

# **Utilização de Resíduos Oriundos do Desdobramento de Rochas Ornamentais Para Confeção de Blocos Paisagísticos**

**Leonardo Cattabriga Freire**

Bolsista de Iniciação Científica, Engenharia de Petróleo e Gás, UNES

**Joedy Patrícia Cruz Queiroz**

Orientadora, Geóloga, D. Sc.

**Adriano Caranassios**

Co-orientador, Eng. Minas, D. Sc.

## **Resumo**

Este trabalho objetiva o reaproveitamento dos resíduos gerados no corte das rochas ornamentais para utilização como insumo na construção de blocos paisagísticos para contenção de talude, obtendo um baixo custo de produção e reduzindo assim o grande impacto ambiental causado pela disposição incorreta dos resíduos produzidos. A viabilidade para utilização da adição entre 10 % e 25% de resíduos na construção dos blocos foi verificada através da propriedade mecânica (resistência à compressão axial) e parâmetros de durabilidade (absorção por imersão). Para caracterizar o resíduo foram realizados ensaios de difração de raios-X, classificação granulométrica, MEV (microscopia eletrônica de varredura), avaliação do potencial de oxidação do ferro e umidade higroscópica. Na comparação entre a adição de 10 % e 25% de resíduo do corte de granito, foi constatada que a adição de 10% de resíduo melhor para ser utilizada na fabricação dos blocos devido as suas propriedades mecânicas e de durabilidade.

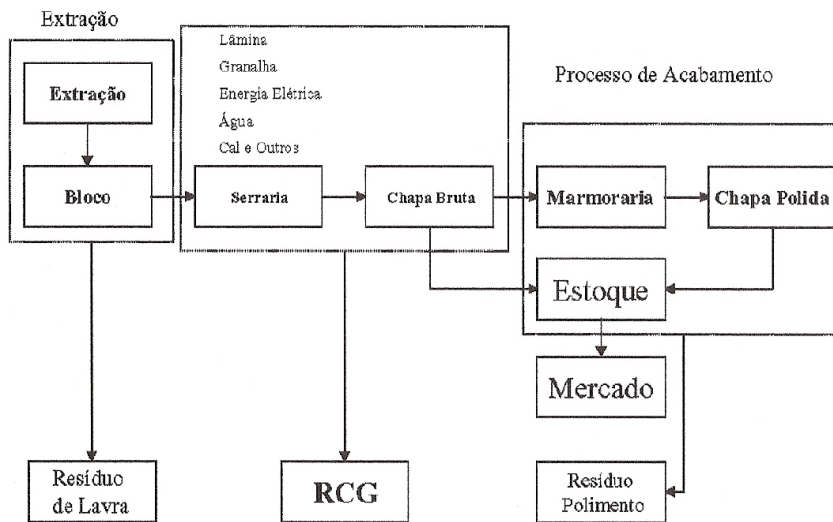
## **1. Introdução**

### **1.1 Processo de Beneficiamento**

A produção de rochas ornamentais brasileira é feita a partir do processo de beneficiamento feito a partir do desdobramento de blocos em chapas, denominado serragem em equipamentos denominados teares (Figura 1). Depois da serragem temos como produto a chapa bruta serrada com espessura de 3 cm ou 2 cm, estas chapas passarão pelo processo de acabamento até atingir o nível desejado e logo após esta rocha esta pronta para ser comercializada (Figura 2).



**Figura 1-** Tear convencional.



**Figura 2** - Operações realizadas na industrialização de rochas ornamentais  
Nites *apud* Silva (1998), adaptado com geração de resíduos

Durante este desdobramento obtêm-se resíduo na forma de lama, contendo partículas finas como granalha, cal, água e pó de pedra, exceto nas marmorarias onde esta lama, proveniente do desdobramento de blocos, não contém reagentes químicos, composta apenas de partículas de rochas e água.

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 eficiência de uma serrada está diretamente ligada à composição e a concentração dos componentes da mistura abrasiva (lama abrasiva), no qual será utilizado no presente projeto.

### 1.2 Componentes da Mistura Abrasiva

- **Água;** a água é o solvente e o refrigerante da mistura. A variação de sua porcentagem influi diretamente na densidade e na viscosidade da lama abrasiva.
- **Cal;** a cal age como: lubrificante – por ser adicionada a água; antiferrugem – por ser básica; espessador – por aumentar a viscosidade da mistura e conseqüentemente a suspensão da granalha; detergente – pois permite a remoção das partículas desagregadas.
- **Pó de pedra;** é o elemento desagregado durante a serrada. Sua concentração é o que mais varia o que influi diretamente na densidade da lama.
- **Granalha;** são fragmentos de ferro ou aço que podem ser encontradas em diferentes granulométricas e no formato esférico ou angular, ela é responsável direta pela desagregação da pedra. A granalha pode ser fabricada em ferro ou aço. **Ferro fundido:** quando possui teor de carbono acima de 2% e raramente

superior a 4%, são mais duros, porém menos tenaz (quebra mais do que amassa). **Aço:** quando possui teor de carbono até 2%, são mais moles que o ferro, porém mais tenaz (amassa mais do que quebra).

### 1.3 Impacto do Processo de Beneficiamento

Inúmeras empresas do setor não realizam o tratamento dos resíduos gerados, e estes acabam sendo depositados em rios, córregos, esgotos, e mesmo quando são depositados em tanques na própria empresa (Fig. 3), esses tanques são feitos de forma inadequada provocando assoreamento dos rios ou até mesmo contaminando o lençol freático.



**Figura 3-** Tanque para deposição de lama abrasiva

Levando em consideração a enorme quantidade de resíduo gerada, alguns pesquisadores vêm estudando o aproveitamento de resíduo de corte de granito, na produção de argamassas (CALMON *et al.*, 1997), tijolos cerâmicos (NEVES *et al.*, 1999) e peças cerâmicas (LIMA FILHO *et al.*, 2000). 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 gerada.

## 2. Objetivo:

O objetivo principal é avaliar a viabilidade técnica da utilização do rejeito fino (lama) do corte de rochas ornamentais, na produção de blocos paisagísticos para contenção de talude, pretendendo reduzir o grande impacto ambiental causado pela disposição incorreta deste rejeito. A produção destes blocos, além de dar aspecto estrutural e estético para a área que for aplicada, visa também à possibilidade de minimizar seu custo de produção, uma vez que a quantidade de lama utilizado na produção destes blocos é considerável.

## 3. Materiais e Métodos

**Corpos de prova:** Foram confeccionados e moldados 18 corpos-de-prova com dimensões de 15X30 cm de acordo com a NBR 5738, obedecendo ao traço 1:2:1, sendo 9 corpos de prova com a utilização de 10% de resíduo do corte de granito e 9 corpos de prova com a utilização de 25% de resíduo do corte de granito Tabela 1.

**Tabela 1.** Confeção dos corpos-de-prova.

<b>Confeção dos corpos-de-prova</b>			
<b>10% de resíduo</b>		<b>25% de resíduo</b>	
Cimento	25,2 Kg	Cimento	21 Kg
Areia	50,4 Kg	Areia	42 Kg
Água	16 litros 26 ml	Água	14 litros 700 ml
Resíduo	8,4 KG	Resíduo	21 KG

**Cimento:** Foi utilizado o cimento CP II – E – 32 RS, especificado pelo fabricante conforme a Tabela 2.

**Tabela 2.** Características químicas e de resistência a compressão do cimento utilizado. Fonte: NASSAU.

<b>Ensaio químicos</b>						
	Escória (%)	Calcita (%)	Gesso (%)	MgO (%)	SO <sub>3</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)
Limite Mínimo	6	-	2	-	-	-
Limite Máximo	34	10	5	6,5	4	5
<b>Resistência a Compressão (MPa)</b>				<b>Tempo de Pega</b>		
1 dia	3 dias	7 dias	28 dias	60 minutos		
-	10	20	35			

**Agregados:** Para execução do programa foi usado areia quartzosa como agregado miúdo, proveniente do rio Castelo/ES, pouco angulosa, disponível comercialmente. Foi utilizado como adição na confecção das blocos agregado graúdo de origem granítica.

**Resíduo da serragem de granitos:** Foi utilizado o resíduo resultante do desdobramento de blocos de materiais graníticos proveniente de teares de indústrias da região.

**Umidade Higroscópica:** Foram feitos dois ensaios de umidade higroscópica, sendo o primeiro ensaio feito com o resíduo de corte de granito em seu estado seco, o segundo ensaio foi feito com o resíduo em seu estado natural, onde as duas porções de resíduos foram espalhadas sobre uma bancada e cada porção foi dividida em 32 partes, sendo 5 amostras retiradas de cada parte aleatoriamente.

**Compressão Axial:** Os ensaios de compressão de corpos cilíndricos seguiram a norma NBR 5738 preconizada pela ABNT, sendo realizado com 6 corpos de prova de formato cúbico em estado seco na idade de 28 dias para cada porcentagem de adição de resíduo do corte de granito (10% e 25%).

**Absorção por Imersão:** O ensaio de absorção de água por imersão mostra a absorção de um determinado concreto num tempo em seu índice de vazios, através da relação entre a massa seca e saturada da amostra. Foram utilizados 6 corpos de prova de acordo com a NBR 9978, sendo 3 corpos de prova com adição de 10% de resíduo do corte de granito e 3 corpos de prova com adição de 25% de resíduo do corte de granito com dimensões de 15X30cm respectivamente.

**Composição Granulométrica:** Optou-se por um peneiramento de 1 Kg de agregado miúdo e 1 Kg de agregado graúdo respectivamente, utilizando o RO-TAP, onde cada agregado permaneceu durante 30 minutos ocorrendo a separação pela abertura das peneiras.

**Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV):** Potencial de oxidação do ferro presente foi investigado mediante a MEV, além de caracterizar as formas dos grãos dos presentes no resíduo.

#### 4. Resultado e Discussão

##### 4.1. Análise granulométrica dos agregados

A tabela 3 mostra os resultados da análise granulométrica realizada no CETEM, nas amostras de agregado graúdo e miúdo e suas dimensões características.

**Tabela 3.** Composição Granulométrica dos agregados Graúdos e Miúdos.

<b>Composição Granulométrica</b>			
<b>Agregado Miúdo</b>		<b>Agregado graúdo</b>	
<b>Peneira ABNT, abertura (mm)</b>	<b>Percentual (%)</b>	<b>Peneira ABNT, abertura (mm)</b>	<b>Percentual (%)</b>
1,7	0,03	1,18	3,72
1,18	0,02	0,85	11,2
0,85	1,87	0,6	9,49
0,6	8,55	0,42	8,9
0,42	14,33	0,3	6,24
0,3	13,68	0,15	16,76
0,15	50,97	< 0,150	43,1
< 0,150	10,24		
Dimensão Máxima característica	0,15 mm	Dimensão Máxima característica	< 0,150 mm

##### 4.2. Caracterização do resíduo utilizado

###### 4.2.1. Umidade Higroscópica

Os resultados dos ensaios de umidade higroscópica, para 5 amostras do resíduo de corte de granito em seu estado seco e 5 do resíduo em seu estado natural, mostram-se na Tabela 4.

**Tabela 4.** Umidade higroscópica.

<b>Amostras</b>	<b>Umidade Higroscópica do Resíduo Seco</b>			<b>Umidade Higroscópica do Resíduo em estado natural</b>		
	<b>Peso do Material (g)</b>	<b>Peso do Material após a estufa (g)</b>	<b>Umidade (%)</b>	<b>Peso do Material (g)</b>	<b>Peso do Material após a estufa (g)</b>	<b>Umidade (%)</b>
1	77,89	76,89	1,3	68,8	64,4	6,8
2	64,13	63,42	1,1	93,9	86,6	8,4
3	69,28	68,39	1,3	78,2	71,2	9,8
4	62,42	61,65	1,25	81,6	75,4	8,2
5	73,96	73,15	1,1	79,8	74,9	6,5
	Média = 1,21			Média = 7,94		

#### 4.2.2. MEV e DRX

Devido à presença de granalha no processo de serragem dos blocos e a constatação visual da oxidação do ferro contido no resíduo, foi identificada presença de Fe no resíduo a partir da composição elementar (Figura 4).

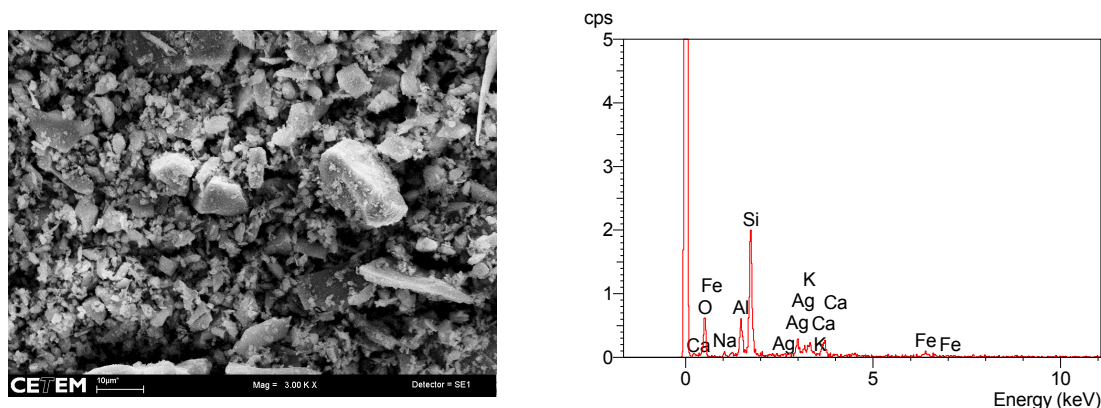


Figura 4- Micrografia de MEV do resíduo e sua composição elementar.

#### 4.3. Caracterização da resistência da argamassa obtida

##### 4.3.1. Compressão Axial

Os ensaios de compressão axial demonstraram uma boa resistência da argamassa obtida, sendo melhor para as amostras com 10% de adição de resíduo (Tabela 5).

Tabela 5. Resistência à Compressão Axial dos corpos de prova.

Resistência à Compressão Axial (NBR 5738)		
	Teor de adição (10%)	Teor de adição (25%)
Amostra 1	18,80 Mpa	12,83 Mpa
Amostra 2	13,32 Mpa	13,93 Mpa
Amostra 3	17,06 Mpa	12,35 Mpa
Amostra 4	13,92 Mpa	14,72 Mpa
Amostra 5	17,49 Mpa	13,02 Mpa
Amostra 6	18,89 Mpa	14,92 Mpa
<b>Média</b>	16,58 Mpa	13,62 Mpa

##### 4.3.2. Absorção por Imersão

No ensaio de absorção por imersão, a adição de 10% de resíduo de corte de granito obteve um ganho médio de 3,5% de absorção, promovendo maior preenchimento dos poros provocando uma barreira física melhor, proporcionando uma diminuição da porosidade, sendo que, com a adição de 25% de resíduo de corte de granito houve um ganho médio de 6,1% de absorção gerando caminhos preferenciais percorridos pela água.

#### 4.4. Discussão

Dentre as várias formas de redução dos impactos ambientais causados pela geração de grandes volumes de resíduos a solução que apresenta maior vantagem é a reciclagem. Esse estudo apresenta resultados obtidos referentes à construção de blocos paisagísticos. A adição de 10% de resíduo de corte de granito produziu uma barreira física melhor à absorção de água, proporcionando uma diminuição da porosidade. Com relação à resistência a compressão axial com 10% de adição de resíduo obteve ganho médio de resistência maior que as argamassas com 25% de adição de resíduo. Portanto a partir dos resultados obtidos neste estudo, o uso do resíduo de corte de granito pode ser viável tecnicamente, sendo que, nas propriedades mecânicas e parâmetros de durabilidade avaliados, o resíduo com 10% de adição apresenta-se como o teor ideal a ser usado.

#### 5. Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus e ao CNPq pela bolsa de iniciação científica cedida. Também agradeço aos meus familiares e amigos por sempre acreditarem no meu futuro, a todos companheiros do CACI e a empresa POSTSUL por ceder o espaço para confecção das amostras.

#### 6. Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto. Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

\_\_\_\_\_. **NBR 5739**: Concreto. Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

\_\_\_\_\_. **NBR 9778**: Argamassa e Concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por imersão, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

CALMON, J.L.; TRISTÃO, F.A.; LORDÉLLO, 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.

GONÇALVES, J.P; **Utilização do Resíduo de Corte de Granito como Adição para Produção de Concretos**. 2000. 120p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (Brasil).

LIMA FILHO, V.X., BEZERRA, A.C., SANTOS, F.C., NOGUEIRA, R.E.F.Q., FERNANDES, A.H.M., **Estudo da viabilidade técnica da substituição dos p's cerâmicos convencionais por pó de granito na injeção de peças cerâmicas á baixa pressão**. In: Congresso Nacional de Engenharia Mecânica. **Anais**. Nov/200, Natal/RN, (b).

NEVES, Gelmires, PATRÍCIO, S.M.R., FERREIRA, H.C., SILVA, M.C., **Utilização de resíduos da serragem de granitos para confecção de tijolos cerâmicos**. In: 43º Congresso Brasileiro de Cerâmica. **Anais**. Florianópolis/SC. Jun/1999.

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.

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**. 1998. 159p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Espírito santo, Vitória (Brasil).