



**ENTAC2006**

A CONSTRUÇÃO DO FUTURO | XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído | 23 a 25 de agosto | Florianópolis/SC

## **ESTUDOS E RESULTADOS SOBRE A UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO DO CORTE DO MÁRMORE E GRANITO EM MATERIAIS À BASE DE CIMENTO**

**Alexandre R. Barros; Paulo C. C. Gomes; Aline S. R. Barboza; João L. Silva**

Núcleo de Pesquisas Tecnológicas (NPT) – Universidade Federal de Alagoas – Brasil

e-mail: pgomes@ctec.ufal.br

### **RESUMO**

A indústria de mineração e beneficiamento de mármore e granitos é uma das áreas promissoras de negócios do setor mineral, apresentando nos últimos dez anos considerável crescimento na produção mundial. O Brasil possui grandes reservas de mármore e granitos com os mais variados aspectos estéticos. A industrialização de beneficiamento destas rochas produz um volume alto de resíduo que geralmente é lançado no meio ambiente. Atualmente, preocupado com a destinação e a reciclagem deste resíduo, diversos trabalhos de pesquisas são desenvolvidos em vários centros e instituições de pesquisas, principalmente nas universidades. Na Universidade Federal de Alagoas (UFAL), em Maceió, o Núcleo de Pesquisas Tecnológicas (NPT) do Centro de Tecnologia (CTEC), através do Laboratório de Estruturas e Materiais (LEMA), vem investigando materiais à base de cimento, como argamassa e concreto, a viabilidade de utilização deste resíduo como componente das misturas destes materiais. Este trabalho apresenta os estudos desenvolvidos nesta instituição nos últimos anos, que investigaram a aplicação do resíduo do corte de blocos de mármore e granito (RCMG) de duas grandes empresas da cidade de Maceió. As vantagens na utilização do RCMG foram verificadas na melhoria das propriedades nos estados fresco e endurecido das argamassas e concretos.

Palavras-chave: resíduo do mármore e granito; materiais à base de cimento.

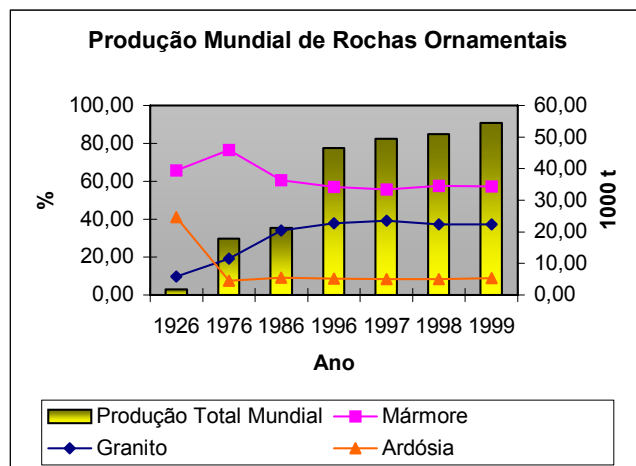
### **ABSTRACT**

The industry of mining and improvement of marbles and granites is one of the promising areas business-oriented of the mineral sector, presenting in the last ten years considerable growth in the world-wide production. Brazil possesses great reserves of marbles and granites with the most varied aesthetic aspects. The industrialization of improvement of these rocks produces a volume high of residue that generally is launched in the environment. Currently, worried about the destination and the recycling of this residue, diverse works of research are developed in some centers and institutions of research, mainly in the universities. In the Federal University of Alagoas (UFAL), in Maceió, the Nucleus of Technological Research (NPT) of the Center of Technology (CTEC), through the Laboratory of Structures and Materials (LEMA), comes investigating cement base materials, as mortar and concrete, the viability of use of this residue as component of the mixtures of these materials. This work presents the studies developed in this institution in the last years, that had investigated the application of the residue of the cut of blocks of marble and granite (RCMG) of two great companies of the city of Maceió. The advantages in the use of the RCMG had been verified in the improvement of the properties in the states fresh and hardened of mortar and concrete.

Keywords: residue of the marble and granite; cement base materials.

## 1. INTRODUÇÃO

A indústria da mineração e beneficiamento de granitos e mármore é uma das áreas do setor mineral que apresenta um crescimento médio na produção mundial estimado em 6% a.a, nos últimos dez anos, e que movimenta em torno de 6 bilhões/ano, no mercado internacional. A produção total de rochas ornamentais no mundo, em toneladas, assim como a porcentagem de participação no mercado de rochas ornamentais do mármore, granito e ardósia estão sendo mostradas no Gráfico 1. O Brasil também apresenta grandes reservas de mármore e granito, o qual é considerado um dos maiores produtores mundiais de granito, tanto na forma de blocos como em produtos acabados (NEVES, 2002).



**Gráfico 1 Produção mundial de rochas ornamentais e de revestimento (MONTANI *apud* CHIODI FILHO, 2001).**

Na indústria de beneficiamento de mármore e granito cerca de 20% a 30% das rochas é desperdiçada na forma de lama (polpa abrasiva) devido ao processo de desdobramento de blocos de rocha para produção de chapas e do processo de beneficiamento das chapas (polimento e corte) (GONÇALVES *et al.*, 2002). Freire e Motta (1995) alegam que o processo de serragem atinge níveis altíssimos de desperdício. Para produção de chapas de 2,0 cm de espessura há uma formação de rejeitos na forma de pó na proporção de 20 a 25% do bloco, em massa, do total beneficiado, o qual além de trazer um alto custo para o processo de beneficiamento da rocha, constitui um perigo ao meio ambiente e um risco à saúde pública.

### 1.1 Indústrias de beneficiamento do mármore e granito em Alagoas

O Estado de Alagoas possui duas grandes beneficiadoras que processam blocos de mármore e granito. Estas indústrias se localizam no município de Maceió e processam predominantemente granitos oriundos de jazidas localizadas nos Estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Espírito Santo. Nestas indústrias os blocos extraídos do ambiente natural (lavra) são armazenados no pátio das indústrias, conforme Figura 1. Estas duas beneficiadoras produzem aproximadamente 250 m³/mês de resíduo gerado pelo beneficiamento das rochas. O resíduo geralmente é depositado em lagoas ao redor da indústria. No período de esvaziamento destas lagoas são contratadas transportadoras de resíduos, sendo que as indústrias não têm nenhum controle da sua destinação final. No que diz respeito às condições das lagoas, em uma das beneficiadoras, elas ficam cercadas de vegetação local, estando o resíduo mais suscetível à incorporação de materiais não pertencentes ao processo produtivo.

Existem outras indústrias de porte menor que trabalham somente no processamento de chapas. Elas geram resíduos em menor quantidade, provenientes das etapas de polimento e corte das chapas.



**Figura 1 Armazenamento de blocos de granito no pátio das indústrias.**

## **1.2 Geração do resíduo**

Após a lavra (extração dos blocos na jazida), o processo de geração do resíduo ocorre em três fases distintas: desdobramento dos blocos em chapas, polimento das chapas e corte das chapas.

### *1.2.1 Desdobramento*

Na etapa de desdobramento, os blocos são colocados em máquinas denominadas teares (Figura 2) constituídas por barras de aço que, através da fricção entre estas e o material abrasivo, provocam o corte dos blocos, gerando placas. O material abrasivo é constituído inicialmente por água, material ligante (cal hidratada) e granelhas de aço. A medida que o bloco vai sendo cortado, este material ligante fica com um teor maior de pó de rocha, aumentando assim a sua viscosidade. Como forma de reutilizar a lama abrasiva, este material é bombeado diversas vezes até que a sua consistência atinja uma determinada viscosidade (alto teor de pó de rocha) tornando inviável a repetição deste procedimento. Esta etapa é a que gera maior quantidade de resíduos. A lama é então lançada na lagoa de decantação, nos pátios das indústrias (Figura 3) permanecendo ali até que a água evapore e esta apresente certa rigidez para sua retirada. A quantidade final de rejeitos é significativa de tal forma que seu manuseio e disposição final geram problemas técnicos, ambientais e econômicos para as empresas.



**Figura 2 Corte dos blocos em teares na indústria beneficiadora.**



**Figura 3 Lagoa de decantação.**

### 1.2.2 Polimento das chapas

O polimento das chapas é processado em politrizes, as quais, por abrasão, juntamente com uma grande quantidade de água, provocam o efeito desejado. O resíduo gerado nesta etapa é normalmente jogado em tanques de decantação (Figura 4) antes de serem bombeados para as lagoas, de forma a se conseguir reutilizar ao máximo a grande quantidade de água que sai juntamente com o pó da rocha. O resíduo produzido neste processo não contém granalha de aço.



**Figura 4** Polimento das chapas (a) e tanques de decantação (b) na indústria beneficiadora.

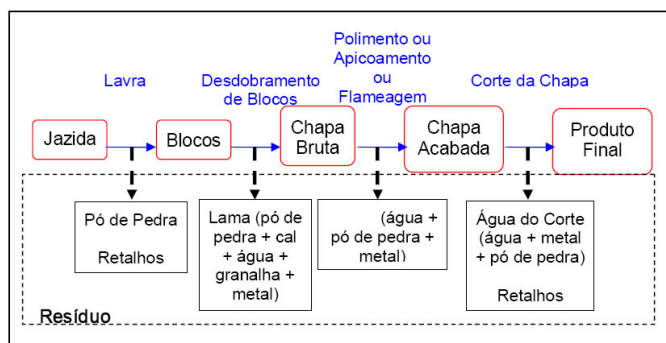
### 1.2.3 Corte das chapas

Nesta fase são utilizadas lâminas diamantadas que provocam o corte das chapas em peças menores, na presença de grande quantidade de água (Figura 5). O resíduo gerado nesta etapa geralmente é misturado com o resíduo do polimento e recebe o mesmo tratamento antes de ser bombeado para a lagoa, como forma de reaproveitar a água.



**Figura 5** Corte das chapas.

Como resumo do processo de obtenção do resíduo um esquema é apresentado na figura 6.



**Figura 6** Esquema da produção do resíduo gerado no beneficiamento do granito (GOMES *et al.*, 2004).

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é apresentar os estudos desenvolvidos na UFAL nos últimos anos que investigaram o uso do RCMG, visando sua viabilidade técnica, contribuição ao avanço tecnológico e desenvolvimento sustentável de materiais à base de cimento, como concretos e argamassas.

## 3. METODOLOGIA

### 3.1 Caracterização do RCMG

Os ensaios de determinação da composição granulométrica do RCMG foram realizados através de granulometria à *laser* no laboratório da Engenharia Química/UFAL. Sua massa específica foi determinada através dos procedimentos descritos na NBR 9776 (1987). O teor de água para pasta de consistência normal foi determinado segundo a NBR 13276 (1995). Tais características são apresentadas na Tabela 1 e Gráfico 2.

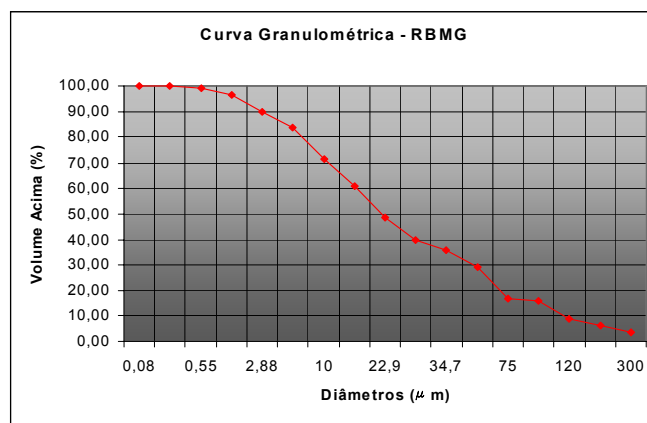


Gráfico 2 Curva granulométrica do RCMG (GOMES *et al.*, 2004).

Tabela 1 Características do RCMG (GOMES *et al.*, 2004).

Propriedade	RBMG
Tipo	Inerte
Material retido na peneira de 600 $\mu m$	0,74%
Granulometria (Método <i>Laser</i> ) - $\mu m$	% passante
3	10,29
32	61,36
45	70,80
63	78,79
88	85,46
100	87,45
150	92,94
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	2,812

### 3.2 Estudos com resíduo do mármore e granito desenvolvidos na UFAL

Estudo 01 – *Estudo das Propriedades Mecânicas de Argamassas Produzidas Utilizando-se Resíduo do Corte de Mármore e Granito* (CRUZ *et al.*, 2003). Quatro tipos de RCMG foram utilizados em



argamassas, substituindo o agregado miúdo – areia, de duas empresas beneficiadoras do Estado de Alagoas. As empresas M e G, cada com duas amostras de densidade diferente:  $M_1 - 3.178 \text{ kg/m}^3$ ,  $M_2 - 2.974 \text{ kg/m}^3$ ,  $G_1 - 2.861 \text{ kg/m}^3$  e  $G_2 - 2.812 \text{ kg/m}^3$ . A dosagem de referência em massa foi 1:3:0,48 (cimento:areia:água). Os percentuais de substituição em volume, do agregado miúdo pelo resíduo, foram: 5%, 10%, 15% e 20%. Entre outros parâmetros obtidos, foi feita uma análise comparativa das propriedades mecânicas de resistência à compressão e módulo de deformação estática, aos 07 e 28 dias, para as amostras  $M_1$  e  $G_1$ , através de corpos-de-prova (c.p.) cilíndricos de 5 cm x 10 cm.

Estudo 02 – *Desenvolvimento de Argamassa Através da Utilização do Resíduo do Beneficiamento de Chapas de Granito* (TENÓRIO, 2004). Utilizou o resíduo de polimento e o do corte de chapas, sem granalha. Na produção de argamassas, substituiu o cimento e a areia por resíduo nas percentagens de 5% e 10%. A massa específica encontrada para o resíduo foi  $2.670 \text{ kg/m}^3$ . A dosagem de referência foi 1:3:0,60 (cimento:areia:água). Os seguintes parâmetros analisados nas argamassas foram: índice de consistência, resistência à compressão, módulo de deformação, absorção por imersão, índice de vazios e massa específica real, em relação ao de referência sem resíduo, em c.p. de 5 cm x 10 cm.

Estudo 03 – *Desenvolvimento de Concretos Através da Utilização do Resíduo do Beneficiamento de Chapas de Granito* (LAMEIRAS, 2004). Utilizou o resíduo de polimento e o do corte de chapas, sem granalha. Na produção de dez concretos convencionais, nos quais foram utilizados dois tipos de brita (brita 00 e brita 01) e duas relações água/cimento (0,45 e 0,65), substituiu o cimento pelo resíduo nas percentagens de 5% e 10% e a areia em 5%, 10% e 30%. A massa específica encontrada para o resíduo utilizado foi  $2.670 \text{ kg/m}^3$ . As dosagens dos concretos em massa, na sequência cimento:areia:brita 00:brita 01, foram: 1:1,37:1,26:1,26 para a relação a/c=0,45 e 1:2,36:1,82:1,82 para a/c=0,65. O volume de água se manteve constante em 195 litros. Foram feitas as seguintes análises comparativas: consistência, massa específica no estado fresco, resistência à compressão, módulo de deformação, absorção por imersão, índice de vazios e massa específica, entre os dez concretos e seus respectivos concretos de referência, em c.p. cilíndricos 10 cm x 20 cm.

Estudo 04 – *Obtenção do Concreto Auto-Adensável Utilizando Resíduo do Beneficiamento do Mármore e Granito e Estudo de Propriedades Mecânicas* (LISBÔA, 2004). Desenvolveu dois concretos auto-adensáveis (CAA), utilizando o RCMG e sílica ativa. Para ambos concretos foram moldados c.p. cilíndricos de 10 cm x 20 cm e 15 cm x 30 cm para estudo da resistência à compressão aos 07 dias e aos 28 dias, módulo de deformação estática e resistência à tração, aos 28 dias.

Estudo 05 – *Estudo das Propriedades de Durabilidade do Concreto Auto-Adensável* (BARROS, 2006). Produziu dois concretos auto-adensáveis com RCMG. O resíduo foi adicionado às misturas em relação à massa de cimento na proporção c/f = 0,5 (cimento/filer), cujas dosagens foram obtidas previamente em estudos (LISBÔA, 2004 e CAVALCANTI, 2005). Cada concreto foi produzido com granulometrias diferentes do resíduo, sendo um confeccionado com RCMG passando na peneira 0,6 mm (massa específica =  $2,812 \text{ g/cm}^3$ ) e adição de sílica ativa (CAA-01) e o outro (CAA-02) somente com a adição do RCMG passando na peneira 0,3 mm (massa específica =  $2,685 \text{ g/cm}^3$ ). As propriedades de durabilidade foram analisadas através de ensaios de absorção e índice de vazios, permeabilidade do concreto ao ar pelo método de Figg e resistividade elétrica do concreto. Determinou-se ainda a resistência à compressão e módulo de elasticidade dos concretos em c.p. cilíndricos 10 cm x 20 cm, aos 07 e 28 dias. Os resultados obtidos para os concretos auto-adensáveis foram comparados com os obtidos para concreto convencional (concreto de referência).

## **4. ANÁLISE DE RESULTADOS**

### **4.1 Resultados obtidos nos trabalhos desenvolvidos com RCMG na UFAL**

A seguir, nas Tabelas são apresentados os resultados obtidos nos estudos citados, desenvolvidos na Universidade Federal de Alagoas, utilizando-se o RCMG em materiais cimentícios.

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos no Estudo 01.

**Tabela 2 Resultados obtidos por Cruz *et al.* (2003).**

Idade (dias)	RBMG	Resist. à compressão (MPa)					Módulo de deform. Estática (GPa)				
		Ref.	5%	10%	15%	20%	Ref.	5%	10%	15%	20%
7	M1	19,1	23,7	23,89	18,95	24,93	22,48	23,93	24,21	24,21	21,70
	G1		19,2	15,47	22,51	24,88		23,45	23,21	22,78	21,09
28	M1	21,1	31,4	32,66	32,94	31,11	23,94	27,95	27,67	26,02	24,58
	G1		23,8	23,16	24,63	29,84		26,96	25,42	23,34	24,16

Como pode ser visto na Tabela 2, os resultados obtidos por Cruz *et al.* (2003) mostram que a utilização do RCMG nas argamassas produzidas trouxe melhorias nas propriedades mecânicas de resistência à compressão e módulo de elasticidade, quando comparadas com a argamassa de referência. Para resistência à compressão, os melhores resultados foram observados para 20% de substituição do agregado miúdo pelo resíduo, o que proporcionou melhor estrutura interna da argamassa. Para o módulo de elasticidade os percentuais de substituição que apresentaram resultados mais satisfatórios ficaram entre 5 e 10%.

Os resultados do Estudo 02, desenvolvido por Tenório (2004), são apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3 Resultados obtidos por Tenório (2004).**

Idade (dias)	Resistência à compressão (MPa)				
	Ref.	Substituição cimento		Substituição areia	
		5%	10%	5%	10%
7	15,86	15,20	15,11	17,50	19,31
28	20,27	19,79	19,17	22,23	24,23
56	22,95	20,84	20,77	23,16	24,96
Módulo de deformação estática (MPa)					
28	20.270	19.790	19.170	22.230	24.230

Analisando os resultados de Tenório (2004), apresentados na Tabela 3, as argamassas obtiveram ganho de resistência à compressão, em todas as idades (07, 28 e 56 dias) quando houve substituição de 10% do agregado miúdo pelo RCMG, mostrando que a utilização do resíduo promoveu um melhor empacotamento da estrutura interna da argamassa, com o preenchimento de vazios na zona de interface entre a fase pasta e o agregado miúdo. Este mesmo percentual de substituição, em relação ao agregado, proporcionou maior valor do módulo de elasticidade (cerca de 20%) em comparação ao valor obtido para a argamassa de referência.

Na Tabela 4 são apresentados os resultados do Estudo 03.

**Tabela 4 Resultados obtidos por Lameiras (2004).**

Idade  (dias)	Resistência à compressão (MPa)						
	a/c	Ref.	Substituição cimento		Substituição areia		
			5%	10%	5%	10%	30%
7	0,45	33,71	31,80	26,44	35,30	35,74	31,37
28		43,97	39,64	40,15	45,04	43,77	40,17
56		46,92	44,44	43,29	46,66	45,96	44,40
7	0,65	19,04	17,41	15,13	18,27	20,42	20,85
28		23,16	21,68	19,57	23,11	25,61	29,28
56		25,78	22,25	20,41	25,49	28,26	29,56
Módulo de Deformação Estática (MPa)							
28	0,45	13.875	13.529	13.738	13.924	13.509	11.866
	0,65	13.051	12.027	12.458	12.596	12.910	12.257

Segundo Lameiras (2004), para os concretos com a/c iguais a 0,45 se observou que a substituição de parte do agregado pelo resíduo provoca uma tendência de perda de resistência, provavelmente pelo fato de que o baixo fator água/cimento e o aumento da demanda de água devido a incorporação do resíduo faz com que a quantidade de água existente para hidratar o cimento não seja suficiente. Como pode ser visto na Tabela 4, a substituição de parte do agregado miúdo ocasiona um aumento da resistência à compressão do concreto, chegando a ganhos de resistência de até 26 % da resistência à compressão no caso dos concretos com a/c igual a 0,65 e com 30 % de substituição do agregado pelo resíduo do mármore e granito. Lameiras (2004) observou ainda que a incorporação do resíduo não interferiu significativamente nos módulos de elasticidade dos concretos.

Os resultados obtidos por Lisboa (2004) são mostrados na Tabela 5.

**Tabela 5 Resultados obtidos por Lisboa (2004).**

Ensaio – 28 dias	RCMG	RCMG e sílica
<b>Resistência à compressão (MPa) (c.p. 10 cm x 20 cm)</b>	37,3	41,2
<b>C.P. 15 cm x 30 cm</b>		
<b>Resistência à compressão (MPa)</b>	35,3	37,1
<b>Módulo de deformação estática (MPa)</b>	33.486	35.947
<b>Resist. à tração (MPa)</b>	2,73	3,04

De acordo com Lisboa (2004), os dois concretos apresentaram bons resultados nas propriedades mecânicas estudadas. Aos 28 dias, foram obtidas resistências de 37 MPa a 41 MPa em c.p. 10 cm x 20 cm e na ordem de 35 MPa a 37 MPa, em c.p. 15 cm x 30 cm. Onde os melhores resultados obtidos foram para o concreto auto-adensável com RCMG e sílica ativa, como pode ser observado também nos valores obtidos para o módulo de elasticidade e resistência à tração na Tabela 5. Pela observação dos resultados obtidos por Lisboa (2004) constata-se que o RCMG não trouxe prejuízos aos concretos, onde estes apresentaram valores comparáveis, ou até mesmo superiores, aos obtidos para concretos convencionais.

Na tabela 6 são apresentados os resultados obtidos por Barros (2006).



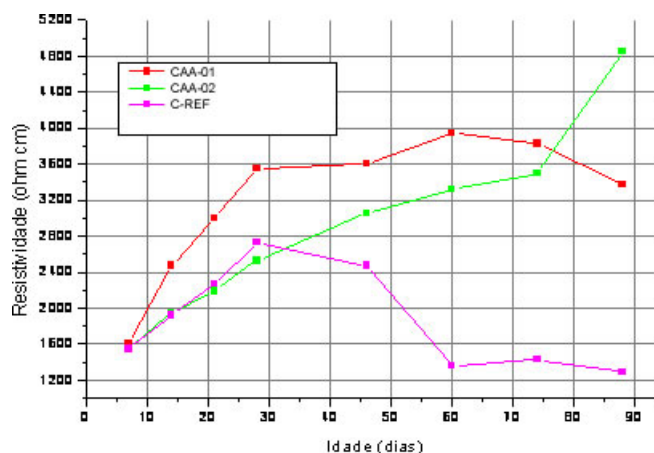
**Tabela 6 Resultados obtidos por Barros (2006).**

Ensaio	CAA-01		CAA-02		C-REF	
	07 dias	28 dias	07 dias	28 dias	07 dias	28 dias
<b>Compressão (MPa)</b>	28,95	36,21	31,75	37,34	22,88	32,34
<b>Mód. de elasticidade (GPa)</b>	28,79	32,89	29,39	34,22	28,33	30,66
<b>Absorção (%)</b>	7,98	8,01	7,02	7,63	7,53	7,04
<b>Índice de vazios (%)</b>	17,17	17,31	15,48	16,67	15,90	15,03
<b>Impermeabilidade *</b>	BOA	BOA	BOA	BOA	POBRE	MODERADA

\*Interpretação da impermeabilidade do material cimentício em função do tempo de permeabilidade obtido pelo método de Figg (CATHER *et al.*, 1984).

Pela análise da Tabela 6, é possível observar as maiores resistências à compressão, nas duas idades (07 e 28 dias), para os concretos auto-adensáveis (CAA-01 e CAA-02), utilizando o RCMG, quando comparados com o concreto de referência, sem resíduo. O CAA-02 apresentou maiores resistências à compressão, tendo em vista que este concreto utilizou menor granulometria do RCMG (passado na peneira 0,3 mm), o que poder ter ocasionado melhora da estrutura interna do concreto, pela maior finura do resíduo, que proporcionou um melhor preenchimento dos vazios. A absorção, o índice de vazios e o módulo de elasticidade dos concretos não apresentaram diferença significativa, quando comparados entre si. Porém, Barros (2006) observa que a absorção e índice de vazios dos concretos com RCMG devem ser melhor estudadas, tendo em vista que os valores obtidos em tais ensaios apresentaram leves aumentos com o avanço da idade. O comportamento da impermeabilidade dos concretos utilizando o RCMG (CAA-01 e CAA-02) apresentou-se superior ao obtido para o concreto de referência, aos 07 e 28 dias. Segundo Barros (2006), a utilização do RCMG promoveu um refinamento dos poros dos concretos auto-adensáveis, tornando-os menos permeáveis.

O gráfico 3 apresenta os resultados do ensaio de resistividade elétrica do concreto, baseado no método dos quatro eletrodos, obtidos por Barros (2006) para os concretos auto-adensáveis, com RCMG (CAA-01 e CAA-02) e para o concreto de referência (C-REF).



**Gráfico 3 Resultados do ensaio de resistividade elétrica dos concretos (BARROS, 2006).**

A partir do Gráfico 3 pode-se perceber que inicialmente o uso de RCMG sem a sílica ativa (CAA-02) resultou em valores inferiores de resistividade, sendo que a partir dos ciclos de imersão e secagem

(processo de corrosão acelerada) o concreto de referência sofreu uma grande redução em seus valores. O uso do RCMG juntamente com a sílica ativa apresenta um comportamento de crescente resistividade, mostrando a sua viabilidade frente a ação dos íons cloreto. Como pode ser observado, quando comparados com o concreto de referência sem resíduo, os concretos com RCMG apresentaram melhores propriedades mecânicas e de durabilidade.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9776**: Agregados – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman. Rio de Janeiro, 1987.

\_\_\_\_\_. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 1995.

BARROS, A. R. **Estudo das propriedades de durabilidade do concreto auto-adensável**. 2006. 137 f. Monografia de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, 2006.

CATHER, R. FIGG, J. W. MARSDEN, A. F., and O'BRIEN, T. P. Improvements to the Figg Method for determining the air permeability of concrete. Magazine of Concrete Research, Vol. 36, No. 129. p. 241-245. Reino Unido, 1984.

CAVALCANTI, D.J.H. **Utilização do Concreto Auto-Adensável com Resíduo do Corte de Mármore e Granito em Painéis Pré-Moldados**. 2005. Dissertação em desenvolvimento (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, 2005.

CHIODI FILHO, C.C. Rochas Ornamentais No século XXI: Bases para uma Política de Desenvolvimento Sustentado das Exportações Brasileiras. Rio de Janeiro - CETEM / ABIROCHAS, 2001. Disponível em: <<http://www.abirochas.com.br>>. Acesso em: 20 de Janeiro de 2004.

CRUZ, D. F. M.; LAMEIRAS, R. M. Estudo das propriedades mecânicas de argamassas produzidas utilizando-se resíduo do corte de mármore e granito. In: VI Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil – Materiais Reciclados e suas Aplicações. Ibracon – 2003.

GOMES, P. C. C., LAMEIRAS, R. M., ROCHA, S. R. A. G. Obtenção de materiais à base de cimento com resíduo do estado de Alagoas: Um Caminho para o Desenvolvimento Sustentável da Construção. Relatório Final FAPEAL 2003-2004. Maceió, Alagoas, 2004.

GONÇALVES, J.P.; MOURA, W.A.; DAL MOLIN, D.C.C. Avaliação da influência da utilização do resíduo de corte de granito (RCG), como adição, em propriedades mecânicas do concreto. ANTAC. v. 2, n. 1, p. 53-68, jan./mar. 2002.

LAMEIRAS, R. M. **Desenvolvimento de concretos através da utilização do resíduo do beneficiamento de chapas de granito (RBCG)**. 2004. 112 f. Monografia de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, 2004.

LISBÔA, E. M. **Obtenção do concreto auto-adensável utilizando resíduo do beneficiamento do mármore e granito e estudo de propriedades mecânicas**. 2004. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, 2004.

NEVES, G. A. **Reciclagem de Resíduos da Serragem de Granitos para Uso como Matéria-Prima Cerâmica**. 2002. p. 242. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2002.

TENÓRIO, J. J. L. **Desenvolvimento de argamassa através da utilização do resíduo do beneficiamento de chapas de granito (RBCG)**. 2004. Monografia de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, 2004.

## 6. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à FAPEAL, ao CNPq, ao Laboratório de Estruturas e Materiais (LEMA) do Núcleo de Pesquisas Tecnológicas (NPT) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), às empresas de beneficiamento de mármore e granitos do Estado de Alagoas, às fábricas de cimento ZEBU e POTY, à fábrica de aditivos MBT - Master Builders Technologies, às empresas BRITEK e IMCREL.