

LEONEL BITTENCOURT BAIMA

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL E DE PROCESSO DA LAVRA DE ROCHA
ORNAMENTAL COM VISTAS A APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE PRODUÇÃO
MAIS LIMPA**

Artigo Científico apresentado ao curso de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais, Mestrado Profissional, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Dr. Julio Cesar de Pontes.

NATAL-RN

2018

LEONEL BITTENCOURT BAIMA

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL E DE PROCESSO DA LAVRA DE ROCHA
ORNAMENTAL COM VISTAS A APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE PRODUÇÃO
MAIS LIMPA**

Artigo Científico apresentado ao curso de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais, Mestrado Profissional, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ciências Ambientais.


Trabalho de Conclusão de Curso apresentado e aprovado em 29/08/2018,
pela seguinte Banca Examinadora:

BANCA EXAMINADORA



Dr. Julio Cesar de Pontes - Presidente

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte



Prof. Dr. Mario Tavares de Oliveira Cavalcanti Neto – Examinador interno

Universidade Federal do Rio Grande do Norte



Prof. Dr. João Batista Monteiro de Sousa – Examinador interno

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte



Prof.ª Dra. Ana Karatina Oliveira Aragão - Examinadora externa

Uninassau

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL E DE PROCESSO DA LAVRA DE ROCHA
ORNAMENTAL COM VISTAS A APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE PRODUÇÃO
MAIS LIMPA
ENVIRONMENTAL AND PROCESSING DIAGNOSIS OF THE ORNAMENTAL
ROCK LAVAGE WITH A VIEW TO THE APPLICATION OF CLEANER
PRODUCTION TECHNIQUES**

Leonel Bittencourt Baima *

Julio Cesar de Pontes **

RESUMO: A gestão de resíduos sólidos no setor de rochas ornamentais é de grande importância, tendo em vista a enorme quantidade de resíduos gerados no processo, que em média atingem a faixa de 65 a 75%. Além de representar perdas na produção, os rejeitos afetam o meio ambiente e a desperdício dos recursos minerais, causando um grande impacto socioambiental. Uma vez que os rejeitos são depositados e estocados de forma inadequada, prejudica a própria sequência dos trabalhos de extração e além disso criando riscos de acidentes. Implementou-se um estudo de caso realizado em uma pedreira de rocha ornamental, que promove a extração de granito, localizada no Sítio Mufumbo, município de Parelhas-RN, inicialmente foi feito um levantamento bibliográfico sobre sustentabilidade, atividade mineradora, gestão de resíduos sólidos e mineração. Constatou-se que os processos que associam-se à atividade econômica da mineração são responsáveis pela geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, ocasionando comprometimento ambiental, o qual pode ser, por vezes, irreparável. A respeito dos impactos para pesquisas, No presente caso, tem-se que a extração de rochas ornamentais é um procedimento gerador de vultuosos volumes de resíduos sólidos, de maneira que deve ser promovido o seu aproveitamento através do emprego em materiais que podem ser utilizados e comercializados.

Palavras-chave: Diagnóstico ambiental. Rochas ornamentais. Sustentabilidade.

ABSTRACT: Solid waste management in the ornamental rock sector is of great importance given the enormous amount of waste generated in the process, which on average reaches the range of 65 to 75%. In addition to representing losses in production, tailings affect the environment and the waste of mineral resources, causing a great socio-environmental impact. Since the tailings are deposited and stored improperly, it damages the very sequence of the extraction work and also creates risks of accidents. Regarding the methodology, a case study was carried out in an ornamental rock quarry located in the Mufumbo site, in the city of Parelhas, RN. Initially a bibliographic survey was carried out in scientific articles, periodicals, annals of congresses, books, theses, dissertations, laws, standards, and manuals on the topics discussed here. It was found that the processes associated to the economic activity of the mining are responsible for the generation of solid, liquid and gaseous wastes, causing environmental compromise, which can sometimes be irreparable. In the present case, the extraction of ornamental rocks is a procedure that generates large volumes of solid waste, so that its use must be promoted through the use of materials that can be used and marketed.

Keywords: Environmental diagnosis. Ornamental rocks. Sustainability.

* Aluno do curso de Pós-graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais da Instituição Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte.

** Professor Doutor do curso de Pós-graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais da Instituição Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte.

1 INTRODUÇÃO

A indústria da mineração é uma atividade ambientalmente agressiva, ao longo de seu processo produtivo, causa desmatamentos, degradação de habitats e alterações na geomorfologia e biodiversidade local. Por outro lado, o progresso técnico e econômico impulsiona esta atividade em busca de matérias-primas básicas para a manutenção do estilo de vida da sociedade moderna (LEITE; JÚNIOR; FABRI, 2012).

A rocha ornamental é definida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) na NBR 15012:2013, como:

Um material rochoso natural, submetido a diferentes graus ou tipos de beneficiamento, utilizado exercendo uma função estética. A rocha para revestimento corresponde à rocha natural que, submetida a processos diversos de beneficiamento, é utilizada no acabamento de superfícies, especialmente pisos, paredes e fachadas, em obras de construção civil (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p.32).

O setor de rocha ornamental se destaca na economia brasileira com importante parcela na pauta de exportações, somando US\$ 1.107,1 milhões e 2,36 milhões toneladas em 2017, os três principais destinos foram Estados Unidos da América (EUA), China e Itália. O Rio Grande do Norte figura na atualidade como o 5º maior exportador tratando-se de rochas ornamentais de modo geral (ABIROCHAS, 2018).

No âmbito das rochas ornamentais, a gestão de resíduos sólidos é de grande relevância, considerando-se que os resíduos sólidos gerados podem atingir a representação de 75% do total extraído. Ressalta-se os impactos ambientais causados pelos rejeitos, assim como os riscos oriundos de sua inadequada alocação (CAMPOS, 2009).

Técnicas de Gestão ambiental como a Produção mais Limpa (P+L) podem ser aplicadas a atividade de lavra a fim de minimizar os impactos ambientais causados ao meio ambiente, reduzir o uso predatório dos recursos naturais e cumprir com os requisitos legais previstos no licenciamento ambiental, assegurando ganhos nas esferas social, econômica e ambiental, colaborando para a sustentabilidade local e competitividade da empresa.

De acordo com a United Nations Environmental Program/United Nations Industrial Development Organization (UNEP/UNIDO) (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2014), a Produção mais Limpa é a aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva e integrada, nos processos produtivos, nos produtos e nos serviços, para reduzir os riscos.

É importante a promoção de um estudo detalhado da região e de suas atuais circunstâncias, ou seja, um diagnóstico ambiental. Neste contexto, a reparação dos impactos provenientes dos resíduos de mineração trata-se de um grupo de programas que indica medidas ambientais mitigadoras, com vistas a compensar, prevenir e monitorar os danos ambientais. As medidas mitigadoras apresentam o potencial de suavizar as implicações dos impactos negativos. Isto posto, tem-se que estes aspectos são aplicáveis no caso de impactos provenientes da má gestão de resíduos ambientais.

As técnicas de Produção Mais Limpa, tais como alterações no processo e emprego de boas práticas operacionais, delineamento de avanços de lavra, por vias

de estudos de geologia estrutural, são capazes de estabelecer considerável redução na geração de resíduos, registra Pereira (2017).

Este artigo foi desenvolvido com o objetivo de realizar um diagnóstico ambiental e de processo da atividade de lavra de rocha ornamental, considerando-se a extração do granito no Sítio Mufumbo em Parelhas-RN, fornecendo o embasamento necessário para se dar os primeiros passos rumo a implementação do programa de P+L.

2 METODOLOGIA

Este artigo tratou-se de um estudo de caso realizado em uma pedreira de rocha ornamental localizada no Sítio Mufumbo, município de Parelhas-RN, que promove exploração de granito. Inicialmente, foi feito um levantamento bibliográfico em artigos científicos, periódicos, anais de congressos, livros, teses, dissertações, leis, normas e manuais sobre lavra de rocha, mineração de rochas ornamentais e sustentabilidade.

O estudo de caso foi realizado com base na metodologia de implementação de técnicas de P+L recomendada pela United Nations Environmental Program (2004) e pelo CNTL (SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL, 2003).

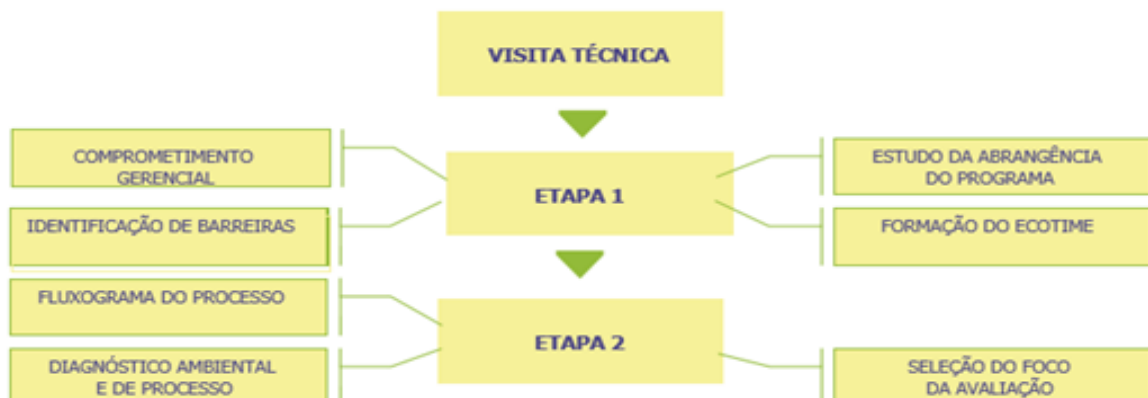
O diagnóstico ambiental considerado para a implementação desta pesquisa constou da pesquisa de Araújo (2015), pesquisadora que implementou uma pesquisa capaz de satisfazer a demanda de informações que o presente trabalho suscitou.

Para se adequar ao objetivo proposto neste trabalho e a realidade da empresa estudada, no contexto deste estudo, utilizou-se as etapas de planejamento e organização (1) e de pré-avaliação (2) e seus passos, quais sejam: obter comprometimento gerencial, identificar barreiras e soluções, estabelecer a abrangência da P+L, organizar *ecotime*, desenvolver fluxograma de processo e realizar diagnóstico ambiental e de processo (Fluxograma 1).

Promoveu-se uma análise por espectroscopia de raios C por dispersão em energia, em laboratório, conforme constante nos Apêndice A e B.

Para fins desta pesquisa, considera-se diagnóstico ambiental como sendo as características da qualidade ambiental de determinada área, objeto de estudo ambiental, com vistas a apresentar informações capazes de lastrear a avaliação dos danos aos ambientes socioeconômico, biológico e físico.

Fluxograma 1 - Passos para implementação de um programa de P+L.



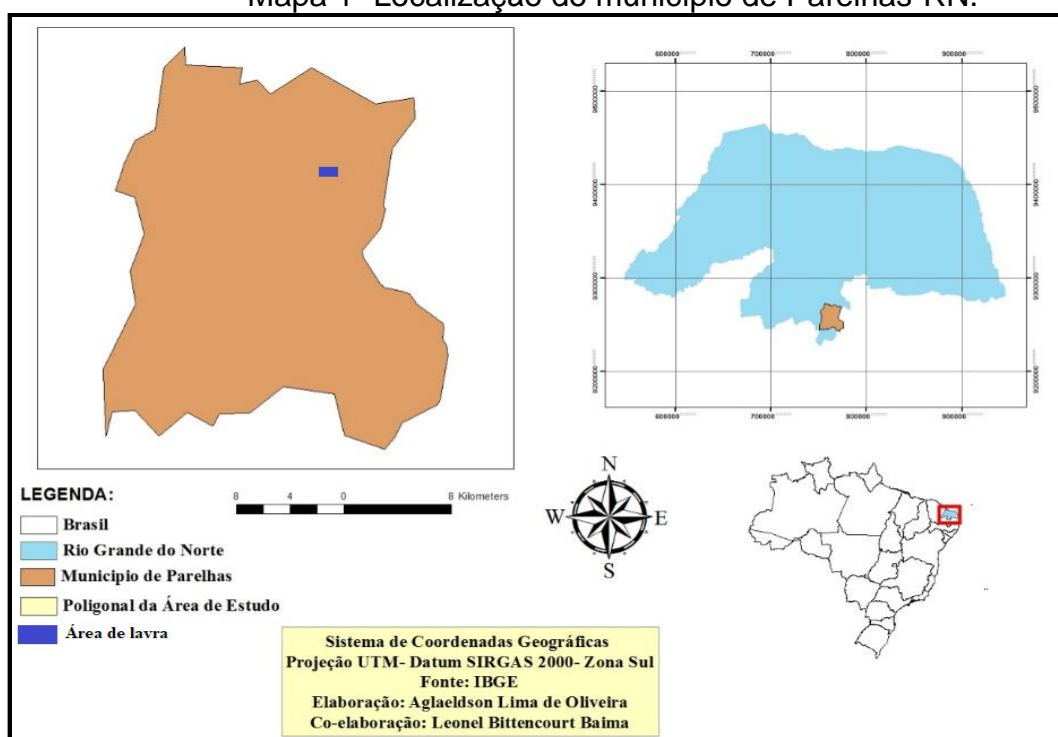
Fonte: Adaptado do Serviço Nacional De Aprendizagem Industrial (2003)

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Parelhas situa-se na mesorregião Central Potiguar e na microrregião Seridó Oriental, limitando-se com os municípios de Carnaúba dos Dantas, Equador, Jardim do Seridó e Santana do Seridó e com o Estado da Paraíba, abrangendo uma área de 523 km², inseridos na folha Jardim do Seridó (SB.24-Z-B-V), na escala 1:100.000, editada pela SUDENE.

A sede do município tem uma altitude média de 266 m e coordenadas 06°41'16,8" de latitude sul e 36°39'28,8" de longitude oeste, distando da capital cerca de 249 km. O mapa 1 exibe a localização do município Parelhas, em destaque a poligonal da área de estudo, que corresponde aos limites de lavra da pedra, autorizado pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM).

Mapa 1- Localização do município de Parelhas-RN.



Fonte: Elaboração própria em 2018.

O acesso ao local se faz a partir de Natal-RN, através da BR-427, no sentido oeste do estado, na direção da sede do município de Jardim do Seridó, onde se percorre 208 km, passando pelas sedes dos Municípios de Santa Cruz, Currais Novos e Acari-RN, até o entroncamento com RN-221. A partir deste entroncamento e por esta segunda rodovia serão percorridos, mais 20 km, até a sede do município de Parelhas-RN.

Para o acesso ao Sítio Mufumbo, localizado na zona rural de Parelhas, toma-se uma estrada carroçável, no sentido Nordeste, na direção de Nova Palmeira-PB, passando pela Fazenda Carnaubinha, que distam aproximadamente, 15 km e mais 4 km, na direção Leste até o local da área objeto do estudo.

O percurso acima descrito totaliza 247 km, sendo 228 km feitos por estradas pavimentadas e 19 km por uma estrada carroçável, transitável durante qualquer período do ano.

4 EXPLORAÇÃO DE ROCHAS ORNAMENTAIS: CONTEXTO E CARACTERÍSTICAS

A exploração de rochas ornamentais constituiu-se em um aspecto de notável evidência na economia de vários países. Em nível mundial, entre os anos de 2009 e 2015, ocorreu uma expansão na produção de 5% ao ano. Em 2015, a produção de granito representou 37,9% da produção (53,2 milhões de toneladas), superado apenas pelo mármore (58,3% ou 81,5 milhões de toneladas) (BEZERRA, 2017).

No cenário mundial, tem-se que o Brasil se encontra na terceira colocação no que diz respeito ao beneficiamento de rochas ornamentais, com um processamento, em 2015, de 4,3 milhões de toneladas; no concernente ao consumo, o país ocupa a quarta colocação, com 3 milhões de toneladas, em 2015. Neste mesmo ano, a região Nordeste representa 18% da produção nacional, encontrando-se a região Sudeste na primeira colocação, com 69% da produção nacional (BEZERRA, 2017).

Considerando-se a extração de granito, a região Sudeste apresenta 639 estabelecimentos de extração, ao passo que a região Nordeste disponibiliza 140 estabelecimentos (dentre estes, 46 encontram-se no Estado do Rio Grande do Norte), ao passo que a região Sul concentra 18 empresas, a região Centro Oeste é representada por 7 organizações e a região Norte manifesta 21 empreendimentos, num total nacional de 809 estabelecimentos voltados à extração de granito, com o apoio de 8.613 trabalhadores DNPM/Agência Nacional de Mineração (ANM) (BRASIL, 2017).

No que diz respeito às exportações, tem-se que os granitos representam 90% das exportações nacionais de pedras naturais. No Nordeste, a exportação representou um total de US\$ 32,6 milhões (17% do total nacional), em 2016; no Estado do Rio Grande do Norte exportou, no mesmo ano, 20,6 milhões de toneladas de rochas silicáticas brutas (com predominância do granito, dentre estas), equivalente a US\$ 5,2 milhões (BRASIL, 2017).

4.1 PROCESSOS DE LAVRA

As rochas ornamentais têm suas jazidas exploradas por vias da associação de várias formas de extração, com vistas a ampliar ao máximo a produção, otimizando-se, conseqüentemente, as implicações financeiras e econômicas. As técnicas de lavra estabelecem a sequência do tempo e do espaço dos procederes e dos ciclos para efetuar-se a exploração de determinada jazida, de forma que a adequada seleção da modalidade de lavra mostra-se como atributo da morfologia dos afloramentos, das propriedades alusivas ao material a ser explorado, das condições de fraturamento e do volume alocado na reserva (REGADAS, 2006).

De acordo com Regadas (2006), a lavra da rocha ornamental é composta pelas modalidades matacão e maciço rochoso. A segunda partilha-se entre seletiva, subterrânea, bancada (alta, quando superior a 4 metros e baixa, quando inferior a 4 metros), desmoroamento e matacão.

Considerando as técnicas de corte, o desenvolvimento da tecnologia propiciou o aperfeiçoamento das referidas técnicas, dividindo-se as tecnologias tradicionais em dois grupos: corte e cíclicos. Nesta modalidade, tem-se que os cortes demandados para efetivar-se o isolamento de determinado volume rochoso dá-se por diversos eventos, ocorrendo parcial o integral sobreposição entre si, caracterizando as fases cíclicas, sendo um procedimento versátil e adaptativo.

A modalidade cíclica divide-se em Corte por meio de perfuração e explosivos, perfuração contínua, divisão mecânica por meio de cunhas e divisão por intermédio de agentes explosivos. O corte realizado por via de perfuração e explosivos consiste na inserção de explosivos em perfurações realizadas na estrutura rochosa, alinhando-se conforme um planejamento de corte, podendo ser a intensidade muito reduzida, com o escopo de apenas segregar a rocha na área entre as perfurações, sendo de elementar execução e baixo custo (COELHO; VIDAL, 2003).

A modalidade de perfuração contínua caracteriza-se pela realização de perfurações sobrepostas, visando-se a obtenção de um segmento de ruptura ininterrupto; a divisão através de cunhas (ou mecânica) caracteriza-se pela perfuração, utilizando-se cunhas, as quais realizam a ruptura rochosa, por vias de planos anteriormente determinados, conforme a orientação mineral. A divisão implementada por agentes explosivos ocorre no posicionamento dos concernidos agentes sobre os blocos. O corte contínuo se dá através de procedimentos implementados sem utilização dos explosivos e das perfurações, com destaque para a lavra de rochas de granitos e mármore. A técnica *jet-flame*, que emprega o maçarico, é apontado para utilização particular em rochas silicatadas, sendo preferível sua homogeneidade; o procedimento é caracterizado por vias de um maçarico, instalado em uma haste (ou lança). O calor propalado pelo maçarico implica em uma temperatura de 1.500 °C, ocasionando a dilatação diferencial mineral. O cortador com corrente consiste em um braço, no qual aloca-se uma corrente dentada. Esta realiza um movimento giratório em sua periferia, direcionando, assim, o corte (REGADAS, 2006).

Os resíduos de mineração classificam-se em duas modalidades: os rejeitos e os estéreis. Estes consistem nos materiais escavados, não possuindo valor de natureza econômica. Os rejeitos são provenientes do beneficiamento de minerais, consistindo em materiais diversos: pneus, carcaças de baterias, esgoto das plantas da mineração, dentre outras substâncias (RODRIGUES, 2017).

Novas técnicas de realização de corte baseiam-se no emprego de materiais diamantados e jatos de água com elevado impulsionamento. O uso da corrente diamantada e do fio diamantado assemelha-se ao equipamento tradicional, entretanto, utilizam-se peças com áreas diamantadas, obtendo-se perfeição no corte, não demandando-se preparação no decorrer da execução do processo. A técnica do jato de água também é empregada, consistindo em um ou diversos jatos, sob alta pressão, realizando a desfragmentação, apresentando elevada eficácia (SKY, 2017).

5 PRODUÇÃO MAIS LIMPA

O modelo de gestão ambiental nominado Produção Mais Limpa (P + L) consiste em um mecanismo de elevada eficácia, no que diz respeito ao cumprimento das demandas ambientais e com vistas a possibilitar o desenvolvimento sustentável. A expressão Produção Mais Limpa teve sua propositura pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, com o objetivo de apresentar respostas aos questionamentos de como desenvolver a produção de maneira sustentável.

A P + L trata-se da ininterrupta aplicação de uma estratégia de viés ambiental, preventiva e vinculada a serviços, produtos e processos, almejando-se intensificar a eficiência e atenuar os riscos ao meio ambiente (UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION, 2005).

Desta forma, a P + L visa ao atendimento da demanda de produtos sustentáveis, utilizando-se eficientemente energias e materiais renováveis, incapazes de causar danos, promovendo a conservação da biodiversidade. Assim, a P + L apresenta sistemas circulares, os quais utilizam uma reduzida quantidade de recursos, os quais deslocam-se pelo ciclo produtivo e pelo consumo de forma letárgica. A visão conservadora questiona o que pode-se realizar com os resíduos e as emissões, ao passo que na P + L, a proteção ao meio ambiente apresenta o seguinte questionamento: qual a origem das emissões e resíduos? qual a razão da sua transformação em tal estado? (CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS, 2005).

O princípio elementar da metodologia da P + L é atenuar ou eliminar, no decurso do processo produtivo (e não ao seu término), o que se explica devido à integralidade dos resíduos produzidos apresentam custos, tendo em vista que sua aquisição foi realizada como matéria prima, demandou-se do consumo de energia e água, dentre outros insumos. Após sua geração, permanecem a dispendir dinheiro (ou por multas por inadequada destinação ou por gastos com adequada alocação e tratamento) (CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS, 2005).

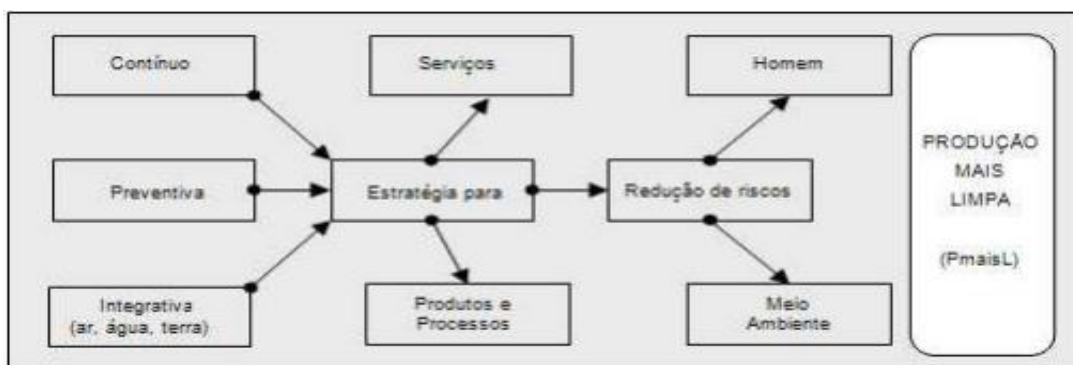
Desta maneira, a P + L trata-se de uma maneira preventiva de combater a poluição, levando à redução das despesas com água, sendo uma técnica preventiva, visando a redução da poluição, implicando na economia de água e de energia, aumentando-se a competitividade e a lucratividade (CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS, 2005).

De acordo com Fernandes et al. (2001), a Produção Mais Limpa consiste em uma implementação contínua de estratégias tecnológicas, ambientais e econômicas, associadas aos processos e produtos, com vistas a intensificar a eficiência na utilização das matérias primas, recursos energéticos e água, por vias da reciclagem, atenuação ou não geração de resíduos, no decorrer do processo produtivo.

Segundo a definição de Fernandes (2001), a P+L demanda quatro ações básicas, sendo a primeira definição incapaz de integral aplicação, ao passo que o segundo estágio consiste na redução da geração residual. O reaproveitamento de resíduos no processo produtivo é a ação seguinte e a última consiste na reciclagem, promovendo-se o aproveitamento das sobras ou do produto, para a criação de materiais novos (HENRIQUES et al., 2007).

O fluxograma 2 demonstra os elementos elementares, suscitando uma abordagem de caráter preventivo, de maneira responsiva à responsabilidade financeira aportada pelos custos decorrentes do controle dos tratamentos de final de tubo e da poluição.

Fluxograma 2 - Componentes elementares da estratégia de P+L



Fonte: United Nations Industrial Development Organization (1995).

O fator de maior relevância da P+L é que não há a requisição apenas do aperfeiçoamento tecnológico: estabelece a implementação de *know-how* e alterações das atitudes, de maneira que a consubstanciação de tais fatores constroem seu destaque diante de técnicas diversas, associadas aos processos produtivos.

A implementação de *know-how* tem como função a melhoria da eficiência, por vias da realização de técnicas de gestão aperfeiçoadas, promovendo alterações através das práticas de *housekeeping* ou resoluções caseiras, realizando-se a revisão de políticas. A mudança de atitude não implica na identificação de abordagens inéditas para as relações entre meio ambiente e organização, visto que, considerando-se um produto ou um processo industrial, é possível ocorrer o surgimento de resultados otimizados, não sendo necessária a aplicação de tecnologias novas.

Desta maneira, a estratégia dominante para a satisfação dos objetivos é a de alterar as circunstâncias na fonte e não resolver os sintomas (CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2009).

6 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

6.1 GEOMORFOLOGIA

O aspecto genético e a evolução das formas de relevo ora apresentadas evidenciam no contexto regional, fenômenos a variações paleoclimáticas.

As estruturas regionais com formas suaves, ondulados, com vales em U, rios com meandros e erosão horizontal, significando, portanto, que o relevo atingiu a sua maturidade, segundo a classificação de Davis (ANO).

Ao sul da área da lavra, as estruturas regionais tendem a planares diminuindo a altitude, na direção do entalhamento do Rio Seridó, com cotas médias variando de 300 a 400 metros. Os cursos d'água também desempenharam um papel fundamental na modelação da morfologia regional atuando nos processos de erosão, transporte de sólidos e deposição dos sedimentos (NASCIMENTO, 2014).

No município de Parelhas, há tendências à sustentabilidade da mineração; todavia, os dados concernentes à referida atividade econômica manifestam-se isoladamente, em diminutas escalas, implicando em dificuldades para lidar-se adequadamente com o que diz respeito ao meio ambiente e à mineração.

Neste sentido, faz-se necessário produzir informações básicas alusivas ao subsídio de informações voltadas para o potencial econômico das jazidas, o beneficiamento (conforme o jazimento) e os métodos de lavra, deduzindo-se que a atividade não é sustentável.

Com o caráter de informações auxiliares, há indícios de que a rocha cloritaxisto é predominante, abrangendo 85% da área integral do município, havendo associação direta às superfícies aguçadas e convexas dissecadas (NASCIMENTO, 2014).

Os processos de pedogênese ocorrentes na rocha, assim como os morfogenéticos, propiciaram os neossolos regolíticos e litólicos, com composição de 92% da área do estudo implementado por Nascimento (2014).

6.2 SOLOS

Os solos da localidade segundo Mascarenhas et. al. (2005), estão relacionados às rochas Pré-cambrianas para os solos litólicos e Quaternário para os depósitos aluvionais. Os solos litolicoeutróficos se caracterizam por serem rasos, com textura pouco arenosa e bastante pedregosa. São originados de rochas gnáissicas, graníticas, xistos e presentes nas áreas, onde o relevo é ondulado e montanhoso. Estes solos apresentam baixos rendimentos nas atividades agrícolas e são explorados apenas para as atividades de pastoreios.

Os solos aluvionais são poucos representativos em termos de extensão, ocorrem nas partes planas das bacias de inundações, nos diversos riachos e seus afluentes da região e se caracterizam por apresentarem estruturas arenosas e argilosas.

Os solos líticos eutrófico predominam na região, sendo caracterizados por elevada fertilidade natural, textura arenosa e média, apresentado fase pedregosa e rochosa, com um relevo suave ondulado, ondulado, forte ondulado e com presença de montanhas. Praticamente, não ocorre o cultivo do solo, aproveitando-se a vegetação natural na pecuária extensiva, não havendo destinação à agricultura devido às restrições oriundas da escassez de recursos hídricos, assim como a carência da utilização de implementos agrícolas, devido a reduzida espessura, rochosidade e pedregosidade, de forma que é necessário preservar a vegetação natural para que ocorra a proteção da fauna e da flora (BRASIL, 2014).

A respeito das características propícias para a agricultura, tem-se que a aptidão regular restringe-se ao pasto, de forma que nas áreas sudoeste e leste, há indicação para preservação da fauna e da flora. Considerando-se o sistema de manejo, tem-se que este é pautado por baixo e médio nível tecnológico, de forma que as práticas agrícolas encontram-se condicionadas à tração animal e ao trabalho braçal, utilizando-se mecanismos agrícolas elementares (BRASIL, 2014).

6.3 RECURSOS HÍDRICOS

Este item aborda aspectos do fluxo hídrico superficial e algumas características hidrogeológicas da região levando-se em conta a dinâmica regional e suas características geológicas, bem como, fornece dados referentes à qualidade da água. (MASCARENHAS et. al., 2005).

A drenagem é constituída por pequenos riachos intermitentes, de modo que os vales apresentam-se secos durante pelo menos oito meses em cada ano. A rede hidrográfica é formada pelos Riachos das Pinturas, dos Bois e da Carnaubinha, que alimentam o Rio Seridó, que faz parte integrante do Rio Piranhas.

Na área objeto de estudo, a drenagem adquire um porte menos denso e assume um padrão dentrítico e sem nenhum controle estrutural. Predominam os sulcamentos dos relevos com feições onduladas, onde os pontos de máximas depressões coincidem com os leitos das drenagens.

A oferta de recursos hídricos, tanto em quantidade como em qualidade, é um dos principais fatores limitantes ao desenvolvimento das cidades, visto que esta demanda uma atividade contínua e não pode ficar sujeito às variações das distribuições de chuva, de forma que é necessário haver um manancial de água para suprir as demandas em períodos de estiagem.

Tais características da região semiárida tem levado a tomada de decisões, por parte dos órgãos governamentais visando a segurança hídrica adequada durante os

períodos de seca, pela construção de reservatórios para fornecimento de água para indústria, agricultura e abastecimento público (MOLLE, 1994).

É correto afirmar que os reservatórios são ecossistemas aquáticos artificiais formados a partir do barramento de um rio em uma bacia hidrográfica, possuindo características que remetem para sistemas lóticos, referente às águas continentais em movimento, ou lênticos, que são sistemas com águas paradas (CONAMA, 2005), de acordo com seu tempo de residência. Os concernidos sistemas promovem uma contínua e dinâmica ligação entre ecossistemas terrestres e aquáticos e por isso são sensíveis às intervenções artificiais na bacia de drenagem. A construção de reservatórios para diversos fins é uma das grandes experiências humanas na modificação dos ecossistemas naturais (STRASKRABA; TUNDISI, 1999).

Contudo, observa-se que a segurança hídrica adequada através da garantia de elevada quantidade de água armazenada nos reservatórios nem sempre é uma condição de disponibilidade adequada, visto que alguns fatores climáticos da região podem alterar em grande escala a qualidade da água armazenada.

As extensas cadeias de reservatórios existentes nas bacias do Brasil são de extrema expressão social, ecológica, econômica e hidrológica, haja vista que os referidos sistemas foram utilizados como base para o desenvolvimento regional, uma vez que são destinados para diversas finalidades, como hidroeletricidade, irrigação, piscicultura, transporte, controle de cheias, recreação, turismo e reserva de água para o abastecimento humano (POOLMAN; VAN DE GIESEN, 2006).

6.4 CLIMA

A fisiografia da região do Seridó está inserida no semiárido nordestino, onde o clima apresenta características adversas, com temperaturas elevadas e estações chuvosas curtas e irregulares. (MASCARENHAS et. al., 2005).

A respeito da hidrologia, os rios são caracterizados por um regime climático, onde as precipitações pluviais são escassas e mal distribuídas e uma alta taxa de evaporação determinada por um balanço energético positivo com grande incidência de radiação solar devido a um céu claro, com intensa insolação, implicando em temperaturas elevadas.

Há um déficit hídrico na região semiárida, a qual apresenta marcante diferença entre o período chuvoso, com precipitações concentradas em 3 a 4 meses do ano, e o período seco prolongado com taxas de evaporação potencial normalmente superando os 2000 mm/ano.

Na porção semiárida do estado do Rio Grande do Norte, a microrregião do Seridó é uma das áreas do planeta enquadrada pela Convenção de Combate à Desertificação (CCD) como núcleo de desertificação, devido ao fato de expressar baixos índices de umidade do solo, fato decorrente da alta evapotranspiração, vinculado à baixa ocorrência de chuvas. Tais regiões são bastante susceptíveis aos processos de desertificação relacionados com a ação da variação climática e com as atividades antrópicas

Em tais circunstâncias, nas quais os eventos pluviais ocorrem em baixas médias e com irregularidade em sua constância, a grande preocupação deve ser com as demandas, que necessitam ser monitoradas para uma possibilidade mais adequada de gestão das águas. Perante este fator, a evapotranspiração, que retira da superfície terrestre aproximadamente 59% do volume precipitado, figura como uma variável indispensável no monitoramento dos recursos hídricos e no

desenvolvimento de pesquisas que almejem à formulação de modelos que gerem sua estimativa de forma eficaz, eficiente e precisa.

A construção de barragens implica na produção de reservatórios, concebendo uma solução para o problema, visto que a água das chuvas é armazenada para uma utilização a posteriori. Contudo, com o decurso temporal, constatou-se que a solução para a falta de água não é apenas o armazenamento, mas é necessário que os recursos hídricos sejam de alta qualidade, demandando controle técnico dos reservatórios, visando impedir a contaminação da água.

A qualidade dos recursos hídricos é comprometida nos reservatórios devido a exploração dos recursos da água e do solo, de forma que a redução da qualidade hídrica está relacionada com a má conservação do solo e com o uso irracional dos recursos naturais (FRANCO, 2008). A agricultura, a criação de rebanhos e a atividade industrial próxima aos reservatórios revertem na alteração da qualidade da água represada, impedindo seu uso para as finalidades originais (CEBALLOS et al., 1997).

6.5 FLORA E FAUNA

A quase totalidade da região encontra-se recoberta pela vegetação de caatinga, ambiente caracterizado pelas temperaturas elevadas, umidades relativas médias e precipitações pluviométricas médias anuais baixas. Segundo Mascarenhas et. al. (2005), há a existência de caatinga hiperxerófila que corresponde à vegetação de caráter mais seco, com abundância de cactáceas e plantas de porte mais baixo e espalhadas.

Tais características climáticas, particulares da região semiárida, induzem ao estabelecimento de algumas feições, como a formação vegetal da região composta pela caatinga hiperxerófila, que são plantas resistentes à seca e solos de relevo plano com baixa profundidade e susceptíveis à erosão natural, com pouca ou nenhuma formação de aquíferos (CORDEIRO; OLIVEIRA, 2010).

Especificamente na área em volta da frente de lavra foi observada grande abundância de cactáceas, leguminosas e bromeliáceas. As espécies que se destacam são: Pereiro, Favela, Facheiro, Mufumbo, Marmeleiro, Xiquexique, Coroa-de-frade, Macambira, Unha-de-gato, Angico, Jurema branca, Juazeiro, Catingueira entre outras.

As alterações antrópicas que este ecossistema vem sofrendo nos últimos anos, principalmente com desmatamento através de queimadas para a implantação de atividades agrícolas, pastoreio e retirada de madeiras, remoção de solo, acarretam a destruição de habitats, conseqüentemente diminuindo as populações faunísticas, sobretudo dos animais de maior porte.

A Ornitofauna local encontra-se representada principalmente pela rolinha, tetéu, sibite, anum preto, anum branco, carcará, galo de campina, golinha, concriz, canção, papa-capim, azulão, canário, sabiá, casaca de couro, arribaçã, seriema, lambu, lavadeira, gavião, entre outros.

Da Herpetofauna existente na região os mais conhecidos são o calango, camaleão, tejo e as cobras coral, cascavel, jararaca, corre-campo, cobra-verde, jiboia dentre outras. Dentre os anfíbios, destacam-se o sapo cururu, perereca arborícola. Enquanto os mamíferos são representados principalmente pelo preá, tatu-verdadeiro, tatu-peba, gato-do-mato, mocó, gambá, raposa, dentre outros.

Esta caracterização ambiental é de suma importância uma vez que fornece embasamento que permite inferir os aspectos e impactos ambientais a que este frágil ecossistema de caatinga está sujeito.

7 DIAGNÓSTICO DE PROCESSO

Como toda atividade do ramo da mineração, a extração dos blocos de uma lavra de rochas ornamentais é uma atividade que causa um alto impacto ambiental. Destaca-se que tais impactos podem repercutir em danos ao meio ambiente e/ou agravos à população circunvizinha e aos funcionários da empresa.

Para se dar o início ao processo de extração do recurso natural, primeiramente, faz-se necessário o desmatamento e a remoção do solo para tornar viável o acesso e a operação da lavra, o que provoca um efeito negativo na fauna e flora, além do impacto visual. Foi constatado em campo através de visita in loco, um intenso movimento de máquinas pesadas, carros e caminhões consequentemente gerando impactos ambientais como ruídos e emissões atmosféricas (RODRIGUES, 2017).

Para operacionalização da lavra, há uma intervenção significativa no ambiente, com desmatamento e decapeamento do estéril, limpeza e terraplanagem das áreas de servidão, construções de acessos, área de estocagem e transporte de blocos, pátio de manobra, área de depósito de rejeitos, conforme pode ser observado mostrado na figura 1, na qual tem-se que: 1 = corte primário para desabamento de fatias maiores; 2 = esquadrejamento em corte secundário; 3 = vias de transporte dos blocos; 4 = desmatamento; decapeamento de estéril e 5 = Máquina de corte a fio diamantado (CABELLO, 2012).

Figura 1 - Ilustração de uma frente de lavra de rocha ornamental, em maciço, utilizando fio diamantado.



Fonte: Oliveira (2006).

O desmonte de rochas consiste na separação de blocos primários o qual denomina-se prancha. Uma vez terminada a separação do bloco primário procede-se o corte em fatias e, posteriormente, a extração de blocos secundários, através da operação de esquadrejamento.

Os blocos assim produzidos apresentarão dimensões e formas variadas e irregulares, onde se faz necessário realizar uma operação de acabamento, com vista à posterior comercialização. O desmonte termina com o transporte do bloco para o

pátio de estocagem, a limpeza da frente de lavra e a retirada das partes remanescentes do bloco primário para a área destinada à deposição dos rejeitos (bota-foras), conforme pode ser observado na fotografia 1.

Fotografia 1 - Desmonte: A = Prancha tombada; B = Transporte do bloco para o pátio de estocagem; C = Pátio de estocagem, D = Deposição de rejeitos.



Fonte: Elaboração própria em 2018.

A pedra no Sítio Mufumbo emprega 40 funcionários e gera cerca 80 empregos indiretos na região, possui licença ambiental do órgão fiscalizador competente Instituto de Defesa do Meio Ambiente (IDEMA), a empresa funciona 24h por dia em dois turnos de 12h. dispõem de alojamento para os funcionários com cozinha, refeitório, área para descanso e convivência.

O produto final da pedra é o bloco com 3 metros de comprimento por 1,90m de altura e largura respectivamente. No sítio são extraídas duas variedades de rocha ornamental do tipo granito branco, comercializadas sob a denominação Cristal White e o Dália White, este segundo destaca-se pela superior qualidade estética e valor de mercado.

Os blocos da lavra são destinados a unidade beneficiadora que fica localizada no município de Campina Grande - PB, onde serão desdobrados em chapas polidas que são o produto final da empresa. As rochas são exportadas principalmente para a Itália e para o estado brasileiro Espírito Santo, já o rejeito do granito fica acumulado no pátio da empresa na forma de pilhas de rejeitos.

Este artigo buscou através de análises laboratoriais (ver apêndices e anexo) caracterizar estes rejeitos afim de sugerir possíveis usos como alternativa a reciclagem deste material.

O consumo de água em média é 10.000 litros por dia na empresa representando 25 caminhões pipa de 12.000 litros, adquiridos ao custo de R\$120,00 cada, a água é oriunda do açude Boqueirão localizado próximo a pedreira.

As máquinas envolvidas na operação de lavra, assim como os veículos, tratores e caminhões não possuem um estacionamento delimitado, foi observado manchas de óleo no solo na área de extração, o que configura um impacto ambiental no solo. Como medida mitigadora foi sugerido a criação de um estacionamento com piso impermeável.

Na Etapa de desmonte das rochas, é comum o uso de explosivos tipo granulado com espoleta e ou cordel detonante apenas para preparação do acesso as frentes de lavra, mas nunca no maciço, para que se evite fraturas.

Foi constatado durante a pesquisa de campo, grande quantidade de material particulado em virtude da movimentação de máquinas pesadas, assim como excesso de ruído. Embora a legislação obrigue as empresas a fornecerem os equipamentos de proteção individual, como protetor auricular e mascarar, nota-se uma certa resistência por parte dos funcionários em utilizá-los corretamente.

Não existe nenhuma comunidade no entorno da pedreira, portanto é inexistente o impacto a vizinhança, porém, os trabalhadores estão expostos aos riscos de acidente de trabalho e a insalubridade.

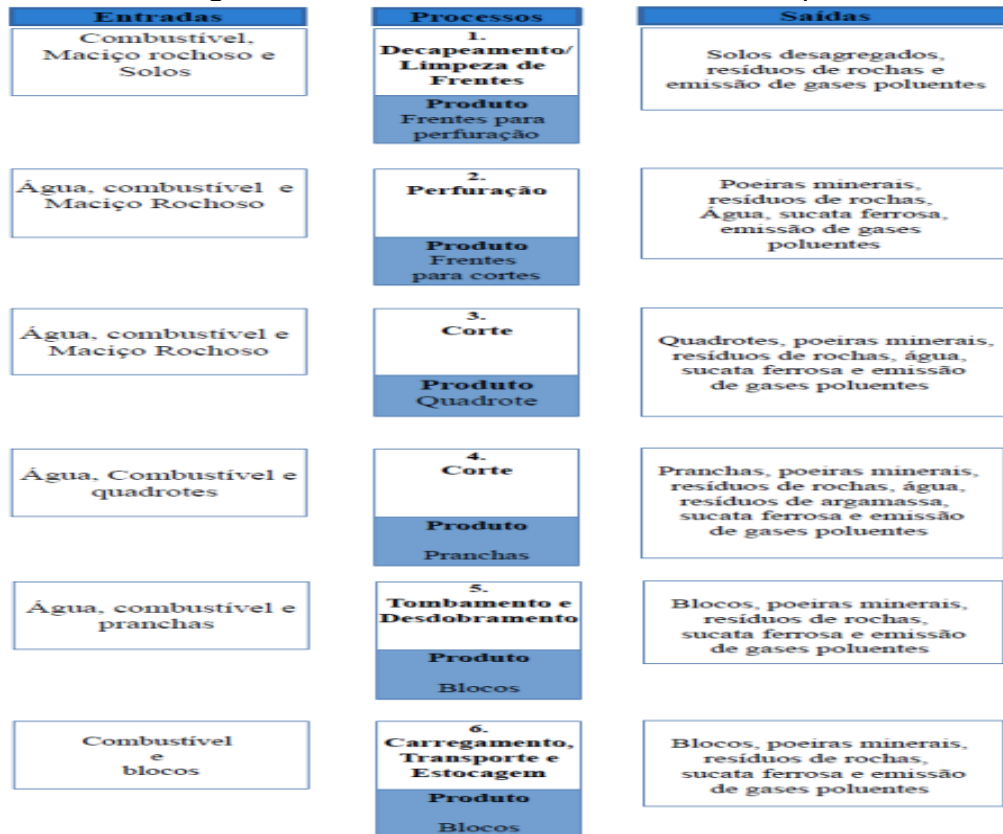
A empresa emprega 40 funcionários e gera mais 80 empregos indiretos, injetando recursos na econômica local e contribuindo há 4 anos para o desenvolvimento da região o que figura como impacto ambiental positivo.

8 DISCUSSÃO

Com o decurso dos anos, foi possível observar a intensificação do consumo dos recursos naturais, de forma que a mineração de rochas ornamentais é responsável por consumir uma significativa parcela destes recursos, com vistas à produção de chapas polidas para emprego nas obras de construção civil. Tal atividade implica em uma ampla produção de resíduos, os quais são capazes de impactar negativamente o meio ambiente.

De acordo com a fluxograma 3, é possível visualizar o fluxograma do processo de lavra com dados qualitativos.

Fluxograma 3- Processo de lavras com dados qualitativos



Fonte: Pereira (2017).

Segundo a Resolução nº 307/2002, do Conama (BRASIL, 2002) e da lei nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010) leva a responsabilidade pelo gerenciamento dos concernidos recursos ao empreendedor. Visando-se a promover o apontamento de eventuais falhas na referida gestão e com o objetivo de possibilitar a redução da geração dos mencionados resíduos, através do presente estudo de caso, foi possível verificar que na integralidade das fases dos procedimentos de lavra, dá-se a geração dos resíduos, com ênfase para os fragmentos das rochas que são considerados como perdas.

O estudo do diagnóstico ambiental e do processo promoveu os dados constantes na presente pesquisa. Observou-se que há carência de estudos que almejem a implementação de uma Produção Mais Limpa na lavra das rochas ornamentais, de forma que os estudos constatam que a predominância das soluções apresentadas pelos pesquisadores encontra-se associadas à reciclagem dos resíduos. Assim sendo, a redução da produção de resíduos na lavra tem potencial de implicar na aplicação de práticas sustentáveis, com o objetivo de promover a racionalidade e economia dos recursos naturais, com ênfase para os recursos em si, assim como em relação aos recursos hídricos e o consumo de combustíveis.

O município em questão é destaque na extração de rochas ornamentais; todavia, há a demanda da associação da referida atividade à observância de técnicas de proteção ao meio ambiente.

Com o escopo de apresentar resolução à produção de resíduos de natureza sólida na lavra de rochas ornamentais, o diagnóstico obtido pela presente pesquisa apresenta imprescindível relevância, com o intuito de apontar as possibilidades de atenuar a geração dos resíduos, com pauta na sustentabilidade, promovendo-se a

conservação dos recursos naturais para as gerações vindouras. O desenvolvimento de técnicas de Produção Mais Limpa é uma forma de materializar-se a preservação dos recursos minerais, redução das emissões e proporcionar a diminuição do emprego de recursos de natureza financeira para a empresa, considerando-se que a possibilidade da redução da quantidade de interrupções para a manutenção corretiva.

Conforme os diagnósticos em anexo, alusivos aos resíduos sólidos e aos processos de atividade de lavra, há a predominância da geração de resíduos no decapeamento de limpeza, seguido pela atividade de corte e, em seguida, o tombamento de pranchas. Verificou-se que a menor geração de resíduos se deu na perfuração. Constatou-se que a redução da aplicação de recursos hídricos pode se dar com a implementação de formas eficazes no corte das rochas, havendo uma redução no consumo relativo, intensificando-se o rendimento do minério.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Percebeu-se que os processos que associam-se à atividade econômica da mineração são responsáveis pela geração de resíduos sólidos, líquidos e atmosféricos, ocasionando comprometimento ambiental, o qual pode ser, por vezes, irreparável. No presente caso, tem-se que a extração de rochas ornamentais é um procedimento gerador de vultuosos volumes de resíduos sólidos, de maneira que deve ser promovido o seu aproveitamento através do emprego em materiais que podem ser utilizados e comercializados, gerando renda na região, consistindo na reutilização residual para a fabricação de cerâmicas, pavimentação e argamassa, dentre outros itens, promovendo-se, desta maneira, um estágio completo de extração, produção e aproveitamento integral da carga residual.

No geral, sabe-se que grande parte dos processos que envolvem a mineração como atividade econômica, são fontes geradoras de resíduos na forma de gases, líquidos ou sólidos, causando enorme degradação ambiental, por outro lado esta atividade gera um importante impacto socioambiental positivo, pois cria empregos diretos e indiretos movimentando a economia local.

Na fase de lavra, existem alternativas que permitem um corte mais preciso da rocha, gerando menos resíduos e aumentando a produtividade da jazida, se faz necessário estudos geológicos para identificar o melhor método de avanço na frente de lavra a fim de minimizar a quantidade de perdas.

As recomposições do solo e da vegetação e a recuperação da área degradada são de fundamental importância, uma vez que a região de Parelhas sofre com o processo da desertificação.

O uso correto dos equipamentos de proteção individual deve ser reforçado pelos gestores da empresa, a fim de minimizar os riscos à saúde dos colaboradores, causados pelo ruído excessivo e pelo material particulado.

Os resíduos sólidos gerados na atividade podem ser reaproveitados dentro da própria empresa para fazer aterros, construção das vias de acesso e utilizado como cama para o tombamento de blocos.

Conforme constante no Anexo A e B, características específicas do resíduo de granito, como granulometria fina, composição química e a inexistência de grãos mistos entre os componentes básicos, favorecem seu aproveitamento e reciclagem na produção de materiais cerâmicos como tijolos, telhas, blocos de concreto, grés porcelanato dentre outros materiais, foi possível observar ainda a presença de óxidos de metais raros no rejeito o que possibilita um uso mais nobre para este

resíduo, para isto se faz necessário o aprofundamento desta pesquisa em trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Alinne Marianne Martins. **Caracterização tecnológica do granito Dália para fins ornamentais**. 2015, 114f. Dissertação(Mestrado em Engenharia Mineral) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15012: Rochas para revestimentos de edificações — Terminologia**. Rio de Janeiro, 23p. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS. **Balanco das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais em 2017**, 2018.

Disponível em: < <http://www.abirochas.com.br/Informe-01-2018.pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2018.

BEZERRA, Francisco Diniz. Rochas ornamentais: novas perspectivas de desenvolvimento. **Caderno Setorial ETENE**, BNB, a.2, n.21, dez. 2017.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO DE MINERAL. **Informe Mineral do segundo semestre de 2017**. Brasília, 2017. Disponível em: <http://www.anm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/informe-mineral/publicacoes-nacionais/informe_mineral_2_2017>. Acesso em: 28 jul. 2018.

BRASIL. **Cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea - município de Parelhas**. Brasília. 2014.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO. **Relação Anual de Informações Sociais**, 2017. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br>>. Acesso em: 29 abr. 2018.

BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. **Balança**. Rio Grande do Norte. 2017. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/balanca/comex-vis/uf/output/html/ap.html>>. Acesso em: 5 jun. 2018.

CABELO, M. L. R. et. al. Métodos de lavra aplicados à extração de rochas ornamentais. **HOLOS**, Natal, n. 28, v. 5, 2012.

CAMPOS, A. R. et. al. **Tratamento e aproveitamento de resíduos de rochas ornamentais e de revestimento, visando mitigação de impacto ambiental**. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 23, 2009, Fortaleza. **Anais...** Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2009. p.16-25.

CANEPA, Carla. **Cidades Sustentáveis: o município como lócus da sustentabilidade**. São Paulo: Editora RCS, 2007.

CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS. RS, 2005.

COELHO, M. R.; VIDAL-TORRADO, P. Caracterização e gênese de perfis plínticos desenvolvidos de arenito do Grupo Bauru. I - Química. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, n.3, v.27, Maio/Jun. 2003.

CEBALLOS, B. S. O. et. al. Variabilidade da qualidade das águas de açudes nordestinos. In: CONGRESO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA AMBIENTAL, 19, 1997, foz do iguaçu/paraná. **Anais...** Congresso Da Associação Brasileira De Engenharia Sanitária Ambiental, foz do iguaçu/paraná - Brasil, 1997.

CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Rede brasileira**. São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://cebds.org/cebds/eco-pmais1-rede-brasileira.asp>>. Acesso em: 11 jul. 2018.

COSTA, Thomaz C. e C. da. OLIVEIRA et. al. Análise da degradação da caatinga no núcleo de desertificação do Seridó (RN/PB). **Rev. bras. eng. agríc. ambient**, Campina Grande, v.13, Nov./Dez. 2009.

DAVIS, R..A. **Beach and reashore zone**. [S.l..n.l], 1978, p.237-286.

FABRI, E. S.; NALINI JÚNIOR, H. A.; LEITE, M. G. P. Exploração de rochas ornamentais e meio ambiente. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 26, p. 189-197, jul./dez. 2012.

FERNANDES, João V. G. et. al. Introduzindo práticas de produção mais limpa em sistemas de gestão ambiental certificáveis: uma proposta prática. **Rev. Engenharia Sanitária e Ambiental**. local. n.3, v. 6, jul/set 2001.

FRANCO, T.; DRUCK, G. Padrões de industrialização, riscos e meio ambiente. **Scientific electronic library online**, v. 3, n. 2, p. 61-72, 1998.

GANEM, Márcia. Casos de sucesso. **Revista Sebrae**, São Paulo. 2010.

Instituto Federal do Rio Grande do Norte. **Laboratório de caracterização de minerais/materiais**. Natal, 2018

IPIRANGA, Ana S. R. Desenvolvimento sustentável. **Rev. Adm. Mackenzie**, São Paulo, n. 3,v. 12, Jun. 2011.

MASCARENHAS. J. C. et. al. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea. Diagnóstico do Município de Parelhas, estado do Rio Grande do Norte**. Recife: CPRM, 2005.

MATTOS, Katty M. da C.; MATTOS, Karen M. da C. Valoração econômica do meio ambiente dentro do contexto do desenvolvimento sustentável. **Revista Gestão Industrial**, Paraná, n. 2, v.1, 2005.

MOLLE, F. Politique de l'eau, irrigation et société: le cas du Nordeste brésilien. **Les cahiers de la Recherche en Développement**, Paris, v. 37, 1994.

MOREIRA, J. C; JACOB, S. C. Avaliação integrada do impacto do uso de agrotóxicos sobre a saúde humana em uma comunidade agrícola de Nova Friburgo, RJ. **Revista Ciência Saúde Coletiva**, São Paulo, n. 2, v. 7, 2009.

NASCIMENTO, Paulo Sérgio de R. Fotomapeamento geológico, geomorfológico e pedológico do município de Parelhas-RN. In: Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto - GEONORDESTE 2014. **Anais...** Aracaju, 2014, p. 18-21.

PEREIRA, Ranieri de Araújo. **Diagnóstico dos resíduos sólidos da lavra de rocha ornamental da pedra Granorte, em Parelhas-RN, para aplicação de técnica de Produção Mais Limpa**. 2017. 160f. Dissertação. (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

POOLMAN, M. I.; VAN DE GIESEN, N. C. Participation, rhetoric and reality: the importance of understanding stakeholders based on a case study in Upper East Ghana. **Internacional Journal of Water Resources Development**, [S.l.], n.4, v. 22, 2006.

REGADAS, I. C. M. C. **Aspectos Relacionados às Lavras de Granitos Ornamentais com Fio Diamantado no Norte do Estado do Espírito Santo, Brasil**. 2006, 128f. Tese (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

RODRIGUES, André B. **Riscos da disposição de rejeitos da mineração e técnicas alternativas de disposição**. 2017. 38f. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Minas)- Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

SANTOS, Max M. A.; DESTEFANI, A. Z.; HOLANDA, J. N. F. Caracterização de resíduos de rochas ornamentais provenientes de diferentes processos de corte e beneficiamento. **Matéria Rio J**. Rio de Janeiro, n. 4, v. 18, out./dez. 2013.

SATTERTHWAITE, David. Como as cidades podem contribuir para o Desenvolvimento Sustentável. In: MENEGAT, Rualdo e ALMEIDA, Gerson (org.). **Desenvolvimento Sustentável e Gestão Ambiental nas Cidades, Estratégias a partir de Porto Alegre**. Porto Alegre: UFRGS Editora, 2004, p.129-167.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. **Implementação de programas de produção mais limpa**. Porto Alegre: CNTL, 2003.

STELLIN JUNIOR, A., CARANASSIOS, A. Extração de rochas ornamentais. **Brasil mineral**, São Paulo, n.89, p.30-34, jun. 1991.

STRASKRABA, M.; TUNDISI, J. G. **Theoretical reservoir ecology and its applications**. Rio de Janeiro: Brazilian Academy of Sciences; São Carlos: International Institute of Ecology, 1999.

SOUZA, Christopher F.; CRUZ, Marcus Aurélio Soares; TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto: Planejamento e Tecnologias**

Verdes para a Sustentabilidade das Águas Urbanas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, n.2, v. 17, - Abr/Jun 2012.

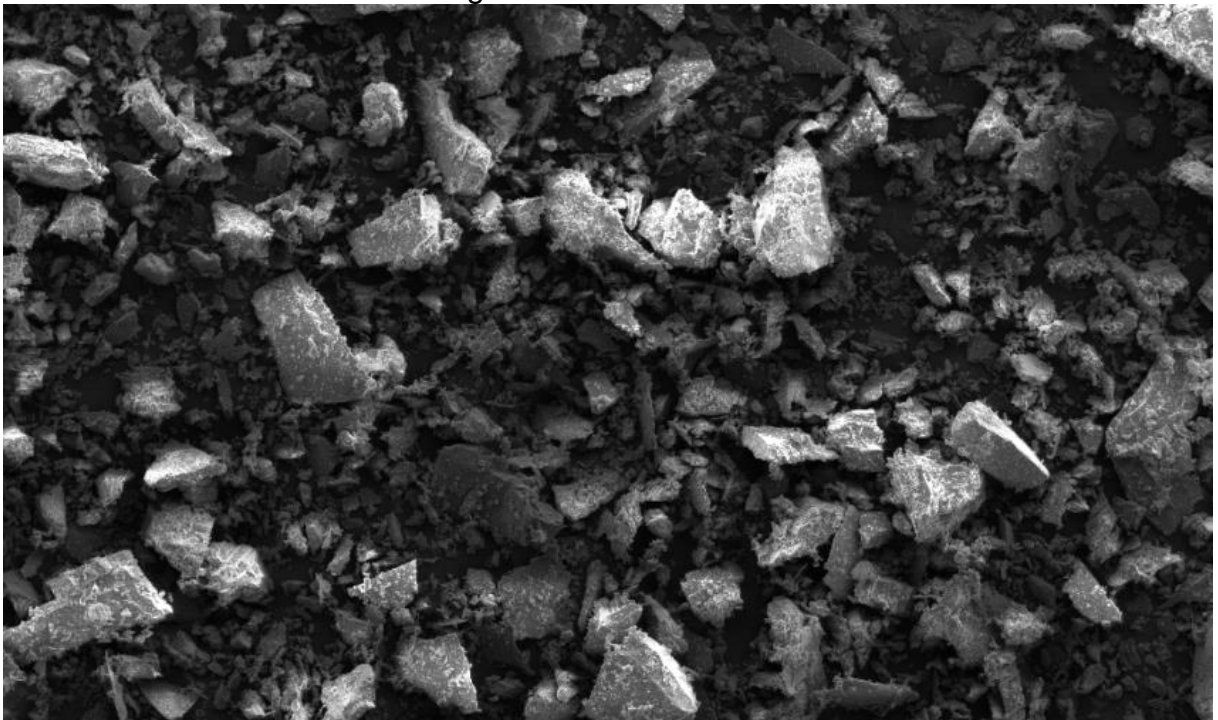
SKY. **Tecnologia de perfuração jato de água**, 2017. Disponível em: <http://www.biotanol.eu/moagem/1756/tecnologia-de-perfura231227o-jato-de-agua.html>. Acesso em: 1 maio 2018.

UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAM. **Understanding resource efficient and cleaner production**. Paris, 2004.

UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION. **Cleaner production toolkit. Introduction into cleaner production**, v.1. 2005.

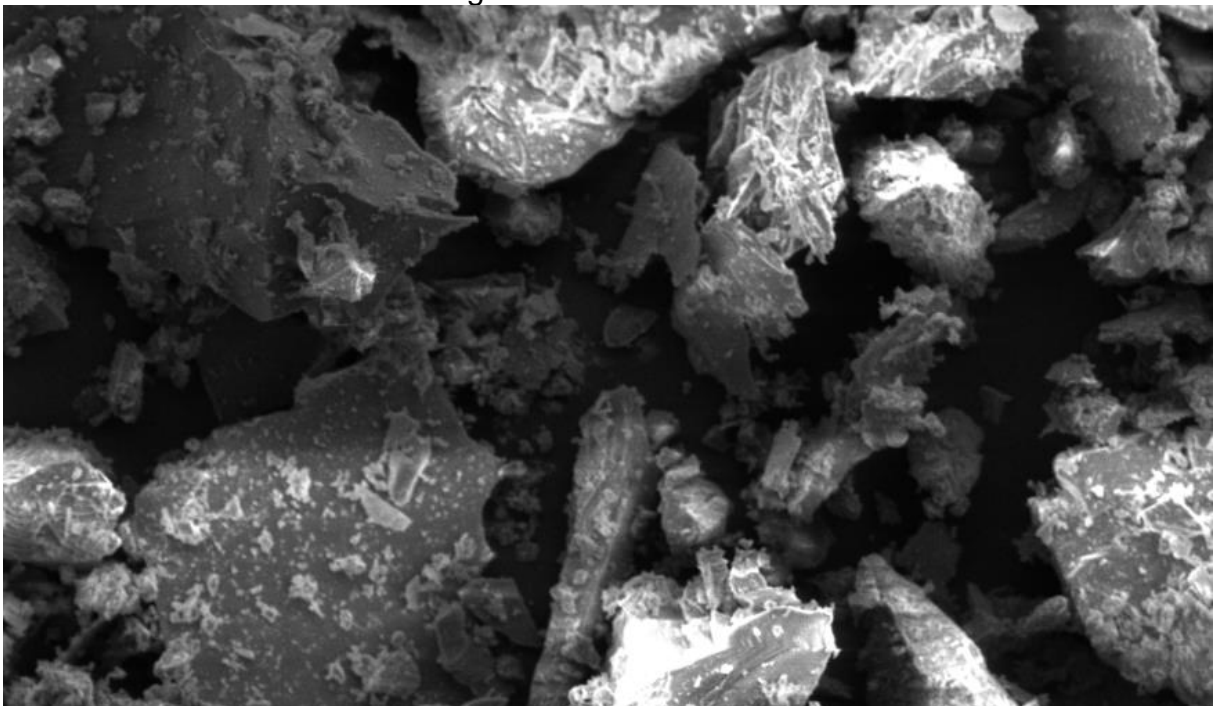
APÊNDICE A – ANÁLISE MICROSCOPIA DE VARREDURA ELETRONICA

Fotografia 2 – Amostra x100.



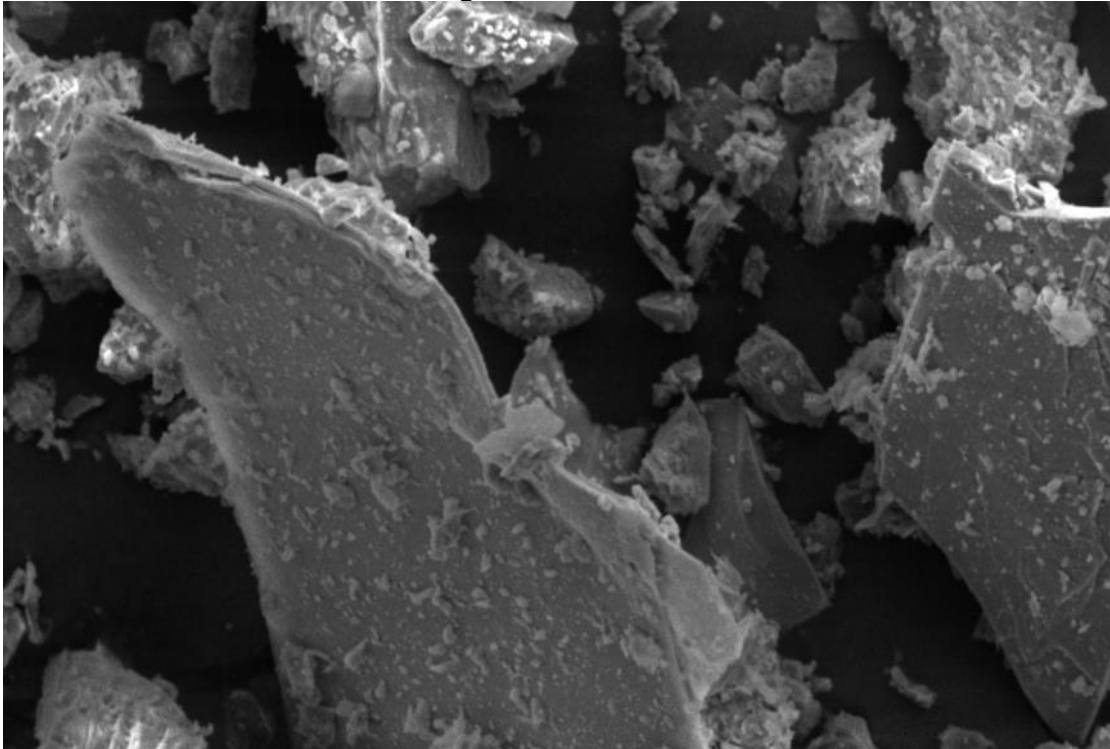
Fonte: Instituto Federal do Rio Grande do Norte(2018).

Fotografia 3 – Amostra x500.



Fonte: Instituto Federal do Rio Grande do Norte(2018).

Fotografia 4 – Amostra x1000.

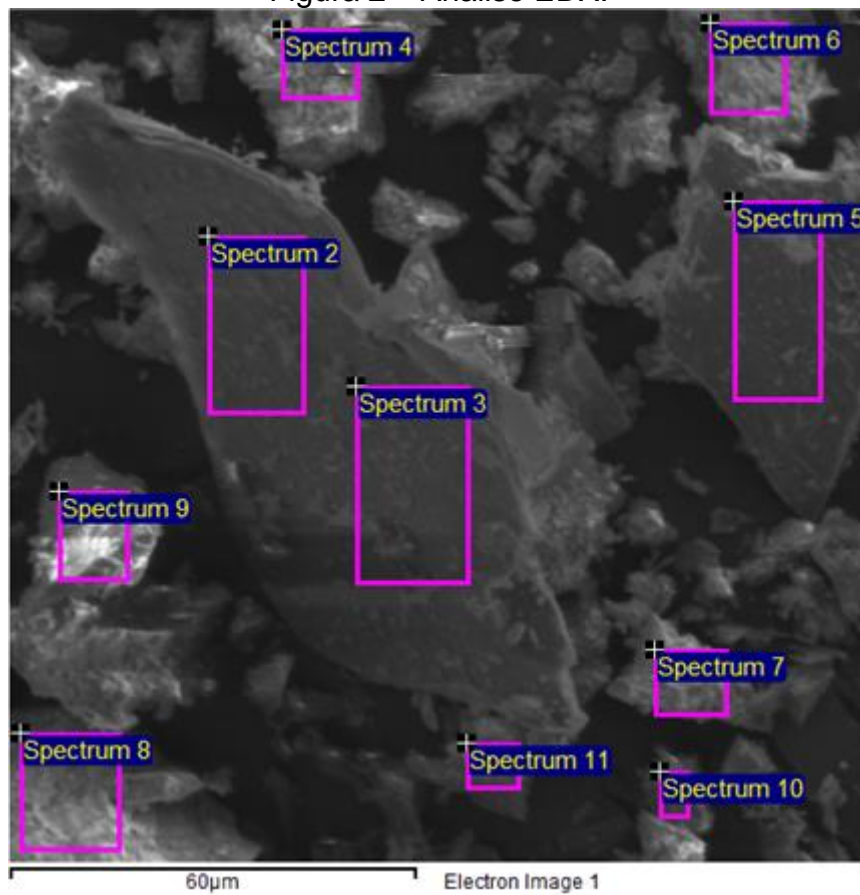


Fonte: Instituto Federal do Rio Grande do Norte(2018).

ANEXO A – ANÁLISE DIFRAÇÃO DE RAIOS-X

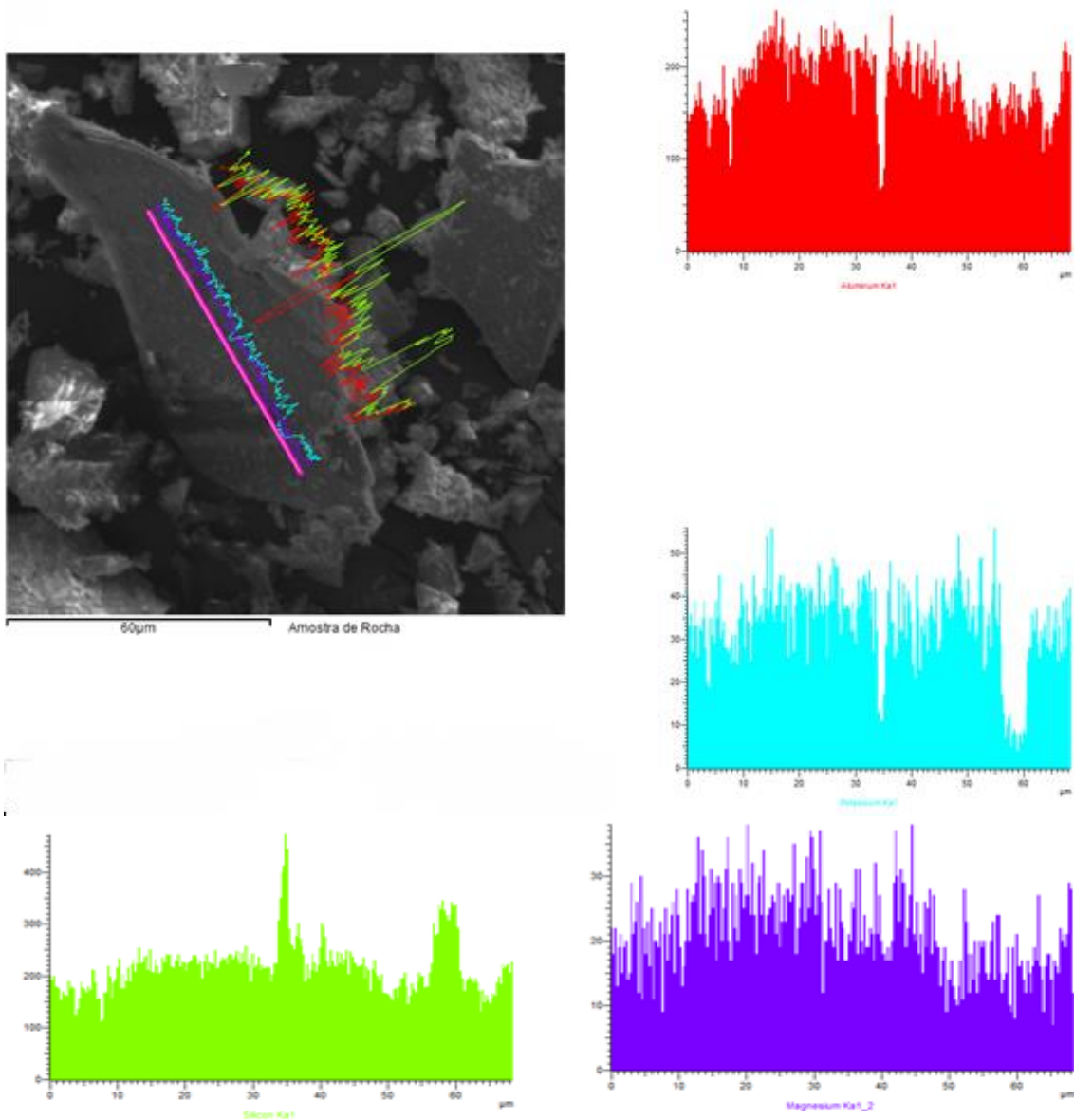
Prof. Julio Cesar Pesquisa de Mestrado_ Leonel Baima (IFRN)

Figura 2 – Analise EDX.



Fonte: Instituto Federal do Rio Grande do Norte(2018).

Figura 3- Espectros EDX

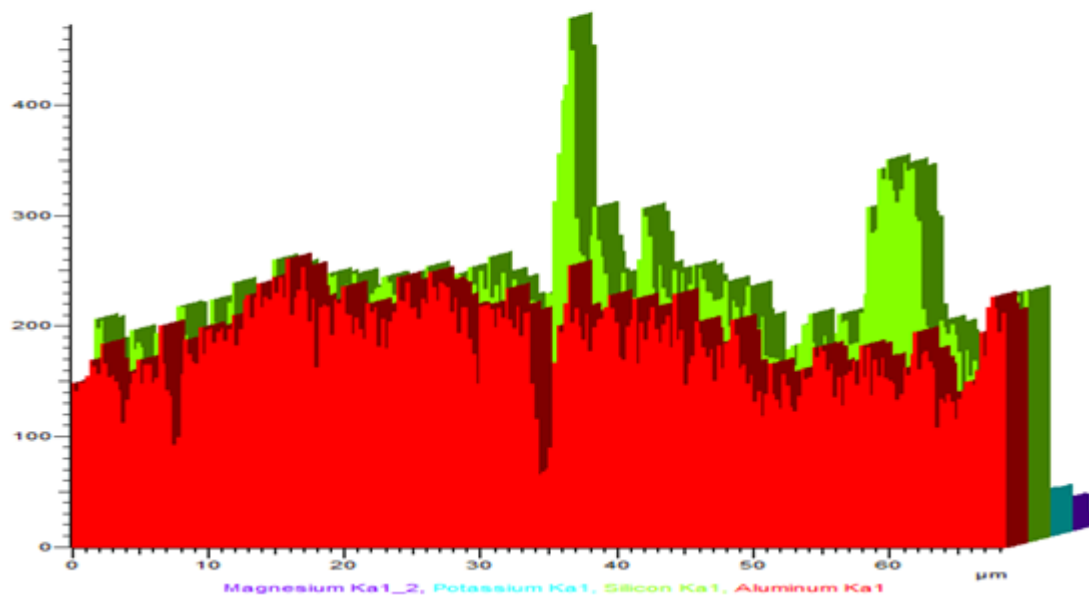


Comment:

Fonte: Instituto Federal do Rio Grande do Norte(2018).

Gráfico 1- Composição Química

Prof. Julio Cesar



Fonte: Instituto Federal do Rio Grande do Norte(2018).

ANEXO B – ANÁLISE EDX

Figura 4 – Resultado Quantitativo EDX

Instrument : EDX-720 Atmosphere : Air Collimator : 10(mm) Spin : No,

 Analyte TG kV uA FI Acq.(keV) Anal.(keV) Time(sec) DT(%),

 Ti-U Rh 50 66-Auto ---- 0 - 40 0.0 - 40.0 Live - 100 40,
 Na-Sc Rh 15 730-Auto ---- 0 - 20 0.0 - 4.4 Live - 100 39,

Peak List,

Channel	Line	keV	Net Int.(cps/uA),
Ti-U	RbLa	1.72	0.0746,
	SiKa	1.72	0.5427,
	K Ka	3.30	3.9538,
	K Kb	3.58	0.4060,
	CaKa	3.68	24.8896,
	CaKb	4.02	3.9436,
	TiKa	4.52	0.1573,
	MnKa	5.90	4.1494,
	FeKa	6.40	14.3669,
	MnKb	6.50	0.6605,
	FeKb	7.06	2.1550,
	RbKa	13.40	2.8121,
	U La	13.62	3.3325,
	SrKa	14.16	5.6924,
	RbKb	14.96	0.5164,
	Y Ka	14.96	0.2375,
	SrKb	15.84	1.1250,
	U Lb2	16.48	1.4787,
	U Lb1	17.24	1.4408,

Na-Sc	AlKa	1.52	0.0242,
	SiKa	1.74	0.3667,
	S Ka	2.28	0.0212,
	K Ka	3.32	1.6907,
	K Kb	3.58	0.2287,
	CaKa	3.68	10.0758,
	CaKb	4.00	1.4778,
	TiKa	4.50	0.0605,
	MnKa	5.90	0.8320,
	FeKa	6.40	2.6274,
	MnKb	6.50	0.1248,
	FeKb	7.04	0.3768,
	CuKa	8.02	0.0626,

Quantitative Result,

Analyte	Result	Std.Dev.	Proc.-Calc.	Line	Int.(cps/uA),
SiO2	40.560 %	(0.257)	Quan-FP	SiKa	0.3667,
CaO	32.604 %	(0.039)	Quan-FP	CaKa	10.0758,
Al2O3	15.274 %	(0.557)	Quan-FP	AlKa	0.0242,
K2O	6.338 %	(0.020)	Quan-FP	K Ka	1.6907,
Fe2O3	3.169 %	(0.011)	Quan-FP	FeKa	14.3669,
MnO	1.129 %	(0.007)	Quan-FP	MnKa	4.1494,
SO3	0.362 %	(0.018)	Quan-FP	S Ka	0.0212,
SrO	0.172 %	(0.001)	Quan-FP	SrKa	5.6924,
TiO2	0.152 %	(0.009)	Quan-FP	TiKa	0.1573,
U3O8	0.145 %	(0.002)	Quan-FP	U La	3.3325,
Rb2O	0.088 %	(0.001)	Quan-FP	RbKa	2.8121,
Y2O3	0.007 %	(0.001)	Quan-FP	Y Ka	0.2375,

Fonte: Instituto Federal do Rio Grande do Norte(2018).