

# Barragem em Concreto Produzida com Agregado Brita Corrida: PCH SANTA FÉ – MG

*Antônio Eduardo Polisseni<sup>1</sup>*

## Resumo

O trabalho tem por objetivo mostrar as características e qualidades da Brita Corrida que foi utilizada na produção das várias classes de concretos, quando da construção da PCH – SANTA FÉ – MG.

São abordados os estudos das faixas granulométricas, os traços de concreto utilizados, bem como, a análise estatística dos resultados de resistência à compressão dos corpos-de-prova de concreto obtidos.

Pelos resultados encontrados, pode-se concluir que a Brita Corrida influencia de sobremaneira a logística de produção dos concretos em construções de barragens, uma vez que se trabalha com a idéia de não se ter passivos de uma determinada dimensão de agregado.

**Palavras-chave:** Concreto, Brita Corrida, Barragem.

## 1 Introdução

A PCH Santa Fé está localizada no Rio Paraibuna, que corta os municípios de Levy Gasparian e Três Rios no estado do Rio de Janeiro e o município de Santana do Deserto em Minas Gerais. O Rio Paraibuna, neste trecho possui uma intensa atividade de lazer e turismo, representados pelos esportes de canoagem e de *rafting*. Desta forma, a concepção de projeto da PCH Santa Fé, levou em consideração a preservação destas atividades.

O arranjo da PCH Santa Fé é constituído de uma barragem submersa (este barramento possibilitou a continuidade da prática de esportes no Rio Paraibuna – Figura 1), canal de adução, estrutura de controle do canal, dois diques em solo, túnel, barragem de enrocamento, tomada d'água, galeria de adução, casa de máquinas, subestação e o reservatório. A capacidade

de geração de energia é de 30 MWh e o consumo de concreto foi de 34.000 m<sup>3</sup>.

Para a produção dos concretos, inicialmente, estava especificada a utilização de agregados graúdos de granulometrias com dimensões máximas características de 25 mm e 50 mm, areia de origem fluvial e areia artificial, além dos cimentos CP III 40 RS e CPV ARI RS (utilizado para a produção dos pré-moldados), aditivos (polifuncionais, superplastificantes e aceleradores de pega para o concreto projetado) e água. Porém, em função do alto preço da areia fluvial na região, quando da construção da barragem optou-se por substituir, nas várias classes de concreto especificadas, os agregados por Brita Corrida (BC). Somente no traço de concreto projetado optou-se por continuar utilizando-se areia de origem fluvial e agregado graúdo de dimensão máxima característica de 12,5 mm.



**Figura 1** – PCH Santa Fé – Barragem submersa: (a) durante a construção, (b) em operação. A seta indica o local de descontinuidade do barramento, possibilitando a continuidade da prática de esportes, tais como rafting e canoagem.

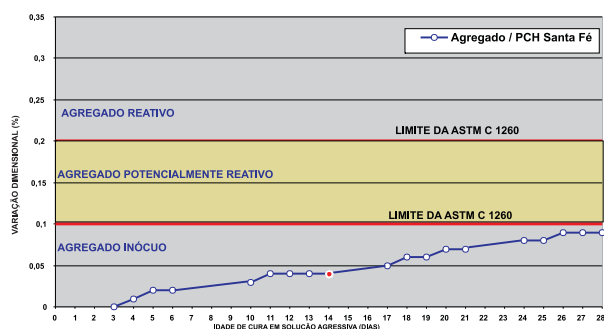
1 Professor Doutor, Departamento de Construção Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora (aepoli@terra.com.br).

## 2 Agregados: Brita Corrida (BC)

### 2.1 Considerações iniciais

As Britas Corridas que foram utilizadas para a produção dos concretos da PCH Santa Fé, foram obtidas pela britagem de micaxisto proveniente dos maciços rochosos existentes na área do empreendimento.

Inicialmente ocorreu a pré-qualificação do maciço rochoso, principalmente em função de dois parâmetros básicos; o primeiro relativo a suprir os consumos de concreto previstos nas estruturas, o qual foi atendido, e o segundo, em função da sua qualidade potencial em desenvolver ou não a reação álcali-agregado (RAA). Na Figura 2 observa-se que a expansão média das barras de argamassa aos 14 dias de cura em solução alcalina da amostra do agregado oriundo do maciço rochoso foi de 0,04%, indicando que o agregado é inócuo, segundo os critérios estabelecidos pela normalização americana (ASTM C 1260, 2005).



**Figura 2** – Gráfico da evolução da expansão com o tempo de cura em solução alcalina (ASTM C 1260/05).

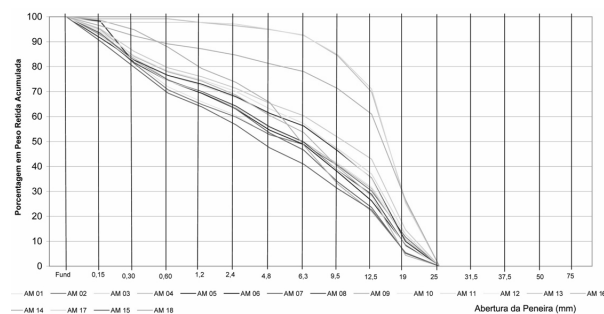
Foram produzidos e estocados próximo à central de britagem durante a obra, dois tipos de brita corrida, BC1 e BC2 com dimensões máximas características de 25 mm e 50 mm, respectivamente. A Figura 3 mostra o carregamento da BC1 quando da produção do concreto.



**Figura 3** – PCH Santa Fé – Carregamento de BC1 para a produção do concreto.

Durante o período de 20 dias, foram produzidas pelo sistema de britagem da obra, as Britas Corridas (BC1 e BC2) com diversas distribuições granulométricas, buscando-se a determinação de uma zona granulométrica de referência, a qual serviria de parâmetro para garantir o controle da faixa granulométrica durante o processo de produção. Na Figura 4 estão representadas as distribuições granulométricas de 18 amostras de BC1 que foram produzidas neste período.

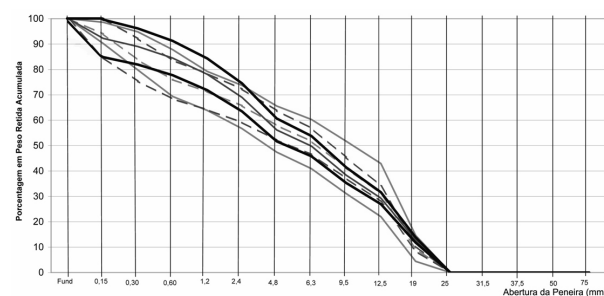
Para a determinação das curvas granulométricas das Britas Corridas (BC1 e BC2), utilizaram-se os procedimentos de especificações de agregados para concreto (NBR 7211, 2005), tais como amostragem de agregados (NM 26, 2001), redução de amostra de campo para ensaios de laboratório (NM 27, 2001), bem como as peneiras (NM ISO 3310-1, 1997) utilizadas para a determinação da composição granulométrica (NM 248, 2003).



**Figura 4** – Distribuições granulométricas de 18 amostras de BC1.

A Figura 5 mostra as curvas média, máxima e mínima, com variação de 10% em relação à média para 15 amostras, uma vez que as amostras AM16, AM17 e AM18 foram descartadas por apresentarem valores discrepantes.

A Tabela 1 mostra a zona granulométrica de referência da BC1 ( $D_{\text{máx}} = 25$  mm) que foi utilizada para a produção da maioria das classes de concreto da obra.



**Figura 5** – Representação da zona granulométrica da BC1

**Tabela 1** – Zona Granulométrica da BC1.

| Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1) | Porcentagem, em massa retida acumulada (%) |
|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 75 mm                                                  | 0                                          |
| 63 mm                                                  | 0                                          |
| 50 mm                                                  | 0                                          |
| 37,5 mm                                                | 0                                          |
| 31,5 mm                                                | 0                                          |
| 25 mm                                                  | 0                                          |
| 19 mm                                                  | 12 – 14                                    |
| 12,5 mm                                                | 27 – 32                                    |
| 9,5 mm                                                 | 35 – 41                                    |
| 6,3 mm                                                 | 46 – 54                                    |
| 4,75 mm                                                | 52 – 61                                    |
| 2,36 mm                                                | 63 – 75                                    |
| 1,18 mm                                                | 72 – 84                                    |
| 0,6 mm                                                 | 78 – 91                                    |
| 0,3 mm                                                 | 82 – 96                                    |
| 0,15 mm                                                | 85 – 100                                   |

A Figura 6 mostra a distribuição granulométrica da BC1 produzida durante a obra em relação à zona granulométrica referência.

### 3 Classes de Concreto e Respectivos Traços Utilizados na Obra

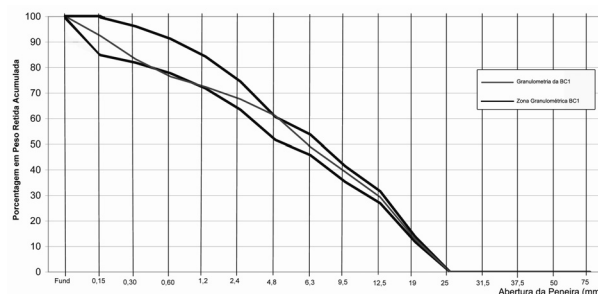
A Tabela 2 apresenta algumas classes de concreto e respectivos traços utilizados na obra com o uso de Brita Corrida (BC1 e BC2).

**Tabela 2** – Classes de concretos e respectivos traços utilizados na obra com o uso de Brita Corrida.

| PCH SANTA FÉ - RJ |              |                   |                      |      |             |                |            |            |
|-------------------|--------------|-------------------|----------------------|------|-------------|----------------|------------|------------|
| fck / CLASSE      | Idade (dias) | TRAÇO DO CONCRETO |                      |      |             |                |            |            |
|                   |              | Cimento (kg/m³)   | Bica Corrida (kg/m³) |      | Água (L/m³) | Aditivo (L/m³) | Slump (mm) | Lançamento |
|                   |              |                   | BC1                  | BC2  |             |                |            |            |
| 10/D              | 90           | 215               | 558                  | 1303 | 250         | 2,15           | 60±20      | CV         |
| 15/A              | 90           | 312               | 1825                 | **   | 215         | 3,12           | 60±20      | CV         |
| 20/G              | 90           | 358               | 540                  | 1261 | 226         | 3,50           | 60±20      | CV         |
| 20/E              | 90           | 338               | 1863                 | **   | 212         | 3,38           | 60±20      | CV         |
| 25/B              | 90           | 370               | 1786                 | **   | 215         | 3,30           | 100±20     | BB         |
| 25/C              | 90           | 370               | 1787                 | **   | 212         | 3,30           | 60±20      | CV         |
| 30/F              | 28           | 470               | 1715                 | **   | 233         | 4,40           | 100±20     | BB         |

Observações:

1. **CV** (Lançamento Convencional) e **BB** (Lançamento Bombeado)
2. Classes:
  - i) **A**: Barragem Vertente / Muros Ala da Barragem Vertente / Escada de Peixe
  - ii) **B**: Casa de Força
  - iii) **C**: Soleira da Barragem vertente / Vazão Sanitária / Galeria de Adução
  - iv) **D**: Concreto Simples para lastro e piso do túnel
  - v) **E**: Tomada D'água
  - vi) **F**: Pré-moldados
  - vii) **G**: Estrutura de controle

**Figura 6** – Uma distribuição granulométrica da BC1 produzida durante a obra em relação à zona granulométrica referência.

As Figuras 7 e 8 mostram, respectivamente, as estruturas de concreto da Tomada D'água e Casa de Força que utilizaram Brita Corrida (BC1).

**Figura 7** – PCH Santa Fé – Lançamento do Concreto com Bica Corrida (BC1) na Tomada D'água.



**Figura 8** – PCH Santa Fé – Pré-moldados da Casa de Força que utilizaram Brita Corrida (BCI).

## 4 Análise Estatística dos Resultados: Resistência à Compressão Axial

Na Tabela 3 são apresentados resultados das análises estatísticas relativas às resistências à compressão axial de corpos-de-prova de concreto (NBR 5739, 2007) moldados durante um dado período da obra (NBR 5738, 2003).

## 5 Conclusões

5.1 Tecnicamente, a utilização da Brita Corrida para a produção de concretos de barragens é viável, uma vez que os valores dos diversos  $f_{ck}$ , EST determinados durante a obra (confiabilidades de

95% e 85%), atenderam às exigências das diversas classes de resistência de concreto especificadas.

5.2 A utilização de Brita Corrida para a produção de concretos de barragens influencia de sobremaneira a logística da produção dos concretos, uma vez que se trabalha com a ideia de não se ter passivos de uma determinada dimensão de agregado ao término da obra.

## Abstract

This work has as objective, show the characteristics and qualities of crusher-run aggregate that was used in the production of the many classes of concretes, in the construction of PCH SANTA FÉ – MG.

The studies of the aggregates grading and the concrete mixes used are broached, as well as, the statistical analysis of the resistance results to the compression of the cylindrical test specimen obtained.

Through the found results, it can be concluded that the crusher-run aggregate influences excessively the logistics of concretes production in constructions of dams, because it works with the conception of no leftover of a certain aggregate dimension.

**Keywords:** Concrete, Crusher-run Aggregate, Dam

## 6 Referências

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL **ASTM C 1260 - Standard test method for**

**Tabela 3** – Resistência à compressão axial de classes de concreto.

| PCH SANTA FÉ                                         |                          |      |      |      |      |      |      |
|------------------------------------------------------|--------------------------|------|------|------|------|------|------|
| ANÁLISE ESTATÍSTICA – Resistência à Compressão Axial |                          |      |      |      |      |      |      |
| DISCRIMINAÇÃO                                        | f <sub>ck</sub> / Classe |      |      |      |      |      |      |
|                                                      | 10/D                     | 15/A | 20/G | 20/E | 25/B | 25/C | 30/F |
| nº de valores                                        | 34                       | 38   | 34   | 37   | 39   | 32   | 33   |
| Valor Máximo (MPa)                                   | 16,3                     | 23,3 | 28,2 | 30,2 | 34,4 | 33,6 | 38,9 |
| Valor Médio (MPa)                                    | 15,8                     | 19,6 | 24,4 | 25,7 | 30,3 | 31,9 | 35,4 |
| Valor Mínimo (MPa)                                   | 12,2                     | 16,8 | 21,3 | 22,8 | 26,7 | 27,2 | 33,4 |
| Desvio Padrão (MPa)                                  | 2,4                      | 2,7  | 3,1  | 2,8  | 3,4  | 3,8  | 3,9  |
| Coef. de Variação (%)                                | 15,2                     | 13,8 | 12,7 | 10,9 | 11,2 | 11,9 | 11,0 |
| f <sub>ck</sub> ,EST (MPa)                           | 13,8                     | 17,3 | 21,8 | 23,3 | 27,4 | 28,7 | 29,0 |

**potential alkali reactivity of aggregates (mortar-bar method).** Philadelphia, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738 – Concreto - procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova.** Rio de Janeiro, 2003

\_\_\_\_\_. **NBR 5739 – Concreto – ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos de concreto.** Rio de Janeiro, 2007.

\_\_\_\_\_. **NBR 7211 – Agregados para concreto – Especificações.** Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR ISO 3310-1 – Peneiras de ensaio – Requisitos técnicos e verificação – Parte 1: Peneiras de ensaio com tela de tecido metálico.** Rio de Janeiro, 1997.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 26 – Agregados – Amostragem.** Rio de Janeiro, 2001.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 27 – Agregados – Redução da amostra para amostra de campo para ensaio de laboratório.** Rio de Janeiro, 2001.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 248 – Agregados – Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro, 2003.