

III SEMINÁRIO NACIONAL DE CONCRETO COMPACTADO

COM ROLO



22 A 25 DE NOVEMBRO DE 1998  
FOZ DO IGUAÇU - PR



anais

Dosagem do CCR: Alta Pasta ?; RCD ?; Pobre ? ou Adequado Teor de Finos ?

FOZ DO IGUAÇU - PR - BRASIL - 1998

**Dosagem do CCR: Alta Pasta ?; RCD ?; Pobre ?  
ou Adequado Teor de Finos ?**

**Pacelli, Walton Andrade**  
*FURNAS Centrais Elétricas - Brazil*  
**Andriolo, Francisco Rodrigues**  
*Engenheiro Consultor- Brazil*

**Resumo**

- ✓ Qual o tipo de mistura de CCR, mais adequado para a construção de uma Barragem?
- ✓ Baixo Teor de Cimento, Alta Pasta, RCD (Japonês), BaCaRa (Francês)?
- ✓ Como dosar CCR para obras em regiões, ou até mesmo países, sem a disponibilidade de materiais pozolânicos?
- ✓ Qual é a “real” quantidade de material pozolânico, que “realmente” tem Atividade Pozolânica, ou seja, que reage com os elementos liberados durante a hidratação do cimento?
- ✓ Não estaria, uma grande parcela do material pozolânico, atuando somente como um “filler”?
- ✓ Como essa condicionante, de se adotar elevado teor de material pozolânico é considerada, ao se utilizar um bom cimento pozolânico, com adequado aproveitamento dos componentes químicos atuando com o material pozolânico já existente no próprio cimento?
- ✓ Qual a necessidade e interesse do fator pasta/argamassa?
- ✓ Qual a necessidade e interesse da relação areia (agregado miúdo)/agregado total?
- ✓ Quais as considerações sobre o “Grau de Compactação”?
- ✓ Qual a necessidade de dar ênfase à pequenas ou eventuais diferenciações entre Rollcrete, RCC, CCR, BCR, Alta Pasta, Pobre, RCD?;
- ✓ Não serão todos, *concretos*?
- ✓ Qual a similaridade entre esses materiais?
- ✓ E os custos?

Uma ampla discussão e possibilidades de escolha da mistura mais adequada é apresentada nesta publicação.

O estudo de dosagem deve ser executado com qualidade e segurança, de modo a se obter misturas trabalháveis a baixo custo, com os materiais “*disponíveis*” nas proximidades da obra. Quando o CCR é idealizado para uso como concreto massa, a condição de atender a máxima densidade torna-

se relativamente importante, sendo um requisito a ser atendido. Por outro lado as imposições econômicas devem ser observadas.

## 1- INTRODUÇÃO

O objetivo básico de um estudo de dosagem é o de estabelecer um proporcionamento entre os materiais “*disponíveis*”, de tal sorte a se ter um concreto que:

- **Em seu estado fresco-**
  - não segregue, mantendo uniformidade;
  - seja razoavelmente estável sob as condições climáticas normais;
  - Possibilite manuseio durante certo tempo, sem alterações significativas de suas características de trabalhabilidade;
- **Após o endurecimento-**
  - atenda às propriedades que se requerem;
  - seja volumetricamente (térmica e autogenamente) estável;
  - seja durável;
  - atenda os requisitos de densidade estabelecido; e
- **Seja econômico.**

Procura-se, então, que o estudo de dosagem seja bem feito, com qualidade e segurança, e a baixo custo, com os materiais disponíveis nas proximidades da obra. Ao se estabelecer que o CCR deva ser utilizado como concreto massa, a condição de se atender à máxima densidade ganha importância relativa, sendo um parâmetro importante a ser atendido. De outra maneira, ainda, mantém-se a atenção quanto a **economia**. Com intuito de se atender a máxima densidade é que pode ocorrer um ponto passível de discussões. Este texto pretende estabelecer um debate sobre o assunto

## 2- CONCEITUAÇÕES

O CCR é uma técnica de construção relativamente simples, mas até o presente momento não tem uma metodologia consolidada para dosagem e de ensaios de laboratório, sendo que por sua consistência seca, vários procedimentos foram adaptados de outros ensaios e por diversos autores, criando às vezes, tendências ou “*marcas registradas*”.

Alguns autores ou grupos técnicos, muitas vezes, têm mostrado tendências ou induzido algumas vantagens na adoção de um procedimento, criando parâmetros ou correlações que expressam significâncias pontuais. De maneira geral isso pode ser resumido em uma tendência específica ou experiência, mas que não deve ser aceito como regra geral, e podem não expressar conceitos globais.

Ao se estabelecer as dosagens de CCR, é “usual” tentar enquadrar as misturas usando termos referenciais como *Baixa*, *Média* e *Alta Pasta*, que poderiam ser entendidos como 3 tendências básicas:

- *Alto Teor de Pasta* [1 a 5], que foi usado nas dosagens para Upper Stillwater e outras barragens, onde se usou grande quantidade de material pozolânico;

- ❑ **RCD- Roller Compacted Dam Concrete Method** [ 6 a 8], que tem sido adotado nas obras Japonesas, e usa um CCR mais úmido, mais argamassado, próximo a um CCV massa tradicional;
- ❑ **CCR Pobre** [9 a 11], que foi originalmente adotado nos Estados Unidos e utiliza um CCR pobre e seco, com teor de aglomerante (cimento+material pozolânico) não maior que 100Kg/m3.

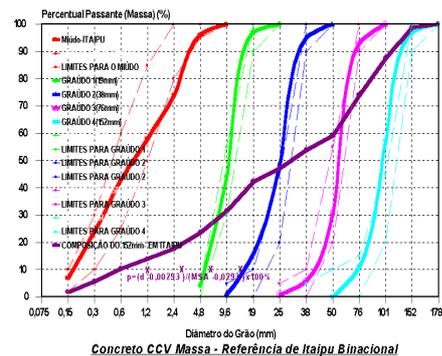
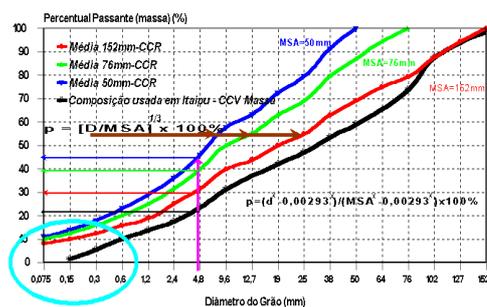
Há países, como o Brasil, com extensas áreas, com longas e precárias distâncias de transporte, que é impossível de assumir dogmaticamente apenas uma das tendências citadas. Isto se deve à disponibilidade de fontes de certos materiais básicos ou de materiais no entorno da obra.

É sabido, também, que o transporte de materiais é um dos mais importantes itens na composição de custos.

Com base nisso é que se torna importante otimizar o uso dos materiais mais caros. Dessa maneira é muito importante entender os conceitos para a dosagem do CCR e é necessário que os profissionais busquem e tenham alternativas para se dosar bem, a baixo custo e com simplicidade.

As misturas devem ser dosadas objetivando alcançar a máxima massa específica, ou o menor índice de vazios. Os agregados (nas faixas granulométricas como são produzidos ou obtidos) devem, então, ser combinados de tal modo a se ter uma granulométrica composta (a partir das gamas individuais) o mais próximo possível de uma curva do tipo

#### Agregados para Concretos CRC e CCV-Massa



**Figura 2.1- Curva Granulométrica tipo Cubica, adotada em vários projetos e uma Curva de Combinação de agregados para Concreto Massa Convencional (CVC)**

**Figura 2.2- Curvas das frações individuais de cada agregado e a curva composta para Concretos Massa (Itaipu).**

$P = (d/DMA)^n \times 100\%$ , onde:

**P** = % passante pela malha de abertura “d”;

**d** = dimensão da abertura da malha (mm);

**DMA** = Diâmetro máximo do agregado graúdo (mm); e  
= expoente, normalmente adotado entre  $\frac{1}{2}$  e  $\frac{1}{4}$ .

A Figura 2.1 ilustra esse tipo de curva para vários DMA.

A curva granulométrica recomendada assemelha-se a uma curva tipo cúbica, que também tem sido preconizada e adotada por vários autores, entidades e projetos [11 a 30].

A curva tipo cúbica tem como uma das características a de requerer uma certa quantidade de material de dimensão inferior a 0,075mm (peneira No. 200). Essa quantidade é de cerca de 8% a 12% do total de agregados na mistura, como ilustra a Figura 2.1.

Uma outra característica abordada pela curva tipo cúbica é a redução da parte mais grossa dos agregados, que normalmente provoca segregação. Isso pode ser visto comparativamente na Figura 2.1, ao se observar as curvas individuais e a da combinação de agregados, normalmente adotada para concretos massa convencionais, também mostrada na Figura 2.2 (e 2.1).

Nesse ponto é que a fração fina da curva cúbica, ganha importância, pois os finos (inferiores a 0,075mm) recomendáveis em teores ao redor de 8% a 12%, servem para preencher os vazios, possibilitando atingir uma consistência, coesividade na mistura e um grau de compactação adequados. O uso dos finos na composição do CCR, com base na curva do tipo cúbica, tem mostrado consideráveis vantagens não somente aumentando a coesividade da mistura em seu estado fresco, mas também, proporcionando benefícios no CCR em seu estado endurecido.

Há, entretanto, as opções de se adotar para o preenchimento desses vazios, o uso de cinza volante (Fly Ash) ou escória moída, mas há também a opção de se adotar o “filler” decorrente da britagem dos agregados, ou de um silte.

Observando as várias citações referentes à dosagem do CCR, as seguintes “recomendações” podem ser consideradas, como se resume na Figura 3.1.

### **3- DADOS E INFORMAÇÕES**

As informações das referências sobre proporcionamentos do CCR citam:

*“The in situ density of concrete will depend to a great extent on the relative density of the aggregates to be used. In addition to this, the two most important factors are the void ratio of the fine aggregate and the paste/mortar ratio. The latter factor was introduced in the middle 1970s*

[1][2]. It is the ratio of the volume of paste (i.e. cementitious content and water plus entrained air, if used) to the volume of mortar (i.e. paste and fine aggregate) [3].”

Em [3] nota-se uma informação adicional ao citado acima:

“ The densities are plotted against the paste/ mortar ratio of concretes where this defined as the ratio of the volume of paste (i.e. cement + **FLY ASH OR SLAG** {if any} + entrained air {if any}) to the volume of mortar ( i.e. paste + fine aggregate - say the passing the 5-mm sieve)’ [3] (a chamada de atenção **negritada** é dos autores desta publicação).

A referência [6], por sua vez, recomenda:

“When using RCD Method, it is especially important to select a mix design with which compaction of concrete will be made easy on carrying out proportioning tests. Here, concretes were mixed with sand-aggregate ratio varied at several levels while maintaining unit binder content (unit cement-plus-fly ash content) and unit water content constant, and comparison studies were made on measuring the respective vibrating compaction (VC) values. .... As is clearly shown ... there exists a s/a at which VC value will be a minimum. This s/a is the s/a of concrete at which compaction is most easily accomplished, and is in a range of 32% to 34%.”

E na referência [7], pode-se notar:

“The sand-aggregate ratio was selected to be 30% from the results of laboratory tests measuring Vc values varying the sand-aggregate ratio and...”

E de [8] tem-se:

“According to the principles of mix design for RCD concrete, voids in compacted coarse aggregates must be filled up with mortar in compacted fine aggregates must be filled up with paste, but the **AMOUNT OF PASTE MUST BE RESTRICTED TO A MINIMUM.**” (a chamada de atenção **negritada** é dos autores desta publicação).

Uma outra orientação, para a dosagem, pode ser observada [11]:

“Fine and coarse aggregate should be proportioned to create a well-graded combined aggregate.... ....The addition of material finer than the 0,075mm (No. 200) sieve may be necessary to supplement fine aggregate in order to reduce the volume of voids within the fine aggregate and to produce a more cohesive mixture. This supplemental fine material may consist of fly ash, natural pozzolan, ground granulated blast-furnace slag ( GGBF slag), or natural fine sand. The use of fly ash, natural pozzolan, or GGBF slag as supplemental fine material may provide added benefits as a result of reduced overall water demand, lower water to cementitious material ratio, and higher ultimate strength.”

A relação (areia) /(agregado total) normalmente considerada nos estudos de concretos massa convencional varia para cada conjunto de agregados, considerando que se reduz com o aumento do

D<sub>max</sub>, como se ilustra pela Figura 2.2 [38 e 39] . O mesmo se observa para o RCC ao se utilizar a curva tipo cúbica, como ilustrado na Figura 2.1.

Pela Figura 2.1 nota-se, ao se comparar as curvas cúbicas adotadas para o RCC e a dos agregados compostos, que há um maior argamassamento dos RCC em comparação aos CVC.

Ao se reduzir, entretanto, o teor de cimento, nas misturas de RCC consideradas pobres (Lean RCC) haverá necessidade de se preencher os vazios correspondentes, por Fly Ash, Escoria ou, novamente, por agregados ( ou pelo “filler” desses agregados).

Observando as citações anteriores, são destacadas as seguintes recomendações básicas para atender à máxima densidade e o máximo grau de compactação:

- *Relação pasta/argamassa não inferior a 0,35;*
- *Necessidade da pasta conter Fly Ash ou Slag;*
- *Relação (areia)/(agregado total) não inferior a 0,3.*

Lembra-se que a citação da relação (pasta) /(argamassa) não ser inferior, conflita com a citação [8], de se **reduzir ao mínimo o teor de pasta**.

Na Figura 3 é mostrado um conjunto de dados de dosagens de CCR (ou Alta Pasta ou o RCD-Japonês, ou o CCR Pobre, e o modelo ***Brasileiro de Alto Teor de Finos***) utilizadas em várias barragens ou estudos.

Desse conjunto de informações se mostra que:

- ***Relação Pasta/Argamassa:*** Praticamente todos os padrões de dosagem atendem a essa citação. Saliente-se que o padrão RCD-Japonês busca minimiza-lo, em indicação contrária ao padrão de Alta Pasta;
- ***Teor de Pasta:*** O padrão de dosagem com Alta Pasta recomenda um teor de pasta referido ao volume total do CCR de no mínimo 20%. Praticamente todos os padrões de dosagem atendem a esse parâmetro, com exceção do padrão RCD-Japonês, por utilizar um teor de água na mistura um pouco maior que os demais tem sua consistência/trabalhabilidade mais comandada pela água do que pela pasta-argamassa. Saliente-se que o padrão de Alto Teor de Finos é o que apresenta os valores mais altos, a partir dos exemplos citados;
- ***Relação Areia/Agregado Total:*** De maneira geral, praticamente todos os padrões atendem a essa citação. Aqui também, o padrão de Alto Teor de Finos é o que apresenta os valores mais elevados;
- ***Grau de Compactação:*** Todos os padrões mostram valores acima de 95%, sendo que a faixa de valores menores corresponde ao padrão de Alto Teor de Pasta;
- ***Eficiência(Resistência/Consumo de Aglomerante):*** Os rendimentos obtidos se mostram praticamente na mesma faixa de valores, havendo uma tendência dos valores do padrão RCD-Japonês se mostrar um pouco acima;
- ***Resistência à Tração (Relação com a Resistência à Compressão):*** Praticamente todas as faixas de valores compreendem os mesmos intervalos;
- ***Coesão:*** Praticamente todas as faixas de valores compreendem os mesmos intervalos;
- ***Ângulo de Atrito:*** Praticamente todas as faixas de valores compreendem os mesmos intervalos;

- ❑ **Permeabilidade**: Os menores valores de Permeabilidade pertencem ao padrão Alto Teor de Pasta, seguidos pelo os valores de Alto Teor de Finos;
- ❑ **Curva Granulométrica**: Praticamente todas as dosagens seguem uma curva granulométrica do tipo exponencial, que pouco diferem da tipo cúbica, havendo apenas ajustes nas duas extremidades (grossa e fina);
- ❑ **Teor de Aglomerante**: A faixa dos menores valores corresponde ao padrão de Alto Teor de Finos, seguidos pelo padrão Pobre, RCD-Japonês, sendo que os valores mais elevados pertencem ao padrão Alto Teor de Pasta.

Os autores desta publicação chamam a atenção para os seguintes pontos:

- ⇒ Há semelhança nos valores obtidos para os diversos exemplos representativos dos padrões de dosagens de CCR;
- ⇒ Os menores valores de permeabilidade observados pelos exemplos do padrão de Alto Teor de Pasta são obtidos, fundamentalmente às custas do elevado teor de aglomerante, que por ser mais finos que os “finos” utilizados nos demais padrões de dosagens, possibilita reduzir a permeabilidade;
- ⇒ Por outro lado, esse elevado teor de aglomerante do padrão de Alto Teor de Pasta, proporciona uma maior geração de calor, o que pode induzir à estrutura um panorama de fissuração, levando, paradoxalmente à uma estrutura mais permeável [13];
- ⇒ De outro modo, também, e principalmente, o aumento do teor de aglomerante, tem sensíveis e notórias implicações de custos, que se multiplicam em países e regiões com longas distâncias de transporte, como o Brasil.

Observando, o conjunto de informações e os dados citados pode-se indagar:

- ❖ Onde, então, reside a diferença básica, entre os padrões de dosagens, para que se estabeleça “tendência” ou “marca registrada” ?

Os autores desta publicação são categóricos em afirmar: Não há. Pelo contrário, a prática Brasileira, através do padrão de Alto Teor de Finos mostra-se com maior possibilidade de redução de custos, ofertando comparativamente, padrões de propriedades resistentes e de durabilidade equivalentes. As dosagens com Alto Teor de Finos são as que utilizam a menor quantidade (em peso) de materiais externos (no caso o aglomerante) à obra, o que significa uma grande potencialidade de redução de custos.

Pode, ainda, ser observado que:

- Ao se utilizar uma grande quantidade de Fly Ash ou Escoria, ou outro Material Pozolânico, quanto estaria atuando realmente com Atividade Pozolânica, reagindo com os hidróxidos disponíveis no cimento ? Ou, uma parcela estaria atuando apenas como filler inerte? A que custo valeria transportar essa quantidade de Material Pozolânico ?
- Ao se utilizar os Finos provenientes da Britagem (na própria obra, com materiais da obra) ou um Silte (da região), restaria saber se esses materiais teriam alguma ação pozolânica, benéfica e adicional, sem custo agregado.

Há então a necessidade de se fazer um balanço técnico-econômico para a otimização do uso dos materiais.

Parâmetro-Referência	Alta Pasta	RCI -Japão	Livre	Adequados Finos
Curva Granulométrica	Não indica	C CV	Cúbica	Cúbica
Teor de Aglomerante (cimento+material pozolânico)	≥ 15 %	12 %-130	≥ 100	O necessário para as propriedades
Relação – Pasta/Argamassa	35 % a 41%	Deve ser mínima	Não indica	Não indica
Pasta	Deve conter Material Pozolânico ou “Filler”	Deve conter Material Pozolânico	Não indica	Não indica
Volume da pasta (referido ao volume total do CCR)	≥ 20%	Deve ser mínima	Não indica	Não indica
Relação- Areia/ Agregado Total		≥ 10 %		
Teor de Finos	Não indica	Não indica	8% a 12%	8% a 12%
Grau de Compactação	90% a 98%	Não indica	Não indica	Não indica
<i>Obras tomadas como referência</i>	<i>Upper Stillwater; Serra da Mesa; Lake Robertson; Knellport; Woveldans; Castilblanco de los Arroyos; Yantan; Kengkou; Shuikou</i>	<i>Shimajigawa; Tamagawa; Nunome; Elk Creek</i>	<i>Monksville; Galesville; Arabie; Zaaihoek; Santa Eugenia;</i>	<i>Capanda; Urugua-I; Jordão; Salto Caxias;</i>
<i>Curva Granulométrica-Usada</i>	<i>Básica- Exponencial</i>	<i>Não indica</i>	<i>Cúbica</i>	<i>Cúbica</i>
<i>Teor de Aglomerante adotado (cimento+material pozolânico)</i>	<i>120 a 251 kg/m<sup>3</sup></i>	<i>120 a 130 kg/m<sup>3</sup></i>	<i>60 a 125 kg/m<sup>3</sup></i>	<i>60 a 105 kg/m<sup>3</sup></i>
<i>Relação – (Pasta/Argamassa) obtida</i>	<i>39% a 50%</i>	<i>40% a 45%</i>	<i>38% a 52%</i>	<i>33% a 45%</i>
<i>Teor de Pasta obtido</i>	<i>17% a 16%</i>	<i>18% a 19%</i>	<i>19% a 22%</i>	<i>20% a 28%</i>
<i>Relação- Areia/ Agregado Total usada</i>	<i>28% a 27%</i>	<i>27% a 34%</i>	<i>27% a 40%</i>	<i>42% a 53%</i>
<i>Massa Específica (Valor Nominal)</i>	<i>2,35 a 2,50 t/m<sup>3</sup></i>	<i>2,35 a 2,51t/m<sup>3</sup></i>	<i>2,34 a 2,51t/m<sup>3</sup></i>	<i>2,42 a 2,51t/m<sup>3</sup></i>
<i>Massa Específica obtida</i>	<i>2,34 a 2,49 t/m<sup>3</sup></i>	<i>2,34 a 2,44t/m<sup>3</sup></i>	<i>2,28 a 2,51t/m<sup>3</sup></i>	<i>2,41 a 2,55t/m<sup>3</sup></i>
<i>Grau de Compactação obtido</i>	<i>95,4% a 99,4%</i>	<i>98,5% a 99,2%</i>	<i>91,7% a 99,8%</i>	<i>97,3% a 99,0%</i>
<i>Eficiência da Resistência à Compressão a 28 dias de idade</i>	<i>0,058 a 0,107 MPa</i>	<i>0,082 a 0,115 MPa</i>	<i>0,049 a 0,167 MPa</i>	<i>0,055 a 0,115 MPa</i>
<i>Resistência à Tração (Compressão Diametral) expressa como % da Resistência à Compressão</i>	<i>5% a 19%</i>	<i>15% a 20%</i>	<i>9% a 19%</i>	<i>6% a 19%</i>
<i>Coesão (como % da Resistência à Compressão)-Junta Tratada</i>	<i>20% a 26%</i>	<i>22% a 25%</i>	<i>Fracos Valores</i>	<i>22% a 37%</i>
<i>Ângulo de Atrito-Junta Tratada</i>	<i>57° a 64°</i>	<i>49° a 52°</i>	<i>46° a 67°</i>	<i>50° a 65°</i>
<i>Permeabilidade (m/s)</i>	<i>10<sup>-12</sup> a 10<sup>-10</sup></i>	<i>10<sup>-9</sup> a 10<sup>-8</sup></i>	<i>10<sup>-5</sup> a 10<sup>-6</sup></i>	<i>10<sup>-1</sup> a 10<sup>-9</sup></i>
<i>Custos-Materiais externos à Obra</i>	<i>5% a 10%</i>	<i>5,0% a 5,5%</i>	<i>≤ 5%</i>	<i>≤ 4%</i>

Figure 3.1- Dados Comparativos [1 a 32]

#### **4- COMENTÁRIOS**

**Os autores deste trabalho, de maneira geral, são de opinião de que se deva utilizar o material que proporcione o MAIOR BENEFÍCIO a um MENOR CUSTO.**

Pelos dados reportados tem-se:

- A adoção de finos no RCC, é de extrema valia para a melhoria das propriedades como já citado em outras referências [11; 13; 16; 17; 24; 25; 26; 31 e 32]
- Os finos utilizados não precisam, necessariamente, ser Fly Ash, ou Escoria, podendo ser um sub-produto do beneficiamento dos agregados (Pó de Pedra) [24; 31 e 32] ou um Silte [27; 28; 29].
- Considerando que para barragens gravidade, a resistência à compressão nem sempre é o requisito mais importante, é conveniente e prudente, buscar a utilização de finos a um baixo custo;
- A utilização de RCC, de baixo teor de cimento, como o citado pelo padrão de Alto Teor de Finos, atendendo à composição granulométrica proporciona, também, uma melhor termogenia à estrutura massa;
- O comportamento da junta de construção, com RCC de baixo teor de cimento (padrões Pobre e Alto Teor de Finos) deve ser analisado e solucionado de maneira a atender os requisitos de Projeto, com a utilização de um tratamento adequado, para garantir a Coesão necessária (visto que o atrito praticamente não se altera com a variação do consumo de cimento);
- O Coeficiente de Permeabilidade do RCC com Alto Teor de Finos é minorada [13] o que proporciona uma maior estanqueidade à estrutura, sem entretanto estar potencialmente fissurável pelo aumento do teor de material cimentício;
- O Grau de Compactação, que reflete um índice do desempenho do Controle de Qualidade das composições com Alto Teor de Finos praticamente supera a 97%;
- Os dados obtidos e fornecidos, não justificam a necessidade de dogmatizar diferenças entre as várias dosagens praticadas para o CCR (ou RCD ou Lean ou High Paste), a menos de se caracterizar uma Marca Registrada !

#### **5. INVESTIGAÇÕES EM LABORATÓRIO**

##### **5.1. Escopo**

O Laboratório de Concreto de FURNAS, tem investigado o CCR com alto teor de finos, utilizando como material cimentício o cimento complementado com os seguintes materiais finos: cinza volante (fly-ash), sílica ativa e o agregado pulverizado.

A pesquisa em pauta abrange estudos de concreto nos seus estados fresco e endurecido [33 a 36]. As Tabelas 5.1.1 a 5.1.3 apresentam composições com diferentes materiais finos, para o teor de material cimentício de 160 kg/m<sup>3</sup> e com variação nos teores de água. Os ensaios são ilustrados a seguir:

##### **5.2. Ensaio com o Concreto Fresco**

O coeficiente de permeabilidade do concreto fresco, determinado utilizando o procedimento descrito em [34], apresenta os valores mostrados na Figura 5.2.1.

Tabela 5.1.1 - Composição do CCR com Cinza Volante - Variação da Água Unitária

Composição	F80/80				F100/60				F120/40			
Cimento	80				100				120			
Fly Ash	80				60				40			
Água	120	130	140	150	120	130	140	150	120	130	140	150
Areia	900				900				900			
Granito	1254	1228	1200	1174	1264	1236	1210	1184	1272	1246	1218	1192

Tabela 5.1.2 - Composição do CCR com Granito Pulverizado - Variação da Água Unitária

Composição	G80/80			G100/60			G120/40		
Cimento	80			100			120		
Granito Pulverizado	80			60			40		
Água	130	135	140	130	135	140	130	135	140
Areia	900	1000	1100	900	1000	1100	900	1000	1100
Granito	1304	1290	1278	1306	1294	1280	1308	1296	1282

Tabela 5.1.3 - Composição do CCR com Sílica Ativa - Variação da Água Unitária

Composição	S80/20				S100/20			
Cimento	80				100			
Sílica	20				20			
Água	120	130	135	140	120	130	135	140
Areia	1000				1000			
Granito	1248	1222	1208	1196	1232	1206	1192	1178

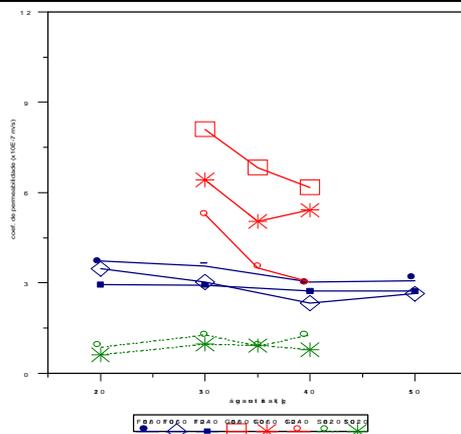


Figura 5.2.1 - Permeabilidade do Concreto Fresco

### 5.3. Ensaio com o Concreto Endurecido

### 5.3.1. Resistência à Compressão

Os ensaios de resistência à compressão nas idades de 90 dias estão ilustrados na Figura 5.3.1.

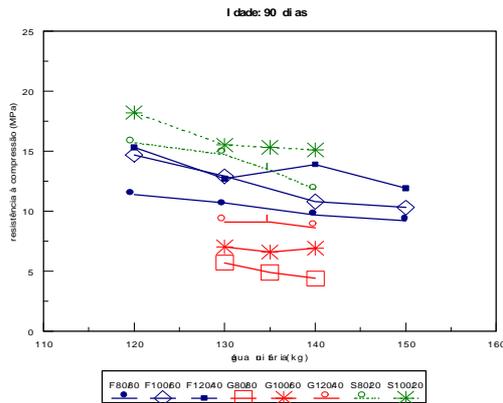
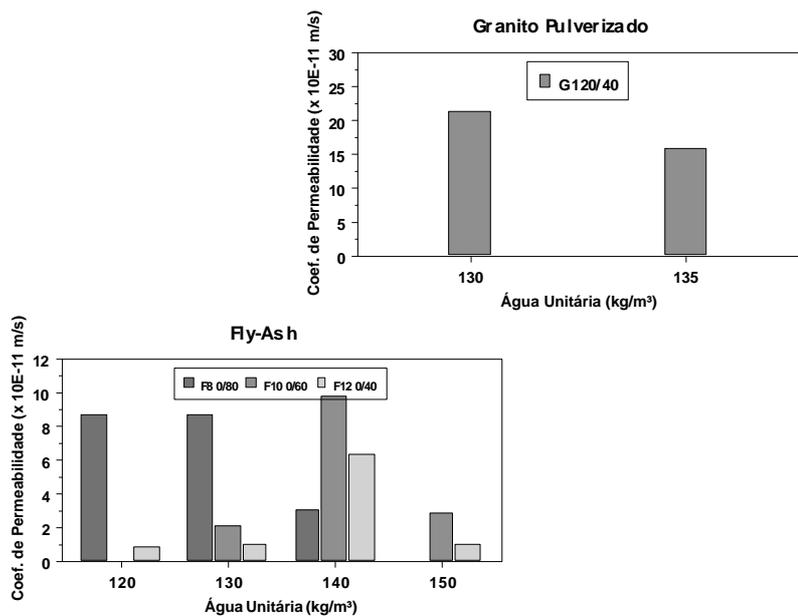


Figura 5.3.1 - Resistência à Compressão

### 5.3.2. Permeabilidade

A permeabilidade do concreto endurecido, determinada segundo o procedimento do Bureau of Reclamation, é ilustrada na Figura 5.3.2. [36]



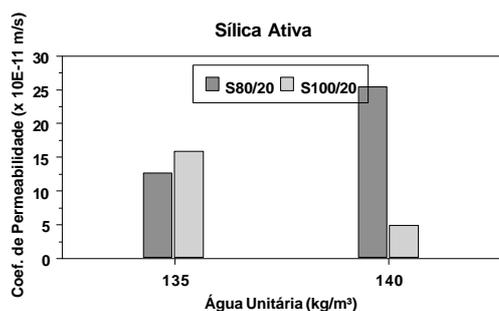


Figura 5.3.2 - Permeabilidade do Concreto Endurecido

## 6- RECOMENDAÇÕES

Os autores recomendam, ***fortemente*** os cuidados de buscar composições granulométricas que proporcionem misturas “fechadas” e coesas, com atenção fundamental ao teor de Finos.

O tipo de Finos a ser adotado dependerá da disponibilidade para cada obra, mas é prudente lembrar que a escolha seja feita com bases técnico-econômicas.

O parâmetro do Grau de Compactação é um elemento de avaliação do Desempenho do Controle de Qualidade e deve ser usado como advertência, mesmo nos casos em que a Massa Específica mínima requerida seja muito inferior ao valor teórico da mistura .

## 7- REFERÊNCIAS

- [1]- **Dunstan ,M. R. H.**; “Rolled Concrete- With Particular Reference to its use as a Hearting Material in Concrete Dams” - Concrete Society , London –1978;
- [2]- **Richardson, A.T.**- “Upper Stillwater Dam Roller Compacted Concrete Design and Construction Concepts”- Transactions –XV International Congress on Large Dams Q57- Lausanne-May-1985;
- [3]- **Dunstan ,M. R. H.**;( 312-3130 Speakers on Question 57 - “What are the Optimum Concrete Proportions and Construction Procedures for Roller - Compacted Concrete in Order to minimize Leakage Through Joints? - XV ICOLD -Lausanne - 1985
- [4]- **Dunstan ,M. R. H.**; “Design and Construction Considerations for Roller Compacted Concrete Dams”- Water Power and dam Construction, London -January 1986;
- [5]- **Dunstan ,M. R. H.**; “Design and Construction Considerations for Roller Compacted Concrete Dams”- XVI ICOLD -San Francisco - 1988
- [6]- **Kokubu, Masatane; Shimizu, Shigeaki; Jojima, Seishi**- “Present State and Problems of Rationalized Construction of Concrete Dams in Japan”- XV ICOLD - Lausanne- 1985
- [7]- **Yamaguchi, Takeshi; Harada, Joji; Okada, Teruo; Shimada, Shoichi**- “Construction of Tamagawa Dam by the RCD Method”- XV ICOLD - Lausanne- 1985
- [8]- **Yamaguchi, Jinro; Ohyabu, Katsumi; Kato, Toshiharu; Kamata, Toshiharu**- “Construction Work and Quality and Temperature Control for Tamagawa RCD Dam”- XVI ICOLD- San Francisco- 1988
- [9]- **CRD-C- 161**- “Standard Practice for Selectin Proportions for Roller-Compacted Concrete (RCC) Pavement Mixtures Using Soil Compaction Concepts- U.S. Army Corps of Engineers;

- [10]- **Andriolo, F.R.**- “Contribuições para o Conhecimento e Desenvolvimento do Concreto Rolado”- São Paulo-Brazil-1989;
- [11]- Handbook for Concrete and Cement- Corps of engineers-US Army;
- [12]- **Pacelli de Andrade, W. et alli**- “Construção e Controle do Concreto Compactado a Rolo para as Ensecadeiras Galgáveis da Usina Serra da Mesa- Aproveitamento Hidrelétrico de São Felix”- XVIII Seminário Nacional de Grandes Barragens - Foz do Iguaçu -Brazil -1989
- [13]- **Andriolo, F.R.**-“The Use of Roller Compacted Concrete”- Editora Oficina de Textos- São Paulo- Brasil-Novembro/1998;
- [14]- **Forbes, B.A.** - “The Development and Testing of Roller Compacted Concrete for Dams in Australia”- XVI ICOLD Congress - San Francisco-1988
- [15]- **Bouyge, B.; Garnier, G.; Jensen, A.; Martin, J.P.; Sterenberg, J.**- “Construction et Contrôle d’un Barrage en Béton Compacté au Rouleau (BCR) : Un Travail D’Equipe”- XVI ICOLD Congress- San Francisco- 1988;
- [16]- **Bencheikh, L.; Tayae, M.; Jafrane, S.; Lahlou, K.**- “Barrage Ain Al Koreima en Béton Compacte au Rouleau, À Base D’Alluvions Naturelles Conception et Composition du Béton”- XVI ICOLD Congress- San Francisco-1988;
- [17]- **Arjouan, M.; Chraïbi, A.F.; Ejjaouani, H.**- “Utilisation du Béton Compacté au Rouleau dans les Barrages de Faible Importance: Cas du Barrage de Rwedat”- XVI ICOLD Congress - San Francisco-1988;
- [18]- **Morsman, D.E.; Lawler, L.E.; Seimear, J.R.**- “Construction of Two Spillways Using roller Compacted Concrete”- Roller Compacted Concrete - ASCE Symposium - May-1985;
- [19]- **Reeves, G.N.; Yates, L.B.**- “Simplified Design and Construction Control for Roller Compacted Concrete”- Roller Compacted Concrete - ASCE Symposium - May-1985
- [20]- **Lemons, R.M.**- “A Combined RCC and Reinforced Concrete Spillway”- Roller Compacted Concrete II - ASCE Symposium - March-1988;
- [21]- **Dolen, T.P.; Tayabji, S.D.**- “Bond Strength of roller compacted Concrete”- Roller Compacted Concrete II - ASCE Symposium - March-1988;
- [22]- **Obelholzer, G.L.; Lorenzo, A.; Schrader, E.K.**- “Roller Compacted Concrete Design for Urugua-i Dam”- Roller Compacted Concrete II - ASCE Symposium - March-1988;
- [23]- **Bouyge, B.; Langois A.P.; Martin, J.P.**- “Quality of Works in RCC in France”- Roller Compacted Concrete II - ASCE Symposium - March-1988;
- [24]- **Tavares, M.; Schmidt, M.T.; Resende, F.; Fontoura, P.T.; Andriolo, F.R.**- “Capanda-Angola Hydroelectric Development- Quality Control of Materials and Conventional and Roller Compacted Concrete”- International Symposium on Roller Compacted Concrete Dams - Santander Spain- October-1995;
- [25]- **Oliveira, P.J.; Salles, F.M.; Andriolo, F.R.**- “Studies of Various Types of RCC Mix Design- Laboratory Test Results”- International Symposium on Roller Compacted Concrete Dams - Santander Spain- October-1995;
- [26]- **GOLIK, Miguel A.; ANDRIOLO, Francisco R.**- “Urugua-i (C.C.R.) - Controle de Qualidade do Concreto Lançado no Tramo Principal da Barragem”-XVIII Seminário Nacional de Grandes Barragens. Foz do Iguaçu, Brasil, Abril 1989;
- [27]- **Dantas, J.E.E.; Holanda, F.G.**- “CCR- Uma Realidade Nacional Açude Público Saco de Nova Olinda- Paraíba”- XVII Seminário Nacional de Grandes Barragens - Brasília-Brasil-1987

- [28]- **Holanda, F.G.; da Silva, R. F.; Moruzzi, A. C.; Rocha, C.C.A.**- “Utilização de Quartzito Britado como Agregado de CCR nos Aproveitamentos Múltiplos Jequitá I e II - 1o. Simpósio de Obras em Concreto Compactado com Rolo - CBGB- IBRACON - IE- São Paulo - Abril/1995
- [29]- **Holanda, F.G.; Santos, M.G.; Rocha, C.C.A.**- “Estudos de Dosagens de Concretos Compactado a Rolo -CCR- nos Aproveitamentos Múltiplos Jequitá I e II”- 1o. Simpósio de Obras em Concreto Compactado com Rolo - CBGB- IBRACON - IE- São Paulo - Abril/1995
- [30]- **Lucena, A.M; Carmo, J.B.M.; Freire Jr.,J.A.; Fontoura, T.F.; Andrade, W.P.**- “Concreto Compactado com Rolo Aplicado na Barragem de Canoas- Ceara”- 1o. Simpósio de Obras em Concreto Compactado com Rolo - CBGB- IBRACON - IE- São Paulo - Abril/1995.
- [31]- **Salles,F. M; Oliveira, P.J.; Andriolo, F.R.**- “Crushed Powder Filler - The Use on RCC and the Reduction of the Expansion due to the Alkalies- Aggregate Reaction “-International Symposium on Roller Compacted Concrete Dams - Santander Spain- October-1995
- [32]- **Krempel, A.F.; Andriolo, F.R.**- “The Use of Basaltic Rock Crushed Powder (Filler) in the RCC”- International Symposium on Roller Compacted Concrete Dams - Santander Spain- October-1995
- [33] **Pacelli de Andrade, W.** – “Pesquisas e Perspectivas de Futuro Envolvendo o CCR – Relato do Tema V – 2º Seminário Nacional de Concreto Compactado com Rolo – Curitiba – 1996;
- [34] **Pacelli de Andrade, W. et alli** – “Coeficiente de Permeabilidade do Concreto Compactado com Rolo no Estado Fresco” – Relato do Tema V – 2º Seminário Nacional de Concreto Compactado com Rolo – Curitiba – 1996;
- [35] **Vicari, Luciano Faria et alli** – “Estudos de CCR com Alto Teor de Finos” – 3º Seminário Nacional de Concreto Compactado com Rolo – Foz do Iguaçu – 1998;
- [36] **Equipe de FURNAS – Editor Walton Pacelli de Andrade** – “Concretos: massa, estrutural, projetado e compactado com rolo – ensaios e propriedades” – Editora Pini, São Paulo-SP, 1997.