

UHE – FOZ DO CHAPECÓ

**BARRAGEM DE ENROCAMENTO
COM NÚCLEO ASFÁLTICO**



Barragens de Enrocamento com Núcleo Asfáltico

Histórico

- 1930 – Alemanha: construídas as 1ª barragens com face de concreto betuminoso. A eficiência destas lajes serviu como incentivo para projeto e construção de diversas barragens na Alemanha e no mundo.
- 1950: foram construídas as 1ª barragens com Núcleo de Concreto Asfáltico, porém apenas uma como medida adicional de segurança nas BFCB.
- A partir de 1970: devido à escassez de argilas tiveram início estudos mais aprofundados na Noruega.
- 1970 – China: construída a 1ª barragem NCA

Barragens de Enrocamento com Núcleo Asfáltico

Histórico

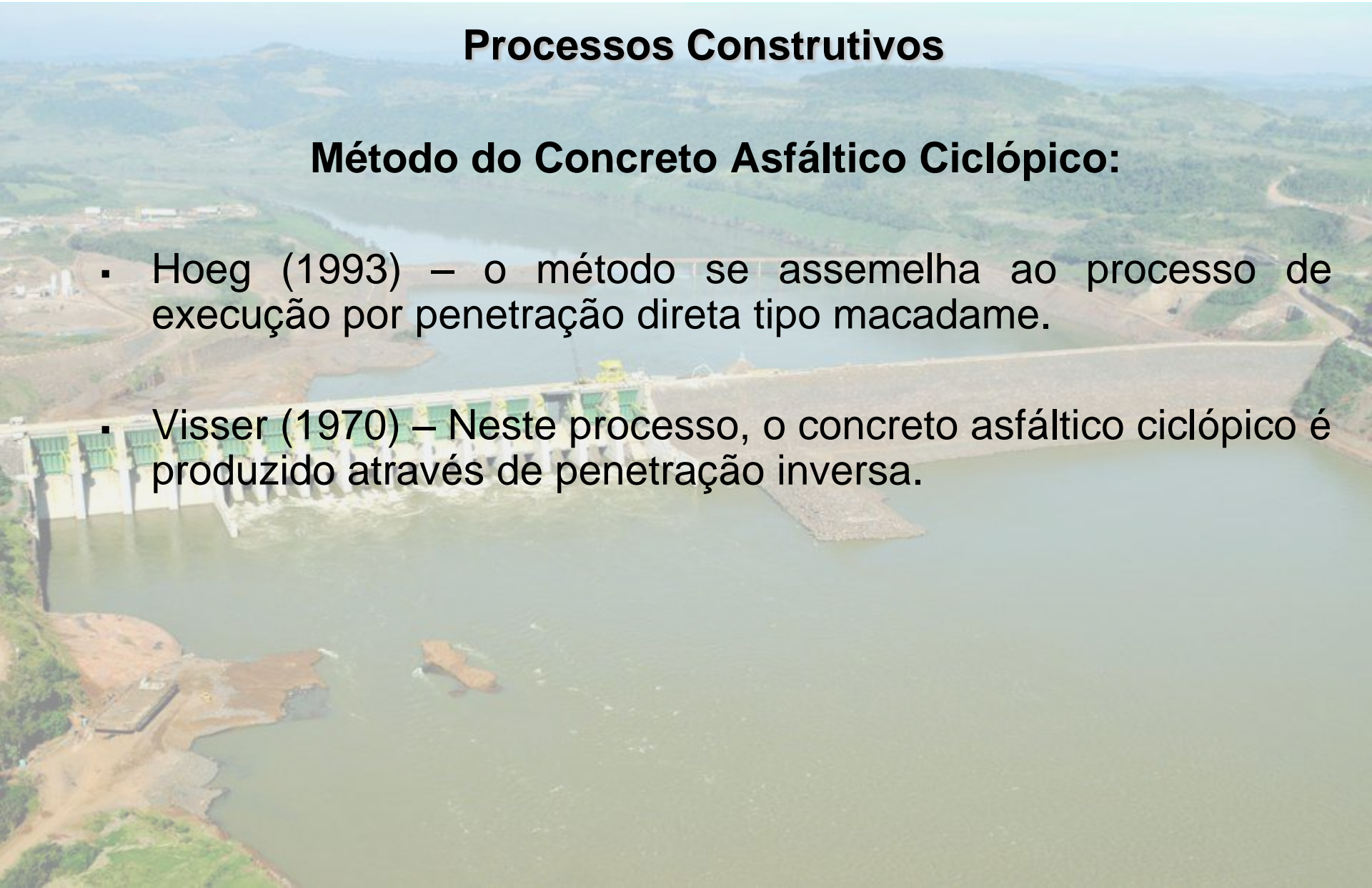
- 1978: construída na Noruega a 1ª Barragem com núcleo de concreto asfáltico.
- 1978 – 1993: Cinco de seis grandes barragens construídas na Noruega foram com Núcleo de Concreto Asfáltico, sendo a maior delas com 125 m de altura.
- A maior construída no mundo é de Fiersterntal na Austrália com 150 m, porém seu núcleo tem apenas 98 m.
- Até 2002 foram construídas 13 na China e mais de 80 no mundo.

Barragens de Enrocamento com Núcleo Asfáltico

Processos Construtivos

Método do Concreto Asfáltico Ciclópico:

- Hoeg (1993) – o método se assemelha ao processo de execução por penetração direta tipo macadame.
- Visser (1970) – Neste processo, o concreto asfáltico ciclópico é produzido através de penetração inversa.



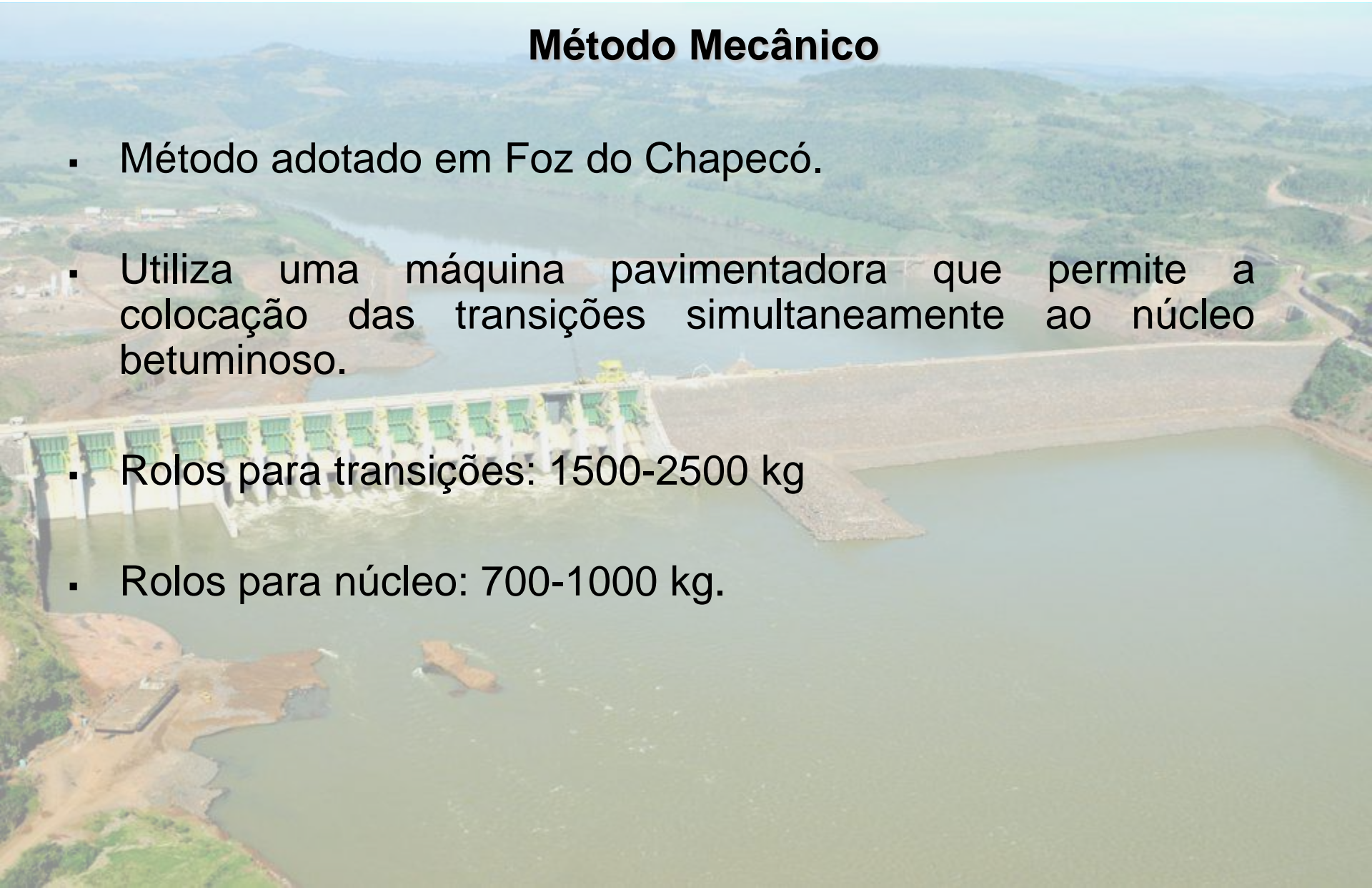
Barragens de Enrocamento com Núcleo Asfáltico

Método Russo

- Mistura rica de CBUQ em asfalto (10 a 14%) é aplicada em formas de aço com 1 m de altura no topo da camada anterior.
- Formas retiradas assim que haja resfriamento da mistura betuminosa (45° C) e as camadas de transição são então colocadas e compactadas em ambos os lados do núcleo.
- Utilizado em clima frio e exige grande ductilidade.
- Vantagem: não requer compactação e nenhum tipo de equipamento especial;
- Desvantagem: menos atrativo pelo aumento considerável de custo devido ao grande percentual de betume utilizado.

Barragens de Enrocamento com Núcleo Asfáltico

Método Mecânico

- Método adotado em Foz do Chapecó.
 - Utiliza uma máquina pavimentadora que permite a colocação das transições simultaneamente ao núcleo betuminoso.
 - Rolos para transições: 1500-2500 kg
 - Rolos para núcleo: 700-1000 kg.
- 

UHE – FOZ DO CHAPECÓ

O Empreendimento



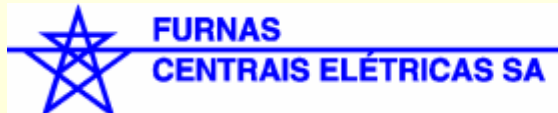
CONSÓRCIO INVESTIDOR FCE



FOZ DO CHAPECÓ ENERGIA S.A



▪ *CPFL Geração de Energia S.A. - 51%*



▪ *FURNAS Centrais Elétricas S.A. - 40%*



▪ *Cia Estadual de Energia Elétrica - 9%*

CONSÓRCIO FORNECEDOR CVG

Consórcio Volta Grande



- *Obras Civis*
- *Montagem Eletromecânica*
- *Líder do Consórcio*



- *Fornecimento de Equipamentos Eletromecânicos*
- *Fornecimento de Auxiliares Mecânicos e Elétricos*



- *Projeto Executivo*
- *Integração de Projetos*

LOCALIZAÇÃO



LOCALIZAÇÃO



Santa Catarina

Rio Grande do Sul

Vista Aérea do Empreendimento

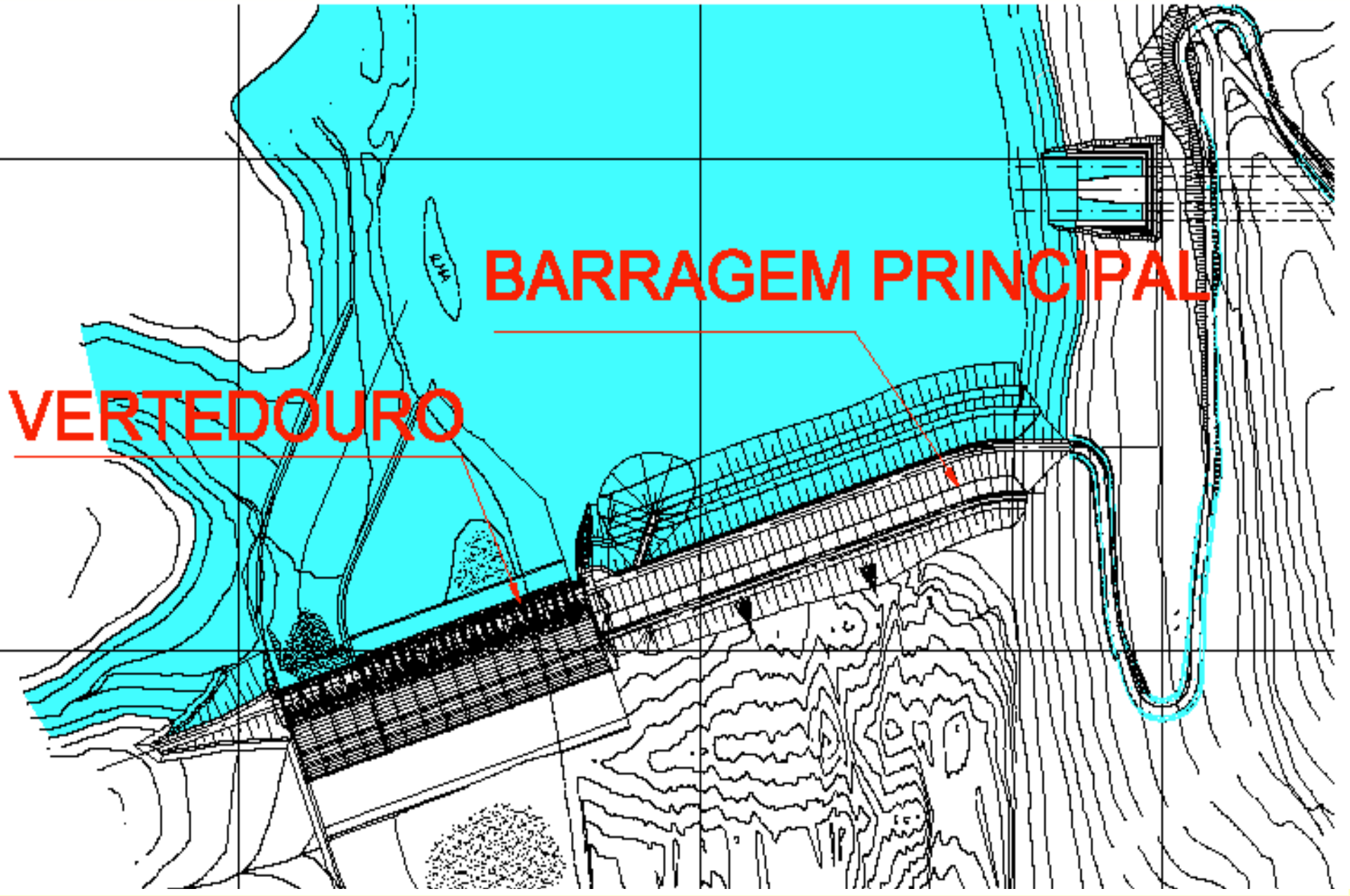


Santa Catarina

Rio Uruguai

Rio Grande do Sul

Lay-out do Empreendimento



BARRAGEM PRINCIPAL

VERTEDOURO

Principais Características do Empreendimento

Vertedouro: 15 Vãos de Comportas Segmento (18,7mx20,6m)

Vazão Máxima: 62.190 m³/s

Túneis de Adução: Seção Arco Retângulo de 18x18m

Turbina Tipo: Francis, de eixo vertical

Potência Instalada: 855 MW

Nº de Unidades Geradoras: 4

Fator de Potência: 0,95

Potência Unitária Nominal: 217,40MW

Queda Líquida Nominal: 49,80m



Barragem Principal – Histórico

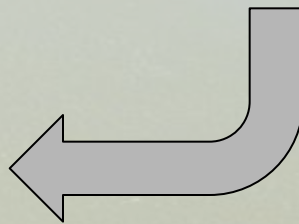
**Estudo de Viabilidade
Barragem de Concreto Compactado a Rolo (CCR)**



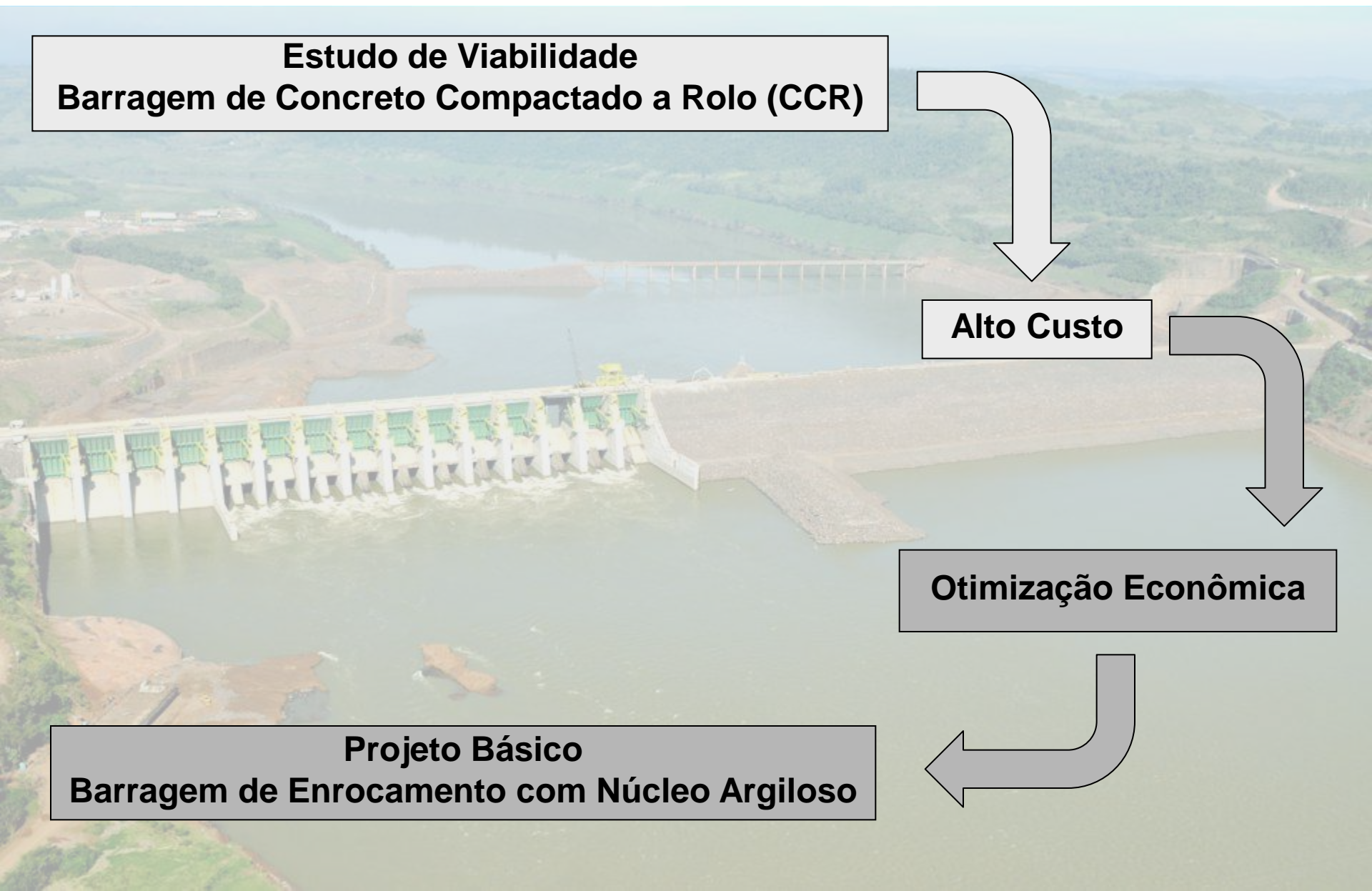
Alto Custo



Otimização Econômica



**Projeto Básico
Barragem de Enrocamento com Núcleo Argiloso**



Barragem Principal – Histórico

Projeto Básico
Barragem de Enrocamento com Núcleo Argiloso

- Exploração de Jazida de Argila
- Demora na retomada após as chuvas
- Risco de comprometer o Cronograma

**Otimização do
Cronograma**

Projeto Básico Consolidado
Barragem de Enrocamento com Núcleo Asfáltico



Barragem Principal – Características

Tipo: Enrocamento com Núcleo Asfáltico

Cota do coroamento (no eixo): El.268,93 m

Borda Livre: 3,40 m

**Largura do coroamento (sem passarela de pedestre):
7,00 m**

Altura (média): 48,00 m

Comprimento na crista: 548,00 m

**Volume total (com ensecadeiras incorporadas):
1.800.000 m³**



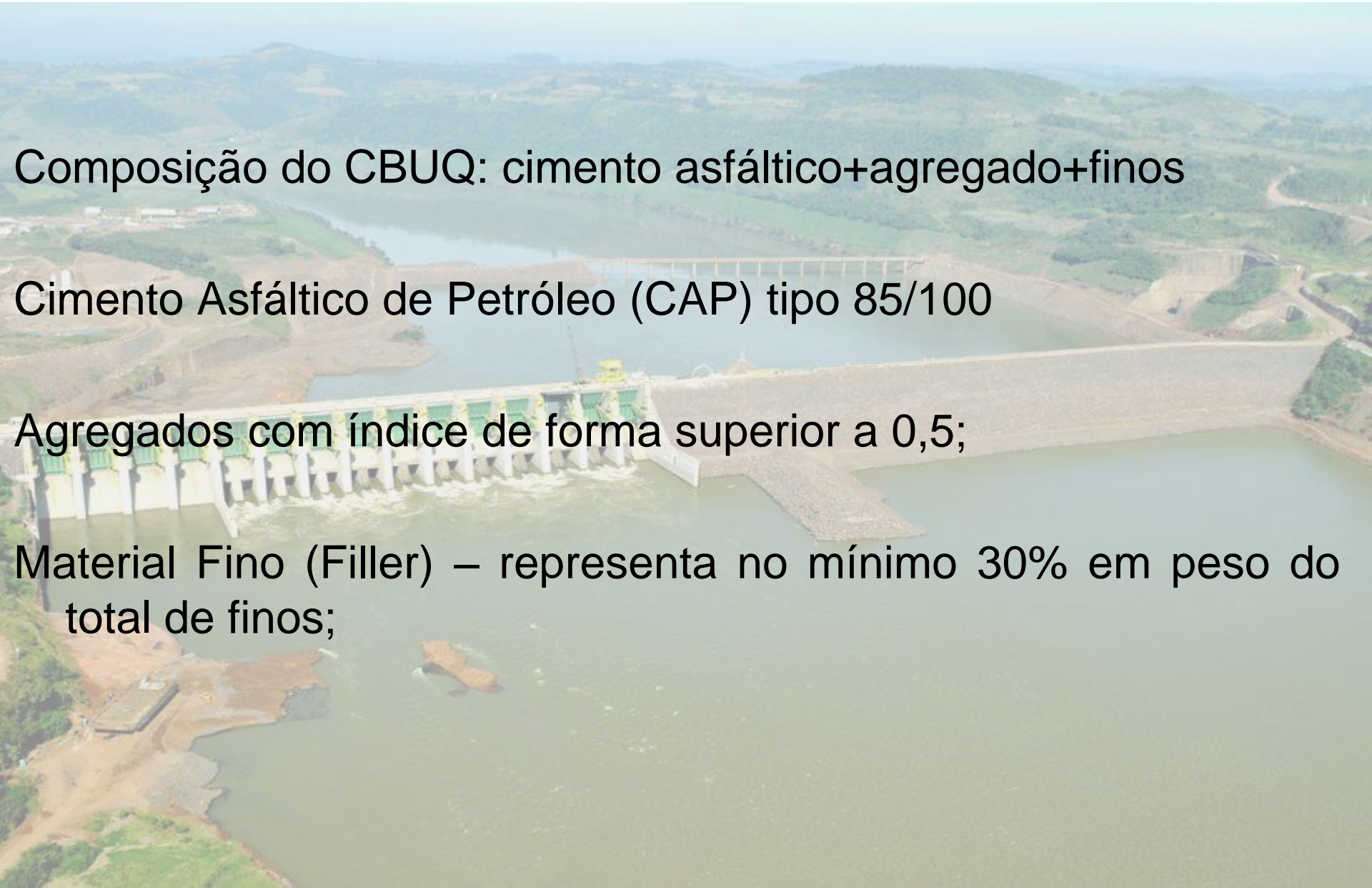
Barragem Principal – Especificação do Núcleo

Composição do CBUQ: cimento asfáltico+agregado+finos

Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) tipo 85/100

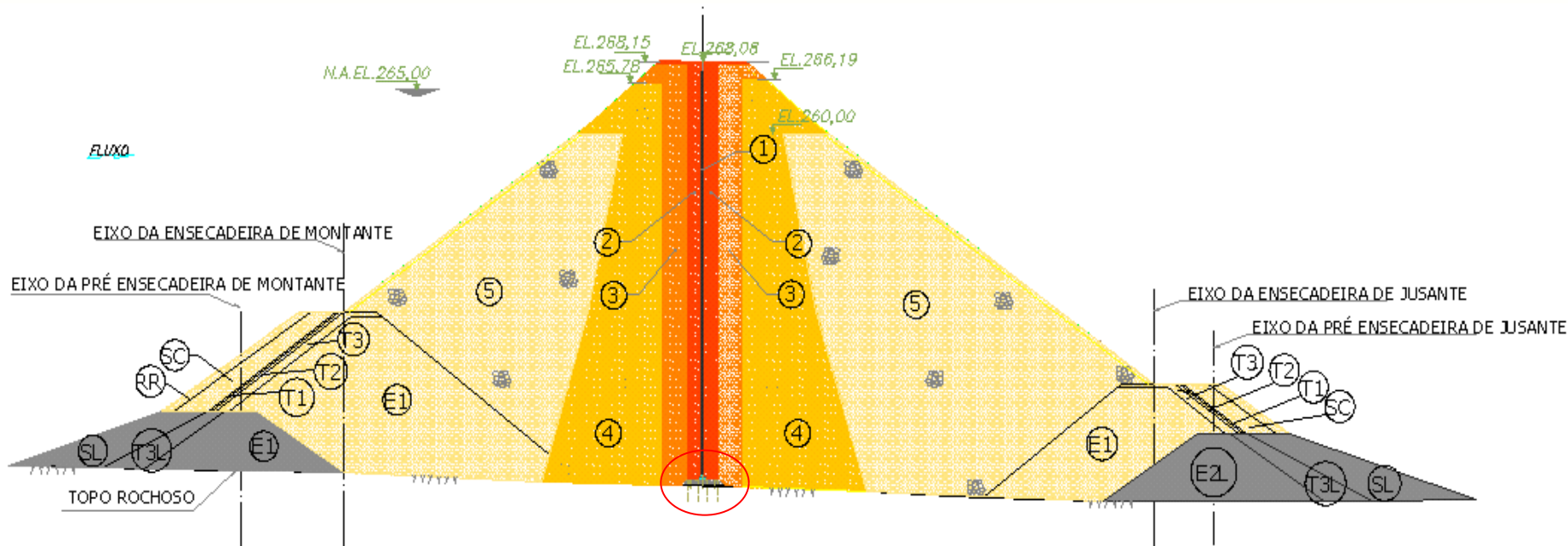
Agregados com índice de forma superior a 0,5;

Material Fino (Filler) – representa no mínimo 30% em peso do total de finos;



BARRAGEM PRINCIPAL

Seção Típica



Ensecadeiras Incorporadas

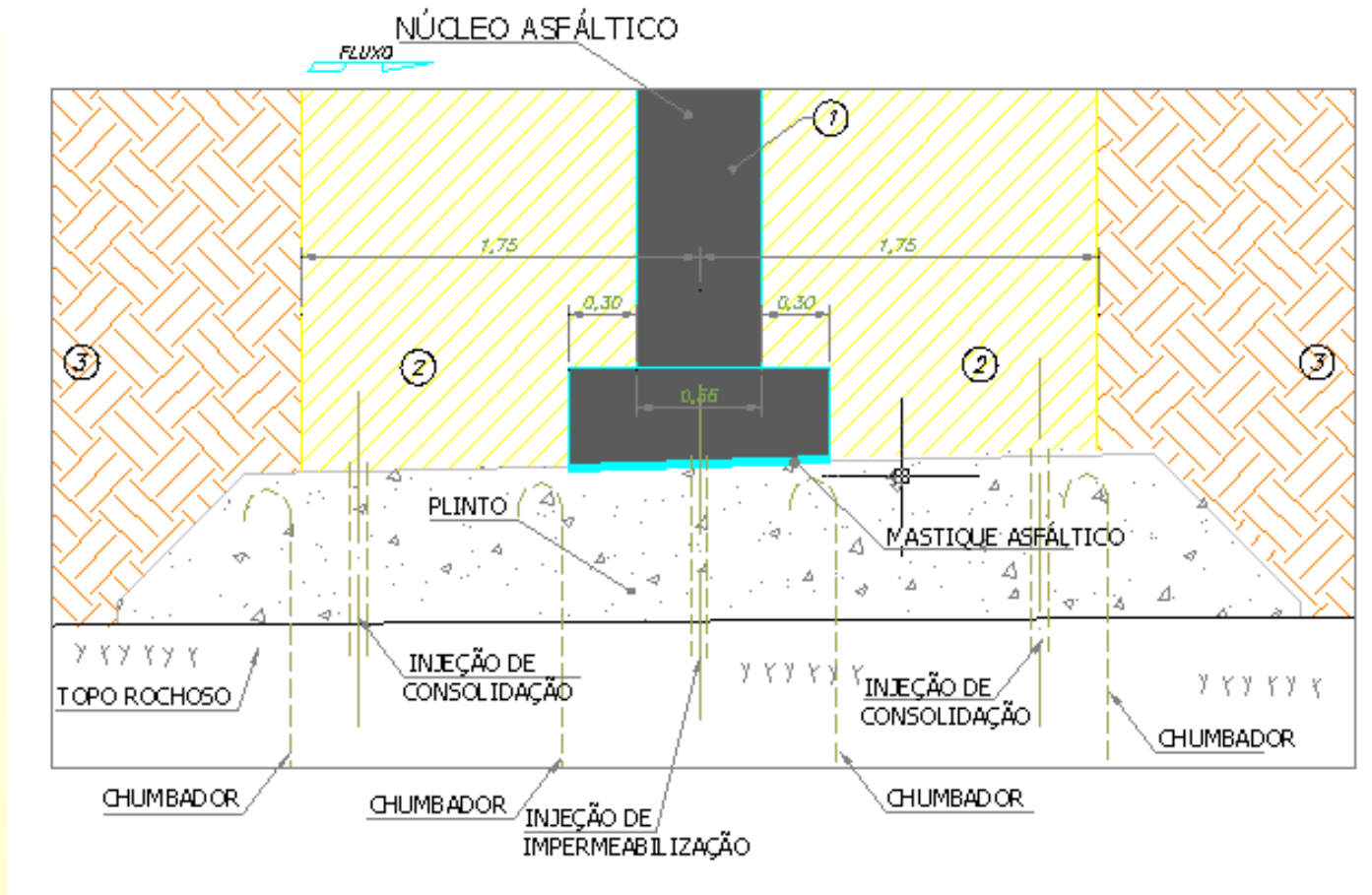
- E1 - Enrocamento
- E2L - Enrocamento lançado
- T1 - Transição Filtro
- T2 - Transição Fina
- T3 - Transição Grossa
- T3L - Transição Lançada
- SL - Solo Lançado
- SC - Solo Compactado
- RR - Rip-Rap

Barragem

- 1 - Núcleo Asfáltico.
- 2 - Transição Fina
- 3 - Transição Grossa
- 4 - Enrocamento Fino
- 5 - Enrocamento Grosso

BARRAGEM PRINCIPAL

Seção do Plinto



Barragem

- 1 - Núcleo Asfáltico.
- 2 - Transição Fina
- 3 - Transição Grossa

Barragem Principal – Comparações

Volume total da Barragem, incluindo as ensecadeiras incorporadas - 1.800.000 m³

- **O volume da Barragem Principal equivale ao volume de concreto necessário para a construção de 23 Estádios do Maracanã;**
- **Enfileirando os 112.500 caminhões (Basculantes Mercedes Benz modelo Axor 4144 - com capacidade para 16m³) necessários para transportar o material dos aterros de uma só vez, estes cobririam a extensão entre Chapecó/SC e São Paulo/SP (866Km);**

Barragem Principal – Equipamentos

Equipamentos envolvidos na execução do Núcleo

1 Máquina acabadora para execução do Núcleo (Kolo Veidekke)

1 Trator – aplicação do Mastique

3 Rolos Compactadores

1 Escavadeira

1 Carregadeira com caçamba (Núcleo)

3 Caminhões Tibecrete

Acompanhando a Acabadora

Equipamentos envolvidos na construção da Barragem Principal

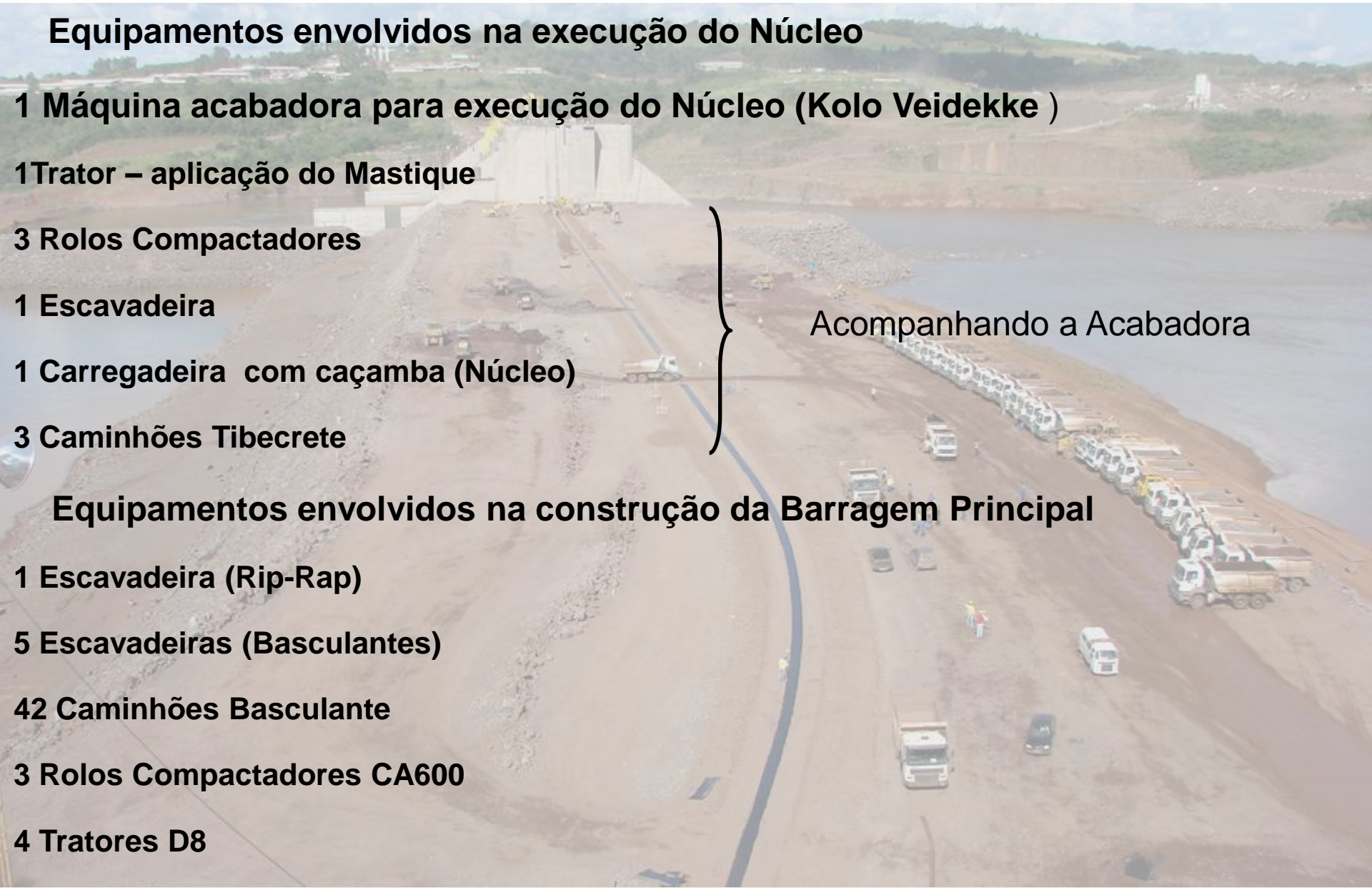
1 Escavadeira (Rip-Rap)

5 Escavadeiras (Basculantes)

42 Caminhões Basculante

3 Rolos Compactadores CA600

4 Tratores D8



Barragem Principal – Mão-de-obra

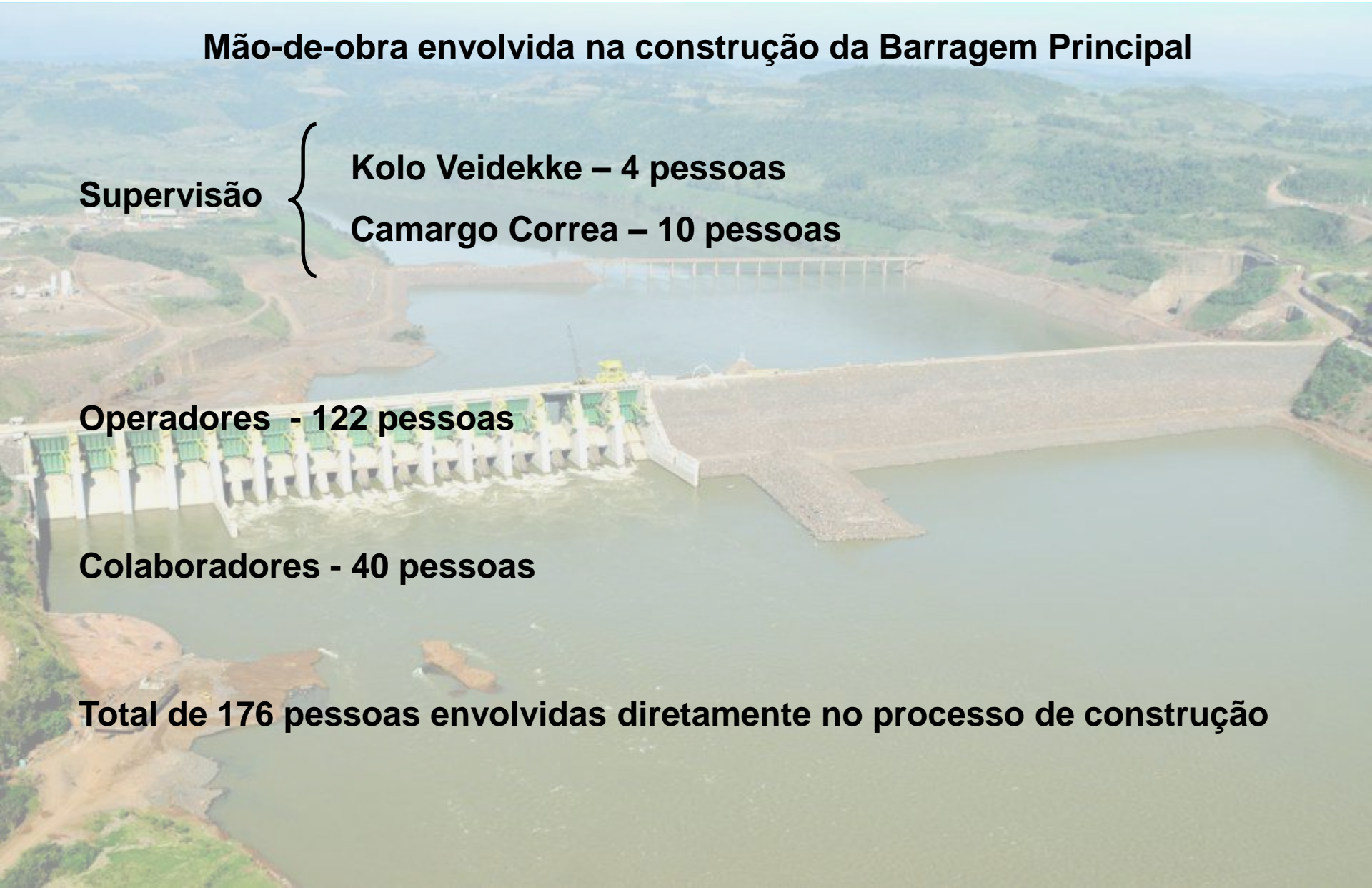
Mão-de-obra envolvida na construção da Barragem Principal

Supervisão {
Kolo Veidekke – 4 pessoas
Camargo Correa – 10 pessoas

Operadores - 122 pessoas

Colaboradores - 40 pessoas

Total de 176 pessoas envolvidas diretamente no processo de construção



Seqüência de Atividades

1ª Fase de Desvio do Rio

Etapa I – Ensecadeira do Vertedouro

Etapa II – Ensecadeira de Tratamento da Fundação Margem Esquerda

Etapa III - Ensecadeira de Tratamento da Fundação Margem Direita

2ª Fase de Desvio do Rio

Etapa IV – Desvio do Rio pelas Adufas

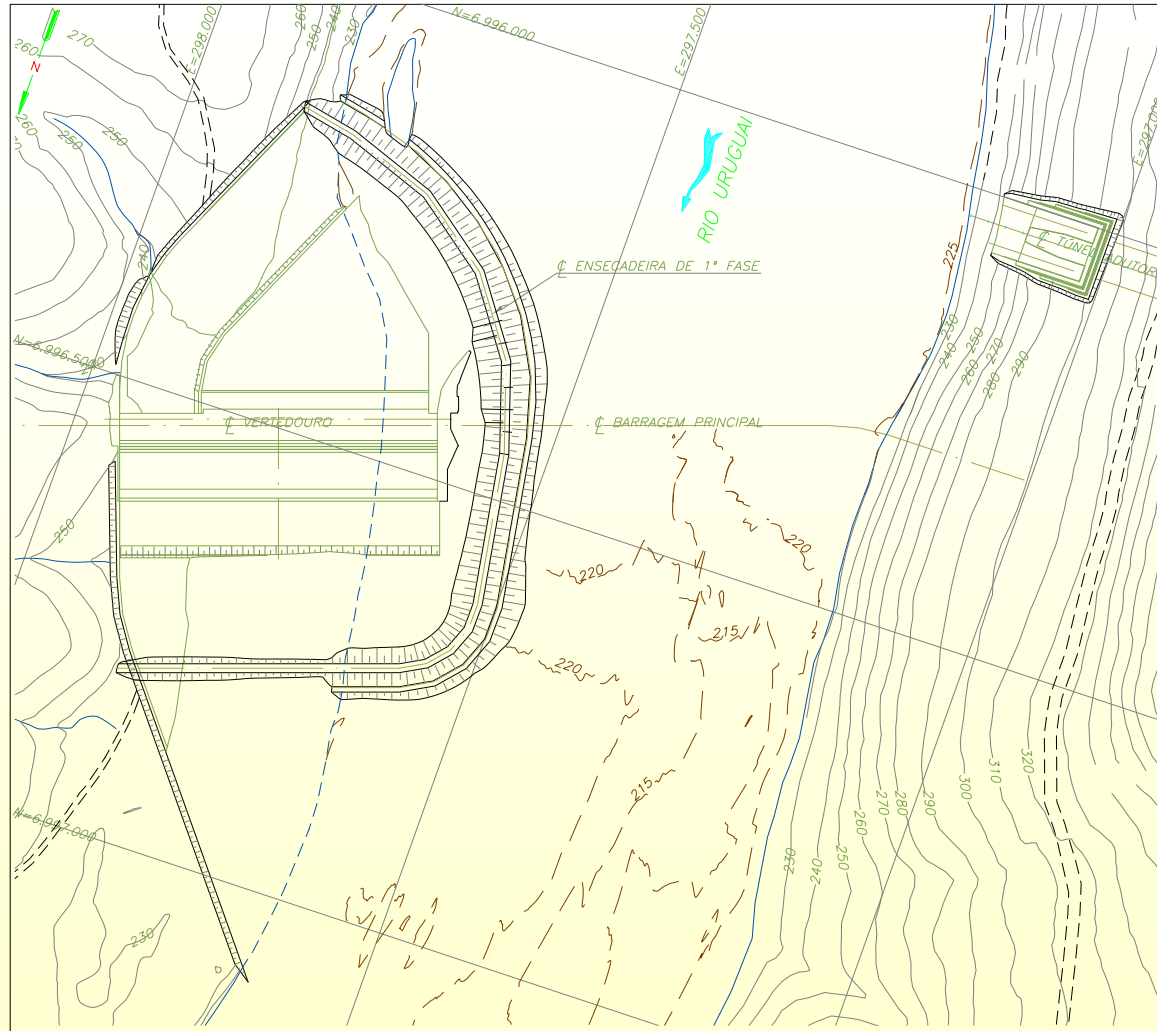
Etapa V – Alteamento da Barragem Principal



1ª Fase do Desvio do Rio

Etapa I

- Construção da Ensecadeira do Vertedouro junto a Margem Direita (período seco do 1o. ano de Obra);
- Escavação do Canal de Aproximação do Vertedouro, Bacia de Dissipação e Canal de Restituição;
- Escavação e tratamento da Fundação do Vertedouro
- Início das Escavações do Circuito Adutor.



1ª Fase do Desvio do Rio

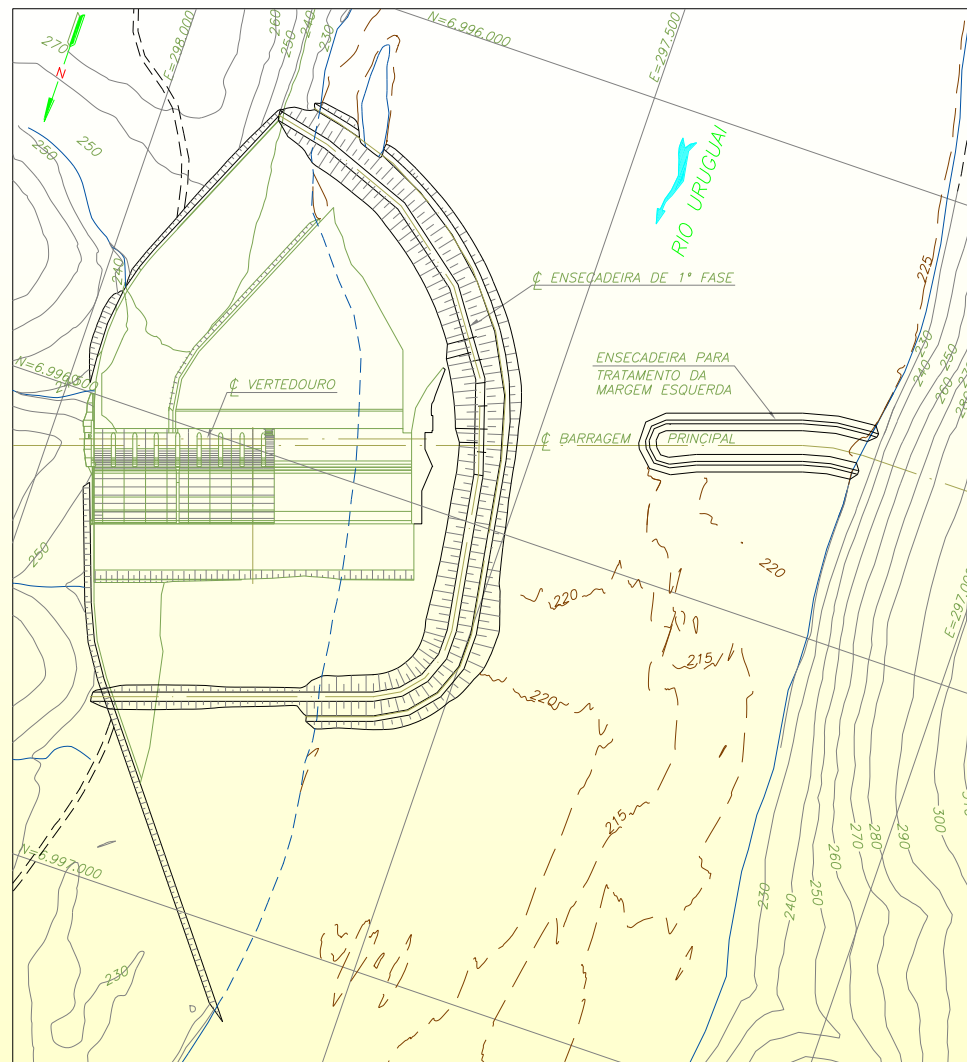
Outubro/2007



1ª Fase do Desvio do Rio

Etapa II

- Conclusão dos serviços da etapa 1;
- Início da Concretagem do Vertedouro;
- Lançamento da Ensecadeira para tratamento de fundação da Barragem Principal no leito do Rio junto a margem esquerda (período seco do 2o. ano de Obra);
- Tratamento da Fundação da Barragem da Área Ensecada;
- Remoção da ensecadeira de tratamento da Fundação.



Tratamento de Fundação - Plinto ME

Fevereiro/2008



Tratamento de Fundação - Plinto ME

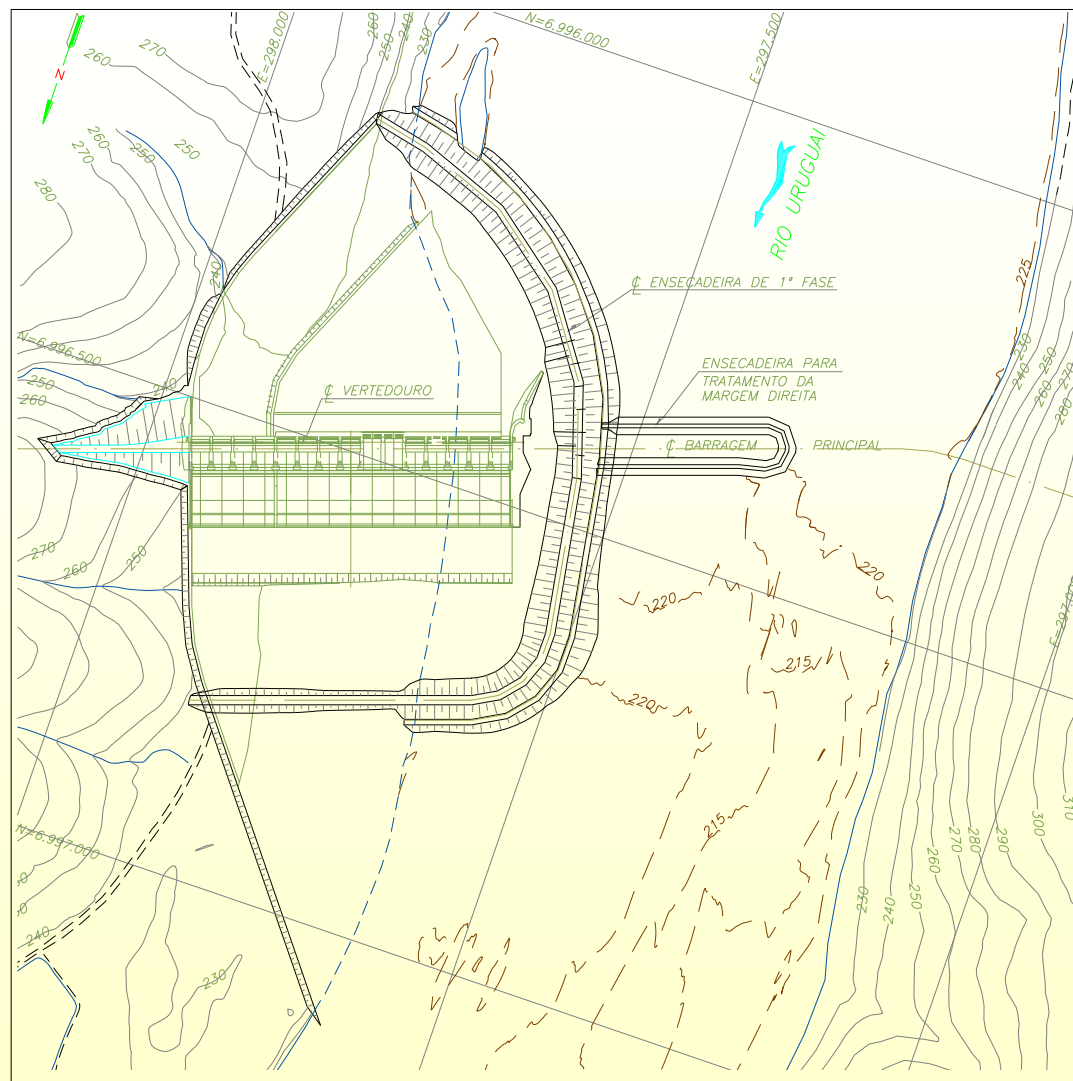
Fevereiro/2008



1ª Fase do Desvio do Rio

Etapa III

- Lançamento da Ensecadeira para tratamento de fundação da Barragem Principal no leito do Rio junto a Margem Direita (período seco do 3o. ano de Obra);
- Tratamento da Fundação da Barragem da Área Ensecada;
- Remoção da ensecadeira de tratamento da Fundação;
- Tratamento da Fundação da Barragem entre Muro Esquerdo e Ensecadeira de 1a. Fase.
- Conclusão da implantação do Vertedouro (Obras Cíveis e Montagem) das adufas e dos muros de encontro com a Barragem Principal e com a Barragem de Fechamento da ombreira Direita;
- Alteamento da Barragem de Fechamento da Ombreira Direita.



Tratamento de Fundação - Plinto MD

Janeiro/2009



Conclusão das atividades no Vertedouro

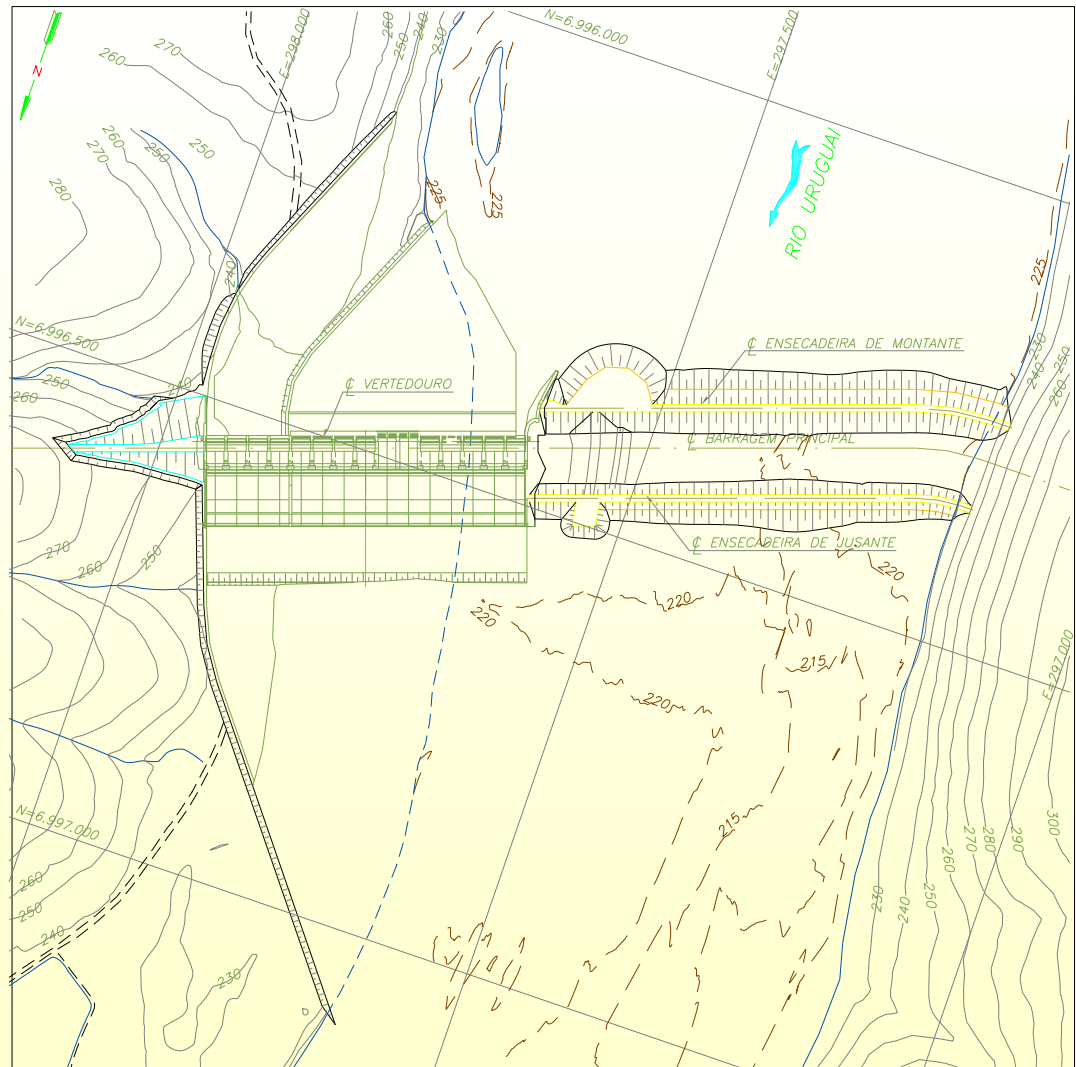
Agosto/2009



2ª Fase do Desvio do Rio

Etapa IV

- Remoção da Ensecadeira do Vertedouro;
- escoamento do Rio pelas Adufas
- Construção das Ensecadeiras no Leito do Rio (Período Seco do 4o. ano de Obra);
- Tratamento da Fundação da Barragem na faixa sob a Ensecadeira de 1a. Fase.



Remoção da Ensecadeira do Vertedouro

27/10/2009



Fechamento do Rio e Desvio pelas Adufas

02/11/2009



Construção das Ensecadeiras

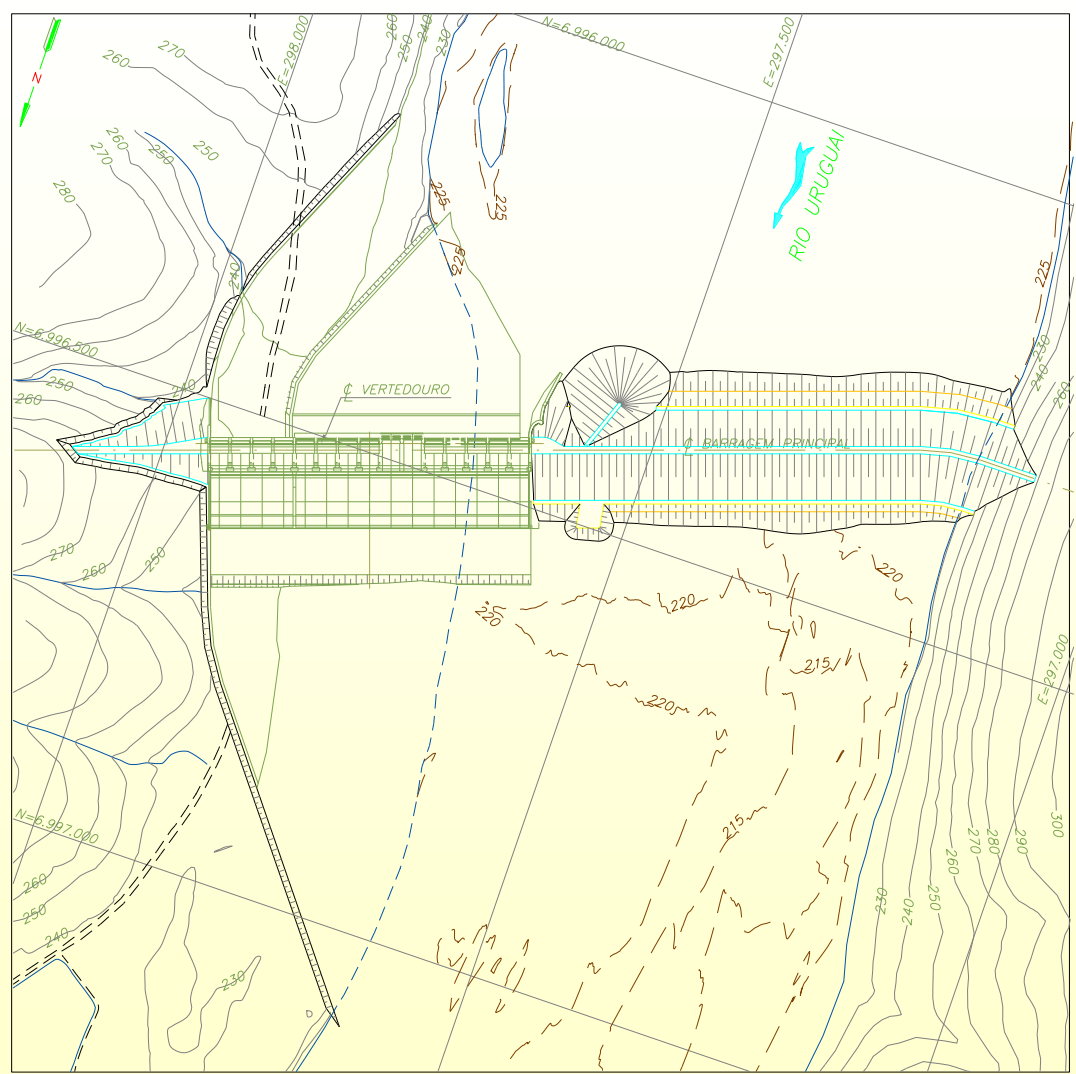
22/11/2009



2ª Fase do Desvio do Rio

Etapa V

- Alçamento da Barragem Principal



BARRAGEM PRINCIPAL

Pista Experimental



Pista de Testes com comprimento de 25m fora da região da Barragem para confirmação das características dos materiais e dos procedimentos em atendimento a Especificação Técnica.

BARRAGEM PRINCIPAL

Usina de Asfalto



Usina Gravimétrica
Modelo - Ciber UAB 18E Advanced.
Capacidade de produção: 77 – 80 t/h.

BARRAGEM PRINCIPAL

Início da Execução do Núcleo Asfáltico



BARRAGEM PRINCIPAL

Execução do trecho manual do Núcleo Asfáltico



BARRAGEM PRINCIPAL

Execução do trecho manual do Núcleo Asfáltico



BARRAGEM PRINCIPAL

Abastecimento com massa asfáltica



BARRAGEM PRINCIPAL

Abastecimento da Máquina Acabadora

Núcleo Asfáltico

Transição Fina



BARRAGEM PRINCIPAL

Lançamento de Transição Grossa



BARRAGEM PRINCIPAL

Execução do Núcleo Asfáltico



BARRAGEM PRINCIPAL

Compactação da Transição Fina



BARRAGEM PRINCIPAL

Compactação do Núcleo



BARRAGEM PRINCIPAL

Retomada após as chuvas e ensaios



22/03/2009

BARRAGEM PRINCIPAL

Dispositivo para aquecimento e secagem da camada inferior



BARRAGEM PRINCIPAL

Vista Geral



Ponte de Travessia
de Equipamentos

BARRAGEM PRINCIPAL

Ombreira Direita

Junta de Cobre



BARRAGEM PRINCIPAL

Ombreira Direita - Aplicação de Mástique

← Junta de Cobre



BARRAGEM PRINCIPAL

Ombreira Direita – Execução do Núcleo



← Junta de Cobre

BARRAGEM PRINCIPAL

Ombreira Esquerda

Plinto



BARRAGEM PRINCIPAL

Ombreira Esquerda – Limpeza do Plinto



BARRAGEM PRINCIPAL

Ombreira Esquerda – Execução do Núcleo



Barragem Principal

Controle Tecnológico do Núcleo Asfáltico

Frequência – Diária

- Verificação da espessura das camadas (20 a 25cm após compactação)
- Controle da temperatura :
 - * na Usina $\leq 177^{\circ}\text{C}$
 - * no silo da carregadeira $\geq 150^{\circ}\text{C}$
 - * na compactação $140^{\circ}\text{C} \leq T \leq 173^{\circ}\text{C}$
- Ensaios da massa asfáltica para determinação:
 - * Teor de asfalto $6,0\% \leq \text{CAP} \leq 6,6\%$
 - * Granulometria da mistura
 - * Índice de vazios $\leq 3,0\%$

BARRAGEM PRINCIPAL

Controle Tecnológico do Núcleo Asfáltico

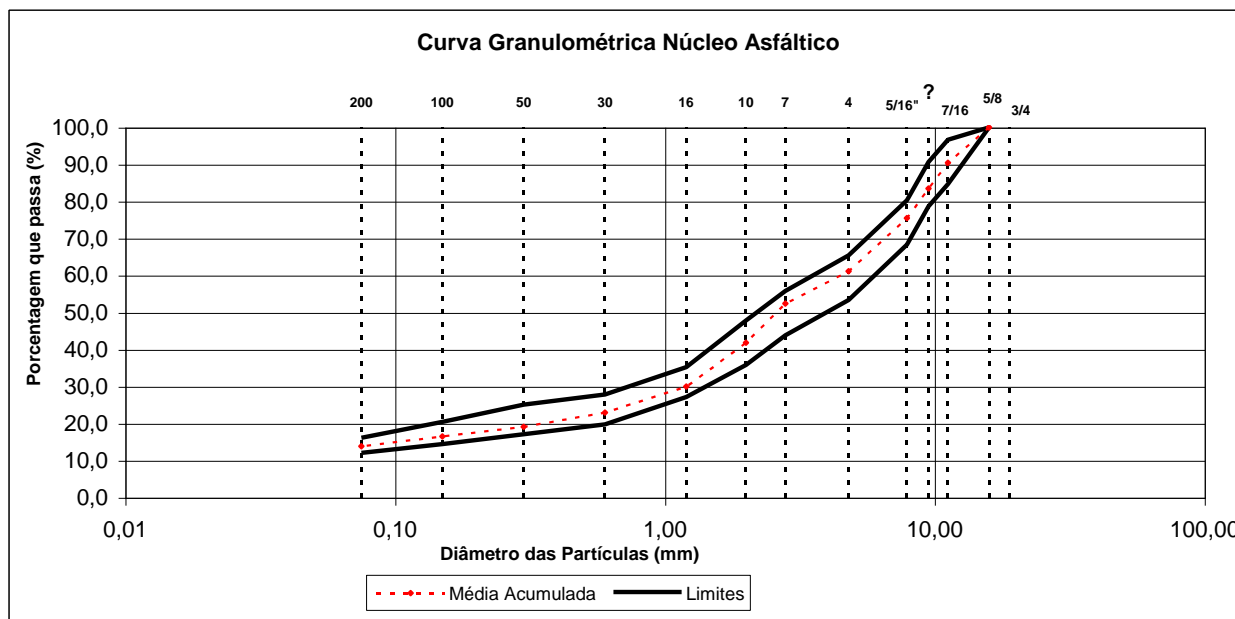


FURNAS
CENTRAIS ELÉTRICAS S.A.
Controle Tecnológico Foz do Chapecó

Estatístico Controle CBUQ Núcleo Asfáltico

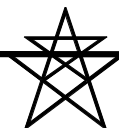


UHE FOZ DO CHAPECÓ - Núcleo Asfáltico																
Data do Ensaio	Número de Registro	Camada Nº	Nº do Ensaio	Percentagem PASSA												%CAP
				Abertura das Peneiras (mm)												
				15,9	11,2	9,5	7,9	4,8	2,8	2,0	1,2	0,6	0,3	0,15	0,075	
Estatística Acumulada:																
Nº de Amostras				438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	
Média				100,0	90,5	83,5	75,5	61,2	52,4	41,9	30,0	23,0	19,1	16,5	13,8	6,22
Desvio Padrão				0,06	1,80	1,91	2,02	2,89	2,30	2,01	1,82	1,65	1,36	1,10	0,93	0,36
Coef. de Variação (%)				0,06	1,99	2,29	2,68	4,72	4,39	4,80	6,06	7,17	7,14	6,67	6,70	5,81
Resumo Granulometria Núcleo - % Passa																
CBUQ	Peneiras		15,9	11,2	9,5	7,9	4,8	2,8	2,0	1,2	0,6	0,3	0,15	0,075	% CAP	
	Especificação - Dosagem CBUQ 06		100,0	84,7	78,7	68,3	53,4	43,8	35,8	27,2	19,8	17,1	14,4	12,1	6,0 a 6,6	
	100,0	96,7	90,7	80,3	65,4	55,8	47,8	35,2	27,8	25,1	20,4	16,1				



BARRAGEM PRINCIPAL

Controle Tecnológico do Núcleo Asfáltico



FURNAS

Resumo

Controle Tecnológico Foz do Chapecó

Estadístico Controle CBUQ -

CENTRAIS ELÉTRICAS S.A.



UHE FOZ DO CHAPECO - Núcleo Asfáltico

Data do Ensaio	Número de Registro	Camada N°	N° do Ensaio	Estaca	Elevação do Topo	% CAP	% Filler	Gmb médio (g/cm ³)	Gmm (g/cm ³)	Vv (%)	Temperatura Usina (°C)
Estatística Acumulada:											
N° de Amostras						438	437	428	428	428	427
Média						6,24	13,8	2,577	2,608	1,3	160,6
Desvio Padrão						0,25	0,93	0,01	0,05	0,26	5,38
Especificação					Máximo	6,6	16,1	-	-	< 2,5	175,0
					Mínimo	6,0	12,1				150,0

BARRAGEM PRINCIPAL

Controle de Temperatura



Barragem Principal

Controle Tecnológico do Núcleo Asfáltico

Freqüência – Mensal

Para extração dos corpos de prova ocorre a paralisação de 3 dias para resfriamento do Núcleo. Temperatura na extração dos corpos de prova inferior a 40°C

- Verificação da visual das juntas entre camadas e integridade do Núcleo
- Teor de asfalto $6,0\% \leq \text{CAP} \leq 6,6\%$
- Índice de vazios $\leq 3,0\%$
- Compressão axial e triaxial
- Permeabilidade

BARRAGEM PRINCIPAL

Controle Tecnológico do Núcleo Asfáltico



FURNAS
CENTRAIS ELÉTRICAS S.A.
Controle Tecnológico Foz do Chapecó



BARRAGEM PRINCIPAL - 4ª Parada

Data da construção: 24/02/2010 (camada Nº 115 com 22 cm e Camada Nº 116 com 25 cm)

Extração dos corpos-de-prova: 28/02/2010 (período noturno).

Cota do Topo:	246,50				246,50				246,50
Estaca:	34+7,2				38+4,10				46+3,5
Corpo-de-prova:	B 23				B 26				B 28
Camada 116									
Camada 115									

Camada	CP	Resultados das amostras compactadas no laboratório - Lançamento								Resultados das amostras extraídas na barragem							
		Registro	Estaca coleta	CAP (%)	Filler (%)	Temperatura Lançamento	Gmb (g/cm ³)	Gmm (g/cm ³)	Vv (%) Laboratório	Volume de vazios							
										A	B	C	D	E	F	G	Média
116	B-23	0514/10	34+7,2	6,08	13,7	162,0	2,579	2,620	1,6	1,33	1,45	1,64	1,49	-	-	-	1,48
	B-26	0517/10	38+4,1	-	-	-	-	-	-	0,89	0,96	1,36	1,32	-	-	-	1,13
	B-28	0519/10	46+3,5	6,26	14,3	160,0	2,577	2,607	1,2	1,29	1,91	1,26	1,04	-	-	-	1,38
115	B-23	0514/10	34+7,2	6,28	12,8	173,0	2,593	2,612	0,7	-	-	-	-	1,17	0,64	1,48	1,10
	B-26	0517/10	38+4,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,49	0,70	1,55	1,25
	B-28	0519/10	46+3,5	6,18	14,9	162,0	2,582	2,617	1,3	-	-	-	-	1,04	1,30	1,18	1,17

Obs: A=topo e D=base (camada 116)

E=topo e G=base (camada 115)

BARRAGEM PRINCIPAL

Extração de Corpos de Prova



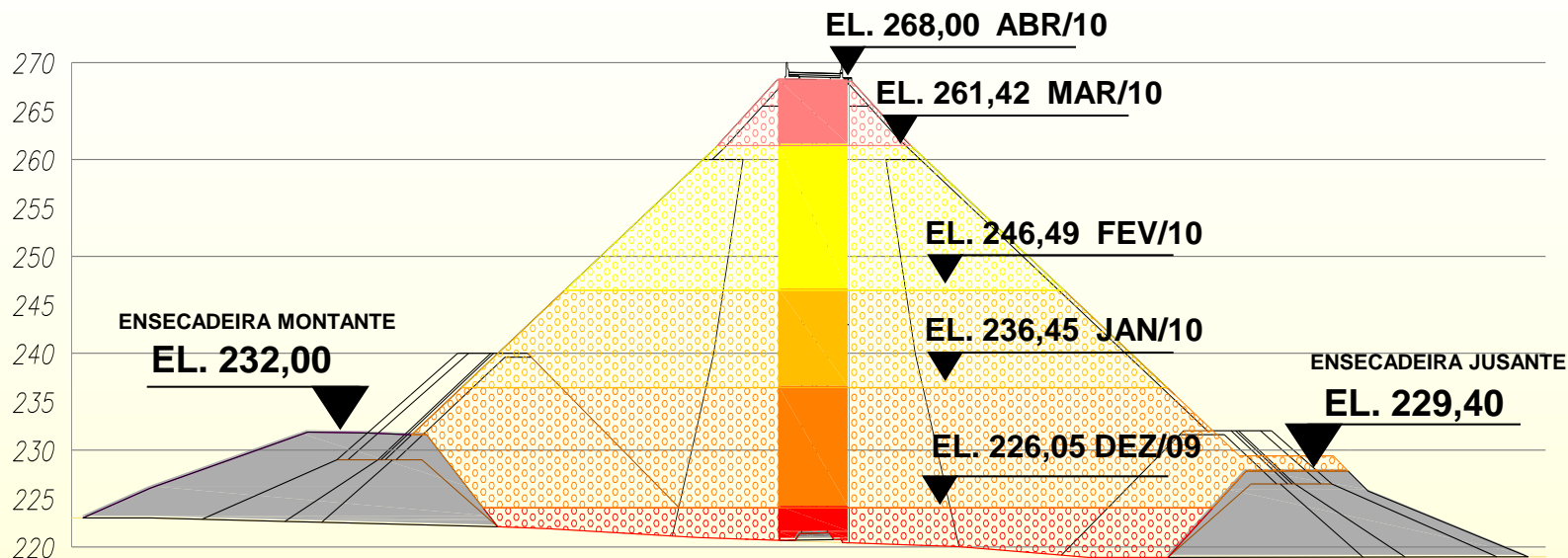
BARRAGEM PRINCIPAL

Corpos de Prova



BARRAGEM PRINCIPAL

ACOMPANHAMENTO DA CONSTRUÇÃO



SEÇÃO TRANSVERSAL

NÚCLEO ASFÁLTICO	ENROCAMENTO COMPACTADO
DEZEMBRO/09: 28 CAMADAS (altura da camada: 25cm)	DEZEMBRO/09: 252.838 m ³
JANEIRO/10: 42 CAMADAS	JANEIRO/10: 413.028 m ³
FEVEREIRO/10: 40 CAMADAS	FEVEREIRO/10: 420.897 m ³
MARÇO/10: 60 CAMADAS	MARÇO/10: 321.685 m ³
ABRIL/10: 26 CAMADAS	ABRIL/10: 36.948 m ³
TOTAL: 196 CAMADAS – MÉDIA 2,2 camadas/dia	TOTAL: 1.445.396 m ³ - MÉDIA 12.569 m ³ /dia

BARRAGEM PRINCIPAL

ACOMPANHAMENTO - 02/12/2009



BARRAGEM PRINCIPAL

ACOMPANHAMENTO - 16/12/2009



BARRAGEM PRINCIPAL

ACOMPANHAMENTO - 30/12/2009



BARRAGEM PRINCIPAL

ACOMPANHAMENTO - 28/01/2010



BARRAGEM PRINCIPAL

ACOMPANHAMENTO - 28/02/2010



BARRAGEM PRINCIPAL

ACOMPANHAMENTO - 31/03/2010



BARRAGEM PRINCIPAL

ACOMPANHAMENTO - 30/04/2010



BARRAGEM PRINCIPAL

VISTA AÉREA - JUSANTE - 31/08/2010



BARRAGEM PRINCIPAL

VISTA AÉREA - MONTANTE - 31/08/2010

