

Tratamento e aproveitamento de resíduos de rochas ornamentais e de revestimento, visando mitigação de impacto ambiental

*Antonio Rodrigues de Campos¹; Nuria Fernández Castro¹;
Francisco W. Hollanda Vidal¹; Mônica Castoldi Borlini¹*

RESUMO

Os materiais rochosos constituem a matéria-prima mais antiga de que o homem pôde dispor para as suas necessidades. As rochas ornamentais e de revestimento, onde destacam-se as rochas carbonáticas (mármore) e as silicáticas (granitos), tiveram suas primeiras aplicações datadas mais ou menos 500 mil anos a.C. Desde então, a pedra, produto obtido de uma rocha, tem sido colaboradora inestimável da história dos povos, documentando as suas culturas e, considerando que cada civilização, em épocas distintas, usou e trabalhou a pedra, que ainda hoje retratam suas características arquitetônicas e urbanísticas. O aproveitamento dos resíduos produzidos na cadeia produtiva de rochas ornamentais tem que ser encarado com mais seriedade por parte dos empresários do setor, tendo em vista o grande volume de perdas de material, tanto na etapa da extração quanto na etapa do beneficiamento. Somando estas duas parcelas de perdas, chega-se a valores da ordem de 75%, em média, apresentando, portanto, uma recuperação baixíssima, que chega a ser de 15 a 20%, em alguns casos. Existem perdas que são inevitáveis, pois estão ligadas à natureza (qualidade) das rochas, in situ, mas mesmo estas, podem ser minimizadas, se houver um melhor conhecimento do jazimento, antes de iniciar a etapa de extração. Além dessas perdas de material, que acaba onerando os produtos finais, tem que ser levados em consideração os impactos ambientais causados nas regiões onde ocorre a extração e o beneficiamento das rochas ornamentais. Esses impactos ambientais são devidos, principalmente, às grandes quantidades de resíduos sólidos (grossos e finos) geradas no processo produtivo, sem esquecer do impacto ambiental visual, já que as cavas são vistas a grandes distâncias e são muito freqüentes, tendo em vista que a maioria das pedreiras é explorada a céu aberto, com é o caso do Brasil. Mesmo que a recuperação dos resíduos produzidos leve a um aumento dos custos de produção, estes têm que ser considerados no estudo de viabilidade econômica do projeto, levando em conta o conceito de desenvolvimento sustentável. Porém, se o projeto for elaborado, já levando em conta a recuperação dos resíduos produzidos, o retorno financeiro pode ser compensador economicamente, além de gerar emprego e renda, e de ficar bem com os órgãos ambientais e com as comunidades vizinhas ao empreendimento. O trabalho mostra que já existem muitas alternativas tecnológicas, não só para o tratamento desses resíduos, como também para o seu aproveitamento industrial, como nas indústrias da cerâmica, da construção civil, metalúrgica, química, na agricultura e no artesanato, dentre outros. Apesar da existência dessas alternativas de aproveitamento industrial, o problema ainda persiste, e o aproveitamento dos resíduos gerados ainda não foi totalmente resolvido e representa um grande problema ambiental na maioria das regiões onde ocorre a extração e o beneficiamento das rochas ornamentais.

¹ Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) – Coordenação de Apoio Tecnológico a Micro e Pequena Empresa (CATE), e-mail: acampos@cetem.gov.br, ncaastro@cetem.gov.br, fhollanda@cetem.gov.br

INTRODUÇÃO

O CETEM vem, desde 1997, realizando programas de apoio às micro, pequenas e médias empresas, principalmente aquelas que atuam na extração e beneficiamento de rochas ornamentais, mediante a realização de apoio tecnológico aos mineradores, no sentido de aumentar a produtividade, contribuir na melhoria da qualidade dos produtos, nas condições de higiene e segurança do trabalho e na redução de perdas de material nas etapas da cadeia produtiva. Estas perdas de material são representadas pela grande quantidade de resíduos gerada, principalmente, nas etapas de extração e beneficiamento da rocha. A redução destas perdas tem sido estudada, e às vezes solucionada, por meio da utilização de diferentes alternativas de aproveitamento industrial desses resíduos gerados. Essa diminuição de perdas tem sido realizada, também, por mudanças nas rotas tecnológicas do processo, com inovação tecnológica e utilização de equipamentos mais modernos, sempre buscando mais e melhor aproveitamento dos resíduos gerados e, conseqüentemente, um desenvolvimento mais sustentável, por parte dessas micro e pequenas empresas. Desses resíduos, os mais problemáticos, em termos ambientais, têm sido aqueles gerados nas serrarias (efluentes de serrarias), que são constituídos, basicamente, de finos (pó) das rochas que são serradas e água, podendo ter outros contaminantes como ferro, cal, e outros, principalmente quando a serragem é feita em teares convencionais. O efluente gerado nestes últimos é a chamada lama abrasiva, contendo alto teor de ferro, devido ao uso da granalha de ferro ou aço, usada na serragem dos blocos de granito.

Uma boa gestão de resíduos minerais é muito importante, principalmente em se tratando de rochas ornamentais, tendo em vista que a quantidade de resíduos gerados é muito grande em relação àquela produzida no processamento de outros bens minerais.

A lavra (extração) e o beneficiamento das rochas ornamentais (mármore, granito, quartzito, ardósia e outras) produzem, em todas as suas etapas do processo (lavra, beneficiamento e acabamento), uma quantidade expressiva de resíduos sólidos, com perdas de material que atingem a faixa de 65 a 75%, em média. Além de representarem perdas na produção, esta quantidade expressiva de resíduos vai afetar o meio ambiente e a produtividade.

Muitas vezes, principalmente em se tratando de micro e pequenas empresas, grande parte desses resíduos são largados nas próprias pedreiras, causando um grande impacto ambiental visual e estético, como mostra a figura 1.

Em muitos casos, este cenário de desperdício poderia ser evitado, além do mesmo representar grande perda de material e, por conseqüência, a diminuição da quantidade de produtos vendáveis (chapas, ladrilhos, lajinhas e outros tipos), ocasionando uma baixa recuperação, que fica, normalmente, na faixa dos 25 a 35%. No caso das rochas ornamentais, isto acontece, tanto nas grandes como nas pequenas empresas. Há casos em que os resíduos produzidos na fase do desmonte são estocados de forma inadequada, criando riscos de acidentes e prejudicando, inclusive, a seqüência dos trabalhos na própria frente de extração (rejeitos depositados em cima desta), como pode ser visto na Figura 2.

Uma das razões para esse grande volume de perdas na indústria extrativa de rochas ornamentais é que, nos últimos 20 anos, a indústria extrativa de mármore e granitos foi muito impulsionada pela crescente demanda de materiais para exportação, acontecendo, no final da década de 80, um verdadeiro "boom" do setor no Brasil, sendo denominada como a "nova idade da pedra". Nesse período, o desenvolvimento tecnológico não teve como acompanhar, de forma desejável, esse crescimento da demanda de exportação, com tecnologias adequadas e atualizadas, referentes aos métodos de extração, beneficiamento e de controle ambiental, dando, inclusive, um bom destino aos resíduos produzidos.



Foto:CETEM/MCT

Figura 1 – Rejeito deixado na própria pedreira.



Figura 2 – Disposição inadequada dos rejeitos da lavra

OS RESÍDUOS SÓLIDOS E SUAS CLASSIFICAÇÕES

A Norma NBR 10004, revisada em 2004, define Resíduos Sólidos como sendo resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Estão incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados efluentes, contendo partículas finas e ultrafinas de rochas ou minerais.

A classificação dos resíduos gerados em uma atividade é o primeiro passo para estruturar um plano de gestão adequado para os mesmos. A partir da classificação, é que serão definidas as etapas de coleta de amostra, transporte, armazenagem, manipulação, tratamento e a destinação final, de acordo com cada tipo de resíduo gerado.

De acordo com a NBR 10004 (2004), os resíduos sólidos são classificados quanto aos seus riscos potenciais de contaminação ao meio ambiente e à saúde pública, em Classe I (perigosos) e Classe II (não-perigosos).

Os resíduos Classe I (Perigosos) são aqueles que apresentam periculosidade, ou uma das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou p

Os resíduos Classe II (Não Perigosos), por sua vez, são classificados em Classe II A (Não Inertes) e Classe II B (Inertes)

Os resíduos classe II A (Não Inertes) são aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I (Perigosos) ou de resíduos classe II B (Inertes); podem apresentar propriedades, como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. Um exemplo de um resíduo Não Inerte é o lixo comum gerado em qualquer unidade industrial, do tipo restaurantes, escritórios, banheiros etc.

Os resíduos classe II B (Inertes) são quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, de acordo com a ABNT NBR 10007 (2004), e submetidos ao teste de solubilidade, em água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006 (2004), não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos valores estabelecidos no Anexo G da NBR 10004.

CONCEITO DE RESÍDUOS NA CADEIA PRODUTIVA DE ROCHAS ORNAMENTAIS

Os resíduos na cadeia produtiva de rochas ornamentais, são classificados, normalmente, por tamanho, em resíduos grossos, finos e ultrafinos. Os resíduos grossos são encontrados, praticamente, em toda a cadeia produtiva, ou seja: nas pedreiras, nas serrarias e nas marmorarias. Os resíduos finos e ultrafinos são encontrados, mais comumente, nas serrarias e marmorarias, formados por ocasião do corte da rocha e nas atividades de acabamento (polimento e outros).

Os resíduos grossos das pedreiras, normalmente são constituídos de blocos de tamanhos irregulares, blocos com defeitos, pedaços de blocos, casqueiro (material retirado dos blocos por ocasião do aparelhamento dos mesmos), lascas de rochas, entre outros. Os resíduos grossos das serrarias e marmorarias são constituídos, principalmente de aparas (material resultante do aparelhamento das placas), pedaços de peças e lascas de rochas.

Os resíduos finos e ultrafinos ocorrem também nas pedreiras, mas é um tipo de resíduo mais característico das serrarias e marmorarias. Nas serrarias, esses finos e ultrafinos são gerados na forma de efluentes, devido a junção com a água, usada para refrigeração nas operações de serragem, em serras de discos diamantados, teares e outros. Nas serrarias de teares convencionais, o efluente gerado é constituído, basicamente, de finos de rocha, água, cal e finos de granalha, formando a chamada lama abrasiva.

De todos os tipos de resíduos, os que provocam maior impacto ao meio ambiente são os efluentes das serrarias que usam teares convencionais, que geram a lama abrasiva, bem conhecida em Cachoeiro de Itapemirim e Nova Venécia, no estado do Espírito Santo. Ressalta-se, ainda, os finos produzidos nas operações de acabamento das chapas que contêm produtos químicos e componentes dos abrasivos usados no polimento das mesmas.

Os resíduos finos resultantes do desdobramento de blocos de granitos comerciais em chapas, nos teares convencionais, cujos principais insumos de corte são lâminas e granalha de aço, cal, o pó da rocha e água, são constituídos, principalmente, de sílica (em torno de 60%) e contém também óxidos de alumínio e ferro, óxido de cálcio e outros elementos e compostos em menor proporção. Para este trabalho foi realizado um levantamento bibliográfico sobre caracterização química de esses resíduos e os valores médios obtidos são m

Tabela 1. Composição média dos resíduos finos de serrarias de granito

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	SO ₂	TiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	PF*
63,48	13,19	6,90	4,59	1,44	0,12	0,03	0,52	3,81	2,61	0,22	3,08

Fonte: Elaboração Própria (CETEM e resultados de mais 30 autores). * P.F. Perdas ao fogo

Buzzi (2008) realizou uma pesquisa junto a um grupo de empresas do setor de rochas ornamentais, localizadas no município de Cachoeiro de Itapemirim - ES, e estudou a classificação de lamas provenientes do beneficiamento de rochas ornamentais (LBROs), de acordo com a NBR 10004. Os resultados mostraram que o resíduo sólido contido nesta lama não possui características que pudessem conferir periculosidade, como: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade. Por outro lado, constatou-se nesta pesquisa que 77% das amostras analisadas foram classificadas como resíduo CLASSE IIA – Não inertes e 23% como resíduos CLASSE II B – Inertes. Os parâmetros que contribuíram para a não inerticidade das amostras foram Al, Ba, Cd, Pb, Cl-, Cr, fenol, Fe, F-, Hg, Ag, Na e SO₄-2. O Alumínio, além de ter sido encontrado no resíduo sólido, foi encontrado, também, nos extratos solubilizados de rochas naturais, mostrando que a própria rocha já apresentava a participação deste constituinte. O Fe pode fazer parte da constituição da rocha, mas ele é proveniente, principalmente, da granalha e lâminas de aço utilizadas na operação de desdobramento de blocos (serragem), em serrarias que utilizam teares convencionais. Os parâmetros Cd, Pb,

cloreto, fenol, Hg e Na são provenientes, muito provavelmente, dos insumos utilizados na etapa de acabamento das chapas (polimento e resinagem), principalmente no que se refere ao polimento, em que são utilizadas pastilhas abrasivas, para o polimento das chapas.

FATORES QUE CONTRIBUEM PARA A GERAÇÃO EXCESSIVA DE RESÍDUOS NA INDÚSTRIA MINERAL

Quando se trata de micro e pequenas empresas, o problema da geração de resíduos e, conseqüentemente, do impacto ambiental torna-se mais complicado, pois essas empresas têm dificuldades no acesso a financiamentos para os seus projetos, para que possam utilizar tecnologias mais apropriadas para as atividades da lavra e do beneficiamento, bem como realizar um melhor preparo da sua mão de obra.

Tal como já foi mencionado, um fator que contribui para a geração dessa grande quantidade de resíduos no setor produtivo de rochas ornamentais, tem a ver com o aspecto geológico do maciço a ser explorado, a natureza da rocha, as técnicas utilizadas no desmonte da rocha, técnicas de beneficiamento e a mão de obra utilizada. Portanto, essa grande quantidade de resíduos gerados nas etapas de lavra e beneficiamento das rochas ornamentais pode ser fortemente reduzida, se houver um maior investimento na pesquisa geológica dos maciços ou matacões, por parte dos empresários e, posteriormente, realizar um bom plano de lavra. Isto propiciará, como retorno, um melhor conhecimento das potencialidades do depósito e das suas características geológicas específicas, ao invés de sair, simplesmente, fazendo atividades predatórias de prospecção e lavra (desmonte), cujo resultado é a degradação ambiental e geração de muita perda de material. O que deve-se fazer, é um bom planejamento para as atividades de mineração, principalmente de pesquisa e lavra; escolher a melhor técnica para a extração dos blocos da rocha; melhores tecnologias para o beneficiamento, bem como um melhor preparo técnico da mão de obra utilizada, em todos os níveis da cadeia produtiva.

O que se observa é que boa parte das micro e pequenas empresas, devido à carência tecnológica, empregam métodos rudimentares de extração e de beneficiamento, causando depredação de reservas minerais, grandes perdas de material e significativos impactos ambientais, deixando de lado, ou por desconhecimento, técnicas já disponíveis de desmonte de rochas; tecnologias apropriadas de processo; um melhor conhecimento das características tecnológicas de seus produtos, com a realização de ensaios de laboratório; e utilização de máquinas mais modernas nos processos de produção, ou mesmo no aproveitamento de resíduos gerados na lavra e no beneficiamento.

Em relação à qualificação de mão de obra, a deficiência também é grande. Na maioria dos casos, as pessoas se dirigem para esse tipo de trabalho, com pouco ou nenhum preparo técnico para o mesmo, sendo a experiência adquirida na prática, não havendo, portanto, atualização

Todos estes problemas vão, sem dúvida, afetar a competitividade dessas pequenas e microempresas ao acesso aos mercados interno e externo, em potencial.

GESTÃO DE RESÍDUOS NA CADEIA PRODUTIVA DE ROCHAS ORNAMENTAIS

Uma boa gestão dos resíduos gerados na cadeia produtiva de rochas ornamentais deveria, portanto, começar pela prospecção e pesquisa geológica dos depósitos, antes, obviamente, de iniciar a produção. Mas, lamentavelmente, raramente isto acontece. Se este procedimento fosse usado, certamente, haveria uma redução apreciável na quantidade de resíduos gerados e melhoria da qualidade de produtos nas etapas posteriores de produção (extração e beneficiamento), bem como diminuiria o impacto ambiental causado nestas etapas, e evitaria a degradação ambiental que muito acontece na procura de eventuais novos depósitos.

Essa forma de procedimento contribuiria com a tendência mundial, que é diminuir, o máximo possível, o volume de resíduos produzidos nas etapas de produção, pois estes resíduos ocupam espaços na empresa, degradam o meio ambiente, representam perdas, oneram os produtos e causam problemas com os órgãos ambientais. Porém, para dar solução aos passivos ambientais e aos resíduos que, inevitavelmente, continuam sendo gerados nas empresas, estes precisam ser tratados devidamente e serem, o máximo possível, aproveitados, em aplicações industriais. As empresas, assim agindo, vão, efetivamente, contribuir para a mitigação de impacto ambiental, diminuição de perdas, geração de empregos, menor depredação dos recursos minerais e reconhecimento dos órgãos ambientais.

1 Gestão de Resíduos na lavra de Rochas Ornamentais

A gestão de resíduos na lavra, deve ser feita com um bom planejamento desta. Isso sendo feito, a tendência é a minimização de impacto ambiental e, conseqüentemente, de problemas com os órgãos ambientais. Esse planejamento consiste, entre outros, de um bom conhecimento do jazida, com os dados levantados na etapa da pesquisa geológica, seleção do método de lavra, seleção dos equipamentos a serem utilizados, de acordo com as características do jazimento, estrada de acesso ao mesmo, praça para as operações de lavra e manuseio de material, local apropriado para a disposição dos rejeitos da lavra. Com isto feito, a tendência é a diminuição da quantidade de resíduos gerada nas operações de extração.

Com um planejamento adequado, evita-se a disposição dos rejeitos da lavra em locais inadequados, como normalmente se vê, quais sejam: locais dos drenos, encostas dos morros, com o conseqüente assoreamento de rios e córregos, entre outros (Figura 3). E já nesta etapa já se pode iniciar os estudos para o aproveitamento de parte ou de todo o rejeito gerado, bem como o plano de recuperação das áreas degradadas após as operações de extração.

Um exemplo quanto ao total aproveitamento dos resíduos gerados em pedreiras, em diferentes aplicações industriais, pode ser citado o caso das pedreiras de Porriño, na Galícia (Espanha), um aglomerado de mais de 30 empresas que exploram granitos (rosas e cinzas), desde 1928 e com uma vida estimada de mais de cem anos, em uma área de uns 4 km². Os blocos irregulares ou de pequeno tamanho são aproveitados para a produção de ornamentos para jardins, praças públicas, varandas e os pedaços menores são britados no local (que conta com uma planta de britagem industrial) e aproveitados como brita e areia artificial para construção. Em 2003 (IGME, 2006) foram produzidos 150.000 m³ em blocos, 165.000 m² de granito para cantaria e 1,6 milhão de toneladas de agregados. A Figura 4, a seguir, mostra uma vista da pedreira Porriño (Espanha).



Foto: CETEM/MCT

Figura 3 – Resíduos depositados em encostas de morro.



Foto: POCASA – Porriñesa de Canteiras S.A

Figura 4 – Vista aérea das pedreiras de Porriño, na Espanha.

No Brasil, felizmente, é cada vez mais freqüente ver plantas de britagem nas pedreiras para aproveitamento dos resíduos. Está se generalizando, também, a utilização de blocos menores para trabalhos de cantaria e construção (meio-fios, paralelepípedos e outros) e implantação de projetos de artesanato mineral, com o objetivo de gerar emprego e renda para as comunidades próximas. Na região do Cariri cearense, onde se exploram calcários laminados para uso em revestimentos, um convênio com a indústria Itapui Barbalhense de Cimentos, dentro do projeto “Arranjo Produtivo Local (APL) dos Calcários do Cariri”, permite, não só a recuperação (limpeza) de áreas ocupadas por rejeitos (resíduos acumulados ao longo de mais de 30 anos de extração do calcário) mas também a sua utilização como subprodutos, já que a empresa utiliza esses rejeitos na produção de cimento. Um planejamento das operações extrativas está sendo feito, visando a utilização comercial dos rejeitos gerados, para os quais estão sendo desenvolvidos diversos estudos de aplicação industrial, com a colaboração dos parceiros do APL.

2) Gestão de Resíduos do Beneficiamento de Rochas Ornamentais (Serrarias)

A gestão de resíduos gerados no beneficiamento de rochas ornamentais deve ser feita de tal forma que minimize o impacto ambiental, procurando aproveitar, o máximo possível, os resíduos sólidos grossos e finos gerados, estudando as possíveis aplicações industriais para os mesmos. Os resíduos grossos podem ser britados, ou britados e moídos, dependendo das aplicações industriais a que se destinam (brita, areia artificial, argamassas, tintas e outros). Os resíduos finos normalmente são aqueles existentes nos efluentes das serrarias. Estes efluentes de serrarias devem ser tratados de tal forma que os finos sejam separados da água, na chamada separação água/sólido. Esta separação pode ser feita por meio de tanques de decantação feitos de alvenaria (Figura 5); tanque decantador vertical, cilindro-cônico, feito de chapas metálicas (Figura 6), seguido de filtro prensa (Figura 7); filtro de discos, tanques de decantação com meios filtrantes, entre outros. Muitos destes tipos de separação água/sólido já estão sendo utilizados e difundidos em algumas serrarias de rochas ornamentais do estado do Espírito Santo, notadamente, em Cachoeiro de Itapemirim e Nova Venécia.



Figura 5 - Tanques de decantação em uma pequena serraria. Foto: CETEM/MCT



Figura 6 - Decantador vertical conjugado a filtro prensa (à direita). Foto: CETEM/MCT

A água recuperada nessa separação é recirculada nas serrarias. Os finos recuperados por estes sistemas de separação água/sólido são depositados nas próprias serrarias, em leitos de secagem, criteriosamente construídos para esse fim (Figura 8), ou são transportados para grandes depósitos de resíduos, construídos por algumas Prefeituras. O maior problema, no momento, para os finos produzidos, principalmente em Cachoeiro de Itapemirim, reside em encontrar uma aplicação industrial que absorva a grande quantidade destes resíduos que é produzida diariamente, além dos depósitos já existentes. Muitas pesquisas para aplicações

industriais desses finos têm sido desenvolvidas, para aplicações dos mesmos na indústria cerâmica, fabricação de diferentes tipos de tijolos, fabricação de vidros, rochagem etc, mas a absorção desses finos pela indústria ainda é muito pequena se comparada com a grande quantidade que é produzida. Por outro lado, grande parte destas pesquisas ainda não chegou à indústria.



Foto: CETEM/MCT

Figura 7 - Filtro prensa.



Foto: CETEM/MCT

Figura 8 - Leito de secagem de lama de beneficiamento de rochas ornamentais.

Voltando aos tipos de resíduos produzidos, especial atenção deve ser dada aos efluentes gerados na etapa de acabamento das chapas, pois estes têm a participação de substâncias químicas.

Os esforços na caracterização dos efluentes líquidos e resíduos sólidos gerados nas usinas de beneficiamento de rochas (serrarias) devem ser dirigidos de forma criteriosa, tendo em vista que as rochas que são beneficiadas apresentam composições mineralógicas variadas. Além disso, elas passam por diferentes tratamentos, nos quais são acrescentados insumos de diferentes características físico-químicas, contribuindo assim para uma composição final bem variada dos efluentes e dos resíduos sólidos contidos nos mesmos ☒

Partindo deste princípio, o planejamento ou a escolha do método de amostragem, para se conseguir a representatividade da amostra, é de fundamental importância, seja para o projeto de tratamento do resíduo (efluente) ou a sua disposição final.

Deve-se ter em mente, sempre, os princípios da sustentabilidade, tanto para a lavra como para o beneficiamento. O ideal é escolher o processo, que conduza a uma menor geração de resíduos possível. O próximo passo é a reutilização/reciclagem dos resíduos gerados, E, por último, é que se deve optar pelo descarte dos mesmos em aterros ou depósitos de resíduos, mesmo assim, no menor volume possível, após serem devidamente tratados, lembrando que esses aterros, depósitos ou barragens devam ser bem planejados e construídos com o rigor técnico requerido, seguindo normas recomendáveis para cada caso específico.

METODOLOGIA PARA O APROVEITAMENTO INDUSTRIAL DE RESÍDUOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS

A classificação de um resíduo gerado é o primeiro passo para verificar os cuidados que se deve ter com o mesmo e estruturar um plano de gestão adequado. A partir desta classificação, é que serão definidas as etapas de coleta de amostra, transporte, armazenagem, manipulação, tratamento e a destinação final, de acordo com as características físicas e químicas do resíduo.

Depois dos cuidados acima mencionados, deve-se estudar as possibilidades do aproveitamento industrial do resíduo. As técnicas utilizadas são adaptações daquelas que são aplicadas na tecnologia de Tratamento de Minérios. De um modo geral, são percorridas as seguintes etapas:

- 1) Amostragem do resíduo
- 2) Preparação da amostra
- 3) Homogeneização
- 4) Caracterização do resíduo (química e mineralógica)
- 5) Estudos tecnológicos
 - 1) Resíduos Grossos
 - a. Classificação por tamanho
 - b. Observação das diferentes frações
 - c. Britagem e homogeneização da amostra
 - d. Caracterização química e mineralógica
 - e. Estudos de concentração (separação gravítica, separação magnética e outros)
 - f. Ensaio tecnológicos de aplicação industrial
 - 2) Resíduos Finos e Ultrafinos
 - Homogeneização da amostra
 - Análise granulométrica (análise das frações)
 - Análises químicas e caracterização mineralógica
 - Estudos de concentração (separação gravítica, separação magnética e outros)
 - Ensaio tecnológicos de aplicação industrial
 - 3) Tratamento de Efluentes
 - Determinação de pH.
 - Determinação da % de sólidos.
 - Análise granulométrica dos sólidos contidos.
 - Ensaio de sedimentação
 - Análises químicas e caracterização mineralógica do resíduo sólido.
 - Estudos, visando a reciclagem da água no processo, entre outros.
 - Estudos de concentração ou purificação dos finos.
 - Ensaio tecnológicos de aplicação industrial para os finos.

Após a realização das pesquisas de laboratório com o resíduo e dos ensaios tecnológicos do produto para uma determinada aplicação industrial, deve ser realizado um estudo de viabilidade técnica e econômica da utilização do mesmo nessa indústria. Isto facilita atrair o empresário ou empreendedor.

CONCLUSÃO

As aplicações industriais para os resíduos de rochas ornamentais vão depender muito das características da rocha que originou o resíduo, porém podem citadas, de uma forma geral, algumas das aplicações industriais mais comuns, quais sejam:

Efluentes: recirculação da água e aplicação industrial para os resíduos finos da rocha

Resíduos Finos de rocha : Argamassas, cerâmicas vermelha (tijolos, tijolo solo-cimento, telhas), vidro, tintas, bloquetes, manilhas, corretivos de solos, mosaicos etc.

Resíduos Grossos : Fábricas de cimento, brita e areia artificial, artesanatos, seixos ornamentais, bijuterias, degraus de escada, muros de contenção de taludes, meio-fio, pavimentação, filetes para muros etc.

Finos de ferro e aço: siderúrgicas.

Madeira, plástico, papel: Reciclagem na indústria Etc.

O que se espera das empresas que trabalham com rochas ornamentais é que elas tenham uma maior preocupação em não deprestar os seus jazimentos, que são as riquezas que eles têm em mãos, e que tenham uma maior preocupação com o meio ambiente, não visando apenas o lucro, mas se preocuparem também em realizar um bom planejamento para o aproveitamento dos resíduos gerados na sua indústria, a recuperação das áreas degradadas, procurando desenvolver todas as suas atividades minerárias de uma forma sustentável. Já se nota que muitos empresários já estão imbuídos nesta preocupação. Felizmen ☒ ☒

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 10004**: Resíduos Sólidos – Classificação. 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**: Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.
- Buzzi, D. C. **Estudo de classificação e quantificação das lamas geradas no processo de beneficiamento de rochas ornamentais**, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo, 2008, 365 p.
- Campos, A. R. de; Silva M. A. R. **“Assistência técnica na exploração de quartzito de Pirenópolis, de Pirenópolis – GO”** . In: IV Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste, em Fortaleza. Novembro de 2003.
- Matta, Paulo Magno da. **“Prospecção de rochas ornamentais – Um contribuição à produção limpa”**. In: IV Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste. Fortaleza – CE. Novembro de 2003.
- Vidal, Francisco Wilson Hollanda. **Aproveitamento de rejeitos de rochas ornamentais e de revestimentos**. In: IV Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste. Fortaleza – CE. Novembro de 2003.
- Campos, A. R. de; **Aprovechamiento de los residuos del corte de la piedra natural de Santo Antonio de Pádua** – RJ. In: IV Reunion Anual de AIESMIN. San Juan-Argentina. Setembro de 2003.
- Campos, A. R. De; Carvalho, E. A.; Peiter, C. C.; Rocha, J. C. **Aproveitamento dos resíduos finos das serrarias de Santo Antonio de Pádua** – RJ. In: I Seminário da Sustentabilidade Ambiental da Mineração. Salvador – BA. Novembro de 2004.
- IGME – Instituto Geológico Minero de España. **La cartografía de calidades industriales de rocas ornamentales en la optimización de explotaciones de granito como piedra natural: Aplicación al yacimiento “Rosa Porriño”**. In: Boletín de la Red temática de Piedra Natural, núm. 2, 2006