



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

MARLON LEAL CABRAL MENEZES DE AMORIM

PROPOSTA DE TRATAMENTO E APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS
PROVENIENTES DE UMA UNIDADE INDUSTRIAL DE BENEFICIAMENTO DE
QUARTZITO

CAMPINA GRANDE - PB
2012

MARLON LEAL CABRAL MENEZES DE AMORIM

PROPOSTA DE TRATAMENTO E APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS
PROVENIENTES DE UMA UNIDADE INDUSTRIAL DE BENEFICIAMENTO DE
QUARTZITO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado à Coordenação do Curso de
Engenharia Sanitária e Ambiental da
Universidade Estadual da Paraíba como
requisito parcial para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Sanitária e
Ambiental.

Orientador: Prof. Dra. Weruska Brasileiro Ferreira

CAMPINA GRANDE - PB
2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL – UEPB

A524p Amorim, Marlon Leal Cabral Menezes de.
Proposta de tratamento e aproveitamento dos resíduos provenientes de uma unidade industrial de beneficiamento de Quartzito. [manuscrito] / Marlon Leal Cabral Menezes de Amorim - 2012.
42f.: il. Color

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2012.
“Orientação: Prof. Dra. Weruska Brasileiro Ferreira, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental”.

1. Quartzito. 2. Resíduos Sólidos. 3. Efluente Líquido. I.
Título.

21. ed. CDD 363.728 5

MARLON LEAL CABRAL MENEZES DE AMORIM

PROPOSTA DE TRATAMENTO E APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS
PROVENIENTES DE UMA UNIDADE INDUSTRIAL DE BENEFICIAMENTO DE
QUARTZITO

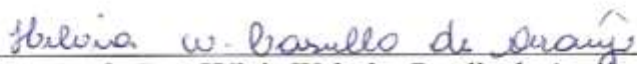
Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado à Coordenação do Curso de
Engenharia Sanitária e Ambiental da
Universidade Estadual da Paraíba como
requisito parcial para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Sanitária e
Ambiental.

Aprovado em: 30/11/2012
Nota: 9,5 (nove vírgula cinco)


Examinadores:



Prof. Dra. Wéruska Brasileiro Ferreira
(Orientadora – DESA/CCT/UEPB)



Prof. Dra. Hέλvia Waleska Casullo de Araújo
(Examinadora – DQ/CCT/UEPB)



Prof. Msc. Antonio Pedro Ferreira Sousa
(Examinador – UAMG/CTRM/UFCG)

A Deus que me iluminou durante essa caminhada, a minha mãe, irmãos e minha noiva, que, com muito carinho, me apoiaram para que eu concluísse essa etapa da minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, meu porto seguro nas dificuldades, com quem primeiro compartilho minhas vitórias, por me proporcionar oportunidades e me dar força para que eu possa aproveitá-las.

A minha mãe, Maria Lucia Leal Cabral, grande e maior responsável por quem sou, pelo cuidado e carinho que sempre teve por mim, e por sempre, de forma aguerrida, estar a me apoiar.

A minha noiva, Larissa Lira Nóbrega, pessoa especial que o senhor colocou em minha vida, pelo companheirismo, amor e apoio, estando sempre ao meu lado desde o começo dessa caminhada e me apoiando até então.

Aos meus irmãos, Mailto Menezes de Amorim Junior e Mikael Leal Cabral Menezes de Amorim, pelo companheirismo e cumplicidade fraterna, que sempre estiveram torcendo pelo meu sucesso, o amor depositado em mim é recíproco em vocês, meus grandes companheiros.

Ao meu Tio, Malaquias da Silva Amorim Neto (*in memoriam*), maior incentivador e espelho em minha vida e carreira acadêmica.

As minhas avós, Socorro Leal e Isa Amorim, a quem sou grato pela confiança, carinho e esperança depositada em mim.

A toda minha família, tios, primos, sogra, sobrinhos e cunhados, pelo incentivo e contribuições diversas prestadas nesses últimos cinco anos.

Aos colegas do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Andretti, Wilza, Juscelino, Clarissa, Cássio e Hugo, pelos contentamentos e aflições divididos nessa jornada.

A Thays, companheira e amiga indispensável durante todo o curso, quem sempre esteve presente e me apoiou nas alegrias e preocupações, pelas noites não dormidas e vitórias alcançadas, uma grande amiga conquistada para toda vida.

Aos meus irmãos de toda vida, Daniel, Kiko, Phillipy, Neto e Marina, que desde sempre me apoiaram e incentivaram.

A minha orientadora, Dra. Weruska Brasileiro Ferreira, por ter me acompanhando nesta fase final, me orientando e aconselhando.

Aos professores da comissão examinadora, Msc. Antonio Pedro Ferreira Sousa e Dra Hέλvia Waleska Casullo de Araújo, por terem aceitado participar da minha banca.

A todos os Professores do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, bem como seus funcionários e técnicos de laboratório do CCT – UEPB.

E a todos que contribuíram para o êxito deste trabalho.

“Pôquer tu és a minha rocha e a minha
fortaleza; assim, por amor do teu nome guia-
me e encaminha-me.”

Salmo 31:3

RESUMO

Com o crescimento acentuado da construção civil, o comércio de rochas ornamentais sofreu um forte aumento nos últimos anos, dentre estas está inserido o Quartzito. Rocha com suas particularidades características e de variadas aplicabilidades, é encontrada em diversas cores e em abundância no município de Junco do Seridó na Meso-Região do estado da Paraíba. Com o aumento do beneficiamento do Quartzito, conseqüentemente, tem crescido a quantidade de resíduos gerados e a problemática de sua destinação correta. A busca da reutilização desses resíduos no processo produtivo das fábricas que beneficiam essas rochas vem aumentando, tanto pelo incremento econômico quanto pela preservação ambiental. A partir da Conferência Mundial sobre Meio Ambiente, realizada em Estocolmo, em 1972, a preocupação com as questões ambientais tomaram outro rumo, as empresas passaram a incorporar a preocupação ambiental em seus interesses devido à crescente cobrança das exigências da legislação vigente, outro grande motivo de acréscimo dessa preocupação foi que as empresas passaram a ver na preservação ambiental uma forma de melhorar sua imagem perante a sociedade, ao mesmo tempo em que reduzem custos e aumentam os níveis de produtividade. Desta forma, neste trabalho objetiva-se caracterizar os resíduos gerados no beneficiamento do Quartzito e propor soluções de tratamento e alternativas de aplicabilidade para estes. Foram realizadas visitas técnicas em serrarias e empresas de beneficiamento no município do Junco do Seridó, onde foi possível identificar como principais resíduos gerados o efluente líquido, liberado pelas máquinas de corte, e o resíduo sólido, caracterizado como sobras do processo. Através de revisão bibliográfica foi possível caracterizar esses resíduos e propor o tratamento ou destinação ambientalmente correta para estes.

PALAVRAS-CHAVE: Quartzito, resíduos sólidos e efluente líquido.

ABSTRACT

With the rapid growth of civil construction, the trade of ornamental rocks has increased considerably in recent years. Among these is inserted the Quartzito, a rock with particular characteristics and varied applicabilities, which is found in several colors and in abundance in the municipality of Junco do Seridó, situated in mesoregion in the state of Paraíba. Face with the increase of the Quartzito processing, the quantity of waste produced and the issue of its correct destination became a problem more evident. The pursuit to reuse these wastes in the productive chain of the factories that process these rocks has increased, because of the economic increment and because of environmental preservation. From the World Conference of Environment, held in Stockholm in 1972, the concern about the environment questions took other route and the companies began to incorporate the environment issue in their interests, especially due to the growing demand from the current legislation. Another huge reason to the growth of this concern is that the companies began to visualize the environmental preservation as a way to improve their image in the face of society, at the same time which reduce costs e raise the productivity levels. Thus, this study aimed to characterize the wastes produced in the processing of Quartzito and propose treatment solutions and applicability alternatives for these. Technique visits were held in sawmills and processing companies in the municipality of Junco do Seridó, where was possible identify the main wastes produced: the liquid effluent, released by the cut machines, and the solid waste, characterized by the surpluses of the process. Through the bibliographic review, it was possible characterize these wastes and propose the treatment and environmentally correct destination for these.

KEYWORDS: Quartzito, Solid waste, Liquid effluent.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Localização do Município de Junco do Seridó	28
Figura 2 – Quartzito em Mosaico.	30
Figura 3 – Efluente proveniente do Beneficiamento do Quartzito	31
Figura 4 – Resíduo Sólido proveniente do Beneficiamento do Quartzito	31
Figura 5 – Vista Superior do Tanque de Sedimentação.	35
Figura 6 – Vista Superior do Leito de Secagem.	36
Figura 7 – Vista Frontal do Filtro	36
Figura 8 - Layout da unidade de tratamento de efluentes sólido/líquido	37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 OBJETIVOS.....	13
2.1 OBJETIVO GERAL.....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	13
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
3.1 REVISÃO CONCEITUAL SOBRE ROCHAS ORNAMENTAIS.....	14
3.2 QUARTZITO.....	14
3.2.1 O Quartzito no Brasil.....	15
3.2.2 O Quartzito da Paraíba.....	16
3.2.3 Beneficiamento do Quartzito.....	16
3.3 RESÍDUOS	17
3.3.1 Resíduos Sólidos.....	18
3.3.1.1 <i>Técnicas de Tratamento de Resíduos Sólidos.....</i>	<i>19</i>
3.3.2 Resíduos Líquidos.....	20
3.3.2.1 <i>Métodos de Tratamento de Efluente.....</i>	<i>20</i>
3.3.2.2 <i>Sedimentação.....</i>	<i>21</i>
3.3.3 Poluentes Atmosféricos.....	22
3.4 REUSO.....	22
3.4.1 Reuso na Indústria	23
3.5 A QUESTÃO AMBIENTAL E AS ATIVIDADES EMPRESARIAIS.....	23
3.6 IMPACTO AMBIENTAL.....	24
3.6.1 Impactos das Indústrias de Beneficiamento.....	25
3.7 SUSTENTABILIDADE INDUSTRIAL.....	26
3.7.1 Sustentabilidade das Indústrias de Rochas Ornamentais.....	27
4 METODOLOGIA.....	28
4.1 ÁREA DE ESTUDO.....	28
4.1.1 Junco do Seridó.....	28
4.1.2 Serrarias de Quartzito.....	29
4.1.3 Empresa Estudada.....	29
4.2 PRINCIPAIS RESÍDUOS GERADOS.....	30
4.3 ESCOLHA DO TRATAMENTO DO EFLUENTE SÓLIDO/LÍQUIDO.....	31
4.4 REUTILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS.....	31

5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	33
5.1	CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS.....	33
5.1.1	Efluente Solido/Liquido.....	33
5.1.2	Resíduos Sólidos.....	34
5.2	TÉCNICA DE TRATAMENTO PROPOSTA PARA O EFLUENTE SÓLIDO/LÍQUIDO.....	34
5.3	DESTINAÇÃO AMBIENTALMENTE CORRETA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS.....	37
6	CONCLUSÕES.....	39

1 INTRODUÇÃO

A produção e o consumo de rochas ornamentais vêm aumentando anualmente e o Brasil está entre os maiores produtores mundiais. Do ponto de vista comercial, as rochas ornamentais e de revestimento são basicamente subdivididas em granitos e mármore. Como granitos, enquadram-se, genericamente, as rochas silicáticas, enquanto os mármore englobam as rochas carbonáticas. Alguns outros tipos litológicos, incluídos no campo das rochas ornamentais, são os quartzitos, serpentinitos, travertinos e ardósias, também muito importantes setorialmente (ABIROCHAS, 2009).

Segundo a Associação Brasileira de Rochas Ornamentais (2009), a produção brasileira de rochas ornamentais teria somado 7,8 milhões de toneladas em 2008. No caso específico do quartzito, estima-se que a produção brasileira esteja por volta de 500.000 toneladas.

O quartzito é classificado geologicamente como uma rocha metamórfica, composto quase que inteiramente de grãos de quartzo. Sua origem está relacionada com ação de processos metamórficos desenvolvidos principalmente sobre rochas sedimentares ricas em quartzo, tais como arenitos e cherts (rochas ricas em sílica amorfa). De maneira subordinada, podem também derivar do metamorfismo de veios de quartzo ou de rochas vulcânicas muito silicosas.

A problemática ambiental tem despertado nos últimos anos grande interesse no Brasil. As leis de controle ambiental tornaram-se mais severas, e os órgãos de fiscalização ficaram mais eficientes. Por outro lado, os custos de disposição de resíduos e tratamento de efluentes de forma ambientalmente correta são elevados. Isto tem, motivado a busca de alternativas tecnológicas viáveis para dispor e /ou tratar resíduos industriais.

O lançamento de efluentes industriais sem o tratamento adequado no meio ambiente causa danos de ordem ecológica, econômica e social para a população. Dentre esses problemas, a contaminação das águas superficiais e subterrâneas se destaca devido ao fato de poder comprometer o abastecimento hídrico das populações que compartilham da mesma bacia hidrográfica do empreendimento. Outro fator observado é o desperdício de um bem que poderia ser utilizado no processo produtivo da indústria. O tratamento adequado dos efluentes, seja para a obtenção de um efluente que atenda os padrões de lançamento nos corpos d'água, ou no âmbito do reuso, representa soluções para os problemas de poluição da água, escassez dos recursos hídricos e ainda contribui para proteção ambiental.

Geralmente é feita uma ligação entre abundancia de recursos naturais com seu consumo descontrolado, sem preocupações com o reaproveitamento. O fato de em um determinado momento ser grande a disponibilidade de um recurso, não implica que o mesmo seja infinito, sem levar em conta de que em muitas vezes, desprezar determinados resíduos significa na perda de insumos. É preciso que se criem modelos de gestão para que se garanta um crescimento econômico ordenado, com a utilização dos recursos naturais de forma a que se garanta a sustentabilidade às futuras gerações e com a utilização da capacidade criativa das organizações para desenvolver oportunidades de negócios que surgirão para os sanar problemas existentes (CAMARGO, 2003).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Propor soluções de tratamento, ambientalmente correto, para os resíduos líquidos e sólidos provenientes de uma unidade industrial de beneficiamento de Quartzito, visando minimizar os possíveis impactos ambientais oriundos dessa atividade.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudar, através dos artigos científicos, as características dos resíduos líquidos e sólidos gerados nas atividades de beneficiamento do Quartzito;
- Conforme as características dos resíduos, propor uma técnica de tratamento adequada para os resíduos líquidos de uma indústria de beneficiamento de Quartzito localizado na cidade de Junco do Seridó
- Propor aplicações alternativas, ambientalmente corretas, para os resíduos sólidos provenientes da atividade industrial de beneficiamento de Quartzito.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 REVISÃO CONCEITUAL SOBRE ROCHAS ORNAMENTAIS

Rocha ornamental é a denominação empregada para designar rochas que, “após serragem, polimento e lustração, ressaltam características intrínsecas (textura, estrutura, trama dos minerais, etc) conferindo-lhes grande beleza e permitindo seu uso em revestimentos, pisos e ornamentação” (ABREU *et al*, 1990). Tal nomenclatura distingue as rochas assim caracterizadas das “pedras ornamentais”, termo que designa “aquelas pedras passíveis de serem utilizadas como adornos e/ou peças decorativas in natura ou trabalhadas sob as mais variadas formas” (BRANDÃO *et al*, 1991).

Dentre a variedade de rochas ornamentais o mármore e o granito são os mais conhecidos e difundidos, pela utilização em revestimentos ou peças ornamentais. Seus principais campos de aplicação incluem uso em bancadas de pias de banheiro e cozinha, revestimentos de pisos, paredes e soleiras, monumento funerário, entre outros (MELO, 2008).

Rochas como Quartzitos, Serpentinóis e Ardósias são incluídas como rochas ornamentais, porém são considerados tipos secundários, não se enquadrando nos grupos dos mármore e granitos (SANTOS & CHIODI FILHO, 1991).

Por outro lado, Vidal (1995) faz referência aos “materiais sucedâneos”, ou seja, outras rochas ornamentais empregadas na construção civil (revestimento), porém não submetidas ao processo de desdobramento de blocos (serragem). Incluem-se em tais matérias, rochas como Ardósias, Arenito, Quartzitos, Basaltos, Gnaisses, de forma que possam ser extraídas em forma laminada, ou utilizadas em revestimento, independentemente da referida forma.

3.2 QUARTZITO

O Quartzito é uma rocha metamórfica constituída por mais de 80% de quartzo. A interpenetração dos grãos de quartzo confere à rocha uma grande tenacidade. É uma rocha dura e compacta, de fratura subconchoidal ou conchoidal e brilho semelhante ao do quartzo.

Os Quartzitos contêm, além do quartzo, proporções variáveis de outros minerais principalmente feldspato, moscovita, e biotita. Os Quartzitos em geral são brancos, cinza claro, amarelo ou castanho, no entanto, podem ter outras cores devido a grãos microscópicos de minerais acessórios e, assim, serem esverdeados devido à presença de epidoto, azulados

devido à cianita, purpúreos devido à hematita, ou clorita, e pretos devido ao grafite, à magnetita, ou a bitoita. Distinguem-se facilmente dos arenitos porque, quando estes últimos se partem, a fratura dá-se pelo cimento, ficando os grãos do quartzo salientes, enquanto nos Quartzitos a fratura corta toda a massa da rocha, de alguns calcários, cujo aspecto é semelhante, distinguem-se por serem muito mais duros e por não darem efervescência com ácidos (PONTES *et al*, 2005).

SOUSA (1999) descreve o Quartzito como uma rocha formada por metamorfismo regional ou de contato dos arenitos quartzosos, podendo confundir-se com eles. Diferenciam-se destes pela presença de foliações, por apresentarem dureza elevada e fratura mais áspera. A variedade característica de cor e aspecto é função do grau de pureza da rocha original (arenito). Podem receber a denominação de pedra-mineira, quando se destacam facilmente em placas de espessura centimétricas, ou de itacolomitas, se essas placas forem flexíveis.

3.2.1 O Quartzito no Brasil

O estado do Espírito Santo juntamente com o estado de Minas Gerais são os dois principais produtores e exportadores brasileiros de rochas ornamentais, sendo que em 2005, o Espírito Santo contribuiu com 43% da produção nacional de rochas, que foi de 6,9 milhões de toneladas, segundo a Abirochas (2006). Em Minas Gerais existem 160 frentes ativas de lavra de rochas ornamentais, com uma produção de 1,2 milhões de toneladas/ano, essa produção distribui-se por mais de 50 municípios, incluindo nela a extração de Quartzitos, 300 mil toneladas/ano, desdobrando-se o equivalente a 5,2 milhões de m² em chapas com espessura média de 2 cm. A atividade mineiro-industrial gera aproximadamente 6.000 empregos diretos, alocados em pelo menos 140 empresas atuantes na lavra e beneficiamento. (ABIROCHAS, 2003)

A produção de Quartzitos foliados e de ardósias no Brasil, e principalmente em Minas Gerais, tem mantido uma média de crescimento muito significativa, mostrando um importante perfil de competitividade entre as rochas comercializadas no mercado externo. A exportação de Quartzitos foliados já atingiu 15,6% do total de rochas comercializadas no Estado de Minas Gerais. As exportações de quartzitos nesse estado representaram 87,5% em valores do total exportado no País (ABIROCHAS, 2003).

3.2.2 O Quartzito da Paraíba

De acordo com Sousa (1999), os Quartzitos existentes no estado da Paraíba ocorrem em formações pré-cambrianas do grupo seridó, especificamente na formação equador. Geralmente são encontradas sob forma de placas, com coloração variada, apresentando textura granoblástica e foliação bem desenvolvida, é uma rocha porosa alva e brilhante, antiderrapante, tem baixa absorção de água e são atérmicas, ou seja, não permitem a propagação das ondas de calor, por esse motivo muitos a conhecem como “pedra fria”.

Na Paraíba, os Quartzitos são constituídos por quartzo com micas de 75% de sílica (SiO_2). As principais áreas mineralizadas de Quartzitos na Paraíba estão na Província da Borborema cujos depósitos se estendem até os municípios de Equador e Ouro Branco, no Rio Grande do Norte. Nessas áreas observa-se uma extração intensa de blocos, os quais são beneficiados, com vista à confecção de lajotas quadradas ou retangulares para aplicação em revestimento de paredes, calçadas, piscinas e em pisos de construção moderna e rústica. A partir da década de 40, a produção dessa rocha cresceu bastante, conquistando cada vez mais novos mercados em Campina Grande, João Pessoa, Natal, Recife, Fortaleza e Salvador, existindo inclusive a possibilidade de inserção no mercado exterior (SOUZA *et al*, 2011).

No município do Junco do Seridó o Quartzito explorado tem como finalidade principal alimentar a construção civil, especificamente o mercado de rochas ornamentais. As placas extraídas podem ser trabalhadas das mais diferentes formas, seja rústica, talhada ou polida, e podem ter diversas aplicações como, em revestimento de paredes internas e externas, calçadas e pisos de casas. Nos últimos anos a demanda desse material tem aumentado devido a diversos fatores como, agregação de tecnologia no processamento final da rocha, maior visibilidade adquirida pela mesma junto a arquitetos, engenheiros e donos de construtoras, maior propagação de propriedades atrativas da rocha, a exemplo da não absorção de calor, e também pelo crescimento da construção civil no Brasil.

3.3.3 Beneficiamento do Quartzito

No beneficiamento de Quartzitos, a rocha passa primeiramente pelo deslocamento manual com ferramentas simples. Esses blocos são posteriormente cortados em máquinas de corte, acionada por um motor elétrico, que trabalha fixa em uma estrutura móvel construída por cantoneira e chapas de aço que se movimenta sobre trilhos. Os produtos, “in natura”, são posicionado sobre a referida estrutura, que é deslocada lentamente efetuando o corte da rocha.

Enquanto a estrutura se desloca lentamente, a água flui livremente sobre a serra e a rocha, facilitando o corte, resfriando os discos de corte e evitando a formação de poeira. As peças são cortadas onde são obtidos paralelepípedos (filetes) com dimensões diversas e padronizadas especificadas pelo cliente.

Nos últimos anos, verificou-se um aumento considerável na escala de produção desse produto devido ao aumento de consumo, tanto das placas de quartzito, com inserção em novos mercados, quanto de novos produtos, como por exemplo, os mosaicos que são gerados por novas técnicas de beneficiamento e tiveram grande aceitação no mercado.

No estado da Paraíba o beneficiamento do Quartzito já acontece há algum tempo, porém informalmente, onde cooperativas e serralheiros independentes beneficiam a rocha sem maiores preocupações, como, acabamento final e agregação de valor. A exportação do Quartzito beneficiado na Paraíba está muito aquém do seu potencial, quando comparado as suas reservas naturais, a maior parte do Quartzito exportado tem um beneficiamento deficitário, tornando-o um produto final de baixo valor agregado, com retorno financeiro inexpressível para aqueles que o comercializam no estado, deixando assim a maior parte do lucro para os exportadores que adquirem o produto e o beneficiam de forma mais eficaz. Por volta do ano de 2007 um empresário na cidade de Várzea se especializou no assunto e constituiu a primeira indústria preocupada em produção com escala industrial, comércio nacional e internacional, maior visibilidade do produto e agregação valor ao mesmo, desde então, essa atividade tem despertado interesse de empresários que estão aos poucos constituindo suas empresas no estado.

3.3 RESÍDUOS

Por definição, resíduos são matérias remanescentes de atividades antropicas e não antropicas, produzidos por diversas fontes e em diversas formas. Tem por característica principal ser uma substancia ou objeto de que o ser humano pretende desfazer-se por não lhe reconhecer utilidade. A geração de resíduos é tão indesejada quanto inevitável, toda e qualquer atividade é considerada geradora de resíduos sejam eles de menor ou maior quantidade.

São diversas as fontes geradoras de resíduos, como por exemplo, comercio, hospitais, construção civil, domicílios, agricultura, mineração e indústria, cada fonte gera um resíduo com suas particularidades e características. Segundo a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) os resíduos industriais são aqueles gerados nos processos produtivos e instalações

industriais. São esses resíduos diversificados, sua caracterização vai depender da indústria e do processo por ela adotado, de uma forma abrangente os processos industriais geram uma grande variedade de resíduos líquido, sólidos e gasosos, podendo causar contaminação do solo, águas superficiais, aquíferos e da atmosfera. (BRASIL, 2010).

A responsabilidade pela implementação e operacionalização integral do plano de gerenciamento de resíduos sólidos é do próprio gerador, sendo assim impraticável o descarte de resíduos sem qualquer tipo de tratamento, sendo cabível essa medida não só para os resíduos sólidos, mas também para qualquer tipo de resíduo gerado. Alguns desses resíduos podem ser reutilizados ou reaproveitados no próprio processo produtivo das indústrias, vai depender de sua composição, legislação vigente, tecnologia utilizada e da viabilidade econômica para ser feita essa reintegração. (BRASIL, 2010).

3.3.1 Resíduos Sólidos

A PNRS define resíduos sólidos como, material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semi-sólido. (BRASIL, 2010).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR 10004) classifica os resíduos sólidos de acordo com, a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem, seus constituintes e características e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido. A mesma norma designa quatro classes para os resíduos sólidos.

- Classe I ou Perigosos – apresentam riscos à saúde pública ou ao meio ambiente, caracterizados por possuir características de inflamabilidade, corrosibilidade, reatividade, toxicidade e patogenicidade;

- Classe II ou Não Perigosos – Podem ter propriedades como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade;

- Classe II A ou Não - Inertes – Aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I - Perigosos ou de resíduos classe II B - Inertes, nos termos da NBR 10004. Os resíduos classe II A – Não inertes podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

•Classe II B – Inertes - Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

3.3.1.1 *Técnicas de Tratamento de Resíduos Sólidos*

Com a finalidade de evitar que resíduos sólidos sejam descartados no meio ambiente algumas formas para tratamento foram desenvolvidas, para realizá-los é preciso entender sobre o ciclo de vida dos produtos que o geraram, que vai desde a sua fabricação até o seu tratamento e recolocação no mercado.

No geral, primeiramente, é necessário fazer a separação do material descartado, separando de acordo com sua composição, caracterizando assim a coleta seletiva. Depois de separados todo material será destinado ao seu devido setor onde sofrera o tratamento.

A reciclagem é um processo industrial que converte o lixo descartado em produto semelhante ao inicial ou outro. Reciclar é economizar energia, poupar recursos naturais e trazer de volta ao ciclo produtivo o que é jogado fora. A palavra reciclagem foi introduzida ao vocabulário internacional no final da década de 80, quando foi constatado que as fontes de petróleo e outras matérias-primas não renováveis estavam e estão se esgotando.

Outro método de tratamento de resíduos é a compostagem, Bidone & Povinelli (1999), descreve compostagem como sendo um processo biológico aeróbio e controlado de transformação de resíduos orgânicos em resíduos estabilizados, com propriedades e características completamente diferentes do material que lhe deu origem. No processo de compostagem obtêm-se, de uma matéria orgânica, um material estável, rico em húmus e nutrientes minerais, com atributos físicos, químicos e biológicos superiores (sob o aspecto agrônomico) àqueles encontrados na matéria-prima e pode ser utilizado como adubo.

Quando o resíduo em questão a ser tratada se caracteriza como sendo perigoso e demanda uma tecnologia segura e confiável para a sua completa destruição. A incineração é um processo de destruição térmica de resíduos que ocorre em uma alta faixa de temperatura, dentre as vantagens dessa técnica estão a destruição da maior parte dos componentes orgânicos do resíduo (percentual superior a 99,9%) e a sua significativa redução de volume. A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 316/2002, cita que os

resíduos recebidos pelo sistema de tratamento térmico deverão ser documentados, por meio de registro, do qual conste sua origem, quantidade e caracterização.

3.3.2 Resíduos Líquidos

As emissões de líquidos indesejados remanescentes de atividades antropicas são designadas de efluentes líquidos, sua caracterização se dá de acordo com sua origem, que na maioria das vezes são domésticos ou industriais, é importante ser feita para definir a forma de tratamento mais adequado e eficaz e a possibilidade de um lançamento em corpos hídricos ou no solo. O lançamento de efluentes sem nenhum tipo de tratamento pode ocasionar doenças para a população e contaminação de solos, águas superficiais e subterrâneas, cabe aos órgãos ambientais a determinação e a fiscalização dos parâmetros e limites de emissão de efluentes.

A Resolução do CONAMA nº 430/2011 dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, de acordo com essa Resolução os efluentes não poderão conferir ao corpo receptor características de qualidade em desacordo com as metas obrigatórias progressivas, intermediárias e final, do seu enquadramento. As metas obrigatórias para corpos receptores serão estabelecidas por parâmetros específicos, para os parâmetros não incluídos nas metas obrigatórias e na ausência de metas intermediárias progressivas, os padrões de qualidade a serem obedecidos no corpo receptor são os que constam na classe na qual o corpo receptor estiver enquadrado.

Ainda de acordo com a Resolução CONAMA nº 430/2011, os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor desde que obedeçam a determinadas condições ,como, pH, temperatura, demanda bioquímica de oxigênio, regime de lançamento, materiais sedimentáveis, e determinados padrões de sua composição.

3.3.2.1 *Métodos de Tratamento de Efluente*

A remoção dos contaminantes presentes em efluentes industriais se dá através de métodos físicos, químicos e biológicos envolvendo processos e operações unitárias de natureza física, química e biológica utilizadas isoladamente ou em uma multiplicidade de combinações. Cavalcanti (2009) caracterizou cada uma dessas operações, como se pode observar abaixo:

Os processos químicos, como floculação, adsorção, e oxidação/redução, a remoção ou conversão de poluentes é realizada pela introdução de produtos químicos ou pela ocorrência de outras reações químicas.

Já nos processos biológicos são utilizados na remoção de poluentes devido à atividade biológica em que as substâncias orgânicas biodegradáveis (coloidal ou dissolvida) são convertidas em gases, desprendendo-se para a atmosfera, ou então sendo absorvidos pelos tecidos celulares dos microorganismos.

Os processos físicos são caracterizados pelo predomínio de forças físicas promovendo a separação de fases, de modo a que cada uma destas fases segregadas sofra tratamentos específicos ou complementares. As principais operações unitárias utilizadas em tratamentos físicos de efluentes são gradeamento, peneiramento, filtração, sedimentação separação por gravidade diferencial, flotação, aeração, stripping e adsorção.

3.3.2.2 *Sedimentação*

Cavalcanti (2009), descreve sedimentação como um processo natural de separação de fases, sólido-líquido, que tem por princípio a ação da gravidade. A sedimentação em tratamento de efluentes é utilizada na separação de areia, sólidos sedimentáveis, lodos biológicos e lodos químicos quando floculados.

O mesmo autor afirma que a sedimentação de partículas envolve quatro processos.

Sedimentação discreta, utilizada em suspensões com baixo teor de sólidos, onde não acontece interação significativa entre as partículas circunvizinhas, então as mesmas permanecem inalteradas e com velocidade constante durante a sedimentação.

Sedimentação em flocos, também utilizada para baixo teor de sólidos, mas havendo aglomeração de partículas resultando em aumento de tamanho e de velocidade de sedimentação.

Sedimentação por zona, ocorre em decantadores secundários quando da sedimentação de lodos biológicos, onde acontece a interação das partículas e a massa das partículas sedimenta como um todo.

Sedimentação por compressão, onde o teor de sólidos é alto e acontece uma sedimentação posterior somente por compressão da estrutura de sólidos, este fenômeno ocorre nas camadas inferiores de decantadores secundários e em adensadores de lodo.

3.3.3 Poluentes Atmosféricos

Os resíduos gasosos são comuns na natureza, produto da eliminação de materiais e elementos químicos naturalmente por plantas, animais e qualquer outra espécie de matéria sobre a terra, esse tipo de resíduo gasoso advêm da natureza e ela mesma o absorve de forma que não vem a afetar seu equilíbrio, no entanto, quando esses resíduos são provenientes de fontes antropicas tudo fica um pouco mais complexo, seu controle e manejo se tornam comprometidos, afinal de contas, seu tratamento depois de ser lançado na atmosfera é praticamente impossível, gerando assim a poluição atmosférica que é descrito pela resolução CONAMA nº 03/90 como, qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e flora, prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

3.4 REUSO

A escassez de recursos hídricos no planeta vem cada dia mais preocupando a população e os órgãos governamentais, devido a crescente dificuldade ao acesso a água tratada e a escassez, cada vez maior, de chuvas, a reutilização dos resíduos líquidos surgiu como alternativa recorrida por aqueles que sofrem com a sua escassez. Por outro lado às exigências da legislação ambiental induzem as indústrias a procurar soluções para os efluentes gerados por elas, em meio a essa busca as indústrias acabam tornando seus processos mais eficazes, é cada vez mais frequente o uso de sistemas de tratamento de efluentes visando à reutilização de insumos, minimizando o descarte para o meio ambiente.

O reaproveitamento ou reuso da água é o processo pelo qual a água, tratada ou não, é reutilizada para o mesmo ou outro fim, essa reutilização pode ser direta ou indireta, decorrente de ações planejadas ou não. Neste contexto, as práticas conservacionistas como o uso eficiente e o reuso da água, constituem uma maneira inteligente de se poder ampliar o número de usuários de um sistema de abastecimento, sem a necessidade de grandes investimentos na ampliação ou a instalação de novos sistemas de abastecimento de água.

3.4.1 Reuso na Indústria

De uma forma geral, a qualidade e quantidade da água necessária ao desenvolvimento das diversas atividades consumidoras em uma indústria dependem de seu ramo de atividade e capacidade de produção. O ramo de atividade da indústria determina as características de qualidade da água a ser utilizada, ressaltando-se que em uma mesma indústria podem ser utilizadas águas com diferentes níveis de qualidade.

Ainda de acordo com o mesmo autor a adoção da prática do reuso na indústria apresenta diversos benefícios ambientais, como, redução do lançamento de efluentes industriais em cursos d'água e redução da captação de águas superficiais e subterrâneas, benefícios econômicos, como, aumento da competitividade do setor e redução dos custos de produção, e ainda benefícios sociais, a exemplo da ampliação na geração de empregos diretos e indiretos e melhoria da imagem junto a sociedade.

3.5 A QUESTÃO AMBIENTAL E AS ATIVIDADES EMPRESARIAIS

Em meado dos anos 1970 no Brasil foi lançada uma campanha intitulada “venha nos poluir” com o intuito de atrair indústrias de países desenvolvidos, a geração de emprego e tributos junto com a visão antagonista de natureza e produção industrial eram unânimes, a desculpa de que seria inevitável poluir para garantir o crescimento industrial, e consequentemente, o desenvolvimento econômico, eram os argumentos utilizados para evitar as medidas de controle ambiental. O reflexo dessa mentalidade foi sentida e mostrada no município de Cubatão, do estado de São Paulo a 40 km da capital, que a partir dos anos 1970 sofreu uma verdadeira invasão industrial, era tida como um dos mais ricos e modernos centros industriais do país. Em contrapartida, na década de 1980, a cidade foi considerada pela Organização das Nações Unidas como a mais poluída do mundo, a poluição atingia níveis alarmantes afetando a saúde da população, foram registradas doenças cardiorrespiratórias desenvolvidas por moradores e varias crianças que nasceram sem cérebro (anencefalia), com outras anomalias ou mortas.

Com os crescentes acidentes ficou claro que havia algo de errado nos princípios adotados, então a partir da década de 1980, grande parte dos países instituíram leis ambientais ou tornaram as existentes mais restritivas, regulando as atividades industriais e comerciais, no que se refere a seus impactos sobre o solo, a água e o ar. Com a finalidade de garantir que a legislação seja cumprida, órgãos ambientais foram instituídos nos diversos níveis

governamentais, houve também um aumento significativo na quantidade de Organização não Governamental (ONGs), reprimindo as ações dos governos e das empresas, e para aperfeiçoar este cenário, o surgimento da imprensa especializada aumentou a conscientização popular e os veículos de comunicação de massa passaram a dar mais importância à temática ambiental.

O posicionamento das empresas para com a temática ambiental teve uma maior mudança em 1991, com a publicação da Carta de Roterdã, apresentada na conferência da ONU sobre meio ambiente realizada no Rio de Janeiro em 1992. A Carta de Roterdã tem como público alvo o setor empresarial, ela está voltada para o desenvolvimento sustentável na qual contém princípios de gestão que indicam compromissos a serem adotados pelas empresas na implantação de um sistema de gestão ambiental. Para Bruns (2007), a gestão ambiental busca ordenar as atividades humanas para que estas originem o menor impacto possível sobre o meio ambiente. Esta organização vai desde a escolha das melhores técnicas até o cumprimento da legislação e a alocação correta de recursos humanos e financeiros.

O aumento da preocupação com o meio ambiente causou um forte impacto sobre as atividades empresariais, Young e Lustosa (2001) defendem que a competitividade industrial e a preocupação ambiental estão hoje implicadas na produção brasileira, e que há a emergência de uma indústria mais limpa, com base na competição. Atualmente, segundo Layrargues (2000), estaríamos vivendo uma época de despertar de um ambientalismo empresarial, onde o uso de tecnologias limpas tem um papel fundamental na construção de respostas que garantam a produção sem degradar o meio ambiente.

3.6 IMPACTO AMBIENTAL

Segundo o Artigo 1º da Resolução CONAMA nº 001/86 impacto ambiental é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

- I - a saúde, a segurança e o bem - estar da população;
- II - as atividades sociais e econômicas;
- III - à biota;
- IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V - a qualidade dos recursos ambientais.

A Norma Brasileira ISO 14001, por sua vez, conceitua impacto ambiental como sendo qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização.

É corriqueiro, quando se aborda impacto ambiental, relacionar a malefícios advindos de atividades humanas sobre o meio ambiente, sendo essa relação errônea, talvez por serem esses malefícios os mais propagados pela mídia ou por chamar mais atenção pública e despertar um maior cuidado das autoridades, o certo é que impacto ambiental é toda e qualquer alteração sofrida pelo meio ambiente motivado por atividades antropicas, seja essa alteração maléfica ou benéfica vai causar um tipo de impacto.

3.6.1 Impactos das Indústrias de Beneficiamento

Na atividade de beneficiamento de rochas tem-se uma grande geração de efluente líquido, as máquinas utilizadas para realizar o corte na rocha possuem um disco diamantado, durante o seu funcionamento esse disco é refrigerado de forma contínua com água, e além de resfriá-lo, a água facilita à serragem do bloco e evita a propagação de material particulado. A água utilizada gera um tipo de efluente sólido/líquido, constituído por partículas micrométricas da rocha, partículas metálicas de ferro, provenientes do desgaste do disco de corte, e água, que foi usada na refrigeração do disco. Quando lançado diretamente nos rios, esse efluente altera a cadeia biológica dos seres vivos ali existentes bem como gera assoreamento, se lançados diretamente no solo, contamina o solo, alterando as condições naturais do subsolo e do lençol freático.

Outro subproduto resultante do beneficiamento é um material mais grosseiro (aparas e lascas) caracterizado como pequenas placas irregulares consideradas descartáveis, provenientes do corte, devido ao tamanho reduzido, coloração mista ou falha em sua forma física. Quando o município não possui um aterro licenciado para depositar, separar e reaproveitar os resíduos gerados induz as indústrias a acumular esses rejeitos sobre o solo próximo, ou não, as suas instalações ou a agir de uma forma clandestina, depositando a beira das estradas e locais próximos a zona rural.

Por fim observa-se a poluição atmosférica provocada pelas partículas suspensas resultantes tanto do corte, quanto do manuseio das rochas, que pode ocasionar problemas respiratórios para a população circunvizinha e os próprios trabalhadores da indústria.

Além desses rejeitos existem os impactos produzidos no meio ambiente através da poluição sonora provocada pelo barulho característico do atrito da lâmina de aço com a rocha.

3.7 SUSTENTABILIDADE INDUSTRIAL

A ONU, no relatório de *Brundland*, em 1987, definiu desenvolvimento sustentável como aquele que atende as necessidades das gerações atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem a suas necessidades e aspirações. Com os avanços tecnológicos e o aumento da população, a atividade humana passou a causar mais impacto negativo ao meio ambiente, e o que durante muito tempo foi visto como fonte abundante de recursos disponíveis para servir às necessidades do homem, agora passa a ser uma aflição, uma vez que os recursos são limitados.

O ciclo produtivo extrai do meio ambiente os insumos necessários para a produção de alimentos e bens de consumo, entretanto, este ciclo retorna resíduos sólidos, efluentes líquidos e emite gases nocivos e poluentes em grandes quantidades. A globalização da economia e o aumento da competição mundial elevam a escala de produção, com a conseqüente busca da redução dos custos. Diante deste cenário as empresas passam a se reestruturar para se adequarem a esta nova percepção. Coral (2002) cita que as pressões sociais e restrições impostas fazem com que as empresas sejam forçadas a buscar formas de reduzir seu impacto ambiental e a melhorar sua imagem frente a sua responsabilidade social. Neste sentido, muito tem sido feito para a sustentabilidade do setor produtivo.

O objetivo fundamental de uma empresa é obter o maior retorno possível sobre o capital investido, para tanto, utiliza-se de ferramentas disponíveis para estar à frente dos concorrentes, obtendo maiores margens e fatias de mercado. No entanto, com as mudanças em sentido global, além dos fatores econômicos e estruturais, outras ferramentas começam a fazer parte da responsabilidade das empresas, que são as questões do meio ambiente e as questões sociais. Para que as organizações possam contribuir para a sustentabilidade devem modificar seus processos produtivos, quando for necessário, para se tornarem ecologicamente sustentáveis, isto implica em construir sistemas de produção que não causem impactos negativos, que estejam contribuindo para a recuperação de áreas degradadas ou oferecendo produtos e serviços que contribuam para a melhoria do desempenho ambiental dos consumidores e clientes de uma indústria (CORAL, 2002).

3.7.1 Sustentabilidade das Indústrias de Rochas Ornamentais

Chiodi Filho *et al* (2004) consideram que o Brasil está vivenciando a segunda grande onda exportadora do setor de rochas, relativa aos produtos processados semi-acabados. Esta onda sucedeu à de exportação de blocos e está lastreando a de exportação de rochas processadas acabadas, prontas para o consumidor final. A exportação desses produtos acabados, que são bens destinados diretamente ao consumidor final, é considerada a próxima fronteira da indústria brasileira das rochas ornamentais e de revestimento para a agregação de valor dos produtos finais do setor.

Um dos desafios do setor de rochas ornamentais no Brasil é tornar a rocha processadas acabadas, mais atraentes para o mercado externo, discute-se, neste caso, a formulação de cooperativas, consórcios de exportação, centrais de matéria prima e centrais de beneficiamento, bem como a formação de centros de pesquisa tecnológica visando, especialmente, a otimização dos processos para a minimização de impactos ambientais e uma aproximação dos conceitos adotados para o desenvolvimento sustentável. Nesse sentido, um dos percursos a ser adotado, na busca do desenvolvimento sustentável do setor de rochas ornamentais, passa pelo tratamento e aproveitamento dos resíduos gerados no processo de beneficiamento das rochas.

A reciclagem ou reutilização é uma oportunidade de transformação de uma fonte importante de despesa em faturamento ou, pelo menos, de redução das despesas de deposição, além da mitigação dos riscos ambientais. O reaproveitamento do resíduo diminui o consumo de recursos naturais na fabricação de produtos e elimina a necessidade de armazenar grandes quantidades de resíduos em aterros industriais.

4 METODOLOGIA

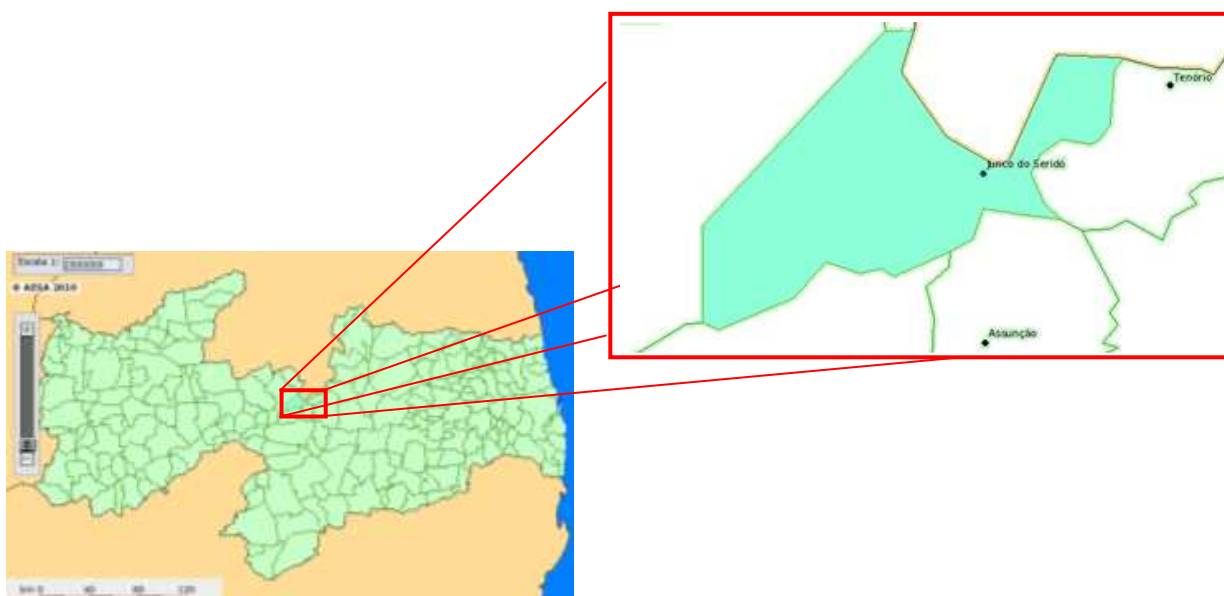
A metodologia empregada envolveu a coleta de informações e dados através de observações diretas, por meio de visitas técnicas em serrarias de beneficiamento de quartzitos no município de Junco do Seridó, além de revisão bibliográfica.

4.1 ÁREA DE ESTUDO

4.1.1 Junco do Seridó

O município de Junco do Seridó (Figura 1) situa-se na porção central-norte do Estado da Paraíba, Mesorregião Borborema e Microrregião Seridó Oriental Paraibano. Limita-se ao norte com Equador (RN), leste com Tenório e Assunção, Sul com Assunção e Salgadinho, e, oeste, com Santa Luzia. A base física do município possui área de 160,10 km², de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010), sua população foi estimada em 6.643 habitantes e o bioma caatinga. O acesso ao município se dá partindo da capital do estado, João Pessoa, pela BR-230, no sentido oeste por aproximadamente 230 km.

Figura 1 – Localização do Município de Junco do Seridó



Fonte: AESA, 2012.

De acordo com Serviço Geológico do Brasil (CPRM) a economia do município apresenta no setor primário uma maior participação (50,1 à 75%), seguindo-se do setor

secundário com participação de 20,1% à 40% e, com menor participação, do setor terciário (5,1% à 25%). O principal suporte da economia do município era a agricultura, porém devido à escassez de água e abundância de minérios hoje, sem dúvida, se tornou a mineração. (CPRM/PRODEEM, 2005).

Dentre os bens minerários extraídos dessa região se destacam o Caulim, Feldspato, Quartzito e o Quartzo.

4.1.2 Serrarias de Quartzito

No município de Junco do Seridó existem atualmente em operação quatro serrarias, esse número sofre alternância conforme a demanda de mercado. A maior parte da matéria prima que alimenta as serrarias provém de garimpeiros, que extraem a substância mineral Quartzito das frentes de lavra ou banquetas das áreas mineradas nas localidades de Ouro Velho e Carneira, situadas nas proximidades do município de Junco do Seridó.

As serrarias são unidades de beneficiamentos simples dotadas em média de apenas três máquinas de corte manual, que produzem e comercializam um material bruto serrado de várias dimensões, com baixo valor agregado.

Além das serrarias, a atividade de beneficiar o Quartzito é realizada por alguns pequenos serralheiros autônomos e informais, essa atividade é realizada na maioria das vezes em suas propriedades, munidos de apenas uma máquina de corte manual.

4.1.3 Empresa Estudada

A empresa que pretende aplicar os estudos realizados se encontra em processo de instalação, sua sede se localiza na cidade de Junco do Seridó. Inicialmente a empresa deseja comprar as rochas extraídas por pequenos garimpeiros locais, incentivando a economia local, mas projeta requeri áreas próprias para desenvolver a extração. O produto final desejado por essa empresa de beneficiamento é o mosaico (Figura 2), produto obtido após o corte da rocha de forma padronizada, onde os filetes obtidos são montados em matrizes de silicone (moldes), e colados em uma tela, tornando-o um produto padronizado e de melhor acabamento.

Figura 2 – Quartzito em Mosaico.



Fonte: Acervo Pessoal, 2012.

4.2 PRINCIPAIS RESÍDUOS GERADOS

Por meio de visitas técnicas realizadas a serrarias de Quartzito, foi observada a forma atual de acondicionamento dos principais resíduos gerados no processo do beneficiamento da rocha. Pôde-se notar uma quantidade exuberante de resíduos sólidos aliada a uma relevante falta de critérios na forma de seu acondicionamento, onde estes são dispostos em pátios (Figura 4) ou mesmo em acostamento estradas próximos as empresas. Com relação ao efluente líquido, observou-se que os mesmos são coletados em tanques (Figura 3), sem nenhum tipo de projeto na sua construção, e ao passar dos tanques são dispostos no meio sem nenhum tipo de análise ou comprovação de tratamento.

Figura 3 – Efluente proveniente do Beneficiamento do Quartzito



Figura 4 – Resíduo Sólido proveniente do Beneficiamento do Quartzito



Fonte: Acervo Pessoal, 2012.

4.3 ESCOLHA DO TRATAMENTO DO EFLUENTE SÓLIDO/LÍQUIDO

Conforme levantamento bibliográfico realizado, o efluente sólido/líquido gerado é composto por água e partículas de rocha, no transcorrer do beneficiamento nenhum tipo de reagente químico é utilizado, dessa forma foi optada a utilização de um tratamento físico.

Valdeziezo (2011) realizou ensaio de sedimentação no efluente, chegou à conclusão que o mesmo demora em torno de 10 a 15 minutos para encontrar-se quase que completamente sedimentado, apresentando assim uma boa taxa de sedimentação. Com base nesses dados, a operação escolhida para o tratamento foi à separação sólido-líquido na forma de sedimentação por gravidade.

4.4 REUTILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

A PNRS (BRASIL, 2010) cita em seus objetivos a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, e ainda o incentivo ao desenvolvimento de sistemas de

gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético.

No exercício da serragem do Quartzito, é gerada uma grande quantidade de resíduos, sendo estes, os restos da rocha. O aproveitamento dos resíduos em outras atividades afins ou distintas é de suma importância tanto para incremento econômico como para a preservação do meio ambiente e cumprimento da legislação, já que de acordo com o projeto de lei que institui a política nacional de resíduos sólidos, em sua seção III artigo 18, compete ao gerador de resíduos sólidos a responsabilidade pelos resíduos gerados, compreendendo as etapas de acondicionamento, disponibilização para coleta, coleta, tratamento e disposição final ambientalmente adequada de rejeitos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS

Na atividade de beneficiamento do Quartzito os principais resíduos gerados são os resíduos sólido/líquidos, provenientes das máquinas de corte, e os resíduos sólidos, caracterizados como restos de rocha, provenientes de descartes.

5.1.1 Efluente Sólido/Líquido

Valdeiezo (2011) analisou o efluente gerado por indústrias de beneficiamento de quartzito similares instaladas no município de Várzea – PB, que tem como maior parte de sua matéria prima extraída no município de Junco do Seridó e chegou aos seguintes resultados:

O efluente gerado é composto por partículas da rocha (Quartzito), a água que foi usada na refrigeração do disco, e um pequeno percentual de partículas metálicas de ferro provenientes do desgaste do disco de corte.

A porcentagem de sólidos do efluente corresponde a 63 %, esse valor pode, no entanto, apresentar algumas variações, inclusive podendo ser menor a esse valor, já que o teor de sólidos depende da quantidade de água adicionada ao efluente, desde a etapa de refrigeração do disco de corte, até o transporte do efluente aos tanques de sedimentação. Outro parâmetro determinado foi a densidade do efluente que foi de 1,54 g.mL⁻¹.

Verificou-se que as partículas apresentaram uma boa taxa de sedimentação, já que com um tempo de 10 a 15 minutos sua sedimentação era quase completa. Observa-se que uma quantidade muito pequena de partículas, de tamanho sub-micrométrico e coloidal permaneceu ainda em suspensão na proveta, mostrando uma baixíssima taxa de sedimentação. Como a porcentagem dessas partículas é muito pequena, as mesmas podem ser retiradas junto à fase líquida do processo.

Com relação à granulometria observa-se no efluente que, o 50% de todo o material encontra-se em uma granulometria menor que 27,8 micrômetros. É importante ressaltar que o $d_{80} = 87,1$ micrômetros, isso significa que 80% de todo material encontra-se numa granulométrica inferior a 87,1 μm . Estabelecendo-se uma comparação com a escala Tyler, menciona-se que a malha 200# corresponde a 74 micrômetros. Um tamanho de partícula de 87,1 μm é um pouco acima dessa granulometria. Essa distribuição granulométrica apresentada pelo efluente se reflete na boa taxa de sedimentação das partículas.

5.1.2 Resíduos Sólidos

Os resíduos sólidos gerados no processo de beneficiamento do Quartzito são os restos de rocha, que por apresentarem características impróprias são descartadas e consideradas sem utilidade para seguirem no processo. Desta forma, as características e composição desses resíduos são as mesmas da rocha.

Segundo Valdezieso (2011), o componente principal do Quartzito, do município de Junco do Seridó, é o quartzo (75%) e outros minerais como silicatos (turmalina) e micas (biotita, sericita e moscovita), os quais somam os 25% da composição mineralógica restante.

Vieira *et al* (2012) realizou um estudo a respeito da composição química do Quartzito proveniente de pedreiras da região do seridó, nas colorações branco, dourado, preto rosa e verde. Analisando os resultados obtidos, pode-se concluir que a maior parte da composição do Quartzito é a sílica (SiO_2), demonstrando assim um caráter essencialmente quartzoso, o Quartzito Rosa e dourado obteve um teor de sílica acima de 90%, o menor teor de sílica observado foi no Quartzito Preto (44,32%). A alumina (Al_2O_3) foi o segundo óxido mais encontrado nas amostras, decorrente da presença do feldspato e da mica, os teores variaram de 4,32% (Quartzito Rosa) a 13,70% (Quartzito Preto). Foi detectada também a presença de óxido de potássio (K_2O), também decorrente da presença da mica e do feldspato, cujos teores variam de 1,91% (Quartzito Rosa) a 9,79% (Quartzito Branco). Também foi possível observar a presença de ferro nas amostras, porém com certa discrepância, enquanto o Quartzito Preto apresentou um teor de 25,33%, as outras variaram entre 4,39% a 0,93%. A presença de ferro deve-se provavelmente a presença de biotita, ou de turmalina e outros minerais opacos.

5.2 TÉCNICA DE TRATAMENTO PROPOSTA PARA O EFLUENTE SÓLIDO/LÍQUIDO

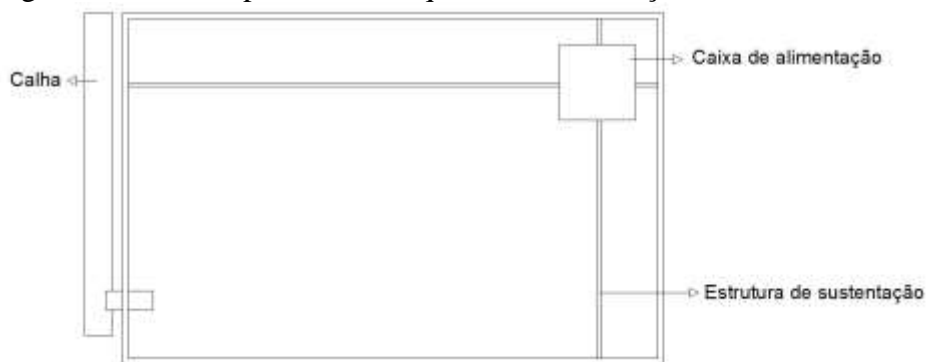
Para o tratamento do efluente gerado pelas máquinas de corte propõe-se a utilização de tanque de sedimentação para separar a fase sólida da fase líquida. Conforme foi verificado por Valdezieso (2011), em ensaios laboratoriais, o efluente apresenta uma boa taxa de sedimentação, em água, das partículas.

O tanque de sedimentação (Figura 5) deve apresentar grande área superficial, para que as partículas se espalhem adequadamente, e possuir pequena altura, para que o material

atinga o fundo do tanque no menor tempo. O tanque possuirá um reservatório para a alimentação do efluente, esse reservatório, ou caixa de alimentação, deve ser construído com um fundo falso para propiciar a saída periférica do efluente para o tanque. Esse sistema inibirá perturbações no meio à sedimentação das partículas, propiciando um fluxo laminar de sedimentação em queda livre. Na parte superior o tanque deve possuir uma calha periférica com inclinação de 2° (dois graus) para escoamento da fração líquida, aproveitando a força da gravidade, assim a fração líquida separada do efluente transbordaria pelo tanque sendo coletada pela calha. O tanque é aberto na parte superior, mas deve possuir uma estrutura metálica para dar sustentação à caixa de alimentação.

É proposto que sejam confeccionados dois tanques com as mesmas características, para que no momento da remoção do material sedimentado não seja paralisado o processo produtivo da fábrica. Os tanques de sedimentação operarão em um processo descontínuo, sua limpeza será realizada duas vezes por semana, sendo destinado um dia para cada tanque, da forma que quando for realizada a limpeza de um tanque, a vazão de efluente para este, será paralisada e o outro tanque receberá todo o efluente das máquinas de corte, e assim sucessivamente. Essa limpeza pode ser realizada de forma manual com uso de pás, mão-de-obra braçal e carrinhos de mão, ou de forma mecânica através de bombas de polpa.

Figura 5 – Vista Superior do Tanque de Sedimentação.



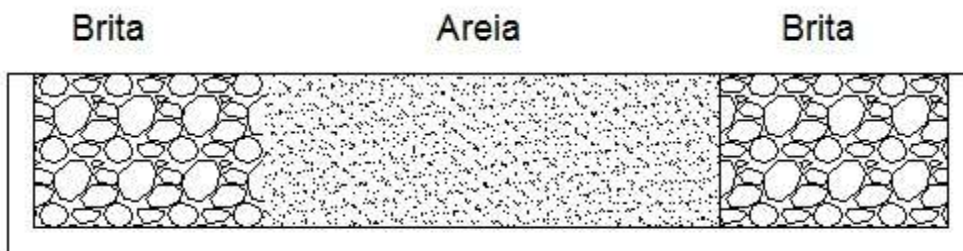
O material sedimentado retirado dos tanques será depositado em um leito de secagem de efluente semi-sólido, que será construído próximo aos tanques de sedimentação, esse resíduo contém ainda um determinado teor de umidade, o qual é seco à temperatura ambiente e armazenado para uma possível reutilização. O terreno em que será construída essa bacia deverá ser limpo, nivelado e concretado, serão construídos três muros, um no fundo do terreno e dois laterais como mostra a Figura 6.

Figura 6 – Vista Superior do Leito de Secagem.



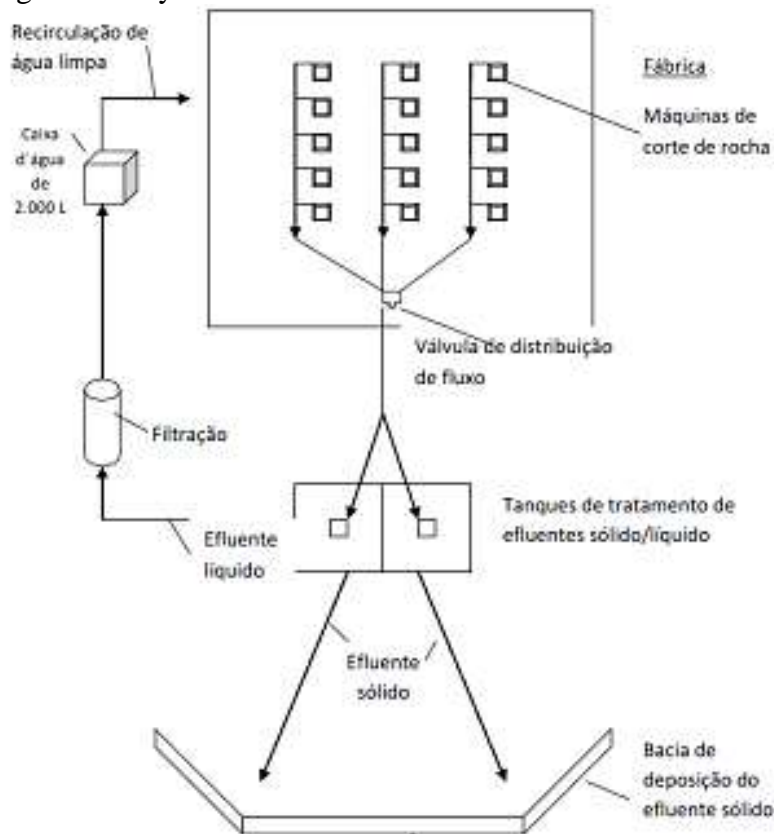
O efluente líquido proveniente do tanque será coletado pela calha periférica localizada no ponto de saída do efluente e seria levado para filtros com o intuito de remover o material argiloso, essa operação consiste em uma filtração, no qual o efluente líquido passa através de um leito filtrante que retém partículas ultrafinas e coloidais, restando apenas à água. O leito filtrante seria composto por areia, com granulometria de 1,0 mm, e brita, com granulometria de 12 mm a 17 mm, como mostra a Figura 7. A água oriunda da filtração iria para caixas d'água, onde seria armazenada e posteriormente reaproveitada pelas máquinas de corte da própria fábrica.

Figura 7 – Vista Frontal do Filtro



A Figura 8 mostra o esquema do fluxograma da unidade de tratamento de efluentes. O efluente descartado pelas máquinas de corte é transportado através de tubulações ou calhas, tendo inclinação suficiente para facilitar o escoamento, e delas irá para uma válvula de distribuição de fluxo. Em seguida o efluente é colocado diretamente na caixa de alimentação do tanque de sedimentação. Nele é gerado um efluente sólido e um efluente líquido. O destino do material sólido é a bacia de deposição. Enquanto que o efluente líquido irá para filtração. A água obtida a partir desse processo de filtragem irá ser acondicionada em um reservatório com tampa, para o seu re-aproveitamento.

Figura 8 - Layout da unidade de tratamento de efluentes sólido/líquido



5.3 DESTINAÇÃO AMBIENTALMENTE CORRETA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Na atividade do beneficiamento do Quartzito são gerados dois tipos de resíduos sólidos, as aparas caracterizadas como restos do processo produtivo, sendo um resíduo mais grosseiro, e o material sedimentado proveniente dos tanques de sedimentação, sendo este um resíduo fino. Esses resíduos têm as mesmas características e composição da rocha Quartzito.

Descartados e dispostos de forma inadequada no meio ambiente sem previsão de utilização ou reuso, os resíduos gerados podem ser utilizados como produtos ou subprodutos para outras aplicações. Vários trabalhos já foram realizados e há várias alternativas em estudo para utilização desses resíduos, sendo algumas delas já incorporadas a novos produtos e processos, como por exemplo, emprego desses resíduos em produtos para a construção civil (tijolos a base de cimento), em composições de cerâmica vermelha (telhas e tijolos) e vidro, em artefatos de borracha (sem uso estrutural), na fabricação de argamassas industriais, dentre outros.

Os rejeitos finos e grossos provenientes do beneficiamento do Quartzito podem ser aproveitados para fabricação de argamassa nos tipos ACI, que é utilizada em áreas internas e

não sujeitas a umidade, ACII, utilizada em áreas externas e internas sujeitas a umidade, e ACIII, utilizada para assentar grandes formatos de revestimento, assentar revestimento que necessite secagem rápida e assentamento de sobreposição. O processo de fabricação de argamassa é dividido em três etapas, cominuição, classificação granulométrica e mistura. A cominuição tem três estágios, primeiro os rejeitos passam por um britador, depois são levados para moagem e, em seguida, são expostos a um segundo britador. Posteriormente esse material é peneirado em uma peneira rotativa, sendo feita assim a classificação granulométrica. Por fim, os finos de Quartzito são depositados em misturadores, onde será misturado com cimento e um aditivo retentor de água que, devidamente misturados, formam a argamassa. A composição indicada é de 80% da areia do resíduo do Quartzito, 19,84% de cimento e 0,16% de retentor de água.

Uma alternativa inovadora é a utilização do resíduo fino, do beneficiamento do Quartzito, no desenvolvimento de vidros sodo-cálcicos, visto que esses resíduos possuem como constituinte majoritário a sílica (SiO_2), tendo portanto grande potencial para ser utilizado na fabricação de vidros, pois industrialmente o conceito destes, pode-se restringir aos produtos resultantes da fusão de óxidos ou seus derivados e misturas, tendo geralmente como constituinte principal a sílica. Na composição química do Quartzito também é encontrado teores de Oxido de Ferro (Fe_2O_3), o ferro tem papel fundamental na produção de vidro, pois atua como colorante em sua formulação. Com o emprego desse resíduo na produção de vidro, além de agregar valor e minimizar o seu impacto ambiental, como consequência tem-se também uma diminuição na utilização da areia, principal matéria prima utilizada na produção de vidro, na qual a sua extração apresenta forte perfil desfavorável ao meio ambiente.

A utilização do resíduo do quartzito em cerâmica vermelha (bloco cerâmico e telhas) também é possível devido à compatível composição da cerâmica e dos resíduos. O quartzo é um mineral responsável pelo desenvolvimento de plasticidade, e se encontra em abundancia nos resíduos do quartzito, a mica moscovita, igualmente componente do resíduo, é um mineral de textura lamelar, e que em tamanho reduzido pode atuar como material fundente devido à presença de óxidos alcalinos, ou seja, facilitador da formação da fase líquida de grande importância durante a sinterização das peças durante a queima. A composição do resíduo do quartzito na massa cerâmica pode ser de até 30%, sendo esse corpo cerâmico sinterizado a uma temperatura de 1050°C.

6 CONCLUSÕES

O efluente líquido é constituído por restos da rocha Quartzito (65%), água (45%) e uma quantidade metálica desprezível proveniente do desgaste dos discos durante a serragem. Os resíduos sólidos são os restos de rocha Quartzito descartados, por aparentemente não apresentarem utilidade. Dessa forma, a composição química dos resíduos sólidos e efluente líquido são os mesmos da rocha, que tem como principais elementos de sua composição química a sílica, alumina, óxido de potássio e ferro, no caso do efluente líquido tem também a água.

Para a técnica do tratamento dos resíduos líquidos gerados durante o beneficiamento do Quartzito, foi proposto a utilização da sedimentação, através de tanque de sedimentação seguido de leito de secagem e filtro, onde o efluente líquido transbordado pelo tanque é conduzido para um filtro onde as partículas remanescentes são retidas, para que, só então esse líquido possa recircular para o início do sistema, o resíduo sedimentado retirado do tanque é encaminhado para o leito de secagem, onde depois de seco se junta aos outros resíduos sólidos gerados no processo, que se caracterizam como os restos de rocha consideradas impróprias para seguir nesse processo, para ser dada uma destinação ambientalmente correta a esses resíduos.

Neste trabalho, foram mostradas diversas vantagens advindas da possibilidade de incorporação dos resíduos sólidos provenientes do beneficiamento do Quartzito, obtendo assim, uma melhor solução para minimizar o impacto ambiental gerado por este tipo de rejeito. Os resíduos sólidos gerados podem ser utilizados como matéria prima na fabricação de diversos produtos, com este estudo foi demonstrado a viabilidade de utilizá-lo na fabricação de argamassa e na composição de vidro e cerâmica vermelha.

REFERENCIAS

ABIROCHAS (Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais). **O setor de rochas ornamentais e de revestimento**. Informe 005/2006. São Paulo. 2006.

ABIROCHAS (Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais). **Os Quartzitos De São Thomé Das Letras, Minas Gerais: Principais Demandas Para O Desenvolvimento Sustentável Da Atividade Produtiva**. São Paulo. 2003.

ABIROCHAS (Associação Brasileira de Indústria de Rochas Ornamentais). **Situação mundial e posição brasileira no setor de rochas ornamentais em 2008**. Informe 18/2009. São Paulo. 2009.

ABREU, U.A., RUIZ, M.S., CARUSO, L.G Perfil 7- **Rochas dimensionadas e aparelhadas**. In: RUIZ, M.S., NEVES, M.R. (Coord.). Mercado produtor mineral do estado de São Paulo. São Paulo: I.P.T., 1990. p.137 – 151.

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: <www.aesa.pb.gov.br>. Acesso em: 29 de outubro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004 – Resíduos Sólidos – Classificação**. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10006 – Gerenciamento da Qualidade - Diretrizes para a qualidade em gerenciamento de projetos**. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2004

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10007 – Amostragem de Resíduos Sólidos – Classificação**. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2004

BIDONE, Francisco Ricardo Andrade; POVINELLI, Jurandyr. **Conceitos básicos de Resíduos Sólidos**. São Carlos: EESC-USP, 1999. 109 p.

BRANDÃO, W., SARDOU FILHO, R., QUEIROZ, E.T. **Mármore e granito e outras rochas ornamentais no Brasil**. In: SCHOBENHAUS, C., QUEIROZ, E.T., COELHO, C.E.S. (Coord.). Principais depósitos minerais do Brasil. Brasília: D.N.P.M./C.P.R.M. 1991.

BRASIL, Casa Civil. Lei nº 12.305, de 2010. **Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS**. Brasília: Presidência da República, 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 06 de Outubro, 2012.

BRASIL, Casa Civil. Projeto de lei nº 1991/07 do Executivo, de 6 de setembro de 2007, **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <http://www.projetodolabirinto.com.br/v1/images/stories/doc/PROJETO_DE_LEI.pdf>. Acessado em: 10 de Outubro, 2012.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução Nº 316, de 29 de Outubro de 2002. **Dispõe sobre procedimentos e**

critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2002.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução N° 430, de 17 de Março de 2011. **Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2011.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução N° 03, de 28 de Junho de 1990. **Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 1990.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução N° 01, de 23 de Janeiro de 1986. **Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 1990.

BRUNS, Giovana Baggio. **Afinal, o que é gestão ambiental?** Disponível em: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br/gestao/artigos/afinal,_o_que_e_gestao_ambiental%3F.html>. Acessado em: 01/Nov/2012

CAMARGO, A. L. B. **Desenvolvimento sustentável.** Campinas: Papirus, 2003.

CAVALCANTI, José Eduardo W. de A. **Manual de Tratamento de Efluentes Industriais /** José Eduardo W. de A. Cavalcanti. São Paulo: Engenho Editora Técnica Ltda., 2009.

CHIODI FILHO, Cid; RODRIGUES Eleno de Paula; ARTUR, Antonio Carlos. **Panorama técnico econômico do setor de rochas ornamentais no Brasil.** UNESP, São Paulo, v.23 n 1/2, p.5-20, 2004.

CORAL, Elisa. **Modelo de planejamento estratégico para a sustentabilidade empresarial.** 2002. 282f. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, 2002.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. **Diagnóstico do município de Junco do Seridó, estado da Paraíba.** / João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Franklin de Moraes, Vanildo Almeida Mendes, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (2010). Disponível em:<<http://www.ibge.gov.br>. Acessado em 29/out/2012
Inmetro.

LAYRARGUES, P. P., **Sistemas de gerenciamento ambiental, tecnologia limpa e consumidor verde: a delicada relação empresa-meio ambiente no ecocapitalismo.** Revista de Administração de Empresas, v 40. n 2, 2000.

MELO, L.S.C. **Gestão ambiental de resíduos sólidos gerados em empresas de beneficiamento de rochas ornamentais em Belo Horizonte**. Monografia, Especialização em Meio Ambiente. Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

NBR ISO 14001:1996, **Sistemas de gestão ambiental**. Especificação e diretrizes para uso.

Pontes, I.F.; Cardoso, F.W.H. (2005). **Valorização de resíduos de serrarias de mármore e granito e sua aplicação na construção civil**: Anais V Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste, 12 a 15 de Novembro, Recife, PE.

SANTOS, J.F., CHIODI FILHO. C. **Programa Michelangelo Espírito Santo: uma proposta para liderança nacional em rochas ornamentais**. Brasília. D.N.P.M., 1991.

SOUSA, ANTONIO PEDRO FERREIRA. **Geologia Lavra e Aproveitamento Racional dos Quartzitos da Região de Várzea e Junco do Seridó – PB**, Campina Grande / PB, 1999 p. il.

SOUZA, M.M; FELIPE, L.C.O; VIERA, E.V; NEVES, G.A; SOUZA, J.B.M. (2011). **Caracterização tecnológica de Resíduos de Quartzitos da Paraíba e Rio Grande do Norte visando seu aproveitamento na indústria cerâmica**. Anais do 56º Congresso Brasileiro de Cerâmica, 29 de maio a 01 de junho, Porto de Galinhas, PE.

VALDIVIEZO, E.V. (2011). **Dimensionamento da unidade de tratamento de efluentes sólido/líquido gerado no beneficiamento de quartzitos em Várzea-PB**. Relatório técnico UAMG/CTRN/UFCG. Projeto: Tecnologia avançada para mineração de quartzitos, 20p.

VIDAL, F.W.H. **A indústria extrativa de rochas ornamentais no Ceará**. São Paulo, 1995. 178 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia mineral, Universidade de São Paulo.

VIEIRA, E. V, SOUZA, M. M, GONZAGA, L. M (2012). **CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DA LAVRA DE QUARTZITOS DA REGIÃO DO SERIDÓ VISANDO A PRODUÇÃO DE CERÂMICA PARA PORCELANATO**. Anais IV Congresso Brasileiro de Rochas Ornamentais, 06 a 09 de Novembro, Campina Grande, PB.

YOUNG, C. E. F., LUSTOSA, Maria Cecília J. . **Meio ambiente e competitividade na indústria brasileira**. Revista de Economia Contemporânea, Rio de Janeiro, v. 5, p. 231-259,2001