Mais Limpa

Sabe-se que o foco da Produção Mais Limpa está na prevenção, e para que se alcance este objetivo deve-se traçar metas que busquem a minimização ou eliminação de resíduos e emissões (Figura 20). Portanto, para este estudo buscou-se metas mais ambiciosas, as que se distanciam das técnicas de fim-de-tubo. Com base nos dados do fluxograma qualitativo e do formulário com informações quantitativas, foram identificadas as oportunidades na sequência por ordem de importância, considerando os maiores volumes de perdas como: decapeamento/limpeza, corte e tombamento, desdobramento, perfuração, como também operações de manutenção de equipamentos, controle de emissões, consumo de água e embalagens.

Figura 20 - Escopo de atuação da metodologia de Produção Mais Limpa na Lavra do Sítio Boa Vista dos Negros



Fonte: Adaptado de CNTL - Centro Nacional de Tecnologias Limpas (ANO).

O tipo de resíduo sólido que apresentou maior quantidade absoluta e relativa foi o de mineração do tipo fragmentos de rochas. Resíduos de mineração na forma de blocos e fragmentos graúdos pertencem a classe II B por serem inertes. Entretanto, a preocupação está no volume que tem sido gerado e disposto sobre o solo. Nessa etapa a fonte de maior geração de resíduo identificada é a de decapeamento e limpeza. É sabido que estruturas geológicas e o grau de intemperismo em que as rochas se encontram nas suas camadas superficiais, podem influenciar diretamente na qualidade do material rochoso e nos aspectos estéticos e físicos, tornando muitas vezes a operação de decapeamento e limpeza essencial. No entanto, pode-se racionalizar esta operação, realizando-a apenas quando necessária, o que caracteriza uma mudança no processo ou até mesmo boas práticas operacionais. Outra oportunidade para implementação da Produção Mais Limpa foi a de reciclagem interna do resíduo proveniente do decapeamento e limpeza, cortes, tombamento e desdobramento. Para isso, realizou-se análises químicas para determinação de percentuais de óxidos visando caracterizar o resíduo com o objetivo de torná-lo produto para outras indústrias (Tabela 08).

Tabela 08 - Setores de aplicação de resíduos silicáticos e características necessárias

Setor Industrial	Tipos de Resíduos	Função do Resíduo	Características necessárias	Operações unitárias necessárias
Cerâmica	Altos de teores de feldspatos	Fundente; Controle da contração linear Diminui porosidade.	Granulometria < 0,149 mm; Baixo teor de ferro	Britagem, moagem, peneiramento e separação magnética;
Agricultura	Silicáticos	Suprir nutrientes do solo - rochagem	Elevada área superficial; Teor de alumínio < 1%; Elevados teores de potássio.	Britagem, moagem e peneiramento.
Pavimentação asfáltica	Silicáticos	Agregado mineral (brita); Estabilidade do pavimento; Aumentar a dureza e a resistência à tração	Forma cúbica e não lamelar; Composição granulométrica não uniforme e bem graduado com coeficiente de uniformidade $C_u > 10$; Abrasão Los Angeles > 40%; Elevados teores de sílica; Elevados teores de feldspatos; Aplicação de 95%, em massa, no pavimento.	Britagem, moagem e peneiramento.
Vidro	Silicáticos	SiO ₂ - formador da rede vítrea. Al ₂ O ₃ - formador de rede; Fe ₂ O ₃ - colorante na formulação	Na ₂ O entre 12 e 17%; CaO entre 8 e 12%; Massa específica - 2,5 g/cm ³	Britagem, moagem, peneiramento e separação magnética.
Concreto e argamassa	Silicáticos	Carga; Aumentar a resistência à compressão e abrasão do concreto; Aumentar a resistência à cloretos e sulfatos	Forma arredondada de partículas; Perda ao fogo > 40%; Teor de ferro < 0,7 % Teor de alumínio < 2%.	Britagem, moagem, peneiramento e separação magnética.
Construção civil	Silicáticos	Agregados	Agregado graúdo: 100,0 a 4,8mm; Agregado miúdo: 4,8 a 0,075mm; Areia grossa: 2,0 a 1, mm; Areia média: 1,2 a 0,42mm; Areia fina: 0,42 a 0,075mm; Pedregulho: 100 a 2,0 mm; Pedrisco: 4,8 a 0,075 mm; Pó de pedra: inferior a 0,075 mm.	Britagem, moagem e peneiramento.
		Ladrilho de rocha	Ladrilhos fora do padrão, nos tamanhos 30 x 30 cm e 40 x 40 cm de espessuras variando de 5 a 10 mm.	Corte de blocos fora de padrão em talhas-blocos

Fonte: Adaptado de Vidal et al. (2013).

Quanto à situação de resíduos gerados na empresa, recomenda-se que sejam realizados mais análises químicas e físicas a fim de complementar a caracterização tecnológica iniciada neste estudo, e assim realizar um planejamento para implementar a reciclagem interna. Entretanto, diante dos dados da análise (Figura 21), vislumbra-se diversas aplicações do resíduo sólido do tipo rocha seja na agricultura para fins de rochagem, na construção civil para pavimentação asfáltica e na produção de ladrilhos. Entretanto, percebe-se a presença de

alguns óxidos de metais raros que podem ter aplicações nobres e outros que merecem uma atenção e estudos mais aprofundados devido a possível toxicidade.

Figura 21 - Resultados das análises de FRX para o resíduo de rocha da Granorte

Amostra A – Retido #200		Amostra B – Retido #200	
Óxido	Percentual	Óxido	Percentual
SiO ₂	73,778	SiO ₂	73,455
Al ₂ O ₃	14,188	Al ₂ O ₃	16,562
K ₂ O	7,744	K ₂ O	7,499
Fe ₂ O ₃	2,49	CaO	1,179
CaO	0,969	Fe ₂ O ₃	0,869
SO ₃	0,435	SO ₃	0,351
Cs ₂ O	0,276	MnO	0,044
MnO	0,061	Rb ₂ O	0,024
Rb ₂ O	0,037	GeO ₂	0,017
ZnO	0,022		

Amostra A – Passante #200		Amostra B – Passante #200	
Óxido	Percentual	Óxido	Percentual
SiO ₂	72,599%	SiO ₂	76,012
Al ₂ O ₃	16,628%	Al ₂ O ₃	15,246
K ₂ O	7,546%	K ₂ O	5,463
Fe ₂ O ₃	1,205%	CaO	1,514
CaO	1,146%	Fe ₂ O ₃	0,911
P ₂ O ₅	3,250%	P ₂ O ₅	0,427
SO ₃	2,370%	SO ₃	0,28
TiO ₂	0,108%	MnO	0,082
MnO	0,049%	Rb ₂ O	0,03
Ta ₂ O ₅	0,047%	CuO	0,014
Rb ₂ O	0,046%	ZrO ₂	0,009
NbO	0,033%	NbO	0,007
Ir ₂ O ₃	0,019%	Y ₂ O ₃	0,004
ZrO ₂	0,007%		
Y ₂ O ₃	0,006%		

Fonte: Autoria própria (2017).

Para a etapa de corte do maciço rochoso foram identificadas as oportunidades nas boas técnicas operacionais e mudança no processo. Diante desta expectativa, resolveu-se mapear as frentes de lavra da pedreira e determinar as famílias de falhas, foram realizadas 06 medidas de linhas, para fins de determinar os deslocamentos associados com a estrias (Figura 22). Estas estrias foram catalogadas em campo através de medições de azimute e inclinação, com uso de bússola e clinômetro e compilação e tratamento dos dados através do software open stereo,

com intuito de se determinar o plano resultante e assim o avanço ideal para minimizar a produção de resíduos nesta etapa da operação de lavra.

Figura 22 - Frente de lavra e estruturas sendo medidas

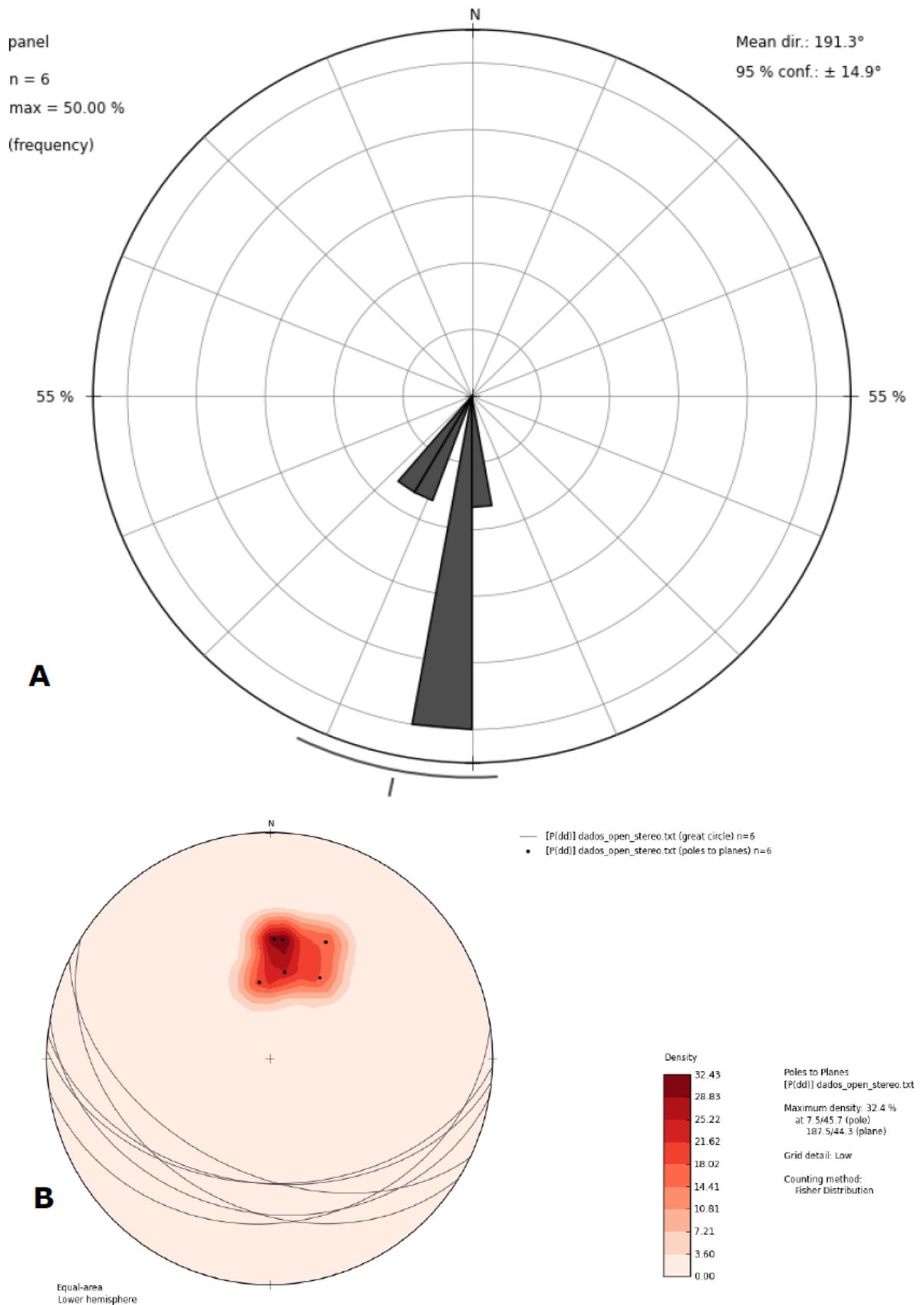


Fonte: Autoria própria (2017).

Com as medidas das linhas de face foi determinado a direção de mergulho média que foi de $191,3^\circ$ e o plano de falha, resultante de $187.5/44,3$ SW (Figura 20). Sendo assim, sugere-se que o corte de corrida da rocha acompanhe a direção da foliação N $44,3$ W para que possa diminuir as perdas; sequenciando-se pelo o levante, ou o segundo, que teria a direção N $45,7$ E, finalizando-se pelo trincante sub-horizontal.

A representação do diagrama de rosetas e projeção estereográfica (Figura 23) possibilitou a visualização dos planos e falhas e determinação da relação geométrica entre eles.

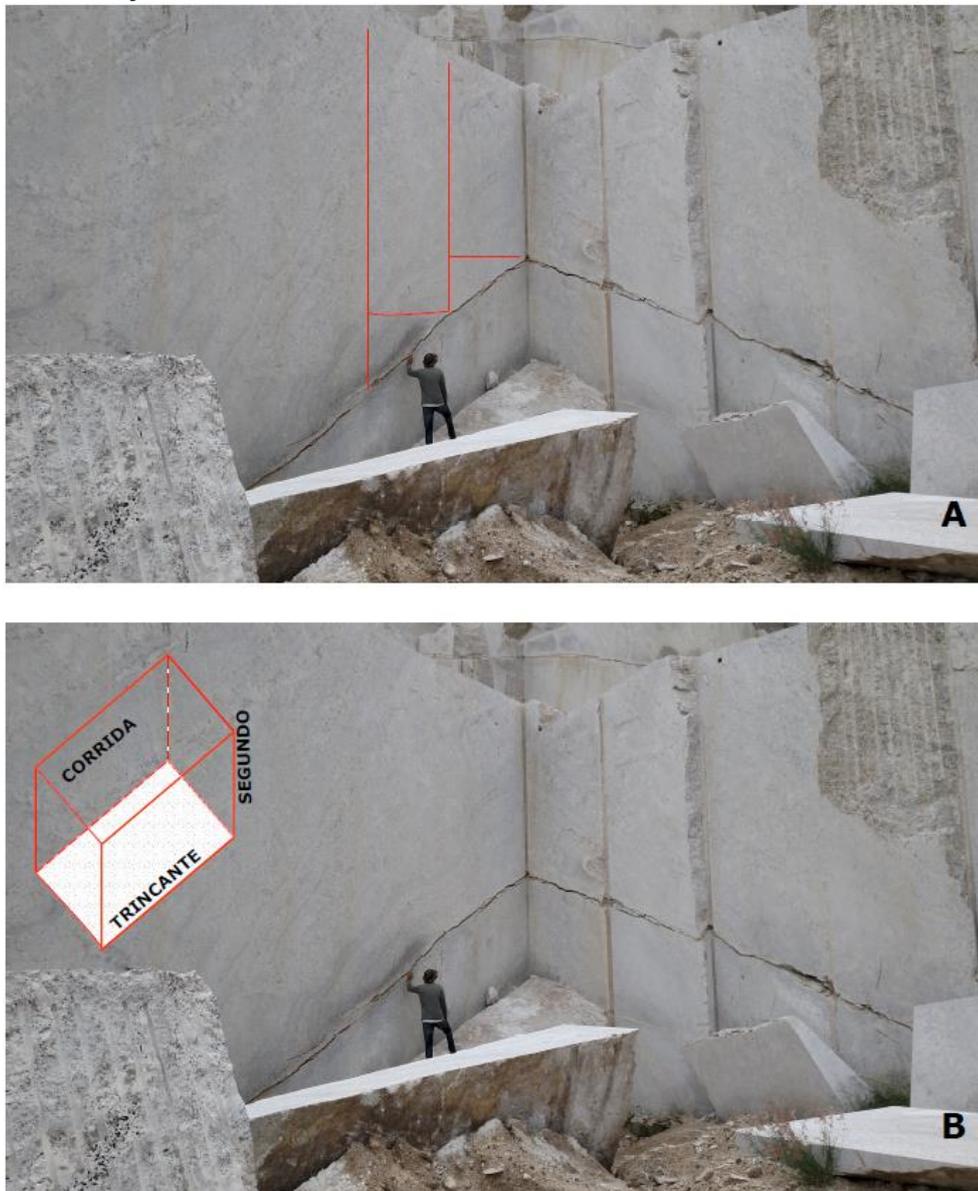
Figura 23 - (A) - Diagrama de rosetas, e (B) - projeção estereográfica dos planos de falha



Fonte: Autoria própria (2017).

Pode-se ressaltar que o mapeamento de estruturas pode contribuir na melhoria da operação, tornando-a mais segura e econômica para a empresa e para o trabalhador, haja visto que identificada a direção de escorregamento de blocos pode-se evitar acidentes de trabalho, e a geração de resíduos no corte e tombamento, sendo assim uma oportunidade de implementação de Produção Mais Limpa com redução na fonte pela técnica de boas práticas operacionais e mudanças no processo (Figura 24).

Figura 24 - (A) cortes utilizados na lavra e (B) - sugestão de cortes seguindo foliações e estruturas do maciço.

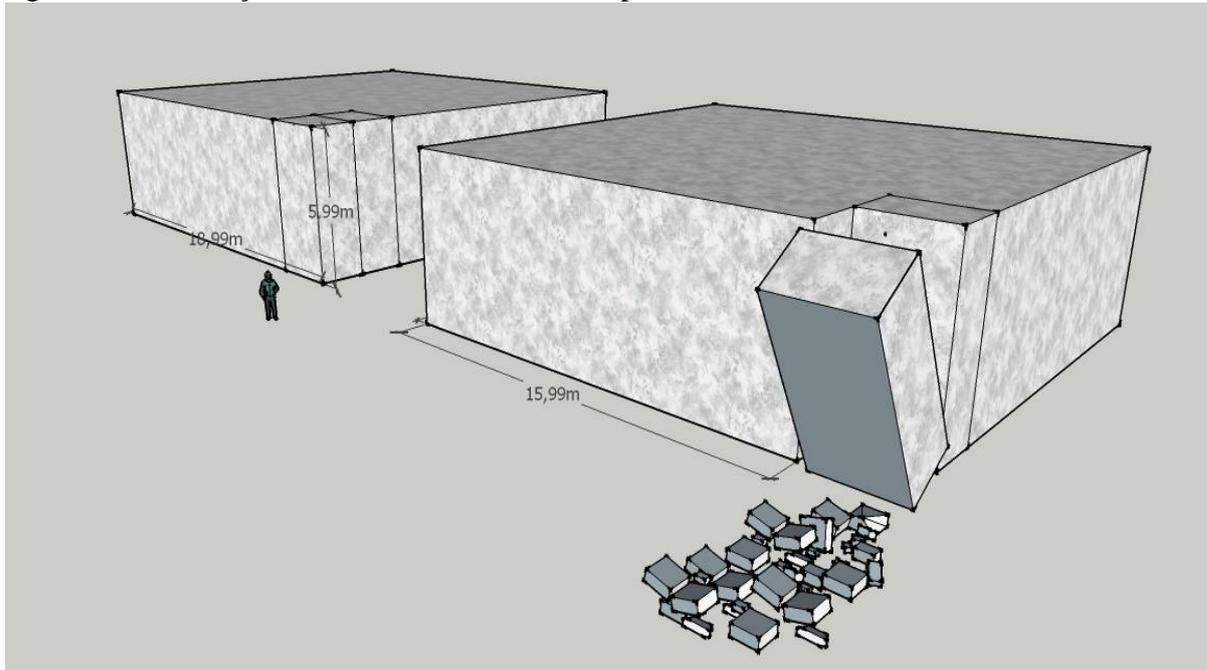


Fonte: Autoria própria (2017).

No tombamento das pranchas, a oportunidade monitorada para aplicação de técnicas de Produção Mais Limpa foram as boas práticas operacionais, além do corte respeitando as

estruturas geológicas. É essencial uma boa preparação de uma espécie de colchão de amortecimento para que a prancha caia sobre o piso da praça sem sofrer danos que causem fraturas na rocha. Nesta perspectiva, pode-se reutilizar solos e fragmentos de rochas que estão depositados na pilha de resíduos para servir de colchão (Figura 25).

Figura 25 - Utilização do resíduo como colchão para amortecimento.



Fonte: Autoria própria (2017).

No tocante ao consumo de água, pode-se utilizar também as boas práticas operacionais. De maneira, a sempre está fiscalizando o rendimento do fio e amperagem em que a máquina cortadora está operando, pois é um bom indicativo para o uso moderado da água.

No que diz respeito a embalagens plásticas, o que pode ser sugerido é uma revisão do plano de corte com a argamassa expansiva visando aumentar o espaçamento entre furos e carregar os furos de maneira alternada, carrega um e deixa o outro vazio. Desta maneira poderá diminuir o consumo de argamassa e conseqüentemente a geração do resíduo plástico.

Quanto ao consumo de combustíveis e emissões, mais uma vez destacam-se as boas práticas operacionais para que possa ser implementada no processo. Realizar paradas para manutenção preditiva e preventiva. Quando o equipamento estiver ocioso desligar sempre que possível o motor para evitar consumo desnecessário.

Os fragmentos de rocha depositados na pilha de resíduo podem ser reciclados internamente por meio de britagem e peneiramento, de modo a tornar o resíduo em produto, e

diminuir a geração e acumulação desse material. De toda sorte, uma usina de britagem comum as empresas de mineração de rochas ornamentais no município de Parelhas, poderia ser uma alternativa para solucionar a questão dos resíduos sólidos desta atividade, caracterizando uma técnica de Produção Mais Limpa do tipo reuso por reciclagem externa.

8 CONCLUSÕES

A partir da análise do diagnóstico de resíduos e processo e dos dados, que foram gerados por meio do estudo de caso da Pedreira Granorte, conclui-se que a ferramenta de gestão ambiental Produção Mais Limpa pode ser bastante útil aos mineradores deste setor. Basta citar a situação de resíduos da empresa, em que mais de 99,97% dos resíduos gerados, relacionados à lavra são de fragmentos de rochas.

Percebe-se na literatura que são raros os estudos que visam a implementação de Produção Mais Limpa na lavra de rochas ornamentais, em sua maioria se detém apenas ao beneficiamento deste recurso. As pesquisas demonstram que boa parte das soluções sugeridas por pesquisadores estão ligadas a reciclagem de resíduos do beneficiamento de rochas ornamentais. Desta maneira a Produção Mais Limpa aplicada a operação de lavra pode levar este tipo de mineração a práticas sustentáveis que visem à economia e o uso racional dos recursos naturais, principalmente água, recurso mineral e consumo de combustível.

O município de Parelhas tem se destacado na mineração de rochas ornamentais devido possuir uma boa diversidade de materiais exóticos. Entretanto, o destaque para atividade econômica deve vim atrelado aos cuidados com o meio ambiente, haja vista que estudos demonstram que esta atividade é potencialmente poluidora principalmente por produzir grandes volumes de resíduos sólidos, e neste caso os de rochas.

Para solucionar a geração de resíduos sólidos na atividade de lavra de rocha ornamental, o diagnóstico de resíduos se demonstra essencial para identificar as oportunidades no processo e que podem trazer melhorias ambientais na busca pelo desenvolvimento sustentável desta atividade através do uso racional dos recursos naturais.

Combinações de técnicas de Produção Mais Limpa podem corroborar com o meio ambiente, com a preservação do recurso mineral, redução do consumo de combustíveis e consequente diminuição de emissões, além de trazer economia de recursos financeiros para empresa, tendo em vista que pode diminuir o número de paradas por manutenções corretivas, como também o equilíbrio da utilização e disponibilidade destes equipamentos.

No diagnóstico de resíduos sólidos e processos na atividade de lavra, a operação de decapeamento e limpeza teve a maior quantidade de resíduos gerados com 35% do total, a atividade de corte com 26%, na etapa de tombamento de pranchas, a quantidade de resíduos foi de 21%, estas duas últimas podem estar relacionadas a mudanças de tonalidade do material (estético), micro fraturamentos da rocha, direção de avanço e corte. No desdobramento as perdas são da ordem de 15%, e estão relacionadas principalmente ao esquadrejamento que

visa deixar os blocos com as faces planas formando paralelepípedos com padrão de mercado. A perfuração foi a operação no processo de lavra que menos gerou resíduos sólidos do tipo fragmentos de rochas, tendo 3% do total.

O consumo de água pode ser diminuído por consequência de eficiências e boas práticas no corte da rocha. Assim o consumo relativo tenderá a diminuir com o aumento do rendimento da pedreira, além de medidas que visem racionalizar o uso do recurso hídrico.

Com foco de redução na fonte da geração de resíduos que é a principal meta de um Planejamento para implementação de Produção Mais Limpa, o mapeamento das estruturas geológicas é uma técnica que combina mudança no processo com as boas práticas operacionais. Estima-se uma redução otimista da ordem de 20% dos resíduos sólidos gerados, isto pode ser possível com a mudança no avanço da lavra e dos sentidos e direção dos cortes conforme análise apresentada e aprofundamento dos estudos de geologia estrutural e de mecânica de rochas.

Explicitou-se, então, uma metodologia de diagnóstico ambiental, que pode servir de subsídio para a elaboração políticas públicas, que possam vir a viabilizar um pacto pela busca do desenvolvimento sustentável na mineração de rocha ornamental, entre empresa, comunidade e poder público, a partir do monitoramento das operações de lavra e da utilização de indicadores socioambientais.

A análise qualitativa e quantitativa detalhada dos resíduos deve ser feita durante períodos de tempo relativamente longos de aproximadamente 12 meses. A elaboração de um diagnóstico para identificação e caracterização das empresas de extração de rocha ornamental em funcionamento no município de Parelhas-RN, pode promover uma parceria público-privada para criação de um Arranjo Produtivo Local - APL no município e circunvizinhança.

Estabelecer com outras minerações que correlacionem tanto resíduos sólidos industriais quanto possível para uma reciclagem visando gerar um subproduto de boa qualidade e que tenha mercado. Como tratar resíduos é mais caro do que torná-lo um produto, considerando-se que produto tem valor e pode levar a atividade a um equilíbrio econômico. É um desafio porque os resíduos de mineração variam em qualidade e quantidade e sazonalmente e diante mudanças nos tipos e montantes dos produtos.

Para superar essas barreiras o APL tendo na sua composição a administração pública, empresas, comunidades, institutos e universidades, centros de pesquisas pode ser uma alternativa de solução por meio de projetos de extensão e pesquisa. A assistência seria útil na obtenção de acordo para a localização de uma planta de processamento mineral ou até mesmo utilizar plantas de empresas locais.

A utilização do resíduo como agregado é um processo de reciclagem interna que pode ser implementado na Granorte. As análises químicas de duas amostras coletadas na pilha de resíduos apresentaram altos teores de óxido de silício que é um indicativo para o uso em bases de estradas. O produto após beneficiado através de processos de cominuição e separação, pode ser que apresente qualidade para ser utilizado na construção de acessos em obras de parque eólicos que estão se instalando na região do empreendimento.

Dessa maneira, este estudo pode servir como um balizador para planejamento e aplicação da Produção Mais Limpa na lavra de rocha ornamental, dando contributos que permeiam a teoria e pratica desta ferramenta de gestão ambiental que tem por fim a busca da sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). Division of technology, industry, and economics. Sustainable consumption & production branch. **Resource efficient and cleaner production**. Disponível em: < <http://www.unep.fr/scp/cp/>>. Acesso em 10 de jun. 2016.

ABIROCHAS/CETEM. 2002. **Catálogo de rochas ornamentais do Brasil**. Rio de Janeiro. CD-ROM. Windows 95.

ABIROCHAS. **Síntese das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais e de Revestimento em 2010** - Informe 01/2011. Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais. São Paulo, 2011. 14p. Disponível em: <http://www.ivolution.com.br/mais/fotos/6/18/1188/Exporta_importa_rochas_2010.pdf>. Acesso em: 25 de jun. 2016.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1995. **Catálogo ABNT**. Rio de Janeiro. 360p.

AHMED, M. Effects of marble sludge incorporation on the properties of cement composites and concrete paving blocks. **Journal of Cleaner Production**, London, v. 112, p. 731, 2016.

ASTM – American Society for Testing and Materials. C 615_99 **standard specification for granite dimension stone**. Disponível em: < <http://www.astm.org>> acesso em 10 set. 2003.

BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. 2 ed. São Paulo: Saraiva, 2007.

BASS, L. W. et al. Cleaner production: beyond projects. **Journal of Cleaner Production**, London, n. 1-2, p. 55-59, 1995.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução n. 307, 05 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>. Acesso em: 05 de jul. de 2016.

_____. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. **Sistema de Informações Geográficas da Mineração – SIGMINE**. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/assuntos/ao-minerador/sigmine>. Acesso em 07 de jul. de 2016.

_____. **Estatísticas** - acesso a informação. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/planilhas/estatisticas/arrecadacao-cfem/arrecadacao-da-cfem-por-superintendencias-2016>>. Acesso em 05 de jun. de 2017.

_____. **Lei 227 de 28 de fevereiro de 1967**, Código de Mineração define os direitos sobre as jazidas e minas; substitui a lei 1.985 de 29 de janeiro de 1940; e dá outras providências, Brasília.

_____. **Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política nacional de resíduos Sólidos; altera a lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, nº 147, p. 3, 03 ago. 2010.

_____. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços - MDIC (2017). **Dados de exportação do município de Parelhas-RN**. 2017. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/comex-vis/frame-municipio?municipio=2408904>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

CAMPOS et. al, **Tratamento e aproveitamento de resíduos de rochas ornamentais e de revestimento, visando mitigação de impacto ambiental**. XXIII Simpósio Geologia do Nordeste; VII Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste. In: SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, VII, 2009, Fortaleza.

CARDU, M. et al. Quarrying by explosive and diamond wire in hard dimension stones. In: **Brighton Conference Proceedings 2005**. R. Holmberg et al. (ed) 2005. European Federation of Explosives Engineers, ISBN 0-9550290-0-7.

CEBDS – Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. **GUIA PARA A PRODUÇÃO MAIS LIMPA – FAÇA VOCÊ MESMO**, 2008. Disponível em: <<http://www.gerenciamento.ufba.br/Downloads/guia-da-pmaisl.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2016.

CHIODI FILHO, C.; RODRIGUES, E. P. **Guia de Aplicação de Rochas em Revestimentos**. ABIROCHAS, São Paulo, 2009.

CONTADOR, J. C. **Gestão de Operações** – A engenharia de produção a serviço da modernização da empresa. Editora Blucher, São Paulo, 2010.

COSTA, A. G.; Campello, M. S.; Maciel, S. L.; Calixto, C.; Becerra, J. E. Rochas ornamentais e de revestimento: proposta de classificação com base na caracterização tecnológica. In: Simpósio sobre Rochas Ornamentais do Nordeste, III. **Anais**, Recife-PE, 2002.

CURI, Adilson. **Minas a céu aberto**: planejamento de lavra. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

DANTAS, E. L. **Geocronologia U-Pb e Sm-Nd de terrenos Arqueanos e paleoproterozóicos do Maciço Caldas Brandão, NE do Brasil**. 1997. 206 p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1997.

DANTAS, E. L.; Van Schmus, W. R.; Hackspacher, P. C.; Fetter, A. H.; Brito Neves, B. B.; Cordani, U.; Nutman, A. P.; Williams, I. S. 2004. The 3.4-3.5 **Ga São José do Campestre massif, NE BRazil**: Remnants of the oldest crust in South America. *Precambrian Research*, 130: 113-137.

DANTAS, M. E.; ARMESTO, R. C. G.; ADAMY, A. **Origem das paisagens**. In: Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro. SILVA, Cassio Roberto da (Ed.). Rio de Janeiro: CPRM, 2008. 264 p. il. p. 34-56.

DIAGNÓSTICO. In: **DICIONÁRIO informal** [s.l.], [s.n.], nov. 2009. Disponível em <<http://www.dicionarioinformal.com.br/diagn%F3stico/>>. Acesso em: 05 mar. 2017.

EL-HAGGAR, S.M. **Sustainable Industrial Design and Waste Management**. 1 st edition. Burlington: Elsevier Ltd., 2007.

FRASCÁ, M. H. B. de O. Caracterização tecnológica de rochas ornamentais e de revestimento: estudo por meio de ensaios e análises e das patologias associadas ao uso. In: Simpósio sobre Rochas Ornamentais do Nordeste, III. **Anais**, Recife-PE, 2002.

FRESNER, J. Cleaner production as a means for effective environmental management. **Journal of Cleaner Production**. v. 6, p. 171-179. London, 1998.

GANGA, G. M. D. **Trabalho de conclusão de curso (TCC) na engenharia de produção: um guia prático de conteúdo e forma**. São Paulo: Atlas, 2012.

GIL, A C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6.ed., São Paulo: Atlas, 2008.

GLAVIC, P.; LUKMAN, R. Review of sustainability terms and their definitions. **Journal of Cleaner Production**. v.15, p.1875-1885. London, 2007.

HILLARY, R.; THORSEN, N. Regulatory and self-regulatory measures as routes to promote cleaner production. **Journal of Cleaner Production**. v. 7, p. 1-11, London, 1999.

HILSON, G. Defining “cleaner production” and “pollution prevention” in the mining context. **Minerals Engineering**. v.16, p. 305-321, 2003.

HIROSE, M., **Produção mais limpa garante sustentabilidade**. Revista da FAT - Publicação TRIMESTRAL da Fundação de Apoio à Tecnologia Ano II - Número 3 - JUN/JUL/AGO 2005.

JARDIM DE SÁ, E. F. **A faixa Seridó (Província Borborema NE do Brasil) e o seu significado geodinâmico na cadeia Brasileira / Pan-Africana**. Brasília, 1994. 803 p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 1994.

_____. Geologia da região do Seridó: reavaliação dos dados. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE 11, 1984, Natal. **Atas...** Natal: SBG. Núcleo Nordeste, 1984. 473p. il (Boletim do Núcleo Nordeste da SBG, 9) p. 278-296.

KJAERHEIM, G.; NYLAND, C. A. Cleaner production and sustainability. **Journal of Cleaner Production**. v.15, p.1875-1885, London, 2007.

LEITE, R. R.; OLIVEIRA NETO, G. C. Neto. **Avaliação Econômica da Implantação da Produção Mais Limpa em uma Estação de Tratamento de Efluentes**: estudo de caso no setor metal mecânico. ENEGEP, 2016. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_234_365_30120.pdf>. Acesso em: 14 de fev. de 2017.

LUKEN, R. A. et al. A 20-year retrospective of the National Cleaner Production Centres Programme. **Journal of Cleaner Production**, v. 112, p. 1165-1174, London, 2016.

MARTINS, Sebastião Venâncio, 1965 - **Recuperação de áreas degradadas**: como recuperar áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e áreas de mineração. 3. ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2013. 264p.: il. 23cm.

MATTOS, I. C. Uso/adequação e aplicação de rochas ornamentais na construção civil – parte 1. In: Simpósio sobre Rochas Ornamentais do Nordeste, III. **Anais**. Recife-PE, 2002.

MENDES, V.A.; Vidal, F.W.H. Controle de qualidade no emprego das rochas ornamentais na construção civil. In: Simpósio sobre Rochas Ornamentais do Nordeste, III. **Anais**. Recife-PE, 2002.

MENEZES, R.G. 2005. **Rochas Ornamentais e de Revestimento: Conceitos, Tipos e Caracterização Tecnológica**. In: Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, em associação com o Centro de Tecnologia Mineral – CETEM – do Ministério de Ciência e Tecnologia e Centro Tecnológico de Mármore e Granito – CETEMAG (ES).

MILLER JR., G. T. **Ciência Ambiental**. São Paulo: Thomson. 2007, 501p.

MORAES NETO, J. M.; ALKMIN, F. F. A deformação das coberturas terciárias do planalto da Borborema (PB-RN) e seu significado tectônico. **Revista Brasileira de Geociências**. v. 31, n. 1, p. 95-106, São Paulo, 2001.

OLIVEIRA, G. A. G., LANGE, L. C. **Gerenciamento dos Resíduos Sólidos Industriais na Área Mineira da Bacia Hidrográfica do Médio São Francisco**. Saneamento Ambiental Brasileiro. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, 2005. p. 1-13.

OLIVEIRA, J. F. G., ALVES, S.; Adequação ambiental dos processos usinagem utilizando Produção mais Limpa como estratégia de gestão ambiental. **SCIELO**. I Prod. vol. 17, no.1, São Paulo, Jan./Abr. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132007000100009>. Acesso em: 14/02/2017.

RODRIGUES, M.L.M.; LIMA, R.M.F. Cleaner production of soapstone in the Ouro Preto region of Brazil: a case study. **Journal of Cleaner Production**. v. 32, p. 149-156, London, 2012.

SALAZAR, V. L. P. Produção mais Limpa (P+L). **Pesquisa & Tecnologia**, v. 10, p. 1, 2013.

SÁNCHEZ, L. E. Mineração e meio ambiente. In: FERNANDES, F. R.C; LUZ, A. B.; MATOS, G. M.M; CASTILHOS, Z. C. **Tendências Tecnológicas Brasil 2015**: Geociências e Tecnologia Mineral, Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2007. p. 191-208.

SENAI-RS. SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL DO RIO GRANDE DOSUL. **Implementação de programas de produção mais limpa**. Porto Alegre: CNTL, SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL, 2003a.

_____. **Diagnóstico ambiental e de processo**. Porto Alegre: CNTL, SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL 2003b.

SEWEL, G. H. **Administração e controle da qualidade ambiental**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1978.295 p.

SILVA, João Paulo. Impactos ambientais causados por mineração. **Revista Espaço da Sophia**. n. 8. São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.registro.unesp.br/sites/museu/basededados/arquivos/00000429.pdf>>. Acesso em: 24 out. 2015.

SKINNER, B. J. **Recursos minerais da Terra**. São Paulo: Edgard Blücher, 1970. 140 p.

STANISKIS, J. K. Water saving in industry by cleaner production. **Water Purification and Management**, Amsterdam, 2011.p. 1-33.

TANNO, L.C., SINTONI A. **Mineração e município: Bases para planejamento e gestão dos recursos minerais**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2003. 163p.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). Division of technology, industry, and economics. Sustainable consumption & production branch. **Resource efficient and cleaner production**. Disponível em: < <http://www.unep.fr/scp/cp/>>. Acesso em 10 de jun. 2016.

_____. **Government strategies and policies for cleaner production**. UNEP Industry & Environment, Paris, 1994.

_____. **Introduction to cleaner production assessments with applications in the food processing industry**. UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, Paris, 1995.

_____. **Guidance manual how to establish and operate cleaner production centres**. UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, Paris, 2004.

VAN BERKEL, R. Cleaner production and eco-efficiency initiatives in Western Australia 1996 e 2004. **Journal of Cleaner Production**. v. 15, p.741-755.London, 2007.

VALENÇA, M. Z. **Gestão dos Resíduos Sólidos da Construção Civil: por uma prática integrada de sustentabilidade empresarial – ENEGEP**, 2006. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2006_TR560372_7586.pdf>. Acesso em: 14 de fev. de 2017.

VENTURI, L. A. B. Recurso natural: a construção de um conceito. **GEOUSP- Espaço e Tempo**. n° 20, p. 9-17, São Paulo, ago. 2006.

VIDAL, F.W.H. Avaliação de granitos ornamentais do Nordeste através de suas características tecnológicas. In: Simpósio sobre Rochas Ornamentais do Nordeste, III. **Anais**, Recife-PE, 2002.

VIDAL, F.W.H, et al. **Tecnologias de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2013. 700 p.

VIEIRA, L.C.; AMARAL, F.G. Barriers and strategies applying cleaner production: a systematic review. **Journal of Cleaner Production**. v. 113, p. 5-16, London, 2016.

WINGE, M. *et al.* 2001-2017. **Glossário Geológico Ilustrado**. Disponível em:
<<http://www.sigep.cprm.gov.br/glossario>>. Acesso em: 02 de jun. de 2017.

WICANDER, R; MONROE, J. S. Fundamentos de Geologia. São Paulo: Cengage Learning, 2009. 508 p.

APÊNDICE A– UMA ABORDAGEM SOBRE PRODUÇÃO MAIS LIMPA PARA A LAVRA DE ROCHA ORNAMENTAL DA PEDREIRA GRANORTE EM PARELHAS-RN

Ranieri de Araújo PEREIRA¹ Júlio Cesar de PONTES²

(1) Programa de Pós-Graduação - Mestrado Profissional em Uso Sustentável de Recursos Naturais do Instituto Federal do Rio Grande do Norte – Diretoria Acadêmica de Recursos Naturais – Natal-RN. Endereço eletrônico: ranieri.engminas@gmail.com

(2) Prof. Dr. do Instituto Federal do Rio Grande do Norte – Diretoria Acadêmica de Recursos Naturais – Natal-RN. Endereço eletrônico: julio.pontes@ifrn.edu.br

Introdução
Área de Estudo
Materiais e Métodos
Resultados e Discussões
Conclusões
Referências

RESUMO

O consumo de recursos naturais tem aumentado ao longo dos anos. A mineração de rochas ornamentais é um setor que consome recursos naturais para produção de placas de revestimento de uso na construção civil. Esta atividade produz um volume considerável de resíduos que podem causar impactos ambientais adversos. Com o surgimento da Resolução nº 307/2002 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama, 2002) e da Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010 que institui a (Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS), torna o empreendedor responsável pela gestão dos resíduos sólidos gerados em seu empreendimento. Com o objetivo de identificar as principais fragilidades na gestão de resíduos sólidos na mineração de rochas ornamentais e propor ferramentas de Produção Mais Limpa como oportunidade de melhorias ao meio ambiente, foi realizado um estudo de caso para identificação das etapas da operação de lavra e a geração de resíduos. Verificou-se que em praticamente todas as etapas da operação de lavra ocorre a geração de resíduos sólidos, principalmente os fragmentos de rochas que são dispensados como perdas e depositados na forma de pilhas.

Palavras-chave: Mineração; Rocha Ornamental; Resíduos Sólidos; Produção Mais Limpa.

ABSTRACT

The consumption of natural resources has increased over the years. Ornamental rock mining is a sector that consumes natural resources for the production of coating boards for use in construction. This activity produces a considerable amount of waste that can cause negative environmental impacts. With the appearance of Resolution No. 307/2002 of the National Environment Council (Conama, 2002) and Law No. 12,305, of August 2, 2010, establishing the National Policy on Solid Residues (PNRS), makes the entrepreneur responsible for Solid waste generated in your enterprise. In order to identify the main weaknesses in solid waste management in ornamental stone mining and to propose Cleaner Production tools as an opportunity to improve the environment, a case study was carried out to identify the stages of the mining operation and the generation waste. It has been verified that in almost all the stages of the mining operation the generation of solid wastes occurs, mainly the fragments of rocks that are dispensed as losses and deposited in the form of piles.

Keywords: Mining; Ornamental rock; Solid Waste; Cleaner Production.

INTROUÇÃO

A busca por recursos naturais é algo que vem desde a origem do homem até os dias atuais. O consumo destes recursos se dá pela busca da "melhoria de qualidade de vida". No entanto, recursos podem ser escassos e finitos, como no caso dos recursos extraídos em atividades de mineração. Com o advento da revolução industrial, a demanda por recursos minerais foi algo revolucionário e que gerou grande desenvolvimento econômico nos países industrializados. Todavia, com o desenvolvimento da indústria vieram os problemas de ordem ambiental e social, pois por muitos anos, indústrias dos mais diversos setores, adotaram posturas que negligenciaram o cuidado com o meio ambiente, seja por falta de legislação, regulação e conhecimento, ou pelo foco na produção industrial e na geração de recursos financeiros, em detrimento ao desenvolvimento sustentável.

A mineração é uma atividade econômica que gera impactos ambientais adversos, principalmente pela produção de resíduos sólidos, consumo de água e energia. Na lavra de rochas ornamentais, percebe-se que o um dos principais problemas é a geração de resíduos sólidos. Diante desta problemática, uma ferramenta de gestão ambiental pode vir a produzir bons resultados no tocante a gestão ambiental destes resíduos, com a diminuição ou até mesmo a eliminação.

A Produção Mais Limpa é uma ferramenta de gestão ambiental que tem por objetivo diminuir a produção de resíduos sólidos na fonte, fato este que difere das técnicas antigas em que se procurava tratar o resíduo e não diminuir ou eliminá-lo, tal prática não é recomendada, e foi denominada de "fim-de-tubo". Produção mais Limpa é uma metodologia que busca a aplicação de processos que minimizam a produção de resíduos bem como o consumo de energia e água. É um planejamento estratégico ambiental que se aplica nos processos industriais tecnologia e economia objetivando a mitigação do impacto e a otimização de soluções. Com vistas ao desenvolvimento sustentável, tem-se como uma boa alternativa, a

Produção Mais Limpa, como uma proposta de diminuição de resíduos sólidos da mineração de rocha ornamental na fonte, e reciclagem dos resíduos sólidos gerados e sua utilização por exemplo, na construção civil e indústria cerâmica.

Um dos grandes problemas da indústria é a produção de resíduos. A mineração figura entre as que mais produzem resíduos, e em especial a mineração de rocha ornamental, que segundo Campos (2009) a lavra e o beneficiamento de rochas ornamentais possuem uma expressiva quantidade de resíduos que atingem a faixa de 65 a 75%, em média. Por se tratar de uma atividade potencialmente poluidora merece ser objeto de estudos e pesquisas científicas para solucionar questões ambientais.

A American Society for Testing and Materials ASTM (2003), órgão normatizador americano, define *dimension stone* (rocha dimensionada) ou rocha ornamental, como qualquer material rochoso natural serrado, cortado em chapas e fatiado em placas, com ou sem acabamento mecânico, excluindo produtos acabados baseados em agregados artificialmente constituídos, compostos de fragmentos e pedras moídas e quebradas.

Muitos destes resíduos na atualidade não são reciclados, o que se vê são iniciativas incipientes e pontuais, onde busca reaproveitar estes resíduos para construção de acessos e praças de trabalho nas frentes de lavra, o restante é depositado em pilhas de estéril. A disposição deste material em pilhas de estéril causa um impacto ambiental negativo de grande magnitude, haja visto que rochas são materiais naturais compostos por elementos inorgânicos e que não são decompostos facilmente no meio ambiente, tendo o resíduo um grande ciclo de vida.

A Produção mais Limpa é uma ferramenta de gestão ambiental que trabalha com a perspectiva preventcionista no combate a poluição do meio ambiente e da segurança do trabalhador.

O conceito de produção mais limpa surgiu no PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente em 1989, que em linhas gerais significa a aplicação de uma estratégia ambiental contínua e integrada a processos, produtos e serviços, a fim de aumentar a eficiência, conduzir a um melhor desempenho ambiental, reduzir custos, diminuir os riscos de acidentes ambientais e aumentar a segurança do trabalhador.

O CNTL (2000) descreve que a Produção Mais Limpa não é apenas um tema ambiental e econômico, mas também um tema social, pois considera que a redução da geração de resíduos em um processo produtivo, muitas vezes, possibilita resolver problemas relacionados à saúde e à segurança ocupacional dos trabalhadores.

De acordo com Salazar (2013, p. 1) Produção Mais Limpa (PML) é uma estratégia aplicada na produção e nos produtos a fim de economizar e maximizar a eficiência do uso de energia, matérias-primas e água e ainda minimizar ou reaproveitar resíduos gerados.

A Produção mais Limpa considera a variável ambiental em todos os níveis da organização, caracterizando-se por ações que são implementadas dentro de uma empresa, principalmente no processo produtivo, com o objetivo de transformá-lo em um processo mais eficiente (SEVERO et al., 2012).

O conceito de Produção Mais Limpa, de acordo com Barbieri (2007), envolve processos e produtos, e isso compreende todas as fases da manufatura ou ciclo de vida do produto. As ações estão voltadas para minimizar o consumo de energia, matéria-prima, a geração de resíduos e emissões.

Produção mais Limpa é a aplicação de uma estratégia técnica, econômica e ambiental integrada aos processos e produtos, a fim de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, através da não geração, minimização ou reciclagem dos resíduos e emissões geradas, com benefícios ambientais, de saúde ocupacional e econômicos (SENAI-RS, 2003).

A implementação de práticas de Produção Mais Limpa otimiza o uso de insumos disponíveis e, além de reduzir os custos envolvidos no tratamento de resíduos, fazem a empresa operar de forma ambientalmente segura e responsável, aumentando o bem-estar da comunidade e preservando recursos naturais para as próximas gerações Mario Hirose (2005, p. 40).

A importância da produção mais limpa na indústria mineral é essencial para que se tenha um meio ambiente sustentável. A indústria de rocha ornamental por ser um setor vulnerável devido a quantidade de impactos ambientais gerados e em especial ao montante de resíduos gerados, tanto na lavra como no beneficiamento deste material, produz um cenário favorável a implantação de ferramentas de produção mais limpa.

Diante desta perspectiva, A produção mais limpa é vista como um recurso estratégico para minimizar emissões, efluentes e resíduos através da melhoria contínua. De acordo com a pesquisa de Van Hoff e Lyon (2013) as empresas que adotarem a Produção mais Limpa ou estratégias relacionadas, evidenciará reduções simultâneas em emissões e em investimentos para o controle da poluição com técnicas de fim de tubo.

Por sua vez, Vieira e Amaral (2016) a definem como um processo de melhoria contínua que visa o uso eficiente dos recursos naturais buscando evitar os impactos ambientais negativos dos processos, produtos ou serviços, gerando benefícios econômicos e mudança organizacional.

Pode se indagar: "Por que a prevenção da poluição e a Produção Mais Limpa não se tornou comum em toda a indústria? Em certos casos, existem muitas barreiras que impedem a adoção de tecnologias e estratégias mais limpas. Ambos, individualmente e coletivamente, têm contribuído para diminuir a atenção e o investimento das empresas em altas tecnologias e que sejam eficazes na eliminação e minimização de resíduos. As barreiras mais significativas são: econômicas, tecnológicas e legais (HILSON, 2003).

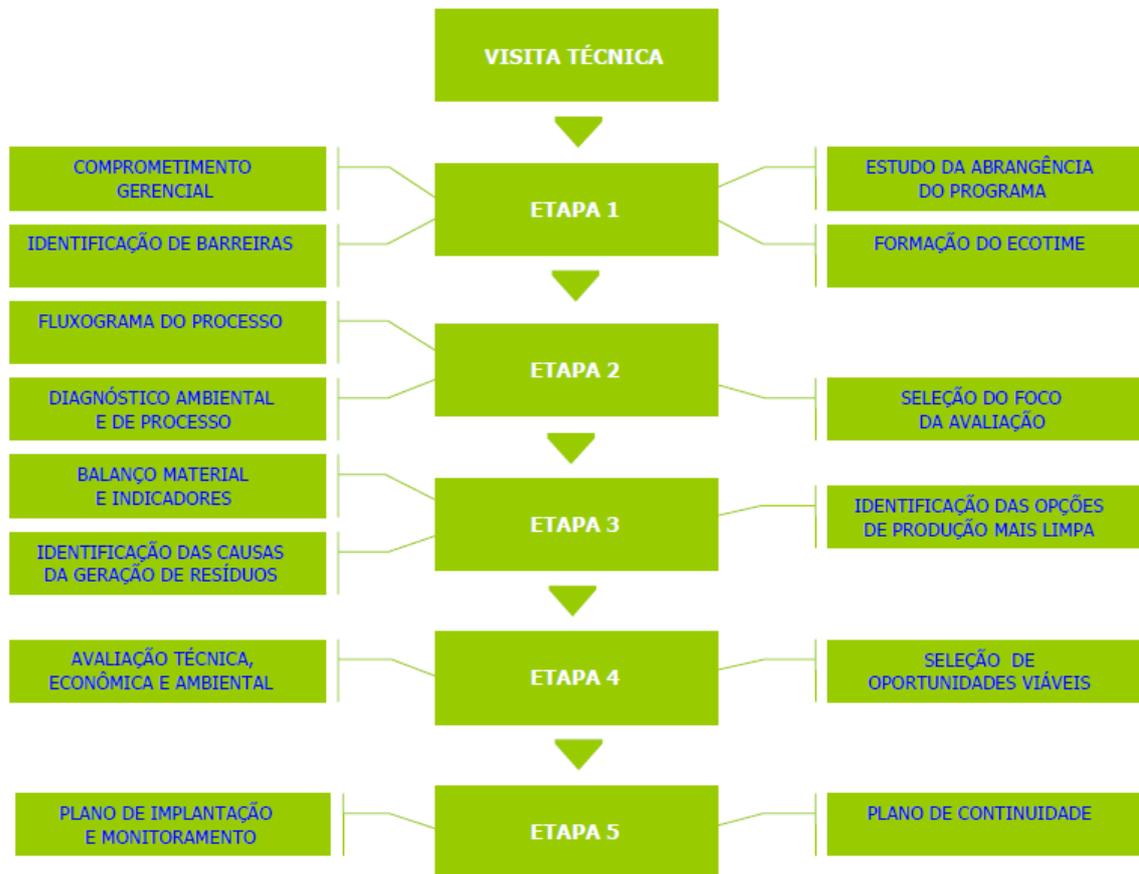
No tocante a atividade industrial, e em especial a que esta pesquisa se ateve, e por seu sítio está em território quilombola, em região de semi árido, onde as perspectivas econômicas são ligadas ao comércio e às atividades de subsistência sazonais, reforça o pensamento de Kjaerhein e Nyland (2003) para um conceito amplo de Produção Mais Limpa, que vise a erradicação da pobreza, proteção a saúde do trabalhador e pública, na busca de melhorias da qualidade de vida.

Um programa de Produção Mais Limpa tem sua implementação iniciada com uma pré-sensibilização e comprometimento a nível gerencial, identificação de barreiras, estudo de abrangência do programa e formação do ecotime que são ações referentes a 1ª etapa. Concluída esta primeira fase, se elabora o fluxograma do processo, o diagnóstico ambiental e de processo e é selecionado do foco da avaliação (SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL, 2003b).

Portanto, considerando a definição consagrada de Produção Mais Limpa da UNEP e as definições levantadas na revisão de literatura pode-se dizer, nessa pesquisa, que a Produção mais Limpa é uma abordagem preventiva e integrada a processos que visa o uso eficiente de insumos e a redução de desperdícios, podendo gerar benefícios econômicos e ambientais que miram a sustentabilidade em todas as dimensões.

A metodologia para implementação de Produção mais Limpa da UNEP, traça um fluxograma que estabelece a sequência de ações e medidas a serem realizadas por etapas (Figura 01).

Figura 01 - Passos para implementação de um programa de Produção Mais Limpa.



Fonte: SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL, 2003b.

Ao se introduzir técnicas de Produção mais Limpa em um processo produtivo, podem ser utilizadas várias estratégias, tendo em vista metas ambientais, econômicas e tecnológicas. E uma delas é a elaboração de um balanço ambiental, econômico e tecnológico do processo produtivo (OLIVEIRA e ALVES, 2007).

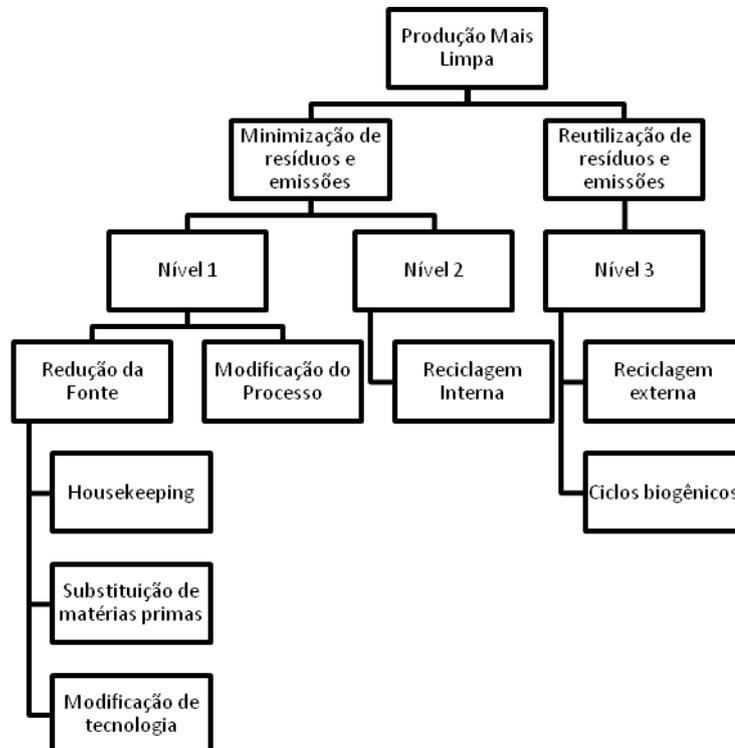
O que difere a Produção Mais Limpa de outros métodos, como Controle da Poluição é a escolha do tempo, custo e sustentabilidade. As técnicas de controle da poluição segue uma regra de reação e tratamento, enquanto que as técnicas de Produção Mais Limpa adotam a filosofia prevencionista, ou seja se concentra antes do evento ocorrer (EL-HAGGAR, 2007).

Nesse sentido, Produção Mais Limpa é a aplicação contínua de uma estratégia ambiental de prevenção da poluição na empresa, focando os produtos e processos, para otimizar o emprego de matérias primas, de modo a não gerar ou a minimizar a geração de resíduos,

reduzindo os riscos ambientais para os seres vivos e trazendo benefícios econômicos para a empresa (CEBDS, 2008).

A prioridade da Produção Mais Limpa está no topo (à esquerda) do fluxograma: evitar a geração de resíduos e emissões (nível 1). Os resíduos que não podem ser evitados devem, preferencialmente, ser reintegrados ao processo de produção da empresa (nível 2) (Figura 02). Na sua impossibilidade, medidas de reciclagem fora da empresa podem ser utilizadas (nível 3) (OLIVEIRA e ALVES, 2007).

Figura 02 - Escopo de atuação da metodologia de Produção Mais Limpa.



Fonte: Adaptado de CNTL - Centro Nacional de Tecnologias Limpas 2003.

As técnicas de Produção Mais Limpa podem ser ordenadas como exposto na (Figura 2) da seguinte maneira:

- Redução da fonte:

Boas práticas operacionais (*Good housekeeping*);

Substituição de matérias primas;

Modificação de tecnologia.

- Mudanças de processo:

Melhor controle de processo;

Modificação do equipamento;

Mudança de tecnologia;

Mudança de material de entrada.

- Modificação do produto.

- Reuso:

Reciclagem no local;

Subprodutos úteis através da reciclagem fora do local.

Nessa perspectiva, El-Haggar (2007), afirma que não existe um obstáculo entre nenhuma das técnicas de Produção Mais Limpa acima mencionadas. Algumas das oportunidades de implementação da Produção Mais Limpa podem exigir uma ou mais técnicas para aspirar o "desenvolvimento sustentável".

A técnica de boas práticas operacionais foca na redução de resíduos na fonte, fazendo com que a empresa busque aplicar o maior número de medidas na minimização ou eliminação de resíduos e emissões. O PNUMA através da (UNEP, 2001) enumera algumas medidas que são consideradas boas práticas operacionais por exemplo:

- Manutenção preditiva e preventiva para evitar excesso de emissões ou vazamentos em equipamentos;
- Plano de gerenciamento de resíduos sólidos;
- Gestão de qualidade no armazenamento de insumos e manipulação correta para evitar perdas;
- Qualificação de funcionários e incentivos para melhorias contínuas na busca da diminuição e eliminação da geração de resíduos.

Por isso, que um bom planejamento e controle podem dar garantia de processos que otimizem o consumo de recursos, produção e geração de resíduos. E Para isso, requer gerenciamento e monitoramento contínuo de parâmetros na busca de economia de água, energia e matérias primas (EL-HAGGAR, 2007).

Concomitante ao uso boas práticas, pode-se buscar a mudança da matéria prima ou tecnologia utilizada como técnicas de redução na fonte.

No que trata da técnica de modificação de equipamento, engloba medidas que otimizem o consumo de energia, troca da fonte de energia com uso de combustíveis mais limpos para que sejam reduzidas as emissões e a geração de resíduos.

Mudança de tecnologia deve ser considerada sempre a últimas opção, haja visto que requer mudanças no processo como um todo, muitas vezes tendo que substituir toda uma linha de produção, o que pode resultar em investimentos altos.

Neste sentido, percebe-se que a Produção Mais Limpa busca sempre a eliminação ou minimização da produção de resíduos nos diversos setores da indústria, e a mineração de rocha ornamental como atividade potencialmente poluidora por produzir quantias significativas de resíduos sólidos, pode ansiar por um desenvolvimento sustentável fazendo uso desta ferramenta de gestão ambiental.

Portanto, considerando a definição consagrada de Produção Mais Limpa da UNEP e as definições levantadas na revisão de literatura pode-se dizer, nessa pesquisa, que a Produção mais Limpa é uma abordagem preventiva e integrada a processos que visa o uso eficiente de insumos e a redução de desperdícios, podendo gerar benefícios econômicos e ambientais que miram a sustentabilidade em todas as dimensões.

Este trabalho teve por objetivo descrever as atividades de lavra de rocha ornamental da pedreira da Granorte em Parelhas-RN, abordar a temática da Produção Mais Limpa como alternativa para um gestão ambiental eficaz na mineração e identificar no processo de lavra os

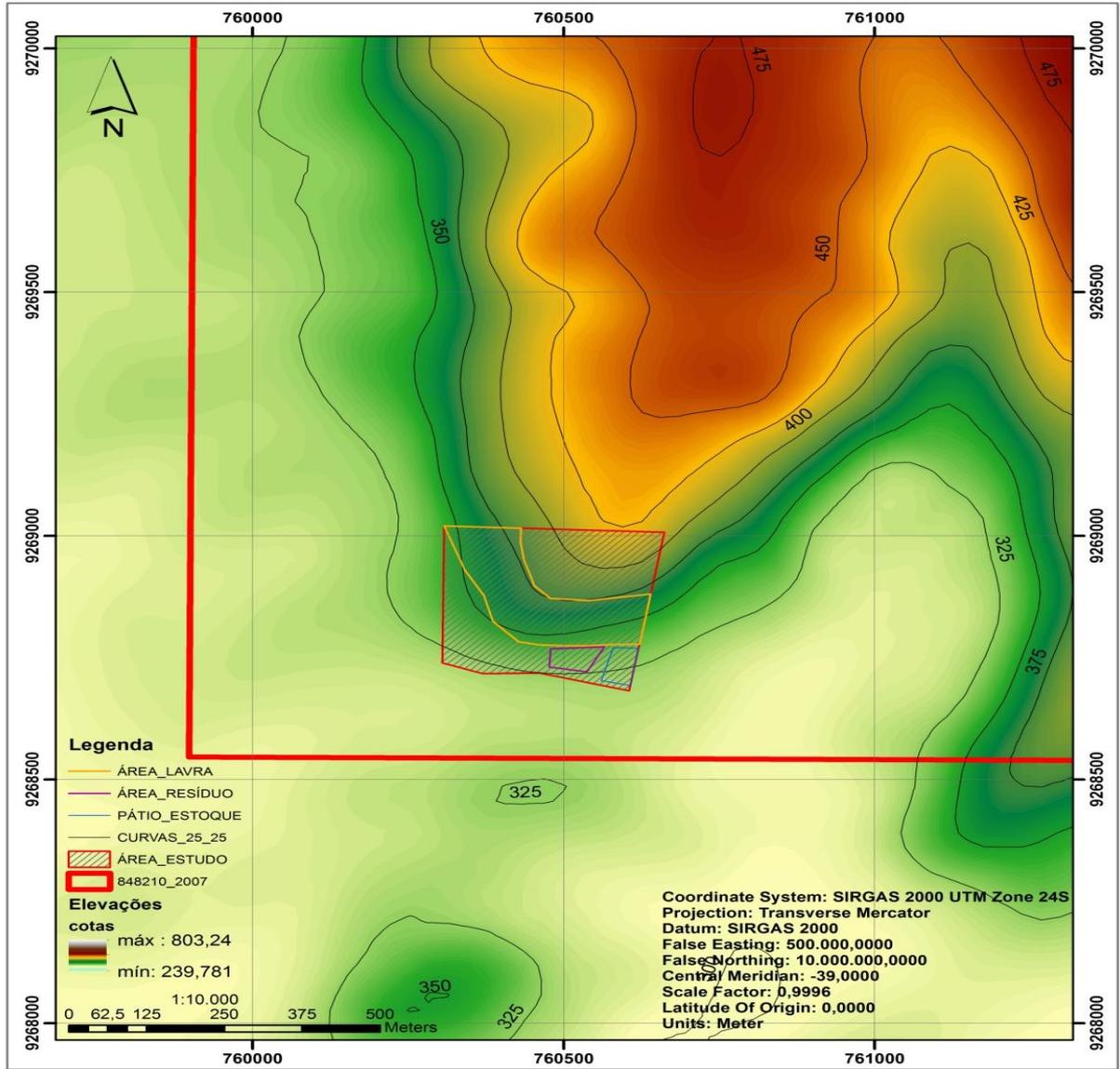
tipos de resíduos sólidos gerados. Portanto, o presente trabalho traz uma abordagem sobre a Produção Mais Limpa para implementação numa mineração de rocha ornamental, identificando as principais fontes de produção de resíduos sólidos.

ÁREA DE ESTUDO

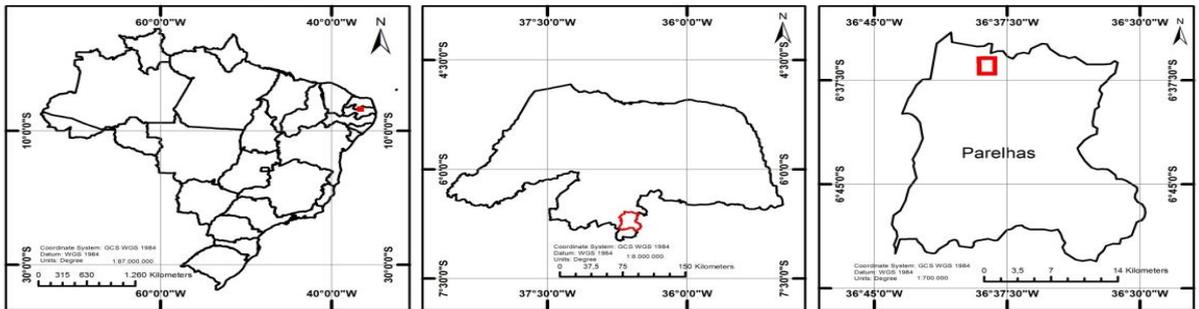
A área de estudo está no município de Parelhas, localizado no extremo sul do Estado do Rio Grande do Norte, na mesorregião Central Potiguar e na microrregião Seridó Oriental. Inserido na folha Jardim do Seridó (SB.24-Z-B-V), na escala 1:100.000, editada pela SUDENE (CPRM, 2001). Dista da capital cerca de 249 km, sendo seu acesso, a partir de Natal, efetuado através das rodovias pavimentadas BR-226, BR-427 e RN-086. Limita-se com os municípios potiguares de Carnaúba dos Dantas, Equador, Jardim do Seridó e Santana do Seridó. Outra característica geográfica do município de Parelhas é a de ser limítrofe aos municípios paraibanos de Nova Palmeira, Pedra Lavrada e São Vicente do Seridó. A área territorial é de 523 km² e a sede municipal está localizada no ponto de coordenadas UTM 9259623.94 latitude sul e 758435.05 de longitude leste, Datum Sirgas 2000, zona 24. A área de influência direta do empreendimento tem 10 (dez) hectares e está a norte da sede municipal, num território quilombola que dá nome a localidade de Boa Vista dos Negros, e se aproxima dos limites municipais de Carnaúba dos Dantas.

Partindo do município de Parelhas pela RN-086 no sentido norte, percorrendo cerca de 8,9 km chega-se ao ponto de coordenadas UTM com latitude 9268828.04 sul e longitude 760112.95 m leste, Datum Sirgas 2000 zona 24, neste ponto torna-se a direita em acesso de estrada de terra por cerca de 525 metros e chega-se ao destino que é a mina objeto dessa pesquisa (Figura 03).

Figura 03 - Localização da área de estudo.



MAPA GEOMORFOLÓGICO COM ZONEAMENTO AMBIENTAL



Fonte: elabora por este autor (2016)

MATERIAIS E MÉTODOS

Dadas as características do tema abordado, bem como dos objetivos estabelecidos neste estudo, o artigo foi construído utilizando-se a metodologia de “Estudo de Caso” aliado à “Revisão de Literatura/Pesquisa Exploratória” .

O estudo dos problemas ambientais causados pela produção de resíduos sólidos de lavras de rochas ornamentais teve por início com o levantamento de dados secundários em consultas bibliográficas em bancos de artigos, teses e dissertações do domínio público e periódicos, bem como em anais de congressos e simpósios no tema de rochas ornamentais e produção mais limpa.

Os dados foram obtidos em campo, através de *check list* e entrevistas feitas com funcionários e proprietário da empresa, em três visitas a Pedreira na cidade de Parelhas, região Seridó, estado do Rio Grande do Norte, entre os anos de 2015 e 2016.

O presente trabalho se constitui pela abordagem qualitativa e de caráter exploratório e descritivo, pois se pretende descrever o processo de lavra de rochas ornamentais, e, através da coleta de dados, avaliar a geração de resíduos da atividade (SAMPIERI, COLLADO LUCIO, 2006), utilizando para isso bibliografias e estudo de caso. Por fim se faz uma abordagem teórica mediante as observações do processo da mina de rocha ornamental com melhoria caso ocorra a implementação de técnicas de produção mais limpa.

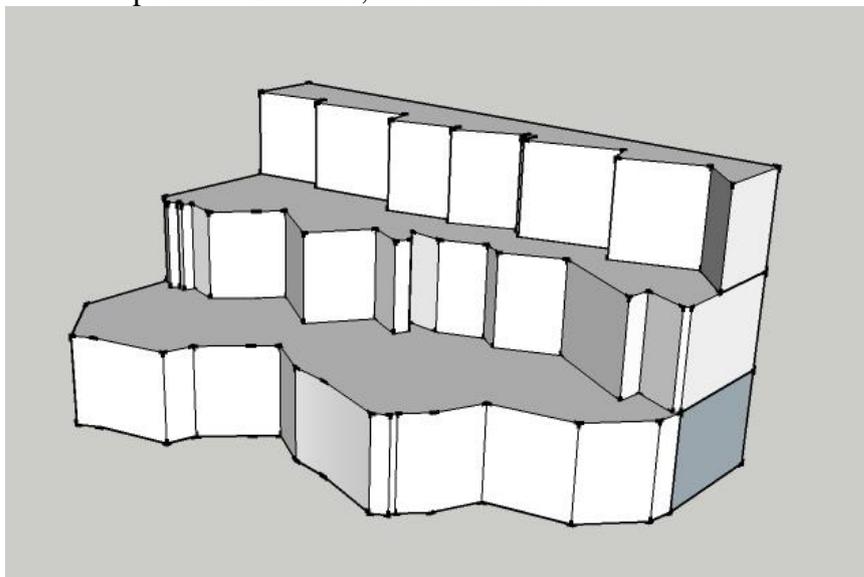
Este estudo também é caracterizado como pesquisa aplicada, uma vez que se espera que os resultados sejam aplicados para a melhoria do gerenciamento dos resíduos sólidos. De acordo com Ganga (2012), “[...] a pesquisa aplicada busca gerar conhecimentos para a aplicação prática, dirigidos a soluções de problemas específicos. Esta, por sua vez, envolve verdades e interesses locais”.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para se obter os blocos de rocha ornamental, material que faz parte deste estudo, existe um processo com um conjunto de técnicas que são aplicadas e que visam o melhor aproveitamento do recurso mineral, levando em conta questões econômicas, de segurança e meio ambiente. Este conjunto de técnicas mencionado é denominado de lavra, e dependendo dos tipos de rochas ou minérios, são escolhidos os métodos que melhor se adequam a realidade jazida.

O método de lavra para rocha ornamental é definido principalmente devido as características geométricas da jazida e da mecânica de rochas. A pedreira da Granorte utiliza o método à céu aberto de bancadas altas em encostas (Figura 04).

Figura 04 - Método de lavra a céu aberto de bancadas altas, modelamento da pedreira Granorte, Parelhas-RN.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A primeira etapa na lavra de rocha ornamental no sítio Boa Vista é a limpeza e preparação de frentes, nesta etapa também é realizada a construção de acessos utilizando o equipamento de escavação. Na segunda etapa é sucedida a marcação do prisma a ser removido, onde são pré-estabelecidas as dimensões e por fim a marcação dos locais a serem executados os furos que servirão de guia para passagem do fio diamantado. Os furos são executados com

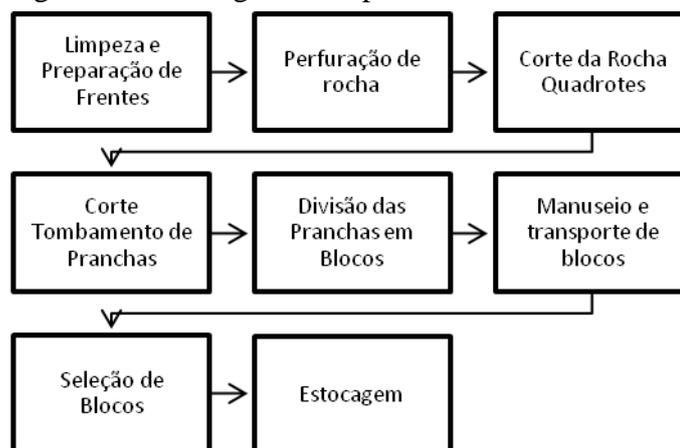
equipamento tipo sonda e/ou martelo fundo furo com diâmetro de no máximo 48 mm; para facilitar a interceptação dos furos. Executa-se um é na horizontal e outro na vertical, de maneira que se interceptam com o objetivo de passar o fio e só assim iniciar o corte no decurso da face planejada.

O primeiro corte da rocha dá origem a um bloco de grandes dimensões denominado de "quadrote", que após o isolamento do maciço é dividido em filões e posteriormente ao tombamento é denominado de "pranchas". As pranchas são desdobradas em "blocos" com operações de perfuração e corte. Os cortes para se chegar aos blocos são realizados pelos métodos de cunhas e argamassa expansiva em furos contínuos (Figura 05).

O corte da rocha é realizado com o auxílio de máquinas de fio diamantado e argamassa é utilizada a água para limpeza da superfície de corte e resfriamento do fio e no caso da argamassa para diluição e preparo.

Os blocos são movimentados das frentes de lavra para a área de estocagem com auxílio da pá carregadeira sobre pneus e escavadeira, e são selecionados de acordo com o padrão estético que cada cliente deseja.

Figura 05 - Fluxograma do processo de lavra da área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

O *chek list* identificou que praticamente em todas as etapas do processo de lavra na Pedreira da Granorte há geração de resíduos sólidos do tipo rocha, sucata ferrosa e plástico. O

que demonstra que a mineração de rocha ornamental tem de médio a grande potencial poluidor no que diz respeito a geração de resíduos sólidos, principalmente devido ao volume gerado. Esta informação leva a crer que a empresa se encontra numa situação de geração de resíduos, o que seria confirmado com um estudo mais aprofundado.

Tabela 1: Dados da identificação de aspectos ambientais por meio de check list.

CHECKLIST DO PROCESSO DE LAVRA				
Etapa	Aspecto	Impacto	Nível de Controle	Medida de controle
Decapeamento	Poeiras, uso de recurso natural, geração de resíduos, emissão de CO ₂ e poeiras.	Alteração do meio atmosférico, empobrecimentos do solo, escassez de recurso.	Baixo	Executado apenas quando necessário
Perfuração	Consumo de água, geração de resíduos, emissão de CO ₂ e poeiras.	Esgotamento de recursos hídricos, alteração da qualidade do ar.	Médio	Aspersão de água.
Corte	Consumo de água, geração de resíduos, emissão de CO ₂ e poeiras.	Esgotamento de recursos hídricos, alteração da qualidade do ar.	Médio	Aspersão de água
Tombamento de pranchas	Geração de resíduos, emissão de CO ₂ e poeiras.	Alteração do meio atmosférico, empobrecimentos do solo, escassez de recurso.	Médio	Preparação de praça para tombamento

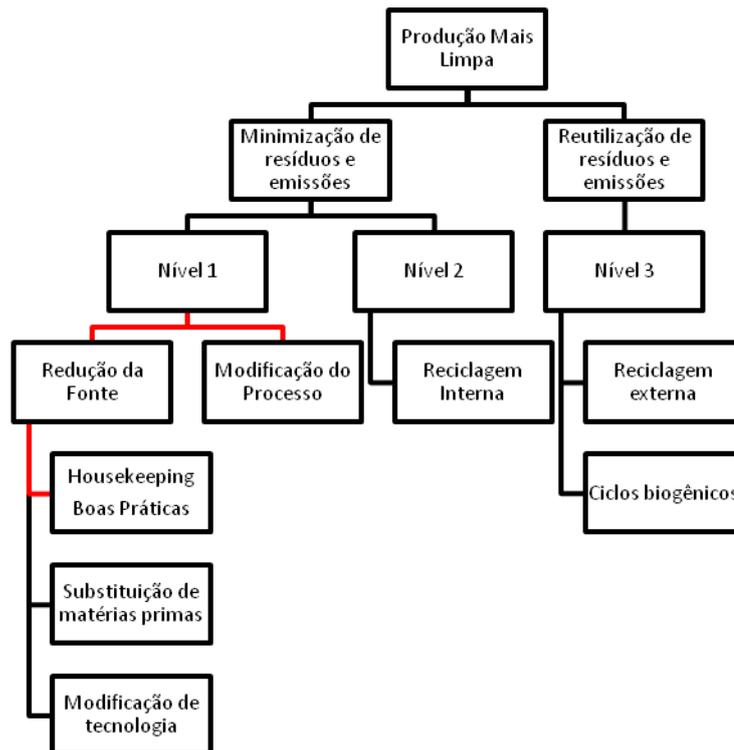
Fonte: elaborado por este autor (2016).

Na identificação desses aspectos e seus respectivos impactos foram identificadas as possíveis técnicas de Produção mais Limpa para a lavra de rocha ornamental do sítio Boa Vista dos Negros, destacando em vermelho o fluxo (Figura 06). Outra informação importante, foi obtida por meio de perguntas ao proprietário da empresa, no que diz respeito ao interesse em aplicar técnicas de Produção mais Limpa no processo de lavra, e que se confirmou durante a segunda visita.

Observou-se que não existe controle na produção dos blocos com informações de entrada e saída de recursos. Portanto, é necessário que se faça um balanço de entrada e saída em cada etapa do processo, de maneira que será identificada a etapa do processo como maior geração de resíduos, sendo preponderante para um planejamento de implementação de técnicas de Produção mais Limpa, dando margem para identificação da abrangência do programa e de barreiras para implementação de técnicas de Produção mas Limpa.

Os resíduos identificados no processo com maior representatividade foram resíduos de mineração (rocha), sucata ferrosa e embalagens plástica.

Figura 06 - Escopo de atuação da metodologia de Produção Mais Limpa.



Fonte: Adaptado de CNTL - Centro Nacional de Tecnologias Limpas 2003.

Conforme o fluxograma do escopo da Produção mais Limpa (Figura 5), e mediante as análises do processo de lavra, sugere-se que técnicas de Produção mais Limpa com foco na redução de resíduos na fonte como boas práticas operacionais e modificação do processo podem ser eficazes para a lavra de rocha ornamental do sítio Boa Vista dos Negros.

CONCLUSÕES

Tomando por base os dados obtidos neste estudo pode-se concluir que:

- Há geração de resíduos sólidos na operação de lavra da mineração Granorte em praticamente todas as etapas.
- Poucas são as medidas de controle e mitigação da poluição,
- Percebe-se que há uma demanda por pessoas qualificadas na área de meio ambiente com vistas a aplicação de técnicas de gestão ambiental;
- Não há planejamento das atividades ao longo de um certo um período de tempo, o que leva a empresa a operar sem previsões e antecipações, tornando o processo vulnerável;
- A mão de obra não está qualificada para as questões de meio ambiente, o que caracteriza uma barreira para aplicação de Produção mais Limpa;
- A realização de um diagnóstico ambiental e de processo com foco nos resíduos sólidos pode ser o primeiro passo para a implementação da Produção mais Limpa na lavra da Pedreira Granorte.

Percebe-se na literatura que são poucos os estudos que se detém a Produção mais Limpa no processo de lavra de rochas ornamentais. Nota-se que as iniciativas de estudos e práticas de Produção mais Limpa nas empresas focam na reciclagem do resíduos da indústria de rocha ornamental, sejam elas da lavra ou do beneficiamento.

Finalmente, pode-se concluir que o conhecimento do processo é fundamental quando se almeja realizar uma avaliação ambiental seja ela qualitativa e/ou quantitativa. E que o planejamento das atividades, leva a antecipação de medidas em casos de falhas, podendo municiar a gestão ambiental com informações que possibilitem o emprego de técnicas que visem diminuir ou mitigar os impactos ambientais adversos no processo de lavra.

REFERÊNCIAS

ASTM – American Society for Testing and Materials. C 615_99 **standard specification for granite dimension stone**. Disponível em: < <http://www.astm.org> > acesso em 10 set. 2003.

BARBIERI, J.C., 2007. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. 2 ed. São Paulo: Saraiva.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução n. 307, 05 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Disponível em: <<http://http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307> >. Acesso em: 05 de jul. de 2016.

_____. **Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política nacional de resíduos Sólidos; altera a lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, nº 147, p. 3, 03 ago. 2010.

CAMPOS et. al, **Tratamento e aproveitamento de resíduos de rochas ornamentais e de revestimento, visando mitigação de impacto ambiental**. XXIII Simpósio Geologia do Nordeste; VII Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste. In: SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, 7., 2009, Fortaleza.

CEBDS – Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. **GUIA PARA A PRODUÇÃO MAIS LIMPA – FAÇA VOCÊ MESMO**, 2008. Disponível em: <http://www.gerenciamento.ufba.br/Downloads/guia-da-pmaisl.pdf>.

CNTL. **A produção mais limpa como um fator do desenvolvimento sustentável**. Disponível em: <<http://www.holographic.com.br/~prj/cntl/sobre-4suten.htm>>. Acesso em: 10 dez. 2000.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. 2008. **Guia Técnico Ambiental da Indústria de Produtos Lácteos - Série P+L**. Apostila. São Paulo, 2008. 95p.

EL-HAGGAR, S.M. **Sustainable Industrial Design and Waste Management**. 1st edition. Burlington: Elsevier Ltd., 2007.

GANGA, G. M. D. (2012) *Trabalho de conclusão de curso (TCC) na engenharia de produção: um guia prático de conteúdo e forma*. São Paulo: Atlas.

HILSON, G.,. Defining “cleaner production” and “pollution prevention” in the mining context. **Minerals Engineering**. v.16, p. 305-321, 2003.

HIROSE, M., **Produção mais limpa garante sustentabilidade**. Revista da FAT - Publicação TRIMESTRAL da Fundação de Apoio à Tecnologia Ano II - Número 3 - JUN/JUL/AGO'2005.

OLIVEIRA, J. F. G., ALVES, S.; Adequação ambiental dos processos usinagem utilizando Produção mais Limpa como estratégia de gestão ambiental - SCIELO - I Prod. vol.17 no.1 São Paulo Jan./Apr. 2007. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132007000100009>. Acesso em 14/02/2017.

SALAZAR, V. L. P.. Produção mais Limpa (P+L). **Pesquisa & Tecnologia**, v. 10, p. 1, 2013.

SAMPIERI, Roberto Hernández; COLLADO, Carlos Fernández; LUCIO, Pilar Baptista. **Metodologia de Pesquisa**. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

SEVERO, E.A.; DORION, E.; OLEA, P.M.; CAMARGO, M.E.; NODARI, C.H.; CRUZ, M.R., 2012. Cleaner production: cases of the metal-mechanic automotive cluster of Serra Gaúcha, Brazil. **African Journal of Business Management**. 6, 10232-10237.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Implementação de programas de produção mais limpa**. Porto Alegre: CNTL, SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL 2003a.

VAN HOOFF, B., LYON, T.P., 2013. Cleaner production in small firms taking part in Mexico's Sustainable Supplier Program. **Journal of Cleaner Production**. 41, 270-282.

APÊNDICE B – DIAGNÓSTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA LAVRA DE ROCHA ORNAMENTAL PARA APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA

Ranieri de Araújo PEREIRA¹ Julio Cesar de PONTES²

(1) Programa de Pós-Graduação - Mestrado Profissional em Uso Sustentável de Recursos Naturais do Instituto Federal do Rio Grande do Norte – Diretoria Acadêmica de Recursos Naturais – Natal-RN. Endereço eletrônico: ranieri.engminas@gmail.com

(2) Prof. Dr. do Instituto Federal do Rio Grande do Norte – Diretoria Acadêmica de Recursos Naturais – Natal-RN. Endereço eletrônico: julio.pontes@ifrn.edu.br

Introdução
Área de Estudo
 Geologia Regional
 Geologia Local
 Geomorfologia
 Águas Superficiais
 Águas Subterrâneas
 Pedologia
 Flora e Fauna
Aspectos Socioeconômicos
Materiais e Métodos
Resultados e Discussões
Conclusões
Referências

RESUMO

O consumo de recursos naturais tem aumentado ao longo dos anos. A mineração de rochas ornamentais é um setor que consome recursos naturais para produção de placas de revestimento de uso na construção civil. Esta atividade produz um volume considerável de resíduos que podem causar impactos ambientais negativos. Com o surgimento da Resolução nº 307/2002 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama, 2002) e da Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010 que institui a (Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS), torna o empreendedor responsável pela gestão dos resíduos sólidos gerados em seu empreendimento. Com o objetivo de identificar as principais fragilidades na gestão de resíduos sólidos na mineração de rochas ornamentais e propor ferramentas de Produção Mais Limpa como oportunidade de melhorias ao meio ambiente, foi realizado um estudo de caso para identificação das etapas da operação de lavra e a geração de resíduos. Verificou-se que em praticamente todas as etapas da operação de lavra ocorre a geração de resíduos sólidos, principalmente os fragmentos de rochas que são dispensados como perdas e depositados na forma de pilhas.

Palavras-chave: Produção Mais Limpa; Mineração; Diagnóstico; Rocha Ornamental; Resíduos Sólidos.

ABSTRACT

The consumption of natural resources has increased over the years. Ornamental rock mining is a sector that consumes natural resources for the production of coating boards for use in construction. This activity produces a considerable amount of waste that can cause negative environmental impacts. With the appearance of Resolution No. 307/2002 of the National Environment Council (Conama, 2002) and Law No. 12,305, of August 2, 2010, establishing the National Policy on Solid Residues (PNRS), makes the entrepreneur responsible for Solid waste generated in your enterprise. In order to identify the main weaknesses in solid waste management in ornamental stone mining and to propose Cleaner Production tools as an opportunity to improve the environment, a case study was carried out to identify the stages of the mining operation and the generation waste. It has been verified that in almost all the stages of the mining operation the generation of solid wastes occurs, mainly the fragments of rocks that are dispensed as losses and deposited in the form of piles.

Keywords: Cleaner Production; Mining; Diagnosis; Ornamental Rock; Solid Waste.

INTROUÇÃO

A mineração é uma atividade econômica essencial para a sobrevivência da humanidade. Basta citar que a maior parte dos fármacos tem em sua composição algum tipo de mineral. Na produção de bens de consumo são incontáveis as aplicações. O setor de rocha ornamental se destaca na economia brasileira com importante parcela na pauta de exportações. O Rio Grande do Norte desponta na atualidade como o 5º maior exportador de rocha ornamental do Brasil, em se tratando de blocos (BRASIL, 2017).

Apesar de ser uma atividade importante para a economia, a mineração de rocha ornamental pode produzir muitos resíduos sólidos, devido as perdas no processo ou por fatores naturais da jazida. Geralmente a disposição destes resíduos se dá diretamente no solo, em pilhas denominadas de estéril. Como qualquer atividade industrial, a mineração pode causar impactos adversos ao meio ambiente. Um que pode ser evidenciado é a contaminação do solo pela produção de resíduos oriundos das operações de lavra.

A Organização das Nações Unidas, através da UNIDO/UNEP (United Nations Industrial Development Organization / United Nations Environment Program), desenvolve, há mais de 20 anos, técnicas e filosofias de produtividade com redução de impactos ambientais, as chamadas "Técnicas de Produção Mais Limpa" ou, abreviadamente, PML ou ainda P+L (LENZ et al., 2009).

O objetivo principal da Produção Mais Limpa é prevenir, reduzir ou eliminar as causas que dão origem produção de resíduos sólidos na origem. Através do diagnóstico de resíduos pode-se chegar a composição, quantidade, forma de armazenamento e tratamento. Com isso a elaboração de um diagnóstico de resíduos sólidos pode contribuir com informações para a prevenção ou mitigação de impactos ambientais e corrobora como base para a implementação de ferramentas de Produção Mais Limpa.

A Produção Mais Limpa é uma ferramenta de gestão ambiental que tem por objetivo diminuir a produção de resíduos sólidos na fonte, fato este que difere das técnicas antigas em que se procurava tratar o resíduo e não diminuir ou eliminá-lo, tal prática não é recomendada, e foi denominada de "fim-de-tubo".

Um dos grandes problemas da indústria é a produção de resíduos. A mineração figura entre as indústrias que mais produzem resíduos sólidos, e em especial a mineração de rocha ornamental, que segundo Campos (2009) a lavra e o beneficiamento de rochas ornamentais possuem um expressiva quantidade de resíduos que atingem a faixa de 65 a 75%, em média. Por se tratar de uma atividade potencialmente poluidora merece ser objeto de estudos e pesquisas científicas para solucionar questões ambientais.

Diante disso, este artigo tem como objetivo apresentar um diagnóstico de processo e resíduos sólidos da atividade de lavra de rocha ornamental localizado no Sítio Boa Vista dos Negros, Parelhas-RN para implementação de ferramentas da Produção Mais Limpa e, especialmente, pretende-se apresentar a metodologia necessária a sua implementação, identificar as principais relações com os sistemas de gestão e, por último, identificar as barreiras para a implementação da Produção Mais Limpa.

Segundo Sewel (1978), pode-se denominar como resíduos sólidos os detritos, sobras de materiais, refugos e resíduos sólidos ou líquidos de atividades industriais, agrícolas, comerciais, de mineração, e de comunidades, excetuando-se os materiais sólidos ou dissolvidos provenientes do esgoto doméstico.

Os resíduos sólidos podem ser classificados por classes conforme a ABNT NBR 10004: 2004, que são:

- Classe I – Resíduos Perigosos

Aqueles que apresentam algumas das características a seguir: periculosidade, inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, ou;

- Classe IIA – Resíduos Não Perigosos – Não Inertes

São aqueles que não se enquadram na classe I e na classe IIB, podem ter propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água, ou;

- Classe IIB – Resíduos Não Perigosos – Inertes

O CNTL (2000) descreve que a Produção Mais Limpa não é apenas um tema ambiental e econômico, mas também um tema social, pois considera que a redução da geração de resíduos em um processo produtivo, muitas vezes, possibilita resolver problemas relacionados à saúde e à segurança ocupacional dos trabalhadores.

Barbieri (2007), observa que a luz do Sistema de Gestão Ambiental - SGA com base na ISO 14.000, a aplicação do diagnóstico ambiental como uma ferramenta da fase do planejamento do Sistema de Gestão Ambiental (SGA), que trata de identificar os aspectos e impactos ambientais.

Conhecimento efetivo ou em confirmação sobre algo, ao momento do seu exame; ou Descrição minuciosa de algo, feita pelo examinador, classificador ou pesquisador; ou Juízo declarado ou proferido sobre a característica, a composição, o comportamento, a natureza etc. de algo, com base nos dados e/ou informações deste obtidos por meio de exame (DIAGNÓSTICO, 2017).

De acordo com Salazar (2013, p. 1) Produção Mais Limpa (PML) é uma estratégia aplicada na produção e nos produtos a fim de economizar e maximizar a eficiência do uso de energia, matérias-primas e água e ainda minimizar ou reaproveitar resíduos gerados.

O conceito de Produção Mais Limpa, de acordo com Barbieri (2007), envolve processos e produtos, e isso compreende todas as fases da manufatura ou ciclo de vida do produto. As ações estão voltadas para minimizar o consumo de energia, matéria-prima, a geração de resíduos e emissões.

Diante dessa perspectiva, A produção mais limpa é vista como um recurso estratégico para minimizar emissões, efluentes e resíduos através da melhoria contínua. De acordo com a pesquisa de Van Hoff e Lyon (2013) as empresas que adotarem a Produção mais Limpa ou estratégias relacionadas, evidenciará reduções simultâneas em emissões e em investimentos para o controle da poluição com técnicas de fim de tubo.

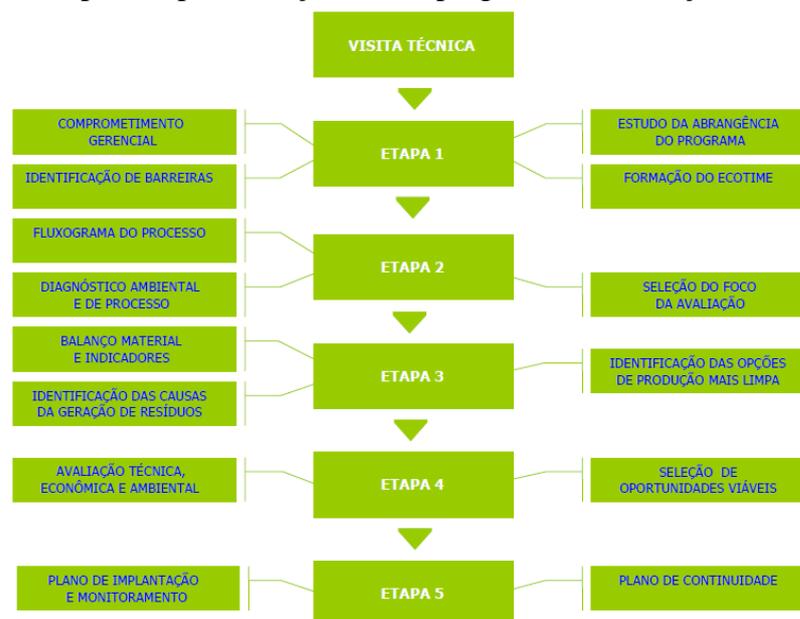
Por sua vez, Vieira e Amaral (2016) a definem como um processo de melhoria contínua que visa o uso eficiente dos recursos naturais buscando evitar os impactos ambientais negativos dos processos, produtos ou serviços, gerando benefícios econômicos e mudança organizacional.

No tocante a atividade industrial, e em especial a que esta pesquisa se ateve, e por seu sítio está em território quilombola, em região de semi árido, onde as perspectivas econômicas são ligadas ao comércio e às atividades de subsistência sazonais, reforça o pensamento de Kjaerhein e Nyland (2003) para um conceito amplo de Produção Mais Limpa, que vise a erradicação da pobreza, proteção a saúde do trabalhador e pública, na busca de melhorias da qualidade de vida.

Um programa de Produção Mais Limpa tem sua implementação iniciada com uma pré-sensibilização e comprometimento a nível gerencial, identificação de barreiras, estudo de abrangência do programa e formação do ecotime que são ações referentes a 1ª etapa. Concluída esta primeira fase, se elabora o fluxograma do processo, o diagnóstico ambiental e de processo e é selecionado do foco da avaliação (SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL, 2003b).

A metodologia para implementação de Produção mais Limpa da UNEP, traça um fluxograma que estabelece a sequência de ações e medidas a serem realizadas por etapas (Figura 01).

Figura 01 - Passos para implementação de um programa de Produção Mais Limpa.



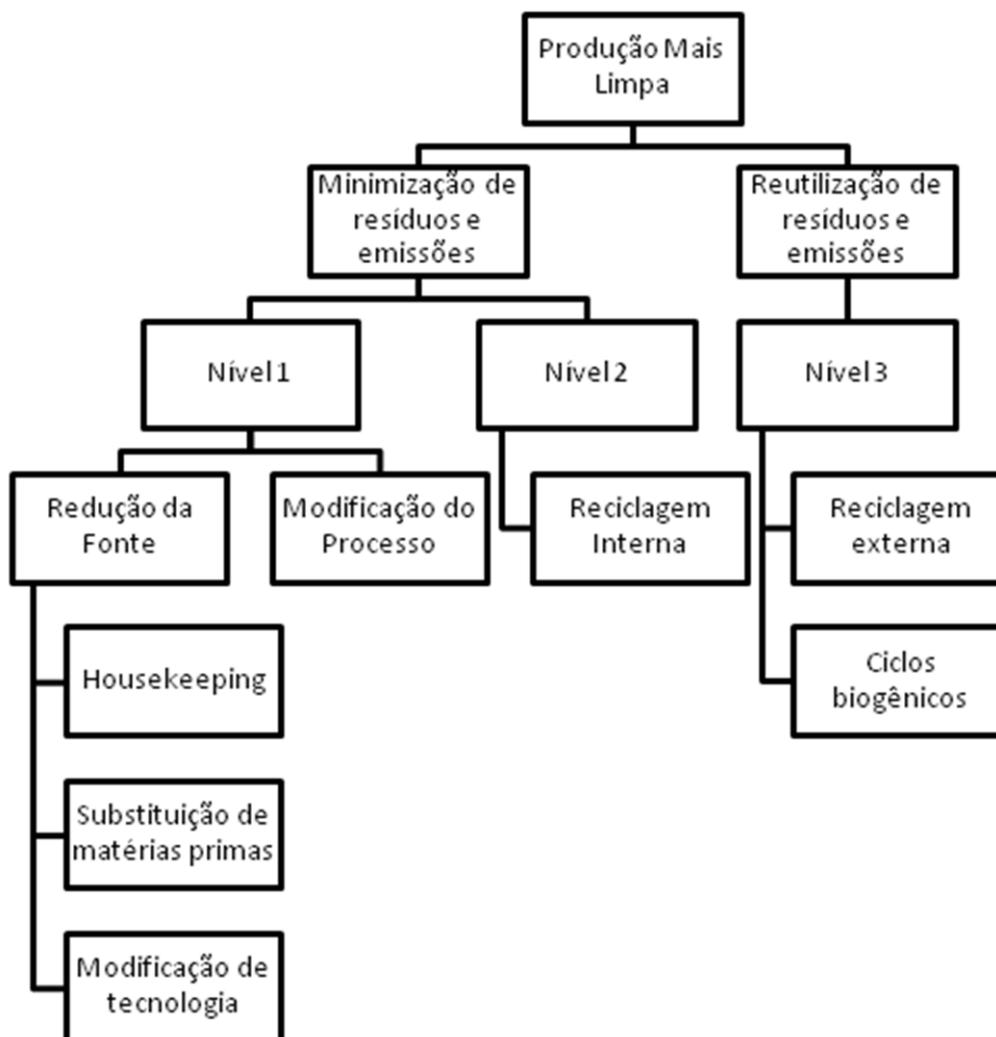
Fonte: Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (2003b).

Ao se introduzir técnicas de Produção mais Limpa em um processo produtivo, podem ser utilizadas várias estratégias, tendo em vista metas ambientais, econômicas e tecnológicas. E uma delas é a elaboração de um balanço ambiental, econômico e tecnológico do processo produtivo (OLIVEIRA; ALVES, 2007).

As técnicas de controle da poluição seguem uma regra de reação e tratamento, enquanto que as técnicas de Produção Mais Limpa adotam a filosofia preventivista, ou seja, se concentra antes do evento ocorrer (EL-HAGGAR, 2007).

A prioridade da Produção Mais Limpa está no topo (à esquerda) do fluxograma: evitar a geração de resíduos e emissões (nível 1). Os resíduos que não podem ser evitados, devem preferencialmente ser reintegrados ao processo de produção da empresa, e são classificados como nível 2 (Figura 2). Na sua impossibilidade, medidas de reciclagem fora da empresa podem ser utilizadas (nível 3) (OLIVEIRA; ALVES, 2007). As técnicas de Produção Mais Limpa podem ser ordenadas, como exposto na Figura 02, da seguinte maneira: redução na fonte, mudança de processo, modificação do produto e reuso.

Figura 02 - Escopo de atuação da metodologia de Produção Mais Limpa.



Fonte: Adaptado de CNTL - Centro Nacional de Tecnologias Limpas (2003).

Nessa perspectiva, El-Haggar (2007), afirma que não existe um obstáculo entre nenhuma das técnicas de Produção Mais Limpa acima mencionadas. Algumas das oportunidades de implementação da Produção Mais Limpa podem exigir uma ou mais técnicas para aspirar o "desenvolvimento sustentável".

A técnica de boas práticas operacionais foca na redução de resíduos na fonte, fazendo com que a empresa busque aplicar o maior número de medidas na minimização ou eliminação de resíduos e emissões. O PNUMA através da (UNEP, 2001) enumera algumas medidas que são consideradas boas práticas operacionais por exemplo:

- Manutenção preditiva e preventiva para evitar excesso de emissões ou vazamentos em equipamentos;
- Plano de gerenciamento de resíduos sólidos;
- Gestão de qualidade no armazenamento de insumos e manipulação correta para evitar perdas;
- Qualificação de funcionários e incentivos para melhorias contínuas na busca da diminuição e eliminação da geração de resíduos.

Por isso, um bom planejamento e controle pode dar garantia de processos que otimizem o consumo de recursos, produção e geração de resíduos. Para isso, requer gerenciamento e monitoramento contínuo de parâmetros na busca de economia de água, energia e matérias primas (EL-HAGGAR, 2007).

Portanto, considerando a definição consagrada de Produção Mais Limpa da UNEP e as definições levantadas na revisão de literatura pode-se dizer, nessa pesquisa, que a Produção mais Limpa é uma abordagem preventiva e integrada a processos que visa o uso eficiente de insumos e a redução de desperdícios, podendo gerar benefícios econômicos e ambientais que miram a sustentabilidade em todas as dimensões.

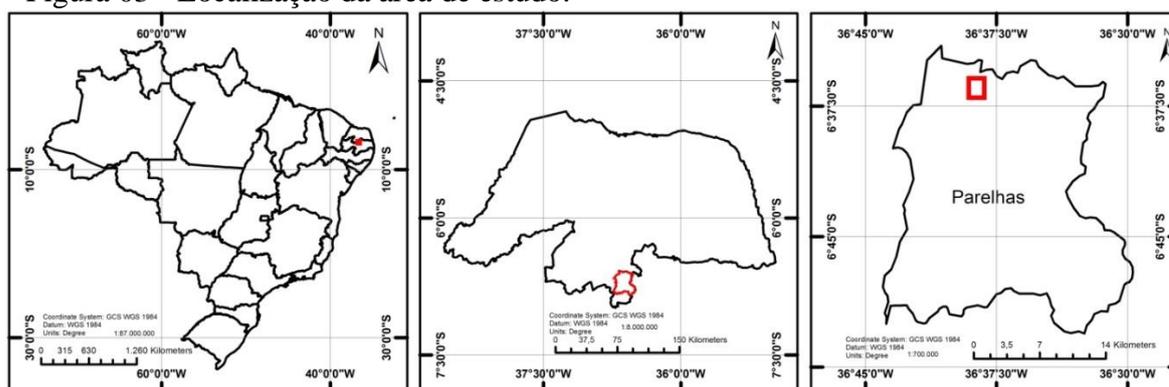
Este trabalho teve por objetivo descrever as atividades de lavra de rocha ornamental da pedreira da Granorte em Parelhas-RN, diagnosticar a situação de resíduos sólidos no processo de lavra e os tipos de resíduos sólidos gerados. Portanto, o presente trabalho traz uma abordagem sobre a Produção Mais Limpa para implementação numa mineração de rocha ornamental, identificando as principais fontes de produção de resíduos sólidos.

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está no município de Parelhas, localizado no extremo sul do Estado do Rio Grande do Norte, na mesorregião Central Potiguar e na microrregião Seridó Oriental.

Inserido na folha Jardim do Seridó (SB.24-Z-B-V), na escala 1:100.000, editada pela SUDENE (CPRM, 2001). Dista da capital cerca de 249 km, sendo seu acesso, a partir de Natal, efetuado através das rodovias pavimentadas BR-226, BR-427 e RN-086. Limita-se com os municípios potiguares de Carnaúba dos Dantas, Equador, Jardim do Seridó e Santana do Seridó. Outra característica geográfica do município de Parelhas é a de ser limítrofe aos municípios paraibanos de Nova Palmeira, Pedra Lavrada e São Vicente do Seridó. A área territorial é de 523 km² e a sede municipal está localizada no ponto de coordenadas UTM 9259623.94 latitudes sul e 758435.05 de longitude leste, Datum Sirgas 2000, zona 24. A área de influência direta do empreendimento tem 10 (dez) hectares e está a norte da sede municipal, num território quilombola que dá nome a localidade de Boa Vista dos Negros. Partindo do município de Parelhas pela RN-086 no sentido norte, percorrendo cerca de 8,9 km chega-se ao ponto de coordenadas UTM com latitude 9268828.04 sul e longitude 760112.95 m leste, Datum Sirgas 2000 zona 24, neste ponto torna-se a direita em acesso de estrada de terra por cerca de 525 metros e chega-se ao destino que é a mina objeto dessa pesquisa (Figura 03).

Figura 03 - Localização da área de estudo.



Fonte: elabora por este autor (2016).

CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL

A área de influência direta, aquela definida como a área do empreendimento, como: instalações de apoio, frente de lavra, pilha de resíduos (bota-fora), etc. e uma área de

influência indireta, englobando as áreas que são influenciadas pela mineração, além dos limites da área do próprio empreendimento, como as áreas de entorno da jazida.

A caracterização ambiental da área que se segue é baseada em dados obtidos em bibliografia e principalmente em dados de campo, coletados a partir de levantamento geológico, geomorfológico, de solos, dos recursos hídricos, e fitossociológico. Com relação aos aspectos faunísticos, os dados foram conseguidos através de informações verbais dos trabalhadores da empresa e de moradores locais.

Geologia Regional

Segundo a divisão proposta por Almeida *et al.* (1977, 1984) no Nordeste brasileiro, as rochas precambrianas a norte do Craton São Francisco compõem a Província Borborema, enquanto as rochas sedimentares do Fanerozóico pertencem à Província Costeira e Margem Continental. A Província Borborema representa o segmento crustal de uma extensa faixa fortemente afetada pela Orogênese Brasileira (cerca de 650-550 Ma), denominada Faixa Trans-Saara, originada pela colisão entre os Cratons do Oeste Africano/São Luís e São Francisco/Congo-Kasai, que constituiriam massas continentais consolidadas em tempos pré-brasileiros (Jardim de Sá 1994). Seus limites são definidos a norte e a leste pela Margem Continental Atlântica, onde está recoberta pelos sedimentos costeiros meso-cenozóicos, a sul pelo Craton São Francisco e a oeste pelas rochas sedimentares paleozóicas da Bacia do Parnaíba.

O panorama litológico precambriano do Nordeste acusa as marcas profundas da Orogênese Brasileira na forma de rochas metamórficas de fácies anfíbolítica e granulítica, além de migmatitos e granitóides diversos (Jardim de Sá 1994). A estruturação regional da província é constituída por um mosaico de diversos blocos arqueanos a paleoproterozóicos que, em conjunto, compõem um embasamento gnáissico-migmatítico, capeados ou separados entre si

por seqüências supracrustais deformadas, metamorfisadas e segmentadas por extensas zonas de cisalhamentos transcorrentes, associadas ao volumoso plutonismo neoproterozóico gerado durante a atuação da Orogênese Brasileira. Depósitos de molassas correlatas a esta orogênese desenvolveram-se localmente em grabensno interior da província e nas margens dos Crátos São Francisco e São Luís.

Situada no extremo nordeste da Província Borborema encontra-se a Faixa Seridó (acepção de Jardim de Sá 1994). É limitada a norte e leste pela Província Costeira e Margem Continental, a sul pelo Lineamento Patos e a oeste pela Zona de Cisalhamento Portalegre. Em trabalhos mais recentes (Dias 2006, Nascimento et al. 2008, e Costa 2009, por exemplo) o termo Domínio Seridó ou Domínio Rio Grande do Norte tem sido adotado em lugar de Faixa Seridó, com a subdivisão do mesmo em três sub-domínios: Maciço Rio Piranhas-MRP a oeste, Faixa Serdidó-FSe na porção central, e Maciço São José de Campestre a leste-MSJC.

O Maciço Rio Piranhas é limitado a leste pela Zona de cisalhamento Picuí-João Câmara, a oeste pela Zona de Cisalhamento Portalegre, a sul pelo Lineamento Patos e a norte pela Bacia Potiguar, representa um conjunto de rochas gnáissico-migmatíticas correspondente ao embasamento da Faixa Seridó, o qual é donominado de Complexo Caicó (Jardim de Sá 1984). Consiste principalmente de rochas metaplutônicas Paleoproterozóicas de composição tonalítica a granítica, intrusivas ou intercaladas com rochas metavulcânicas básicas e metassedimentares mais antigas.

A Faixa Seridó limita-se a leste com Zona de Cisalhamento Picuí-João Câmara, a oeste com o Maciço Rio Piranhas, a sul com o Lineamento Patos e a norte com os sedimentos da Bacia Potiguar. Corresponde a uma mega seqüência deposicional de metassedimentos denominda de Grupo Seridó, o qual é sub-dividido em três formações: da base para o topo, Formação Jucurutu constituída por paragnaisses, com intercalações de mármore e

calciossilicáticas; Formação Equador composta por quartzitos e metaconglomerados, e a Formação Seridó, no topo do grupo, composta essencialmente por micaxistos.

O Maciço São José do Campestre é limitado a sul pela Zona de Cisalhamento Regímio-Pocinhos, a oeste pela Zona de Cisalhamento Picuí João Câmara, a norte e a leste pelos sedimentos meso-cenozóicos das bacias costeiras. É composto predominantemente por rochas gnáissicas, com litotipos diversos, variavelmente migmatizados, amplamente intrudidos por granitóides neoproterozóicos. Micaxistos correlacionados a Formação Seridó afloram, como fatias alóctones, no extremo nordeste (Ielmo Marinho) e a sul do MSJC (NW de Regímio), repousando diretamente sobre o substrato gnáissico-migmatítico. Dantas (1997) e Dantas *et al.* (1998), através de trabalhos de cartografia geológica e estudos isotópicos de Nd, reconheceram um núcleo arqueano na porção central do MSJC, formado por ortognaisses, migmatitos, granulitos e uma seqüência de rochas básicas. Análises de U-Pb em zircões forneceram idades entre 3,5 e 2,7 Ga (Dantas 1997 e Dantas *et al.*, 1998-2004)

A Província Costeira está representada pelas rochas sedimentares cretácicas das Bacias Potiguar e Pernambuco-Paraíba e rochas ígneas associadas. Este conjunto é capeado pelas rochas miocênicas a plio-pleistocênicas da Formação Barreiras, recobertas por sedimentos aluvionares e eólicos holocênicos (Almeida *et al.* 1977, 1984).

A Bacia Potiguar Compreendendo toda a porção norte do Estado do Rio Grande do Norte e parte do Ceará. Abrange uma área de cerca de 60.000 km², sendo uma parte emersa e outra submersa, constituindo um pacote de rochas sedimentares cujas idades variam de cretácicas a terciárias. Sua evolução sedimentar foi iniciada no Mesozóico e ocorreu de forma quase ininterrupta até o Terciário, constituindo uma coluna litoestratigráfica composta, da base para o topo pelos Grupos Areia Branca, Apodi e Agulha (Araripe e Feijó 1994).

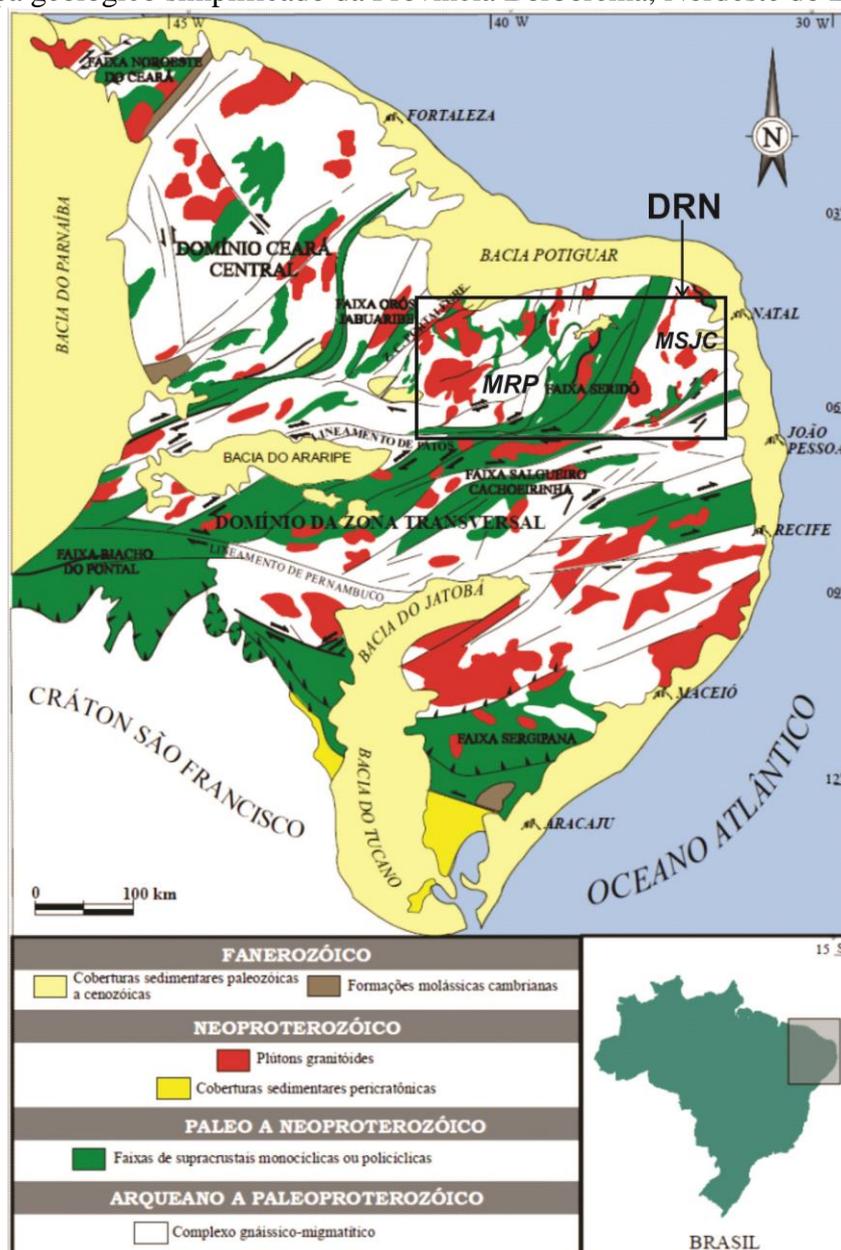
Dois importantes pulsos vulcânicos se fazem presentes na área da bacia. O primeiro, do Cretáceo (83 + 6 Ma , segundo Araripe e Feijó 1994), conhecido como Magmatismo Serra do

Cuó, e o outro do Terciário, situado na faixa de 40 - 18 Ma (Sial 1976), denominado Formação Macau. Ambos são constituídos de olivina basaltos com afinidade alcalina e ocorrem na forma de derrames, plugs ou necks.

Das rochas sedimentares que compõem a Bacia Potiguar, afloram apenas as pertencentes ao Grupo Apodi. Este grupo congrega as rochas siliciclásticas da Formação Açú (Albiano-Cenomaniano) e os depósitos carbonáticos da Formação Jandaíra (Turoniano a meso-Campaniano). A Formação Açú aflora bordejando toda a bacia, sendo caracterizada predominantemente por arenitos finos, com sua seção basal composta por conglomerados e com intercalações de folhelhos esverdeados no topo. Seu contato inferior é discordante e erosivo, quer seja com o embasamento ou com a Formação Alagamar e, ocasionalmente, com a Formação Pendências, ambas pertencentes ao Grupo Agulha (Souza 1982). O contato superior, com a Formação Jandaíra é transacional. Baseados em dados palinoestratigráficos, Regalli e Gonzaga (1982) inferiram idades albiana, cenomaniana e turoniana (entre 100 e 88 Ma.), para os depósitos da Formação Açú.

A Formação Jandaíra aflora em grande parte da bacia, constituindo uma feição geomofolologicamente conhecida como Chapada do Apodi. Corresponde a uma sequência carbonática que mergulha suavemente em direção à costa, formada por calcarenitos com bioclastos de moluscos, algas verdes, briozoários e equinóides, calcarenitos com miliolídeos e calcilitos bioclásticos do Turoniano ao Campaniano inferior (Tibana e Terra 1981). A área está inserida no Domínio Rio Grande do Norte, Faixa Seridó (Figura 04).

Figura 04 - Mapa geológico simplificado da Província Borborema, Nordeste do Brasil.

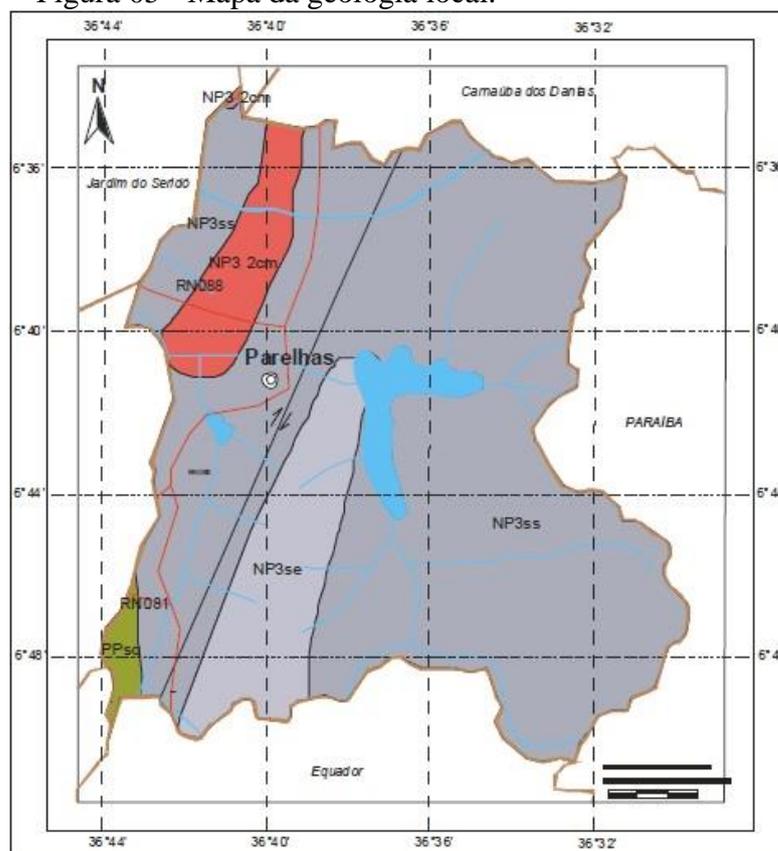


Fonte: Adaptado de Jardim de Sá (1994).

Geologia Local

O município de Parelhas está inserido, geologicamente, na Província Borborema, sendo constituído pelos litotipos do Complexo Serra dos Quintos (PPsq), da Formação Equador (NP3s/se) e Suíte Calcialcalina de Médio a Alto Potássio Itaporanga (NP3 μ 2cm) (Figura 05).

Figura 05 - Mapa da geologia local.



Fonte: CPRM (2007).

Geologicamente, a área é constituída na sua totalidade de granitos finos, granitos grosseiros e porfiriticos, granodioritos, de coloração cinza, cinza claro e rózeo, pertencente ao Embasamento Cristalino do período Pré-Cambriano indiviso que datam origem de milhões de anos. A norte da área há a presença de rocha da Formação Jucurutu representada por paragneisses com biotita. Neste contexto geológico registra a ocorrência de mármore associados com calciossilicáticas e paranfibolitos. Da Formação Equador ocorrem quartzitos e metaconglomerados, serpentinitos, formações ferríferas e micaxistos aluminosos.

No contexto local, a geologia da área pertence a Formação Jucurutu, base do Grupo Seridó. Desta formação há presença de intercalações de mármore, quartzitos e formações ferríferas, repousando sobre a intrusão granítica de interesse. Encontra-se ocorrência de formações ferríferas bandadas, localizadas nas encostas de pequenas elevações e nas proximidades das drenagens.

As rochas pegmatóides provenientes das regiões de Currais Novos, Acari, Parelhas e Equador, são litotipos de textura grossa, dominada pelos cristais de feldspato que lhes concede a coloração predominante.

Em Parelhas afloram os litotipos de tonalidade branca a cinza esbranquiçada, com o nome comercial de Branco Borborema. Constituem tipos de rara beleza e de grande aceitação no mercado internacional.

Geomorfologia

A área está sobre o domínio de duas formações geomorfológicas que podem ocorrer variações de 200 a 400 metros de altitude.

- Depressão Sertaneja - terrenos baixos situados entre as partes altas do Planalto da Borborema e da Chapada do Apodi.
- Planalto da Borborema - terrenos antigos formados pelas rochas Pré-Cambrianas como o granito, onde encontram-se as serras e os picos mais altos.

A Depressão Sertaneja, seguindo denominação proposta por IBGE (1995), apresenta-se como uma depressão periférica em relação aos Baixos Platôs da Bacia Potiguar e compreende um diversificado conjunto de padrões de relevo com amplo predomínio de superfícies aplainadas com relevo plano e suavemente ondulado resultante de processos de arrasamento generalizado do relevo sobre diversos tipos de litologias. Essas vastas superfícies aplainadas encontram-se pontilhadas por inselbergs e maciços montanhosos isolados, por vezes, desfeitos em um relevo de morros e serras baixas.

O Planalto da Borborema, seguindo denominação proposta por IBGE (1995), está localizado na porção oriental do Nordeste brasileiro, ocupando extensa área que abrange parte dos estados de Alagoas, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. Trata-se de um relevo de degradação em um maciço cristalino pré-cambriano, de direção geral NNE-SSW, com

vastas superfícies planálticas alçadas em cotas que variam entre 450 e 1.000 m de altitude, destacando-se nitidamente em relação às áreas circundantes (MORAES NETO e ALKMIN, 2001).

A vertente oeste – ou vertente interiorana – é drenada pelo rio Piranhas-Açu para a Depressão Sertaneja em localidades como Caicó. Essa região é regionalmente conhecida como Seridó, área de progressivo processo de desertificação devido à perda completa da exígua cobertura de solo e exposição irreversível da rocha aflorante. Trata-se de área semiárida, situada na vertente a sotavento da Borborema. Nesse caso, os ventos alíseos ultrapassam o Planalto da Borborema sem umidade em pleno domínio da caatinga (DANTAS et al., 2008).

Águas Superficiais

O município de Parelhas encontra-se totalmente inserido nos domínios da bacia hidrográfica Piranhas-Açu, sendo banhado pela sub-bacia do Rio Seridó, que o atravessa no sentido S-NW. Seus principais tributários são, a N, os riachos: Fechado, Riachão, dos Marimbondos, das Pinturas, da Despensa, da Cobra, do Mulungu, Fazenda Velha, Carnaubinha e do Tanque; a S, o Rio Malhada Grande e os riachos: Cajueiro, dos Grossos, Chupador, Quixaba, Carnaúba, do Pudim, do Gregório e da Caraibeira; a E, o Rio das Vazantes e os riachos Esperança e Maracujá; a W, os Rios Santana e dos Quintos, o riacho da Areia e o Córrego da Cachoeira. Os principais corpos de acumulação são: os açudes: Boqueirão de Parelhas (85.012.000m³/público), alimentado pelos Rios Seridó e das Vazantes, Caldeirão de Parelhas (10.195.000m³/público), alimentado pelo riacho dos Quintos, Cantinho da Cobra (373.440m³/público), alimentado pelo Riacho da Dispensa, Dinarte Mariz (400.000m³/público), Algodão (200.000m³/comunitário), alimentado pelo Riacho dos Grossos, Boa Vista dos Negros (500.000m³/comunitário), Cachoeira

(200.000m³/comunitário), alimentado pelo Riacho da Areia e a Barragem da Cachoeira (300.000m³/comunitário) e a lagoa da Macambira. Todos os cursos d' água tem regime intermitente e o padrão de drenagem é do tipo dendrítico.

Águas Subterrâneas

O município de Parelhas está totalmente inserido no Domínio Hidrogeológico Fissural. O Domínio Fissural é composto de rochas do embasamento cristalino que englobam o subdomínio rochas metamórficas constituído da Formação Seridó e do Complexo Serra dos Quintos e o subdomínio de rochas ígneas da Suíte Calcicalina Itaporanga.

Pedologia

Os solos da área foram classificados a partir de informações de dados secundários da bibliografia especializada obtidos através do BRASIL, 1981 (em escala ao milionésimo), Mapa exploratório – Reconhecimento de Solos do Estado do Rio Grande do Norte, em escala de 1:500:000 e ZONEAMENTO AGROECOLÓGICO DO NORDESTE, EMBRAPA, 2000, escala 1:250.000, além de dados extraídos in loco através de perfis, cortes de estradas, barrancos conforme observações visuais feitas por ocasião da visita a área.

Solos predominantes e características principais: Solos Litólicos Eutróficos - fertilidade natural alta, textura arenosa e/ ou média, fase pedregosa e rochosa, relevo suave ondulado, ondulado, forte ondulado e montanhoso, fortemente drenados e rasos.

Quanto ao uso praticamente não são cultivados. A vegetação natural é aproveitada com pecuária extensiva de maneira precária. Não se prestam para a agricultura em virtude de apresentarem limitações pela falta d' água, além de restrições ao emprego de máquinas agrícolas, em decorrência da pequena espessura, da pedregosidade e rochosidade. Recomenda-se conservar a vegetação natural para proteção da flora e da fauna.

A aptidão agrícola é regular e restrita para pastagem natural. Na parte leste e sudoeste as terras são indicadas para preservação da flora e da fauna ou para recreação. Sistema de Manejo: médio e baixo nível tecnológico. As práticas agrícolas estão condicionadas ao trabalho braçal e a tração animal, com implementos agrícolas simples.

Flora e Fauna

A área está caracterizada por apresentar um Bioma, onde sua vegetação espelha uma fisionomia de Caatinga hiperxerófila. Nesta área há ocorrências de Caatinga Subdesértica do Seridó - vegetação mais seca do Estado, com arbustos e árvores baixas, ralas e de xerofitismo mais acentuada. Devido ao predomínio de um conjunto de solos rasos com fertilidade natural baixa a alta, em um ambiente de atuação dominante do intemperismo físico em um clima tropical semiárido (Bsh), com revestimento de vegetação de caatinga hiperxerófila.

A área de influência situa-se em uma superfície relativamente plana e outra parte bastante acidentada, composta de uma vegetação bastante heterogênea, onde as espécies de porte arbustivo apresentam uma densidade bastante razoável, tendo destaque entre elas à jurema preta (*Mimosa hostilis*), o cumaru (*Torresia cearensis*), o pau ferro (*Caesalpinia férrea*), o pereiro (*Aspidosperma pyriformium*), como também algumas espécies de estrato arbóreo como o angico (*Piptadenia macrocarpa*), a quixabeira (*Bumelia sartorum*), a aroeira (*Astronium urundeuva*), entre tantas outras espécies que sobrevivem neste tipo de ambiente.

No que concerne a fauna, revela-se bastante diversificada, especialmente no que concerne aos lagartos, serpentes e anfíbios anuros. Nesta região foram indicados por moradores a presença dos seguintes representantes da fauna: preá, gambá, sapo-cururu, asa-branca, rolinha, sagui-de-tufos-brancos, peba, beija-flor, urubu-rei, teju, camaleão, mocó, perereca-verde-pequena.

ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

De acordo com o censo demográfico do ano de 2010 realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (BRASIL, 2010), o município de Parelhas-RN tinha uma população total de aproximadamente 20.354 habitantes, sendo 16% residente em área rural e 84% em área urbana e 75,6% do total da população alfabetizada e 21% do total de pessoas são ocupadas. Desse total, 9.961 habitantes são do gênero masculino e 10.393 do gênero feminino, correspondendo a 49% e 51% da população total, respectivamente, distribuídos em torno de 6.060 domicílios particulares permanentes. Os serviços de saúde pública do SUS contava com 18 estabelecimentos no ano de 2009. Em 2015 o município contava com duas agências bancárias e um PIB per capita de 10.885,46 em 2014.

No tocante ao imposto federal denominado de Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM), que é arrecadado por município minerador. Com base nos dados do DNPM, o município de Parelhas-RN, no ano de 2014 teve uma arrecadação que totalizou em R\$ 145.634,96. Sendo que 52,4% deste imposto foi proveniente da mineração de rocha ornamental. No ano seguinte, a CFEM arrecadada para rocha ornamental representou 70,37% do total deste imposto para o município, e com relação ao ano anterior o município teve um aumento com a arrecadação da mineração de rocha ornamental de 96,49%. No comparativo de 2016 com relação a 2015, foi arrecadado a mais com rocha ornamental de 27,26%. Por fim, no ano de 2016 a arrecadação de CFEM proveniente de rocha ornamental representou aproximadamente 89,82% do total arrecadado pelo município (Tabela 01).

Tabela 01 - Arrecadação de CFEM pelo município de Parelhas-

COMPENSAÇÃO FINANCEIRA PELA EXPLORAÇÃO DE RECURSOS MINERAIS - CFEM PARELHAS-RN		
ANO	SUBSTÂNCIA	VALOR R\$
2014	FELDSPATO	53.801,87
	GRANITO	76.341,57
	TURMALINA	15.491,52
2015	FELDSPATO	61.304,15
	GRANITO	150.005,42
	TURMALINA	1.847,35
2016	FELDSPATO	21.637,55
	GRANITO	190.899,31
	TURMALINA	0,00

RN.

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Conforme a NBR ISO 14001 (1996), o aspecto ambiental pode ser definido como "elemento das atividades, produtos e serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente" e impacto ambiental como "qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização".

Como qualquer outra atividade econômica, a mineração pode levar a um cenário de prós e contras no tocante aos impactos ambientais. Apesar de produzir impactos ambientais adversos, a mineração produz também impactos positivos.

Como identificado neste trabalho, os impactos positivos estão principalmente relacionados aos aspectos socioeconômicos. Pode-se citar a geração de emprego e renda, arrecadação de impostos, demanda por bens e serviços e movimentação na economia local como um todo.

MATERIAIS E MÉTODOS

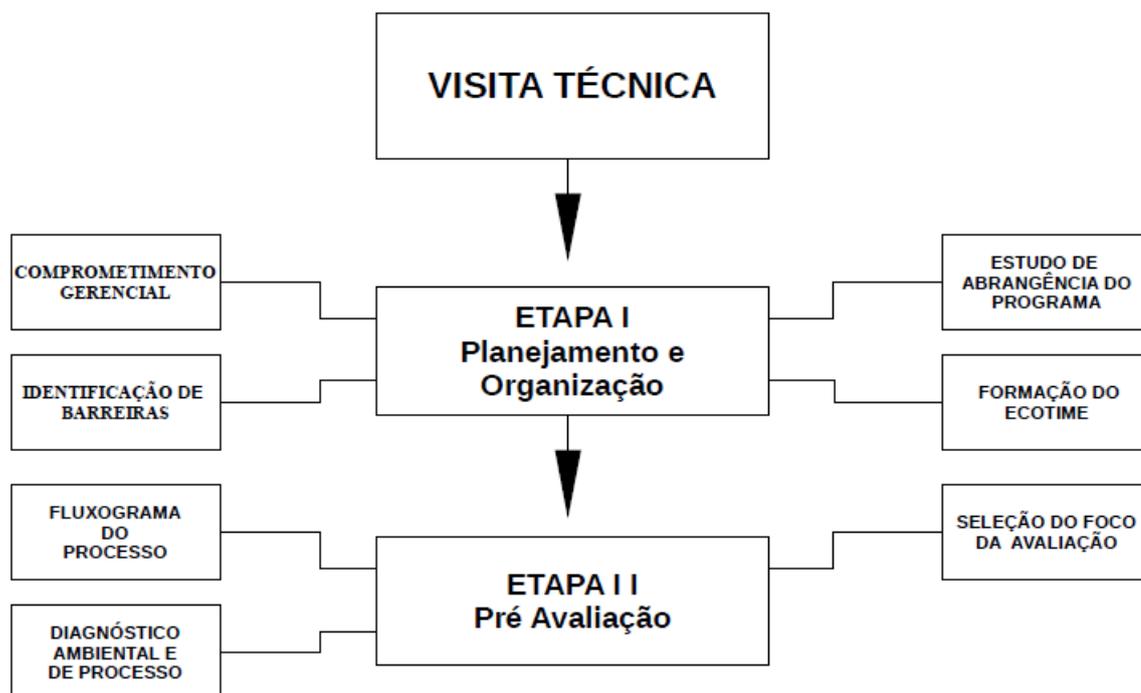
Dadas as características do tema abordado, bem como dos objetivos estabelecidos neste estudo, o artigo foi construído utilizando-se a metodologia de "Estudo de Caso" aliado à "Revisão de Literatura/Pesquisa Exploratória".

O estudo dos problemas ambientais causados pela produção de resíduos sólidos de lavras de rochas ornamentais teve por início com o levantamento de dados secundários em consultas bibliográficas em bancos de artigos, teses e dissertações do domínio público e periódicos, bem como em anais de congressos e simpósios no tema de rochas ornamentais e produção mais limpa.

Os dados primários foram obtidos em campo, através do preenchimento de formulário de entrevistas feitas com funcionários e proprietário da empresa, em três visitas a Pedreira na cidade de Parelhas, região Seridó, estado do Rio Grande do Norte, entre os anos de 2015 e 2016.

O presente trabalho se constitui pela abordagem qualitativa e quantitativa e de caráter exploratório e descritivo, pois se pretende descrever o processo de lavra de rochas ornamentais, e, através da coleta de dados, avaliar a geração de resíduos da atividade (SAMPIERI, COLLADO, LUCIO, 2006), utilizando para isso bibliografias e estudo de caso. O estudo de caso foi pautado no diagnóstico de resíduos e teve por base o método do Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL/SENAI-RS) seguindo os passos para implementação (Figura 06). Com a seguinte sequência: acompanhamento das atividades, investigação dos poluentes disseminados no meio ambiente motivados pela atividade de lavra por meio de observação in loco e análises químicas, sensibilização da gerência, identificação de barreiras e soluções para, formação do ecotime, elaboração do diagnóstico para definição do processo a ser estudado para a implementação da Produção Mais Limpa na lavra de rocha ornamental, análise da geologia estrutural das frentes de lavra com vistas a redução de resíduos, e monitoramento das oportunidades de técnicas de Produção Mais Limpa para a operação de lavra.

Figura 06 - Fluxograma com passos para implementação da Produção Mais Limpa utilizado.



Fonte: adaptado de Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (2003a).

Este estudo também é caracterizado como pesquisa aplicada, uma vez que se espera que os resultados sejam aplicados para a melhoria do gerenciamento dos resíduos sólidos. De acordo com Ganga (2012), “[...] a pesquisa aplicada busca gerar conhecimentos para a aplicação prática, dirigidos a soluções de problemas específicos. Esta, por sua vez, envolve verdades e interesses locais”.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Equipamentos

Os equipamentos utilizados no processo em sua maioria são movidos com motores de combustão a óleo diesel. Apenas a máquina de fio cortadora que possui motor elétrico, mas o fornecimento desta energia tem origem no gerador que utiliza um motor a diesel.

Tabela 02 - Equipamentos com os dados do formulário do diagnóstico.

N.º	Equipamento	Quant.	Etapa Fluxo	Capac. Nominal	Operação	Ano.	Manut.
1	Escavadeira Volvo 220 DL	01	1-5-6	1800 rpm	Lavra	2014	02/17
2	Pá Carregadeira Volvo L120F	01	5-6	1700 rpm	Lavra	2015	04/17
3	Caminhão pipa	01	2-3-4-5	5000 lts.	Lavra	2012	03/17
4	Compressor Altas Copco	02	2-3-4-5	400 PCM	Lavra	2014	02/17
5	Gerador	01	3	75 kva	Lavra	2010	04/17
6	Martelo fundo furo (DTH)	01	2	-	Lavra	2015	03/17
7	Martelo manual	02	5	-	Lavra	2015	02/17
8	Máquina cortadora	01	3	75 hp	Lavra	2014	02/17
9	Perfuratriz sobre trilho	01	5	-	Lavra	2015	03/17

Fonte: elaborado por este autor (2017).

Consumo de Água

O consumo de água em média é de 5.800 l/dia ou 1.670,4 m³/ano, foi considerado alto e pode ser minimizado com o controle da operação de perfuração e corte. O aspecto de consumo de água pode ocasionar os impactos de consumo de recursos naturais e redução da emissão de aerodispersóides. Sendo o encarregado e operadores da máquina de fio e perfuratriz, os responsáveis pela implementação desta medida.

Tabela 03 - Consumo de água.

Operação	Consumo m ³ /mês	Consumo m ³ /ano
Perfuração	48	576
Corte	91,2	1.094,40
TOTAL	139,2	1.670,40

Fonte: elaborado por este autor (2017).

A operação de perfuração consome em média 48 m³/mês, o que representa 34,48% do consumo, contra 91,2 m³/mês da máquina de fio diamantado que representa 65,52% do consumo total de água no processo de lavra.

Consumo de Combustível e Emissões

Foram identificados em praticamente todas as etapas processo que há o aspecto ambiental de emissão de gases provenientes da queima de combustíveis, isso se dá devido ao grau de mecanização da operação de lavra e pela escolha da matriz energética do empreendimento. Em um ano, que correspondeu ao período de monitoramento para elaboração deste diagnóstico, foi catalogado um consumo médio de óleo diesel por equipamento e o somatório foi de 119.000,0 litros. O fator de emissão de CO₂ para equipamentos pesados a diesel, de acordo com o método *Bottom-up* é de 3140 g/kg de combustível. A densidade do diesel S500 é de 850 kg/m³. Estima-se que por mês, conforme o consumo levantado, esta mina produza emissões de CO₂ de cerca de 7,95 toneladas, o que totalizou no ano do estudo de 95,47 toneladas.

Tabela 04 - Consumo de combustível.

Equipamento	Consumo mensal (m³)	Consumo anual (m³)	CO₂ anual (ton.)
Escavadeira	2,88	34,56	92,24
Pá Carregadeira	2,40	28,80	76,86
Caminhão	0,55	6,60	17,61
Compressores	2,16	25,92	69,18
Gerador	1,92	23,04	61,49
TOTAL	9,91	118,92	317,38

Fonte: elaborado por este autor (2017).

Consumo de recurso mineral e resíduos gerados

O principal insumo que ao ser modificado pode se transformar em produto ou resíduo é a rocha pegmatítica. Para isto foram utilizados os dados de relatórios de produção da atividade de lavra para quantificar o produto. No tocante aos resíduos de rochas ou solos, estes foram quantificados mediante observação nas frentes de produção realizadas através de medições comprimentos, largura e alturas dos blocos e fragmentos desperdiçados, desta maneira pôde-se chegar a valores aproximados do volume de resíduos de rochas. Quanto ao resíduo sólido do tipo plástico, foram quantificados os consumos mensais de argamassa expansiva, cada saco possui 5 kg do produto para o corte da rocha através do processo de esquadrejamento. De posse do conhecimento da demanda de argamassa, foi identificado o número de embalagens que por mês teve uma massa em média de 3,75 kg, o que totalizou 45 kg no período de um ano. Quanto a sucata ferrosa, originada de quebras de equipamentos e peças foram quantificadas mediante a coleta por empresa especializada que realiza a coleta e teve uma massa de 3,0 toneladas.

Tabela 05 - Consumo e geração de resíduos de 2016/2017 em toneladas.

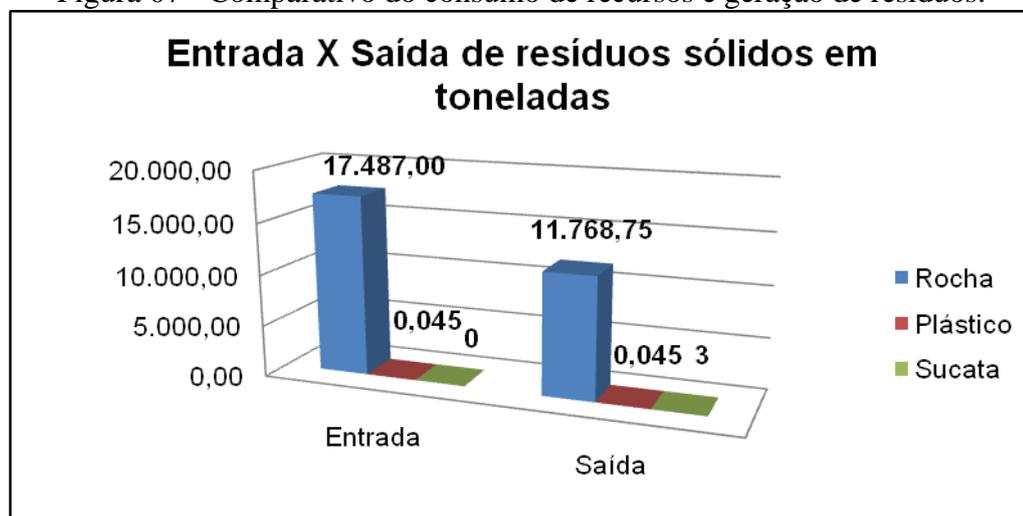
Insumo	Entrada	Saída	Produto
Rocha	17.487,00	11.768,75	5.718,25
Plástico	0,045	0,045	-
Sucata ferrosa	3	3	-
TOTAL	17.490,04	11.771,79	5.718,25

Fonte: elaborado por este autor (2017).

No tocante ao ponto mais crítico da pesquisa, que está relacionado a geração de resíduos sólidos e em especial aqueles provenientes das frentes de lavra, no ano de 2016 foram gerados aproximadamente em resíduos 11.771,79 toneladas, sendo 45 kg de embalagem plástica, 3

toneladas/ano de sucata ferrosa e 11.768,75 toneladas de fragmentos de rochas e solos (Figura 07).

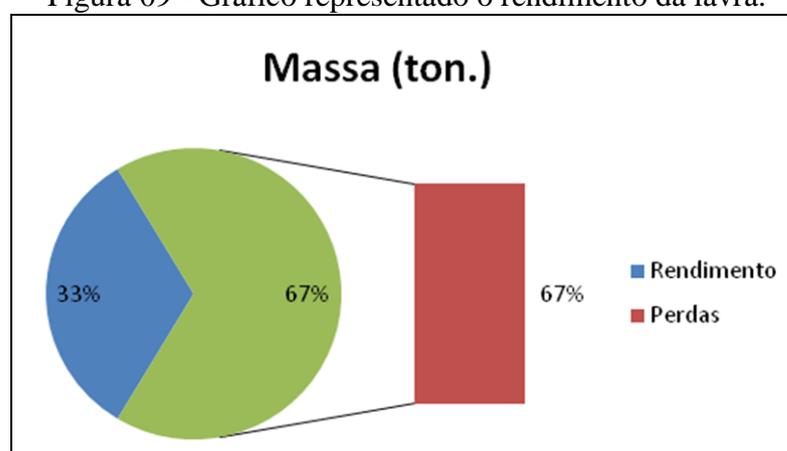
Figura 07 - Comparativo do consumo de recursos e geração de resíduos.



Fonte: elaborado por este autor (2017).

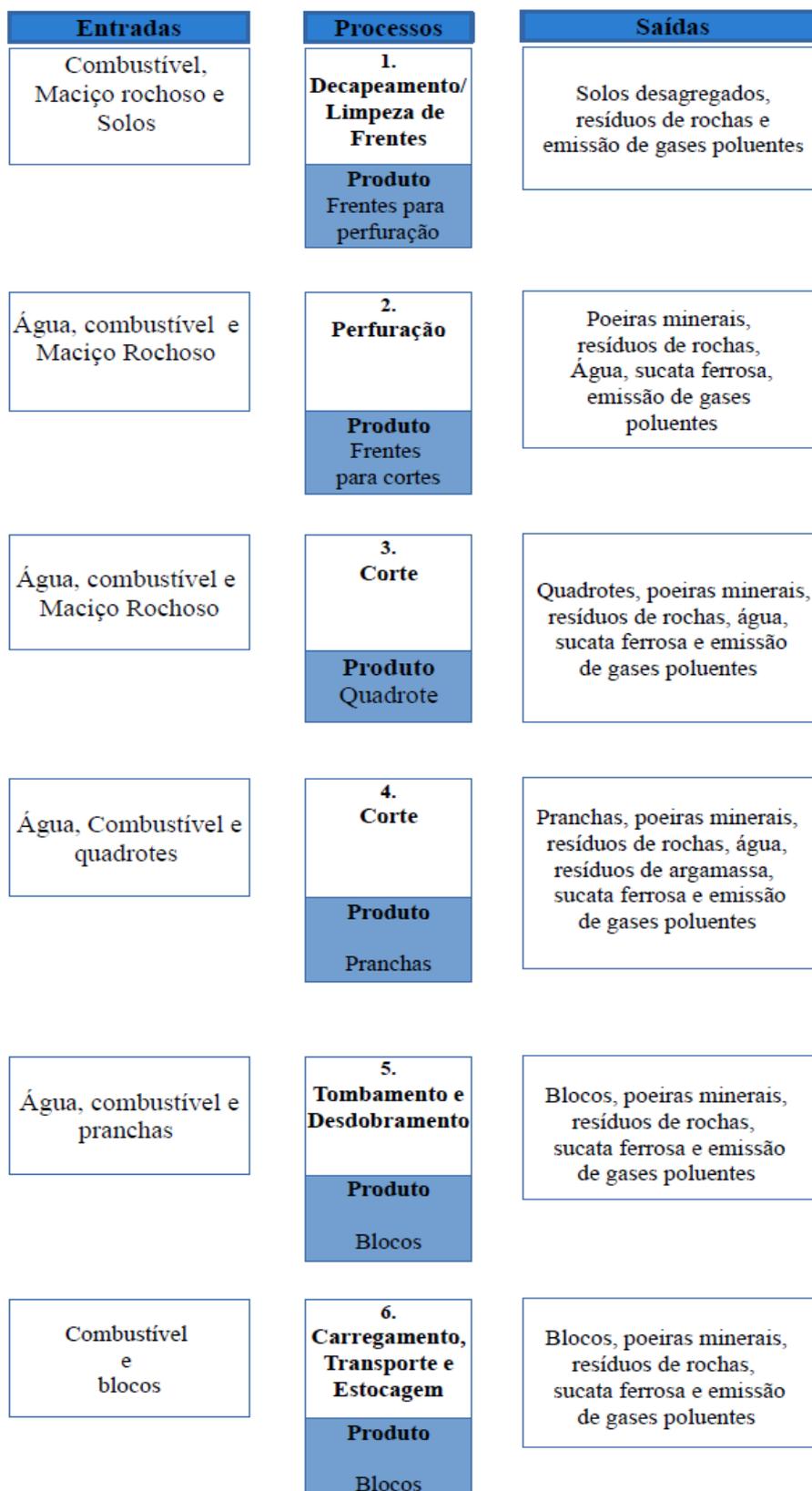
O resíduo sólido do tipo fragmentos de rochas e solos representaram 99,97% do percentual em massa dos resíduos produzidos na pedreira Granorte. Com base nos dados de entrada e saída para produção de blocos foi identificado um rendimento de aproximadamente 32,7%, confirmando dados da literatura quando ao alto índice de desperdício para a mineração de rocha ornamental (Figura 08). O fluxograma do processo de lavra foi evidenciado por etapas com entradas e saídas dos resíduos sólidos gerados, consumo de recursos naturais e aspectos ambientais (Figura 09).

Figura 09 - Gráfico representado o rendimento da lavra.



Fonte: elaborada por este autor (2017).

Figura 09 - Fluxograma de processo de lavra com dados qualitativos.



Fonte: elaborado por este autor (2017).

Quantificação dos Resíduos Gerados por Etapas do Processo de Lavra

Nesta seção houve necessidade de fazer o acompanhamento da atividade com o controle e anotação de dados de produção anual (Tabela 06).

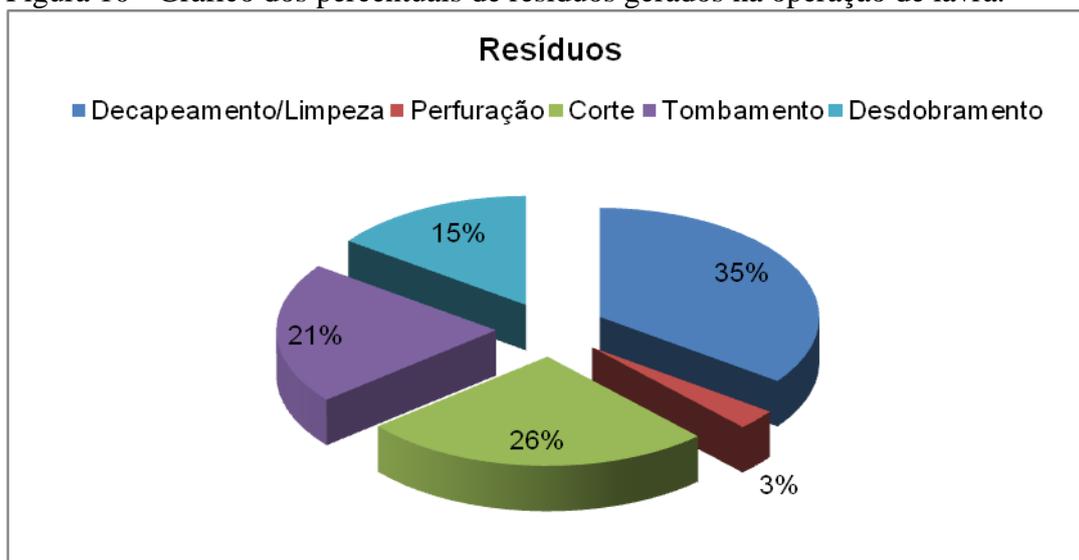
Tabela 06 - Geração de resíduos de 2016/2017 em toneladas por etapas do processo.

Insumo	Entrada	Saída
Decapamento/Limpeza	17.487,00	13.367,94
Perfuração	13.367,94	13.014,88
Corte	13.014,88	9.955,01
Tombamento	9.955,01	7.483,58
Desdobramento	7.483,58	5.718,25
TOTAL		5.718,25

Fonte: elaborado por este autor (2017).

Nisto foi identificado que 35% do recursos mineral é desperdiçado na forma de fragmentos de rocha, 26% tem origem pelo corte da rocha e fraturas pré existentes, 21% pela operação de tombamento, 15% no desdobramento 3% na operação de perfuração (Figura 10).

Figura 10 - Gráfico dos percentuais de resíduos gerados na operação de lavra.

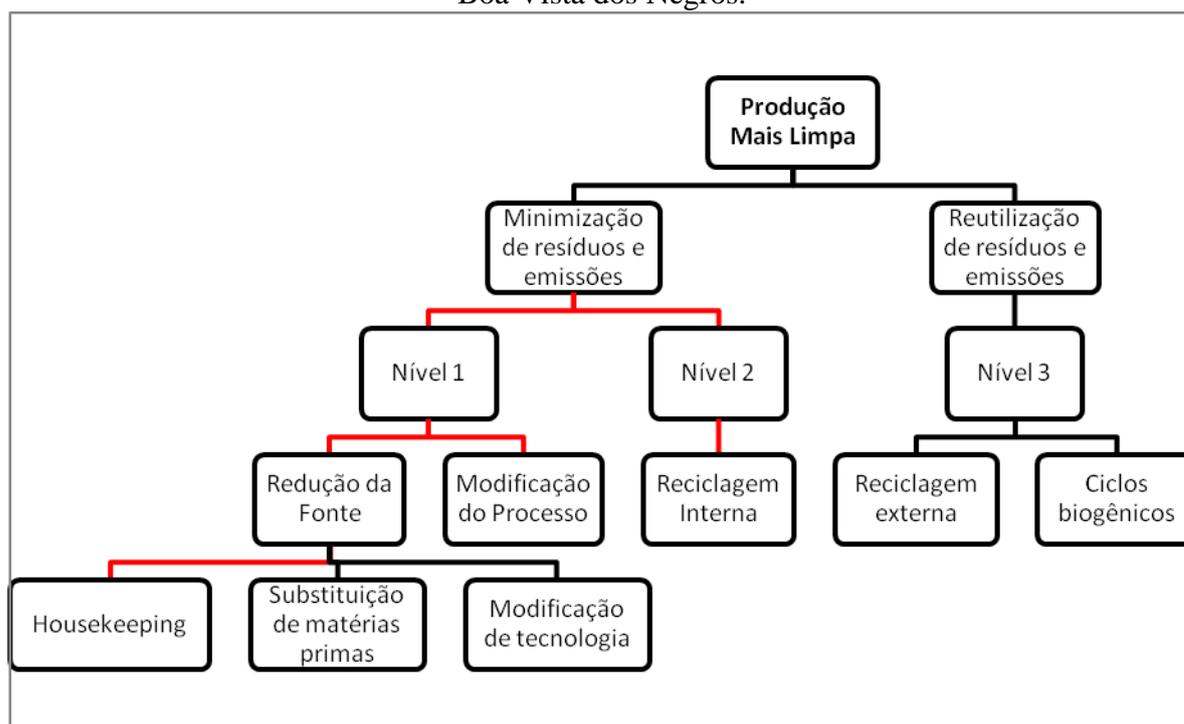


Fonte: elaborado por este autor (2017).

Monitoramento de Oportunidades para Implementação da Produção Mais Limpa

Sabe-se que o foco da Produção Mais Limpa está na prevenção, e para que se alcance este objetivo deve-se traçar metas que busquem a minimização ou eliminação de resíduos e emissões (Figura 11). Portanto, para este estudo buscou-se metas mais ambiciosas, as que se distanciam da técnicas de fim-de-tubo. Com base nos dados do fluxograma qualitativo e do formulário com informações quantitativas, foram identificadas as oportunidades na sequência por ordem de importância, considerando os maiores volumes de perdas como: decapeamento/limpeza, corte e tombamento, desdobramento, perfuração, como também operações de manutenção de equipamentos, controle de emissões, consumo de água e embalagens.

Figura 11 - Escopo de atuação da metodologia de Produção Mais Limpa na Lavra do Sítio Boa Vista dos Negros.



Fonte: Adaptado de CNTL - Centro Nacional de Tecnologias Limpas.

O tipo de resíduo sólido que apresentou maior quantidade absoluta e relativa foi o de mineração do tipo fragmentos de rochas. Resíduos de mineração na forma de blocos e fragmentos graúdos pertencem a classe II B por serem inertes. Entretanto, a preocupação está no volume que tem sido gerado e disposto sobre o solo. Nesta etapa a fonte de maior geração de resíduo identificada é a de decapeamento e limpeza. É sabido que estruturas geológicas e o

grau de intemperismo em que as rochas se encontram nas suas camadas superficiais, podem influenciar diretamente na qualidade do material rochoso e nos aspectos estéticos e físicos, tornando muitas vezes a operação de decapeamento e limpeza essencial. No entanto, pode-se racionalizar esta operação, realizando-a apenas quando necessária, o que caracteriza uma mudança no processo ou até mesmo boas práticas operacionais. Outra oportunidade para implementação da Produção Mais Limpa foi a de reciclagem interna do resíduo proveniente do decapeamento e limpeza, cortes, tombamento e desdobramento. Na literatura existem estudos que indicam a reutilização de resíduos sólidos de rochas ornamentais em diversos setores industriais (Tabela 07). Para isto, realizou-se análises químicas para determinação de percentuais de óxidos visando caracterizar o resíduo com o objetivo de torná-lo produto.

Tabela 7 - Setores de aplicação de resíduos silicáticos e características necessárias.

Setor Industrial	Tipos de Resíduos	Função do Resíduo	Características necessárias	Operações unitárias necessárias
Cerâmica	Altos de teores de feldspatos	Fundente; Controle da contração linear Diminui porosidade.	Granulometria < 0,149 mm; Baixo teor de ferro	Britagem, moagem, peneiramento e separação magnética;
Agricultura	Silicáticos	Suprir nutrientes do solo - rochagem	Elevada área superficial; Teor de alumínio < 1%; Elevados teores de potássio.	Britagem, moagem e peneiramento.
Pavimentação asfáltica	Silicáticos	Agregado mineral (brita); Estabilidade do pavimento; Aumentar a dureza e a resistência à tração	Forma cúbica e não lamelar; Composição granulométrica não uniforme e bem graduado com coeficiente de uniformidade $C_u > 10$; Abrasão Los Angeles > 40%; Elevados teores de sílica; Elevados teores de feldspatos; Aplicação de 95%, em massa, no pavimento.	Britagem, moagem e peneiramento.
Vidro	Silicáticos	SiO_2 - formador da rede vítrea. Al_2O_3 - formador de rede; Fe_2O_3 - colorante na formulação	Na_2O entre 12 e 17%; CaO entre 8 e 12%; Massa específica - 2,5 g/cm ³	Britagem, moagem, peneiramento e separação magnética.
Concreto e argamassa	Silicáticos	Carga; Aumentar a resistência à compressão e abrasão do concreto; Aumentar a resistência à cloretos e sulfatos	Forma arredondada de partículas; Perda ao fogo > 40%; Teor de ferro < 0,7 % Teor de alumínio < 2%.	Britagem, moagem, peneiramento e separação magnética.
Construção civil	Silicáticos	Agregados	Agregado graúdo: 100,0 a 4,8mm; Agregado miúdo: 4,8 a 0,075mm; Areia grossa: 2,0 a 1, mm; Areia média: 1,2 a 0,42mm; Areia fina: 0,42 a 0,075mm; Pedregulho: 100 a 2,0 mm; Pedrisco: 4,8 a 0,075 mm; Pó de pedra: inferior a 0,075 mm.	Britagem, moagem e peneiramento.

Fonte: adaptado de Vidal et al.. (2014).

Quanto a situação de resíduos gerados na empresa, recomenda-se que sejam realizados mais análises químicas e físicas afim de complementar a caracterização tecnológica iniciada

neste estudo, e assim realizar um planejamento para implementar a reciclagem interna. Entretanto, diante dos dados da análise (Figura 12), vislumbra-se diversas aplicações de acordo com (Tabela 7). No entanto, percebe-se a presença de alguns óxidos de metais raros que podem ter aplicações nobres e outros que merecem uma atenção e estudos mais aprofundados devido a possível toxicidade.

Figura 12 - Resultados das análises de FRX para o resíduo de rocha da Granorte.

Amostra A – Retido #200		Amostra B – Retido #200	
Óxido	Percentual	Óxido	Percentual
SiO ₂	73,778	SiO ₂	73,455
Al ₂ O ₃	14,188	Al ₂ O ₃	16,562
K ₂ O	7,744	K ₂ O	7,499
Fe ₂ O ₃	2,49	CaO	1,179
CaO	0,969	Fe ₂ O ₃	0,869
SO ₃	0,435	SO ₃	0,351
Cs ₂ O	0,276	MnO	0,044
MnO	0,061	Rb ₂ O	0,024
Rb ₂ O	0,037	GeO ₂	0,017
ZnO	0,022		

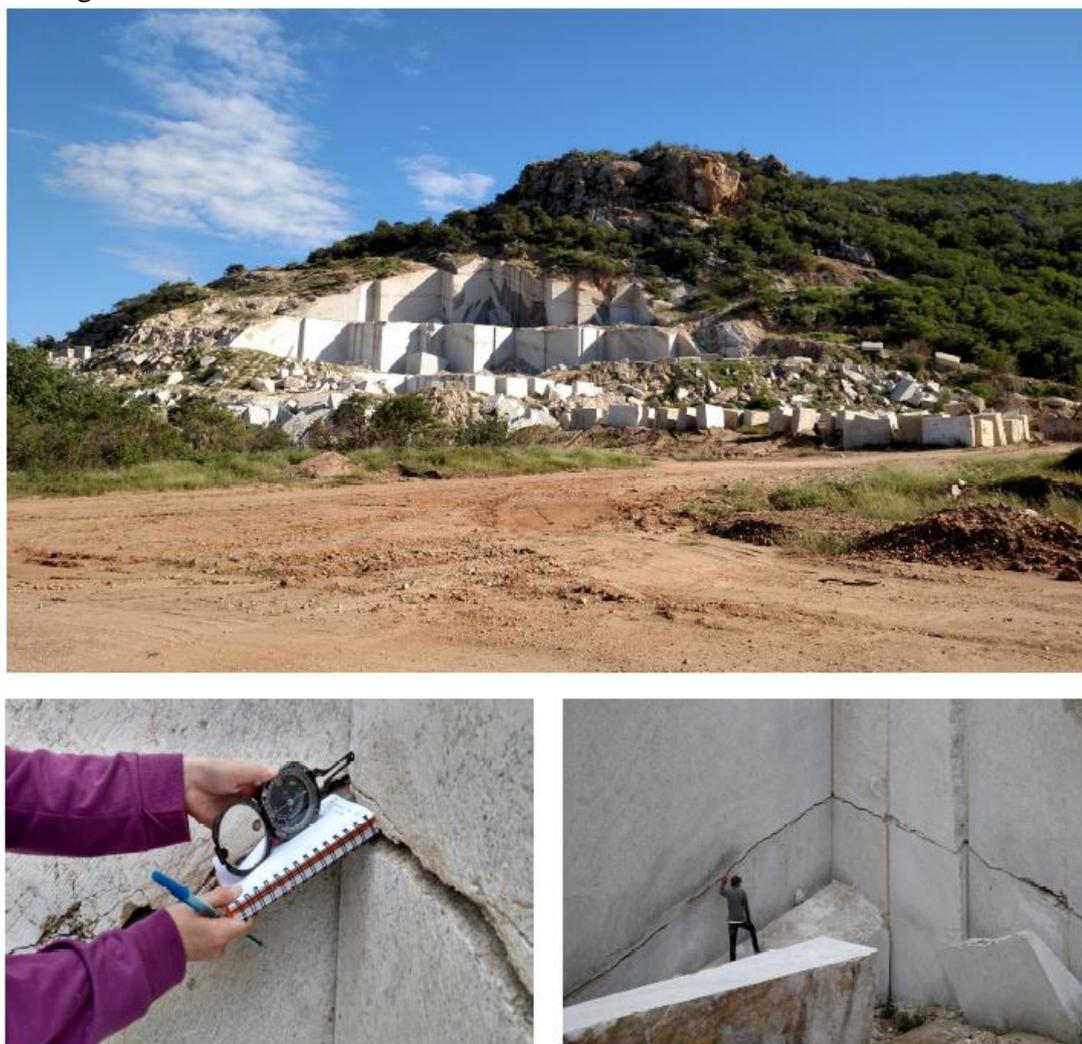
Amostra A – Passante #200		Amostra B – Passante #200	
Óxido	Percentual	Óxido	Percentual
SiO ₂	72,599%	SiO ₂	76,012
Al ₂ O ₃	16,628%	Al ₂ O ₃	15,246
K ₂ O	7,546%	K ₂ O	5,463
Fe ₂ O ₃	1,205%	CaO	1,514
CaO	1,146%	Fe ₂ O ₃	0,911
P ₂ O ₅	3,250%	P ₂ O ₅	0,427
SO ₃	2,370%	SO ₃	0,28
TiO ₂	0,108%	MnO	0,082
MnO	0,049%	Rb ₂ O	0,03
Ta ₂ O ₅	0,047%	CuO	0,014
Rb ₂ O	0,046%	ZrO ₂	0,009
NbO	0,033%	NbO	0,007
Ir ₂ O ₃	0,019%	Y ₂ O ₃	0,004
ZrO ₂	0,007%		
Y ₂ O ₃	0,006%		

Fonte: elabora por este autor (2017).

Para a etapa de corte do maciço rochoso foram identificadas as oportunidades nas boas técnicas operacionais e mudança no processo. Diante desta expectativa, resolveu-se mapear as frentes de lavra da pedreira e determinar as famílias de falhas, foram realizadas 06 medidas de

linhas, para fins de determinar os deslocamentos associados com a estrias. Estas estrias foram catalogadas em campo através de medições de azimute e inclinação, com uso de bússola e clinômetro e compilação e tratamento dos dados através do software open stereo, com intuito de se determinar o plano resultante e assim o avanço ideal para minimizar a produção de resíduos nesta etapa da operação de lavra (Figura 13).

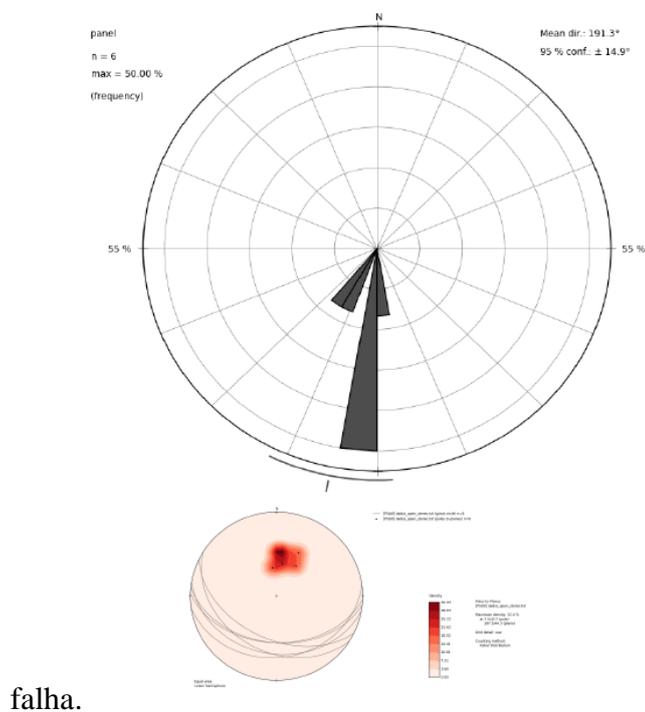
Figura 13 - Frente de lavra e estruturas sendo medidas.



Fonte: elaborado por este autor (2017).

Com as medidas das linhas de face foi determinado a direção de mergulho média que foi de $191,3^\circ$, e o plano de falha resultante de $187.5/44,3$ SW (Figura 14). Sendo assim, sugere-se que o corte de corrida acompanhe a direção da foliação N $44,3$ W para que diminua-se as perdas no corte. O segundo então teria N $45,7$ E, já o trincante sub horizontal.

Figura 14 - Diagrama de rosetas e projeção estereográfica dos planos de



falha.

Fonte: elaborado por este autor (2017).

Pode-se ressaltar que o mapeamento de estruturas pode contribuir na melhoria da operação, tornando-a mais segura para a empresa e para o trabalhador, haja visto que identificada a direção de escorregamento de blocos pode-se evitar acidentes de trabalho, sendo assim uma oportunidade de implementação de Produção Mais Lima pela técnica de boas práticas operacionais. Na figura (Figura 15 - A) ilustra-se a forma atual de corte do maciço e na (Figura 15 - B) estão as sugestões de cortes com base na análise de geologia estrutural das frentes de lavra.

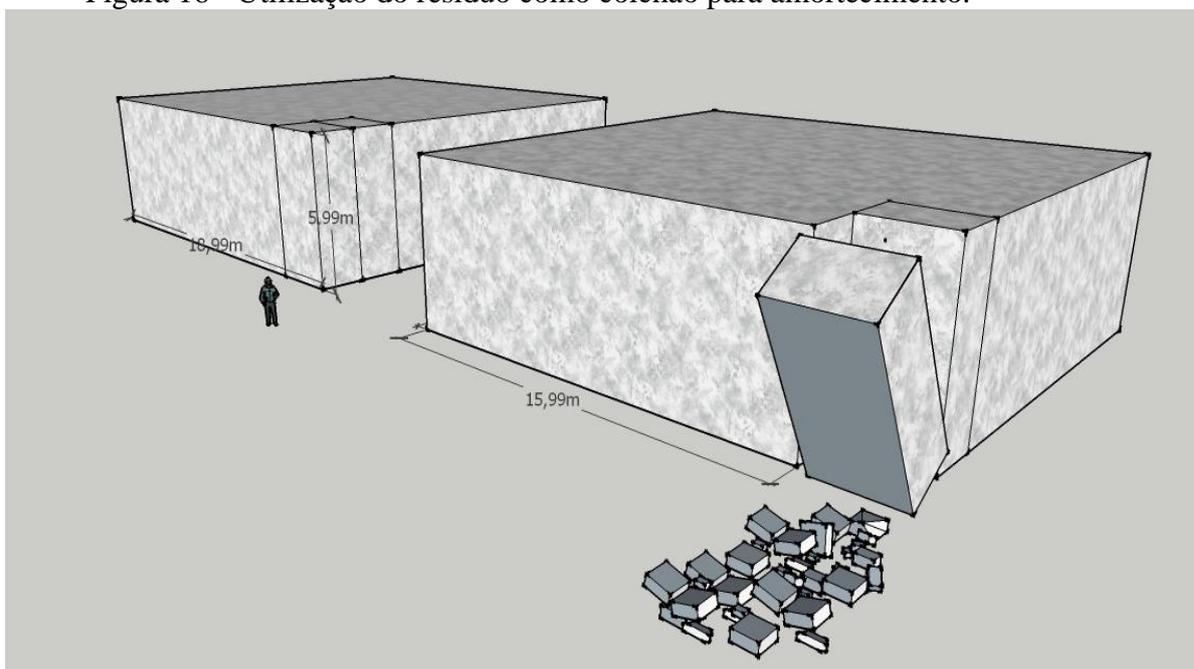
Figura 15 - Comparativo de cortes seguindo as faces o maciço e estruturas.



Fonte: elaborado por este autor (2017).

No tombamento das pranchas, a oportunidade monitorada para aplicação de técnicas de Produção Mais Limpa foi as boas práticas operacionais, além do corte respeitando as estruturas geológicas. É essencial uma boa preparação de uma espécie de colchão de amortecimento para que a prancha caia sobre o piso da praça sem sofrer danos que causem fraturas na rocha. Nesta perspectiva, pode-se reutilizar solos e fragmentos de rochas que estão depositados na pilha de resíduos para servir de colchão (Figura 16).

Figura 16 - Utilização do resíduo como colchão para amortecimento.



Fonte: elaborado por este autor (2017).

No tocante ao consumo de água, pode-se utilizar também as boas práticas operacionais. De maneira, a sempre está fiscalizando o rendimento do fio e amperagem em que a máquina cortadora está operando, pois é um bom indicativo para o uso moderado da água.

No que diz respeito a embalagens plásticas, o que pode ser sugerido é uma revisão do plano de corte com a argamassa expansiva, visando aumentar o espaçamento entre furos e carregar os furos de maneira alternada, carrega um e deixar o outro vazio. Desta maneira poderá diminuir o consumo de argamassa e conseqüentemente a geração do resíduo plástico.

Quanto ao consumo de combustíveis e emissões, mais uma vez pode-se elencar as boas práticas operacionais para que possa ser implementada no processo. Realizar paradas para manutenção preditiva e preventiva. Quando o equipamento estiver ocioso desligar sempre que possível o motor para evitar consumo desnecessário.

Por fim, os fragmentos de rocha depositados na pilha de resíduo podem ser reciclados internamente, de modo a buscar tornar o resíduo em produto e diminuir geração e acumulação de resíduos.

CONCLUSÕES

A partir da análise do diagnóstico de resíduos e processo e dos dados que foram gerados a partir do estudo de caso da Pedreira Granorte, concluiu-se que a ferramenta de gestão ambiental Produção Mais Limpa pode ser bastante útil aos mineradores deste setor. Basta citar a situação de resíduos da empresa, em que mais de 99,97% dos resíduos gerados, relacionados a lavra são de fragmentos de rochas.

Percebe-se na literatura que são raros os estudos que visam a implementação de Produção Mais Limpa na lavra de rochas ornamentais, em sua maioria se detém apenas ao beneficiamento deste recurso. As pesquisas demonstram que boa parte das soluções sugeridas por pesquisadores estão ligadas a reciclagem de resíduos do beneficiamento de rochas ornamentais. Desta maneira a Produção Mais Limpa aplicada a operação de lavra pode levar este tipo de mineração a práticas sustentáveis que visem a economia e o uso racional dos recursos naturais, principalmente água, recurso mineral e consumo de combustível.

O município de Parelhas tem se destacado na mineração de rochas ornamentais devido possuir uma boa diversidade de materiais exóticos. Entretanto, o destaque para atividade econômica deve vir atrelado aos cuidados com o meio ambiente, haja visto que estudos demonstram que esta atividade é potencialmente poluidora principalmente por produzir grandes volumes de resíduos sólidos, e neste caso os de rochas.

Para solucionar a geração de resíduos sólidos na atividade de lavra de rocha ornamental, o diagnóstico de resíduos se demonstra essencial para identificar as oportunidades no processo e que podem trazer melhorias ambientais na busca pelo desenvolvimento sustentável desta atividade através do uso racional dos recursos naturais. Combinações de técnicas de Produção Mais Limpa pode corroborar o meio ambiente com preservação do recurso mineral, redução do consumo de combustíveis e consequente diminuição de emissões, além de trazer economia de recursos financeiros para empresa, haja visto que pode diminuir o número de paradas por

manutenções corretivas, como também o equilíbrio da utilização e disponibilidade destes equipamentos.

No diagnóstico de resíduos sólidos e processos na atividade de lavra, a operação de decapeamento e limpeza teve a maior quantidade de resíduos gerados com 35% do total, a atividade de corte com 26%, na etapa de tombamento de pranchas, a quantidade de resíduos foi de 21%, estas duas últimas podem está relacionadas a mudanças de tonalidade do material (estético), micro fraturamentos da rocha, direção de avanço e corte. No desdobramento as perdas são da ordem de 15%, e estão relacionadas principalmente ao esquadreamento que visa deixar os blocos com as faces planas formando paralelepípedos com padrão de mercado. A perfuração foi a operação no processo de lavra que menos gerou resíduos sólidos do tipo fragmentos de rochas, tendo 3% do total.

O consumo de água pode ser diminuído por consequência de eficiências e boas práticas no corte da rocha. Assim o consumo relativo tenderá a diminuir com o aumento do rendimento a pedreira, além de medidas que visem racionalizar o uso do recurso hídrico.

Com foco de redução na fonte da geração de resíduos que é a principal meta de um Planejamento para implementação de Produção Mais Limpa, o mapeamento das estruturas geológicas é um técnica que combina mudança no processo com as boas práticas operacionais. Estima-se uma redução otimista da ordem de 20% dos resíduos sólidos gerados, isto pode ser possível com a mudança no avanço da lavra e dos sentidos e direção dos cortes conforme análise apresentada e aprofundamento destes estudos.

Explicitou-se, então, uma metodologia de diagnóstico ambiental, que pode servir de subsídio para a elaboração políticas públicas, que possam vir a viabilizar um pacto pela busca do desenvolvimento sustentável na mineração de rocha ornamental, entre empresa, comunidade e poder público, a partir do monitoramento das operações de lavra e da utilização de indicadores socioambientais.

A análise qualitativa e quantitativa detalhada dos resíduos deve ser feita durante períodos de tempo relativamente longos de aproximadamente 12 meses. A elaboração de um diagnóstico para identificação e caracterização das empresas de extração de rocha ornamental em funcionamento no município de Parelhas-RN, pode promover uma parceria público-privada para criação de um Arranjo Produtivo Local - APL no município e circunvizinhança.

Estabelecer com outras minerações que correlacionem tanto resíduos sólidos industriais quanto possível para uma reciclagem visando gerar um subproduto de boa qualidade e que tenha mercado. Como tratar resíduos é mais caro do que torná-lo um produto, haja visto que produto tem valor e pode levar a atividade a um equilíbrio econômico. É um desafio porque os resíduos de mineração variam em qualidade e quantidade e sazonalmente mediante mudanças nos tipos e montantes dos produtos.

Para superar essas barreiras o APL tendo na sua composição a administração pública, empresas, comunidades, institutos e universidades, centros de pesquisas pode ser uma alternativa de solução por meio de projetos de extensão e pesquisa. A assistência seria útil na obtenção de acordo para a localização de um planta de processamento mineral ou até mesmo utilizar plantas de empresas locais.

A utilização do resíduo como agregado é um processo de reciclagem interna que pode ser implementado na Granorte. As análises químicas de duas amostras coletadas na pilha de resíduos apresentaram altos teores de óxido de silício que é um indicativo para o uso em bases de estradas. O produto após beneficiado através de processos de cominuição e separação, pode ser que apresente qualidade para ser utilizado na construção de acessos em obras de parque eólicos que estão se instalando na região do empreendimento.

Dessa maneira, este estudo pode servir como um balizador para planejamento e aplicação da Produção Mais Limpa na lavra de rocha ornamental, dando contributos que permeiam a

teoria e pratica desta ferramenta de gestão ambiental que tem por fim a busca da sustentabilidade.

Percebe-se na literatura que são poucos os estudos que se detém a Produção mais Limpa no processo de lavra de rochas ornamentais. Nota-se que as iniciativas de estudos e práticas de Produção mais Limpa nas empresas focam na reciclagem do resíduos da indústria de rocha ornamental, sejam elas da lavra ou do beneficiamento.

Finalmente, pode-se concluir que o conhecimento do processo é fundamental quando se almeja realizar uma avaliação ambiental seja ela qualitativa e/ou quantitativa. E que o planejamento das atividades, leva a antecipação de medidas em casos de falhas, podendo municiar a gestão ambiental com informações que possibilitem o emprego de técnicas que visem diminuir ou mitigar os impactos ambientais adversos no processo de lavra.

REFERÊNCIAS

- 1 ASTM – American Society for Testing and Materials. **C 615_99 standard specification for granite dimension stone.**Disponível em: < <http://www.astm.org>> acesso em 10 set. 2003.
- 2 BARBIERI, J.C., 2007. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos.** 2 ed. São Paulo: Saraiva.
- 3 BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução n. 307, 05 de julho de 2002.** Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.Disponível em: <<http://http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307> >. Acesso em: 05 de jul. de 2016.

4 _____ . **Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política nacional de resíduos Sólidos; altera a lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, nº 147, p. 3, 03 ago. 2010.

5 CAMPOS et. al, **Tratamento e aproveitamento de resíduos de rochas ornamentais e de revestimento, visando mitigação de impacto ambiental**.XXIII Simpósio Geologia do Nordeste; VII Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste. In: SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, 7., 2009, Fortaleza.

6 CEBDS – Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável.

GUIA

PARA A PRODUÇÃO MAIS LIMPA – FAÇA VOCÊ MESMO, 2008. Disponível em:
<http://www.gerenciamento.ufba.br/Downloads/guia-da-pmaisl.pdf>.

7 CNTL. **A produção mais limpa como um fator do desenvolvimento sustentável**. Disponível em: <<http://www.holographic.com.br/~prj/cntl/sobre-4suten.htm>>. Acesso em: 10 dez. 2000.

8 COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB.2008.**Guia Técnico Ambiental da Indústria de Produtos Lácteos - Série P+L**. Apostila. São Paulo, 2008. 95p.

9 COSTA, L.S. (2009) Petrologia e Geocronologia do Pluton Granítico Serra Verde, Porção Leste da Faixa Seridó. Dissertação de Mestrado, Natal: Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica – UFRN.

- 10 DANTAS, E. L.; et al. (2013). Mapa geológico da Folha João Câmara. Escala 1:100.000. Brasília: CPRM-Serviço Geológico do Brasil.
- 11 DANTAS, E. L. **Geocronologia U-Pb e Sm-Nd de terrenos Arqueanos e paleoproterozóicos do Maciço Caldas Brandão, NE do Brasil**. 1997. 206 p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1997.
- 12 DANTAS, E. L.; Van Schmus, W. R.; Hackspacher, P. C.; Fetter, A. H.; Brito Neves, B. B.; Cordani, U.; Nutman, A. P.; Williams, I. S. 2004. **The 3.4-3.5 Ga São José do Campestre massif, NE BRazil**: Remnants of the oldest crust in South America. *Precambrian Research*, 130: 113-137.
- 13 DANTAS, M. E.; ARMESTO, R. C. G.; ADAMY, A. **Origem das paisagens**. In: Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro. SILVA, Cassio Roberto da (Ed.). Rio de Janeiro: CPRM, 2008. 264 p. il. p. 34-56.
- 14 DIAS, L. G. S. (2006). **Caracterização geológica, geoquímica e geocronológica da suíte plutônica neoproterozóica da região de Serrinha, porção centro-leste do Maciço São José de Campestre, sudeste do RN**. Dissertação de Mestrado, Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica-UFRN 174p.
- 15 EL-HAGGAR, S.M. **Sustainable Industrial Design and Waste Management**. 1st edition. Burlington: Elsevier Ltd., 2007.
- GANGA, G. M. D. (2012) *Trabalho de conclusão de curso (TCC) na engenharia de produção: um guia prático de conteúdo e forma*. São Paulo: Atlas.
- 16 HILSON, G.,. Defining “cleaner production” and “pollution prevention” in the mining context. **Minerals Engineering**. v.16, p. 305-321, 2003.

17 HIROSE, M., **Produção mais limpa garante sustentabilidade**. Revista da FAT - Publicação TRIMESTRAL da Fundação de Apoio à Tecnologia Ano II - Número 3 - JUN/JUL/AGO'2005.

18 JARDIM DE SÁ, E. F. **A faixa Seridó (Província Borborema NE do Brasil) e o seu significado geodinâmico na cadeia Brasileira / Pan-Africana**. Brasília, 1994. 803p. 2 mapas (Tese de Doutorado, 3) Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 1994.

19 _____. Geologia da região do Seridó: reavaliação dos dados. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE 11, 1984, Natal. **Atas...** Natal: SBG. Núcleo Nordeste, 1984. 473p. il (Boletim do Núcleo Nordeste da SBG, 9) p.278-296.

20 MORAES NETO, J. M.; ALKMIN, F. F. A deformação das coberturas terciárias do planalto da Borborema (PB-RN) e seu significado tectônico. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 95-106, 2001.

21 NASCIMENTO, M.A.L., Medeiros, V.C., Galindo, A.C. (2008). Magmatismo Ediacarano a Cambriano no Domínio Rio Grande do Norte, Província Borborema, NE do Brasil. **Estudos Geológicos**, 18 (1), 4-29.

22 OLIVEIRA, J. F. G., ALVES, S.; Adequação ambiental dos processos usinagem utilizando Produção mais Limpa como estratégia de gestão ambiental - SCIELO - I Prod. vol.17 no.1 São Paulo Jan./Apr. 2007. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132007000100009>.

Acesso em 14/02/2017.

- 23 SALAZAR, V. L. P.. Produção mais Limpa (P+L). **Pesquisa & Tecnologia**, v. 10, p. 1, 2013.
- 24 SAMPIERI, Roberto Hernández; COLLADO, Carlos Fernández; LUCIO, Pilar Baptista. **Metodologia de Pesquisa**. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.
- 25 SEVERO, E.A.; DORION, E.; OLEA, P.M.; CAMARGO, M.E.; NODARI, C.H.; CRUZ, M.R., 2012. Cleaner production: cases of the metal-mechanic automotive cluster of Serra Gaúcha, Brazil. **African Journal of Business Management**. 6, 10232-10237.
- 26 SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Implementação de programas de produção mais limpa**. Porto Alegre: CNTL, SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL 2003a.
- 27 VAN HOOFF, B., LYON, T.P., 2013. Cleaner production in small firms taking part in Mexico's Sustainable Supplier Program. **Journal of Cleaner Production**. 41, 270-282.

APÊNDICE C – Formulário de coleta de dados

1. INFORMAÇÕES DA EMPRESA	
1.1 Informações Gerais	
Razão Social: GRANORTE – Mineração de Mármore e Granitos do Rio Grande do Norte Eireli;	
Nome Fantasia: Mineração Granorte;	
Endereço: Sítio Boa Vista dos Negros;	CEP: 59.360-000;
Cidade: Parelhas;	UF: RN;
Telefone:	E-mail:
Região: Seridó;	Número de habitantes: 20.354;
Ramo de atividade: Mineração;	Principais produtos: Blocos de granito;
Características da região: Semi-Árido;	
Data de instalação: 17/09/2007;	Data de instalação no local: 02/05/2013
Ramo de atividade: Mineração;	Principais produtos: Blocos de granito;
Regime de funcionamento: 07:00 às 11:00 e 13:00 às 17:00;	
CNPJ: 24.496.045/0001-67;	
Classificação: Empresa Individual de Responsabilidade Limitada;	
Classificação CNAE: Extração de granito e beneficiamento associado;	
Nº de empregados: <u>16</u> ;	
Nº de empregados terceirizados: <u>7</u> ;	
Faturamento anual:	
Mercado: Externo;	
Licenças Ambientais: <u>Licença de operação - LO</u> ;	
Contato na Empresa:	
Período de atuação do programa na empresa:	
Início: <u>10/06/2016</u> Fim: <u>10/05/2017</u> ;	
Consultores em formação: 1.	

1.2 Informações sobre programas e projetos da Empresa			
Programas ou projetos	Motivo da escolha	Implantação	Plano de implantar
Projeto Formalização Mineral	Operacional Legal	09/2007	Implementado em fase de conclusão
Projeto mapeamento de estruturas geológicas	Meio ambiente	10/2015	Em implementação
Projeto Diagnóstico para Produção Mais Limpa	Meio ambiente	09/2015	Em implementação, fase de diagnóstico concluída

1.3 Número total de funcionários						
Área	Próprios			Terceirizados		
	Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Médio	Máximo
Produção	5	6	7	2	3	4
Administração	2	3	4	1	1	1
Serviços Gerais	1	1	1	-	-	-
Outras Áreas	1	2	3	1	1	1
N.º de empreiteiras	1	1	1	1	1	1

1.4 Organograma da Empresa



1.5 Componentes do Ecotime			
Nome	Cargo	Setor	Formação
	Diretor	Administrativo	Empresário
	Encarregado	Lavra	Técnico
	Gerência de Operação	Lavra	Engenheiro

1.5.1 Treinamentos	
Horas de treinamento realizados:	<u>16 horas;</u>
Nº de funcionários próprios treinados:	<u>02;</u>
Nº de funcionários terceirizados treinados:	<u>01;</u>
% de funcionários treinados da empresa:	<u>12,5;</u>
% de funcionários treinados terceirizados:	<u>14,2;</u>

1.6 Localização da Empresa
Zona rural em território quilombola.

1.6.1 Vizinhança	
Vizinhança	Distância
Residências	500 m
Comércio	1.300 m
Indústria	1.600 m
Outros (sítios):	2.800 m

1.8 Informações Adicionais

A empresa opera em território quilombola com anuência do INCRA e com responsabilidade social quanto a comunidade. O comércio mais próximo da área do empreendimento está localizado no sítio Boa Vista dos Negros, zona rural de Parelhas e o sítio mais próximo depois da Comunidade de Boa Vista é o Sítio Cobra que dista cerca de 2,8 km. A indústria de cerâmica vermelha está a cerca de 1.600 metros da área de mineração.

2. RESUMO DA SITUAÇÃO AMBIENTAL

2.1 Licenciamento Ambiental

Licença	Número da Licença	Vencimento
Licença de Operação (IDEMA)	2015-085409/TEC/RLO/0152	29/12/2019
Cadastro Técnico Federal (IBAMA)	6897516	05/09/2017

Observação: A licença ambiental do empreendimento é uma renovação de licença de operação.

2.2 Direito Minerário

Processo	Fase	Vencimento
848.210/2007	REQUERIMENTO DE LAVRA	-
Guia de Utilização	RENOVAÇÃO	-

2.3 Pendências Ambientais

A empresa não possui pendências ambientais no momento.

3. REVISÃO DE TEMAS LEGAIS

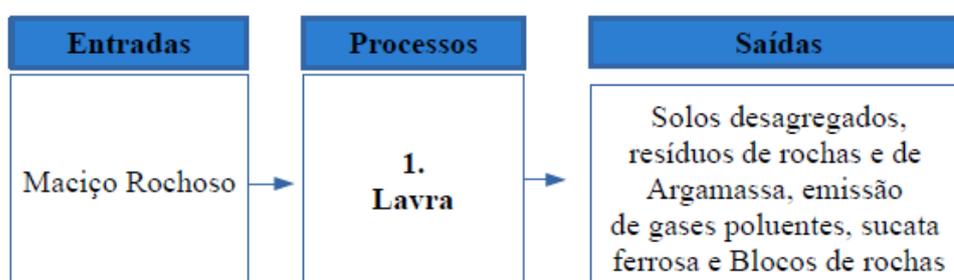
Tema	É aplicado a empresa	A empresa está adequada	Evidência
Licenciamento Ambiental	Sim	Sim	Licença de Operação e CTF
Direito de uso de Recursos Hídricos	Sim	Não	Outorga de Água
Direito Minerário	Sim	Sim	Guia de Utilização
Resíduos Sólidos	Sim	Sim	PGRS
Ministério do Trabalho	Sim	Sim	Plano de Gerenciamento de Riscos-PGR e CIPAMIN

4. INFORMAÇÕES SOBRE O PROCESSO

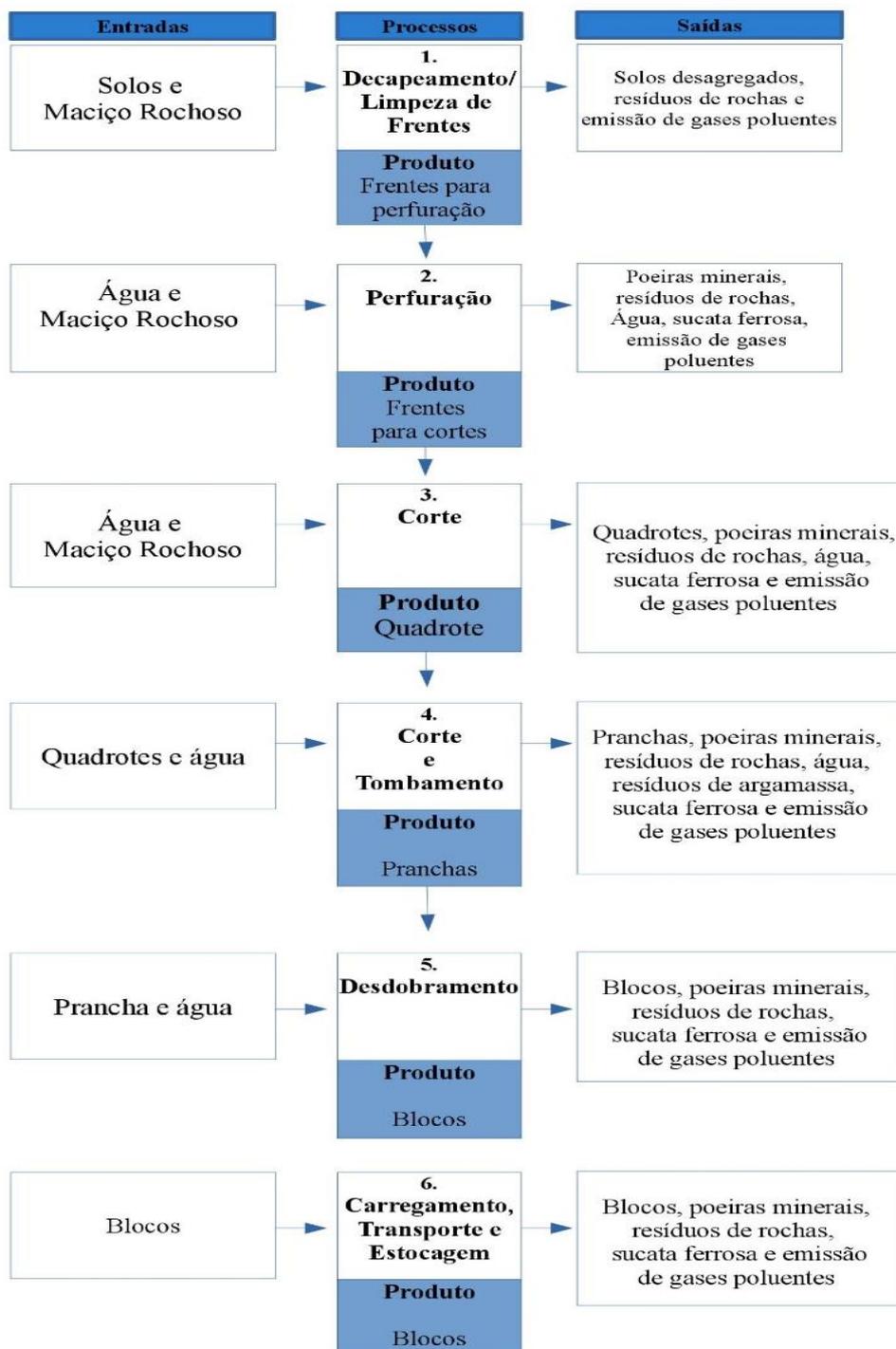
Para que possamos entender o processo de lavra é necessário conhecer o conceito. Lavra de acordo com o código de Mineração em seu capítulo III, Art. 36 é o conjunto de operações coordenadas objetivando o aproveitamento industrial da jazida, desde a extração de substâncias minerais úteis que contiver, até o beneficiamento das mesmas. No que diz respeito a lavra de rocha ornamental existem peculiaridades no tocante a forma de extrair o recurso mineral, haja vista que o mesmo deve ser preservado ao máximo para que garanta as propriedades físicas e estéticas do material. O produto final de uma lavra de rocha ornamental são blocos padronizados.

4.1 Fluxogramas de processo

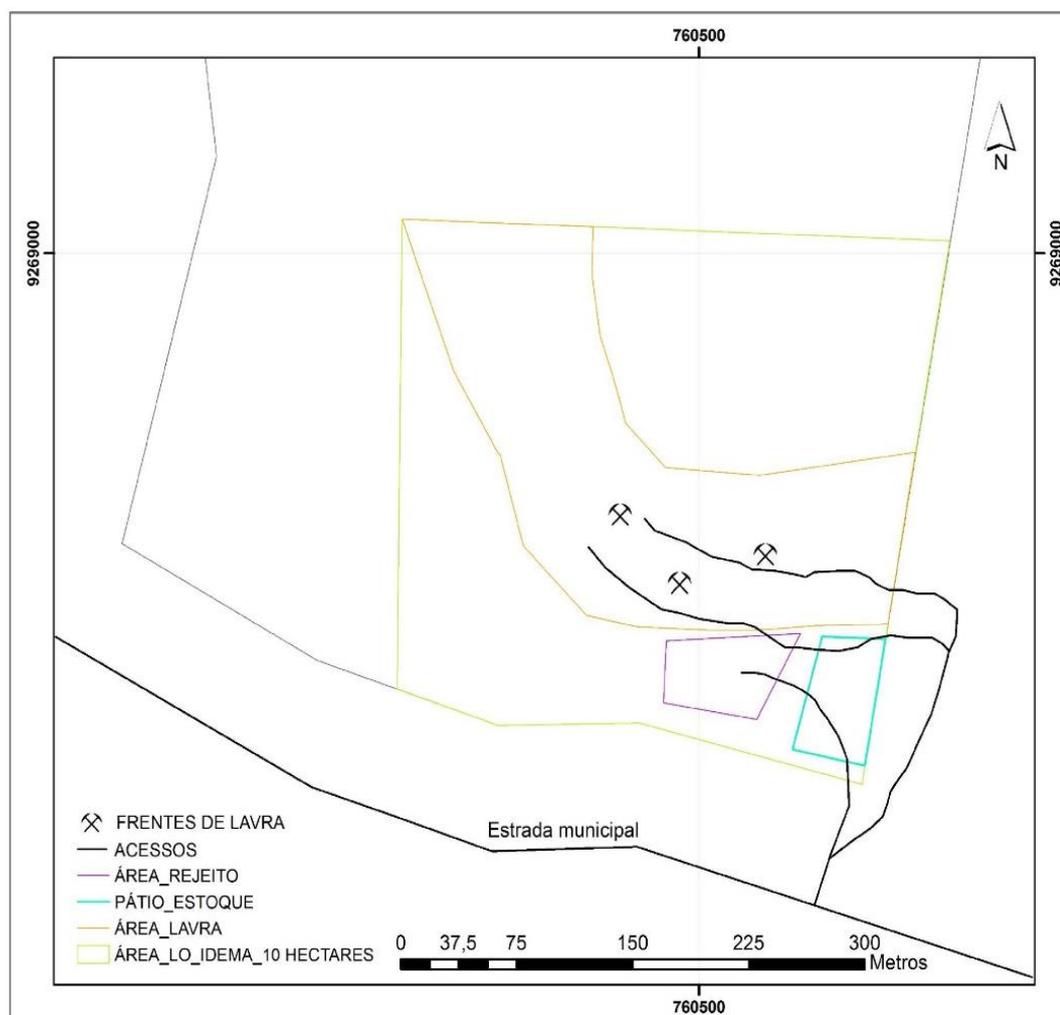
4.1.1 – Fluxogramas do processo - Avaliação Global (Lavra de Rocha Ornamental)



4.1.2 – Fluxograma do processo – Avaliação Intermediária



4.1.3 Layout das Instalações



4.2 Levantamento de dados do processo

4.2.1 Produto e Perdas - Avaliação Global

Produto	Quantidade anual autorizada	Quantidade anual produzida	Unidade
Blocos	16.000	5.718,25	toneladas
Desperdício	-	11.771,79	toneladas

4.2.2 Principais subprodutos, resíduos, efluentes e emissões – Avaliação Global

Nome	Associar a matéria prima			Custo com resíduos					Valor de venda	Total	Destino
	(A) Quantidade anual do resíduo	(B) Custo da MP (R\$)	(AxB) Custo do resíduo associado à matéria- prima (R\$)	Armazenagem	Tratamento	Transporte	Disposição	Subtotal			
Rocha e solo	11.771,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Pilha de estéril
Sucata Ferrosa	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Reciclagem
Plásticos	0,045	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Reciclagem

4.2.3 Informações sobre água

Fontes de Abastecimento	Quantidade* (unidade usual)	Quantidade (m³/ano)
Rede pública	0	0
Poço ou nascente	139,2 m³/mês	1.670,40
Rios, arroios ou lagos, especificar o nome:	0	0
Açude	0	0
Barragem de acumulação	0	0
Outras, especificar qual:		

4.2.4 Informações sobre energia

4.2.4.1 Consumo de Combustível

Equipamento	Combustível	Quantidade Mensal (litros)	Quantidade Anual (litros)
Escavadeira Volvo 220 DL	Diesel S500	2880	34.560
Carregadeira sobre pneus Volvo L120F	Diesel S500	2400	28.800
Caminhão pipa	Diesel S500	550	6.600
Compressor Atlas Copco XAS186	Diesel S500	2160	25.920
Gerador	Diesel S 500	1920	23.040

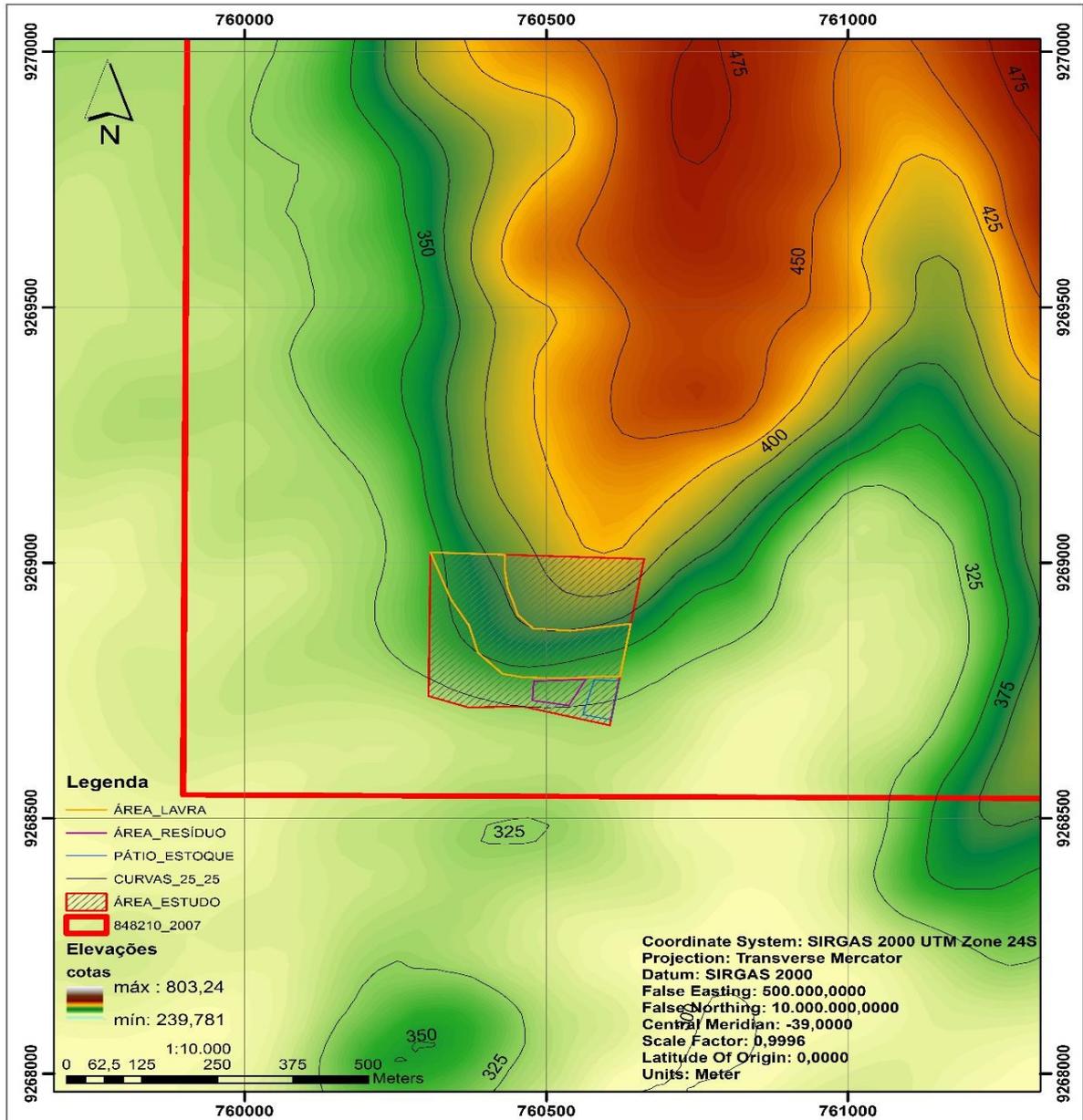
Combustível	Quantidade Mensal (litros)	Quantidade Anual (litros)
Diesel S500	9.910	118.920,00

O fator de emissão de CO₂ para equipamentos pesados a diesel de acordo com o método *Bottom-up* é de 3140 g/kg de combustível. A densidade do diesel S500 é de 850 kg/m³. Estima-se que por mês, conforme o consumo levantado, esta mina produza uma emissão de CO₂ de cerca de 26,45 toneladas, o que totaliza por ano 317,38 toneladas.

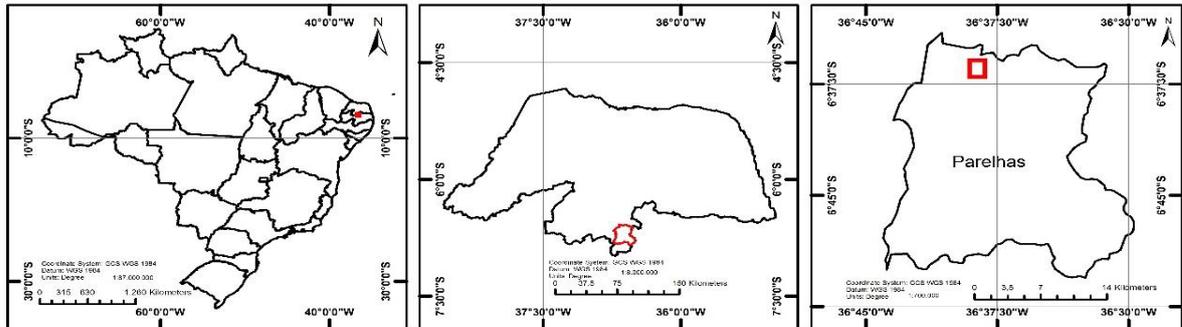
4.2.5 Principais equipamentos utilizados na lavra

Nº	Equipamento	Quantidade de equipamentos	Nome da etapa do fluxograma	Capacidade Nominal	Operação	Ano de fabricação ou instalação	Datas de reformas ou ampliações
1	Escavadeira Volvo 220 DL	01	Decapeamento/ carregamento	1800 rpm	Lavra	2014	05/02/2017
2	Pá Carregadeira Volvo L120F	01	Desdobramento /carregamento	1700 rpm	Lavra	2015	03/04/2017
3	Caminhão Pipa	01	Aspersão	5000 lts	Lavra	2012	06/03/2017
4	Compressor Atlas Copco XAS 186	02	Perfuração	400 PCM	Lavra	2014	03/02/2017
5	Gerador	01	Corte	75 kva	Lavra	2010	06/04/2017
6	Martelo Down the hole	01	Perfuração	-	Lavra	2015	02/03/2017
7	Martelo manual	02	Perfuração	-	Lavra	2015	03/04/2017
8	Máquina Cortadora	01	Corte	75 hp	Lavra	2014	05/02/2017
9	Perfuratriz sobre trilho	01	Perfuração	-	Lavra	2015	05/03/2017

APÊNDICE D – Planta de detalhe



MAPA GEOMORFOLÓGICO COM ZONEAMENTO AMBIENTAL



ANEXO A – Comprovante de submissão de artigo no periódico da Revista Geociências

www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/author

WWW.REVISTAGEOCIENCIAS.COM.BR

CAPA SOBRE PÁGINA DO USUÁRIO PESQUISA ATUAL ANTERIORES [OPEN JOURNAL SYSTEMS](#)

[Ajuda do sistema](#)

Capa > Usuário > Autor > **Submissões Ativas**

Submissões Ativas

ATIVO ARQUIVO

ID	MM-DD ENVIADO	SEÇÃO	AUTORES	TÍTULO	SITUAÇÃO
11780	09-12	ART	Pereira, de Pontes, da Silva	UMA ABORDAGEM SOBRE PRODUÇÃO MAIS LIMPA NA LAVRA DE ROCHA...	EM AVALIAÇÃO: REVISÕES REQUERIDAS

1 a 1 de 1 itens

Iniciar nova submissão

[CLIQUE AQUI](#) para iniciar os cinco passos do processo de submissão.

 Geosciences = Geociências, Rio Claro, SP, Brasil - eISSN: 1980-900X - está licenciada sob [Licença Creative Commons](#) > > > > 

USUÁRIO
Logado como:
ranieri

- [Meus periódicos](#)
- [Perfil](#)
- [Sair do sistema](#)

AUTOR

Submissões

- [Ativo \(1\)](#)
- [Arquivo \(0\)](#)
- [Nova submissão](#)

IDIOMA

Selecione o idioma

Português (Brasil) ▾

CONTEÚDO DA REVISTA

Fonte: Sítio revista eletrônica Geociências. Disponível em:

<<http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/author/submissionReviews/11780#.WRcoXKfbIzY.email>>.