

III SEMINÁRIO NACIONAL DE CONCRETO COMPACTADO

COM ROLO



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



anais

Comparação de Custos do CCR a Partir de  
Vários Projetos

FOZ DO IGUAÇU - PR - BRASIL - 1998

# **Comparação de Custos do CCR a Partir de Vários Projetos**

**Andriolo, Francisco Rodrigues**

*Engenheiro Consultor- Brazil*

**Blinder, Simão**

*Engenheiro Consultor- Brazil*

**Krempel, Antonio Fernando**

*COPEL - Companhia Paranaense de Energia - Brazil*

## **Resumo**

Os custos envolvidos em vários Projetos já executados e em construção são apresentados nesta publicação. São apresentados dados que induzem à discussão nos itens mais relevantes do processo construtivo. Considerações sobre a concepção da estrutura na fase de Projeto, materiais, fôrmas, equipamentos de produção, transporte, espalhamento e compactação bem como mão de obra são apresentados para o debate.

## **1-INTRODUÇÃO**

A utilização da técnica do RCC- Roller Compacted Concrete, na construção de Barragens emergiu teoricamente no início dos anos 70, e praticamente sobressaiu-se a partir dos anos 80, sendo que em 1995, quase de 2 centenas de barragens já se construiu com essa metodologia.

Essa evolução crescente é significativa e notória, entretanto alguns debates permanecem principalmente no que se refere aos custos, das varias opções de tipo de face de impermeabilização, considerações sobre a utilização de "Bedding Mix" e, até mesmo, o próprio custo do CCR.

Neste ponto surge o interesse de se fazer algumas comparações de opções técnicas, de disponibilidades de materiais e, de mão de obra, com os respectivos reflexos nos custos, justamente com a intenção de avaliar as implicações, como se descreve neste trabalho.

## 2- CONDICIONANTES E CUSTOS BÁSICOS DE REFERÊNCIA

### 2.1- Generalidades

Para as comparações que se estabelecem e a análise decorrente, se adotaram dados de referência considerando um Barramento Hipotético.

Esse barramento hipotético tem similaridades às Barragens de Uruguai (Província de Misiones, na Argentina) e a da Derivação do Rio Jordão (COPEL-Pr.- Brasil), mostradas nas Figuras 02 e 03.

A Referência Básica diz respeito às possibilidades de execução do CCR em locais onde o custo da Mão de Obra é relativamente “barata” (caso particular do Brasil e de vários Países da América do Sul, bem como de outros Países). Para que não ocorresse distorção, considerou-se também uma comparação com os custos de Mão de Obra mais altos (America do Norte, Europa como referência)

### 2.2 - Dados da Barragem Hipotética

Para um exercício sobre o tema considerou-se uma barragem hipotética, com os seguintes dados básicos:

Item	Informação
Volume de RCC	600.000 m <sup>3</sup>
Volume de Concreto Convencional	100.000m <sup>3</sup>
Altura da Barragem	80m
Comprimento da Crista	600m
Área frontal da barragem	32.000m <sup>2</sup>
Distância entre Blocos	20m
Área de juntas de contração	20.000m <sup>2</sup>
Área da superfície do Vertedouro	25.000m <sup>2</sup>
Área da superfície de jusante exceto Vertedouro	18.000m <sup>2</sup>
Área de superfície de Galerias	8.000m <sup>2</sup>
Vertedouro Incorporado no meio da Barragem Extensão de	300m
Prazo de construção	18 meses
Pico de Produção Mensal	50.000m <sup>3</sup>

**FIGURA 01- DADOS DA BARRAGEM HIPOTÉTICA**



**FIGURA 02- BARRAGEM DE URUGUA-I (ARGENTINA)**



**FIGURA 03- BARRAGEM DA DERIVAÇÃO DO RIO JORDÃO-(COPEL-PR-BRASIL)**

## 2.3- Requisitos Técnicos

Admitiu-se a imposição dos seguintes requisitos técnicos:

Item	Informação
Agregados Graúdos Britados a partir de Rocha escavada	Britados
Agregado Miúdo ( distância variável 50 -100-150 200Km)	Areia natural
Agregado miúdo –Artificial- Produzida na Obra	Areia Artificial
Massa específica dos agregados (Basalto)	2,9 t/m <sup>3</sup>
Densidade aparente	1,65 t/m <sup>3</sup>
Material Pozolânico –Fonte Produtora à 1000 Km	Cinza Volante
Cimento - Fábrica à 500 Km	500Km
Aditivo Incorporador-Concreto Convencional	0,5 Kg/m <sup>3</sup>
Aditivo Retardador-Plastificante – Concreto Convencional	1,5 Kg/m <sup>3</sup>
Curva Granulométrica para Composição	$p = (d/D_{max})^{1/3}$
Resistência Mínima Requerida para o RCC (fck)	80 Kgf/cm <sup>2</sup> aos 180 dias de Idade
Grau de Compactação	98%
Concretos de Face, Berço, Galerias	180 Kg/m <sup>3</sup>
Concreto da Face de Escoamento do Vertedouro	300 Kg/m <sup>3</sup>

**FIGURA 04-REQUISITOS TÉCNICOS RELEVANTES**

## 2.4- Dados de Dimensionamento

Item	Informação
Capacidade efetiva da central de concretos Pico Mensal /horas mês	50.000/400 = 125m <sup>3</sup> /h
Capacidade nominal da central de concretos	125*2,5*1,6 > 500t/h
Cimento necessário : RCC =( 80 Kgf/cm <sup>2</sup> x1,20/1,5)	65 adotado = 80Kg/m <sup>3</sup>
Quantidade de água	140Kg/m <sup>3</sup>
Volume de agregados para o concreto (L/m <sup>3</sup> ) = [1000-(5%ar)-(80/3,15cimento)-(140L agua)	784 L
Quantidade de agregados (kg/m <sup>3</sup> )=(0,784x2.900)	2,275 Kg/m <sup>3</sup>
Agregados soltos ( 2,275 t/1,65 t/m <sup>3</sup> )(m <sup>3</sup> de agregado)/ (m <sup>3</sup> de concreto)	1,38m <sup>3</sup>
Capacidade Efetiva da Central de Beneficiamento de agregados= 125x1,38	175m <sup>3</sup> /h (nota)
Distância média de Transporte dos Concretos (ida e volta)	2Km
Caminhão Basculante 25t-capacidade de transporte	20m <sup>3</sup> /h
Caminhão Betoneira 7m <sup>3</sup> – capacidade de transporte	10m <sup>3</sup> /h
Correias Transportadora 2x( L=700m, 30")	125m <sup>3</sup> /h
Rolo Compactador 10t- CC-43 Dynapac	125m <sup>3</sup> /h
Trator Bulldozer de lâmina frontal - Cat D6	125m <sup>3</sup> /h
Central de ar comprimido- instalado	2500pcm

*Nota: A capacidade do Sistema de Beneficiamento de Agregados deve ser compatibilizada com o Cronograma, ou seja dimensionamento pelo Pico de Demanda ou ter maior capacidade de estocagem*

**FIGURA 05- DADOS DO DIMENSIONAMENTO DE EQUIPAMENTOS**

## 2.5- Equipamentos Básicos e Custos Unitários

É importante salientar que todas as comparações e valores citados, bem como os resultados, não incluem os custos de mobilização e desmobilização.

**2.5.1- Central de Beneficiamento de Agregados:** Considerado um Custo Unitário de 1,5 US\$/m<sup>3</sup>

**2.5.2- Central de Concretos:** Considerado um Custo Unitário de 1,0 US\$/m<sup>3</sup>

**2.5.3- Sistema de Pré-resfriamento do Concreto:** Admitido que os concretos convencionais devam ser lançados a 15 °C, com um gradiente de abaixamento da temperatura de 15 °C. Esse sistema atuaria somente nos concretos convencionais, a uma proporção de 10 % do total ou seja a 5000m<sup>3</sup>, no pico. Considerado uma incidência de cerca de 2,5 US\$/m<sup>3</sup> no concreto convencional de Face. A aplicação de gelo no concreto trará benefícios para a aplicação no revestimento da calha vertente.

**2.5.4- Exploração, Carga, Estocagem, Recarga, Transporte de Rocha em Pedreira:**Admitido um valor de 6 US\$/m<sup>3</sup> de rocha no corte, com uma relação de (densidade maciço/ densidade material britado solto)= 2,7/1,65, o que dá 6US\$(1,65/2,7)= 3,67 US\$/m<sup>3</sup> (de agregados solto). Incluindo 5% de Perdas, tem-se 3,85 US\$/m<sup>3</sup> (agregado solto na pilha), sendo adotado 4 US\$/m<sup>3</sup> de agregado solto na pilha.

*Nota: Caso se adote a extração de rocha nas escavações obrigatórias o valor no corte é maior (ao redor de 10 US\$)*

### 2.5.5- Transporte

**Opção caminhão:** Considerados os Custos Unitários de: 2,2US\$/m<sup>3</sup> (\*) e 4,1US\$/m<sup>3</sup> (\*\*) para o Caminhão Basculante e de 4,5US\$/m<sup>3</sup>(\*) e 6,0US\$/m<sup>3</sup>(\*\*) para o Caminhão Betoneira com base a:

- Adotado Caminhão Basculante tipo “Fora de Estrada”, com 22t-25t de capacidade de carga, com produtividade de 20m<sup>3</sup>/h
- Caminhão Betoneira de 7m<sup>3</sup> de capacidade, com produtividade de 10m<sup>3</sup>/h
- Acessos - Adotado cerca de 5Km de vias acessos

NOTAS=(\*) *Locais de Mão de Obra “Barata”*

(\*\*) *Locais de Mão de Obra “Cara”*

**Opção Correia Transportadora:** Considerado o Custo Unitário de 2,97 US\$/m<sup>3</sup>

**2.5.6- Espalhamento do CCR:** Adotado Trator Bulldozer com lâmina frontal, equivalente ao Cat-D-6, para executar 125m<sup>3</sup>/h, chegando-se a 0,28 US\$/m<sup>3</sup> (\*) e 0,50 US\$/m<sup>3</sup> (\*\*)

**2.5.7- Adensamento:** Adotado Rolo Vibratório de dois tambores, equivalente ao CC-43-Dynapac , para executar 125m<sup>3</sup>/h, chegando a 0,32US\$/m<sup>3</sup> (\*) e 0,52US\$/m<sup>3</sup> (\*\*). Para locais confinados adotado o Rolo liso CG-11 para uma produção de 30m<sup>3</sup>/h, correspondendo a 0,3US\$/m<sup>3</sup> (\*) e 0,5 US\$/m<sup>3</sup> (\*\*).

Para os concretos convencionais foram adotados vibradores a ar comprimido com capacidade de 10m<sup>3</sup>/h dando 0,2US\$/m<sup>3</sup> (\*) e 2US\$/m<sup>3</sup> (\*\*).

**2.5.8- Preparo- Limpeza das Juntas de Construção:** Considerou-se preparo básico, das juntas de construção, executado com a “espingarda de água e ar” , sendo que o concreto de berço será considerado como um parâmetro para análise, com a necessidade de 2500pcm de ar instalado, correspondendo a 0,48 US\$/m<sup>3</sup>

### 2.5.10- Formas:

- ◆ *Paramento Montante:* Adotada forma de madeira com revestimento metálico com chapa de 1,5mm, com 25 re-usos, com um custo de 15 US\$/m<sup>2</sup>. Considerada no concreto de face;
- ◆ *Vertedouro:* Adotada forma deslizante com um custo de 8 US\$/m<sup>2</sup> considerada no concreto do Vertedouro. Salieta-se que para barragens de menor altura, e/ou com baixa vazão específica a superfície do vertedouro pode ser executada em degraus,

reduzindo a necessidade de formas. Para efeito desta publicação-exercício, considerou-se a superfície de escoamento revestida.

- ◆ *Galerias*: Adotada forma de madeira com revestimento metálico com chapa de 1,5mm, com 25 re-usos, com um custo de 15 US\$/m<sup>2</sup>. A forma da galeria é considerada no CCR;
- ◆ *Degraus de Jusante*: Adotada forma metálica com 200 re-usos a um custo de 6 US\$/m<sup>2</sup>. A forma dos degraus esta considerada no CCR.
- ◆ *Formas induzidas para as juntas de contração*: Adotada forma induzida pela inserção de lâmina metálica recuperável e manta de PVC de 0,3mm, tendo sido adotado um custo de 1,00 US\$/m<sup>2</sup>. A forma induzida esta considerada no CCR.

#### 2.5.11- Transporte de Cimento, Cinza Volante e Areia Natural

- ◆ *Caminhões Cebolões*: Adotado um custo de 0,03 US\$/t.Km (considerado distância de ida);
- ◆ *Caminhões Basculantes*: Adotado um custo de 0,02 US\$/t.Km (considerado distância de ida).

**2.5.12- Guindaste Para Uso Geral:** Adotado Guindaste Móvel sobre pneus, com lança telescópica, com capacidade de 25t, a um custo horário de 48 US\$/h (\*) e 68US\$/h (\*\*). Equipamento destinado à movimentação de pré-moldados, formas e apoio aos trabalhos na praça de lançamento.

**2.5.13-Retroescavadeira Tipo 580-H:** Para usos gerais na execução do RCC correspondendo a 0,16US\$/m<sup>3</sup> (\*) e 0,36US\$/m<sup>3</sup> (\*\*)

#### 2.5.14- Mão de Obra :

- *Serviços gerais de concretagem*: Adotada uma equipe básica tendo uma incidência de (custos horários e encargos): 2,8 US\$/h (\*) e 19,5 US\$/h (\*\*), sendo composta por:
  - 1 encarregado
  - 1 feitor
  - 4 médios (*armador, carpinteiro, concretoiro, vibradorista, jatista, soldador, pedreiro, etc..*)
  - 4 ajudantes
- *Controle de Qualidade*: Incidirá em cerca de 1,00US\$/m<sup>3</sup>, considerando uma equipe de :
  - 1 Engenheiro
  - 2 Técnicos
  - 3 Laboratoristas
  - 5 Ajudantes
  - Equipamentos

#### 2.5.15- Insumos

Foram adotados para este exercício os seguintes insumos:

Item	Valor
Cimento – Fábrica	80 US\$/t
Cinza Volante – Termoelétrica	40 US\$/t
Areia natural – Porto de Exploração	6 US\$/t
Aço de construção- Obra	650 US\$/t
Aditivo Incorporador de Ar- Obra	0,5 US\$/Kg
Aditivo Retardador-Plastificante – Obra	1,5 US\$/Kg
Agua (cura, mistura e limpeza) adotado	0,2 US\$/m <sup>3</sup>

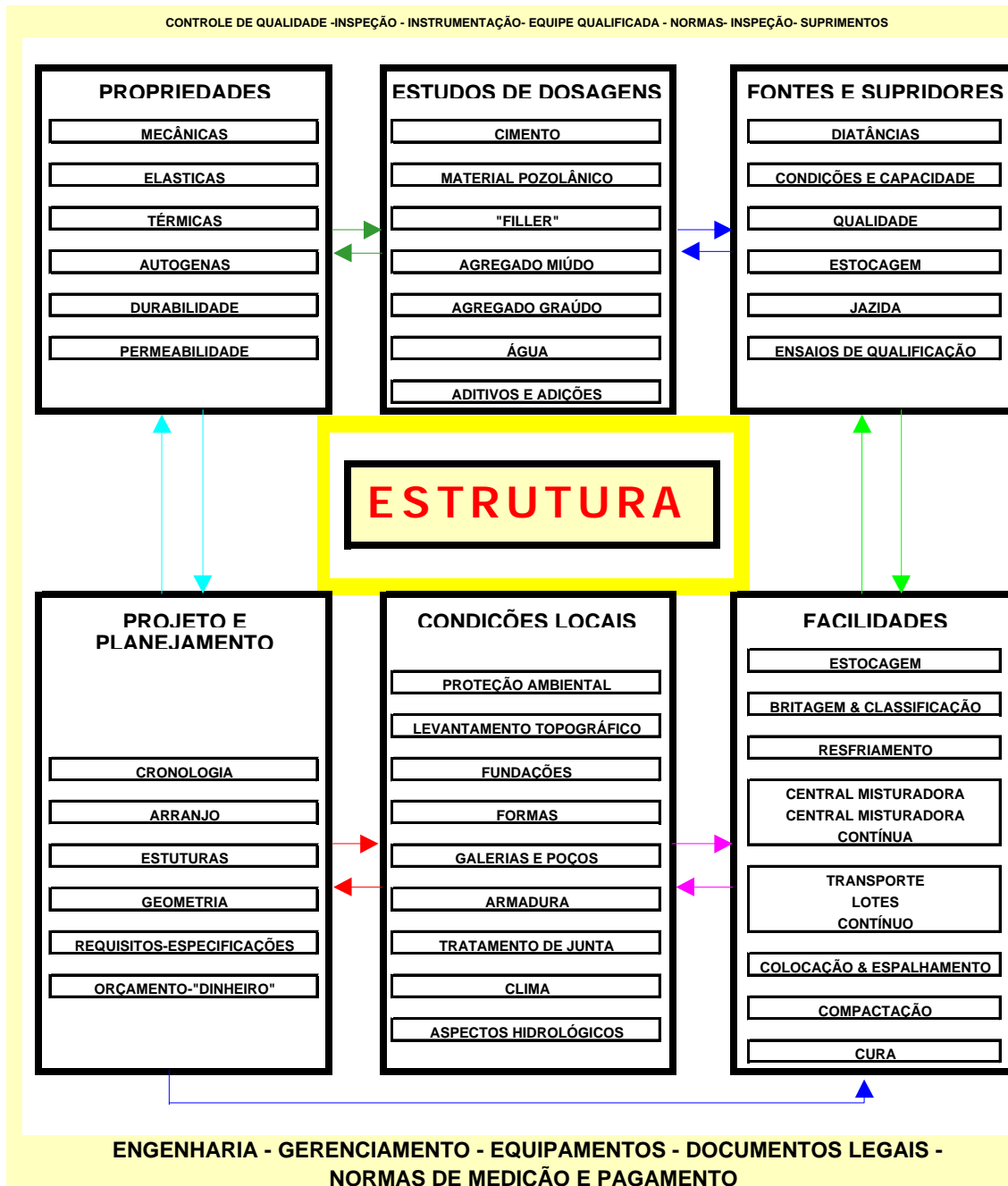
Veda-Juntas de PVC	50 US\$/m
Manta de PVC de espessura 2,5mm	8 US\$/m2

## 2.5.16- BDI e Taxas

Foi considerada uma única taxa para o cálculo dos **Benefícios e Despesas Indiretas-BDI**, incidindo sobre todos os custos de serviços equipamentos e materiais, e igual a **35%**

<b>COMPOSIÇÃO BÁSICA DE CUSTOS: (Indicação do assunto)</b>									
<b>COMPOSIÇÃO No.= Número de Tipo do Concreto</b>									
<b>Conceituação</b>									
DESCRIÇÃO	UNI	ÍNDICE	APLI	FATOR	CUSTO	CUSTO	FATOR	PREÇO	
	DADE		CAÇÃO	DE AÇÃO	UNITÁRIO	ÍTEM	PREÇO	ÍTEM	
E-001	Central de Beneficiamento de Agregados	US\$/m3							
E-002	Central de Concreto	US\$/m3							
E-003	Sistema de Refrigeração	US\$/m3							
E-004	Caminhão Basculante Concreto-MB 2214- 22t	US\$/m3							
E-005	Caminhão Betoneira - 7m3	US\$/m3							
E-006	Caminhão Cebolão para Cimento -30t	US\$/t.Km							
E-007	Caminhão Basculante para Areia	US\$/t.Km							
E-008	Correia Transportadora	US\$/m3							
E-009	Trator de Lâmina Frontal	US\$/m3							
E-010	Rolo Vibratorio Liso -CC43	US\$/m3							
E-011	Rolo Vibratório Liso Pequeno -CG-11	US\$/m3							
E-012	Vibradores de Imersão	US\$/m3							
E-013	Ar comprimido- Instalado 7500PCM	US\$/m3							
E-014	Guindaste Móvel sobre pneus lança telescópica 25t	US\$/m3							
E-015	Carregadeira Frontal- pá de 0,5m3	US\$/m3							
<b>EQUIPAMENTOS</b>									
M-001	Areia Natural	US\$/m3							
M-002	Cimento	US\$/t							
M-003	Agregados para Britagem-ROCHA ESCAVADA	US\$/m3							
M-004	Cinza Volante	US\$/t							
M-005	Aditivo- INCORPORADOR	US\$/Kg							
M-006	Aditivo- RETARDADOR PLASTIFICANTE	US\$/Kg							
M-007	Águas	US\$/m3							
M-008	Veda-Junta	US\$/m							
<b>MATERIAIS</b>									
O-001	EQUIPE BÁSICA - CONCRETO	US\$/m3							
O-002	EQUIPE BÁSICA - FORMA	US\$/m2							
O-003	EQUIPE BÁSICA - ARMAÇÃO	US\$/t							
<b>MÃO DE OBRA</b>									
X-001	FORMA FACE	US\$/m2							
X-002	FORMA DESLIZANTE	US\$/m2							
X-003	FORMA DEGRÁUS	US\$/m2							
X-004	FORMA DAS GALERIAS	US\$/m2							
X-005	FORMA INDUZIDA	US\$/m2							
X-006	ARMADURA	US\$/t							
X-007	CONTROLE DE QUALIDADE	US\$/m3							
X-008	EQUIPAMENTOS MANUAIS, MATERIAIS , ETC....	US\$/m3							
<b>AUXILIARES</b>									
<b>TOTAL</b>									

**FIGURA 06- PLANILHA MODELO PARA A COMPOSIÇÃO DE CUSTOS**



**FIGURA 07- FLUXOGRAMA DE AÇÕES E INTERVENIÊNCIAS PARA A COMPOSIÇÃO DE CUSTOS**



### 3- COMPOSIÇÕES BÁSICAS

As composições de custos, para as várias opções, seguiram o modelo que se vê na Figura 06, e o Fluxograma de ações como esquematizadas na Figura 07. Essas Composições Básicas resultaram nos Custos Unitários dos Concretos indicados na Figura 08.

### 4- CUSTO DO CCR

Com base nas composições de custos para cada opção de uso de materiais disponíveis para o CCR considerado, pode-se chegar aos valores referentes aos custos unitários, citados na Figura 09.

### 5- CUSTOS DOS TIPOS DE PARAMENTOS

Com base nas composições de custos para cada opção de paramento considerado pode-se chegar aos valores referentes aos custos unitários citados na Figura 10.

### 6- INFLUÊNCIA DO CUSTO DA MÃO DE OBRA

Com base nas composições de custos para as opções de Custo de Mão de Obra pode-se chegar a valores referentes aos custos unitários de CCR citados na Figura 11.

Item	Valor	Incidência (%)			
	US\$/m3	Equipamento	Materiais	Mão de Obra	Auxiliares
Concreto CCV armado na face com uma espessura de 1m	<b>126,06</b>	<b>15</b>	<b>27</b>	<b>12</b>	<b>46</b>
Concreto CCV massa na face, sem armadura, com uma espessura de 1m	<b>80,79</b>	<b>23</b>	<b>42</b>	<b>7</b>	<b>28</b>
Concreto CCV massa refrigerado na face, sem armadura, com uma espessura de 1m	<b>84,20</b>	<b>26</b>	<b>40</b>	<b>7</b>	<b>27</b>
Concreto CCV armado, executado posteriormente com uma espessura de 0,5m	<b>132,95</b>	<b>13</b>	<b>28</b>	<b>8</b>	<b>52</b>
Face constituída por manta de PVC aplicada em conjunto com premoldados de 10cm de espessura, com a colocação de CCV de proteção interna de espessura 0,5m	<b>119,35</b>	<b>17</b>	<b>43</b>	<b>8</b>	<b>32</b>
Toda a barragem em CCR com "Concreto de Berço" em 30% da superfície das juntas de construção	<b>30,87</b>	<b>23</b>	<b>55</b>	<b>10</b>	<b>12</b>
Toda a barragem em CCR com "Concreto de Berço" em 100% da superfície das juntas de construção	<b>34,42</b>	<b>21</b>	<b>50</b>	<b>9</b>	<b>21</b>
CCR com agregados britados e "filler" sem uso de cinza volante	<b>30,43</b>	<b>34</b>	<b>55</b>	<b>5</b>	<b>6</b>

**FIGURA 08- CUSTOS UNITÁRIOS OBTIDOS PARA A CONDIÇÃO DE MÃO DE OBRA BARATA**

Tipo de Composição do CCR	Valor	Incidência (%)			
	US\$/m3	Equipamento	Materiais	Mão de Obra	Auxiliares
CCR com agregados britados e "filler" sem uso de cinza volante	<b>30,43</b>	<b>34</b>	<b>55</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
CCR com agregados grãos britados e areia natural desde uma distância de 50km, e adição de cinza volante	<b>41,17</b>	<b>35</b>	<b>57</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
CCR com agregados grãos britados e areia natural desde uma distância de 100km, e adição de cinza volante	<b>41,88</b>	<b>36</b>	<b>56</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
CCR com agregados grãos britados e areia natural desde uma distância de 150km, e adição de cinza volante	<b>42,54</b>	<b>37</b>	<b>55</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
CCR com agregados grãos britados e areia natural desde uma distância de 200km, e adição de cinza volante	<b>43,19</b>	<b>38</b>	<b>54</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

**FIGURA 09- CUSTOS UNITÁRIOS DO RCC DECORRENTE DA VARIAÇÃO DO TIPO DE MATERIAIS DISPONÍVEIS**

Tipo do Paramento	Valor (US\$/m2)	Acrescimo (%)
Concreto CCV armado na face com uma espessura de 1m	126,06	+ 56
Concreto CCV massa na face, sem armadura, com uma espessura de 1m	<b>80,79</b>	<b>Referência</b>
Concreto CCV massa refrigerado na face, sem armadura, com uma espessura de 1m	84,20	+ 4
Concreto CCV armado, executado posteriormente com uma espessura de 0,5m	132,95	+ 65
Face constituída por manta de PVC aplicada em conjunto com premoldados de 10cm de espessura, com a colocação de CCV de proteção interna de espessura 0,5m	119,35	+ 48

*Nota: É importante lembrar que à depender da altura da barragem e da propriedade (permeabilidade) do concreto de face, a espessura do paramento pode ser outra. Para este exercício o concreto de face foi considerado com 1m de espessura.*

**FIGURA 10- COMPARAÇÃO DOS CUSTOS UNITÁRIOS DOS TIPOS DE PARAMENTOS**

CCR e Qualificação de Mão de Obra	Valor	Incidência (%)			
	US\$/m3	Equipamento	Materiais	Mão de Obra	Auxiliares
CCR com agregados britados e "filler" sem uso de cinza volante- Uso de Mão de Obra "Barata" e Caminhões	<b>30,43</b>	<b>34</b>	<b>55</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
CCR com agregados britados e "filler" sem uso de cinza volante- Uso de Mão de Obra "Cara" e Correias	<b>36,51</b>	<b>35</b>	<b>46</b>	<b>14</b>	<b>5</b>

**FIGURA 11- COMPARAÇÃO DOS CUSTOS UNITÁRIOS DECORRENTES DA VARIAÇÃO DO CUSTO DA MÃO DE OBRA E ADEQUAÇÃO DO TRANSPORTE.**

## 7- INFLUÊNCIA DO TIPO DE EQUIPAMENTO DE TRANSPORTE

Com base nas composições de custos para cada opção de transporte CCR, pode-se chegar aos valores referentes aos custos unitários mostrados na Figura 12

CCR e Tipo de Transporte e de Mão de Obra	Valor	Incidência (%)			
	US\$/m3	Equipamento	Materiais	Mão de Obra	Auxiliares
CCR com agregados britados e "filler" sem uso de cinza volante, transportados por caminhões e Mão de Obra "Barata"	<b>30,43</b>	<b>34</b>	<b>55</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
CCR com agregados britados e "filler" sem uso de cinza volante, transportados por caminhões e Mão de Obra "Cara"	<b>38,05</b>	<b>37</b>	<b>44</b>	<b>14</b>	<b>5</b>
CCR com agregados britados e "filler" sem uso de cinza volante, transportados por correias e Mão de Obra "Cara"	<b>36,51</b>	<b>35</b>	<b>46</b>	<b>14</b>	<b>5</b>

**FIGURA 12- COMPARAÇÃO DE CUSTOS DE RCC DECORRENTE DO TIPO DE TRANSPORTE**

## 8- CUSTO UNITÁRIO DA BARRAGEM HIPOTÉTICA

Com base nas composições de custos para cada opção de paramento considerada pode-se chegar aos valores referentes aos custos unitários de cada um dos tipos de Barramento (aqui considerando a opção do tipo de face, incluindo o maciço de RCC e a Soleira do Vertedouro) mostrados na Figura 13.

Tipo do Paramento	Valor (US\$/m3)	Acrescimo (%)
CCR + Concreto CCV armado na face com uma espessura de 1m + CCV de revestimento da Soleira do Vertedouro	<b>40,57</b>	<b>+ 6</b>
CCR + Concreto CCV massa na face, sem armadura, com uma espessura de 1m+ CCV de revestimento da Soleira do Vertedouro	<b>38,42</b>	<b>Referência</b>
CCR + Concreto CCV massa refrigerado na face, sem armadura, com uma espessura de 1m+ CCV de revestimento da Soleira do Vertedouro	<b>38,59</b>	<b>+0,5</b>
CCR + Concreto CCV armado, executado posteriormente com uma espessura de 0,5m + CCV de revestimento da Soleira do Vertedouro	<b>40,90</b>	<b>+ 7</b>
Face constituída por manta de PVC aplicada em conjunto com premoldados de 10cm de espessura, com a colocação de CCV de proteção interna de espessura 0,5m + CCV de revestimento da Soleira do Vertedouro	<b>40,25</b>	<b>+ 5</b>
Toda a barragem em CCR+ CCV massa na face, sem armadura, com uma espessura de 1m, com "Concreto de Berço" em 30% da superfície das juntas de construção + CCV de revestimento da Soleira do Vertedouro	<b>38,81</b>	<b>+ 1</b>
Toda a barragem em CCR+ CCV massa na face, sem armadura com espessura de 1m, com "Concreto de Berço" em 100% da superfície das juntas de construção + CCV de revestimento da Soleira do Vertedouro	<b>41,97</b>	<b>+ 10</b>

**FIGURA 13- COMPARAÇÃO DOS CUSTOS UNITÁRIOS COMPOSTOS PARA TODO O BARRAMENTO, COM VÁRIAS OPÇÕES DE FACES.**

## 9- COMPARAÇÕES GERAIS

Com base nos custos de RCC de diversas obras, pode-se obter as curvas mostradas na Figura 14, com a inclusão dos parâmetros analisados neste trabalho.

## 10- COMENTÁRIOS

Os valores encontrados nas análises estabelecidas mostraram-se consistentes quando comparados ao custo de CCR ofertados para a obra da Barragem da Derivação do Rio Jordão [1,2], que se mostra na Figura 14, (25,64 US\$/m<sup>3</sup> considerando a inclusão de Rocha para Agregados e Fôrmas);

As comparações referentes aos materiais disponíveis mostram as vantagens de se adotar o uso de areia artificial com finos em comparação com as outras opções analisadas. Deve-se ressaltar, entretanto, que é recomendável avaliar técnica-economicamente a disponibilidade de cada um dos materiais;

As avaliações sobre os tipos de paramentos (considerados) mostram que a adoção de um Concreto (CCV) Massa de Face com espessura média de 1m ( para uma barragem de 80m de altura), sem armadura, executado simultaneamente com o CCR, se apresenta com o menor custo composto. Lembra-se que devem ser avaliadas todas as condições não só econômicas como técnicas. As outras opções tem acréscimos correspondentes;

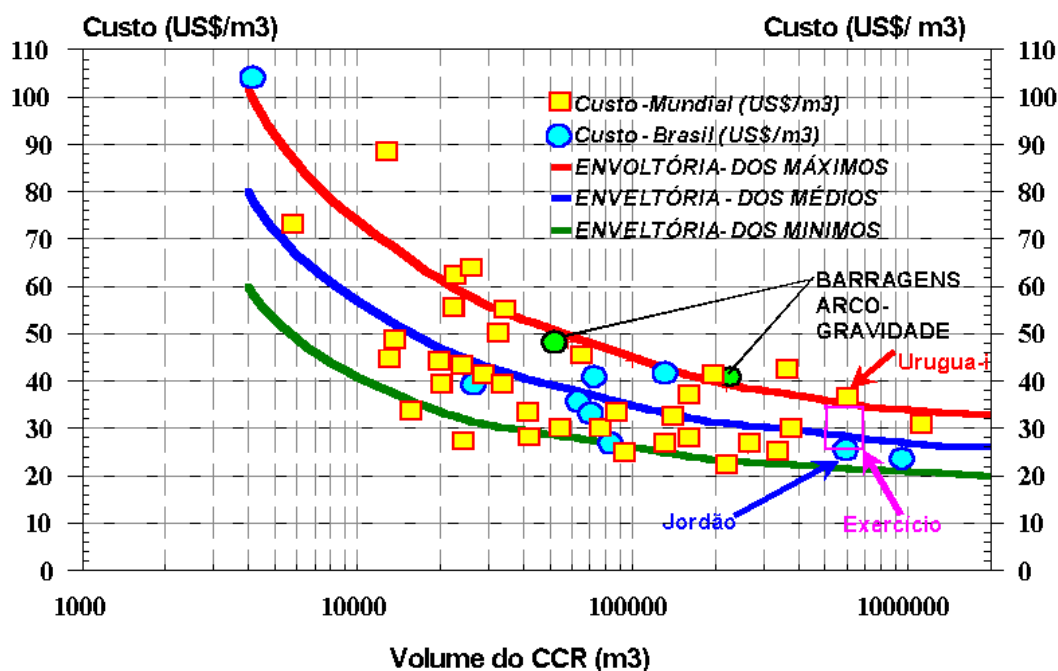
É evidente que pode haver a tendência de se construir as barragens altas (com mais de 40m de altura) totalmente em CCR, isto é, eliminando-se o CCV no paramento de montante, requerendo um CCR com permeabilidade conhecida e admitida, principalmente quando se emprega finos nas misturas, e isso poderá resultar em barragens mais “baratas” como se mostra nas Figuras 9 e 13.

As comparações sobre os Custos de Mão de Obra podem refletir a particularidade de cada País decorrente da existência ou não de Mão de Obra, farta e “barata” (menos qualificada) ou “cara (mais qualificada)” e rara. Ressalva-se que, genericamente, o custos da Mão de Obra disponível, devem ser ponderados com a respectiva produtividade praticada (como aqui considerado nas análises). Normalmente a mão de obra barata e farta é de baixa produtividade.

As comparações referentes ao sistema de transporte evidenciam que ao se incrementar o custo da Mão de Obra, é necessário buscar que o manuseio de concretos seja feito através de sistemas mais produtivos e que tenham menor incidência de Mão de Obra;

Os valores mostrados na Figura 14, são consistentes para o correspondente volume, sendo que as dispersões caracterizadas pelas envoltórias estimadas englobam as diversas opções analisadas.

## Custo (ao Cliente) do CCR - Volume



**FIGURA 14- CUSTOS DE RCC DE VÁRIAS OBRAS DE BARRAGENS [ 2 a 9]**

### 11- REFERÊNCIAS

[1]- Blinder, S.; Toniatti, N.B.; Krempel, A.F.- "RCC and CFRD Dams - Cost Comparison "- International Symposium on Roller Compacted Concrete Dams- Santander-Spain- October/1995;

[2]- Palestra Apresentada no 1o. Simpósio de Obras em Concreto Compactado com Rolo- IBRACON/ SBGB/ IE- São Paulo- Abril/1995;

[3]- Kenneth D. Hansen- "Built in the USA-RCC Dams of 1990's"- International Water Power & Dam Construction;

[4]- Brian Forbes - "RCC Dams in Australia "- ASCE;

[5]- Charles Logie- "Economic Considerations in Selection of a Roller Compacted Concrete Dams"- ASCE;

[6]- RCC News Letter- July/1985;

[7]- Bouige, B; Garnier,G.; Jensen A.; Martin ,J.P.; Sterenberger, J.- "Construction et Contrôle d'un Barrage en Béton Compacté au Rouleau (BCR): Un Travail D'Equipe"- XVI ICOLD Congress- San Francisco-1988;

[8]- Andriolo F.R.- "Contribuições Para o Conhecimento e Desenvolvimento do Concreto Rolado "- São Paulo- Brazil- 1989;

[9]- Hollingworth, F., and J. J. Geringer. "Roller Compacted Concrete Arch/Gravity Dams – South African Experience." Roller Compacted Concrete III Proceedings of the RCC Specialty Conference, San Diego, California. ASCE, New York, February 1992. pp 99-116.

Filename: 086TrabalhoCustos.doc  
Directory: C:\06PublicaçõesPalestras\VALIDOS  
Template: C:\WINDOWS\Application Data\Microsoft\Templates\Normal.dot  
Title: cost comparison  
Subject: Jorand River Project  
Author: CONS.NORBERTO ODEBRECHT DE COL.  
Keywords:  
Comments:  
Creation Date: 19/03/2001 20:23  
Change Number: 2  
Last Saved On: 19/03/2001 20:23  
Last Saved By: Andriolo  
Total Editing Time: 1 Minute  
Last Printed On: 17/05/2001 17:28  
As of Last Complete Printing  
Number of Pages: 12  
Number of Words: 3.093 (approx.)  
Number of Characters:17.631 (approx.)