

Tecnologias utilizadas na execução das obras das Eclusas de Tucuruí.



Sistema Eletrobras

Eletrobras
Eletronorte

- A Eletrobras é uma empresa de economia mista e de capital aberto.
- O Governo Federal possui mais da metade das ações ordinárias e preferenciais (52,45%) e, por isso, tem o controle acionário da empresa.
- Criada em 1962 para promover estudos e projetos de construção e operação de usinas geradoras, linhas de transmissão e subestações, destinadas ao suprimento de energia elétrica do País, a Eletrobras adquiriu características de holding, controlando empresas de geração e transmissão de energia elétrica.
- O Grupo Eletrobras atua de forma integrada. Presente em todo o Brasil, suas empresas têm capacidade instalada para produção de 40.854 MW. São 51.039 km de linhas de transmissão, representando mais de 60% do total nacional, 31 usinas hidrelétricas, 16 termelétricas e duas nucleares.

Sistema Eletrobrás

Geração e Transmissão



Geração



Distribuição



Outras Atividades



Eletronorte



- Criada em 20 de junho de 1973, com sede no Distrito Federal, subsidiária da Eletrobras e vinculada ao Ministério de Minas e Energia, é uma empresa de economia mista que atua no segmento de geração e transmissão de energia elétrica de alta e extra-alta tensão na Região Amazônica, nos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Piauí, Rondônia, Roraima, São Paulo e Tocantins. Por meio do Sistema Interligado Nacional, a empresa comercializa energia em todo o território nacional.
- Capacidade de geração instalada/projetada 9.787 MW
- Usinas Hidrelétricas:
 - Usina Hidrelétrica de Tucuruí - Rio Tocantins, 8.370 MW - Pará
 - Usina Hidrelétrica de Samuel - Rio Jamari, 242 MW - Rondônia
 - Usina Hidrelétrica Coaracy Nunes - Rio Araguari, 78 MW - Amapá
 - Usina Hidrelétrica Curuá-Una - Rio Curuá-Una, 30,3 MW - Pará

SISTEMA DE TRANSPOSIÇÃO DE DESNÍVEL DE TUCURUÍ



Eletrobras
Eletronorte

UHE TUCURUÍ



A construção da barragem de Tucuruí, no rio Tocantins, teve como finalidade primordial a **geração de energia elétrica**.

O barramento do rio e a consequente formação do reservatório de montante resultaram em um **desnível de 69 m**, tornando necessários estudos de alternativas para a transposição do deste desnível.

Dessa forma, o aproveitamento de Tucuruí passou a contar também, com um **Sistema de Transposição de Desnível**, cujo objetivo é garantir em qualquer época a navegação no trecho da hidrovia interrompido com a construção da Barragem.

LOCALIZAÇÃO DO SISTEMA DE TRANSPOSIÇÃO DE TUCURUÍ



LOCALIZAÇÃO DO SISTEMA DE TRANSPOSIÇÃO DE TUCURUÍ



LOCALIZAÇÃO



© 2016 Google
© 2009 GeoBasis-DE/BKG
US Dept of State Geographer
© 2016 Basarsoft

Google earth

altitude do ponto de visão 43623.62 km

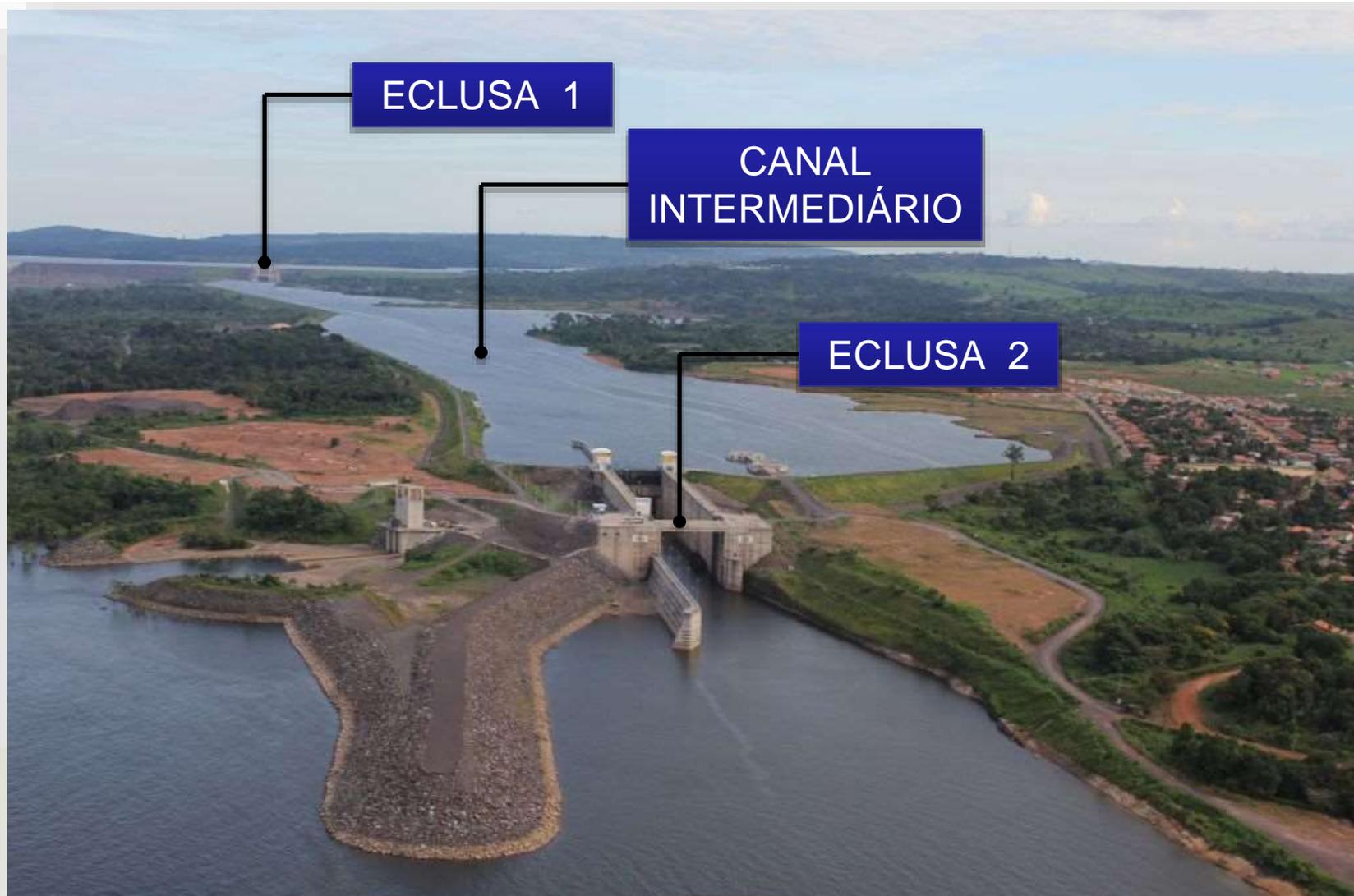
ARRANJO GERAL DO SISTEMA DE TRANSPOSIÇÃO



ARRANJO GERAL - Vista de Montante para Jusante.



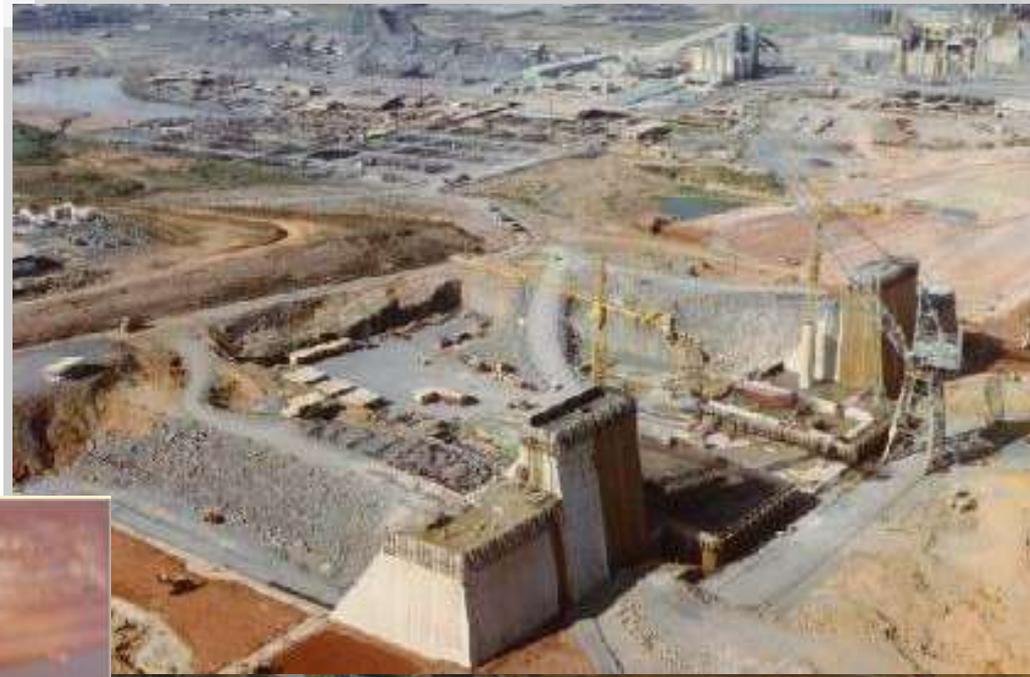
ARRANJO GERAL – Vista de Jusante para Montante.



HISTÓRICO (1981 – 1989)

1981: foram iniciadas as obras do Sistema de Transposição de Desnível pela Eclusa 1.

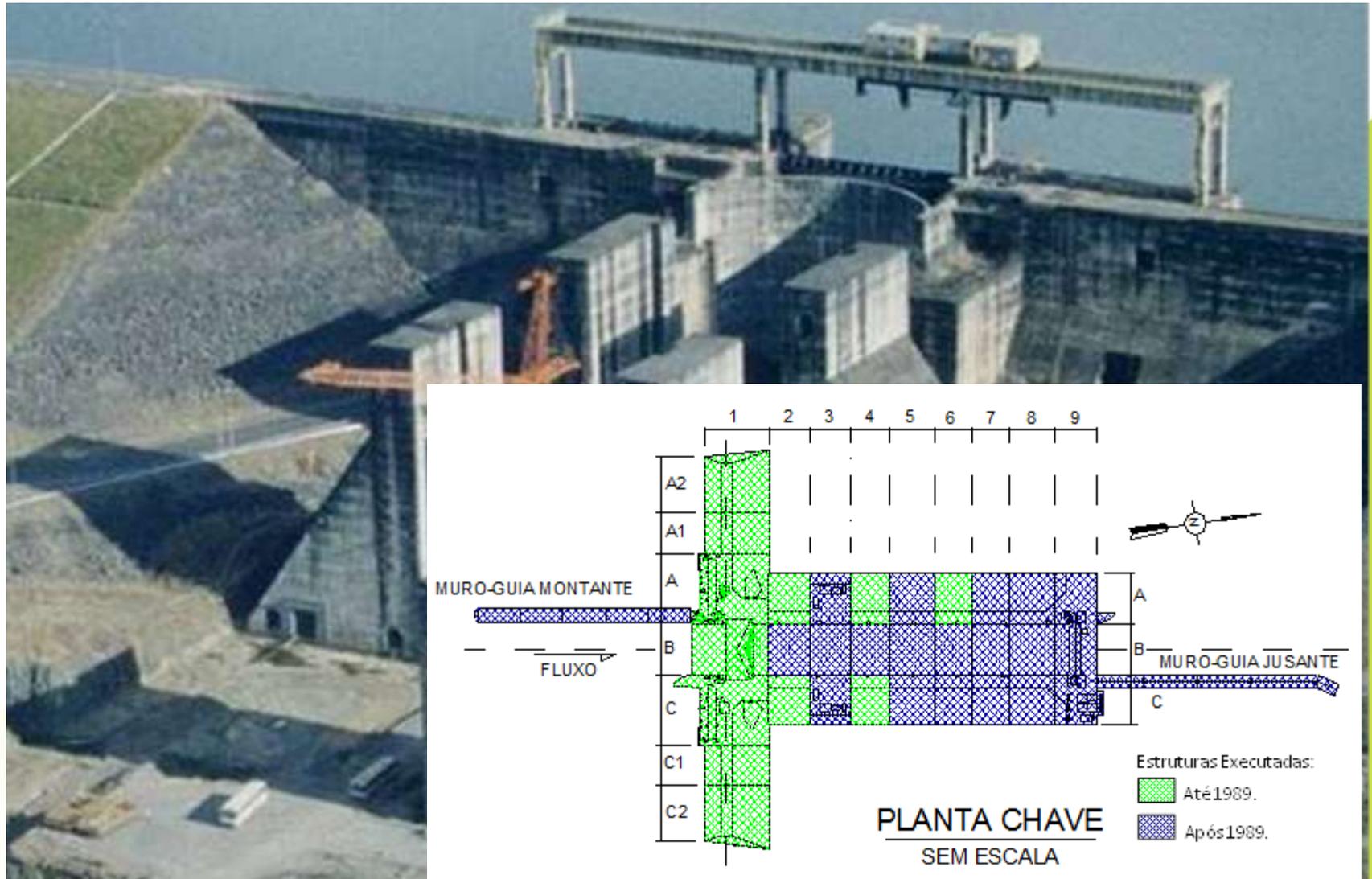
Obras consideradas como obrigatórias para o barramento do rio e o enchimento do Reservatório



Até **1984** as obras tiveram andamento normal e, a partir daí, o ritmo foi diminuindo até a total **paralisação em 1989.**



HISTÓRICO (1981 – 1989)



HISTÓRICO (1997 – 2004)

Em **1997** atualizou-se o Projeto Básico, necessário à conclusão das Eclusas de Tucuruí.

Em **1998** assinou-se o Contrato nº 009/98-MT para a retomada das obras.



Em **2004** as obras civis gradativamente desaceleraram e paralisaram totalmente em **2005**.

HISTÓRICO (2006 – 2011)

Em **02/04/2007**: as obras foram novamente retomadas, com a previsão de operação do Sistema de Transposição em 30/06/2010.



HISTÓRICO (2006 – 2011)



ECLUSA 1 - 2007



as obras foram reiniciadas com a emissão da Ordem de Serviço nº. 01/2007.

HISTÓRICO (2006 – 2011)

ECLUSA 2 - 2007



CÂMARA – ESCAVAÇÃO EM ROCHA

HISTÓRICO (2006 – 2011)



ECLUSA 2 - 2007



TÚNEL DE ESVAZIAMENTO

HISTÓRICO (2006 – 2011)



Eletrobras
Eletronorte

Em **30.11.2010** o Sistema de Transposição de Desnível foi inaugurado.



ECLUSA 1



ECLUSA 2



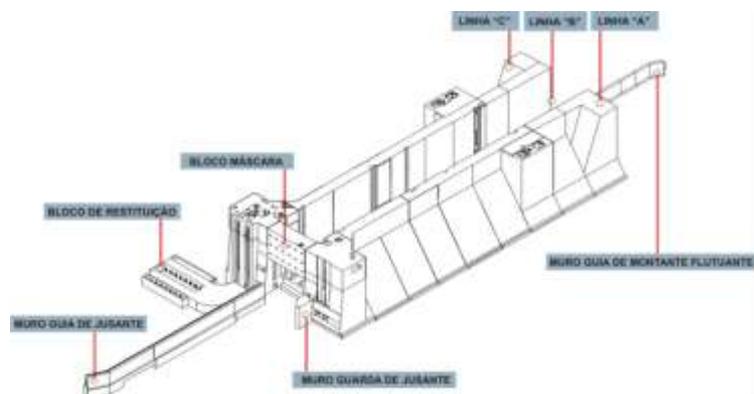
ECLUSA 1

Entrando em operação comercial em **01/07/2011**.

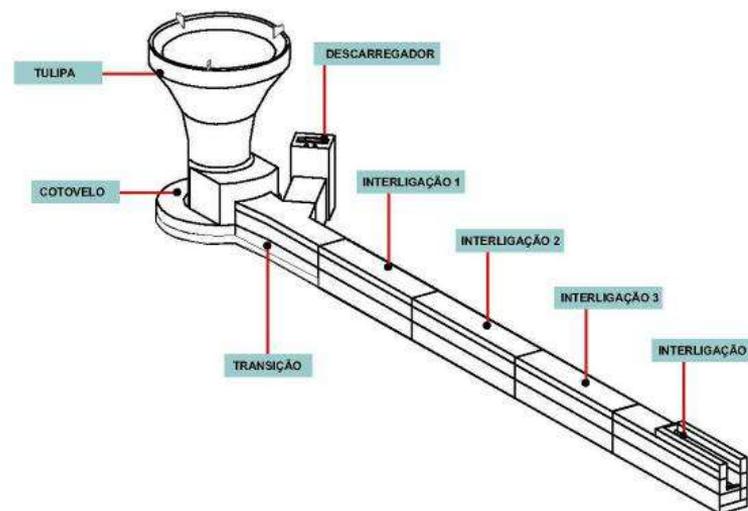


PRINCIPAIS ESTRUTURAS DE CONCRETO

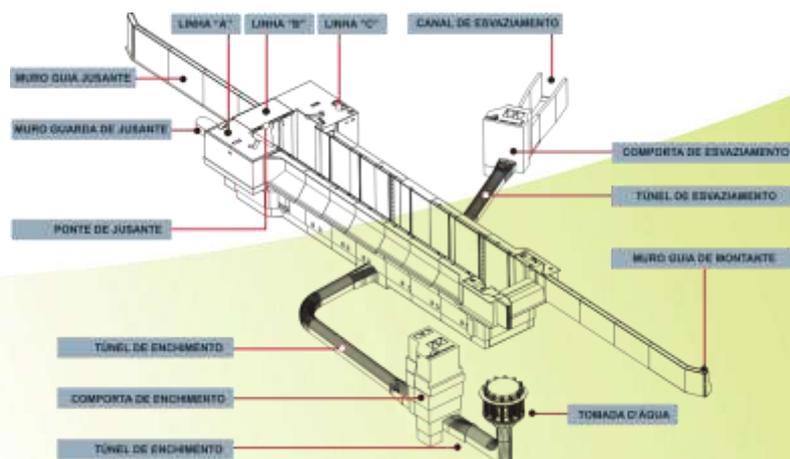
➤ Eclusa 1



➤ Vertedouro



➤ Eclusa 2



PERSPECTIVA E ARRANJO DAS PRINCIPAIS ESTRUTURAS

PRINCIPAIS ESTRUTURAS DE CONCRETO

➤ Eclusa 1

➤ Dimensões da câmara:

- comprimento: 210,00 m;
- largura: 33,00 m;
- altura: 48,50 m.

➤ Lâmina d'água mínima: 6,00 m.

➤ Tempo de enchimento: 13 min.

➤ Tempo de esvaziamento: 14 min.

➤ Vazão de enchimento: 300 m³/s.

➤ Vazão de esvaziamento: 270 m³/s.

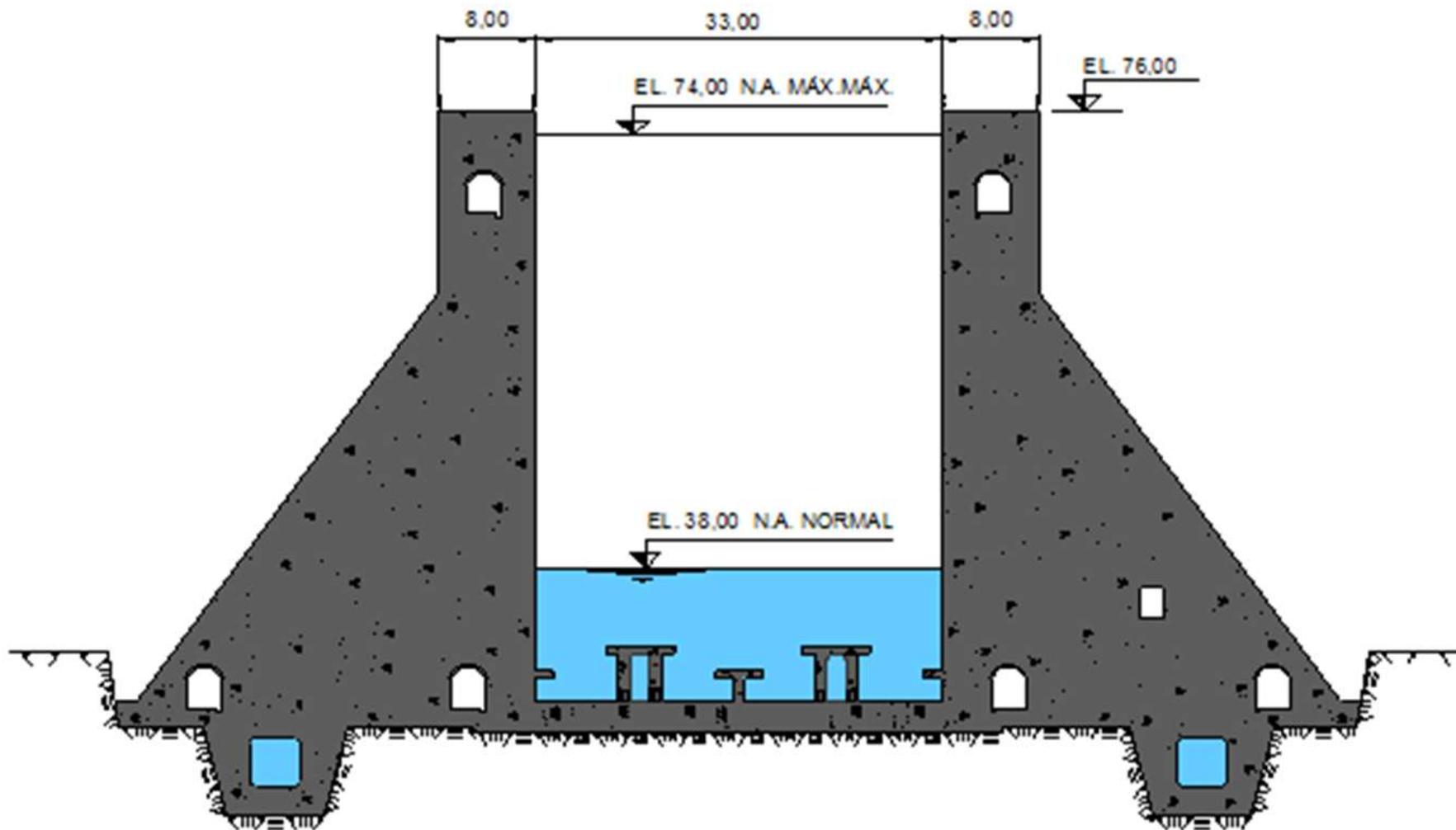
➤ 3 estruturas: Muros de ligação, Bloco de restituição e Câmara.

➤ Estrutura Dividida em 31 blocos.



PRINCIPAIS ESTRUTURAS DE CONCRETO

➤ Eclusa 1



PRINCIPAIS ESTRUTURAS DE CONCRETO

➤ Eclusa 1



CONSTRUÇÃO DOS BLOCOS

ANO: 2001

AQUEDUTOS
PRINCIPAIS

PRINCIPAIS ESTRUTURAS DE CONCRETO

➤ Eclusa 1

CABEÇA DE MONTANTE

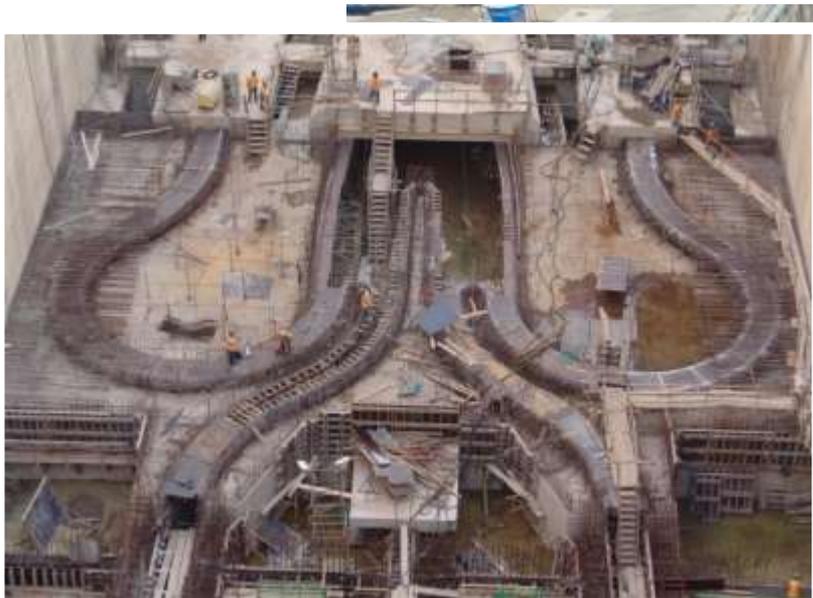


TOMADA D'ÁGUA

ANO: 1984

PRINCIPAIS ESTRUTURAS DE CONCRETO

➤ Eclusa 1



CIRCUITO HIDRÁULICO

INTERIOR DA CÂMARA



ANO: 2010

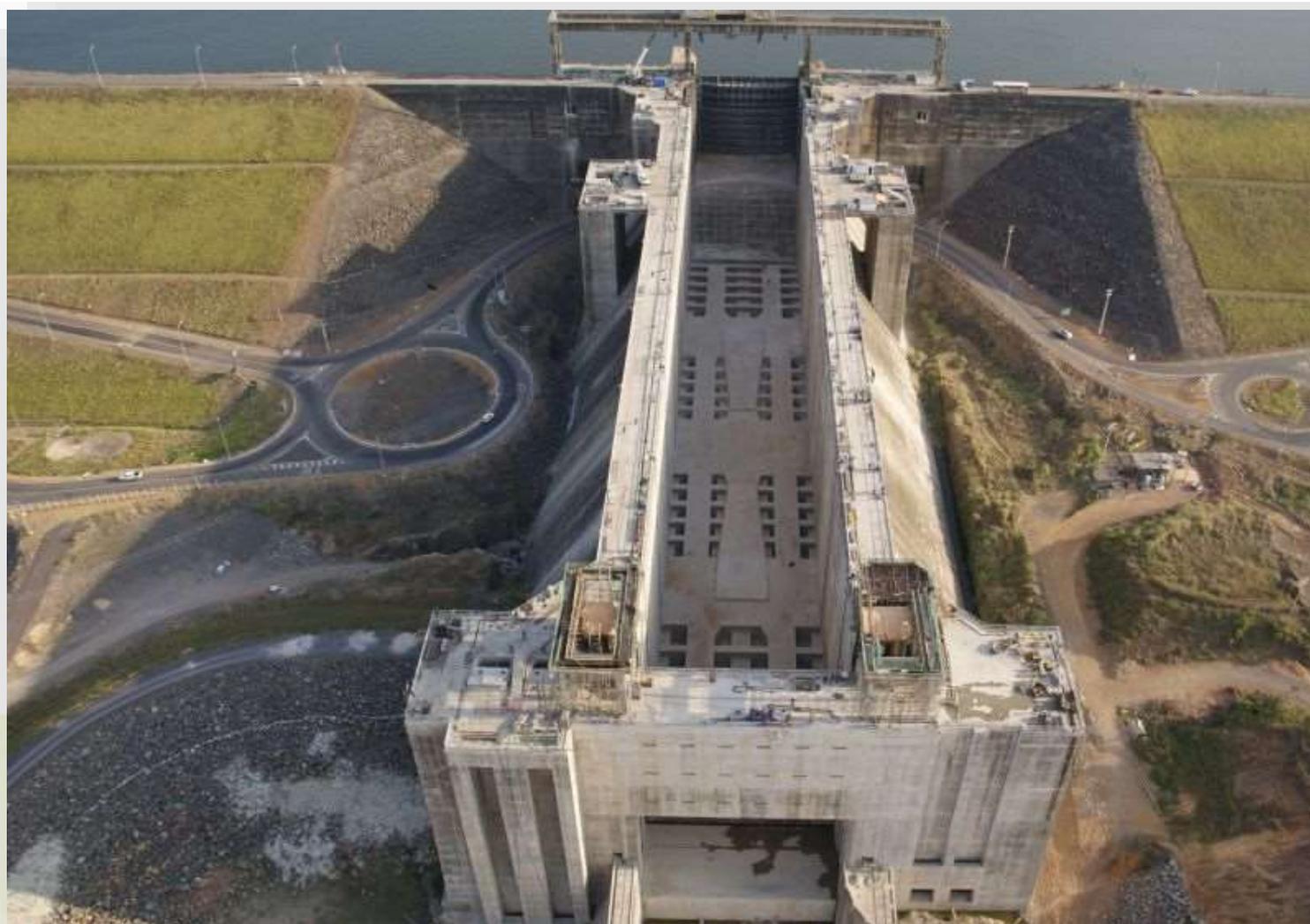
PRINCIPAIS ESTRUTURAS DE CONCRETO

➤ Eclusa 1



PRINCIPAIS ESTRUTURAS DE CONCRETO

➤ Eclusa 1



PRINCIPAIS ESTRUTURAS DE CONCRETO

➤ Eclusa 1



PRINCIPAIS ESTRUTURAS DE CONCRETO

➤ Eclusa 1



PRINCIPAIS ESTRUTURAS DE CONCRETO

➤ Eclusa 1



PORTA MITRA (875 t)



PORTA GUILHOTINA (3.413 t)

PRINCIPAIS ESTRUTURAS DE CONCRETO

➤ Eclusa 1



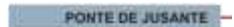
PRINCIPAIS ESTRUTURAS DE CONCRETO

➤ Eclusa 1



PRINCIPAIS ESTRUTURAS DE CONCRETO

➤ Eclusa 2

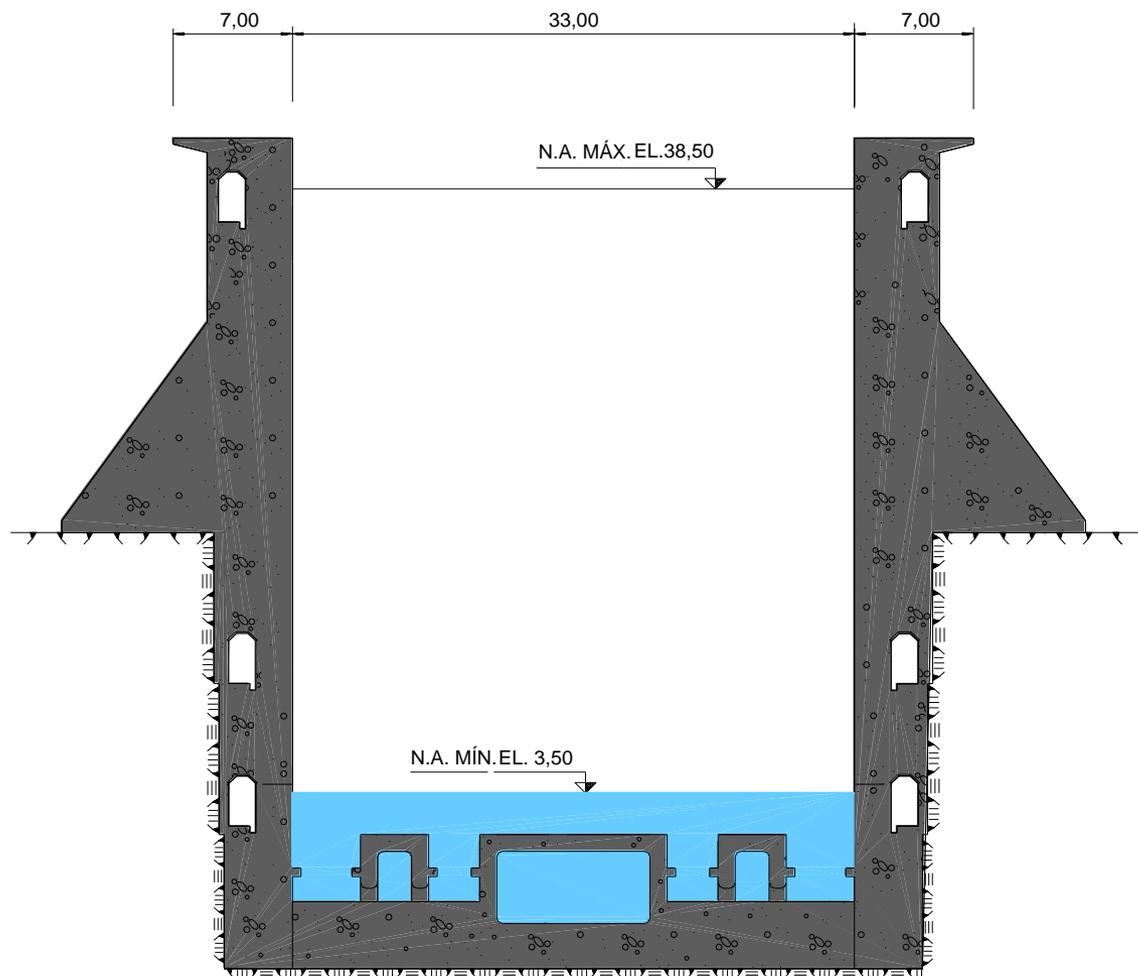


- Dimensões:
- Comprimento: 210,00 m;
- Largura: 33,00 m;
- Altura: 48,50 m.
- Lâmina d'água mínima: 6,00 m.
- Tempo de enchimento: 13 min.
- Tempo de esvaziamento: 14 min.
- Vazão de enchimento: 300 m³/s.
- Vazão de esvaziamento: 270 m³/s.
- 4 estruturas em concreto: Tomada d'água, Bloco de enchimento, Bloco de esvaziamento e Câmara.
- Estrutura Principal Dividida em 27 blocos.



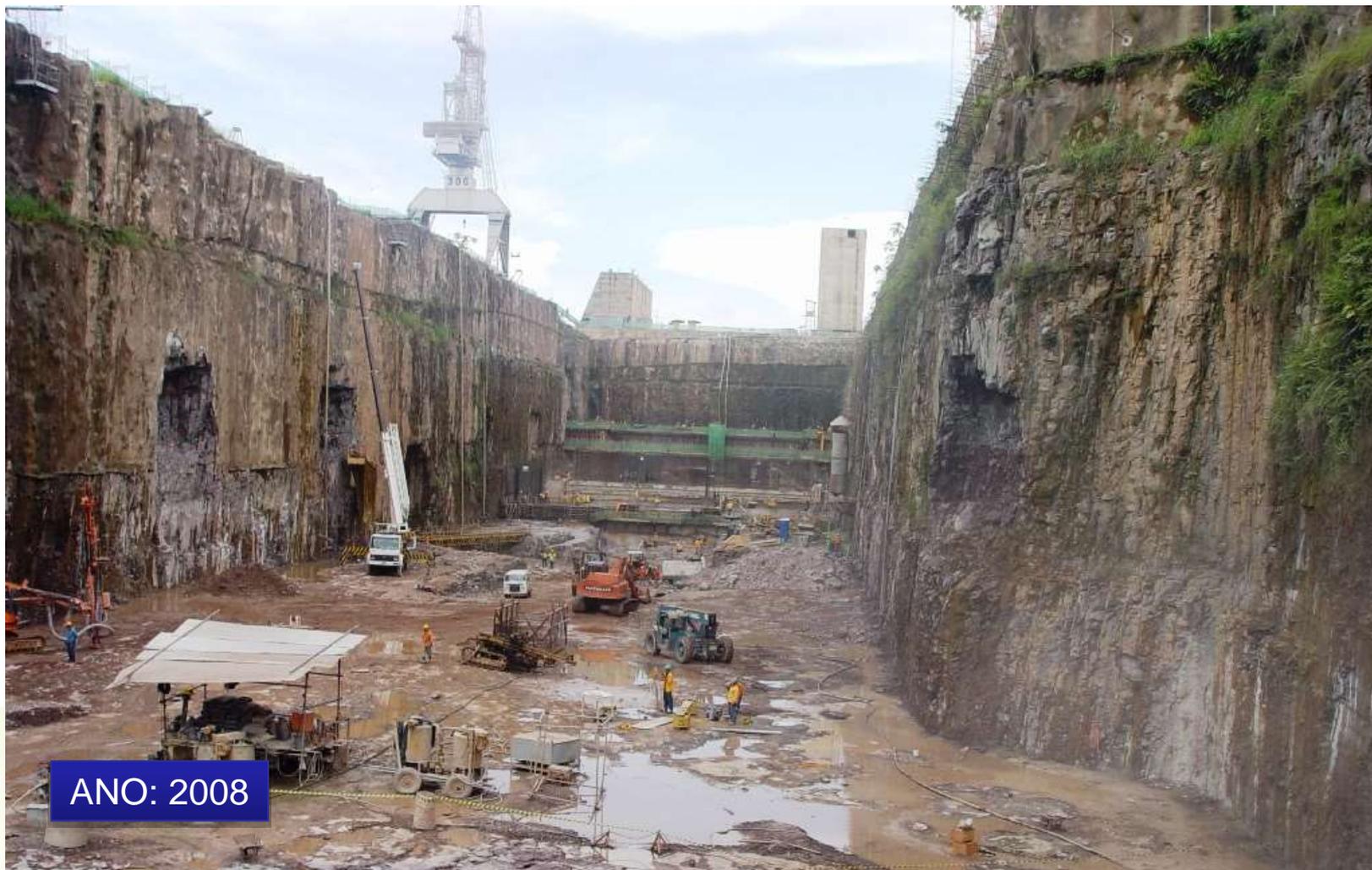
PRINCIPAIS ESTRUTURAS DE CONCRETO

➤ Eclusa 2



PRINCIPAIS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Eclusa 2



ANO: 2008

PRINCIPAIS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Eclusa 2



ANO: 2009

PRINCIPAIS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Eclusa 2



ANO: 2010



PRINCIPAIS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Eclusa 2

BLOCO DE
ENCHIMENTO

TOMADA D'ÁGUA

ANO: 2010



PRINCIPAIS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Eclusa 2



PRINCIPAIS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Eclusa 2



Eletrobras
Eletronorte



ANO: 2010

PRINCIPAIS ESTRUTURAS DE CONCRETO

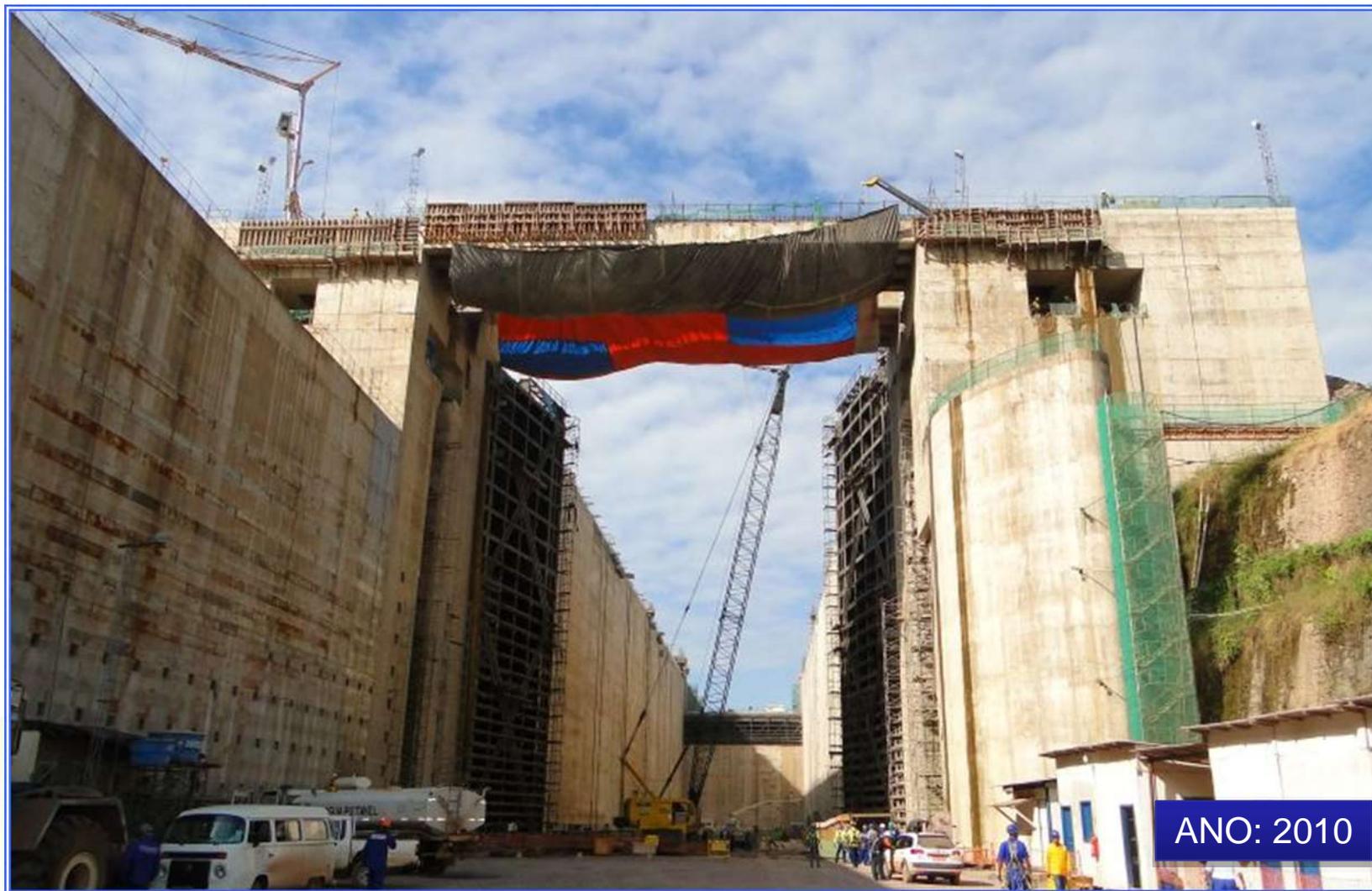
Eclusa 2



ANO: 2010

PRINCIPAIS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Eclusa 2



ANO: 2010

PRINCIPAIS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Eclusa 2



ANO: 2011

PRINCIPAIS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Eclusa 2

TÚNEL DE ENCHIMENTO



PRINCIPAIS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Eclusa 2

RESTITUIÇÃO



ANO: 2010

BLOCO DE
ESVAZIAMENTO



ANO: 2011

PRINCIPAIS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Eclusa 2



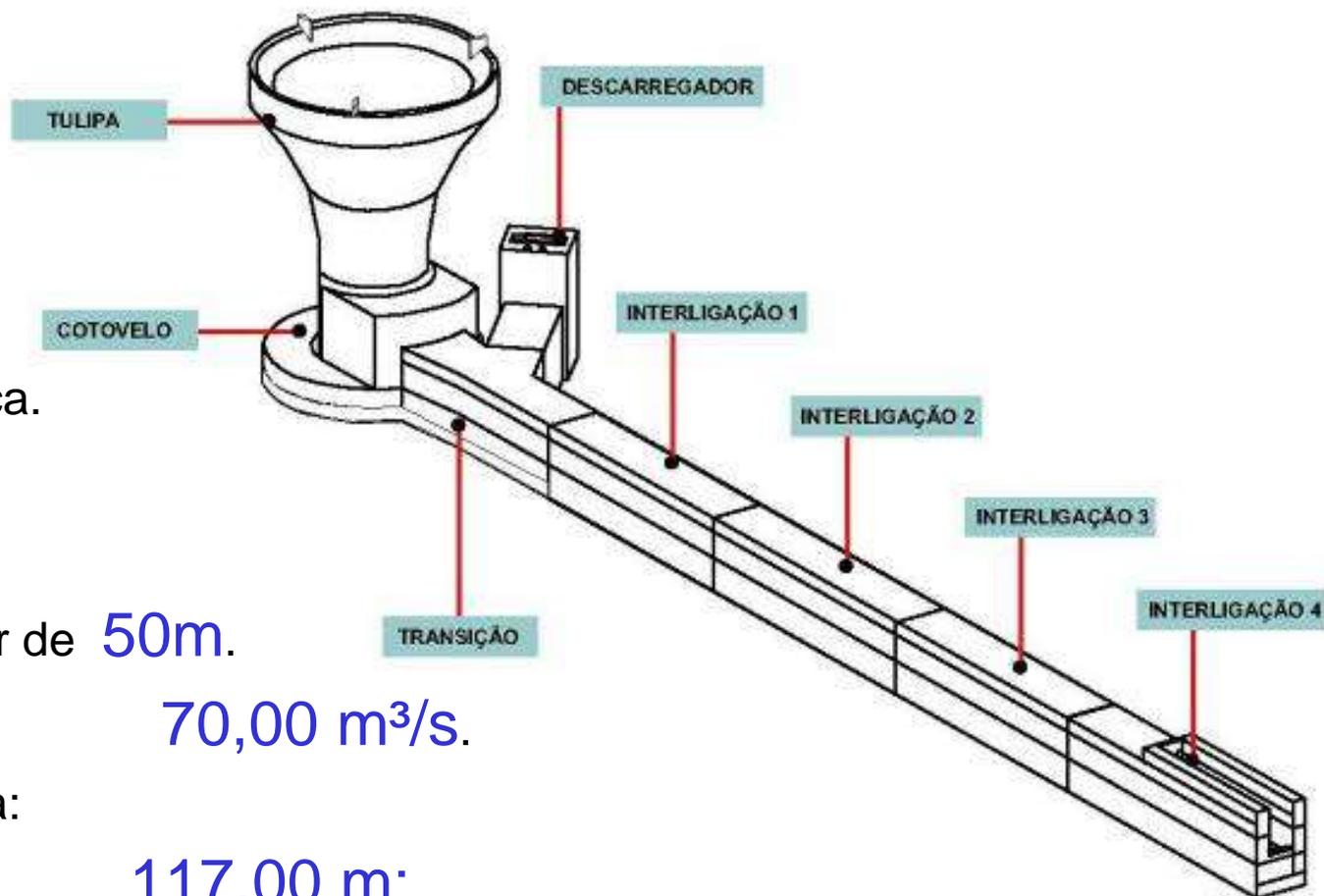
PORTA GUILHOTINA (405 t)



PORTA MITRA (1.862 t)

PRINCIPAIS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Vertedouro



- Tipo: Tulipa cilíndrica.
- Soleira vertente:
 - na cota **38,0 m**;
 - comprimento circular de **50m**.
- Vazão de descarga: **70,00 m³/s**.
- Galeria de descarga:
 - Comprimento: **117,00 m**;
 - Altura: **3,50 m**;
 - Base: **2,00 m**.

PRINCIPAIS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Vertedouro



PRINCIPAIS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Vertedouro



ANO: 2011

Totais dos Principais Quantitativos das Obras

Escavação Comum	11.687.657 m³
Escavação em Rocha	1.417.830 m³
Aterro Compactado	4.970.972 m³
Concreto	1.283.880 m³
Montagem Eletromecânica	10.206 t

TÉCNOLOGIA APLICADA

Controle de Tecnológico/Qualidade

- Até **2006** os controles aplicados a qualidade das obras do Sistema de Transposição de Tucuruí foi o mesmo utilizado nas obras da UHE.
- Foi possível a utilização da **mesma estrutura** para o processo de **produção, aplicação e controle de qualidade do concreto** e de seus componentes.
- Os Controles visavam atender ao padrão de qualidade estabelecido nos **projetos e especificações técnicas**.
- Foram elaboradas **instruções de trabalhos**, as quais prescreveram todos os **procedimentos** a serem obedecidos na execução dos serviços.

TÉCNOLOGIA APLICADA

Controle de Qualidade – Durante a 1ª Etapa. (1982 a 1989)

- **Estrutura física** montada para o controle de qualidade do concreto, foi de um **Laboratório Central**, com **extensões** junto às **Centrais de Concreto**.
- Os processos do controle constavam de:
 - **estudos de dosagens** para atender às características especificadas pelo projeto;
 - ensaios de **recepção dos materiais** na obra;
 - ensaios de **controle** dos materiais coletados nas Centrais de Concreto;
 - ensaios de **produção** envolvendo, inclusive, verificação e calibração dos equipamentos das Centrais de Concreto e Sistema de Britagem;
 - ações no **transporte** e **aplicação** da mistura, de modo a manter as características e propriedades até a cura do concreto;

TÉCNOLOGIA APLICADA

Controle de Qualidade – Durante a 1ª Etapa. (1982 a 1989)

- **Estrutura física** montada para o controle de qualidade do concreto, foi de um **Laboratório Central**, com **extensões** junto às **Centrais de Concreto**.
- Os processos do controle constavam de:
 - instalação, leitura, processamento dos dados e interpretação dos resultados da **instrumentação**; e,
 - ensaios do **concreto endurecido**, bem como tratamento **estatístico** dos resultados obtidos.



TÉCNOLOGIA APLICADA

Controle de Qualidade – Durante a 1ª Etapa. (1982 a 1989)

- Os **laboratórios** foram estruturados para que pudessem executar os ensaios rotineiros de **análise físico-química** dos **aglomerantes** e **aditivos**, **caracterização física** dos **agregados**, **dosagem** de **concreto** e, de **propriedades elasto-mecânicas** do **concreto** e **aço**.
- Foram equipados, também, para a execução de alguns **ensaios especiais** como: **fluência**, **elevação adiabática de temperatura**, **coeficiente de expansão térmica** e **difusividade**, entre outros.



Eletrobras
Eletronorte

TÉCNOLOGIA APLICADA

Controle de Qualidade – Durante a 1ª Etapa.
(1982 a 1989)



Garrafas de Langavant e permeabilímetros de Blaine, para as determinações de calor de hidratação e superfície específica do cimento.



Fotômetro de chama, utilizado para a determinação dos álcalis do cimento.



TÉCNOLOGIA APLICADA

Controle de Qualidade – Durante a 1ª Etapa. (1982 a 1989)



Instante na execução do ensaio de **capacidade de deformação**.



Moldagem do corpo de prova, para o ensaio de **elevação adiabática**.

TÉCNOLOGIA APLICADA

Controle de Qualidade – Durante a 2ª Etapa. (1997 à 2002 / 2006 à 2011)

- A estrutura implantada para os processos de controle de qualidade foi voltada, basicamente, para os ensaios de rotina, de **controle de materiais** e **verificações das propriedades do concreto fresco e endurecido**, e, também, o controle das atividades relativas à **concretagem**.
- Para a **operacionalização do laboratório** foram elaboradas as seguintes **instruções de trabalho**:
 - **Inspeção e Ensaios de Materiais para Concreto;**
 - **Controle de Qualidade na Produção de Agregados;**
 - **Controle de Qualidade na Produção do Concreto;**
 - **Elaboração de Traço de Concreto; e,**
 - **Instrumentação de Concreto.**



TÉCNOLOGIA APLICADA

Controle de Qualidade – Durante a 2ª Etapa.
(1997 à 2002 / 2006 à 2011)



Lotes de cimento em big bags, com placas de liberado, após terem sido aprovados nos ensaios de recepção.



Lotes de aditivo em tambores, com placas de liberado, após terem sido aprovados nos ensaios de recepção.

TÉCNOLOGIA APLICADA

Controle de Qualidade – Durante a 2ª Etapa.
(1997 à 2002 / 2006 à 2011)



Sala Química do Laboratório Central, onde são mostradas mufla de **micro-ondas** e **estufa**, entre outros.



Sala Física do Laboratório Central, onde podem ser vistos o **peneirador aero-dinâmico** e a “**flow table**”.



Eletrobras
Eletronorte

TÉCNOLOGIA APLICADA

Controle de Qualidade – Durante a 2ª Etapa.
(1997 à 2002 / 2006 à 2011)



Sala Física do Laboratório Central, mostrando o calorímetro durante o ensaio de reatividade potencial do agregado, pelo método físico.



Sala Elasto-mecânica do Laboratório Central, podendo ser vista a prensa universal de 100 tf, durante o ensaio de tração em aço.

Concreto

- Foram aplicados no total 1.283.880 (um milhão duzentos e oitenta e três mil oitocentos e oitenta) m³ de concreto no Sistema de Transposição.
- Concreto Convencional Vibrado (CCV) – Massa, Estrutural e Bombeado = 1.267.591 m³ (98,73%);
- Concreto Compactado com Rolo (CCR) = 11.570 m³ (0,90%);
- Concreto Alto-adensável (CAA) = 3.500 m³ (0,27%);
- Concreto Projetado = 1.219 m³ (0,09%).

Concreto

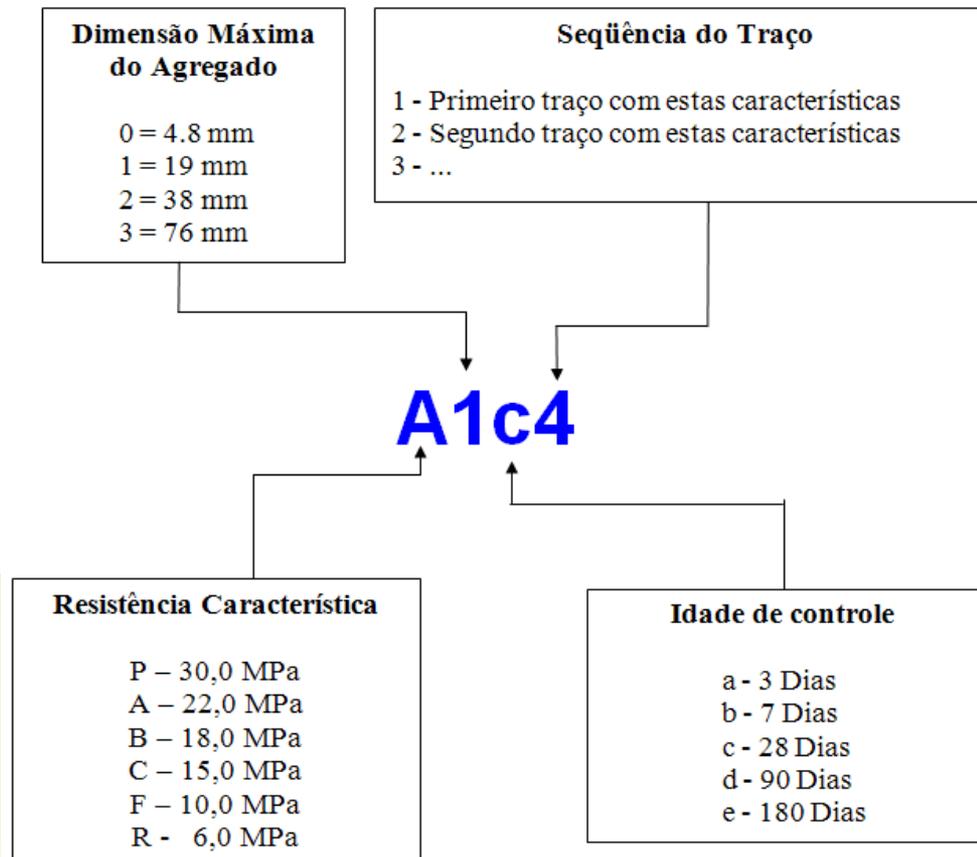
- Quase **99%** do concreto aplicado nas estruturas, do Sistema de Transposição, foi de **CCV**.
- Deste, mais de **90%** foi de **concreto massa**.
- Foram aplicados aproximadamente **30 traços** diferentes de concreto, com fck que variavam de **7,5 a 35 Mpa** em idades de controle de **28 e 365 dias**.
- A **tabela de traço** era constantemente **atualizada** com alteração ou introdução de novos traços, de acordo com a necessidade da obra.
- Visando atenuar os efeitos da fissuração térmica, durante a **1ª etapa**, a temperatura de lançamento do concreto massa foi especificada entre **14 e 16 °C**.

Concreto

- Para atingir esta temperatura até 90% da água de amassamento era substituída por gelo em escamas o restante da água era resfriada a 5 °C e a brita era constantemente molhada com água gelada.
- Para estruturas executadas durante e após a 2ª etapa, novos estudos térmicos permitiram estabelecer as temperaturas de lançamento entre 23 e 27 °C.
- Para obtenção desta temperatura foi utilizado água de amassamento a 5 °C e substituição de até 90% da água por gelo em escamas.
- **Dispensando** o processo de resfriamento da brita.

Concreto

- A No esquema seguinte é apresentado padrão de **nomenclatura** das **misturas** (traços) adotada na obra (**Tabela de Classes**) .



Concreto

- A Tabela de Classes de Concreto, durante as Obras da 1a Etapa.

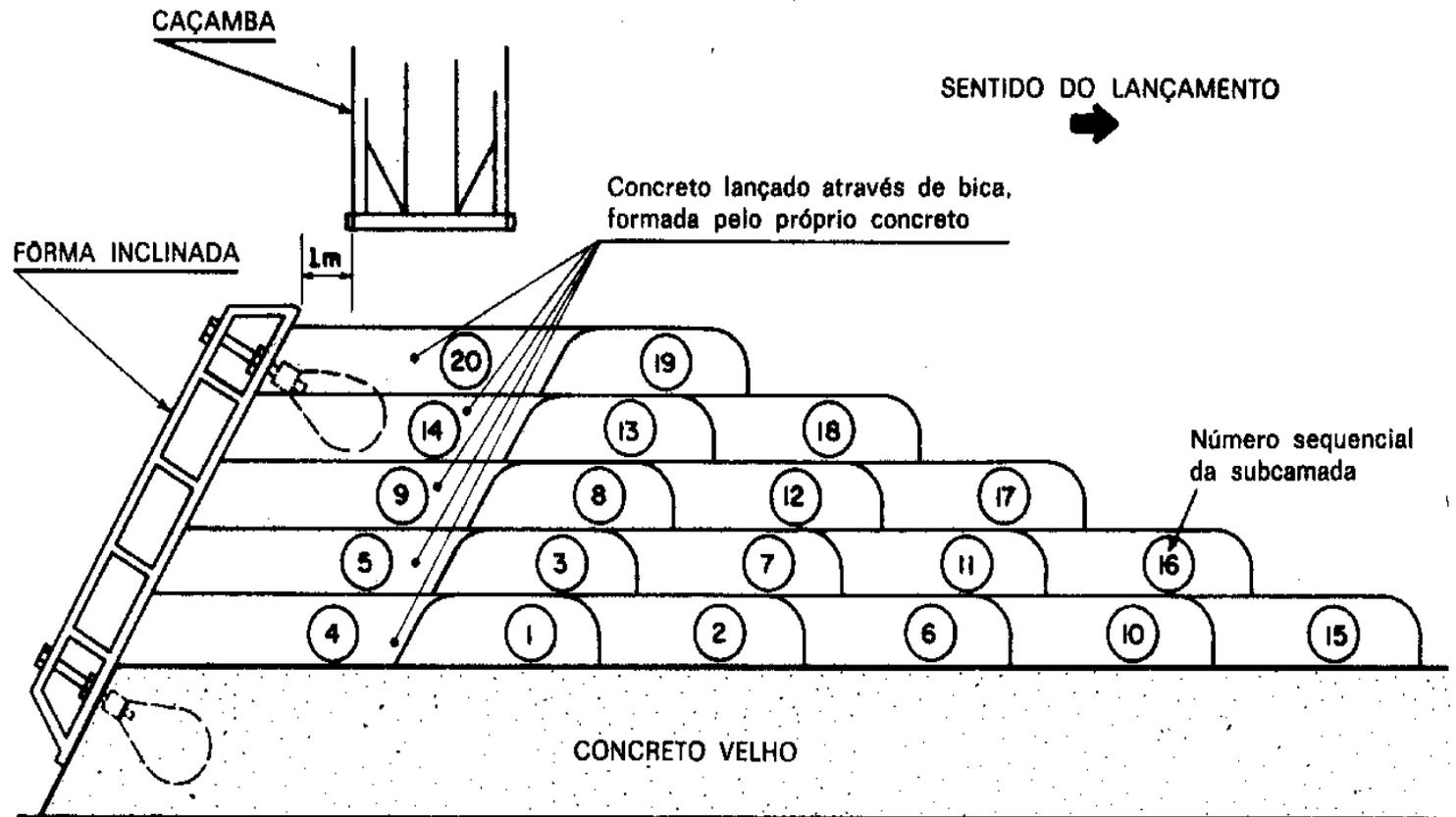
Classe	fck (MPa)	Idade (dias)	Local de Aplicação ou Tipo de Concreto
V	35	180	Capa da Soleira do Vertedouro.
P	30	28	Pré-moldado e protendido.
A	22	28	Concreto resistente à abrasão e de 2º estágio das guias das comportas. Regiões sob correntes d'água em alta velocidade. Regiões protendidas das estruturas de massa. Peças onde a durabilidade é crítica. Concreto estrutural e em "block-outs".
A'	22	90	Paredes das adufas.
B	18,5	28	Peças de concreto armado em estruturas hidráulicas e concreto estrutural. Concreto estrutural maciço. Paramentos, estruturas maciças na região das comportas, concretos estruturais leves da Casa de Força e de 2º estágio para envolvimento das turbinas.
B'	18,5	90	Estruturas maciças.
C	15	28	Paramentos, estruturas maciças e envolvimento de galerias.
D	17,5	90	Concreto de regiões ora submersas ora expostas, de durabilidade crítica. Paramentos, concreto estrutural leve e maciço.
E	15	90	Concreto de regiões expostas, em geral durabilidade menos crítica que da classe "D".
F	10	90	Concreto massa ou no preenchimento de cavidades ou irregularidade de fundação. Concreto de núcleo.
F'	10	365	Concreto massa de núcleo.
G	7,5	90	Concreto de regularização e de enchimento, com o emprego da mistura de tamanho de agregado em função da extensão do lançamento.

Concreto

- A Tabela de Classes de Concreto, durante as Obras na 2a Etapa.

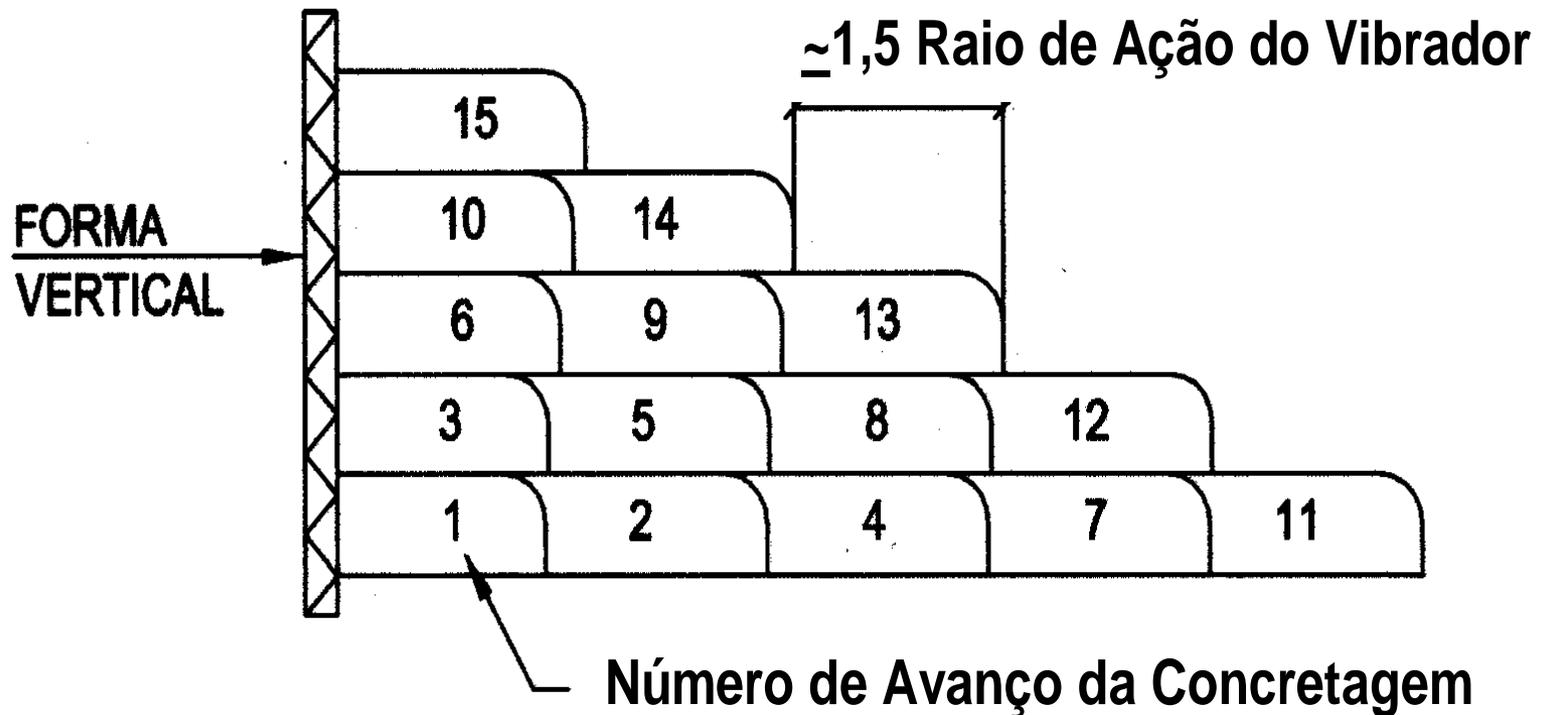
Classe	fck (MPa)	Idade (dias)	Local de Aplicação ou Tipo de Concreto
P ₂₈	30	28	Estruturas especiais ou naquelas em que houver protensão ou que estejam sujeitas a ação do intemperismo.
A ₂₈	22	28	Concreto de 2º estágio em guias de comportas, peças pré-moldadas e superfície hidráulica sujeitas a velocidade entre 4 e 12 m/s.
A ₉₀	22	90	Concreto de 2º estágio em guias de comportas, peças pré-moldadas e superfície hidráulica sujeitas a velocidade entre 4 e 12 m/s.
B ₂₈	18	28	Estruturas de porte leve ou com alta densidade de armação.
B ₉₀	18	90	Estruturas de porte leve ou com alta densidade de armação.
C ₂₈	15	28	Paramentos, peças armadas robustas e superfície hidráulica sujeitas a velocidades < 4 m/s.
C ₉₀	15	90	Locais de baixa densidade de armação e regularização sob o CCR.
F ₉₀	10	90	Concreto massa ou no preenchimento de cavidades ou irregularidade de fundação.
R ₁₈₀	6	180	Concreto compactado a rolo (CCR).

Concreto Convencional Vibrado



Esquema simplificado de lançamento

Concreto Convencional Vibrado



Esquema simplificado de lançamento

TÉCNOLOGIA APLICADA

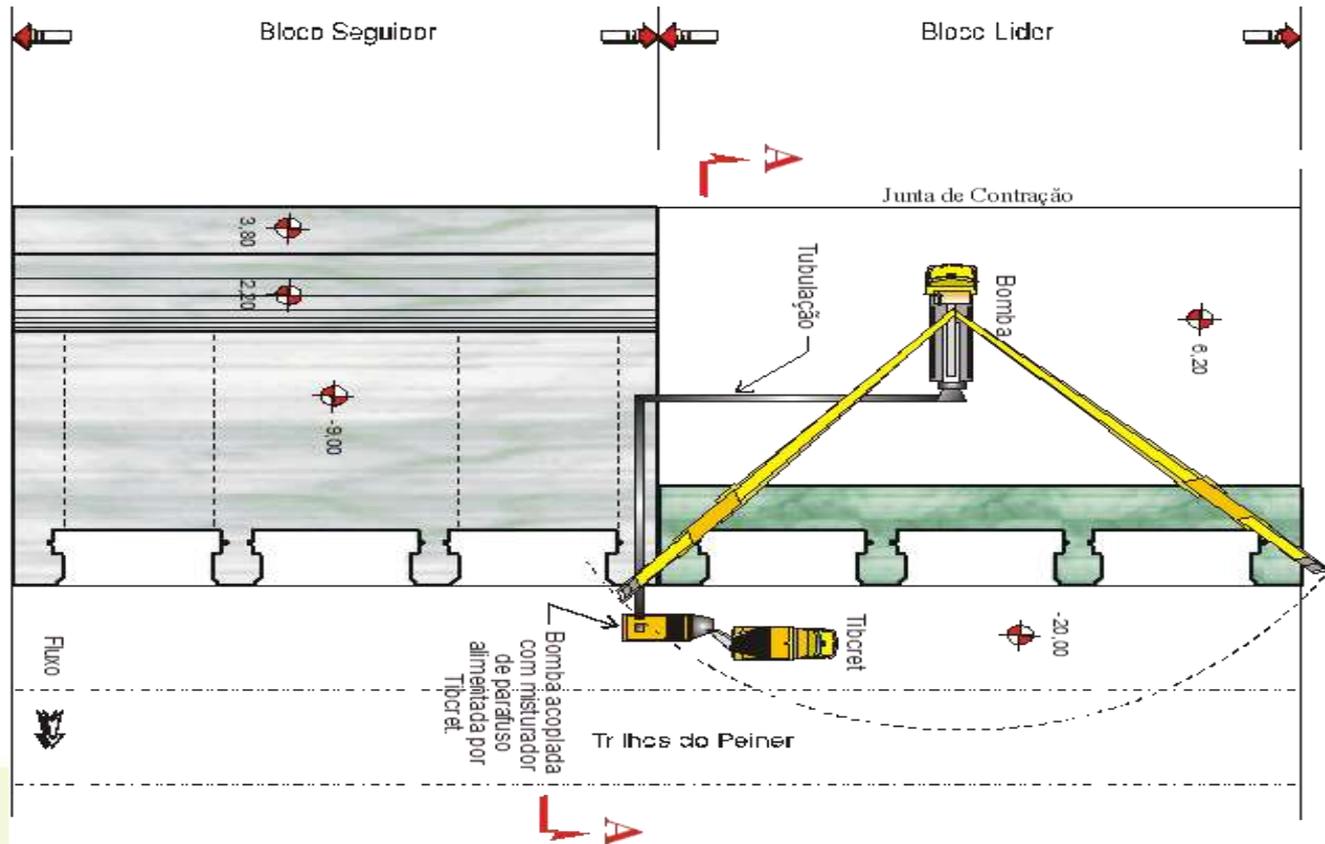
Concreto Convencional Vibrado



Esquema simplificado de lançamento

TÉCNOLOGIA APLICADA

Concreto Convencional Vibrado



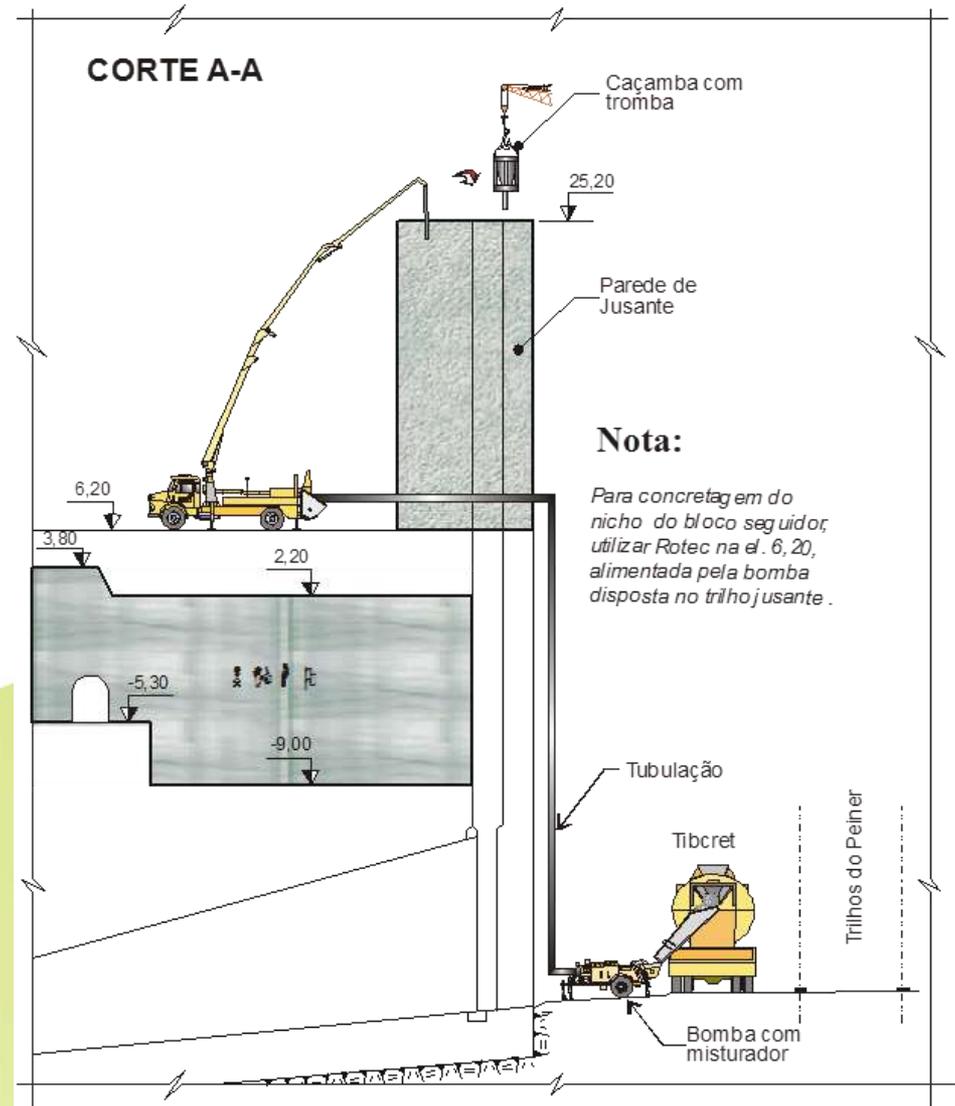
Esquema simplificado de lançamento

TÉCNOLOGIA APLICADA

Concreto Convencional Vibrado



Eletrobras
Eletronorte



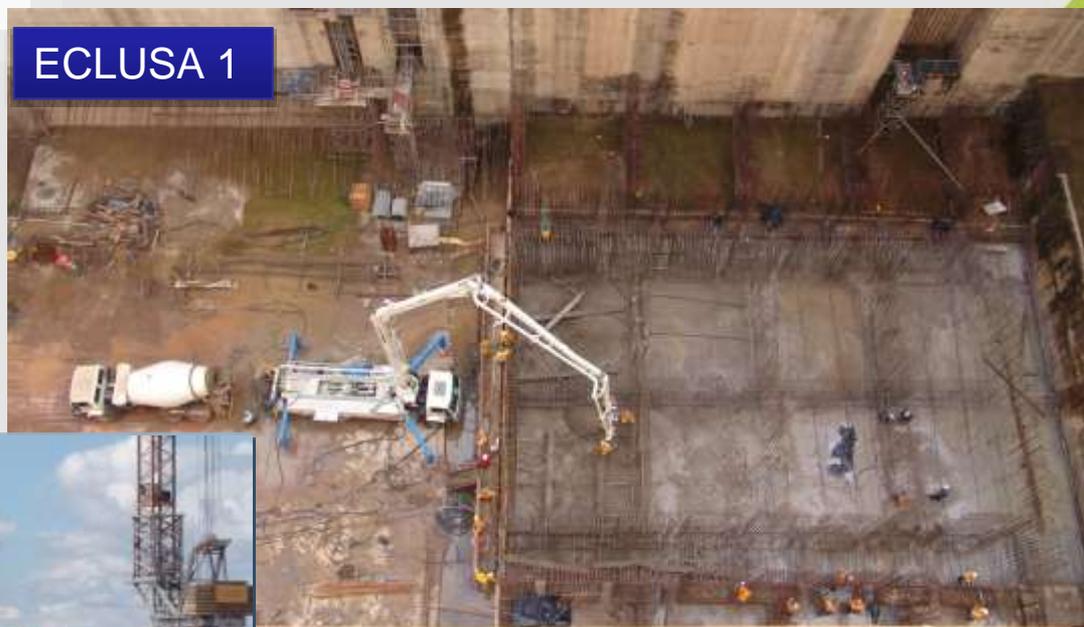
Esquema simplificado
de lançamento

TÉCNOLOGIA APLICADA

Concreto Convencional Vibrado

Concretagem da laje de fundo - Bloco 2B, entre el. 25,50 m e 26,50 m.

ECLUSA 1



ECLUSA 2



Concretagem do Muro Guia de Montante – Bloco MM2 com uso de Telebelt.



TÉCNOLOGIA APLICADA

Concreto Convencional Vibrado

Concretagem com forma deslizante em no Muro Guarda da Câmara 2.



Concretagem do Muro Guia de Montante – Bloco MM2.

TÉCNOLOGIA APLICADA

Concreto Convencional Vibrado

Forma deslizante para concreto de segundo estagio das guias da Comporta Ensecadeira Flutuante no Bloco 9A.

ECLUSA 1



ECLUSA 1



Vista das atividades de **preparação** e limpeza da laje de fundo no Bloco 4B.



TÉCNOLOGIA APLICADA

Concreto Convencional Vibrado

Concretagem com forma deslizante do Bloco 5^a.

ECLUSA 2



Vertedouro



Armação, montagem de formas e concretagem da Camada 10, el. 32,77 a 34,27m.

TÉCNOLOGIA APLICADA

Concreto Convencional Vibrado

Concretagem com forma deslizante no Bloco de Esvaziamento.

ECLUSA 2 - Esvaziamento



ECLUSA 2 - Enchimento



Concretagem com forma deslizante no Bloco de Enchimento.

TÉCNOLOGIA APLICADA

Concreto Convencional Vibrado

Cimbramento para
concretagem da Viga
Mascara.

ECLUSA 1



ECLUSA 1



Concreto Compactado com Rolo

- Em **1979** foram iniciados os estudos do **CCR** na **UHE Tucuruí**, contudo **não havia**, naquele momento, **definição** sobre sua **aplicação** nas estruturas da UHE.
- Em julho de **1981**, uma entidade inglesa denominada "CIRIA" (Construction Industry Research and Information Association), promoveu em Londres, um importante encontro internacional sobre a aplicação de CCR em Barragens (Rolled Concrete For Dams).
- A evolução dos debates e o interesse crescente da Eletronorte na introdução desta metodologia em suas obras, eclodiu na adoção, pela **primeira vez no País**, de um projeto de **estruturas definitivas** de **barragem** com a utilização de Concreto Rolado.
- O local selecionado, para esta aplicação pioneira, foi a **cabeça de montante** da **Eclusa 1**, do Sistema de Transposição de Desnível da UHE Tucuruí.

TÉCNOLOGIA APLICADA

Concreto Compactado com Rolo

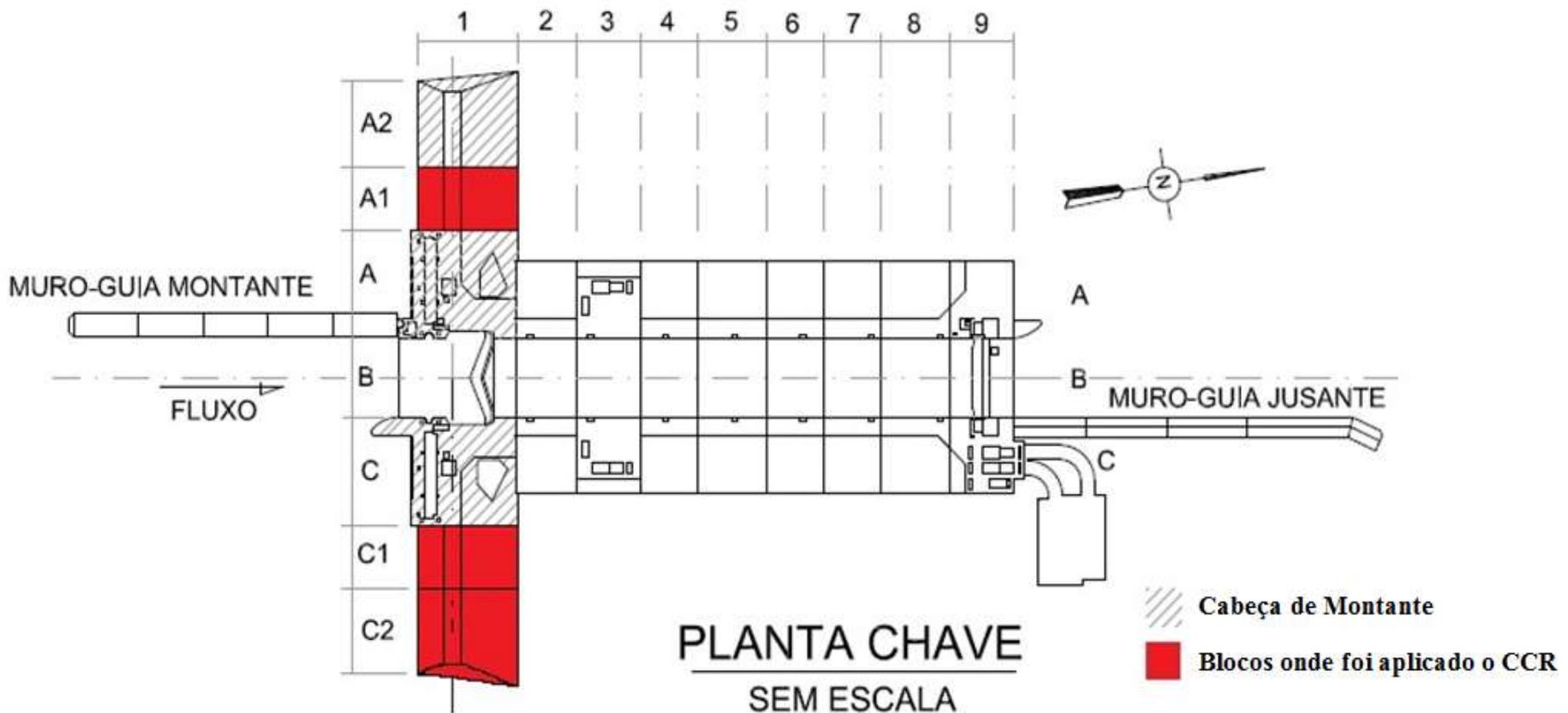


Eletrobras
Eletronorte



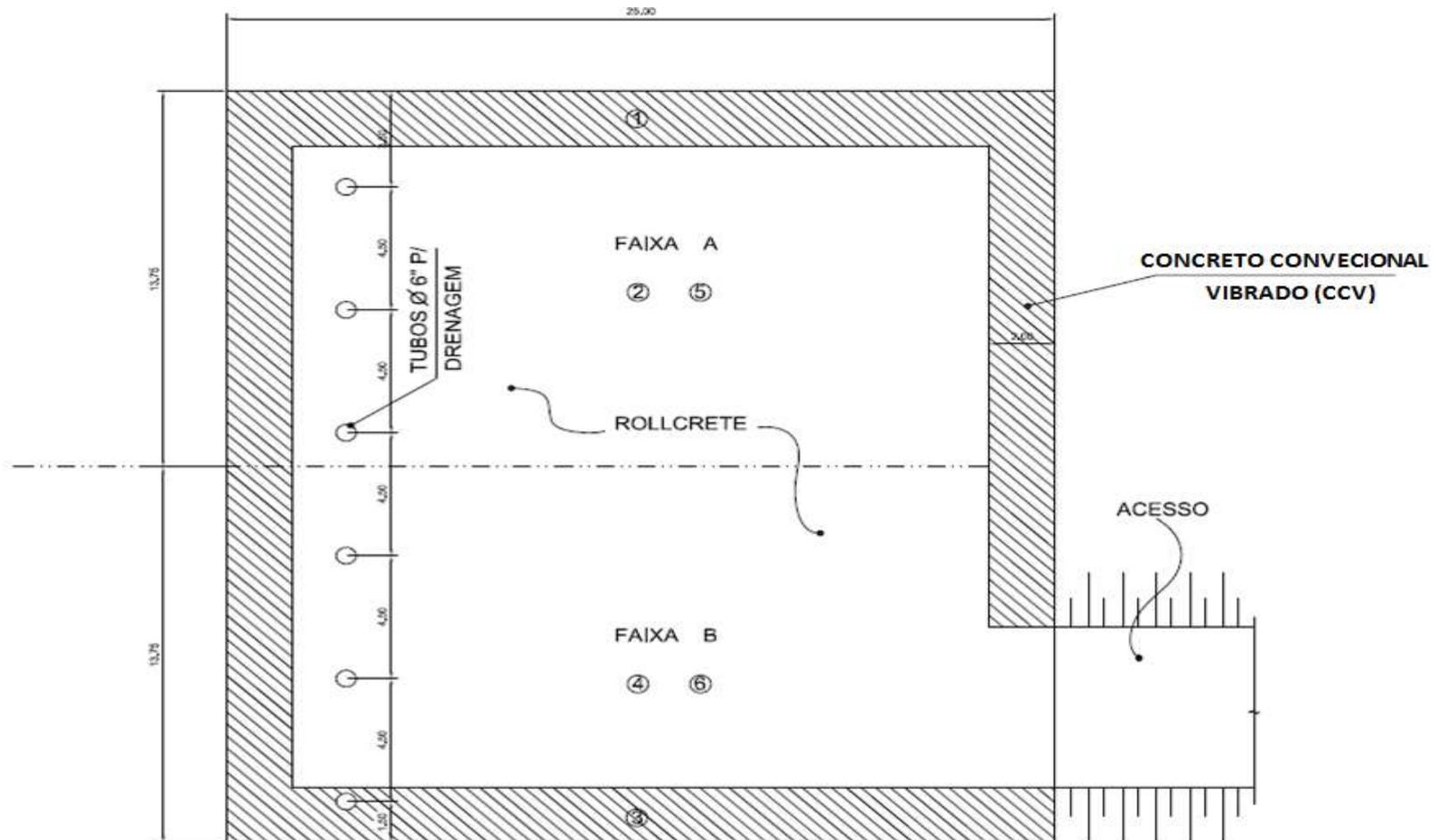
TÉCNOLOGIA APLICADA

Concreto Compactado com Rolo



TÉCNOLOGIA APLICADA

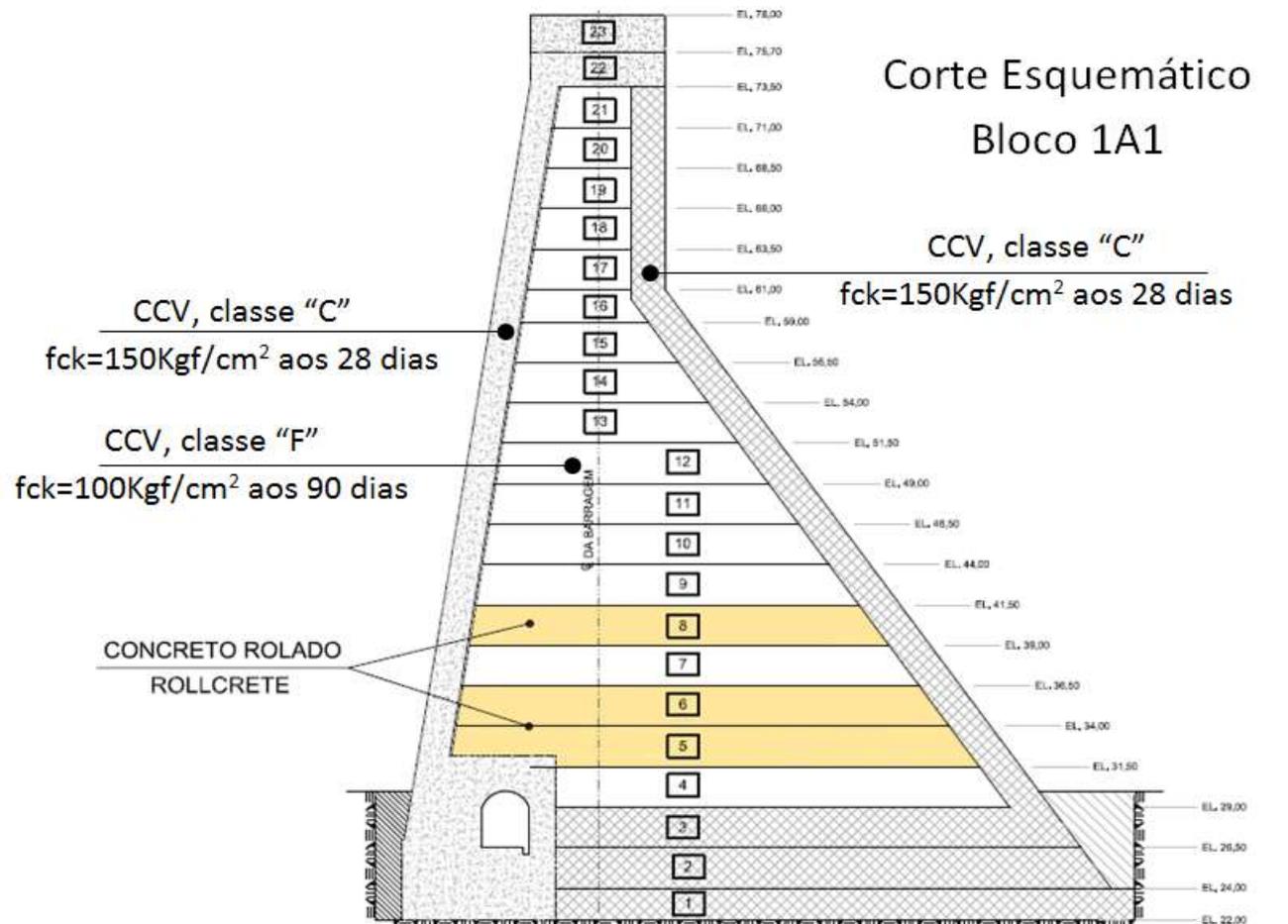
Concreto Compactado com Rolo



Plano esquemático de lançamento.

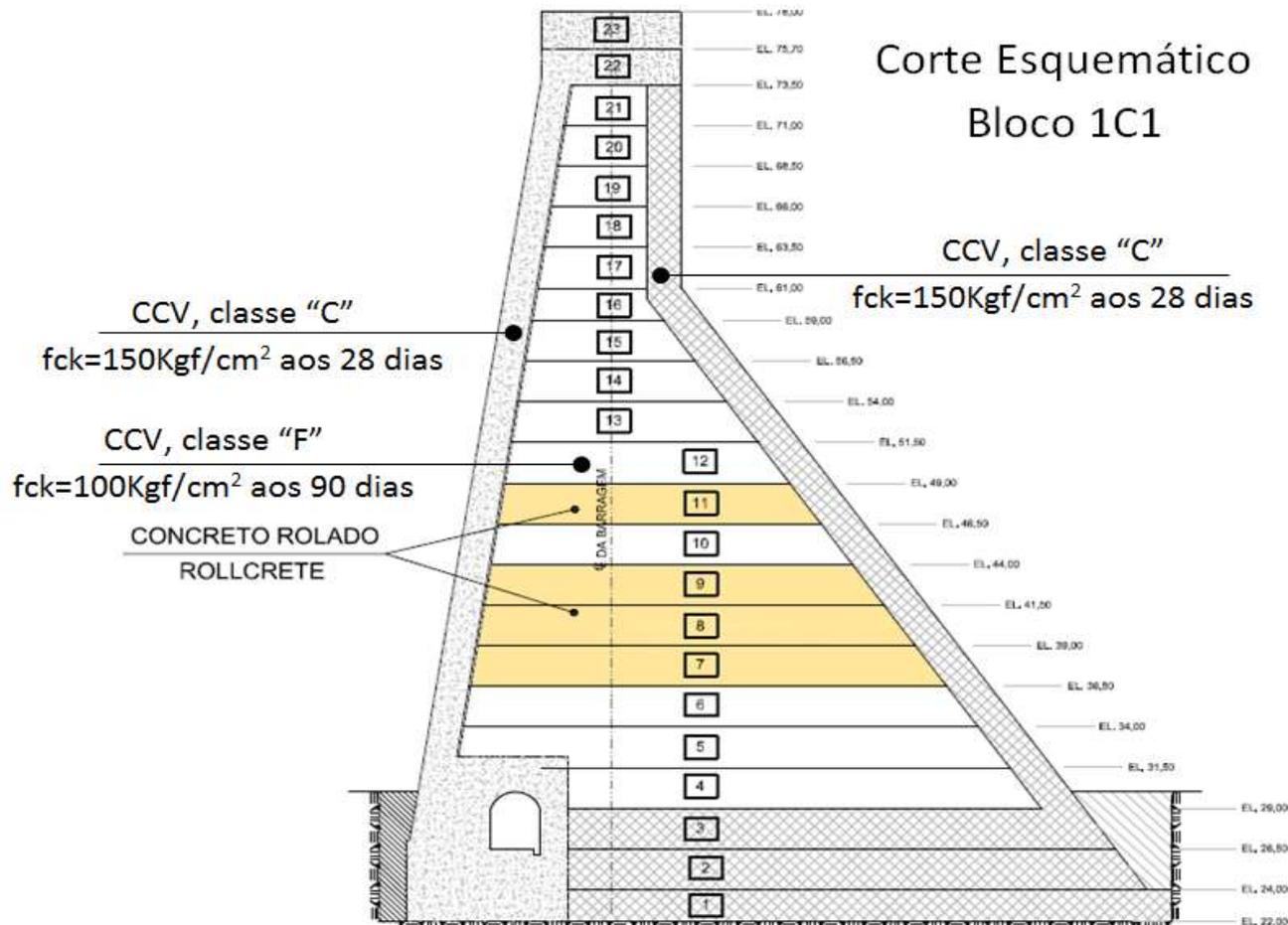
TÉCNOLOGIA APLICADA

Concreto Compactado com Rolo



Bloco 1A1 – CCR aplicado nas camadas 5, 6 e 8.

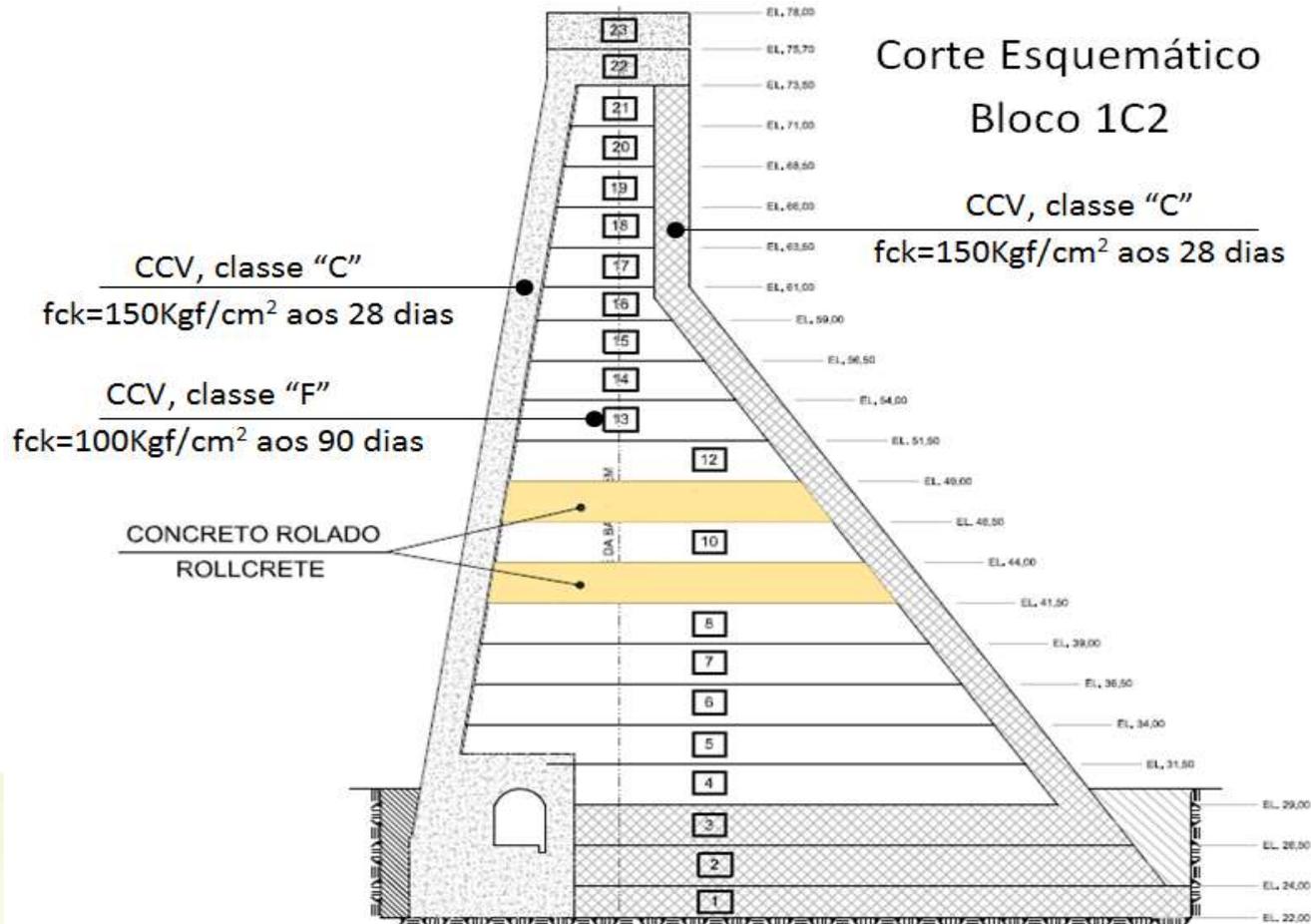
Concreto Compactado com Rolo



Bloco 1C1 – CCR aplicado nas camadas 7, 8, 9 e 11.

TÉCNOLOGIA APLICADA

Concreto Compactado com Rolo



Bloco 1C2 – CCR aplicado nas camadas 9 e 11.

TÉCNOLOGIA APLICADA

Concreto Compactado com Rolo

Entre abril e junho de 1982 cerca de 12.000 m³ de CCR foram aplicados na cabeça de montante da Eclusas 1, em camadas de 25 cm de altura.

A dosagem do CCR utilizado continha, em média, 65kg de cimento e 38kg de pozolana por m³.

Núcleos extraídos mostraram resistência à compressão de cerca de 10 MPa aos 90 dias.



Transporte e descarregamento do CCR no Bloco 1A1, com a utilização de um caminhão basculante RK-424.

TÉCNOLOGIA APLICADA

Concreto Compactado com Rolo

Espalhamento do CCR no Bloco 1A1, com tratores de lamina sobre esteiras, tipo D-4E.



Compactação do CCR no Bloco 1A1, através de rolos vibratórios auto propelidos CA25-D.

TÉCNOLOGIA APLICADA

Concreto Compactado com Rolo

Compactação do CCR no Bloco 1A1 com compactadores manuais.

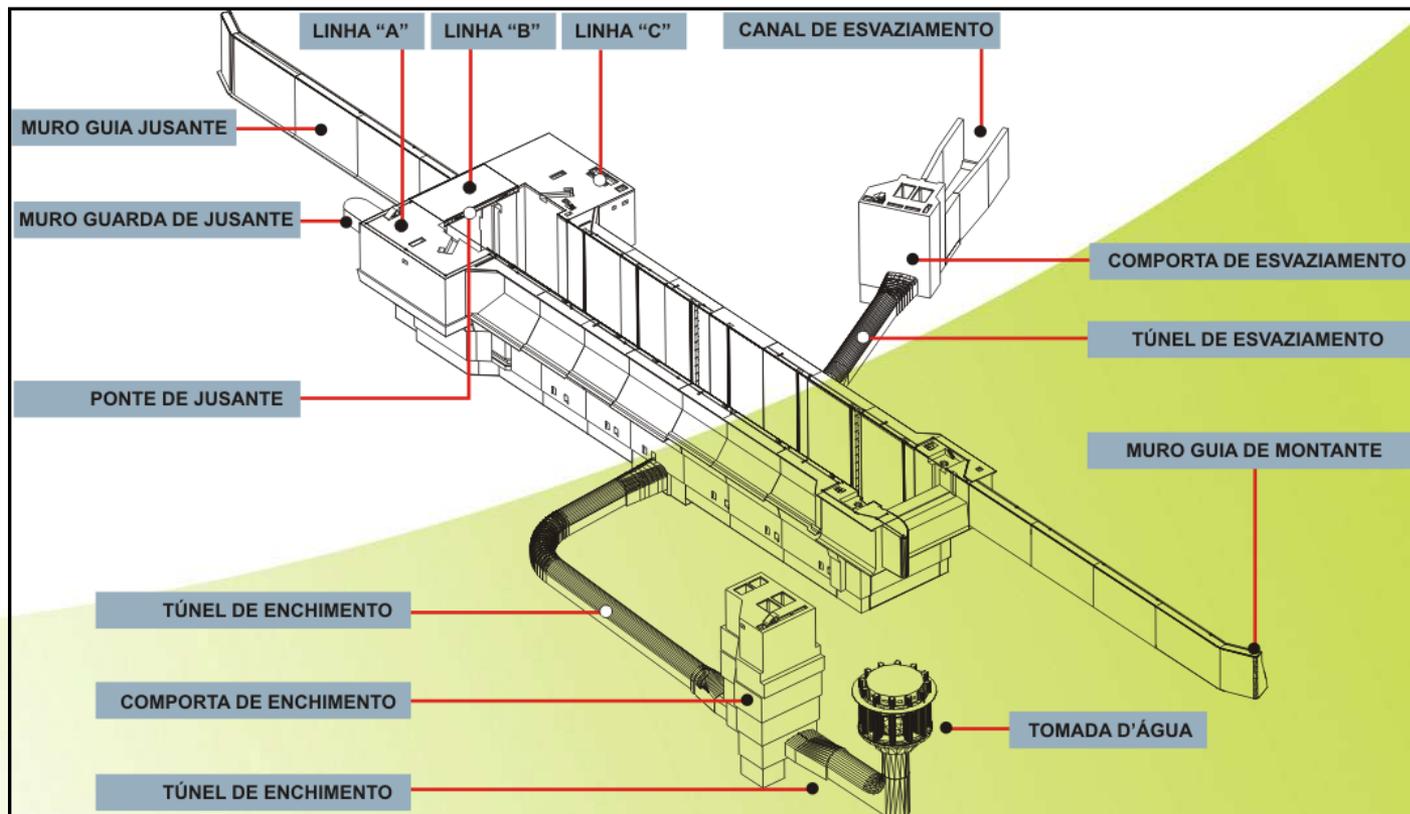


Costura CCR com o CCV com a utilização de vibradores.

TÉCNOLOGIA APLICADA

Concreto Alto-Adensável

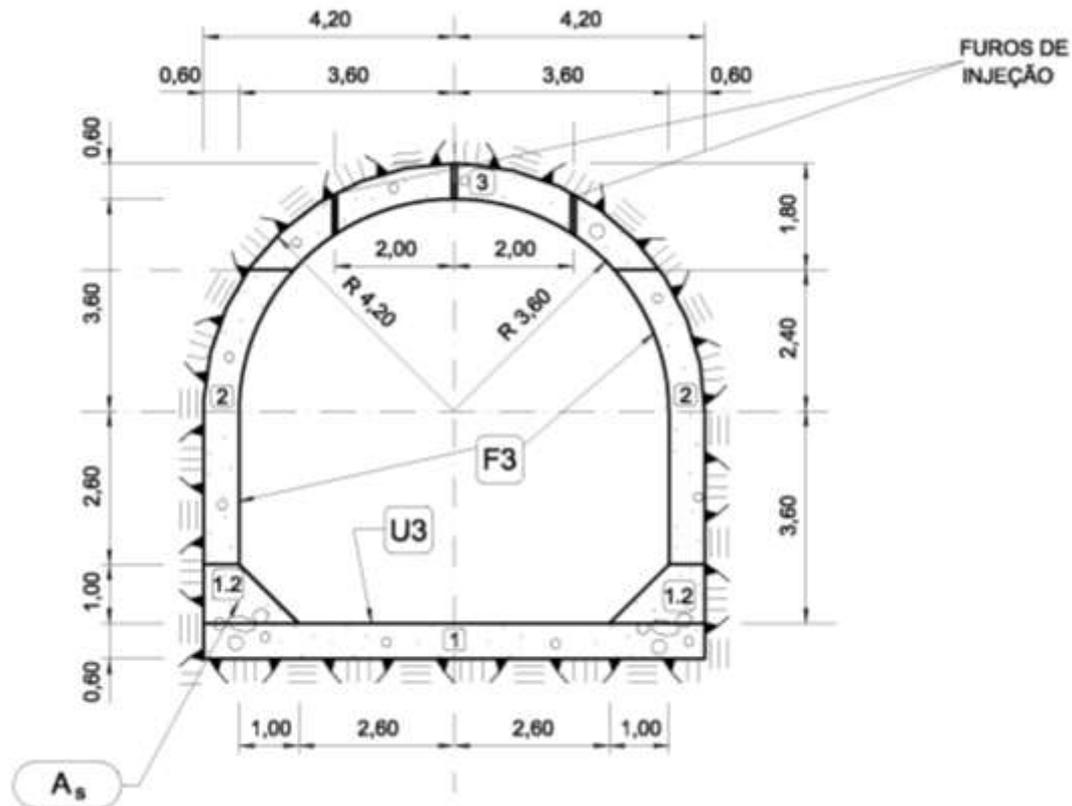
Locais de aplicação do CAA.



TÉCNOLOGIA APLICADA

Concreto Alto-Adensável

Seção transversal típica dos tramos dos Túneis



Concreto Alto-Adensável

- Na Eclusa 2 os Sistemas de Enchimento e Esvaziamento são Túneis no maciço rochoso, revestidos com concreto.
- Nas regiões das Abóbadas dos Túneis, devido principalmente a densidade de armadura e dificuldades de acesso para lançamento, espalhamento, envolvimento dos ferros da armação e o adensamento, a alternativa executiva adotada foi a aplicação de concreto auto-adensável (CAA).
- A época, por tratar-se de um material recentemente incorporado à prática da construção civil no Brasil, não existiam Normas Técnicas publicadas sobre o escopo, o que tornou necessária uma revisão bibliográfica sobre pesquisas relacionadas ao **CAA** (notas técnicas, trabalhos técnicos, dissertações, teses, etc...).

Concreto Alto-Adensável

- Os materiais empregados para produção de CAA foram os mesmos dos concretos convencionais, porém com uma maior adição de finos (partículas com dimensão máxima característica inferior a 0,075 mm) e o uso de aditivo superplastificante de 3ª geração.
- Na dosagem, optou-se por tomar como ponto de partida o traço de concreto convencional (CCV, bombeável de alta trabalhabilidade e que inclusive foi aplicado nas paredes dos Túneis) inicialmente previsto para a mesma aplicação, denominado de A1c9 e então, fazer o ajuste com base em ensaios experimentais variando fatores como: relação água/finos totais, teor de finos e teor de argamassa, entre outros. Assim o ajuste foi feito direcionado às quantidades recomendadas pelas publicações pesquisadas e, o enquadramento nos limites de valores previamente estabelecidos.

TÉCNOLOGIA APLICADA

Concreto Alto-Adensável

Esquema de dosagem adotado

ESQUEMA SIMPLIFICADO DE DOSAGEM ADOTADO

A1c9 – Concreto
Convencional

+

Superplastificante de 3^a
Geração



Concreto instável, com forte
segregação e exsudação.

Acerto do teor de
Superplastificante de 3^a
Geração

+

Correção do teor
de finos

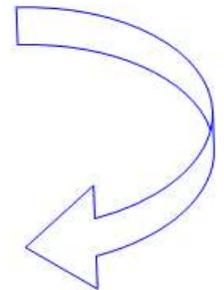
+

Determinação da
relação areia/brita



=

A1c15
Concreto Auto-adsensável
(CAA)



TÉCNOLOGIA APLICADA

Concreto Alto-Adensável

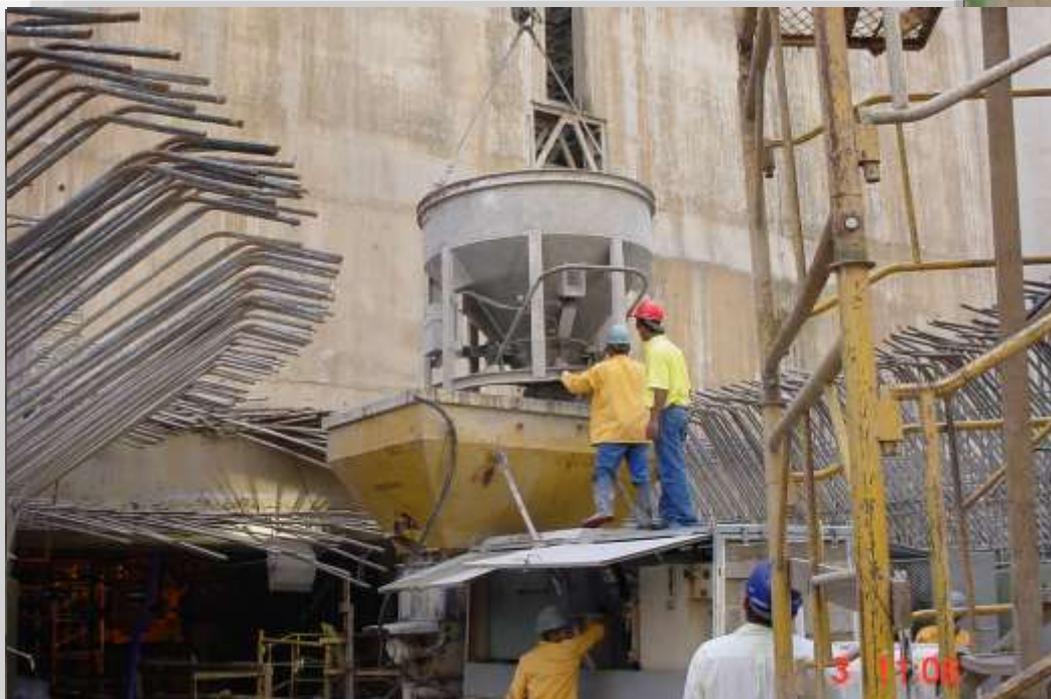
Características dos traços (comparativo da média dos resultados)..

Traço	Nº de Amostras	Fator A/C	Agglomerantes (kg/m ³)			Aditivos (kg/m ³)			Resistência a Compressão Axial Simples				Ensaio com o concreto fresco		
			Ceq	Cimento	Pozolana	SP		PR	MPa				Slump	Slump Flow	Ar Inc.
						2ª geração	3ª geração	---	3 dias	7 dias	28 dias	90 dias	(mm)	(mm)	(%)
A1c9	389	0,450	356	214	122	4,700	---	0,712	19,6	28,6	35,3	38,1	175,0	---	4,7
A1c15	53	0,424	429,2	257,5	146,9	---	3,842	2,022	23,1	34,8	43,9	49,3	---	689,9	3,8

TÉCNOLOGIA APLICADA

Concreto Compactado com Rolo

Sequencia do lançamento do CAA nos tuneis de enchimento e esvaziamento.



TÉCNOLOGIA APLICADA

Concreto Alto-Adensável

Trechos dos tuneis em regiões de Tramo e Transição.



TÉCNOLOGIA APLICADA

Concreto Alto-Adensável

Montagem de formas da Abóbada em regiões de Transição e Tramo.



TÉCNOLOGIA APLICADA

Concreto Alto-Adensável

Aspecto após concretagem.



Obrigado!

André Alessandro Nogueira

andre.nogueira@eletronorte.gov.br

Daniel Valença Fiuza Lima

daniel.lima@eletronorte.gov.br

Superintendência de Geração