

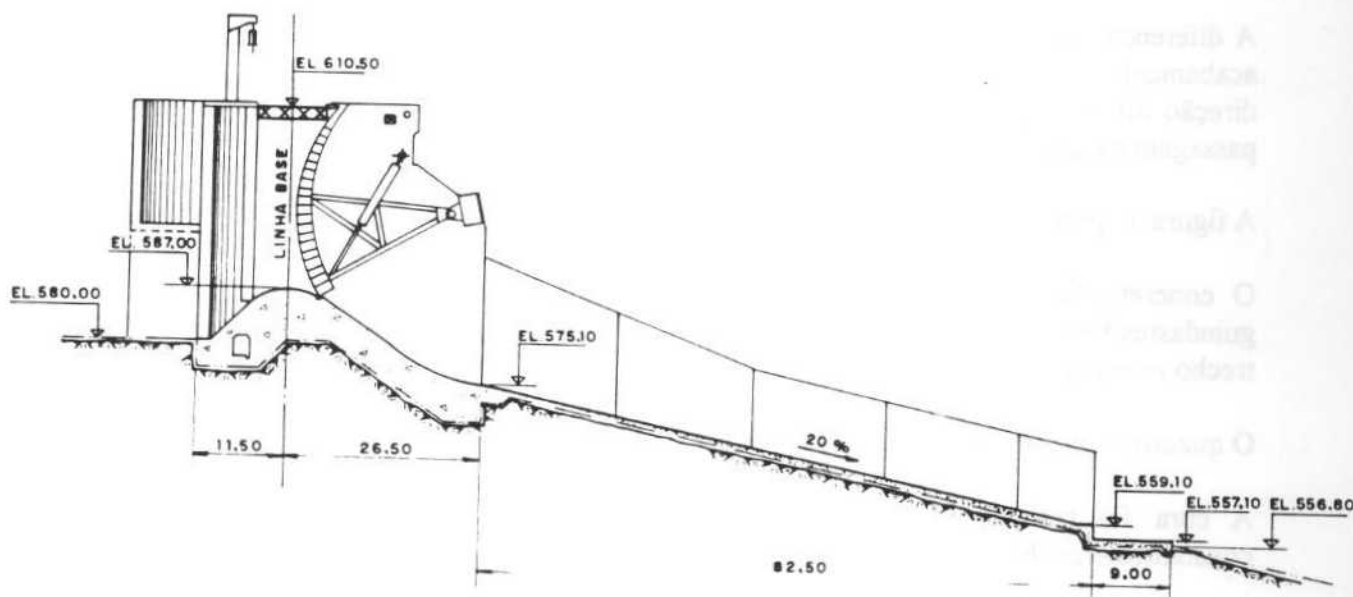
SISTEMA CONSTRUTIVO DA CALHA DO VERTEDOURO - U.H: SEGREDO

ENGº ANTONIO FERNANDO KREMPEL - Cia. Paranaense de Energia - Copel

RESUMO: É apresentado um relato do processo executivo utilizado para execução do concreto de revestimento da calha do Vertedouro da Usina Hidrelétrica Segredo e os resultados obtidos quanto ao atendimento das especificações técnicas.

1. INTRODUÇÃO

O Vertedouro de Segredo é uma estrutura dotada de 6 comportas tipo segmento de 14 x 21 m, dimensionada para vazão decamilenar de 15800m³/s, resultando em velocidades, ao final do trecho revestido de até 30m/s. A figura 1 mostra um corte esquemático da estrutura.



CORTE ESQUEMÁTICO DO VERTEDOURO

FG. - 01

2. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

O acabamento especificado previa a não existência de irregularidades abruptas, tolerando as graduais desde que não fossem superiores a 18mm e que a inclinação da irregularidade se limitasse a 1:20 em relação à linha teórica de projeto.

O concreto segundo o projeto, deveria ser lançado em lajes de 11,4m de largura em camada única, subdividida em:

- parte inferior, com espessura de 45cm, em concreto $f_{ck} = 16,0$ MPa com idade de controle para 90 dias;
- camada superior de acabamento, com espessura de 15cm, em concreto com $A/C \leq 0,45$, agregado com diâmetro máximo de 19mm e $f_{ck} = 26,0$ MPa com idade de controle para 28 dias.

3. SISTEMA CONSTRUTIVO

A concretagem foi realizada com um conjunto de réguas tipo deslizante, conforme esquematizado na figura 2.

A concepção do método consistia no "sarrafeamento" do concreto lançado pelo uso de régua apoiada sobre formas laterais ou concreto de laje adjacente, cujo deslocamento se dava pela tração de barras de aço por macacos convencionais para forma deslizante.

A diferença principal em relação a outros sistemas similares, foi a utilização de um "carro de acabamento" com guias reguláveis, para permitir que o acabamento pudesse ser realizado na direção do fluxo, uma vez que as irregularidades nesta direção é que são importantes para a passagem de água.

A figura 3 apresenta o esquema da régua deslizante e do carro de acabamento.

O concreto foi todo lançado de forma convencional com transporte das caçambas por 2 guindastes Peiner mod. TN 710, posicionados à montante da estrutura de controle e no final do trecho revestido.

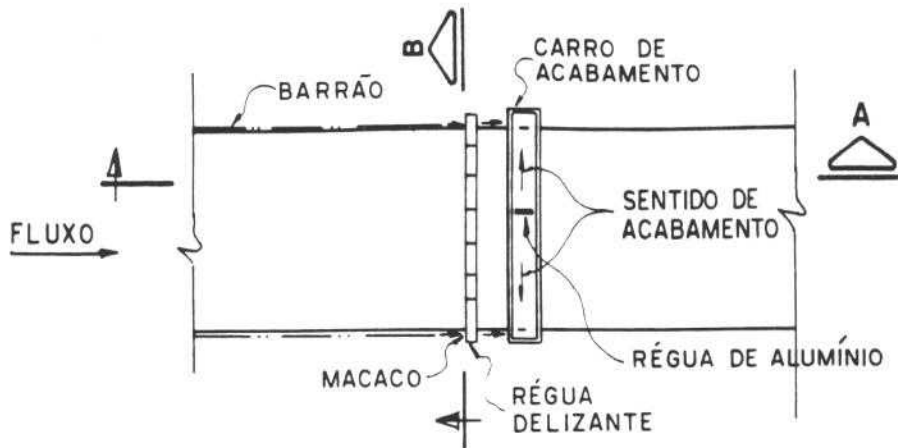
O quadro 1 apresenta as dosagens utilizadas.

A cura foi realizada com mangueiras perfuradas e a superfície foi mantida umedecida constantemente durante 28 dias.

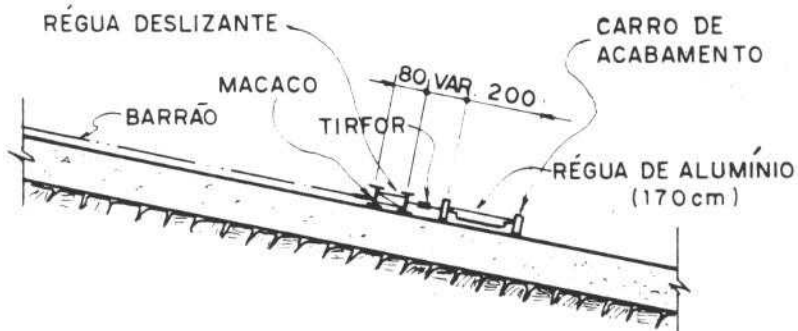
Como parâmetro de campo para zoneamento do concreto, foi utilizada a própria armadura projetada, sendo o concreto de superfície lançado acima da ferragem.

O adensamento foi efetuado com vibradores de imersão convencionais, com acionamento por motores elétricos e/ou de ar comprimido.

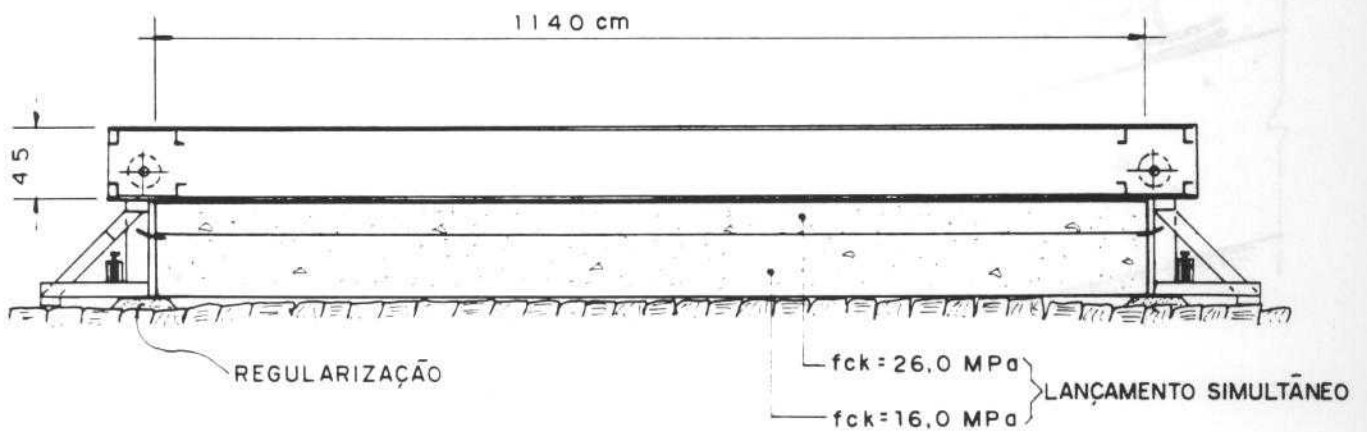
O acabamento final executado com desempenadeira de madeira e feltro.



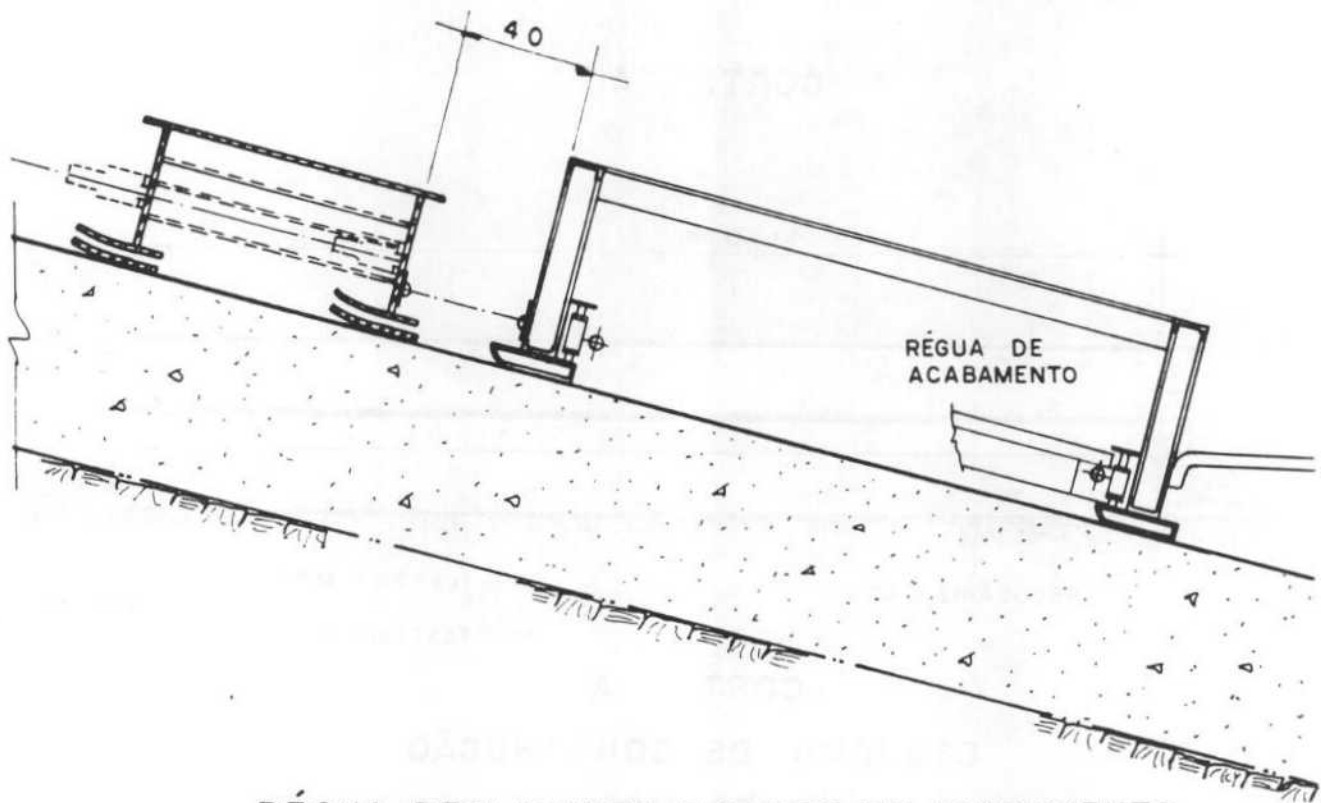
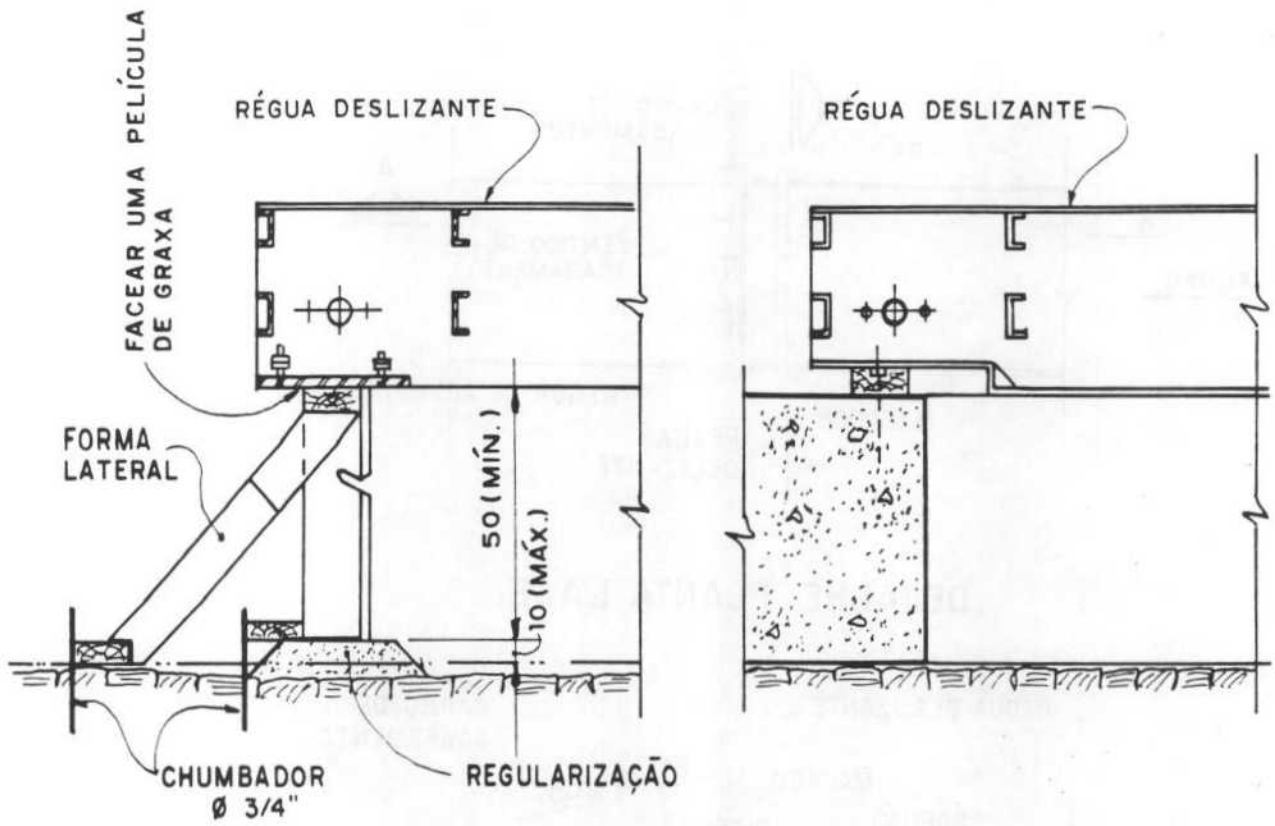
DETALHE PLANTA LAJE



CORTE A



CORTE A
ESQUEMA DE CONSTRUÇÃO
FG.-02



RÉGUA DESLIZANTE E CARRO DE ACABAMENTO

FG.- 03

4. PROBLEMAS CONSTRUTIVOS

Durante a concretagem da primeira laje foram detectados os seguintes problemas:

- falta de fechamento entre os perfis de régua, gerando um aumento do serviço de acabamento e "corte" demasiado da superfície, sendo necessário fazer complementação do concreto;
- estrutura do carro de acabamento muito deformável por falta de rigidez, o que gerou uma flecha de cerca de 2cm, gerando a necessidade de regulagem das guias;
- baixa velocidade de deslizamento inicial em decorrência de ajustes no carro de acabamento.

Os problemas foram corrigidos, ou atenuados, e o sistema passou a ter desempenho satisfatório. A deformação do carro de acabamento foi amenizada, não constituindo preocupação adicional por se tratar de deformação transversal ao fluxo.

5. PRODUTIVIDADE

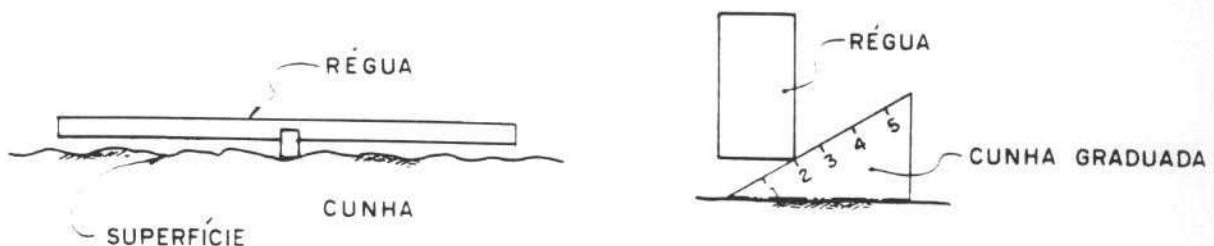
O quadro 2 mostra as produções obtidas com o sistema.

Nos quadros 3 e 4 apresenta-se a tabulação de recursos utilizados para a execução de laje com forma lateral e sem forma lateral, respectivamente.

6. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Com objetivo de quantificar os resultados, foi realizada uma medição das irregularidades utilizando-se uma régua de alumínio com 2,0m de comprimento, disposta no sentido do fluxo, permitindo a determinação das alturas das ondulações e sua inclinação.

É mostrado na fig. 4 o sistema adotado.



MEDIÇÃO DE IRREGULARIDADES

FG.- 04

Decorridos 02 anos do início da operação do Vertedouro, constatou-se um desempenho adequado da superfície sem ocorrência de pontos de cavitação ou erosão. As únicas falhas constatadas estão localizadas na junção entre a ogiva e a calha, local onde foram arrancados os reparos realizados e onde a continuidade da superfície fica prejudicada pela formação de "degraus" entre os dois concretos.

7. REFERÊNCIAS

- "Adição de Pó ao Concreto como Fator Econômico e de Durabilidade." Krempel, Antonio F.; Paulon, Vladimir A. e Crevilaro, Celso C. 34ª Reunião do IBRACON - Curitiba/1992.
- "Concreto para Superfícies Hidráulicas" - Krempel, Antonio F.; Crevilaro, Celso C. - Seminário Nacional de Grandes Barragens - 1994 - Rio de Janeiro.

QUADRO 1

DOSAGENS UTILIZADAS

	UN	ACABAMENTO	ENCHIMENTO	VEDAJUNTAS
CIMENTO	kg/m ³	365	188	214
Areia Natural	kg/m ³	228	138	270
Areia Artificial	kg/m ³	552	577	659
Brita 19	kg/m ³	1047	347	498
Brita 38	kg/m ³	-	443	626
Brita 76	kg/m ³	-	550	-
A/C	kg/m ³	0,493*	0,739	0,743
Slump	cm	4 ± 1	4 ± 1	4 ± 1
Ar Incorporado	%	4 ± 1	5 ± 0,5	5 ± 0,5

*Devido à utilização de pó de pedra no concreto não foi considerado o limite especificado para o A/C ≤ 0,45.

QUADRO 2

PRODUÇÕES OBTIDAS NOS PANOS DA LAJE

	UN	L15	L12	L14	L10	L13	L08	L11	L09	L07
TEMPO DE CONCR.	h	77,9	55,2	57,5	60,6	59,1	89,33	52,8	60,2	57,1
VOLUME BETONADO	m ³	746,0	771,7	711,0	745,0	735,0	732,5	713,0	707,5	763,1
PRODUÇÃO	m ³ /h	9,57	13,98	12,37	12,31	12,44	8,20	13,50	11,76	13,36
PRODUÇÃO	m/h	1,08	1,52	1,46	1,39	1,42	0,94	1,59	1,40	1,47
EXCESSO CONCRETO	%	18,4	22,5	12,9	18,3	16,7	16,3	13,2	12,3	21,1

Volume Teórico	=	629,90m ³
Compr. Teórico	=	84,13m
Produção Média	=	11,94m ³ /h
Produção Média	=	1,36m/h
Excesso Médio	=	16,8%

QUADRO 3

RECURSOS - LAJE COM FORMA LATERAL

SERVIÇO	MÃO DE OBRA		EQUIPAMENTO						MATERIAL			
	Ajudante	Profissional	Maçarico	Martelo	Peiner	Máq. Solda	Máq. Corte	Oxigênio	Acetileno	Eletrodo	Ferro para Gabarito	
										CA 50 A	CA 25 A	
Montagem e fixação de formas	516 h	1306 h	06 h	14 h	03 h	28 h	02 h	5 m ³	02 kg	597 pç	1386 kgf	403 kgf
Limpeza para lançamento de concreto	142 h	248 h	-	-	-	-	02 h	-	-	-	-	-
Concretagem	343 h	923 h	-	-	54 h	-	-	-	-	-	-	-
Desforma	09 h	35 h	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Dados de projeto para a laje:

Volume de concreto: 630 m³
 Área de forma lateral: 2 x 55,25 m² = 110,50 m²
 Largura da laje (forma deslizante): 11,40 m
 Comprimento da laje: 81 m

QUADRO 4

RECURSOS - LAJE SEM FORMA LATERAL

SERVIÇO	MÃO DE OBRA		EQUIPAMENTO			MATERIAL	
	Ajudante	Profissional	Peiner	Máq. Solda	Máq. Corte	Eletrodo	Ferro para Gabarito
							CA 50 A
Confecção de formas	62 h	87 h	0,50 h	-	-	-	-
Limpeza para concretagem	317 h	246 h	1 h	8 h	-	-	-
Concretagem	214 h	850 h	47 h	-	-	-	-
Armadura	58 h	179 h	-	-	2 h	35 pç	05 kgf
							103 kgf

Dados de projeto para a laje:

Peso da armação: 24.543 kgf
 Volume de concreto: 630 m³
 Largura da laje (forma deslizando): 11,40 m
 Comprimento da laje: 81 m

