



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CURSO DE QUÍMICA INDUSTRIAL



ALDREANY PEREIRA DE ARAÚJO SILVA

**CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO AMBIENTAL DA LAMA DO
BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS**

CAMPINA GRANDE – PB
2013

ALDREANY PEREIRA DE ARAÚJO SILVA

**CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO AMBIENTAL DA LAMA DO
BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado a Universidade Estadual da
Paraíba – UEPB, como exigência para
obtenção do título de graduada no curso
de Química Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Augusto Pereira de Sousa

CAMPINA GRANDE – PB
2013

S586c Silva, Aldreany Pereira de Araújo.

Caracterização e classificação ambiental da lama abrasiva do beneficiamento de rochas ornamentais [manuscrito] / Aldreany Pereira de Araújo Silva. - 2013.

36 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2013.

"Orientação: Prof. Dr. Antônio Augusto Pereira de Sousa, Departamento de Química".

"Co-Orientação: Profa. Dra. Djane de Fátima Oliveira, Departamento de Química".

1. Impacto ambiental. 2. Rochas ornamentais. 3. Lama abrasiva. 4. Resíduos sólidos. I. Título.

21. ed. CDD 333.72

ALDREANY PERERA DE ARAÚJO SILVA

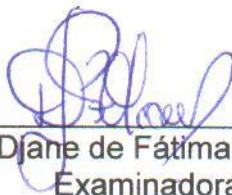
**CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO AMBIENTAL DA LAMA DO
BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado a Universidade Estadual da
Paraíba – UEPB, como exigência para
obtenção do título de graduada no curso
de Química Industrial.

Aprovada em 01 /10 /2013.



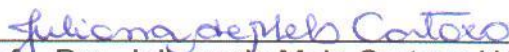
Prof. Dr. Antonio Augusto Pereira de Sousa / UEPB
Orientador



Profa. Dra. Djanê de Fátima Oliveira / UEPB
Examinadora



Profa. Dra. Verônica Evangelista de Lima/ UEPB
Examinadora



Profa. Dra. Juliana de Melo Cartaxo UAEMa/ UFCG
Examinadora

Em primeiro lugar á Deus por todas as vezes que pensei em desistir mais Tu me desta força para continuar, a minha família que sempre estiveram presente nessa minha batalha e não me deixaram desanimar, essa história de vitórias e sucesso a vocês, **DEDICO.**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por todas as conquistas e pela força a mim concebida, ao Senhor seja dada toda honra, toda glória e todo o louvor.

A minha mãe Francisca, meu pai Aldenor e toda a minha família por todo amor, dedicação e confiança em mim depositada, por todas as provas de paciência e de respeito que sempre tiveram comigo, obrigada por sempre acreditarem que eu ia conseguir; a eles todo meu amor, carinho admiração e respeito.

Ao meu avô Jovenito Pereira, que não se encontra mais perto de mim, mais que sempre me enviou força para lutar e seguir em frente, obrigada vô por sempre ter acreditado no meu potencial e ter sido o primeiro a acreditar que eu ia vencer. Saudades eternas, onde o senhor estiver saiba que Te Amo muito!

A minha companheira de todas as horas Natália de Oliveira Santiago, minha amiga muito obrigada por todo o amor, paciência, companheirismos em todas as horas dias e noites de estudo, por sempre segurar a minha barra, sei que não foi fácil, muito obrigada saiba que você é uma amiga para a vida toda, te amo muito, obrigada por tudo, agradeço a Deus por ter te colocado em meu caminho, muito obrigada por tudo.

Ao meu orientador Prof. Dr. Antônio Augusto Pereira de Sousa, por todo ensinamento, confiança que me foi depositada, sei que minha carreira acadêmica jamais teria sido a mesma sem sua orientação e sem sua dedicação, meus sinceros Obrigada, saiba que estarei à posta para o que precisar.

A Profa. Dra. Djane Oliveira de Fátima, por toda a orientação e pelo amor de mãe que a senhora teve comigo, muito obrigada por todos os ensinamentos acadêmicos e pelas lições de vida.

À Profa. Dra. Verônica Evangelista de Lima, muito obrigada por todo o amor, carinho, conselhos e ensinamento, pela a orientação e dedicação em sempre me ensinar e me transmitir o melhor, e por muitas vezes me mostrar à beleza da vida, obrigada pelo amor de mãe, saiba que sempre que precisar estarei aqui.

À Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, entre professores, alunos, funcionários e técnico-administrativos.

Aos meus colegas de turma, com quem aprendi muito, agradeço a vocês toda a amizade e compreensão. Meus cumprimentos a todos!

“Toda a nossa ciência, comparada com a realidade, é primitiva e infantil – e, no entanto é a coisa mais preciosa que temos”
(ALBERT EINSTEIN).

RESUMO

A indústria de rochas ornamentais no Brasil tem apresentado nos últimos anos um grande crescimento, gerando riquezas e empregos. Este setor caracteriza-se principalmente na extração e beneficiamento de rochas, tais como granito, mármore, entre outras. As rochas ornamentais são materiais especialmente usados em construções, monumentos, arquitetura e escultura. O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores destas rochas. O sistema de desdobramento de blocos de rochas para a produção de chapas gera uma quantidade significativa de resíduos na forma de polpa, que em sua grande maioria é lançada em lagoas de decantação e aterros. Além da contaminação direta dos aquíferos superficiais, os seus rejeitos descaracterizam a paisagem e preocupam as autoridades públicas, órgãos sanitários e a população localizada no entorno das serrarias e áreas da extração. Este trabalho teve como objetivo classificar e estudar a lama abrasiva oriunda do desdobramento de rochas ornamentais do estado da Paraíba, conforme norma NBR 10.004/2004, na caracterização o resíduo analisado não é considerado Classe I – Perigoso, no entanto o extrato do ensaio de solubilização desta amostra indicou que a concentração de Alumínio é superior ao limite definido e, portanto, o resíduo é classificado como CLASSE II – Não Inerte. Diversos estudos para aplicação dos resíduos de indústria de beneficiamento de rochas ornamentais têm sido realizados, para a utilização do rejeito em materiais alternativos, por exemplo, a incorporação do rejeito juntamente com a bentonita no processo de pelotização e fabricação de areia sanitária para gatos.

PALAVRAS-CHAVE: Impacto ambiental, beneficiamento, caracterização.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
2.1	ROCHAS ORNAMENTAIS	12
2.2	QUESTÃO AMBIENTAL NA INDÚSTRIA DE BENEFICIAMENTO DE GRANITO	15
2.3	BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS	16
2.4	RESÍDUOS ORIUNDOS DO DESDOBRAMENTO DE GRANITO	17
2.5	RESÍDUOS SÓLIDOS	18
2.6	CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS	18
2.7	LAMA ABRASIVA	21
3	METODOLOGIA	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
4.1	ANÁLISES QUÍMICAS DA LAMA ABRASIVA	27
	REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

O setor de mineração e beneficiamento de rochas ornamentais no Brasil tem apresentado nos últimos anos grande crescimento, gerando riquezas e empregos. O setor é baseado principalmente na extração e beneficiamento de rochas, tais como granito, mármore, entre outras. As rochas ornamentais são materiais especialmente usados em construções, monumentos, arquitetura e escultura. O Brasil é um dos maiores produtores de rochas ornamentais do mundo (MERCADO, 1990).

O setor de rochas ornamentais envolve diversos processos de beneficiamento, sendo fonte geradora de enormes quantidades de rejeitos. Segundo Ribeiro *et al.* (2007), os rejeitos podem ser classificados em dois tipos: Rejeitos grossos, gerados no momento da obtenção do bloco, ou também das aparas ou rebarbas geradas no momento do corte das chapas; e os rejeitos finos, que são gerados pelo material retirado pelas lâminas ou discos de serra no momento do corte dos blocos de modo a gerar os produtos de interesse (chapas, pisos, peças, etc.).

A preocupação com o meio ambiente tem sido tema de muitas discussões, preocupação de muitos empresários, devido ao destino dos seus rejeitos das atividades de suas indústrias. A sociedade cobra dos governos ações que freiem a poluição ambiental. Porém em termos de poluição a indústria é uma fonte principal, devido a cada indústria produzir rejeitos de suas atividades todos os dias. A preocupação atual é justamente o destino final deste rejeito. Porém com a eficiência das novas tecnologias que aparam as atividades industriais, esse problema vem ganhando solução e, esse cenário de poluição ambiental vem sendo modificado. Um fator importante que impulsiona essa mudança é a exigência do mercado, que além de querer produtos com alta qualidade querem que os mesmos atendam as exigências ambientais.

No setor de beneficiamento de rochas ornamentais o Brasil é um dos maiores produtores e exportadores mundiais. A potencialidade brasileira em rochas ornamentais, principalmente em relação aos granitos é extraordinária, devido às amplas regiões do território que compreendem afloramentos pré-cambrianos. A potencialidade geológica do país pode ser comprada, no nível mundial, somente às da China e da Índia (JÚNIOR, 2001).

No processo de beneficiamento de rochas ornamentais é gerado grande volume de resíduos. Na transformação do bloco em chapas é geradas elevadas quantidades de rejeitos da lama abrasiva, composta basicamente de água, granalha (aço), cal e rocha moída. (WASHINGTON, MONICA; 2011).

O principal impacto e passivo ambiental das indústrias de beneficiamento de rochas ornamentais é a lama abrasiva, rejeito do corte dos blocos, que a cada dia são produzidos mais e mais rejeitos e são depositados em aterros sem previsão de uso.

O objetivo trabalho foi caracterizar e estudar a lama abrasiva oriunda do beneficiamento de granito das indústrias deste setor localizadas na região Nordeste do Brasil, com a finalidade de obtenção de melhores eficiências no desdobramento de granito destas empresas, pois está diretamente ligada à composição e a concentração dos componentes da mistura abrasiva (lama abrasiva). Classificar e estudar a lama abrasiva oriunda do desdobramento de rochas ornamentais do estado da Paraíba, conforme norma NBR 10.004/2004

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No século XIX foi montada a primeira indústria de beneficiamento de mármore no Brasil. Esta indústria foi implantada em moldes artesanais por imigrantes italianos e portugueses. Utilizavam métodos rudimentares causando pouco desenvolvimento, principalmente pela concorrência dos mármore italianos.

O primeiro tear foi montado no Brasil durando o período da Primeira Guerra Mundial (1914-1918), devido principalmente ao bloqueio marítimo impostos pela guerra. Esse tear foi importado e a partir deste o Brasil começou a construir seus próprios teares com protótipo importado. Ouro Preto e Mar de Espanha, localizados no estado de Minas Gerais foram os primeiros locais em que se explorou o mármore.

Após o começo da exploração de mármore pelo estado de Minas Gerais, outros estados começaram também a sua exploração de rochas ornamentais, como por exemplo, o estado do Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo e Bahia. Durante a década de 70 foi que a exploração de rochas ornamentais teve seu desenvolvimento devido ao consumo interno e exploração de material bruto. O avanço do setor de seu devido à aplicação em elementos de revestimentos em pisos, paredes e fachadas.

2.1 ROCHAS ORNAMENTAIS

O termo “rochas ornamentais” refere-se “[...] as rochas que podem ser extraídas em blocos ou placas, cortadas em formas variadas e que têm suas faces beneficiadas por meio de esquadrejamento, polimento, lustro, apicoamento e flameamento” (DESCHAMPS et al., 2002). São considerados dentro deste grupo os mármore, travertinos, granitos, ardósias, quartzitos, serpentinitos, basaltos, pedrasabão e outros (DA SILVA; AMARANTE; SEIXAS. 2003).

Nas indústrias são gerados uma série de resíduos que são colocados diretamente no ambiente, no beneficiamento do granito essa realidade não é diferente, sendo originados muitos detritos, quais sejam: pó de pedra, fragmentos de rocha nas pedreiras e serrarias e a lama abrasiva. (ARAÚJO, 2008). O resíduo gerado mais preocupante é a lama abrasiva, por provocar impactos consideráveis ao meio ambiente que não são descartados de forma responsável. Entre os impactos

causados pela lama abrasiva destaca-se a contaminação de corpos hídricos, colmatação dos solos, poluição visual, perda da vegetação nativa, poluição atmosférica, erosão e assoreamento e movimentação dos solos (FILHO et al, 2005).

Segundo Silva (1998) o beneficiamento dessas rochas envolve as etapas de desdobramento, polimento e corte/acabamento. O desdobramento consiste na serragem de blocos em chapas por meio de equipamentos denominados teares. A segunda etapa é o polimento de chapas brutas, advindas do processo de desdobramento realizadas em equipamentos denominados politizes.

A última etapa do beneficiamento de rochas ornamentais é o corte das chapas polidas e acabamento final transformando-as em artefatos. Porém, o sistema de desdobramento de blocos de rochas para a produção de chapas gera uma grande quantidade significativa de resíduos na forma de polpa (lama abrasiva). Tal material é proveniente de polpa utilizada nos teares cujos objetivos são: lubrificar e resfriar as lâminas, evitar sua oxidação de modo a impedir o aparecimento de manchas nas chapas. Essa lama abrasiva geralmente, constituída de água, gralha e cal moída (SOUSA et al 2008).

Comercialmente, as rochas ornamentais dividem-se em mármore e granito. Os mármore compreendem as rochas carbonáticas, que “[...] é um calcário metamórfico cristalino, basicamente constituído por calcita (CaCO_3)” e os granitos são rochas silicáticas “[...] constituída principalmente por feldspatos, quartzo e micas” (SBRT, 2006).

Para fins de revestimento são mais utilizadas as rochas isotrópicas, sem orientação preferencial dos constituintes mineralógicos, chamadas de homogêneas. As anisótropas, com desenhos e orientação mineralógica (designadas como “movimentadas”) são preferidas para peças isoladas (ABIROCHAS, 2004).

O padrão cromático influi muito na valorização da rocha. A partir deste ponto de vista os materiais se classificam em:

- Clássicos: que não sofrem influência de modismos e incluem mármore vermelhos, brancos, amarelos e negros além de granitos negros e vermelhos.
- Comuns: preferidos em obras de revestimento, abrangem mármore bege e acinzentados, granitos acinzentados, rosados e amarronzados.

- Excepcionais: normalmente utilizados para peças isoladas e pequenos revestimentos, incluindo mármore azuis, violeta e verdes, granitos azuis, amarelos, multicores e brancos.

São conhecidas como “rochas processadas especiais” aquelas que recebem algum tipo de tratamento de superfície (polimento e lustro, por exemplo) e são calibradas. Estão inclusos aqui os mármore, granitos, quartzitos maciços e serpentinitos (ABIROCHAS, 2004).

As “rochas processadas simples” são aquelas utilizadas com superfícies naturais em peças não calibradas e que foram extraídas sem dar tratamento a sua superfície. Este é o caso dos quartzitos foliados (pedra São Tomé, pedra mineira, pedra goiana, etc.), da pedra Cariri, dos basaltos gaúchos, da pedra Miracema, da pedra Macapá, da pedra Morisca, etc. (ABIROCHAS, 2004).

O rejeito de lama abrasiva proveniente do desdobramento de granito em sua grande maioria é lançado em lagoas de decantação e aterros. Além da contaminação direta dos aquíferos superficiais, os rejeitos da indústria de rochas ornamentais descaracterizam a paisagem e preocupam as autoridades públicas, órgãos sanitários e a população localizada no entorno das serrarias e áreas da extração (SOUZA et. al., 2010).

De acordo com Magacho (2006) as etapas da atividade produtiva do setor de rochas ornamentais que se dividem em: pesquisa mineral, extração (jazimento), beneficiamento primário (indústrias de desdobramento e acabamento) e o beneficiamento final de produtos, podem-se encontrar os rejeitos oriundos desta atividade produtiva, de acordo com os seguintes tipos:

- Nas pedreiras: são gerados pedaços amorfos de rochas sem utilização nos equipamentos de desdobramento; fragmentos de cabo de aço; rejeito fino (pó) oriundo das perfurações das rochas e restos de madeira proveniente de escoramentos utilizados no processo extrativo.
- No desdobramento: laterais dos blocos (casqueiros), oriundos do desdobramento em chapas; Pedacos de chapas brutas em tamanhos pequenos que impossibilitam seus aproveitamentos comerciais, provenientes de quebras e defeitos; Lama abrasiva produzida no processo de corte dos teares (granalha, cal e rocha moída); Madeira de vários tamanhos; Sucatas de lâminas de aço; Sacos de papelão.

- No tratamento: (polimento, resinagem, etc.): pedaços de chapas polidas em tamanhos pequenos com valor comercial não condizente com a escala comercial da indústria; Lama produzida no processo de polimento das chapas; Suportes plásticos dos abrasivos; Caixas de papelão; Plásticos de embalagens; Pedaços de madeira diversos.
- No corte: lâminas de ferro: lama produzida no processo de corte (granalha, cal e rocha moída); Discos de desbaste; Rebolos; Corpos de brocas; Pedaços de chapas polidas em tamanhos pequenos com valor comercial baixo; Pedaços de madeira.

2.2 QUESTÃO AMBIENTAL NA INDÚSTRIA DE BENEFICIAMENTO DE GRANITO

A questão ambiental revela o retrato de uma crise pluridimensional que aponta para a exaustão de um modelo de sociedade que produz, desproporcionalmente, mais problemas que soluções e em que as soluções propostas, por sua parcialidade, limitação e interesse, acabam por se constituir em novas fontes de problemas.

Diante disso, todas as discussões convergem a uma tentativa comum, o alcance do desenvolvimento sustentável, o que deve estar relacionado à tomada de consciência do homem frente a um cenário preocupante de degradação ambiental. Essa estratégia requer um novo enquadramento mental e novos conjuntos de valores entre os sujeitos (KRAEMER, 2004).

Pronk (1982) destaca que o desenvolvimento é sustentável quando o crescimento econômico traz justiça e oportunidades para todos os seres humanos do planeta, sem privilégio de algumas espécies, sem destruir os recursos naturais finitos e sem ultrapassar a capacidade de carga do sistema.

A partir disso, fica evidente a preocupação das empresas do setor de rochas ornamentais no destino de seus resíduos. Segundo Filho et. al. (2005), a indústria de rochas ornamentais gera grande quantidade de resíduos e os rejeitos, em sua grande maioria, é lançado em lagoas de decantação e aterros. Além da contaminação direta dos aquíferos superficiais, os rejeitos da indústria de rochas ornamentais descaracterizam a paisagem e preocupam as autoridades públicas,

órgãos sanitários e a população localizada no entorno das serrarias e áreas da extração.

Ainda segundo o mesmo autor, no rejeito oriundo do processo de desdobramento dos blocos, podemos encontrar os seguintes tipos:

- Nas pedreiras: produzem-se pedaços amorfos de rochas sem utilização nos equipamentos de desdobramento; fragmentos de cabo de aço; rejeito fino (pó) oriundo das perfurações das rochas e restos de madeira proveniente de escoramentos utilizados no processo extrativo.
- Nas Serrarias: laterais dos blocos (casqueiros), oriundos do desdobramento em chapas; Pedaços de chapas brutas em tamanhos pequenos que impossibilitam seus aproveitamentos comerciais, provenientes de quebras e defeitos; Lama abrasiva produzida no processo de corte dos teares (granalha, cal e rocha moída); Madeira de vários tamanhos; Sucatas de lâminas de aço; Sacos de papelão.
- No tratamento: (Polimento, resinagem, etc.) pedaços de chapas polidas em tamanhos pequenos com valor comercial não condizente com a escala comercial da indústria; Lama produzida no processo de polimento das chapas; Suportes plásticos dos abrasivos; Caixas de papelão; Plásticos de embalagens; Pedaços de madeira diversos.
- No corte: almas de aço dos discos diamantados; Lama produzida no processo de corte; Discos de desbaste; Rebolos; Corpos de brocas; Pedaços de chapas polidas em tamanhos pequenos com valor comercial baixo; Pedaços de madeira.

2.3 BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS

O segmento de rochas ornamentais é bastante significativo na economia brasileira. Reúne todas as atividades da cadeia produtiva principal: jazidas dos mais diferentes tipos de mármore e granitos, empresas para beneficiamento primário (desdobramento) e secundário (polimento e produtos acabados), além de outras atividades (MOURA, LEITE, 2011).

No processo de beneficiamento de rochas ornamentais, é gerado um grande volume de resíduos. O resíduo gerado pode ser resultado da extração do bloco, da

serragem para enquadrá-los nas dimensões padronizadas, do processo de corte e de polimento, além dos finos da lavra e do beneficiamento (JÚNIOR, 2001).

Após a etapa de lavra, onde ocorre a extração dos blocos, os mesmos são submetidos a um beneficiamento primário para a obtenção de peças em forma de placas brutas ou tiras (semi-acabadas). O desdobramento dos blocos para obtenção das chapas pode ser feita através de fio diamantado ou utilizando polpa abrasiva no tear, porém a maioria das serrarias utiliza polpa abrasiva no corte (VIEIRA et al. 2003).

Após o beneficiamento primário, segue o secundário que consiste no polimento das placas. As de mármore e de granitos em geral, são sempre polidas, só o mármore que tem uma diferença, eles primeiramente passam pelo processo de estucamento para que sejam fechados os poros existentes na superfície da chapa bruta com resinas especiais. O equipamento utilizado para o polimento é a politriz, cujos principais tipos são: manual de bancada fixa e a multicabeça com esteira transportadora (PRAXEDES, 2009).

Segundo Praxedes (2009) a última etapa do processo destinará o produto final das rochas ornamentais para diversos segmentos, dimensões e detalhes de acordo com as especificações requeridas, principalmente na indústria da construção civil. Podendo também ser torneadas para revestimento de colunas, como blocos esculpidos ou não, para monumentos e obras públicas. Substituídos ou concorrentes das rochas ornamentais são as pedras ornamentais, rochas talhadas grosseiramente ou, quando a xistosidade permite, vendida com espessuras em centímetros e serradas nas bordas em formas regulares, caso comum para ardósias, quartzitos, xistos e gnaisses, para uso em revestimentos e pisos.

2.4 RESÍDUOS ORIUNDOS DO DESDOBRAMENTO DE GRANITO

O processo produtivo das rochas ornamentais envolve complexidade desde a exploração das jazidas, passando pelo beneficiamento (serragem e polimento) até o armazenamento e o transporte. Em todos os sistemas produtivos sempre existem causas e impactos sobre o meio ambiente (água, ar e solo).

O beneficiamento de rochas ornamentais refere-se ao desdobramento de materiais brutos, extraídos nas pedreiras em forma de blocos. Os blocos são

beneficiados, sobretudo através da serragem (processo de corte) em chapas com espessuras que variam de 1 a 3 cm, por máquinas denominadas teares, para posterior acabamento e esquadrejamento até sua dimensão final (SOUSA e RODRIGUES, 2002).

2.5 RESÍDUOS SÓLIDOS

Segundo a definição das normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 10.004 (2004), os resíduos sólidos industriais são todos os resíduos no estado sólido ou semi-sólido, resultantes das atividades industriais, ficando incluídos nesta definição os lodos provenientes dos sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle da poluição, bem como determinados líquidos, cujas particularidades tornem inviável seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam, para isso soluções técnicas e economicamente viáveis, em face da melhor tecnologia disponível. As normas brasileiras que classificam os resíduos sólidos são:

- Norma ABNT NBR 10.004: 2004, “Resíduos Sólidos”.
- Norma ABNT NBR 10.005: 2004 “Lixiviação de Resíduos”.
- Norma ABNT NBR 10.006: 2004 “Solubilização de Resíduos”.
- Norma ABNT NBR 10.007: 2004 “Amostragem de Resíduos”.

2.6 CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS

Segundo a NBR 10.004 (2004) os resíduos sólidos industriais são classificados em:

- Classe I – Perigosos: aqueles que sós ou em mistura, dependendo de características como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade “[...] podem apresentar riscos à saúde pública, provocando ou contribuindo para aumento da mortalidade ou incidência de doenças, e que apresentam riscos ao meio ambiente...” quando seu manejo ou disposição não é a adequada. (SILVA, 2002).
- Classe II – Não Inertes: sós ou misturados que não se enquadram na Classe I ou na Classe III. São combustíveis, biodegradáveis e solúveis em água.

- Classe III – Inertes: aqueles que sós ou em mistura e submetidos ao ensaio de solubilização NBR 10.006 “[...] não apresentarem quaisquer de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, conforme a listagem nº 8 da NBR 10.004 (2004), exceto em aspecto, cor, turbidez e sabor.

Os resíduos sólidos tornam-se perigosos, segundo a NBR 10.004 (2004), pela sua: Inflamabilidade; Corrosividade; Reatividade; Toxicidade; Patogenicidade.

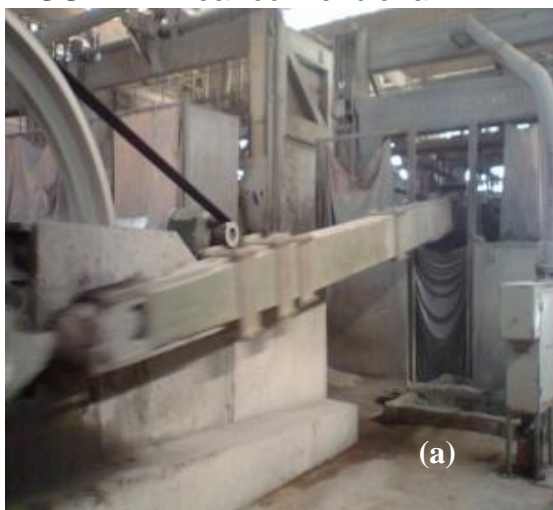
Durante a serragem, em teares tradicionais de lâminas de aço, gera-se um resíduo sólido proveniente da lama ou polpa abrasiva utilizada com os objetivos de lubrificar e esfriar as lâminas de serragem, evitar a oxidação das mesmas, limpar os canais entre chapas e servir como abrasivo para facilitar a serragem.

A lama abrasiva é composta basicamente de água, granalha (mini-esferas de aço ou ferro fundido), cal ou substituintes (bentonita) e rocha moída (GONÇALVES, 2000).

A Figura 1 apresenta etapas do processo de desdobramento de granito em teares convencionais (a) volante e biela, (b) tear aguardando os blocos para desdobramento.

A lama abrasiva é distribuída por chuveiros sobre o bloco por meio de bombeamento. Após infiltrar-se nos canais abertos pelas lâminas no bloco, a lama retorna ao tanque de bombeamento, quando novamente é bombeada, configurando-se assim uma operação em circuito fechado (CALMON et al., 1997).

FIGURA 1- Tear convencional



FONTE: PRÓPRIA (2012)

A Figura 2 apresenta as chapas de granito no carro transportador de chapas após o beneficiamento da rocha. Já a Figura 3 ilustra as chapas de granitos sendo desdobradas em tear multifio.

FIGURA 2- Chapas de granito no carro porta-bloco após desdobramento no tear convencional



FIGURA 3- Tear de multifio para desdobramento de rochas ornamentais



FONTE: PRÓPRIA (2012)

A Figura 4 apresenta um tanque de bombeamento utilizado no controle da composição da mistura, que fica localizado abaixo do tear, onde a lama abrasiva de menor granulometria é descartada, e a outra parcela da lama é submetida à recirculação. A partir desse descarte, a lama será transportada por uma canaleta para ser depositada em um poço e posteriormente bombeada para os tanques de disposição final, que podem apresentar as mais variadas formas e dimensões (PEDROSA, 2000).

FIGURA 4- Tanque de bombeamento da lama abrasiva



FONTE: PRÓPRIA (2012)

Algumas empresas utilizam sistemas de desidratação, como o filtro-prensa, que consiste em um processo de prensagem que elimina da lama abrasiva o excesso de água e devolve à indústria esta mesma água para ser reutilizada e o resíduo úmido obtido é então descartado (CALMON et al., 1997).

A partir deste descarte, o resíduo é transportado e, posteriormente, depositado em poços e lançados em tanques de deposição final, estes tanques absorvem toda a geração de rejeito do desdobramento. Uma vez cessada esta capacidade, o volume depositado é removido para que o tanque fique novamente pronto para estocagem de nova quantidade de rejeito.

2.7 LAMA ABRASIVA

No beneficiamento primário, estima-se uma perda de 20 a 30% do volume dos blocos, transformado em lama (REJEITOS, 1998, p. 1 apud VIEIRA et al., 2003).

Essa lama usada no tear tem como principais objetivos: lubrificar e resfriar as lâminas, evitar a oxidação das chapas, servir de veículo ao abrasivo e limpar os canais entre as chapas. Sendo composta por água, gralha (aço), cal e rocha moída, sendo distribuídas por chuveiros sobre o bloco através de bombeamento (SILVA, 1998 apud MOURA, LEITE; 2011).

Segundo Freire et al. (2009) seguem os componentes da composição da lama, com suas respectivas especificações:

- Água: solvente e refrigerante da mistura, a variação de sua porcentagem influi diretamente na densidade e na viscosidade da lama;
- Cal: lubrificante podendo ser adicionada á água. É tida como antiferrugem por ter caráter básico, como espessador por aumentar a viscosidade da mistura e conseqüentemente a suspensão da gralha e como detergente por permitir a remoção de partículas desagregadas;
- Pó de pedra: elemento desagregado durante a serrada, variando de pedra pra pedra influenciando diretamente na densidade da lama;
- Gralha: fragmentos de ferro ou aço sendo encontrados em diferentes granulometrias e no formato esférico ou angular, responsável pela desagregação da pedra.

A Tabela 1 descreve a composição da lama abrasiva de acordo com cada componente e sua respectiva porcentagem, referente aos granitos do Estado do Espírito Santo (LEITE, 2006).

TABELA 1- Composição química média da lama abrasiva no desdobramento de granito em teares no Estado do Espírito Santo

	Cal	Água	Granalha	Pó de Pedra
Porcentagem em peso (%)	1,2	33,4	20,1	45,3
Porcentagem em volume (%)	1,2	66,0	4,2	28,6

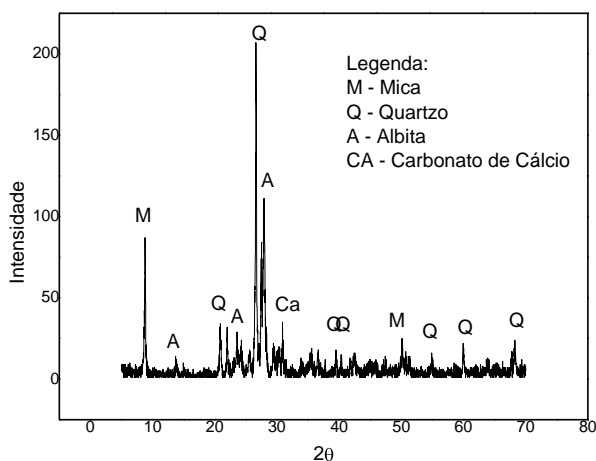
FONTE: LEITE (2006)

Segundo Neves (2002) foi caracterizada a lama abrasiva das indústrias de desdobramento de granito da Paraíba que também será estudada neste trabalho.

2.7.1 Análise de Difração de Raios-X

A Figura 5 apresenta o resultado de uma análise de Difração de Raios-X do resíduo sólido – Lama Abrasiva.

FIGURA 5- Difratoograma de Raios-X segundo Neves (2002)



FONTE: NEVES (2002)

De acordo com os resultados de Neves (2002) observou-se que:

- Quartzo (SiO_2), caracterizado pelas distâncias interplanares de $3,34 \text{ \AA}$;
- Microelina (Feldspato Potássico- KAlSi_3O_8), caracterizado por $4,24$ e $3,20 \text{ \AA}$;
- Albita (Feldspato Sódico- $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), caracterizado por $4,03$ e $3,19 \text{ \AA}$.

- Em menor quantidade Mica Moscovita caracterizado por 10,04 A°;
- Calcita (CaCO₃), caracterizado por 3,03 e 2,13 A°.

A lama proveniente do desdobramento de rochas ornamentais, geralmente é descartada inadequadamente, afetando esteticamente a paisagem, além de acarretar custos de armazenamento e poluição ambiental (JÚNIOR; 2001).

Considerando a enorme quantidade de resíduo gerado no beneficiamento de rochas ornamentais e a poluição ambiental que os mesmos geram, estão sendo estudados materiais alternativos onde possa haver a incorporação dessa lama.

Segundo Jardel (2000) a incorporação de resíduos na produção de materiais pode reduzir o consumo de energia para a produção do mesmo produto sem resíduos, e pode, dependendo de onde esteja localizado o resíduo e seu mercado consumidor potencial, reduzir distâncias de transporte e contribuir para redução da poluição.

3 METODOLOGIA

Neste trabalho de pesquisa foram utilizados resíduos sólidos provenientes do desdobramento de rochas ornamentais das indústrias de beneficiamento do Estado da Paraíba - para diversas aplicações como matéria-prima de materiais alternativos.

Atualmente existem duas indústrias de beneficiamento de rochas ornamentais no Estado da Paraíba, localizadas na Cidade de Campina Grande. Estas foram implantadas no início da década de 90 com tecnologia de ponta, com equipamento de última geração importados da Itália, apresentando ao longo do tempo, constante crescimento e com significativas ampliações da suas plantas industriais, contribuindo efetivamente como uma atividade produtiva importante na geração de empregos e divisas para o Estado.

A capacidade instalada mensal de desdobramento de rochas ornamentais do Estado da Paraíba é de aproximadamente 30 mil m² em chapas de 2 cm de espessura a partir dos equipamentos teares convencionais, num total de sete do Tipo JUMBO e de 60 mil metros quadrados em ladrilhos a partir de equipamento de talha-blocos e linha de polimento completo, necessitando mensalmente de aproximadamente 3 mil metros cúbicos de blocos brutos de rochas ornamentais. Em outubro de 2010 foi instalado numa das indústrias um tear de multifio – 60 fios diamantados, ampliando a capacidade produtiva de desdobramento de 15 m² mensais de chapas de 2 cm de espessura.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA LAMA ABRASIVA

Para efetivação deste trabalho de pesquisa utilizou-se a lama abrasiva (peneirada na malha fina Nº 200), oriunda do processo de desdobramento de uma das indústrias de beneficiamento de granito em Campina Grande-PB. A coleta das amostras da lama abrasiva ocorreu na forma de polpa (pó) e seca na estufa a 110°C, sendo armazenada em sacos plásticos identificados através de etiquetas. Caracterizou-se então, a lama abrasiva quanto a análise química, análise térmica e difração de raios-X.

As análises foram realizadas no laboratório de ensaios de materiais do Centro de Tecnologias do Gás – LABEMAT/CTGÁS em Natal/RN, no mês de dezembro/2012.

As amostras fornecidas pelas empresas de beneficiamento de rochas ornamentais localizadas na Paraíba foram identificadas como F1 e F2 respectivamente.

O procedimento adotado pelo laboratório LABEEMAT/CTGÁS foi o seguinte:

- Para a avaliação granulométrica realizou-se peneiramento via úmido utilizando-se 8 peneiras com as seguintes malhas: 300 mm, 180 mm, 150 mm, 106 mm, 75 mm, 53 mm e 45 mm.

- Para análise química o pó foi prensado em prensa manual em forma de pastilha, com diâmetro de cerca de 15 mm. Utilizou-se equipamento de fluorescência de raios-X com e o método dos parâmetros fundamentais com resultados normalizados em 100%. Por limitação do método, somente elementos entre Na (11) e U (92) são analisados. O equipamento utilizado foi EDX-700 de marca Shimadzu. Para a avaliação da perda ao fogo, o material após seco em estufa por 24 h em temperatura de 110°C, foi aquecido até 1000°C por 20 minutos.

- Para identificação da mineralogia da amostra, parte do pó foi submetida à análise de difração de raios-X e a identificação das fases se deu por comparação entre o resultado obtido com cartas cristalográficas cadastradas no banco de dados do ICDD (International Centre for Diffraction Data). O equipamento utilizado foi XRD-6000 de marca Shimadzu.

Já para a caracterização da lama abrasiva segundo a norma da NBR 10.004/2004 as amostras F1 e F2 dos resíduos sólidos identificados como Saída do Filtro Prensa - Antes do Descarte foram encaminhadas para os laboratórios do SENAI-CIC para realização de ensaios e posterior classificação segundo a NBR 10.004/2004, sendo recebidas pelos laboratórios sob nº 1766/11 e 1767/11 respectivamente.

Os elementos/substâncias a serem analisados estão relacionados ao processo de geração do resíduo, por isso da necessidade de informações sobre o processo, insumos e matérias-primas que estão envolvidos diretamente a este processo de geração do resíduo. A classificação dos resíduos é muito importante

para o estabelecimento de procedimentos de manuseio, armazenamento, transporte e para a definição do sistema de tratamento/disposição adequados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ANÁLISES QUÍMICAS DA LAMA ABRASIVA

A Figura 6 apresenta a preparação das amostras para serem submetidas aos ensaios de caracterização do resíduo da lama abrasiva.

FIGURA 6- Amostra preparada para ensaios de caracterização do resíduo da lama abrasiva



FONTE: PRÓPRIA (2012)

Após a preparação da amostras (Figura 6) foram realizados ensaios para caracterização da lama abrasiva do desdobramento de rochas ornamentais foram: análise granulométrica em peneiras; análise química e difração de raios-X, com a finalidade de determinar o seu estado de cominuição, componentes químicos e fases mineralógicas presentes.

Na Tabela 2 verifica-se o resultado da avaliação granulométrica por peneiramento via úmido da análise granulométrica realizada na amostra da lama abrasiva.

[Comentar](#)

TABELA 2- Análise granulométrica que identifica o percentual retido e passante por via úmida da amostra lama abrasiva em oito peneiras

<i>Abertura (μm)</i>	<i>Retido %</i>	<i>Passante %</i>
297	9,97	90,03
177	16,01	83,99
149	19,37	80,63
105	24,52	75,48
74	30,01	69,99
53	35,61	64,39
44	37,29	62,71

FONTE: CTGÁS (LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS), 2012

Analisando os dados obtidos pode-se observar que a lama proveniente do desdobramento de rochas ornamentais se caracterizando como um pó fino.

A Tabela 3 apresenta os resultados das análises químicas em % de peso em óxidos com perda ao fogo da amostra de lama abrasiva.

TABELA 3- Resultado da análise química da amostra da lama abrasiva das amostras F1 e F2

<i>Óxidos %</i>	<i>SiO₂</i>	<i>Al₂O₃</i>	<i>F₂O₃</i>	<i>K₂O</i>	<i>MgO</i>	<i>CaO</i>	<i>Na₂O</i>	<i>Outros</i>	<i>PF</i>
F1	14,60	5,85	8,74	1,89	1,59	40,67	0,87	0,32	24,04
F2	49,47	14,39	11,76	6,28	2,21	8,79	1,99	1,24	2,73

FONTE: CTGÁS (Laboratório de Ensaios de Materiais), 2012

Na comparação entre as lamas abrasivas (F1 e F2) observa-se uma grande diferença nos percentuais de óxidos, principalmente para os óxidos de silício, alumínio e cálcio. Onde para a F1 o percentual de sílica é de 14,60%, valor este, três vezes menor que o da F2, com 49,47%.

Isso se deve provavelmente ao fato de que houve um aumento no desgaste do bloco de pedra durante o processo de serragem, aumentando dessa forma, a quantidade do pó de pedra, principal constituinte da lama abrasiva.

A composição do óxido de cálcio (CaO) para a F1 (40,67%) é muito superior ao percentual da F2 (8,79%), isso é um provável indicativo de que ocorreu uma diminuição na utilização da cal durante o processo de beneficiamento de rochas ornamentais, o qual é essencial na serragem do bloco de pedra.

A F2 possui um teor considerável de alumina (14,39%) e óxido de ferro (11,76%). Os valores de SiO_2 , Al_2O_3 e Fe_2O_3 totalizaram cerca de 76% superando assim, o valor mínimo de 70% exigido pela ASTM C618 (2005) indicando assim que a lama abrasiva (F2) estudada tem provavelmente atividade pozolânica.

Os óxidos de cálcio (CaO) e ferro (Fe_2O_3) presentes na lama abrasiva foram derivados respectivamente da cal utilizada como lubrificante e das granalhas de aço utilizadas na etapa de desdobramento dos blocos em chapas.

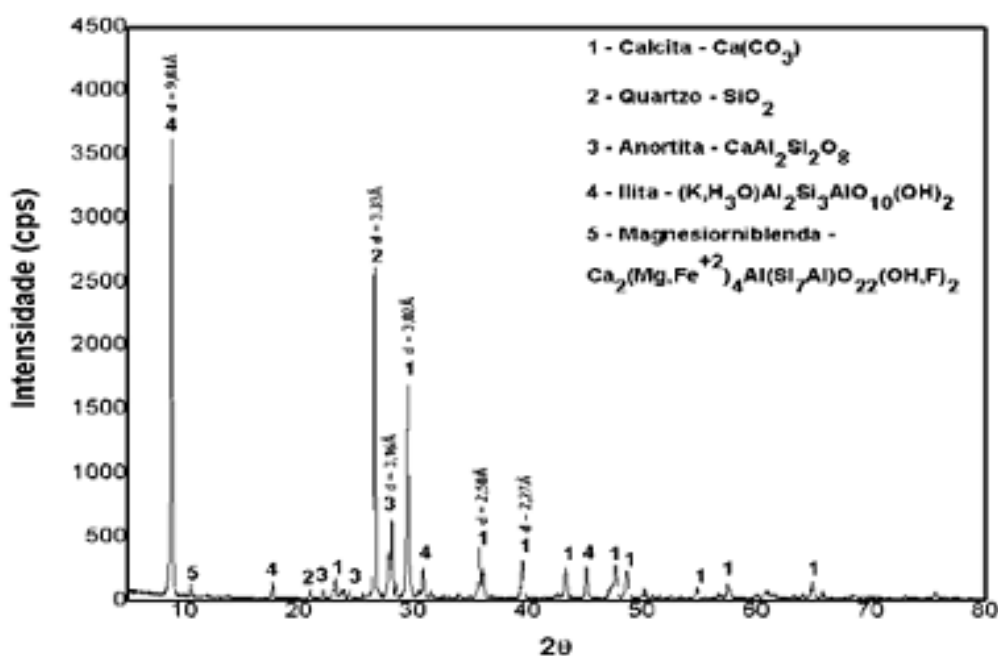
As Figuras 7 e 8 apresentam os difratogramas de raios X das amostras do resíduo da lama abrasiva identificadas como F1 e F2.

Os resultados das análises mineralógicas com identificação das fases da amostra da lama abrasiva (F1 e F2) evidencia que estas são constituídas basicamente dos minerais calcita, quartzo, magnesiorniblanda, ilita, anortita e biotita.

Observa-se que os difratogramas possuem semelhanças entre os minerais existentes, principalmente relacionados ao pico expressivo do quartzo (3,33 Å), indicando que a sua presença na amostra deve-se a serragem do bloco de pedra.

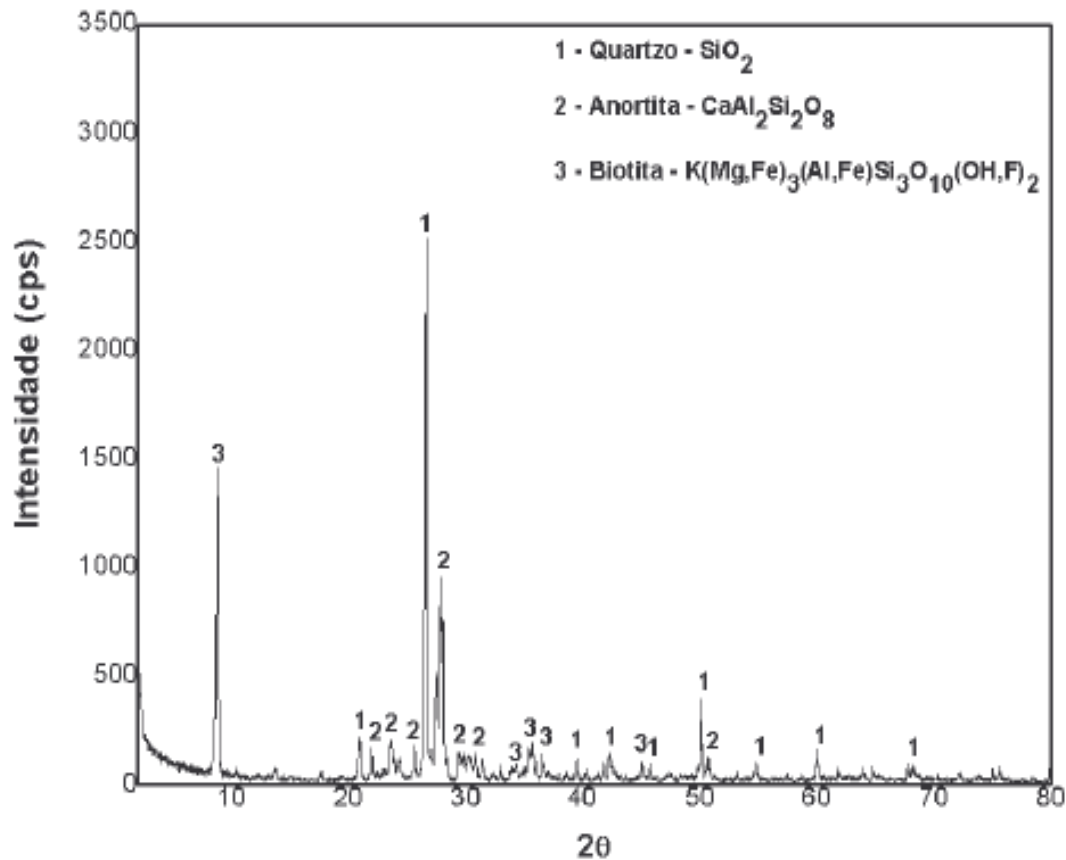
No difratograma de raios X da F1 percebe-se que além do quartzo, esta também possui os minerais calcita, magnesiorniblanda, ilita, anortita em sua fase cristalina.

FIGURA 7- Difratograma de Raios-X da amostra do resíduo da lama abrasiva da amostra F1



FONTE: CTGÁS (LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS), 2012.

FIGURA 8- Difratoograma de Raios-X da amostra do resíduo da lama abrasiva da amostra F2



FONTE: CTGÁS (LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS), 2012

A anortita é um dos minerais da série da plagioclase, um dos grupos de minerais mais abundantes na crosta. Ocorre nas rochas ígneas e metamórficas. Como o quartzo, este também apareceu na amostra devido à serragem. Sua fórmula química anortita é $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$.

A illita, o pico mais expressivo, com maior intensidade representa um mineral argiloso cuja estrutura está essencialmente relacionada com as micas e que são encontradas nas rochas calcárias. Provavelmente deve-se ao considerável aumento da quantidade de cal colocada no processo do beneficiamento de granito.

A Biotita, que apresenta um pico expressivo na F2, com maior intensidade, é um mineral comum da classe dos silicatos, subclasse dos filossilicatos, grupo das micas (presente na formação dos granitos) e subgrupo ferromagnesianas, formando uma série com o mineral flogopita, que contém na sua composição potássio,

magnésio, ferro e alumínio. Cristaliza no sistema monoclinico, apresentando brilho nacarado a metálico. A sua formula química é $K(Mg,Fe)_3(OH,F)_2(Al,Fe)Si_3O_{10}$.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DA LAMA ABRASIVA SEGUNDO NBR 10.004/2004

Considerando informações da empresa referente à origem do resíduo procedeu-se aos ensaios de lixiviação e de solubilização e a caracterização dos extratos obtidos, sendo que os resultados destas caracterizações encontram-se na Tabela 5 e 6.

TABELA 4- Caracterização dos extratos da lixiviação e da solubilização da amostra de resíduo sólido F1

Parâmetro	Amostra 1766/2011	Limites da NBR 10.004/04
Caracterização Amostra Bruta		
pH em água (1:1)	11,76	2,0-12,5
Umidade à 105°C	25,05 %	-----
Caracterização Lixiviado		
Bário	0,65 mg/L	70,00 mg/L
Cádmio	< 0,10 mg/L	0,50 mg/L
Chumbo	< 0,50 mg/L	1,00 mg/L
Cromo Total	0,07 mg/L	5,00 mg/L
Caracterização Solubilizado		
Cloretos	12,50 mg/L	250,00 mg/L
Sulfato	16,58 mg/L	250,00 mg/L
Alumínio	0,50 mg/L	0,20 mg/L
Bário	< 0,50 mg/L	0,70 mg/L
Cádmio	< 0,0005 mg/L	0,005 mg/L
Chumbo	< 0,005 mg/L	0,01 mg/L
Cobre	< 0,10 mg/L	2,00 mg/L
Cromo Total	< 0,05 mg/L	0,05 mg/L
Ferro	< 0,10 mg/L	0,30 mg/L
Manganês	< 0,10 mg/L	0,10 mg/L
Prata	< 0,05 mg/L	0,05 mg/L
Sódio	29,25 mg/L	200,00 mg/L
Zinco	< 0,10 mg/L	5,00 mg/L

FONTE: SENAI CIC, 2012

Avaliando os resultados analíticos verificou-se que o extrato da lixiviação atende aos limites definidos pelo anexo F da NBR 10.004/04 e, portanto, o resíduo analisado não é considerado Classe I-Perigoso. No entanto, o extrato do ensaio de solubilização desta amostra indicou que a concentração de Alumínio é superior ao limite definido pelo Anexo G da Norma NBR 10.004/04 e, portanto, o resíduo "Saída

do Filtro prensa _ Antes do Descarte" da amostra F1 é classificado Classe II A- Não Inerte.

TABELA 6- Caracterização dos extratos da lixiviação e da solubilização da amostra de resíduo sólido F2

Parâmetro	Amostra 1767/2011	Limites da NBR 10.004/04
Caracterização Amostra Bruta		
pH em água (1:1)	11,62	2,0-12,5
Umidade à105°C	19,53%	-----
Caracterização Lixiviado		
Bário	0,73 mg/L	70,00 mg/L
Cádmio	< 0,10 mg/L	0,50 mg/L
Chumbo	< 0,50 mg/L	1,00 mg/L
Cromo Total	< 0,05 mg/L	5,00 mg/L
Caracterização Solubilizado		
Cloretos	15,33 mg/L	250,00 mg/L
Sulfato	31,30 mg/L	250,00 mg/L
Alumínio	0,43 mg/L	0,20 mg/L
Bário	< 0,50 mg/L	0,70 mg/L
Cádmio	< 0,0005 mg/L	0,005 mg/L
Chumbo	< 0,005 mg/L	0,01 mg/L
Cobre	< 0,10 mg/L	2,00 mg/L
Cromo Total	< 0,05 mg/L	0,05 mg/L
Ferro	< 0,10 mg/L	0,30 mg/L
Manganês	< 0,10 mg/L	0,10 mg/L
Prata	< 0,05 mg/L	0,05 mg/L
Sódio	24,75 mg/L	200,00 mg/L
Zinco	< 0,10 mg/L	5,00 mg/L

FONTE: SENAI CIC, 2012

Avaliando os resultados analíticos verificamos que o extrato da lixiviação atende aos limites definidos pelo anexo F da NBR 10.004/04 e, portanto, o resíduo analisado não é considerado Classe I-Perigoso.

No entanto, o extrato do ensaio de solubilização desta amostra indicou que a concentração de Alumínio é superior ao limite definido pelo Anexo G da Norma NBR 10.004/04 e, portanto, o resíduo "Saída do Filtro Prensa - Antes do Descarte" da amostra F2 é classificado Classe II A - Não Inerte.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos, até o presente, nas empresas de desdobramento de granito do Estado da Paraíba, com a caracterização dos resíduos da lama abrasiva e a rotas tecnológicas viáveis para incorporação da lama abrasiva do desdobramento de granito, pode-se concluir:

Na caracterização do resíduo da lama abrasiva, que efetivamente é o principal impacto e passivo ambiental da atividade produtiva de desdobramento de granito, tanto no aspecto de quantidade como de dificuldade para o seu destino final, foi possível evidenciar que: pela difração de raios-X observou-se que a amostra era constituída basicamente dos minerais Quartzo, Anortita (feldspato cálcico) e Biotita (mica) e a fluorescência de raio-X apresentou que a lama abrasiva contém principalmente os seguintes óxidos: SiO_2 – 49,47%, Al_2O_3 – 14,39%, Fe_2O_3 – 11,76%, CaO – 8,79% e K_2O – 6,28% e em menor percentuais outros elementos químicos.

Então, observa-se uma variedade de minerais que se apresentaram no resíduo sólido. Isso ocorre devido à rocha ornamental já existir esses minerais e outros são adquiridos no processo do desdobramento de granito, principalmente a presença de cálcio, ferro e potássio, oriundos dos insumos como cal, granalha e lâmina de aço.

O resultado da avaliação granulométrica do resíduo evidencia que a amostra da lama abrasiva apresentou mais de 62 % abaixo de 44 mm e que possui granulométrica significativamente fina.

Na caracterização do resíduo da empresa do estado da Paraíba o resíduo analisado não é considerado Classe I – Perigoso, no entanto no extrato o extrato do ensaio de solubilização desta amostra indicou que a concentração de Alumínio é superior ao limite definido pelo Anexo G da Norma NBR 10.004/04 e, portanto, o resíduo "Saída do Filtro prensa _ Antes do Descarte" é classificado como CLASSE II – Não Inerte. Comportamento similar deve ocorrer com todos os rejeitos das indústrias de beneficiamento com desdobramento em tear convencional de blocos de granito para produção de chapas.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J.M.S. “Tijolos modulares de solo-cimento com a incorporação da lama abrasiva proveniente do beneficiamento de granito”, Monografia – UEPB, Campina Grande (2008).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS (ABIROCHAS). **Conheça as rochas ornamentais**. São Paulo, 2004. Disponível em http://www.abirochas.com.br/rochas_ornamentais_01.php

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 10004: **Resíduos sólidos – classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 10005: **Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 10006: **Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 10007: **Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

CALMON, J.L; TRISTÃO, F.A; LORDÊLLO, F. S. S; SILVA, S.A. **Aproveitamento do resíduo do corte de granito para produção de argamassas de assentamento**. In: II Simpósio Brasileiro de Tecnologia das argamassas, Anais. Salvador, BA: ANTAC, 1997, p. 64-75.

DA SILVA, Luiz. M; AMARANTE, Maria Lúcia; SEIXAS, Elisa. **Rochas Ornamentais: Exportações Promissoras**. Rio de Janeiro, 2003.

CALMON, J.L; TRISTÃO, F.A; LORDÊLLO, F. S. S; SILVA, S.A. **Aproveitamento do resíduo do corte de granito para produção de argamassas de assentamento**. In: II Simpósio Brasileiro de Tecnologia das argamassas, Anais. Salvador, BA: ANTAC, 1997, p. 64-75.

FILHO, H. F. M.; POLIVANOV, H.; MOTHÉ, C. G.; Reciclagem dos Resíduos Sólidos de Rochas Ornamentais, Anuário do Instituto de Geociências, UFRJ, Vol. 28-2/2005, p. 139-151.

FREIRE, L. C., **Utilização de Resíduos Oriundos do Desdobramento de Rochas Ornamentais para a confecção de Blocos Paisagísticos**. Iniciação Científica, Engenharia de Petróleo e Gás, UNES, 2009.

GONÇALVES, J. P; **Utilização do resíduo de corte de granito (RCG) como adição para a produção de concretos**, 2000. 135p. Tese. NORIE/UFRGS. Porto Alegre/RS, 2000. Disponível em <http://www.infohab.org.br>. Acessado em 20/12/2010.

KRAEMER, Maria Elisabeth Pereira. **Gestão ambiental: enfoque no desenvolvimento sustentável.** Itajaí/SC: Univali, 2004

MAGACHO, IDENISIA, **Identificação e gerenciamento dos Resíduos gerados em empresas de beneficiamento de rochas ornamentais localizadas no município de nova várzea/Es,** XXX congresso interamericano de engenharia sanitária y ambiental, Novembro de 2006.

MERCADO, M. C. Solo-cimento: alguns aspectos referentes a sua produção e utilização em estudo de caso. 1990. Dissertação (Mestrado) Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.

MOURA, Washington Almeida; LEITE, Mônica Batista. **Estudo da viabilidade da produção de blocos com utilização de resíduo de serragem de rochas ornamentais para alvenaria de vedação.** *Revista Escolar de Minas*, Ouro Preto, v. 64, n. 2, p.147-154, 2011.

PEDROSA, S. C. **Curso de Serrador. Cachoeira de Itapemirim-ES.** CETEMAG - Outubro de 2000.

PRONK, J.; HAK, M. Sustainable Development: from concept to action. The Hague report. New York: United Nations Development Programme, 1982.

NEVES. G. A. **Reciclagem de Resíduos da Serragem de Granitos para uso como matéria-prima cerâmica.** Universidade Federal de Campina Grande. Tese de Doutorado, 2002.

PEDROSA, S. C. **Curso de Serrador. Cachoeira de Itapemirim-ES.** CETEMAG - Outubro de 2000.

PRAXEDES, Gomes Moab. **MATRIZ DE INTERAÇÃO QUALITATIVA DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS NO SEGUIMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS.** *Farn*, São Rafael, v. 8, n. 1/2, p.135-159, 2009.

RIBEIRO. R. C. C., CORREIA, J. C. G., SEIL, P. R., ALMEIDA, S. L. M., CARVALHO, E. A. **Utilização de Rejeitos de Rochas Ornamentais em Misturas Asfálticas.** Série Tecnologia Mineral – RJ, CETEM – MCT, 2007.

SERVICIO BRASILEIRO DE RESPOSTAS TÉCNICAS (SBRT). **Aproveitamento de Resíduos da Indústria de Beneficiamento de Mármore e Granito e Equipamentos usados no processo de separação.** Disponível em www.sbrt.ibict.br.

SILVA, A. C. **Caracterização dos resíduos de serragem de blocos de granito: estudo potencial de aplicação na fabricação de argamassas de assentamento e de tijolos solo-cimento.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Sant, Vitória, 1998.

SILVA, André Carlos. **SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DA REDUÇÃO DIRETA DE MINÉRIO DE FERRO EM FORNOS MIDREX**. 2010. 158 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia De Materiais, Uemg, Ouro Preto, 2010.

SOUSA, A. A. P. e RODRIGUES, R., **Consumo dos Principais Insumos no Desdobramento de granitos do Nordeste, de Diferente Grau de Dureza**. In: III Simpósio de Rochas Ornamentais. 2002. Recife-PE. Anais. CETEM – Centro de Tecnologia Mineral – Ministério das Ciências e Tecnologia. Recife/PE, p.171-178. 2002.

SOUSA, J. N. de., RODRIGUES, J. K. G., NETO, P. N. de S., **Utilização dos Resíduos Provenientes da Serragem de Rochas Graníticas como Material de Enchimento em concretos Asfaltos Usinados a quente**. Disponível: www.ambiental.com.br/capturado 2008.

SOUZA, J. N.; RODRIGUES, J. K. G.; NETO, P. N. DE S.; **Utilização dos Resíduos Provenientes da Serragem de Rochas Graníticas como Material de Enchimento em Concretos Asfaltos Usinados a Quente**. Disponível: http://www.sfipec.org.br/iel/bolsaderesiduos/Artigos/Artigo_Residuos_de_Serragem_de_rochas.pdf. Acesso em: 12 de novembro 2010.

VIEIRA, Carlos Maurício Fontes; PEÇANHA, Luís Antônio; MONTEIRO, Sérgio Neves. **EFEITO DA INCORPORAÇÃO DE RESÍDUO DA SERRAGEM DE GRANITO EM MASSA DE CERÂMICA VERMELHA**. *Vértices*, Rio de Janeiro, v. 5, n. 3, p.144-157, 2003.

VIEIRA Júnior, Hamilcar Tavares. **PROPOSTA DE RECUPERAÇÃO DE GRANALHA NÃO ATIVADA NO DESDOBRAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS EM TEARES MULTILÂMINAS**. 2001. 67 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia De Minas, Ufrgs, Porto Alegre, 2001.