

APROVEITAMENTO DE REJEITOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS E DE REVESTIMENTOS

Francisco Wilson Holanda Vidal

Eng de Minas, DSc. Centro de Tecnologia Mineral – CETEM/MCT
ABIROCHAS – Rua Barão de Studart, 2360 – sala 406 – Bairro Aldeota – 60.120-002 – Fortaleza-CE.
Fone: (85) 246-2600 FÁx: (85) 246-0262
E-mail: abirochas@secrel.com.br

RESUMO

O setor de mineração brasileiro constitui-se sob uma visão estratégica de desenvolvimento nacional, tendo por base uma política e uma legislação. As preocupações com a preservação do meio-ambiente somente apareceram nos anos 80, embora algumas empresas, na década de 70, já se preocupassem com esse tema, o que acabou se refletindo no setor de mineração. Pode-se identificar no setor de mineração brasileiro três grandes fases: a primeira fase até os anos 60, caracterizada por uma visão fragmentada, quando a proteção ambiental incidia apenas em alguns recursos, particularmente naqueles relacionados mais estreitamente à saúde humana, como o controle de águas e as condições no ambiente de trabalho; a segunda, dos anos 70 a 80, iniciada com a ocorrência e discussão de questões mais amplas, como a poluição ambiental e o crescimento das cidades, culminando com a visão de futuro relativo ao meio ambiente como um ecossistema global; e a terceira, a partir dos anos 90, que posicionou o paradigma do desenvolvimento sustentável como o grande desafio, ou seja, como equacionar o desenvolvimento econômico e social com a preservação do ecossistema planetário.

O CETEM vem desde 1996 realizando programas de apoio à micro, pequena e média empresa, visando aumentar a produtividade com redução das perdas, com alternativas de aproveitamento dos rejeitos da lavra e do beneficiamento, além de introduzir mudanças em rotas tecnológicas, através de novas máquinas / equipamentos, bem como estudos de melhoria nos efluentes de serrarias, na busca do desenvolvimento sustentável.

O presente trabalho tem como objetivo mostrar alternativas de aproveitamento dos rejeitos de pedreiras e resíduos de serraria, gerando receita para as empresas e reduzindo o impacto ambiental gerado pela deposição desordenada desses materiais. Por sua vez tem, ainda, um apelo ambiental indiscreto, visto que promoverá a utilização de materiais classificados como rejeitos e que hoje são gerados em quantidades muito significativas, além de cumprir as exigências das leis ambientais, tornando-se um grande desafio para os sistemas produtivos do setor. O principal consumidor dos rejeitos de pedreiras de serrarias será sem dúvida o mercado de construção civil, também denominado *construbusiness*. Partindo-se da premissa de que nenhuma sociedade poderá atingir o desenvolvimento sustentável sem que a construção civil que lhe dá suporte, passe por profundas transformações no campo da engenharia pública.

Pelo trabalho executado concluiu-se que é viável o aproveitamento de rejeitos de pedreiras e de finos de serrarias para diversos fins, principalmente no mercado da construção civil.

INTRODUÇÃO

A relação materiais/ambiente é tão antiga quanto o próprio homem. Ao trabalhar os restos de animais para fabricar ferramentas e as pedras e os gravetos para produzir o fogo, desde os primórdios o homem já começou a manipular os materiais de que dispunha e que eram retirados do próprio ambiente em que vivia.

Os materiais rochosos constituem a matéria prima mais antiga de que o homem pôde dispor. As rochas ornamentais e de revestimentos, onde destacam-se as rochas carbonáticas (mármore) e as silicáticas (granitos) tiveram suas primeiras aplicações no período paleolítico, datado mais ou menos de 500 mil aC. Este período, também é conhecido como o primeiro período da idade da pedra ou a idade da pedra lascada. Desde então, a pedra, produto obtido de uma rocha, em matacão e/ou maciço rochoso, por ação manual ou mecânica, 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 (Vidal,1995).

No início se explorava a rocha em superfície para sua utilização como material de construção e não havia influência no meio ambiente, remonta ao Egito antigo, que alcançou os povos da civilização na idade média. Na medida em que o crescimento populacional tornou-se mais intenso e foram se estabelecendo em vários locais, aqueles que dispunham de materiais mais necessários em maior quantidade passaram a deter o poder em relação aos menos favorecidos e conseqüentemente os conflitos tornaram-se inevitáveis. As dimensões do meio ambiente terrestre ainda favoreceram por muito tempo uma relação positiva a esta quando comparado com a população humana e suas demandas por materiais e bens de consumo. Na impossibilidade de conseguir na superfície o que desejava e não tendo poder para usufruir do território de outras comunidades populacionais, algumas descobriram a possibilidade de minerar no subsolo para buscar o que necessitava. A partir daí surgiram as lavras em forma de cavas à céu aberto e subterrânea nas atividades de mineração; como em

alguns casos, o progresso nas técnicas de extração e na qualidade dos produtos não apresentavam o mesmo desenvolvimento tecnológico, não demorou muito para se verificar as explorações desordenadas dos recursos minerais, provocando elevados acúmulos de rejeitos depositados a céu aberto, em rios, lagos e córregos. Neste contexto, os recursos naturais de origem animal, vegetal e mineral, que eram vistos como ilimitados, ao longo da história da humanidade, passaram a ser preservados quando em vários lugares do planeta Terra a luz vermelha da devastação ambiental acendeu-se, teve início a preocupação do homem com a relação materiais/ambiente e a dele próprio com cada um destes. Desde então o homem descobriu que sua necessidade por materiais, na visão de progresso, se confundindo com um crescente domínio e transformação da natureza, atinge o meio ambiente. Na figura 1 é mostrado um fluxograma esquemático do modelo da relação homem/ materiais/meio ambiente.

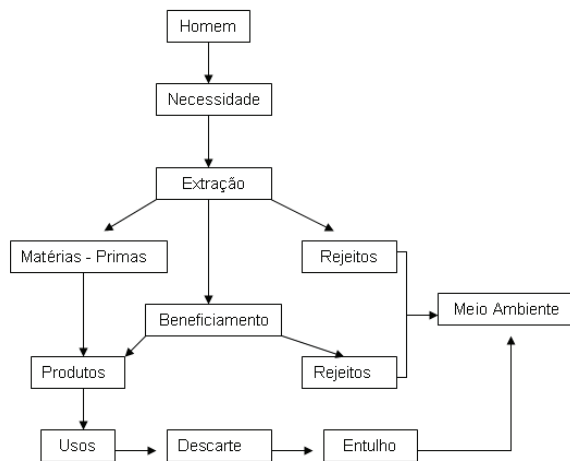


Figura 1: Fluxograma da relação homem/materiais/meio ambiente

O primeiro alerta dos limites desse modelo foi a poluição do ar e da água, que levou à geração do conceito de controle ambiental na fase de produção industrial, com o estabelecimento da rígida legislação limitando a liberação de poluentes e com a criação de agências ambientais. Em grande medida, essa visão ainda está presente no movimento ambiental, algumas vezes denominado de preservacionista, e na ainda limitada consciência ambiental da espécie humana. Preservação ambiental é, antes de tudo, preservação de espécies em extinção de áreas de matas nativas e rios.

A visão de desenvolvimento sustentável surge em decorrência da percepção sobre a incapacidade desse modelo de desenvolvimento e de preservação ambiental se perpetuar e até mesmo garantir a sobrevivência da espécie humana. O avanço do conhecimento sobre os efeitos de poluentes demonstram que a preservação da natureza vai exigir uma reformulação mais ampla dos processos produtivos e de consumo. Isso implica uma reformulação radical de visão de impacto ambiental das atividades humanas, que possa também

incorporar todos os impactos das atividades de produção e de consumo, desde a extração de matéria prima, os processos industriais, o transporte e o destino dos resíduos de produção e também o do produto após sua utilização.

A Conferência sobre Desenvolvimento de Meio Ambiente das Nações Unidas, realizadas em 1992 e 2002, consolida a visão de que desenvolvimento sustentável não apenas demanda a preservação dos recursos naturais, de modo a garantir para as gerações futuras iguais condições de desenvolvimento a equidade entre gerações, mas também, uma maior equidade no acesso aos benefícios do desenvolvimento a igualdade intrageração.

Pode-se identificar no setor de mineração brasileiro três grandes fases, a saber: a primeira fase até os anos 60, caracterizada por uma visão fragmentada, quando a proteção ambiental incidia apenas em alguns recursos, particularmente naqueles relacionados mais estreitamente à saúde humana, como o controle de águas e as condições no ambiente de trabalho; a segunda, dos anos 70 e 80, iniciada com a ocorrência e discussão de questões mais amplas, como a poluição ambiental e o crescimento das cidades, culminando com a visão de futuro relativo ao meio ambiente como um ecossistema global; e a terceira, a partir dos anos 90, que posicionou o paradigma do desenvolvimento sustentável como o grande desafio, ou seja, como equacionar o desenvolvimento econômico e social com a preservação do ecossistema planetário. A Primeira Conferência sobre Desenvolvimento de Meio Ambiente das Nações Unidas (ECO-92) foi realizada na cidade do Rio de Janeiro.

Nas pedreiras de rochas ornamentais e de revestimentos, verifica-se nas etapas de lavra quantidade expressivas de perdas. Embora no Brasil a exploração deste bem mineral tenha registrado nos últimos anos uma rápida evolução em método/tecnologia de corte, observa-se, ainda, uma quantidade expressiva de rejeitos depositados nas minas e que em média atingem valores significativos da ordem de 60% do total do material aproveitado nas frentes de lavra.



Lavra de Matacão



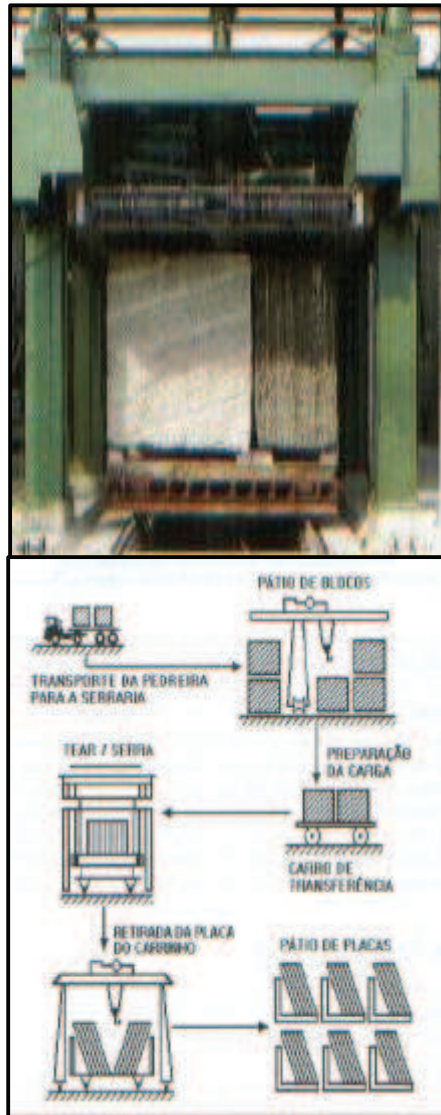
Lavra de Maciço Rochoso

Figura 2 – Métodos de Lavra em Pedreiras de Rochas Ornamentais

Em trabalhos desenvolvidos pelo CETEM, nas visitas técnicas realizadas por seus pesquisadores, em diversas pedreiras de rochas ornamentais e de revestimentos, foi observado que os operários deste setor são provenientes de outras atividades, geralmente do setor agrícola/pecuária, constituindo assim, mão de obra não qualificada, como é o caso da Pedra Paduana no Rio de Janeiro, da Ardósia e Pedra São Thomé em Minas Gerais e da Pedra Cariri no Ceará, dentre outras. Além disto, a maioria das empresas das regiões citadas são de pequeno porte, e por dificuldade financeira e de acesso à créditos, não acompanham os avanços tecnológicos que vão surgindo no setor, acarretando baixa produtividade nas pedreiras e conseqüentemente elevado percentual de perdas.

O CETEM vem desde 1996 realizando programas de apoio à micro, pequena e média empresa, visando aumentar a produtividade com redução das perdas, com alternativas de aproveitamento dos rejeitos da lavra e do beneficiamento, além de introduzir mudanças em rotas tecnológicas, através de novas máquinas / equipamentos, bem como estudos de melhoria nos efluentes de serrarias.

Nas indústrias de beneficiamento (serragem, corte, polimento e acabamento) também ocorre, durante a etapa de serragem de blocos de mármore e granitos, acúmulo de grande quantidade de resíduos, que são lançados ao meio ambiente, causando impactos ambientais e assoreamento dos rios e córregos da região onde estão instalados os teares e talha-blocos. O Brasil possui cerca de 1.600 teares instalados, detém um dos maiores parques mundiais de serragem de blocos, onde 40% em volume de cada bloco serrado é transformado em finos de serraria. Os estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo se destacam com cerca de 70% dos teares existentes no País. Do ponto de vista do beneficiamento primário, isto é, o desdobramento de blocos, existem também no Brasil os talha-blocos em quantidades insignificantes, em relação aos teares em atividade.

**Figura 3 - Tecnologia de Beneficiamento para desdobramento de Chapas, através de Tear.**

O presente trabalho objetivou, então, mostrar alternativas de aproveitamento dos rejeitos de pedreiras e resíduos de serraria, gerando receita para as empresas, bem como reduzindo o impacto ambiental gerado pela deposição desordenada desses materiais. Por sua vez este trabalho tem, também, um apelo ambiental indiscreto, visto que promoverá a utilização de materiais classificados como rejeitos e que hoje são gerados em quantidades muito significativas, além de cumprir as exigências das leis ambientais, tornando-se um grande desafio para os sistemas produtivos do setor. O principal consumidor dos rejeitos de pedreiras de serrarias será sem dúvida o mercado de construção civil, também denominado *construbusiness*. Partindo-se da premissa de que nenhuma sociedade poderá atingir o desenvolvimento sustentável sem que a construção civil que lhe dá suporte, passe por profundas transformações, no campo da engenharia pública.

APROVEITAMENTO DOS REJEITOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

As possibilidades de redução de rejeitos gerados nas etapas de lavra e beneficiamento de rochas ornamentais e de revestimentos apresentam limites técnicos objetivos. Estes rejeitos, portanto sempre existirão. A política de proteção ambiental hoje vigente é voltada quase que exclusivamente para a deposição desses rejeitos. Entretanto, essa política de organização ambiental apresenta limites diversos. Um óbvio limite é que os aterros controlados constituem desperdício, por tempo indefinido, de um recurso limitado, o solo, além de estarem sujeitos a acidentes de graves conseqüências. Para controlar o risco de acidentes, a normalização desses aterros tem recebido aperfeiçoamentos constantes, através do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) que regulamenta em todos os níveis da administração pública as modalidades do Licenciamento Ambiental, os quais têm elevado o preço desses serviços à valores muitas vezes insuportáveis. Esses custos representam um fator de limitação para qualquer política, por várias razões, dentre as quais se destaca o fato de tornar as empresas geradoras de resíduos inimigas dessas políticas.

O aproveitamento e ou reciclagem desses bens minerais, por outro lado, é uma oportunidade de transformação de uma fonte importante de despesa numa fonte de faturamento ou, pelo menos de redução das despesas de deposição.

O incentivo ao aproveitamento do resíduo da mineração deve ser, então, uma parte importante de qualquer política ambiental. (Proposal to European Community Brite Euram Program, ENBR, 1994, John 2000).

O microcomplexo da construção civil é o maior responsável pela reciclagem no Brasil e na maioria dos países. A quase totalidade das armaduras para reforço passivo de concretos comercializados no Brasil, contém elevado teor de resíduos com características próprias conhecida na Engenharia Civil com o nome de Alvenaria Estrutural, com grandes benefícios ambientais para a sociedade. Os blocos estruturais representam 98% do volume total da parede, e são os principais componentes de alvenarias. Na fabricação dos blocos são utilizados essencialmente: cimento de qualquer tipo (desde que atendam as normalizações específicas), agregados graúdos e miúdos, água (que devem ser isenta de impurezas de matéria orgânica) e podem ainda ser adicionados aditivos químicos e pigmentos. Os agregados devem ser ajustados de forma que possibilitem reduzir o consumo do cimento e diminuir os problemas de retração por secagem, produzindo blocos menos porosos, com capacidade satisfatória, menor permeabilidade e pouca absorção d'água. Os agregados também são responsáveis pela textura superficial final dos blocos, uma vez que para blocos de alvenaria aparente deve-se utilizar uma areia mais fina, quando a alvenaria for revestida deve-se usar areia mais grossa para facilitar a aderência do bloco com a argamassa de revestimento. As argamassas comum e colante são as alternativas de utilização do agregado miúdo reciclado proveniente,

principalmente, das serrarias da indústria de rochas ornamentais. Atualmente as indústrias de argamassas, nas suas diversas aplicações, buscam desenvolver alternativas tecnológicas adequadas aos centros urbanos com produtos embalados para usos essencialmente em assentamento de blocos, lajotas, ladrilhos, placas, etc e, em revestimento de painéis paredes e tetos etc. Dessa forma, a título de exemplo para aproveitamento dos rejeitos pode-se destacar as seguintes aplicações:

a) Agregados para construção civil

Os agregados são materiais granulares, sem forma e volume definidos, de dimensões e propriedades adequadas para o uso em obras de construção civil. Podem ser classificados levando-se em conta a origem, a densidade e o tamanho dos fragmentos. Quanto à origem, são denominados naturais aqueles extraídos diretamente na forma de fragmentos e, artificiais os que passam por processo de fragmentação e moagem.

Na especificação de agregados para aproveitamento dos rejeitos como brita grosseira e fina na construção civil, é interessante conhecer as especificações destes materiais, baseado nas normas ABNT (NBR: 7225 e 7211):

- Agregado - material natural de propriedades adequadas obtido por fragmentação artificial de pedra, de dimensão nominal máxima inferior a 100mm e de dimensão nominal mínima igual ou superior a 0,075mm (Tonso, 1994; Mason, 1994);
- Agregado graúdo - pedra britada ou brita ou pedregulho muito grosso, grosso e médio, de dimensões nominais entre 100,0mm e 4,8mm;
- Agregado miúdo - pedregulho fino, pedrisco grosso, médio e fino, areia grossa, média e fina, de dimensões nominais entre 4,8mm e 0,075mm;
- Areia - material natural, com propriedades adequadas, de dimensão nominal máxima inferior a 2,0mm de dimensão nominal mínima igual ou superior a 0,075mm (Hermann, 1992);
- Areia grossa - aquela compreendida entre 2,0 e 1,2mm;
- Areia média - aquela compreendida entre 1,2 e 0,42mm;
- Areia fina - aquela compreendida entre 0,42 e 0,075mm;
- Pedra britada - material proveniente da britagem de pedra, de dimensão nominal máxima inferior a 100mm de dimensão nominal mínima igual ou superior a 4,8mm (Mccarl, 1994; Ribeiro, 1989; Pinheiro, 1989);
- Pedra britada numerada - pedra de tamanho definido, obtida por peneiramento, tendo por limites as aberturas nominais de duas peneiras consecutivas, entre as quais se consideram calibrados os seus fragmentos.
- Pedregulho - material natural inerte, de forma arredondada, de dimensão nominal máxima inferior a 100 mm e de dimensão nominal mínima igual ou superior a 2,0 mm;

- Pedregulho muito grosso – aquele compreendido entre 100 e 50 mm;
- Pedregulho grosso – aquele compreendido entre 50 e 25 mm;
- Pedregulho médio – aquele compreendido entre 25 e 4,8 mm;
- Pedregulho fino – aquele compreendido entre 4,8 e 2,0mm;
- Pedrisco – material proveniente da britagem de pedra, de dimensão nominal máxima inferior a 4,8 mm e de dimensão nominal mínima igual ou superior a 0,075 mm;
- Pedrisco grosso – aquele compreendido entre 4,8 e 2,0mm;
- Pedrisco médio – aquele compreendido entre 2,0 e 0,42 mm;
- Pedrisco fino – aquele compreendido entre 0,42 e 0,075 mm;
- Pó-de-pedra – material proveniente da britagem de pedra, de dimensão nominal máxima inferior a 0,075 mm.

Almeida (2001) estudou os rejeitos de pedreiras e sobras de serrarias na região de Santo Antônio de Pádua, através de britagem/classificação dos mesmos com vistas a produzir agregados para construção civil, minimizando o impacto ambiental destes rejeitos acumulados nas pedreiras, serrarias e nos cursos d' água. O projeto apresenta ainda uma grande vantagem de não ter custos com decapeamento, perfuração e desmonte do material.

Silva e Vidal (2003) estudaram a possibilidade de algumas pedreiras da região do Estado do Ceará, situadas no município de Sobral e outros municípios circunvizinhos, realizarem o aproveitamento dos rejeitos da lavra. Nesta região existe um grande número de pedreiras que é responsável pela disposição de enorme quantidade de rejeitos, que constituem sérios problemas de lavra. Normalmente as pilhas de rejeitos são depositadas no Bota Fora da pedreira, mas às vezes dificulta as futuras atividades das frentes de lavra, além de implicar em agressão ambiental. Na região não existe a atividade de produção de pedra, através de instalação de pequenas unidades de processamento para a confecção dos diversos produtos de rochas de emprego imediato pela construção civil, na forma de alicerce, muro de arrimo, paralelepípedo, pedra tosca para calçamento, cascalho para aterro, britas e pós de modo a criar de uma forma organizada (associação comunitária, cooperativas, etc.) fonte de emprego e renda para a população local. O processamento dos rejeitos deve ser realizado em áreas fora das atuais concessões de lavra, e transportados por caminhões para um lugar determinado e distante onde não haja interferência com os trabalhos de lavra das rochas ornamentais. De preferência, a localização seria nas periferias das cidades que abrigam as áreas produtoras de rochas ornamentais (Sobral, Meruoca, Alcântaras, Massapê, Forquilha, etc.), onde se acumula um contingente

bastante significativo de mão-de-obra ociosa e desqualificada.

b) Ladrilhos de rochas

Normalmente as grandes indústrias brasileiras de rochas ornamentais produzem ladrilhos de tamanhos padrões de 47,5 x 47,5cm e 40 x 40cm, para atender o mercado externo e interno, respectivamente. Estas indústrias de beneficiamento são constituídas na grande maioria de teares que requerem padrões de tamanho de blocos, para uma melhor produtividade e rendimento na etapa de serragem. Em virtude disto, há um acúmulo excessivo de blocos fora do padrão, em tamanhos variados, empilhados nos pátios das pedreiras sem alternativas de aproveitamento na forma de ladrilhos de rochas ornamentais e de revestimentos.

Cajaty *et al* (2001) estudaram os rejeitos de pedreiras do Ceará, através da unidade de talha-blocos de pequeno porte para produzir ladrilhos (800 m²/ mês) com dimensões 30 x 30 cm e 40 x 40 cm de espessuras variando de 5 a 10 mm. A matéria-prima em tamanho de bloquetes teria que ser desbastada na forma cúbica de pequenos blocos com arestas de 0,45 metros e que apresentam boa simetria entre as duas faces adjacentes. Os blocos retirados das pilhas de rejeitos seriam transformados em bloquetes para serem beneficiados também e produzir ladrilhos de rochas ornamentais, evitando-se assim a utilização dos rejeitos como subproduto produto de material de menor valor.

Nos estados do Ceará e Bahia já existem empresas que produzem ladrilhos para pisos e revestimentos nas dimensões absorvidas pelo mercado local e nacional, a partir de blocos fora de padrão e de tamanho variado. Como exemplo deste tipo de indústria destaca-se a empresa CAPIVARA, localizada no município de Horizonte, Ceará, distante 40 Km de Fortaleza. Esta indústria de porte médio é constituída de 5 talha-blocos de fabricação HENZEL, tendo uma capacidade instalada total de 10.000m²/mês de ladrilhos. Os talha-blocos estão preparados para receber blocos de tamanhos variados, podendo serrar blocos de comprimento até 2,90m, com largura mínima de 0,45m e altura máxima de 1,20m. Assim são produzidos nos talha-blocos, chapas de 2,90 de comprimento com espessura de 10mm, que posteriormente deverão sofrer polimento e desdobramento em máquina de corte, para obtenção dos ladrilhos.

Dessa forma é possível aumentar a taxa de recuperação e otimizar a produção nas pedreiras, utilizando seus rejeitos em talha-blocos.



Figura 4 – Aproveitamento de rejeitos de Rochas Ornamentais e de Revestimentos.

c) Artesanatos / Artefatos minerais

O artesanato/artefato mineral, vem nas quatro últimas décadas, tendo uma expansão e desenvolvimento sem igual no Brasil. De simples exportador de matéria-prima, principalmente ágata, e do tradicional artesanato de ágata, este no Rio Grande do Sul, evoluiu-se para outros tipos de produtos como estatuetas, mosaicos, peças adornativas, bijuterias, notadamente em Minas Gerais, Rio de Janeiro e Bahia importantes centros produtores e comercializadores no País.

Na região Nordeste do Brasil e especialmente na Bahia, essa atividade está sendo implantada e desenvolvida com apoio governamental, com muito sucesso, podendo ser intensificada e priorizada como política pública de inclusão social, (geração de emprego e renda) para o desenvolvimento de micro e pequena empresa através dos Arranjos Produtivos Locais - APL. A partir dos rejeitos das pedreiras de rochas ornamentais e de revestimentos dos mais diversos tipos de rochas, com variedades cromáticas entre granitos, mármore, quartzitos, ardósias, conglomerados, basaltos, serpentinitos, pedra sabão, entre outras, constitui-se uma atividade criativa do artesão a transformação de um pedaço de pedra de uma substância mineral, em estado bruto, em peças de formas polidas, que juntas ou não, a outros materiais (metais, madeiras, plásticos, etc) vão compor objetos de adorno pessoal (colares, camafeus, anéis, pulseiras, etc), objetos utilitários (castiçais, cinzeiros, porta-lápis, copos, pratos, porta-relógio, cabos de utensílios, etc), objetos decorativos (estatuetas) e mosaicos minerais (mesas, quadros, painéis, etc)

Os mosaicos, jogos de xadrez, pássaros, estatuetas, cinzeiros, pirâmides, porta-jóias, jarros, colares, brincos, pulseiras, em suma uma gama de peças é, hoje em dia, preparada com substâncias minerais diferentes, muitas delas provenientes de pequenos depósitos sem expressão quantitativa e sem possibilidade de exploração mineral, similarmente aos rejeitos de pedreiras, mas que, para esta e por esta atividade, ganham valorização, possibilitando que as populações carentes e sem qualificação das áreas interioranas do país, tirem dele sua subsistência. Nada impede que este tipo de atividade de artesanato seja intensificado, fugindo um pouco daquela idéia do artesanato rudimentar, como é o caso do artesanato cerâmico e/ou de madeira. Na verdade o artesanato mineral apresenta uma gama extraordinária de opções para desenvolvimento nos campos de joalheria, ornamentação e de objetos

utilitários, podendo ser fabricado através de máquinas e equipamentos mais sofisticados, constituindo-se em linhas de produção ou seja indústria de artefatos minerais. Seus produtos, nos estágios mais simples, incorporam e ressaltam a beleza material das matérias minerais com suas nuances de cor, brilho e formas geométricas e, em estágios mais avançados, a nobreza e valorização de minerais e metais preciosos ou composições artísticas. Nesta linha destacam-se 4 grandes nichos de artesanato e artefato mineral:

1º) Adornativo – aquele que se dedica à preparação de peças de adorno, tais como: colares, brincos, anéis, pulseiras, etc.

2º) Utilitário – aquele que se dedica à preparação de objetos tais como: cinzeiros, jarros, porta-isqueiros, porta-retratos, taças, porta cartão, etc.

3º) Decorativo/Mosaicos – aquele que fabrica tampas de mesa, mosaicos, ladrilhos, em suma as peças decorativas.

4º) Decorativo/estatuetas – aquele que prepara estatuetas de animais, esculturas, figuras, etc, em peças inteiriças ou em montagens de diversos materiais.

O primeiro tipo (adornativo) é de rápido aprendizado e tem grande alcance social atingindo um grande contingente de mão de obra, principalmente feminina, na fase de montagem das peças de adorno, uma vez disponível os insumos minerais e os outros componentes materiais.

O segundo mais especializado, embora absorva um bom contingente de mão de obra é mais apropriado à variedades industriais, pois objetiva a produção em série, mais econômica e rentável, de objetos de uso prático, feitos de substâncias minerais.

O terceiro, embora seja mais apropriado a uma unidade de produção em série pode ser implantado com mais abrangência de ocupação de mão de obra, caso se adote o esquema de pequenas unidades de produção de chapas e montagem de mosaicos apoiados por centrais de acabamento.

O quarto e último tipo é bem significativo em termos de absorção de mão de obra, uma vez que, a cada artesão formado ou a grupos de artesãos seja possibilitado a montagem de pequenas unidades de produção de unidades comunitárias que absorverão mão de obra auxiliar.

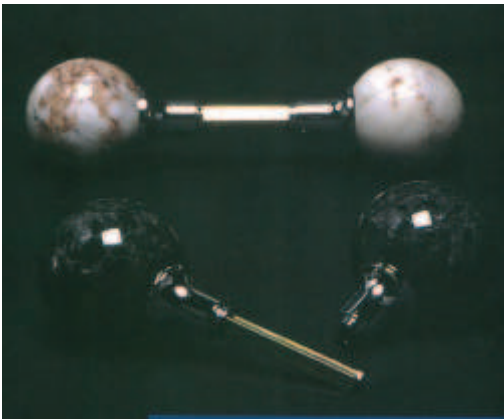
Todos esses tipos de aplicação têm portanto grande abrangência social sendo por excelência grandes absorvedores de mão de obra. Um exemplo de sucesso obtido com esse mercado está na Bahia com a Indústria de Artefatos Minerais Bella Rocha que fabrica peças como esferas, castiçais, luminárias, abajures, puxadores, maçanetas, acessórios para banheiro, etc, produzindo cerca de 10 mil peças e exportando para o USA e Europa.



5.a



5.b



5.c

Figura 5 – Aproveitamento de Rejeitos de Rochas Ornamentais como Artesanato / Artefatos Minerais.

RESÍDUOS DE SERRARIAS

Pontes (2001) estudou os rejeitos finos gerados nas serrarias de mármore e granito, especialmente nos teares localizados na região de Cachoeiro de Itapemirim, Estado do Espírito Santo, através de processos tecnológicos para aproveitamento destes rejeitos na indústria de cerâmica vermelha e de pré-moldados, minimizando o impacto ambiental gerados por esses resíduos

acumulados nos tanques e nas barragens em grande maioria improvisados, nas proximidades das indústrias de beneficiamento.

Gonçalves e Moura (2002), estudaram a utilização dos resíduos de serragem de blocos de mármore e granito das indústrias de beneficiamento da Bahia como materiais de construção.

Carvalho *et al* (2002) estudaram o aproveitamento dos resíduos finos das serrarias da região de Santo Antonio de Pádua. Os melhores resultados foram obtidos na formulação de argamassas com a colantes, além de mitigar o impacto ambiental. Foram feitos também estudos de melhoria nos efluentes de serraria, tendo sido construídos diversos tanques de decantação na região de Santo Antônio de Pádua - RJ, obtendo-se efluente limpo e com reaproveitamento da água no processo.



Figura 6 - Santo Antônio de Pádua



Figura 7 - Cachoeiro do Itapemirim

RESULTADOS OBTIDOS

Almeida (2001) Rejeito de Santo Antônio de Pádua – RJ.

- As amostras rejeitos de pedra e sobras de serraria têm a mesma composição química/mineralógica, sendo portanto iguais, constituídas principalmente de feldspato (62%), quartzo (25%), biotita (7%) e hornblenda (5%). Como minerais menos importantes foram caracterizados zircão, apatita e ilmenita;

- A resistência à compressão do concreto feito com a brita de Santo Antônio de Pádua (23MPa) a enquadra como uma brita de média resistência, sendo recomendável na utilização em obras civis de pequeno e médio porte;
- Numa britagem do material abaixo de 1" em britador de mandíbulas (circuito fechado), obtêm-se as seguintes proporções de brita:
48% brita 1 – material 25 x 12,7mm – para uso em concreto.
29% brita 0 – material 12,7 x 4,8mm – para uso em concretos pré-moldados.
23% pó-de-pedra – material > 4,8 – para uso em pré-moldados;
- Um estudo de pré-viabilidade econômica para operação de uma usina de brita de 30.000m³/ano de capacidade projetou um investimento total de R\$ 675.000,00 com uma receita de R\$ 384.000,00 e gerando uma taxa de retorno de 12% ao ano, valor presente líquido de R\$ 338.303,00 e período de recuperação do investimento no prazo de 4 anos;
- Um projeto de aproveitamento de brita/areia em Santo Antônio de Pádua é auto-sustentável, pois além de gerar receita e emprego para o município, traz ainda, dentre outros, os seguintes benefícios: não utilização de explosivos, custo zero de lavra, aproveitamento de material já extraído e estocado, saneamento ambiental, minimização dos índices de acidentes e do impacto ambiental da região.

Cajaty *et al* (2001); Cajaty e Neto (2003); Silva e Vidal (2003) – Rejeito de pedreiras do Ceará.

- Existe a possibilidade de aumentar a taxa de recuperação e otimizar a produção das jazidas, principalmente da região norte do Ceará, utilizando seu rejeito para uso na indústria da construção civil nas mesmas diversas aplicações, especialmente, pedra tosca para calçamento, paralelepípedos, meio fio, ladrilhos, lajotas, lajinhas, além de britas e pós, de modo a criar fontes de emprego e renda com a agregação de valor do material.
- No caso do aproveitamento dos rejeitos como rochas ornamentais (pisos e revestimentos) são propostos dois tipos de blocos, nas formas cúbica e paralelepípeda para a produção de ladrilhos de 40 x 40cm.

Pontes (2001) Rejeito de finos de serraria do Espírito Santo.

- Existe viabilidade técnica de se purificar o resíduo através da separação magnética de alta intensidade. Tal processo foi capaz de remover o Fe em até 75%, reduzindo o teor de 3,2% para 0,7%, viabilizando a sua utilização em usos mais nobres;
- O resíduo beneficiado pode ser usado até 30% nas formulações de massa para cerâmica fina.

Rejeito de finos de serraria de Santo Antônio de Pádua.

- Com base nos resultados obtidos tanto nos estudos realizados pelo Instituto Nacional de

- Tecnologia quanto por um fabricante de argamassa industrial pode-se verificar que os resíduos do corte das rochas de Santo Antônio de Pádua podem ser aproveitados como matéria-prima para a fabricação de argamassa industrial;
- Outra aplicação dos resíduos com bom resultado foi na fabricação da cerâmica vermelha, substituindo a argila "magra". A adição dos resíduos ocasionou uma redução de cerca de 25% da perda ao fogo, além da diminuição da retração linear da cerâmica vermelha.

CONCLUSÕES

Pelo trabalho executado concluiu-se que é viável o aproveitamento de rejeitos de pedreiras e de finos de serrarias.

O presente trabalho também visualizou alternativas para consumo de finos gerados durante o processo de serragem, reduzindo dessa forma o impacto ambiental provocado por esses e permitindo a criação de novas frentes de emprego para a região, além da utilização na fabricação de tijolos e blocos estruturais.

Considerando o potencial existente no Brasil, especialmente na região Nordeste para o setor de rochas ornamentais, especificamente para o Setor de rochas de origem graníticas, muitos benefícios poderiam advir da consolidação de um grande pólo de beneficiamento desses materiais, sobretudo com o aproveitamento de rejeitos. No entanto, para que isto seja possível, é necessária uma maior compreensão dos fatores que dificultam o desenvolvimento dessa atividade mineiro-industrial no Brasil, de forma a se poder traçar estratégias para a superação dos empecilhos que retardam o seu crescimento no mesmo nível de outros países (Itália, Espanha e Portugal).

Para tanto, defende-se a aglutinação dos diversos atores da sociedade interessados no desenvolvimento da atividade mineiro-industrial de rochas ornamentais do Brasil em prol da realização de um plano de ações integradas, na busca de soluções viáveis (concomitantemente) técnicas e políticas para o aproveitamento dos rejeitos das pedreiras e finos de serrarias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, S. L. M. ; PONTES, I. F. Aproveitamento de Rejeitos de Pedreiras e Finos de Serrarias de Rochas Ornamentais Brasileiras, p. 89 – 100 dos Anais III Simpósio Brasileiro de Rochas Ornamentais / Seminário de Rochas Ornamentais do Nordeste, novembro/dezembro 2001, Salvador – Editado pelo CETEM/CBPM, Rio de Janeiro, 2002.

CAJATY *et al.* Rochas Ornamentais do Ceará – Aproveitamento de Rejeitos da Pedreira Asa Branca em Santa Quitéria – Ce, p. 101 – 106 dos Anais I Simpósio Brasileiro de Rochas Ornamentais/ II Seminário de Rochas Ornamentais do Nordeste, novembro/dezembro 2001, Salvador – Editado pelo CETEM/CBPM, Rio de Janeiro, 2002.

- CAJATY, A. A. ; NETO, J. A. N. Aproveitamento de Rejeitos em forma de Bloquetes da Pedreira Asa Branca Santa Quitéria – Ce, p. 329 – 340 do Livro Rochas Industriais: Pesquisas geológicas, exploração, beneficiamento e impactos ambientais, edição Livro Técnico, Fortaleza, 2003.
- CASSA *et al.* Reciclagem de Entulhos para Produção de Materiais de Construção. Editado pela UFBA, Salvador, 2001, 312p.
- CARVALHO *et al.* Aproveitamento dos Resíduos Finos das Serrarias de Santo Antônio de Pádua, p. 190 – 197 dos Anais III Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste, novembro 2002, Recife, Editorado pelo CETEM/UFPE, Rio de Janeiro, 2002.
- GONÇALVES, J. P. ; MOURA, W. A. Reciclagem do Resíduo do Beneficiamento de Rochas Ornamentais na Construção Civil, p. 179 – 189 dos Anais III Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste, novembro 2002, Recife. Editorado pelo CETEM/UFPE, Rio de Janeiro, 2002.
- NAVARRO, R. F. Materiais e Ambiente. Editora Universitária/UFPB, João Pessoa, 2001.
- ROCHA, J. C. Apoio ao Setor produtivo de Pedras Ornamentais de Santo Antônio de Pádua. Relatório Parcial 02 para a REDE RECOPE/RETECMIN, julho, 1999.
- SILVA, D. C. ; VIDAL, F. W. H. Aproveitamento Econômico de Rejeitos de Lavra de Granitos nas Pedreiras: Rosa Iracema e Vermelho Filomena, p. 341 – 360 do Livro Rochas Industriais: pesquisa geológica, exploração, beneficiamento e impactos ambientais, Edição Livro Técnico, Fortaleza, 2003.
- FILHO, A. V.; PINTO, M. M. Arranjos Produtivos e Inovação Localizada: o caso do segmento de rochas ornamentais do noroeste do Estado do Rio de Janeiro. Relatório Final para o Contrato BNDES/FINEP/FUJB – Arranjos e Sistemas Produtivos Locais e Novas Políticas de Desenvolvimento Industrial e Tecnológico, Instituto de Economia da UFRJ, dezembro, 2000.
- FONSECA, M. V. A. Reciclagem de Rejeitos Sólidos: Desenvolvimento em Escala de Laboratório, de Materiais Vítreatos a Partir de Xisto Retornado. São Paulo, 1990. 224p Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- FREIRE, A. S. ; MOTTA, J. F. Potencialidades para o Aproveitamento Econômico do Rejeito da Serragem do Granito. Rochas de Qualidade, n.123, p 98-106, jul/ago. 1995.
- STELLIN JÚNIOR, A. Serragens de Granitos para Fins Ornamentais. São Paulo, Departamento de Engenharia de Minas, Universidade de São Paulo, 1998. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, BT/PMI/085).
- SILVA, S. A. C. Caracterização do Resíduo da Serragem de Blocos de Granito. Estudo do Potencial de Aplicação na Fabricação de Argamassas de Assentamento e de Tijolos de Solo-Cimento. Espírito Santo, 1998. 159p. Dissertação (Mestrado) – Núcleo de Desenvolvimento em Construção Civil – NDCC, Universidade Federal do Espírito Santo.