

# **UTILIZAÇÃO DE REJEITOS PROVENIENTES DE PEDREIRAS E SERRARIAS DE GRANITO NA COMPOSIÇÃO ASFÁLTICA: UMA FORMA DE TECNOLOGIA LIMPA**

**Daniel Légora de Almeida Lemos**  
Bolsista de Inic. Científica, Geologia, UFRJ

**Julio Cesar Guedes Correia**  
Orientador, Químico Industrial, D. Sc.

**Roberto Carlos da Conceição Ribeiro**  
Co-orientador, Prof- Engenheiro Químico, M. Sc.

## **RESUMO**

*A exploração de pedreiras para produção de rochas ornamentais é uma prática muito utilizada no Brasil. A retirada e corte de blocos de granito tem gerado uma enorme quantidade de rejeitos que acarretam grandes impactos ambientais e doenças pulmonares na população. Sendo assim, o objetivo principal deste trabalho foi substituir os agregados minerais utilizados na composição do asfalto pelos rejeitos acima mencionados. Para tal, utilizou-se dois rejeitos minerais, um da região de Santo Antônio de Pádua – RJ e outro da região de Medeiros Neto – BA, seguindo-se as metodologias desenvolvidas por nosso grupo de pesquisa, descritas nas patentes (PI 012384 e PI*

*012385), que se encontram disponíveis na página oficial do Centro de Tecnologia Mineral. Os resultados obtidos indicaram que os rejeitos analisados estão adequados para referida substituição, uma vez que seus valores de adsorção com cimentos asfálticos de petróleo e composição química, foram semelhantes aos de um agregado mineral padrão. Pode-se concluir que além de um benefício econômico, uma vez que o custo com extração de agregados minerais será reduzido, a utilização destes rejeitos propicia o decréscimo do impacto ambiental e contribui com as Tecnologias Limpas.*

## 1. INTRODUÇÃO

Alguns países, como o Brasil, que dispõem de importantes recursos geológicos e onde a extração de rochas ornamentais encontra-se em acelerado desenvolvimento enfrentam sérios problemas com os rejeitos provenientes da extração e beneficiamento das peças de granito. Esses rejeitos contaminam diretamente os rios, poluem visualmente o ambiente e acarretam doenças pulmonares na população (Silva, 1998).

A retirada de blocos de granito para a produção de chapas, gera uma quantidade significativa de rejeitos grosseiros, gerado pela quebra das peças durante o corte (Figura 01a), e rejeitos finos que aparecem na forma de lama. Esta é geralmente constituída de água, de granalha, de cal e de rocha moída (aluminossilicatos, feldspato e quartzo), que após o processo são lançadas no meio ambiente. Após a evaporação da água, o pó resultante se espalha, contaminando o ar e os recursos hídricos, sendo alguns casos canalizada diretamente para os rios e lagos, como apresentado na Figura 01 b (Farias, 1995).



**Figura 01:** a) Resíduos Grosseiros produzidos b) Situação dos rios da região

Os problemas mencionados anteriormente vem despertando a atenção das autoridades, que por meio de leis ambientais vem multando e fechando serrarias e pedreiras que lançam estes rejeitos no meio ambiente. A solução que as pedreiras e serrarias tiveram foi a de encontrarem algum valor

econômico para seus rejeitos, atender as exigências dos órgãos ambientais e poderem continuar funcionando (Silva, 1998).

A fina granulometria, composição pré-definida (granito moído, cal e gralha de ferro ou aço) e a inexistência de grãos mistos entre os três componentes básicos dos rejeitos gerados impulsionaram estudos na viabilidade de utilização dos mesmos em diversos setores da indústria (Silva, 1998).

Atualmente a Coordenação de Apoio a Pequenas e Médias Empresas (CPME) do Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) vem atuando no beneficiamento e aproveitamento destes rejeitos na região de Santo Antônio de Pádua. Essa região apresenta uma alta concentração de serrarias de granito que paralelo à produção dos granitos, geram também toneladas de rejeitos nos rios da região.

Uma solução para este problema apresentada pelos pesquisadores da CPME foi a construção de unidades de tratamentos de efluentes (UTE), apresentadas na Figura 02, para o recolhimento dos rejeitos e envio de água isenta de contaminantes para o meio ambiente e legalizando as serrarias de acordo com as normas ambientais. O aproveitamento destes rejeitos também foi estudado e patenteado (PI 0205481-7) pelo grupo de pesquisas na produção de argamassas, tijolos e telhas, favorecendo economicamente as referidas serrarias (Carvalho *et al*, 2003).



**Figura 02:** Unidade de Tratamento de Efluentes (UTE)

Baseado na proposta de utilização de rejeitos de serrarias apresentados anteriormente surge a proposta de utilização deste abundante rejeito mineral na produção de asfalto.

O asfalto utilizado em pavimentação é constituído, geralmente, por 95% de agregados minerais (geralmente britas de basalto e areia) e 5% de cimentos asfálticos de petróleo (CAP). O CAP constitui a fração pesada da destilação do petróleo sendo classificado como um material termosensível utilizado principalmente em trabalhos de pavimentação, pois, além de suas propriedades aglutinantes e impermeabilizantes, possui características de flexibilidade e resistência à ação da maioria dos ácidos, sais e álcalis (Elphingstone, 1997 e Franquet, 1999).

Na pavimentação asfáltica o CAP tem função de ligante, ficando responsável pela aglutinação dos agregados minerais. Estes, por sua vez, são responsáveis por suportar o peso do tráfego e oferecer estabilidade mecânica ao pavimento. Dentre os agregados minerais mais utilizados podemos citar a areia, o pedregulho, a pedra britada, a escória e o filer. Por representarem mais de 95% da composição do asfalto, os agregados minerais devem ser extraídos da natureza e beneficiados, sendo os responsáveis pela maior parcela de custo do asfalto produzido (Leite *et al*, 2003).

Baseado nisto, o objetivo deste trabalho é substituir os agregados minerais que constituem o asfalto, por rejeitos gerados na extração e beneficiamento de granito. Dessa forma, pretende-se reduzir os custos da produção do asfalto e principalmente reduzir o impacto ambiental causado por esses rejeitos contribuindo com as Tecnologias Limpas.

## **2. MATERIAIS**

### **2.1 Agregados Minerais**

Os agregados minerais utilizados neste trabalho são rejeitos provenientes da região de Medeiros Neto (BA) e Santo Antônio de Pádua (RJ).

## **2.2 Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP)**

O cimento asfáltico de petróleo estudado foi fornecido pela Petrobras.

## **3.METODOLOGIA**

### **3.1 Análise Química**

Foram realizadas análises químicas dos rejeitos a fim de se verificar suas composições químicas e compará-las com os resultados obtidos com um agregado mineral comumente utilizado em pavimentação (Ribeiro, 2003). Essa análise foi realizada pela Coordenação de Análises Químicas do CETEM.

### **3.2 Medidas de Infravermelho pelo Método de Reflectância Difusa**

O equipamento utilizado neste ensaio foi um espectrômetro da marca Bomem, modelo MB102, com transformada de Fourier e detector DTGS (alanina dopada com sulfato de triglicina deuterada) e janelas de iodeto de céσιο (CsI).

Para obtenção dos espectros seguiu-se a metodologia descrita em Monte (1998), onde 20mg do material em estudo (rejeito) é misturado com 220 mg de KBr. A seguir, a mistura foi transferida para o recipiente do acessório de reflectância difusa. Foram realizadas 1000 varreduras para cada amostra a uma velocidade de 20 varreduras/min e resolução de 4  $\text{cm}^{-1}$ . O espectro foi analisado no intervalo de frequência entre 4000 e 200  $\text{cm}^{-1}$ . A câmara do espectrômetro foi purgada com nitrogênio, objetivando remover  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$  antes da obtenção dos espectros.

### **3.3 Ensaio de Adsorção**

Os ensaios de adsorção entre os rejeitos e o CAP se basearam nas metodologias desenvolvidas por nosso grupo de pesquisas e estão descritas nas patentes PI 012384 e 012385, disponíveis no site [www.cetem.gov.br](http://www.cetem.gov.br). Segundo as mesmas, prepara-se uma solução 1% (p/v) de CAP em tolueno. Retiram-se 10 alíquotas para preparação das seguintes soluções: 0,02; 0,015; 0,0125; 0,01; 0,0075; 0,005; 0,0025; 0,0015; 0,001 e 0,0005%(p/v). Após a diluição, fez-se medidas de absorbância de cada CAP em ultravioleta visível das soluções citadas, em comprimento de onda fixo em 402 nm.

Estudos semelhantes desenvolvidos por Gonzáles (1990) indicaram que o comprimento de 402 nm era o ideal e o que permitia a leitura da adsorção entre cimentos asfálticos e seus constituintes com agregados minerais e foram comprovados por Ribeiro (2003).

O método consistiu em misturar 0,5 g de rejeito, previamente peneirados (#100) nas diferentes concentrações de CAP. Feito isso, os tubos foram agitados em *shaker* durante quatro horas com velocidade de 200 rpm. Cessada a agitação, as soluções foram centrifugadas por vinte minutos, a 3000 rpm. Em seguida, novas análises de absorvância foram feitas com os sobrenadantes e comparadas com os resultados anteriores. O objetivo era o de se verificar a adsorção do cimento asfáltico de petróleo no rejeito em questão.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Análise Química**

Os resultados de análise química dos rejeitos encontram-se ilustrados na Tabela 01. Em ambos, pode-se verificar teores altos de sílica e alumina, similares ao do agregado mineral padrão. Pode-se observar também que as relações Si/Al são muito semelhantes, em todos os três agregados minerais, sendo seu valor em torno de 3,8, característico de um aluminossilicato (Abollino *et al*, 2003 e Farrah, 1977). Esses resultados corroboram a idéia de utilização destes rejeitos na composição do asfalto, um vez que suas composições são semelhantes a de um agregado basáltico padrão.

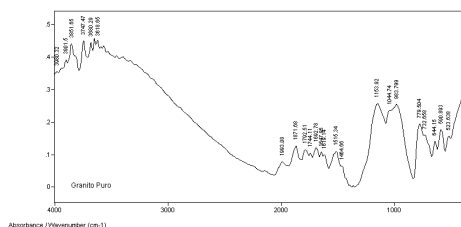
**Tabela 01:** Resultados de Análise Química dos rejeitos em estudo e de um agregado mineral padrão.

Composição (%)	Rejeito de Santo Antônio de Pádua - RJ	Rejeito de Medeiros Neto - BA	Agregado Mineral (Ribeiro, 2003)
SiO <sub>2</sub>	67,14	70,50	72,40
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,92	18,00	16,54
K <sub>2</sub> O	5,18	5,60	6,69
Na <sub>2</sub> O	2,93	2,70	3,08
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,4	1,40	2,49
CaO	1,91	1,2	7,51
TiO <sub>2</sub>	0,73	0,03	3,17
MgO	0,73	0,10	2,91

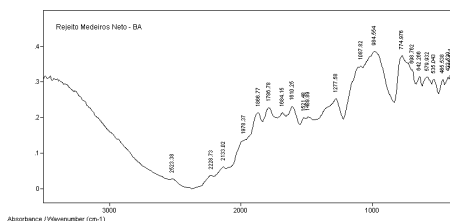
## 4.2 Medidas de Infravermelho pelo Método de Reflectância Difusa

As Figuras 03 a, b e c apresenta respectivamente os espectros de infravermelho dos rejeitos de Santo Antônio de Pádua, Medeiros Neto e de um agregado mineral padrão de acordo com Ribeiro, 2003.

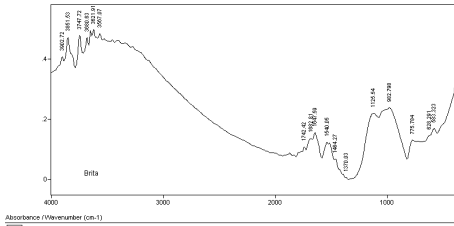
Pode-se verificar a semelhança entre os espectros de ambos os rejeitos com o do agregado padrão. Estes resultados corroboram a semelhança percentual obtida na análise química, indicando estes rejeitos como possíveis substitutos do agregado padrão na composição asfáltica. Resultados mais precisos só poderão ser observados após análises de adsorção.



(a)



(b)



(c)

Figuras 03 a, b e c: Espectros de IV dos rejeitos e de um agregado padrão.

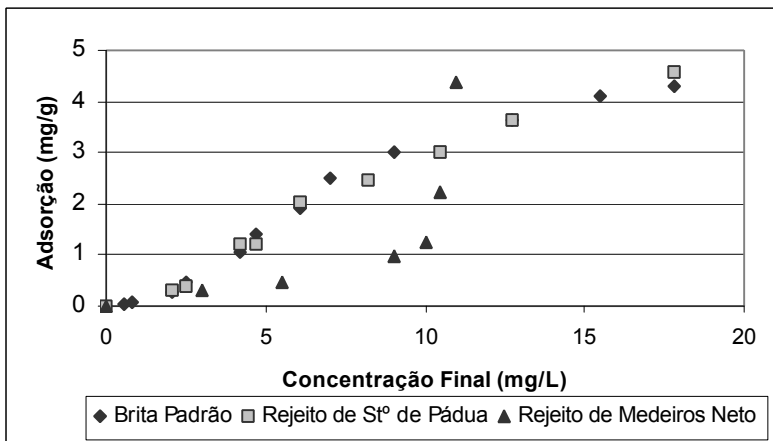
### 4.3 Ensaios de Adsorção

A Figura 03 apresenta os resultados de adsorção dos rejeitos em estudo e de um agregado mineral padrão com o cimento asfáltico de petróleo. Pode-se verificar que ambos os rejeitos apresentam potencialidade de adsorção com o CAP uma vez que seus resultados foram semelhantes ao da brita padrão apresentado (Ribeiro, 2003).

Pode-se verificar um aumento da adsorção de todos os rejeitos, bem como da brita padrão, com o aumento da concentração de CAP, chegando-se a valores máximos em torno de 4,5 mg/g em concentrações em torno de 15 mg/L de CAP. Porém, o rejeito oriundo da região de Medeiros Neto – BA, apresentou este mesmo resultado de adsorção em concentrações menores de CAP (em torno de 10 mg/L), sendo, portanto o rejeito com maior potencialidade de utilização.

Resultados semelhantes foram obtidos por Maldonado (1987), quando estudou a adsorção de cimentos asfálticos de petróleo e seus constituintes em diferentes minerais, como calcita e feldspato. Esses resultados indicavam o alto poder de adsorção entre todos os minerais e o CAP. De acordo com Carrisso (2003), a composição mineralógica do rejeito proveniente da região de Medeiros Neto – BA, apresenta altos teores de feldspatos (63%), sendo estes, possivelmente, os responsáveis pelos bons resultados de adsorção apresentados pelo rejeito da referida região.





**FIGURA 03:** Adsorção de rejeitos minerais e uma brita padrão em função da concentração de CAP.

## 5. CONCLUSÃO

Por meio deste trabalho pode-se concluir que os rejeitos de pedreiras e serrarias de granito apresentam características susceptíveis para substituição de agregados minerais comumente utilizados na produção do asfalto. Dessa forma, contribui-se com as Tecnologias Limpas, já que os rejeitos não serão lançados no meio ambiente e, além disso, uma redução no custo final dos asfaltos, uma vez que não serão mais necessários gastos na extração de agregados minerais.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- ABOLLINO, O., ACETO, M., MALANDRINO, M., SARZANINI, C. AND MENTASTI, E., Adsorption of heavy metals on Na-montmorillonite. Effect of pH and organic substances, *Water Research*, 37, 1619-1627, Italy, 2003.
- CARRISSO, R. C. C., CORREIA, J. C. G. e SANTOS, C. A. M., Caracterização Tecnológica e Ensaio de Concentração de Feldspato em Resíduos de Pedreira de Granito, Relatório Técnico TR 2003 – 067 – 00, CETEM, Rio de Janeiro, RJ, 2003.
- CARVALHO, E. A., CAMPOS, A. R. e PEITER, C. C., Mitigação do Impacto Ambiental provocado por Efluentes de Serrarias de Rochas Ornamentais em Santo Antônio de Pádua, Relatório Técnico, CETEM, Rio de Janeiro, RJ, 2003.

- ELPHINSTONE, G. M., Adhesion and cohesion in asphalt – aggregate systems – Dissertation submitted to Texas A&M University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, 1997.
- FARIAS, C. E. G. Mercado Nacional. Séries Estudos Econômicos Sobre Rochas, vol. 2, Fortaleza. 1995.
- FARRAH, H. AND PICKERING, The Sorption of lead and cadmium species by clay minerals, Aust. J. Chem 30, 1417-1422, 1977.
- FRANQUET, P. F., Adhesividad y activación, Carreteras 103, Septiembre, 1999.
- GONZALES, G. e MIDDEA, A., Peptization of asphaltene by various oil soluble amphiphiles, Energy and Fuels, pp. 201-217, 1990.
- LEITE, L., SILVA, P. D. E. A., BORGES, P. e RIBEIRO, R. C. C., Comportamento Mecânico de Misturas Asfálticas Quanto ao Deslocamento, Relatório Técnico, CENPES, Rio de Janeiro, RJ, 2003.
- MALDONADO, G. G. E MIDDEA, A., Efeito de Resinas e Asfaltenos sobre as propriedades superficiais de partículas de quartzo, feldspato e calcita, Comunicação Técnica, CENPES, Rio de Janeiro, RJ, 1987.
- MONTE, M. B. M., PROPRIEDADES DE SUPERFÍCIE DO OURO E DA PIRITA E SUA SEPARAÇÃO POR FLOTAÇÃO, TESE DE DOUTORADO, COPPE, UFRJ, 1998.
- 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. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES. 1998.
- RIBEIRO, R. C. C., Interação entre Cimentos Asfálticos e seus Constituintes com Agregados Minerais na Formação do Asfalto, Tese de Mestrado, EQ – UFRJ, 2003.