



**ENTAC2006**

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

## **AREIA DE BRITAGEM PARA ARGAMASSAS E CONCRETOS – A EXPERIÊNCIA DE JUIZ DE FORA, MG**

**Pedro Kopschitz Xavier Bastos (1); Francisco Altomar Neto (2); Débora Spatini  
Bernardo (3); Leonardo Nascimento de Oliveira (4); Mariana Lara Couto (5)**

(1) Dep. de Construção Civil – Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil - [pedrokop@terra.com.br](mailto:pedrokop@terra.com.br)

(2) Pedra Sul Mineração Ltda. – Juiz de Fora, MG, Brasil - [francisco@pedrasul.com.br](mailto:francisco@pedrasul.com.br)

(3) Graduando Engenharia Civil – UFJF - [leonardo.oliveira@uem.com.br](mailto:leonardo.oliveira@uem.com.br)

(4) Graduanda Arquitetura e Urbanismo – UFJF - [dspatini@yahoo.com.br](mailto:dspatini@yahoo.com.br)

(5) Graduanda Arquitetura e Urbanismo – UFJF - [maricouto@gmail.com](mailto:maricouto@gmail.com)

### **RESUMO**

O meio ambiente não dispõe mais de areia natural de rio em quantidade suficiente para atender a construção civil nas médias e grandes cidades. Em alguns centros urbanos brasileiros e muitos do exterior a solução adotada tem sido utilizar areia proveniente de britagem de rocha para a produção de argamassas e concretos. A Pedra Sul Mineração Ltda., empresa localizada em Juiz de Fora, MG, em parceria com Universidade Federal de Juiz de Fora, desenvolveu tecnologia própria para produção deste tipo de agregado em equipamento de impacto vertical, material consumido em larga escala hoje na região. Diferentemente da grande maioria das plantas de pedreiras, optou-se, como um ganho para a natureza, pela manutenção da parcela fina da rocha menor do que 0,075 mm no agregado comercializado, ao invés de lavá-la. Tanto a areia fina de britagem para argamassas quanto a média para concretos trazem vantagens ligadas a propriedades como resistência à compressão, absorção de água, plasticidade e trabalhabilidade, entre outras, além de economia para o construtor. Este trabalho mostra parte da história da areia de britagem de Juiz de Fora-MG, da produção à aplicação em obras, e tem como objetivo difundir a tecnologia desenvolvida.

Palavras-chave: agregados, areia de britagem, concreto, argamassa, revestimento.

### **ABSTRACT**

Natural resources are no longer able to supply with river sand the demand of construction in the middle size and large cities. The answer in some of the Brazilian and many of the foreign urban centers has been the use of the rock crushing resulting sand in the making of mortar and concrete. Pedra Sul Mineração Ltda, a company that operates in Juiz de Fora, MG, has associated to Universidade Federal de Juiz de Fora and developed its own technology based on the use of vertical impact equipment to produce that type of aggregate which is largely demanded within the region at the present time. Other than most plants the choice was to provide Nature with one more gain through maintaining in the aggregate the fine portion of the crushed rock under 0.075 mm instead of washing it off. Rock crush resulting fine sand as well as the medium sand provide improvement to some properties such as strength, water absorption, plasticity and workability among others, besides its lower cost for the construction. This paper relates the origin and evolution of rock crushing sand in Juiz de Fora from its production process to its application in construction with the purpose of making the developed technology known.

Keywords: aggregates, sand, concrete, mortar, rendering.

# 1 INTRODUÇÃO

O Brasil não está entre os países que mais consomem agregados, mas certamente é um dos que mais agride a natureza de forma descontrolada para extrair minerais para a construção civil, principalmente a areia natural de rio. Estima-se que a extração seja de 320 milhões de metros cúbicos por ano, grande parte de forma ilegal. Além da informalidade prejudicar muito o desenvolvimento de uma região, não há areia suficiente para o volume atual de construções e a natureza sofre consequências como agressão à calha dos rios e suas margens. A substituição deste agregado é uma necessidade ecológica e uma tendência tecnológica.

Na cidade de Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil, de porte médio, com cerca de 400 mil habitantes, a extração de areia tem sido feita de forma irregular no Rio do Peixe, poluído em certos trechos. Praticamente todas as obras da cidade convivem com impurezas presentes na areia como óleo, pedaços de madeira e argila, advindos também dos processos rudimentares de exploração. Além disso, a granulometria da areia de rio varia de acordo com as estações do ano e com os pontos de extração e, com isto, o construtor não consegue padrões de uniformidade em suas obras, pois depende de ações que estão fora do alcance do homem.

A Pedra Sul Mineração Ltda., empresa instalada há seis anos na região de Juiz de Fora, produz agregados para a construção civil de diferentes tamanhos, atividade totalmente autorizada e controlada pelos órgãos ambientais. Com investimentos na compra de equipamentos e interferências simples no projeto original da planta, passou a produzir também, em fevereiro de 2004, a areia de britagem, comercialmente denominada Areia Industrial, proveniente da mesma rocha dos agregados maiores, o gnaíse. A areia de britagem de Juiz de Fora tem como principal finalidade substituir a areia natural de rio nas construções, com as vantagens de ser um produto sempre uniforme, isento de impurezas, que gera impostos, empregos formais e economia nas obras.

Foi desenvolvida, ao longo dos primeiros meses de produção da areia de britagem, uma nova tecnologia para argamassas e concretos na região, com aproveitamento total dos finos meores que 0,075 mm gerados no processo. Em parceria com a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, todos os conhecimentos adquiridos estão sendo transferidos ao meio técnico, aos estudantes e aos trabalhadores da construção civil, com a promoção de eventos e cursos gratuitos. Com estas ações são divulgados conceitos que podem se estender e adaptados para outras cidades e regiões.

## 1.1 Problemas ligados ao uso de areias naturais e à atividade extrativista

Empregar agregado miúdo natural proveniente de rios, cavas e barrancos, como areia, saibro, saibrinho, filito e arenoso, entre outros, é, ao mesmo tempo, uma necessidade, um costume e um problema com o qual a construção civil convive há tempos. Quase todos os "produtos" oferecidos prontos pela natureza precisam ter algumas características alteradas pelo homem, como o tamanho, a forma e a composição, e isto representa elevação de custos para as construções. Além disso, o uso indiscriminado de agregados miúdos naturais certamente é uma agressão ao ambiente. Como aspectos negativos principais que envolvem o emprego destes materiais podem ser citados:

- variabilidade de faixas granulométricas e composição mineralógica;
- contaminação de materiais deletérios naturais e, mais recentemente, contaminações diversas em função da poluição dos rios;
- necessidade de melhoria do produto em relação à sua condição de oferta da forma natural, como lavagem e peneiramento para retirada de material orgânico e grãos de tamanho indesejado (os maiores são descartados para uso em argamassa de revestimento, por exemplo);
- necessidade de adição de outros produtos também minerais ou aditivos, de qualidade duvidosa e cuja exploração também gera degradação de outras áreas de extração.

Aspectos ligados à atividade extrativista:

- baixa produtividade das plantas de exploração, na maioria dos casos, com equipamentos rudimentares e até manualmente, gerando altos custos para o consumidor final e grande número de pontos de exploração e degradação;
- renovação de estoques baixa em relação ao volume demandado cada vez maior (dependência de condições naturais de pluviosidade e carreamento, com incerteza de extração devido a época das chuvas, quando ocorre variação drástica dos preços e oferta);
- grande informalidade do setor, próprio da cultura extrativista;
- grande variedade de legislação nas esferas municipais, estaduais e federal, acarretando complexidade na legalização da atividade, com aspectos conflitantes de atuação das autoridades;

As areias "artificiais" ou de material britado, provenientes da mesma fonte de produção dos agregados graúdos (britas), trazem benefícios muito importantes para todos os envolvidos na cadeia da construção civil, como pode-se constatar a seguir.

## 2 O PROJETO

Sempre que se busca uma alternativa de agregado miúdo que substitua a areia de rio, pensa-se em "replicar" a areia natural nas plantas das pedreiras, ou seja, uma areia artificial que tenha as mesmas características granulométricas e isenta de finos (*filler*). Este caminho gerou areias adequadas aos fins a que se propunham, porém com diversos aspectos negativos ainda a serem solucionados. Quando se lavam as areias de britagem, o que ocorre na grande maioria das pedreiras que produzem este tipo de agregado, consegue-se retirada dos finos a níveis satisfatórios. Estes finos, porém, são direcionados para grandes barragens de decantação e abandonados por não terem uso a partir deste tipo depósito, isto é, saturados e imersos nas barragens. Sem aplicação econômica viável, transformam-se em novos grandes passivos ambientais.

Há ainda um aspecto ligado às plantas de produção: a grande maioria das pedreiras adota a idéia de que para se produzir areia a partir de pedra, novas instalações devam criadas totalmente independentes da produção de brita, o que obriga a um investimento consideravelmente alto.

O objetivo do projeto desenvolvido em Juiz de Fora foi o de partir da planta existente para produzir uma areia de britagem que possibilitasse a substituição total das areias de rio e outros agregados finos na construção civil, com qualidade e economia em relação aos existentes no mercado, de fácil aplicação e ecologicamente correto.

O projeto consistiu na inclusão, na planta existente, de um britador tipo VSI (*Vertical Shaft Impact*), já utilizado hoje em diversas outras plantas. Para implantação do novo projeto partiu-se das seguintes premissas:

- processo de produção a seco, dada a indisponibilidade de água onde a pedreira se localiza para o processo de produção via úmida. Outro aspecto limitador é a necessidade de grandes bacias de decantação para o processo úmido, espaço que também não é disponível;
- manutenção da parcela fina (menor do que 0,075 mm) do agregado no produto comercializado;
- pouca necessidade de investimentos;
- eliminação da produção do pó-de-pedra como produto de venda, pois não existe mercado que absorva esta produção e, com isso, formam-se grandes pilhas de estoques, gerando prejuízo constante a cada m<sup>3</sup> produzido de outros produtos na planta;
- aumento da capacidade de utilização da planta com um produto diferenciado, adequado às necessidades da indústria da construção.

Sobre a quantidade de mudança e transferibilidade que este projeto apresenta, mencionam-se os principais aspectos:

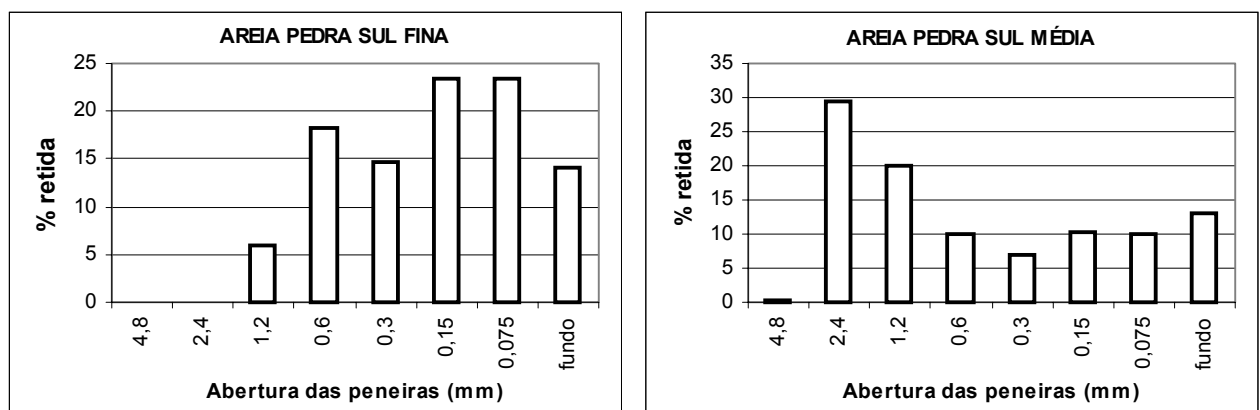
- em termos ambientais, a areia de britagem é uma solução praticamente definitiva para a

substituição das areias naturais e todos os aspectos negativos que elas apresentam em sua extração e aplicação.

- a qualidade obtida em diversos serviços e etapas das obras de construção civil é potencialmente superior, partindo-se de um agregado uniforme na composição de argamassas e concretos.
- o custo das obras sofre redução com o emprego da areia de britagem, tanto na fase de construção como em manutenção, ao longo dos anos, pois o material é inerte e não se deteriora.
- a implantação do processo nas plantas de britagem é relativamente simples e barata, proporcionando aproveitamento dos finos das pedreiras e reduzindo o custo de produção de todos os agregados.
- o manuseio para aplicação é simples e sem adição de qualquer produto para obtenção de trabalhabilidade, com redução de mão de obra, pois as argamassas de revestimento, por exemplo, podem ser aplicadas em única camada, favorecendo mais uma vez o custo da obra.
- redução do desperdício da areia quando sofre melhoria forçada nas obras como peneiramento e retirada de impurezas (madeira, lixo, etc).
- constância nas faixas granulométricas – um produto padrão reduz drasticamente os problemas de operação das usinas de concreto e nas obras, simplificando a aplicação de traços constantes.
- os britadores VSI, que transformam a brita em areia, são de fácil acesso, fabricados em vários países e exportados como qualquer produto industrializado para aquisição em qualquer parte do mundo.
- incomparavelmente, o nível de degradação ambiental nas minerações de brita é muito mais monitorado que as extrações de areia, principalmente nos países em desenvolvimento e subdesenvolvidos. O impacto controlado é hoje a maior expectativa que as autoridades ambientais têm com relação à preservação ambiental,
- as áreas de extração de brita já existem como fator indispensável, até o presente, na geração de agregados para a construção civil, atualmente com todas as condições de desenvolver tecnologia de utilização dos finos de pedreira como alternativa às areias naturais.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

Apresentam-se neste trabalho estudos realizados para uso da areia de britagem de Juiz de Fora em argamassa de revestimento e em concreto estrutural. A Figura 1e a Tabela 1 mostram a caracterização das duas areias (denominadas Fina e Média) utilizadas.



**Figura 1 – Granulometria das areias de britagem Fina e Média**

**Tabela 1 – Teor de finos, módulo de finura e características físicas das areias**

Areia de britagem	Teor de finos < 0,075 mm (%)	Módulo de finura	Massa Unitária (Kg/dm³)	Massa Específica Real (Kg/dm³)
Fina	25,30	1,31	1,53	2,65
Média	14,32	2,83	1,50	2,65

### 3.1 Argamassa

Como a areia fina utilizada tem características granulométricas bem diferenciadas em relação às areias de rio, principalmente quanto ao teor de finos menores que 0,075 mm, foram feitos preliminarmente testes práticos de aplicação, por um profissional pedreiro, de argamassas de diversas proporções cimento/areia (1:6 a 1:9), em volume, em paredes de alvenaria. Estes testes tiveram como objetivo selecionar a melhor proporção quanto à trabalhabilidade (plasticidade, facilidade no lançamento e no acabamento) e ausência de fissuras na secagem, nas primeiras horas. A realização dos testes em diferentes tipos de blocos, em ambiente de laboratório e em diversas obras, indicou a proporção 1:8. A seguir apresentam-se os materiais, características e propriedades da argamassa estudada - Tabela 2 e Tabela 3. Descartou-se um estudo comparativo com uma argamassa de mesmo traço fabricado com areia de rio, pelo fato de um traço como este, produzido com areia de baixo teor de finos menores que 0,075 mm, como são as areias naturais, ser totalmente inadequado quanto à trabalhabilidade para aplicação em revestimentos.

**Tabela 2 – Materiais usados e consistência da argamassa 1:8**

<b>Traço em volume</b>	<b>Traço em massa</b>	<b>Cimento</b>	<b>Relação água/cimento</b>	<b>Consistência (espalhamento na mesa ABNT)</b>
1: 8	1:10,5	Portland CP II E-32	1,85	267 mm

**Tabela 3 – Características e propriedades estudadas para a argamassa 1:8.**

<b>Característica / Propriedade</b>	<b>Método</b>	<b>Observações</b>
Retração no estado fresco	INSA/EPUSP (BASTOS, 2001)	Retração medida nas primeiras 24 horas após a moldagem, em placa de 400 x 150 x 15 (mm). Foram realizados quatro ensaios em ambiente de laboratório (24°C e U.R. 60%).
Resistência à tração na flexão	NBR 13279 ABNT	Três corpos-de-prova 4 x 4 x 16 (cm), aos 28 dias.
Resistência à compressão		
Módulo dinâmico de deformação	Ultra-som	Emissão e recepção de ondas ultra-sônicas, com leitura do tempo que a onda leva para atravessar o corpo-de-prova 4 x 4 x 16 (cm) no sentido longitudinal. Descrição em BASTOS (2003). Foram realizados ensaios em 3 corpos-de-prova, aos 28 dias.

### 3.2 Concreto

Foram estudados dois concretos estruturais que atendessem à especificação de projeto  $f_{ck} = 20$  MPa, um com areia natural de rio e outro com areia de britagem, fixando-se para ambos a consistência (abatimento) de  $80 \pm 10$  mm. Seguiu-se o método de dosagem adotado pela Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP. A Tabela 4 apresenta os materiais e os traços estudados.

**Tabela 4 – Estudo comparativo de concretos (ABCP, 2005)**

<b>Concreto</b>	<b>Traço em massa</b>			
	<b>Cimento CP II E- 32</b>	<b>Areia</b>	<b>Brita 1</b>	<b>Água</b>
Areia de britagem	1	2,49	3,79	0,67
Areia natural	1	2,39	3,68	0,70

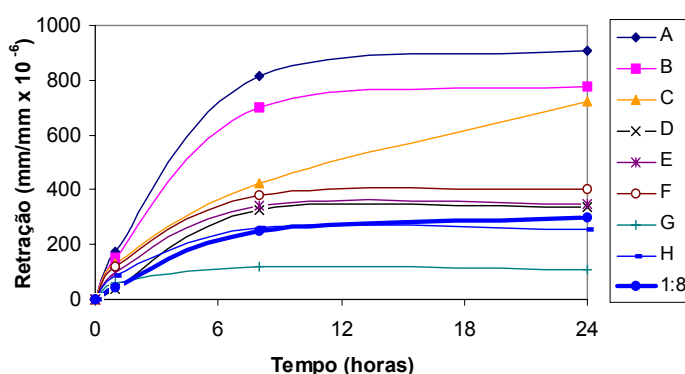
Foram estudadas as seguintes propriedades, aos 28 dias de idade: resistência à compressão, absorção

de água, índice de vazios e módulo de deformação.

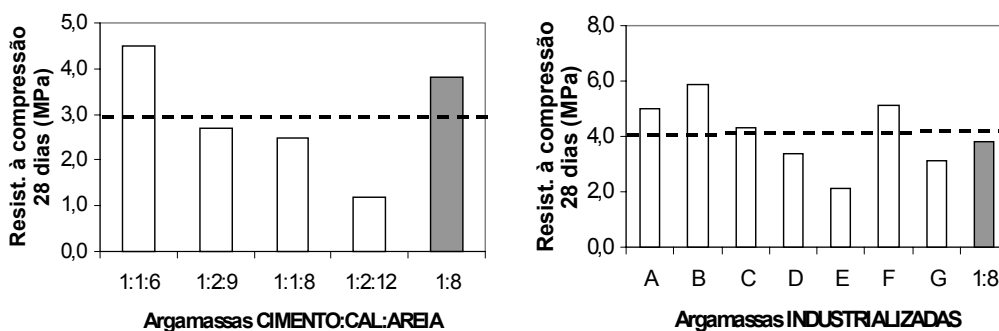
## 4 RESULTADOS

### 4.1 Argamassas

As avaliações dos resultados dos estudos do traço 1:8 produzido com o novo agregado miúdo se basearam em comparações com traços de argamassa de uso corrente para revestimento de paredes de alvenaria. A seguir apresenta-se uma análise comparativa com os traços 1:1:6, 1:1:8, 1:2:9 e 1:2:12 de cimento cal e areia, em volume, e com argamassas industrializadas fornecidas pelos principais fabricantes do País, encontradas no mercado, estudados por NAKAKURA (2005) e BASTOS (2005) - Figura 2, Figura 3, Figura 4 e Figura 5.



**Figura 2 – Retração plástica de argamassas mistas de cimento, cal e areia natural, e argamassas industrializadas representativas do mercado nacional comparada com a da argamassa 1:8. Método de ensaio INSA/EPUSP (BASTOS, 2001).**



**Figura 3 - Comparação da resistência à compressão da argamassa 1: 8 com argamassas industrializadas e mistas - a linha tracejada indica a média dos valores apresentados no gráfico.**

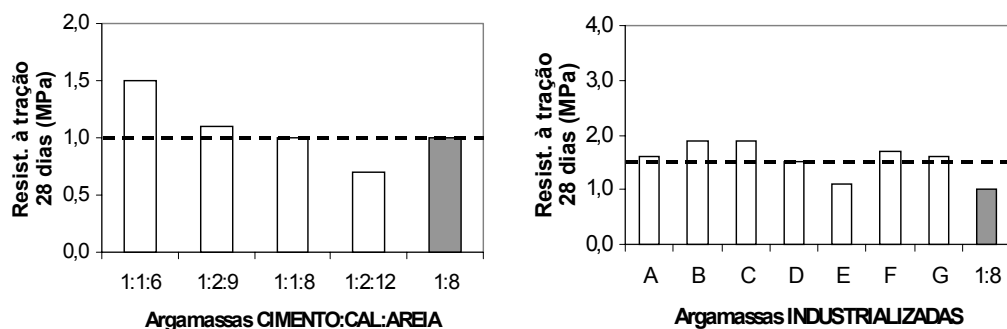


Figura 4 – Comparação da resistência à tração da argamassa 1: 8 com argamassas industrializadas e mistas - a linha tracejada indica a média dos valores apresentados no gráfico.

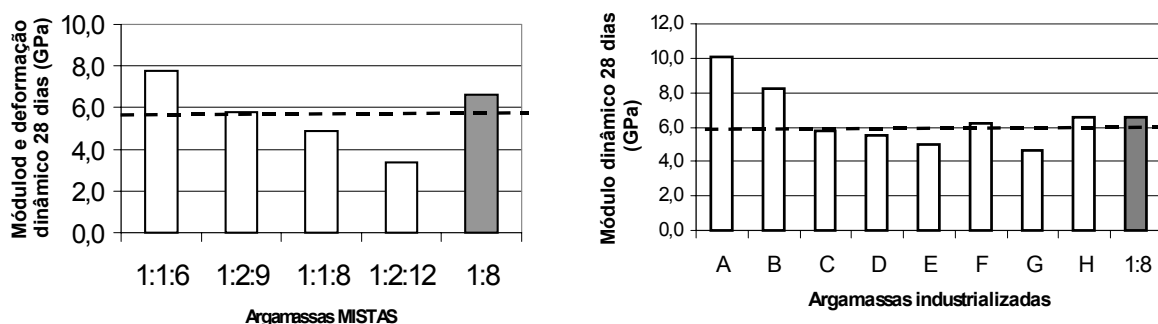


Figura 5 – Comparação do módulo de deformação dinâmico (por ultra-som) da argamassa 1: 8 com o de argamassas mistas e industrializadas.

Pode-se considerar, examinando os resultados comparativos apresentados, que o traço com areia de britagem estudado tem, de uma forma geral, performance adequada para uso em revestimentos, assemelhando-se a outros amplamente utilizados na construção civil. O ensaio de retração mostra uma curva que se localiza abaixo (retração menor) das curvas da maior parte das argamassas industrializadas consideradas representativas do mercado para revestimento, o que pode indicar baixa tendência a fissuração nas primeiras horas. Os resultados dos ensaios mecânicos mostram valores próximos à média dos valores de argamassas muito usadas em obras. O módulo de deformação da argamassa 1:8 também encontra-se próximo à média das demais argamassas. O julgamento desta adequabilidade, no entanto, está ainda sujeito ao estabelecimento de critérios de especificação de acordo com o uso de cada argamassa (revestimento externo ou interno, por exemplo), ainda a serem discutidos pelo meio técnico e serem adotados como critérios de norma técnica.

## 4.2 Concretos

A Tabela 5 mostra os resultados dos ensaios realizados.

Tabela 5 – Resultados pelo método ABCP (ABCP, 2005)

CONCRETO	Relação água/cimento	Resistência à compressão 28 dias (MPa)	Módulo de deformação (MPa)	Absorção (%)	Índice de vazios (%)
com areia de britagem	0,67	23,6	24,4	6,3	15,5
com areia natural	0,70	18,9	18,8	6,5	16,2

O estudo realizado pelo método da ABCP mostra que, para a mesma consistência, o concreto com areia de britagem foi dosado com menor relação água/cimento, que resultou em maior resistência aos 28 dias. Sendo também de menor consumo de cimento em comparação com traço com areia natural de



rio, é mais econômico. Os resultados também indicaram que o concreto dosado com areia de britagem possui características favoráveis à durabilidade das estruturas, com menor índice de vazios e menor absorção de água. O maior módulo de deformação do concreto dosado com areia de britagem acompanhou a resistência mecânica, como esperado, o que pode ser interessante do ponto de vista de comportamento das estruturas, menos deformáveis. Menores deformações na estrutura significam também menores deformações em outras partes da construção, como revestimentos e caixilhos, diminuindo o risco de fissuras e patologias diversas.

Os resultados indicam viabilidade técnica e econômica do uso da areia de britagem em concretos estruturais com a resistência estudada.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este trabalho procura mostrar um resumo do desenvolvimento de uma tecnologia regional de produção de areia de britagem para a construção civil, com inovações em termos de planta de pedreira e manutenção da parcela fina do material britado no produto final que chega ao consumidor. Os resultados de comercialização, sempre crescentes, há três anos, refletem a aceitação do produto pelo meio técnico e demonstram o sucesso e as potencialidades da iniciativa. Além disso, o acompanhamento tecnológico e científico dos produtos obtidos em obra com a areia de britagem têm comprovado a eficiência técnica e a economia obtidas nas construções. Por fim, pode-se dizer que os ganhos para a natureza, certamente entre os mais importantes, são incalculáveis quando se pensa em cidades de porte maior que podem vir a adotar tecnologia semelhante, preservando as fontes naturais de agregados miúdos, principalmente os rios.

## **6 REFERÊNCIAS**

Associação Brasileira de Cimento Portland. Relatório de ensaio nº 35819. ABCP, São Paulo, 2005.

BASTOS, P. K. X. Retração e desenvolvimento de propriedades mecânicas de argamassas mistas de revestimento. São Paulo, 2001, p.172. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo.

BASTOS, Pedro K. X. . Módulo de deformação de argamassas - conceito e métodos de determinação. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, 5., 2003, São Paulo. **Anais** São Paulo: ANTAC - Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2003. v. 01. p. 27-40.

BASTOS, P. K. X; NANAKURA, E. H; CINCOTTO, M. A.Comparação da retração de argamassas industrializadas e mistas de revestimento nos estados fresco e endurecido. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, 6., 2005, Florianópolis. **Anais**. Florianópolis: ANTAC/UFSC, 2005.

NANAKURA, Elza H; Pedro K. X; CINCOTTO, Maria A. Influência da velocidade de carregamento na determinação da resistência à tração e da resistência à compressão de argamassas. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, 6., 2005, Florianópolis. **Anais**. Florianópolis: ANTAC/UFSC, 2005.

## **7 AGRADECIMENTOS**

Carlos Eduardo Pereira Barros e Carlos Henrique Carvalho Jr – Engenheiros da Pedra Sul Mineração

Audeci Marcos do Nascimento – técnico laboratorista da Pedra Sul Mineração

Pró-Reitoria de Pesquisa da Universidade Federal de Juiz de Fora

ABCP- Associação Brasileira de Cimento Portland