



SIMPÓSIO

**DE OBRAS EM CONCRETO
COMPACTADO COM ROLO**

SÃO PAULO, 25 E 26 DE ABRIL DE 1995

Derivação do Rio Jordão -
Programa de Caracterização
de Materiais e Concretos

CBGB

IBRACON

IE-SP

DERIVAÇÃO DO RIO JORDÃO - PROGRAMA DE
CARACTERIZAÇÃO DE MATERIAIS E CONCRETOS

ENGº ANTONIO FERNANDO KREMPEL	- Companhia Paranaense de Energia
ENGº CELSO CHINELI CREVILARO	- Companhia Paranaense de Energia
ENGº FRANCISCO RODRIGUES ANDRIOLO	- Consultor
ENGº FRANCISCO GLADSTON HOLANDA	- Consultor

RESUMO: Aborda o programa desenvolvido para caracterização dos agregados, aglomerantes e aditivos para produção dos concretos convencionais (CCV) e concreto compactado a rolo (CCR), a serem aplicados na execução da barragem da Derivação do Rio Jordão, complementação da Usina Hidrelétrica Segredo.

Descreve ainda o cronograma de todas as etapas, dos estudos bem como da instalação de britagem provisória e outros equipamentos para produção de CCV e do CCR.

1. INTRODUÇÃO

As obras para Derivação do Rio Jordão estão sendo executadas a cerca de 5,0 km a montante de sua foz, na divisa dos municípios de Pinhão e Cândói, no Estado do Paraná, Brasil.

O barramento do Rio Jordão e seu desvio através de um túnel escavado em rocha tem o objetivo de proporcionar uma complementação de vazão para a Usina Hidrelétrica de Segredo, no rio Iguaçu.

Para aproveitamento desta vazão foi projetada uma pequena Casa de Força com equipamento para geração de 6.5 MW.

ESTADO DO PARANÁ

0 20 40 60 80 km

ESCALA

PARA GUARAPUAVA
CURITIBA E PARANGABA

PAZ

SECRET. DO CÂNDIO

POINTE

ALUTCHER

DERIVAÇÃO RIO JORDÃO

ACAMPAMENTO

ACESSO EXCLUSIVO A OBRA

U.M. SEGRE. P.

As principais quantidades envolvidas são apresentadas no quadro 1.

QUADRO 1 - PRINCIPAIS QUANTIDADES PREVISTAS

	UNIDADE	QUANTIDADE
COMPRIMENTO DA BARRAGEM	m	560,0
ALTURA DA BARRAGEM	m	80,0
VOLUME DE CONCRETO CONVENCIONAL	m ³	77.000,0
VOLUME DE CCR	m ³	570.000,0
ESCAVAÇÃO ROCHA CÉU ABERTO	m ³	697.000,0
ESCAVAÇÃO ROCHA SUBTERRÂNEA	m ³	340.000,0
ESCAVAÇÃO COMUM	m ³	460.000,0

2. CARACTERÍSTICAS DO CONTROLE DE QUALIDADE

Particularmente para as estruturas de concreto da Derivação do Rio Jordão, o contrato contempla a execução, pela Empreiteira, de todos os ensaios seja de caracterização como de controle tecnológico.

As dosagens dos concretos devem ser propostas pela contratada e submetidas à aprovação da COPEL, baseadas nos ensaios de caracterização dos materiais cuja utilização é prevista.

Os itens subseqüentes abordam o programa de ensaios proposto e o cronograma de implantação.

O conceito adotado neste contrato foi de que a supervisão permanece inerente ao contratante sendo que o construtor participa diretamente dos benefícios gerados pela redução de consumos, aplicação de novas técnicas e de equipamentos mais apropriados.

3. PROCEDIMENTOS EXECUTIVOS DE CARACTERIZAÇÃO

A caracterização dos materiais e os programas de dosagem dos concretos CCV e CCR foram subdivididos em vários procedimentos, cada qual abrangendo uma parcela dos estudos, dentre os quais são destacados:

- Programa de ensaios de caracterização tecnológica de rocha basáltica para uso em misturas de concreto.
- Programa de ensaios de caracterização de materiais aglomerantes e cinza volante.

3.1. PROGRAMA DE CARACTERIZAÇÃO DE ROCHA

Os agregados graúdo e miúdo para uso na obra do Jordão são oriundos de rocha basáltica, cujas características principais são amplamente conhecidas pelos empreendimentos já executados na bacia do rio Iguaçu, notadamente a Usina Hidrelétrica Segredo que situa-se nos mesmos derrames.

Apesar deste historico foram programados os ensaios para agregado graúdo, areia artificial e pó de pedra, baseados nas especificações técnicas e normas pertinentes, dos quais listamos:

- **agregado graúdo**

NOME DO ENSAIO	MÉTODO NBR	MÉTODO ASTM - C
Granulometria	7217	-
Partículas passantes na peneira n° 200	7219	-
Massa Específica e Absorção		127/128
Massa Unitária	7215	-
Reatividade - Método Químico	9774	289
Reatividade - Método Acelerado (NBR1)	-	-
Fator de Forma	7804	-
Abrasão Los Angeles	6465	-

- **areia artificial**

NOME DO ENSAIO	MÉTODO NBR	MÉTODO ASTM - C
Granulometria	7217	-
Partículas passantes na peneira n° 200	7219	-
Índice de Matéria Orgânica	7220	-
Torrões de Argila	7218	-
Massa Específica e Abrasão	9937/9777	-
Massa Unitária	7215/7810	-
Reatividade Método Químico	9774	289
Reatividade Método Acelerado (NBR1)	9773*	-
Qualidade da Areia	7221	-

* Modificado

- **agregado pulverizado**

NOME DO ENSAIO	MÉTODO NBR	MÉTODO ASTM - C
Análise Química		
Granulometria a vácuo		
Redução da Expansão		41169
Fixação da Cal	Proc. 1-02-53 (Furnas)	
Hidróxido de Cálcio não Combinado		C-500

3.2. PROGRAMA DE CARACTERIZAÇÃO DE AGLOMERANTES

Apesar de ter sido previsto o uso de cinza volante, razões de ordem econômica tem inviabilizado sua aplicação. Desta forma os estudos ficaram restritos a cimentos pozolânicos com adições de 15,20 e 30% de Fly-ash.

Os cimentos foram analisados quanto às suas propriedades físicas e químicas como segue:

- ensaios químicos

NOME DO ENSAIO	MÉTODO NBR
SiO ₂	5742
Al ₂ O ₃	5742
Fe ₂ O ₃	5742
CaO total	5742
CaO livre	7227
MgO	5742
SO ₃	5745
K ₂ O	5747
Na ₂ O	5747
Teor de Alcalis Solúveis	5747
Resíduo Insolúvel	5744

- propriedades físicas e físico-químicas

NOME DO ENSAIO	MÉTODO NBR	MÉTODO ASTM - C
Finura Blaine	7224	
Expansão ou Contração em Autoclave		151
Varição da Retração Por Secagem	CB-18:1,7	
Calor de Hidratação aos 7 dias		186
Finura na peneira n° 200	7215	
Finura na peneira n° 325	9202	
Massa específica	6474	
Resistência a Compressão - aos 03 dias - aos 07 dias - aos 28 dias - aos 90 dias	7215	
Tempo de pega - inicial - final	7215	
Reatividade (capacidade de inibição)	9773	

Os resultados obtidos nestes ensaios listados possibilitaram a aplicação das diretrizes para estudos de dosagens de concretos convencionais e compactados a rolo (CCR).

3.3. DOSAGENS DE CONCRETOS CONVENCIONAIS

Estas diretrizes visam estabelecer sistemáticas para execução dos estudos de dosagens de misturas de concretos convencionais.

Nestes estudos de concretos são avaliadas as características:

- no estado fresco

MÉTODO DE ENSAIO	MÉTODO NR	MÉTODO ASTM
Slump	7223	
Temperatura		
Peso Unitário	11686	
Teor de Ar Incorporado	11686	
Início de Pega	9832	

- no estado endurecido

MÉTODO DE ENSAIO	MÉTODO NBR	MÉTODO ASTM - C
Resistência à Compressão - aos 28 dias - aos 90 dias - aos 180 dias	5739	
Módulo de Elasticidade - aos 28 dias - aos 90 dias - aos 180 dias	8522 (Modificada)	
Ruptura Diametral - aos 28 dias - aos 90 dias - aos 180 dias	4222	
Permeabilidade	10.786.189	

3.4. DOSAGENS DE CONCRETOS CCR

A finalidade estabelecida nas diretrizes básicas é a elaboração de dosagens experimentais de misturas de CCR de modo a definir as misturas a serem empregadas na obra. As características avaliadas são:

- no estado fresco

MÉTODO DE ENSAIO	MÉTODO NBR	MÉTODO ASTM - C
Índice de trabalhabilidade Vêbê	Furnas - 10609	
Massa unitária estado fresco (peneirado e integral)	10609	
Teor de ar incorporado	-	231
Temperatura dos materiais e do CCR		

- no estado endurecido

MÉTODO DE ENSAIO	MÉTODO NBR	MÉTODO ASTM - C
Compressão simples	5739	
Compressão diametral	7222	
Módulo de deformação	8522*	
Coefficiente de Poisson	8522	
Permeabilidade	10786/89	

*Modificado

NOTA: Os ensaios de fluência, calor específico, elevação adiabática, coeficiente de expansão térmica e difusibilidade térmica não foram previstos pelas especificações da obra pela dificuldade dos mesmos serem realizados pela Empreiteira. A COPEL está realizando programa de ensaios para a Usina de Salto Caxias, incluindo estes parâmetros.

4. CRONOGRAMA DE TRABALHO

O cronograma apresentado a seguir mostra o desenvolvimento das atividades relacionadas com o estabelecimento dos procedimentos executivos para caracterização dos materiais, a realização dos ensaios propriamente ditos e a associação destas informações com a necessidade de aplicação das dosagens no aterro teste.

Este aterro experimental, por condições de contrato, tem sua realização estabelecida com antecedência de 90 dias em relação ao início previsto do CCR da Barragem.

5. COMENTÁRIOS

O prazo disponível para uma completa caracterização dos materiais é bastante exíguo neste caso, devido às particularidades da obra. É requerido o início da aplicação de concreto convencional no início do mês 6 e de CCR no mês 8, resultando em prazos mínimos para a coleta de todos os dados.

A utilização de agregados produzidos em instalação de britagem provisória visa a realização de dosagens com um mínimo de correspondência com os materiais da instalação definitiva, cuja implantação ocorre em paralelo com os estudos de dosagens.

O conhecimento prévio dos materiais e suas características, pelo uso em empreendimentos anteriores ou investigações preliminares, permite a sua aplicação em concretos sem que se tenha os resultados finais dos ensaios com confortável margem de segurança.

6. REFERÊNCIAS

- Especificações Técnicas - Contrato D.01 - Obras Cíveis da Derivação Rio Jordão.
- Usina Hidrelétrica de Salto Caxias - Programa de ensaios de CCR - Relatório não Publicado - COPEL/DPHS/VCCR.
- Programa de Ensaios de Dosagens Experimentais de Concretos Convencionais - OBJOR-010-CQ-002 - não publicado - Consórcio Ivai-Del Favero.
- Programa de Ensaios de Dosagens Experimentais de Concretos Compactado a Rolo - OBJOR-204-CQ-005 - não publicado - Consórcio Ivai-Del Favero.
- Programa de Caracterização Tecnológica de Rocha Basáltica para uso em Misturas de Concreto (Convencional e CCV) - Relatório não publicado - OBJOR-011-CQ-007 - Consórcio Ivai-Del Favero.
- Programa de Ensaio de Materiais Aglomerante - Relatório não publicado - OBJOR-011-CQ-008 - Consórcio Ivai-Del Favero.

CRONOGRAMA DE TRABALHO

ITEM	DESCRIÇÃO	ANO 1							
		MÊS 1	MÊS 2	MÊS 3	MÊS 4	MÊS 5	MÊS 6	MÊS 7	MÊS 8
1	ATERRO EXPERIMENTAL								
1.1	Instalação de Britagem Provisória								
1.2	Produção de Brita								
1.3	Instalação Mistura 1 Mill								
1.4	Fornecimento de Cimento Especial								
1.5	Ensaio Cimento especial								
1.6	Ensaio Agregados								
1.7	Desenvolvimento Traços CCR/CCV								
1.8	Resultados dos Traços CCR/CCV								
1.9	1º Relatório								
1.10	Análise do Relatório								
1.11	Ensaio dos Concretos CCR/CCV								
1.12	Verificação Traço Exp								
1.13	Execução Aterro Exp								
1.14	2º Relatório								
2	PROCEDIMENTOS EXECUTIVOS								
2.1	Ensaio de Cimento								
2.2	Ensaio de Pozolana								
2.3	Ensaio de Agregado Pulverizado								
2.4	Ensaio de Agregado Graúdo								
2.5	Dosagem CCR								
2.6	Dosagem Convencional								
2.7	Propriedades Especiais CCR/CCV								
2.8	Controle Tecnológico								
2.9	Aterro Experimental								