



Problemas de Engenharia Civil e suas Soluções

Usina Ilha Solteira

***Problemas de Engenharia Civil
e suas Soluções***

Ilha Solteira - 1981

A P R E S E N T A Ç Ã O

Uma Obra como a Hidroelétrica Ilha Solteira é um motivo de orgulho e um atestado de competência de Projetistas, Empreiteiras, Fiscalização, todos enfim que trabalharam na sua construção.

Seus três milhões e seiscentos e oitenta mil metros cúbicos de concreto admiravelmente projetados e executados simbolizam um monumento ao arrojo, a capacidade e a tecnologia nacionais.

Não cremos desmerecer nenhuma empresa se, neste trabalho, narramos algumas importantes lições adquiridas à custa de erros e acertos, pois esse é o caminho inevitável a ser trilhado quando se busca o domínio sobre determinada tecnologia. Afinal, apesar de tudo o que foi feito, estamos apenas no começo, pois somente aproveitamos pouco mais de dez por cento do nosso potencial hidráulico. É tempo de incorporarmos esta experiência em prol de nossa tecnologia.

Ilha Solteira, 22 de setembro de 1981

RESIDÊNCIA ILHA SOLTEIRA E TRÊS IRMÃOS
EDI

I N D I C E

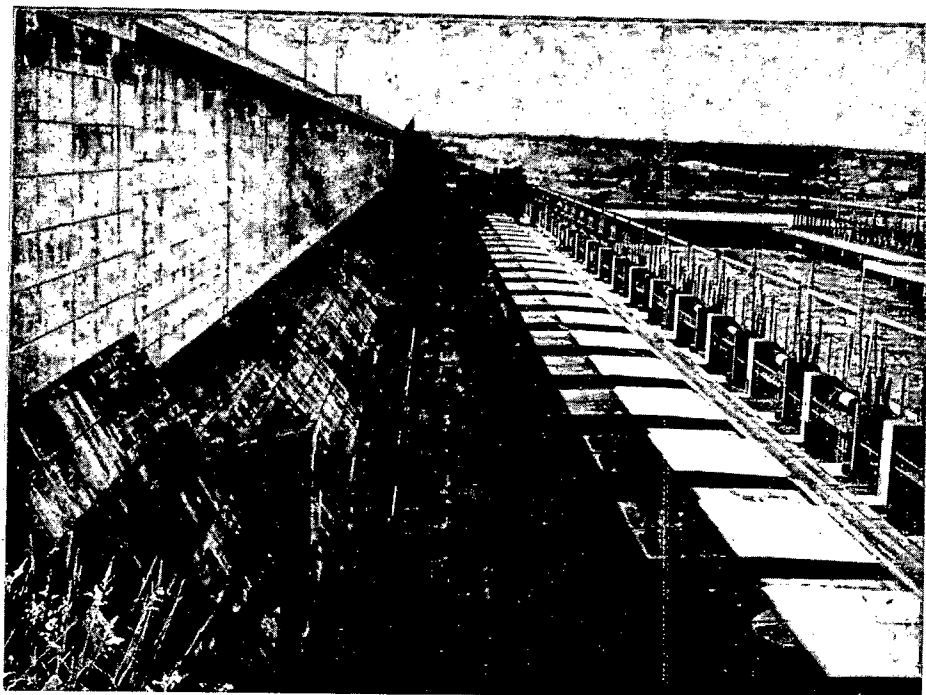
	PÁGINA
APRESENTAÇÃO	01
1 - PLACAS DE CONCRETO DE ACABAMENTO DA TOMADA D'ÁGUA - FAIXA TRAFEGÁVEL	05
1.1 - ÁREA DE CONSTRUÇÃO	05
1.2 - CONSTRUÇÃO DAS PLACAS	07
1.3 - PROBLEMAS SURGIDOS NAS PLACAS	13
1.4 - RECUPERAÇÃO DAS PLACAS	18
1.5 - OBSERVAÇÕES E ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DAS PLACAS DEPOIS DE RECONSTRUÍDAS	31
2 - PLACAS DE CONCRETO DA PISTA TRAFEGÁVEL DO VERTEDOURO DE SUPERFÍCIE - COTA 332	35
2.1 - PISTA	35
2.2 - CONSTRUÇÃO DAS PLACAS	37
2.3 - PROBLEMAS DE ROTURAS E TRINCAS	38
2.4 - RECONSTRUÇÃO DAS PLACAS	38
2.5 - RESULTADOS OBTIDOS	45
2.6 - SUGESTÃO PARA CASOS ANÁLOGOS	46
3 - DRENAGEM DAS ÁREAS DOS TRILHOS DOS PÓRTICOS DE 280t E 160t POSICIONADOS NA COTA 292 DA TOMADA D'ÁGUA E CASA DE FORÇA	46
3.1 - TRILHOS DO PÓRTICO DE 280t	46
3.2 - TRILHOS DO PÓRTICO DE 160t	49
4 - INFILTRAÇÃO D'ÁGUA NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO	52
4.1 - PRELIMINARES	52
4.2 - INFILTRAÇÕES D'ÁGUA PELAS JUNTAS DO CON CRETO SECUNDÁRIO DA BLINDAGEM DE TRANSIÇÃO	53
4.3 - INFILTRAÇÕES D'ÁGUA PELA JUNTA DE CONCRE TAGEM DA BLINDAGEM DA TAMPA DE FECHAMENTO DA COMPORTA DE EMERGÊNCIA DA COTA 292	74

	PÁGINA
4.4 - INFILTRAÇÕES D'ÁGUA PELAS JUNTAS DE <u>CON</u> CRETAGEM DOS BLOCOS DAS TOMADAS D'ÁGUA	88
5 - PROBLEMAS DOS POSTES DE ILUMINAÇÃO DA <u>CRIS</u> TA DA BARRAGEM - COTA 332	143
5.1 - GENERALIDADES	143
5.2 - REPAROS	146
5.3 - ESQUEMA DE EXECUÇÃO DOS REPAROS	146
6 - CONCRETAGEM DO SUPORTE DA BASE DOS <u>TRILHOS</u> DOS PÓRTICOS DE 280t	151
6.1 - PÓRTICOS	151
6.2 - ENCHIMENTO DA BASE DOS TRILHOS COM ARGAMAS SA DE CIMENTO	153
6.3 - DESNIVELAMENTO DOS TRILHOS	154
6.4 - ENCHIMENTO DAS BASES DOS TRILHOS COM <u>CON</u> CRETO	155
7 - PROBLEMAS DAS TAMPAS DE COBERTURA DA CANALE TA DE CABLAGEM DO VERTEDOURO DE SUPERFÍCIE ..	157
7.1 - TAMPAS METÁLICAS	157
7.2 - TAMPAS DE CONCRETO	160
8 - DIFICULDADE DE ACESSO AOS INSTRUMENTOS <u>NA</u> BARRAGEM DE TERRA	164

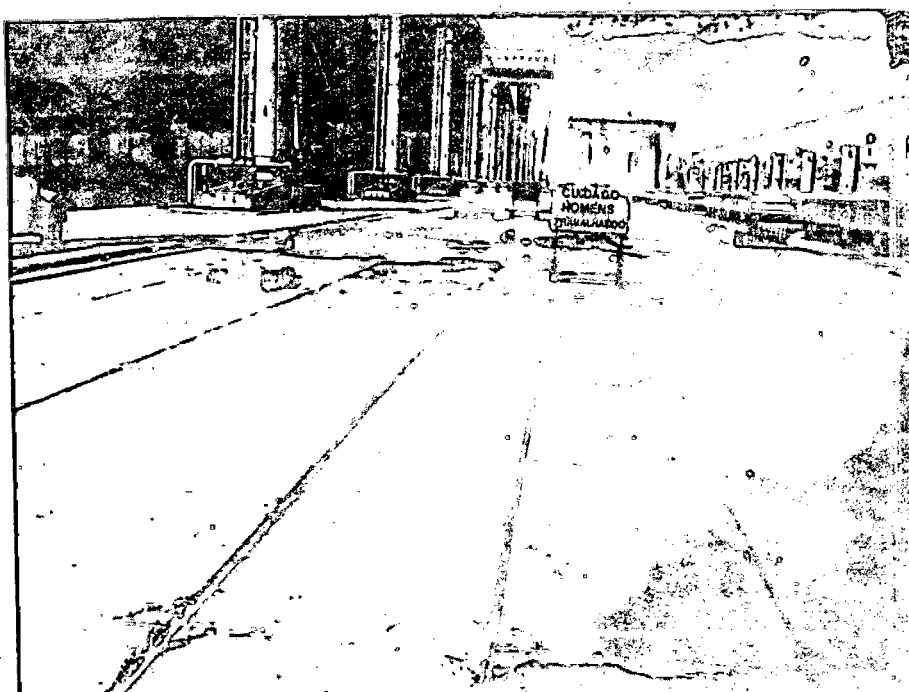
1 - PLACAS DE CONCRETO DE ACABAMENTO DA TOMADA D'ÁGUA
COTA 292,00 - FAIXA TRAFEGÁVEL.

1.1 - ÁREA DE CONSTRUÇÃO.

Toda área do plano de cota 292,00 das estruturas da Tomada D'Água, Casa de Força e Hall de Montagem, cerca de 32.000m², foi impermeabilizada e protegida com placas de concreto de acabamento final, conforme desenhos das folhas nº 6 e 7 e fotos a seguir.

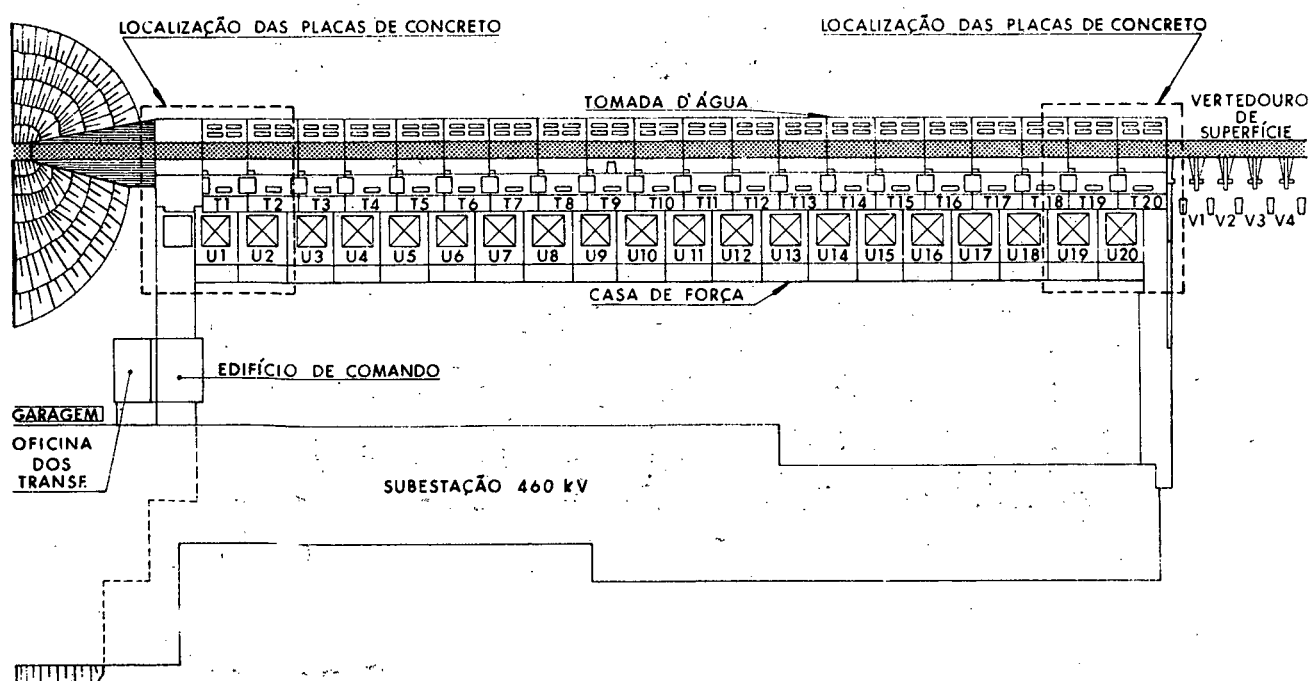


Vista geral da faixa trafegável

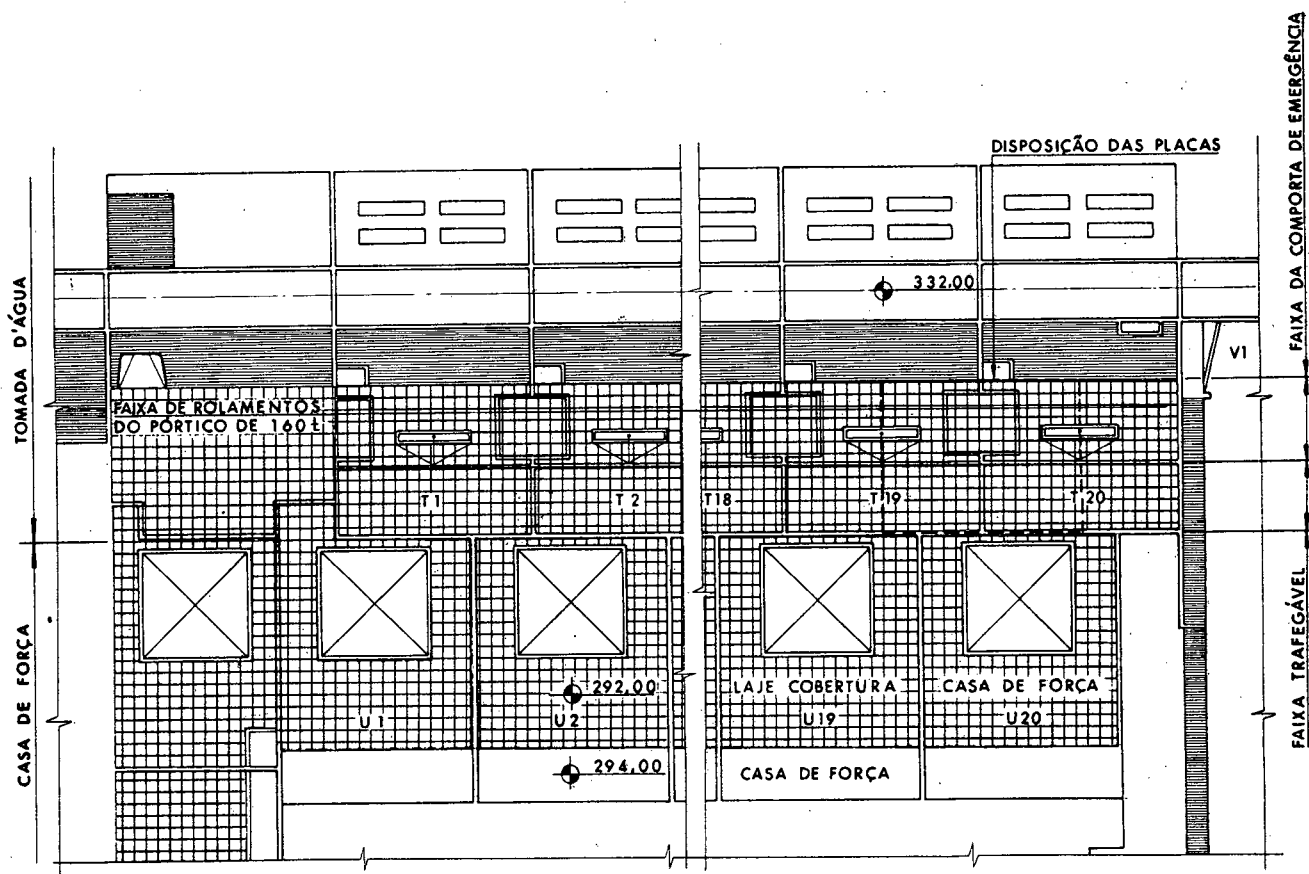


Faixa trafegável - detalhe

Na distribuição das placas da Tomada D'Água foram consideradas duas alas: ala da Comporta de Emergência com 6.720m^2 e ala da faixa trafegável com 7.280m^2 , conforme desenho abaixo.



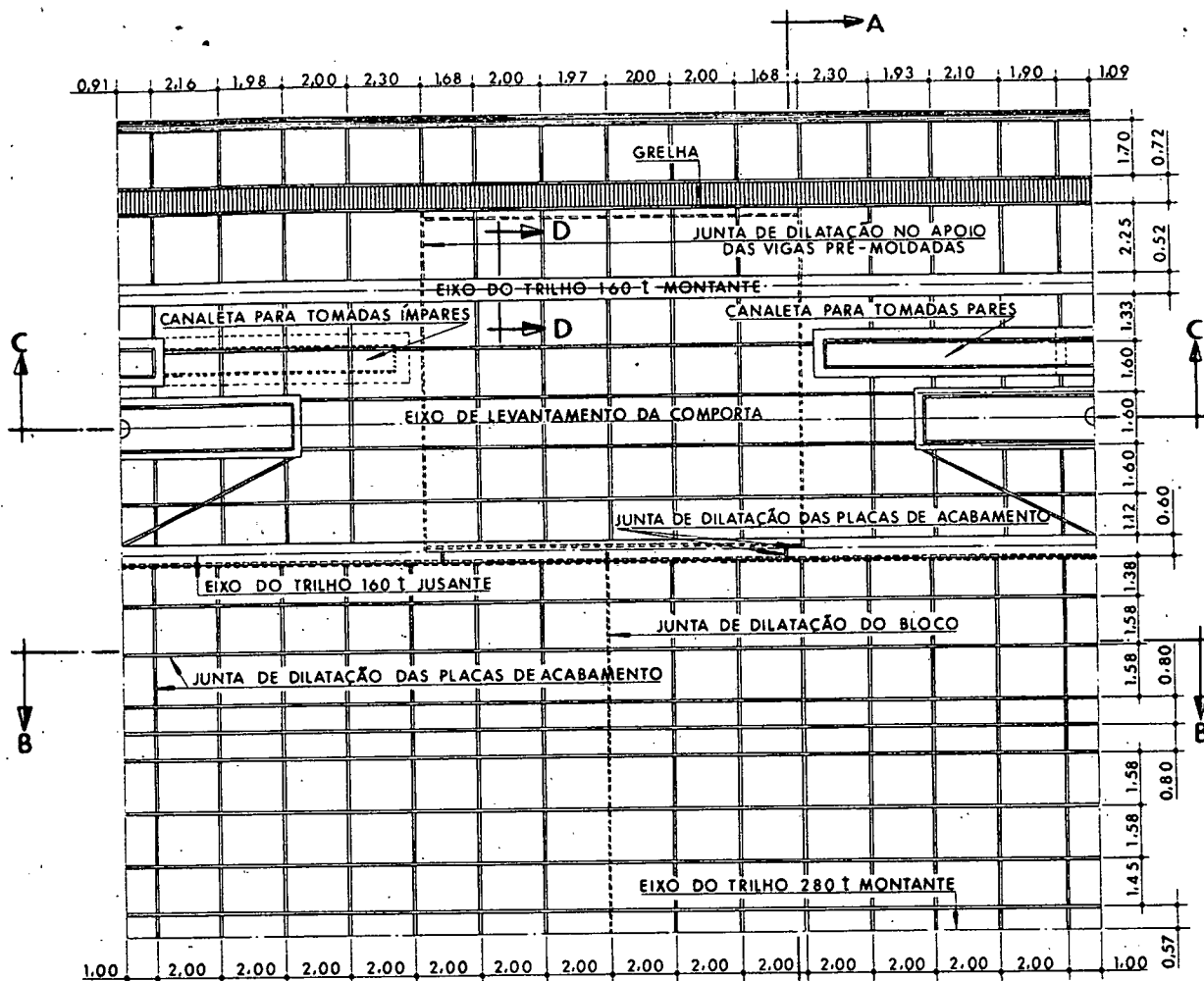
Planta da Tomada-D'Água e Casa-de-Força, Cota 292,00



**Planta Parcial da Tomada-D'Água e Casa-de-Força ,
Cota 292,00 com Localização das Placas de Concreto**

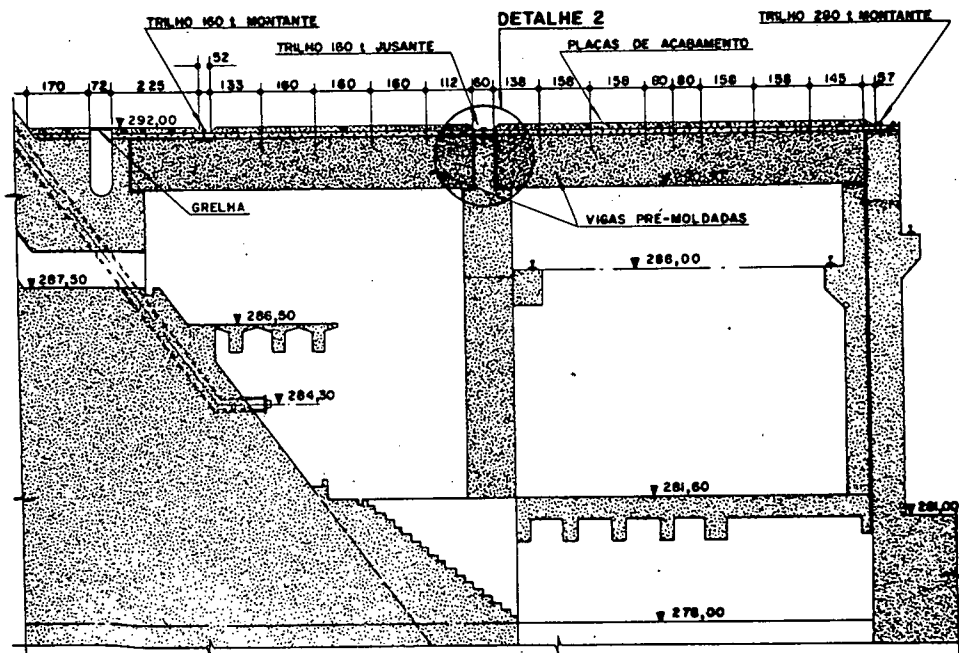
1.2 - CONSTRUÇÃO DAS PLACAS.

As placas foram concretadas sobre a impermeabilização do concreto leve de regularização das vigas pré-moldadas de cobertura da galeria dos equipamentos e sobre a área das comportas de emergência, conforme desenhos e foto das folhas seguintes. As dimensões máximas das placas, foram de 2 x 2 metros com espessura de 12cm limitadas por juntas de sarrafos de pinho 2 x 7cm, que serviram de modulação e cota de acabamento final das placas.

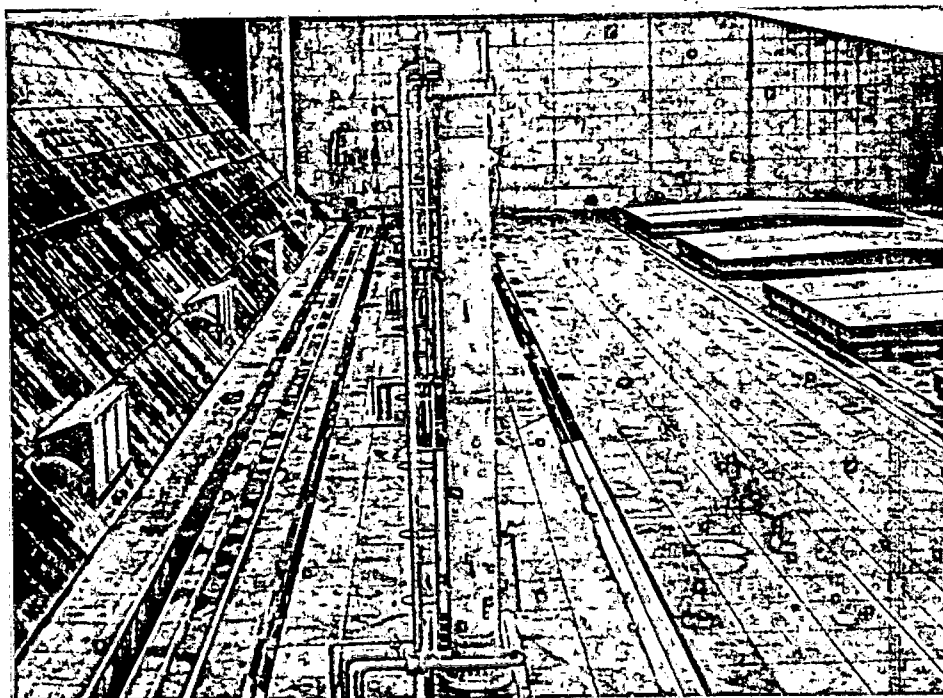
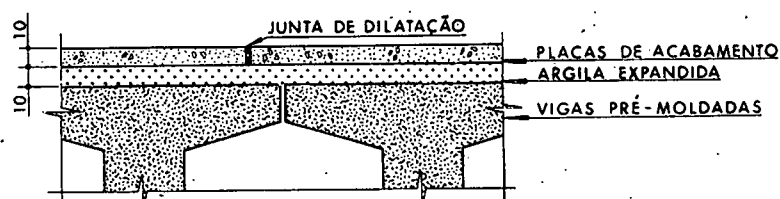
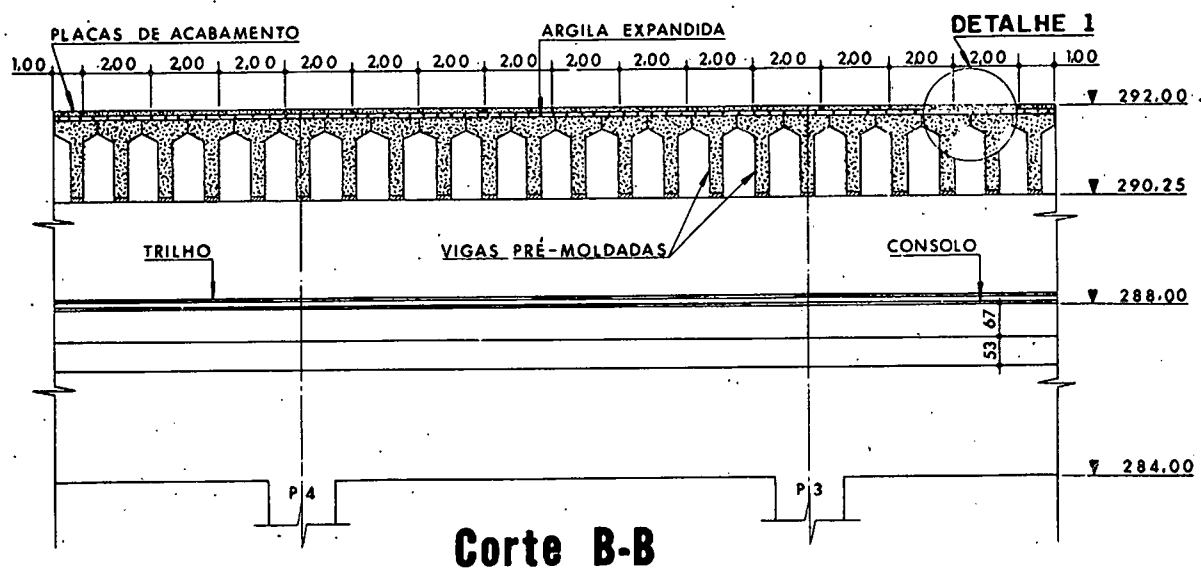


OBS. — CORTE D-D, VER FOLHA Nº 29

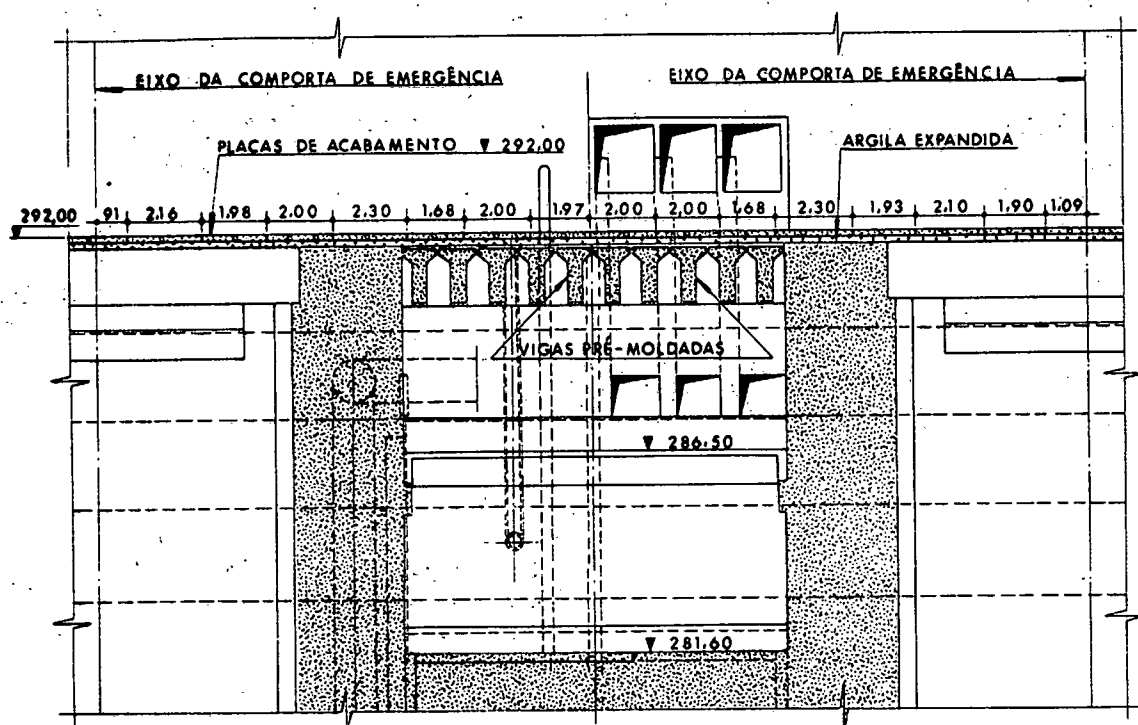
Planta Parcial da Disposição das Placas



Corte A-A

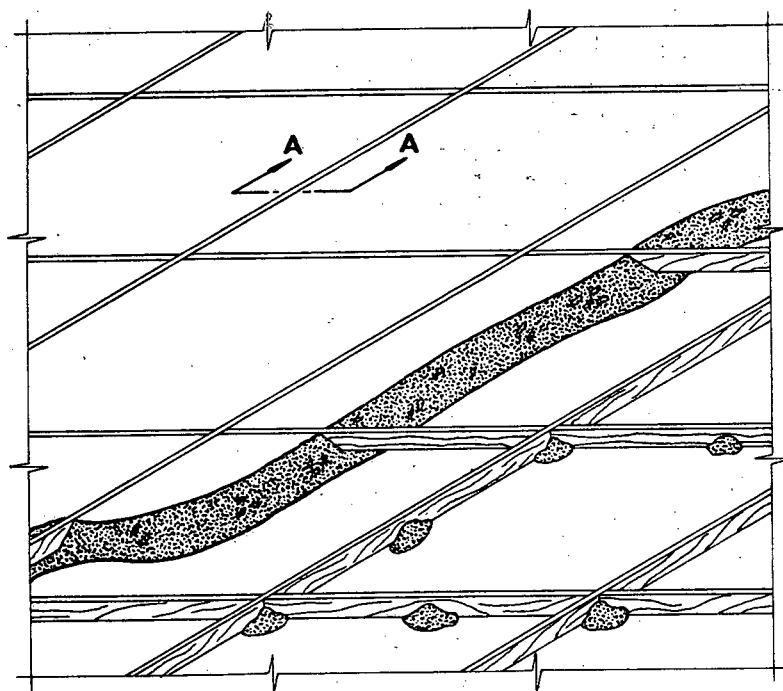


Vista da disposição das placas na cota 292,00.

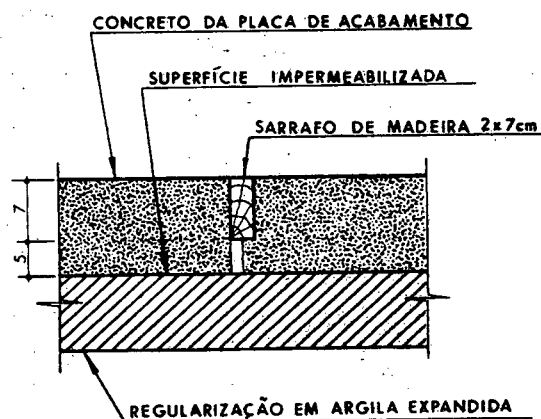


Corte C-C

Os sarrafos foram fixados com argamassa de concreto aplicada nos cruzamentos e no meio dos vãos dos sarrafos, sem uso de escoramentos de madeira. Com isso foi possível uma concretagem sem interrupção de todas as placas do bloco, conforme desenho da folha seguinte.



Detalhe da Concretagem Contínua



Corte A-A

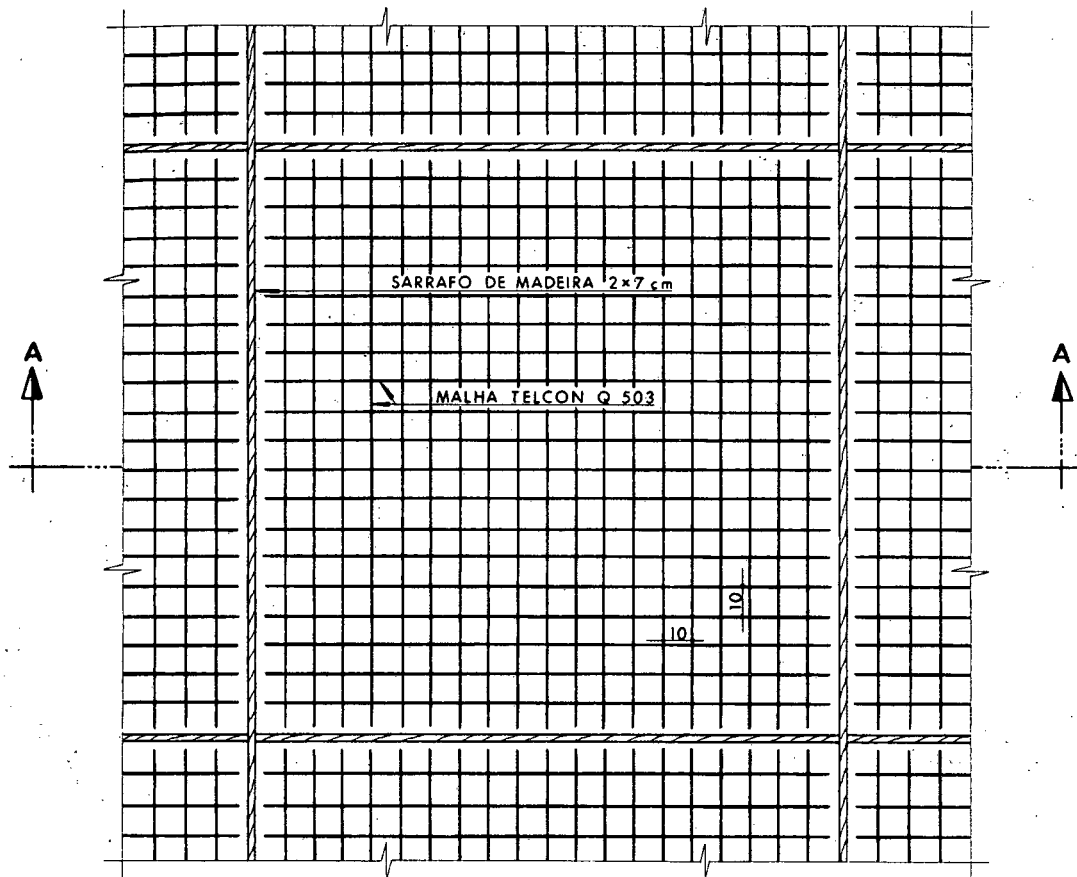
O espaço deixado na parte inferior do sarrafo ($\approx 5\text{cm}$) permitiu que as placas ficassem interligadas durante a fase de concretagem. Posteriormente ficaram separadas pelas trincas naturais.

Características do concreto aplicado:

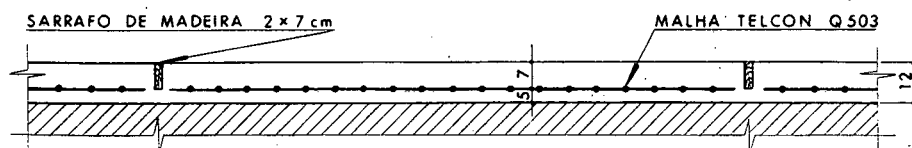
fck : 150kg/cm^2 aos três dias;

Slump : 13 ± 1 ;

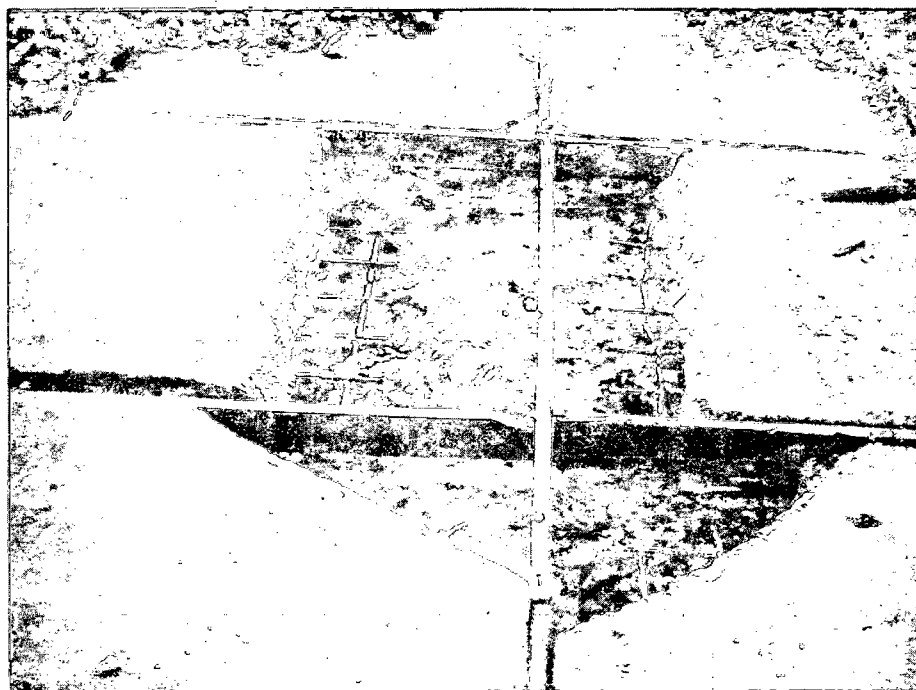
A/C : 0,35, armadura simples de malha Telcon Q 503.



Detalhe da Armação da Placa Original



Corte A-A



Armação e concreto original.

1.3 - PROBLEMAS SURGIDOS NAS PLACAS.

1.3.1 - Movimentação.

As placas moldadas fora da faixa trafegável, Casa-de-Força ou Hall de Montagem, não apresentaram problemas de movimentação, ao passo que as placas moldadas na faixa trafegável, apresentaram movimentação em toda extensão da faixa (TA-1 a TA-20) tanto no sentido transversal como no longitudinal devido à dilatação térmica.

Isto provocou o levantamento e rotura do concreto de acabamento, danificando a impermeabilização provocando, conseqüentemente, infiltrações d'água, conforme mostram as fotos a seguir.



Detalhe da movimentação das placas.

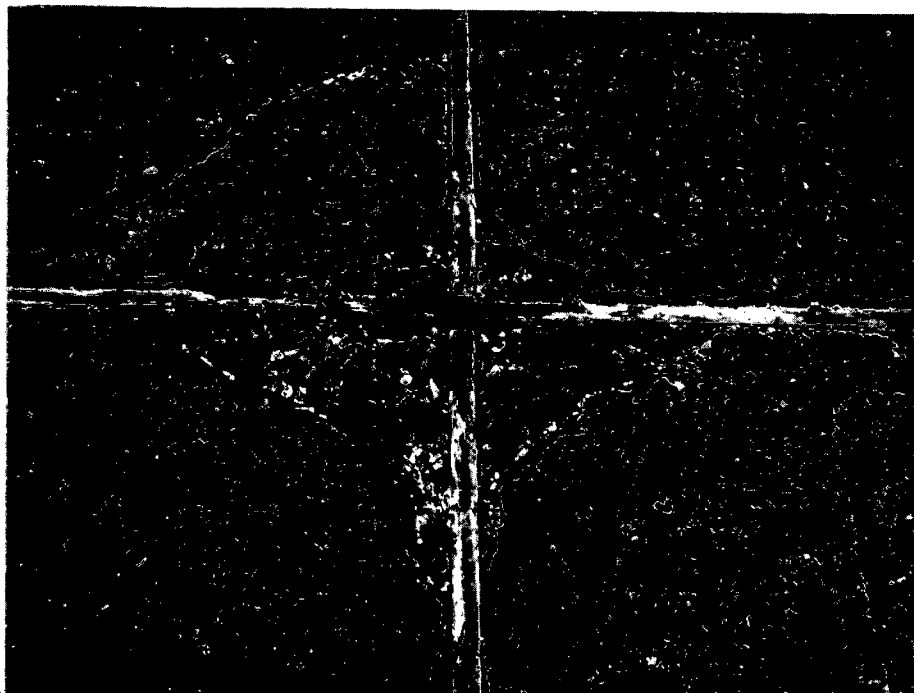


Deslocamento vertical causado pela movimentação.

1.3.2 - Rotura do Concreto.

a) Placas das Estruturas da BG e TA-1 ao TA-5.

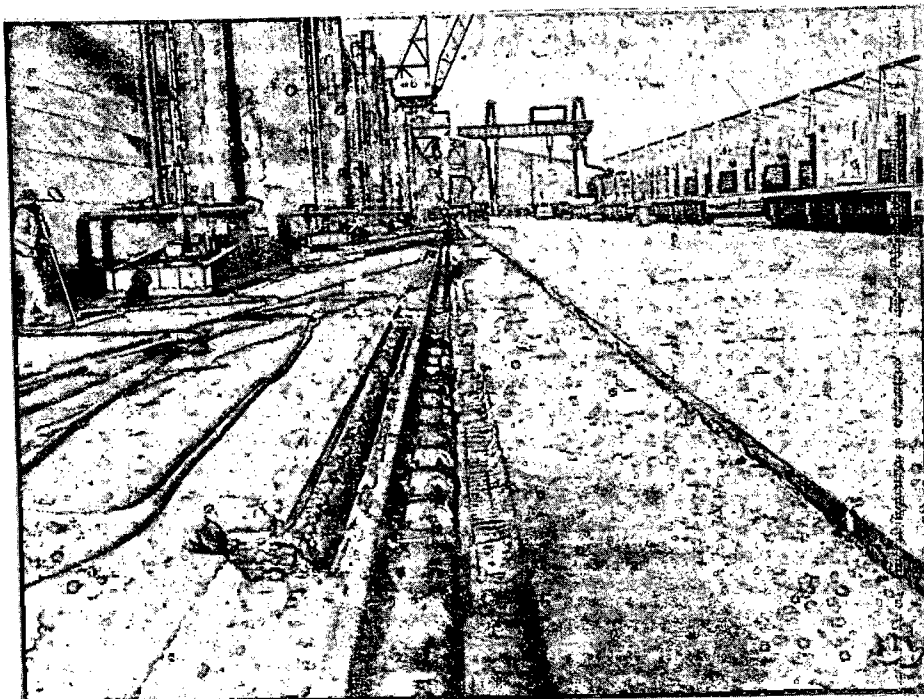
As placas concretadas nas estruturas da BG e entre TA-1 e TA-5, foram bastante danificadas pela ação das cargas de veículos e máquinas pesadas, usados na época do pico da montagem. Cerca de 80% destas placas apresentaram trincas e cantos quebrados, conforme foto abaixo.



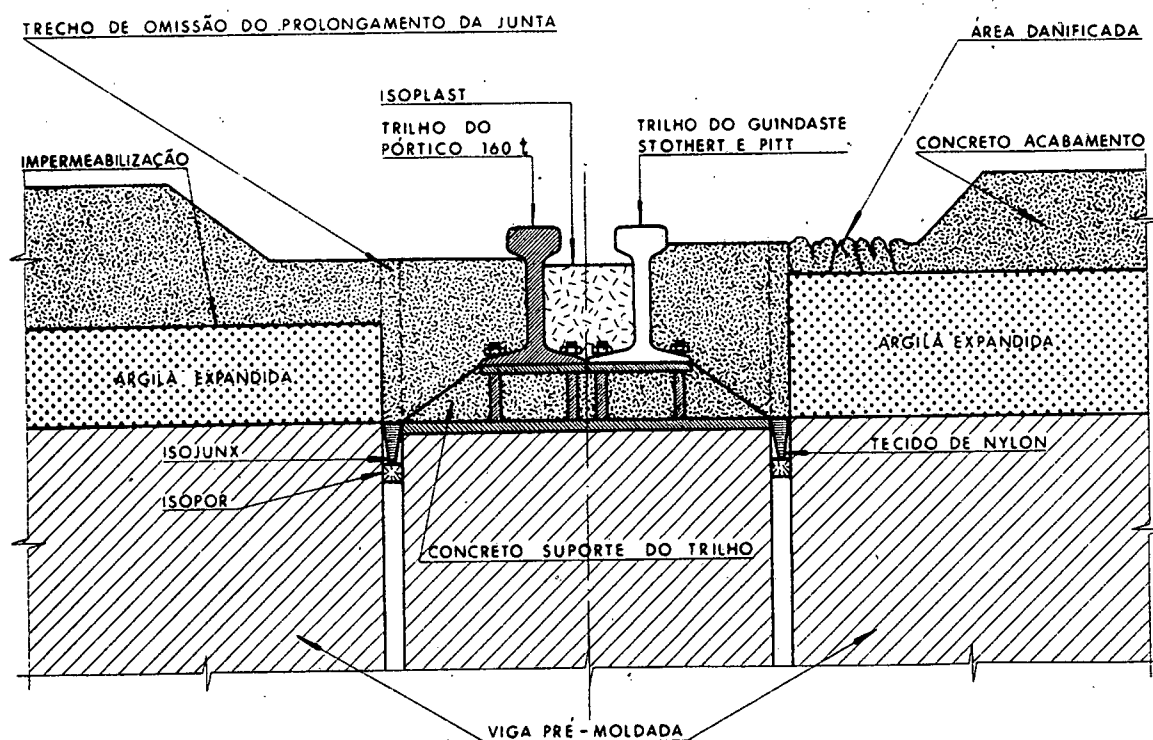
Detalhe típico dos cantos danificados.

b) Linhas de placas próximas ao trilho do Pôrtico de 160t.

As placas construídas próximas ao trilho do Pôrtico de 160t, em toda extensão das estruturas da Barragem de Gravidade e Tomada D'Água (TA-1 a TA-16) ficaram bem mais prejudicadas por falta de espessura adequada para suportar as cargas transmitidas pelos veículos e pela omissão do prolongamento da junta de dilatação no plano vertical, junta esta formada pelas cabeças das vigas pré-moldadas, com a viga de apoio, conforme foto abaixo e desenho da folha seguinte.



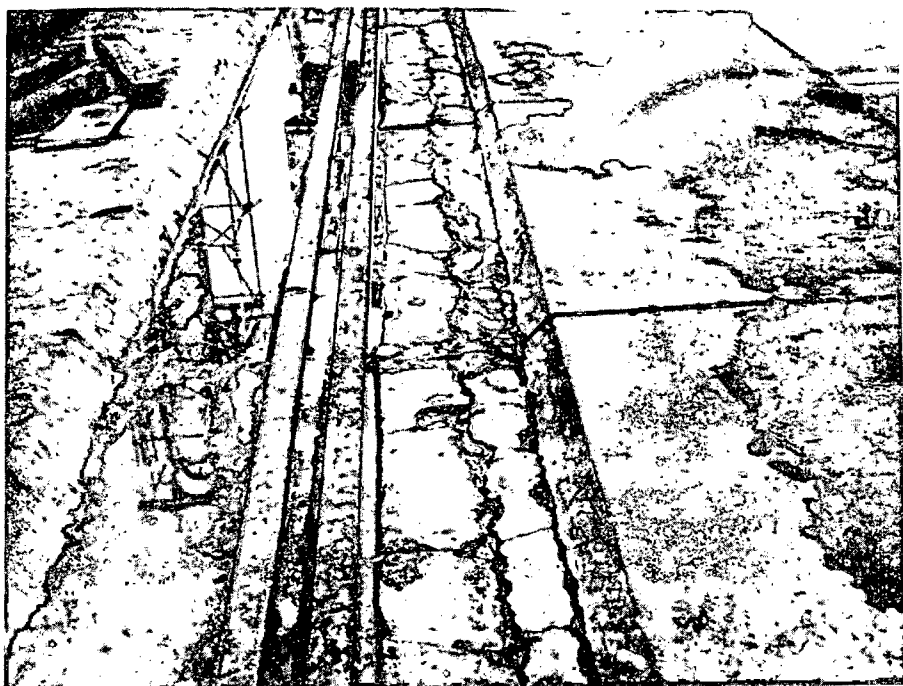
Junta formada pelas cabeças das vigas pré-moldadas



Detalhe 2

c) Placas das Estruturas TA-17 a TA-20.

Nas Estruturas TA-17 a TA-20 as placas na parte superior se encontravam perfeitas necessitando de reparos somente na parte rebaixada, próxima ao trilho do pórtico, conforme mostra a foto da folha seguinte.



Placas das Unidades 17 a 20 - necessitando de reparos
somente na parte rebaixada.

1.4 - RECUPERAÇÃO DAS PLACAS.

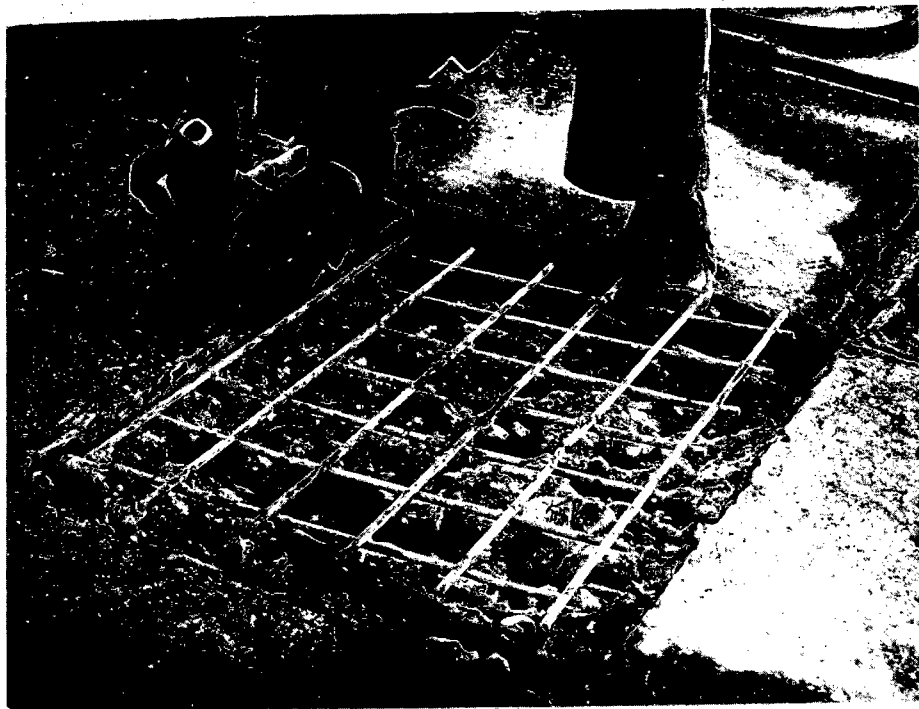
1.4.1 - Considerações.

A recuperação das placas foi feita levando-se em conta seu grau de reaproveitamento. As placas com cantos quebrados, foram recuperadas procedendo-se o reparo dos cantos com concreto. Outras mais danificadas, foram substituídas integralmente. Os reparos foram executados a medida em que surgiam as oportunidades, como foi o caso dos reparos da impermeabilização em que as placas tiveram que ser removidas totalmente (ver relatório "Impermeabilização e Calafetação"), ou quando surgia o problema da elevação das placas.

1.4.2. - Sequência de reparos das placas.

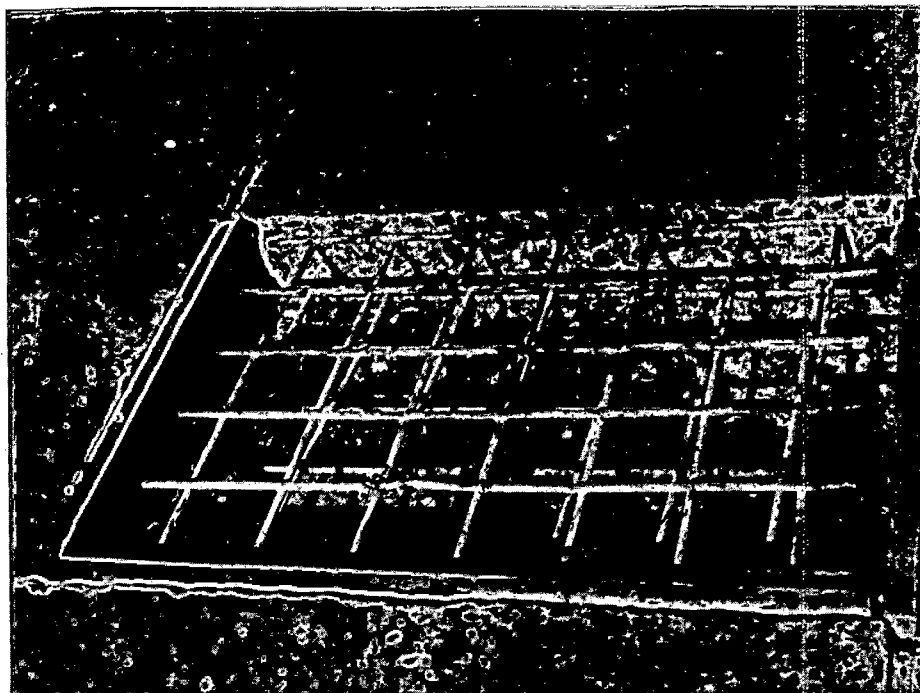
As placas parcialmente danificadas, referentes ao item 1.3.2a, foram reparadas conforme segue abaixo.

- a) Rompimento e remoção das partes rompidas, tomando-se cuidados especiais para não ferir a impermeabilização;
- b) Limitação da área do reparo através de corte com disco de Nylon, conforme foto abaixo.



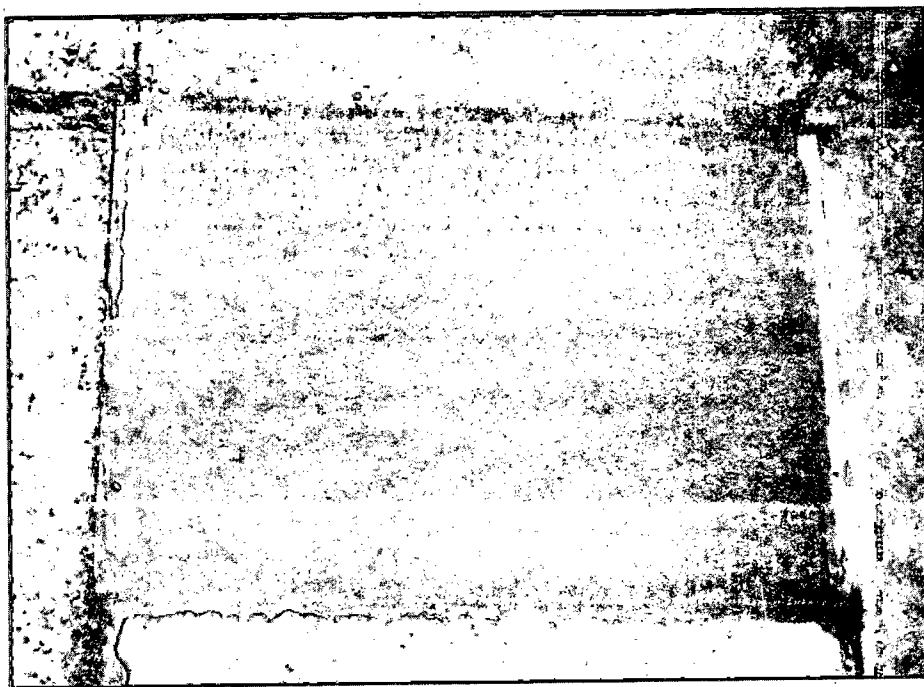
Detalhe típico do preparo da placa para reparo.

- c) Colocação da armadura de malha Telcon Q 503 para reforço das laterais e cantos das placas, conforme foto da folha seguinte.



Reforço das armaduras.

- d) Colocação de sarrafos de pinho entre as juntas das placas e pintura com resina epóxica (Colma Dur) para colagem entre concreto velho e novo;
- e) Aplicação do concreto com as seguintes características:
 - fck : 150kg/cm² aos três dias;
 - Slump : 6₊₁;
 - A/C : 0,35
- f) O acabamento com desempenadeira e cura durante sete dias, conforme foto da folha seguinte.



Aspecto típico de acabamento dos reparos.

1.4.3 - Recuperação das placas danificadas em consequência de sua movimentação, caso item 1.3.1.

Essas placas foram substituídas integralmente por outras placas de concreto de constituição estrutural modificada de modo a impedir nova movimentação e trincas de canto:

a) Modificações introduzidas.

- Colocação de "agulhas" de ferro liso, com as seguintes características:

CA : 25;

Ø : 3/4";

ℓ : 50cm.

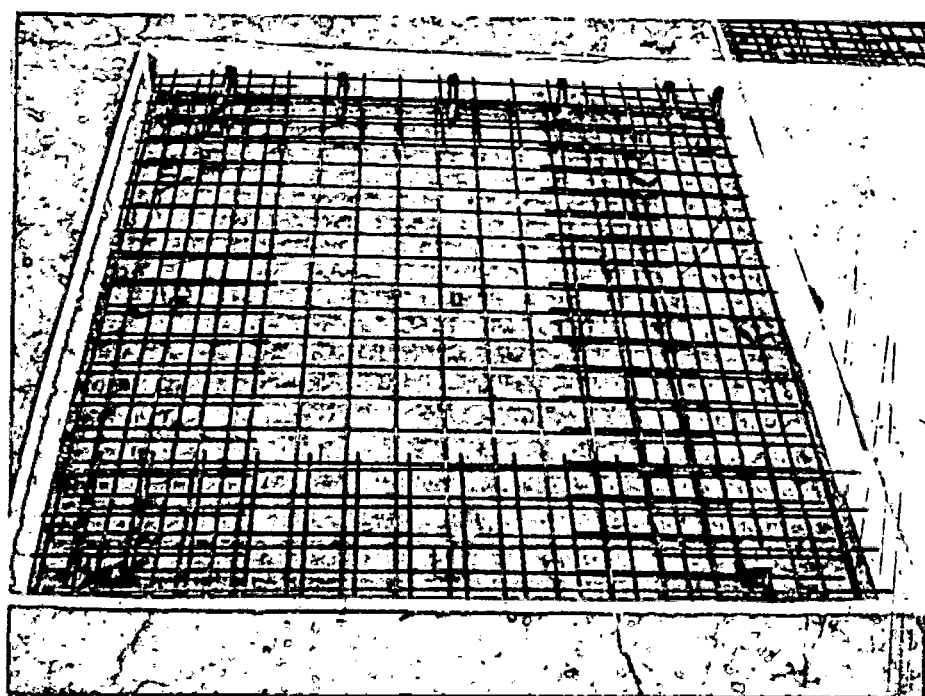
Estas agulhas foram aplicadas, mantendo-se espaçamento de 50cm. Metade da cada "agulha" ficou aderida ao concreto de uma placa. A outra metade foi envolvida com papel alcatroado, ficando embutida na outra placa.

Este esquema foi adotado para impedir que as movimentações decorrentes da dilatação térmica provocassem o levantamento das placas.

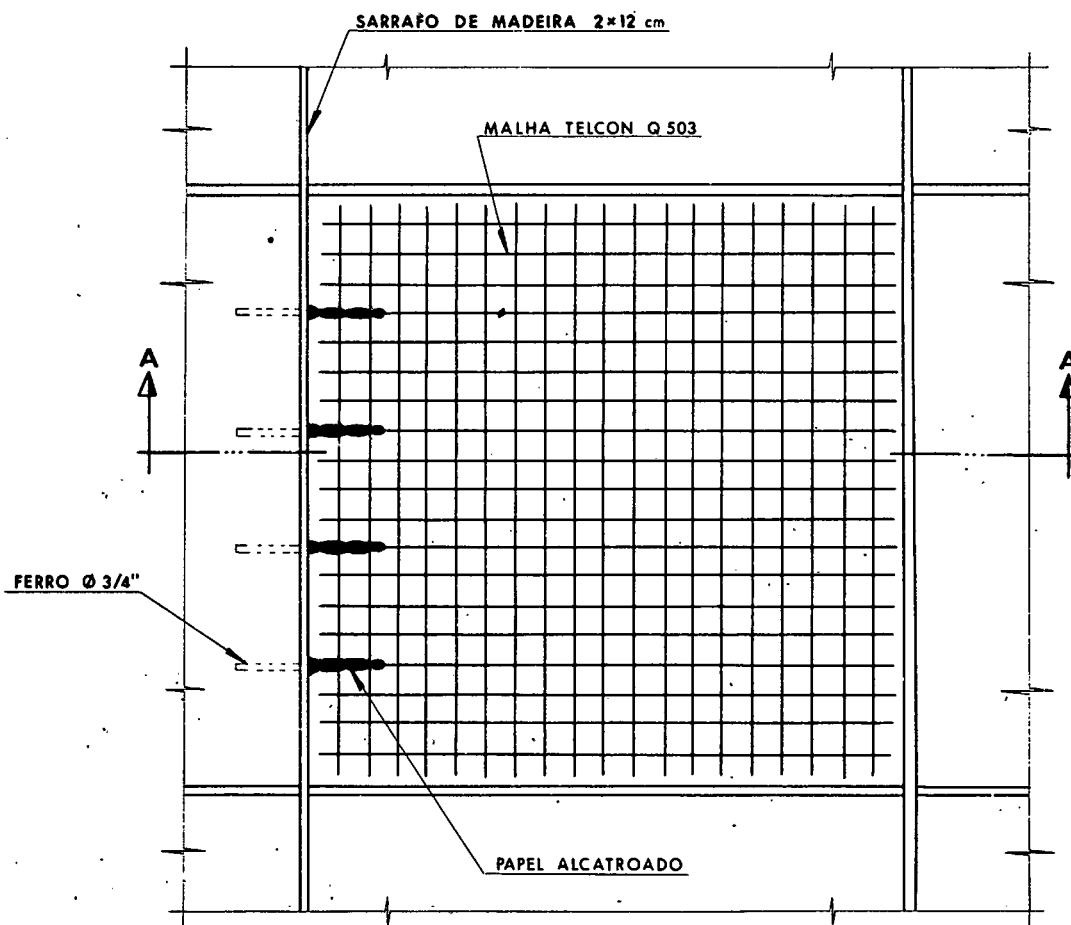


"Aglhas" envolvidas com papel alcatroado.

- Colocação de armadura dupla de malha Telcon Q 503, nas laterais e cantos das placas, com 40cm de largura, como reforço para evitar as fissuras nos cantos, conforme desenho e foto da folha seguinte.



Placa com junta de isopor, pronta para ser concretada.



Detalhe da Armação das Placas Reconstruídas



- Colocação da junta de isopor com espessura de 2cm entre as placas de 5cm nas juntas das placas coincidentes com as juntas dos blocos da TA (a cada 30m), conforme foto da folha anterior.
- Colocação de asfalto oxidado nas juntas de dilatação de 5cm a cada 30m.

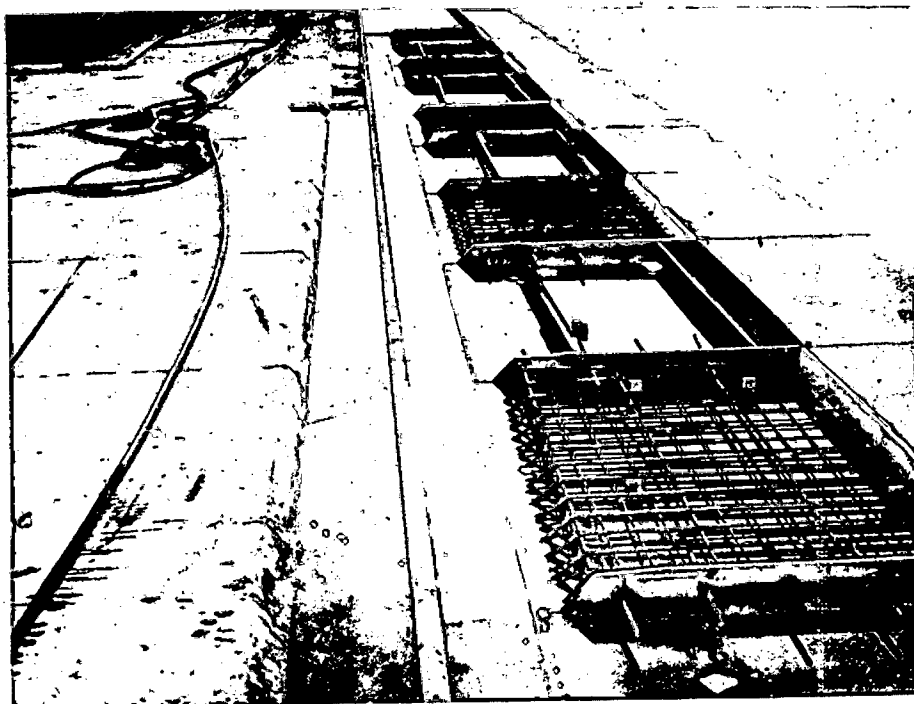
b) Sequência de execução.

- Rompimento e remoção das placas danificadas executado de modo a não ferir a impermeabilização.
- Colocação de forma, armação com malhas Telcon e "agulhas".
- Limpeza sobre a superfície da impermeabilização.
- Concretagem com traço de 150kg/cm^2 aos vinte e oito dias.
- Concretagem com traço de resistência fck 150kg/cm^2 sendo o acabamento com desempenadeira e cura durante sete dias.

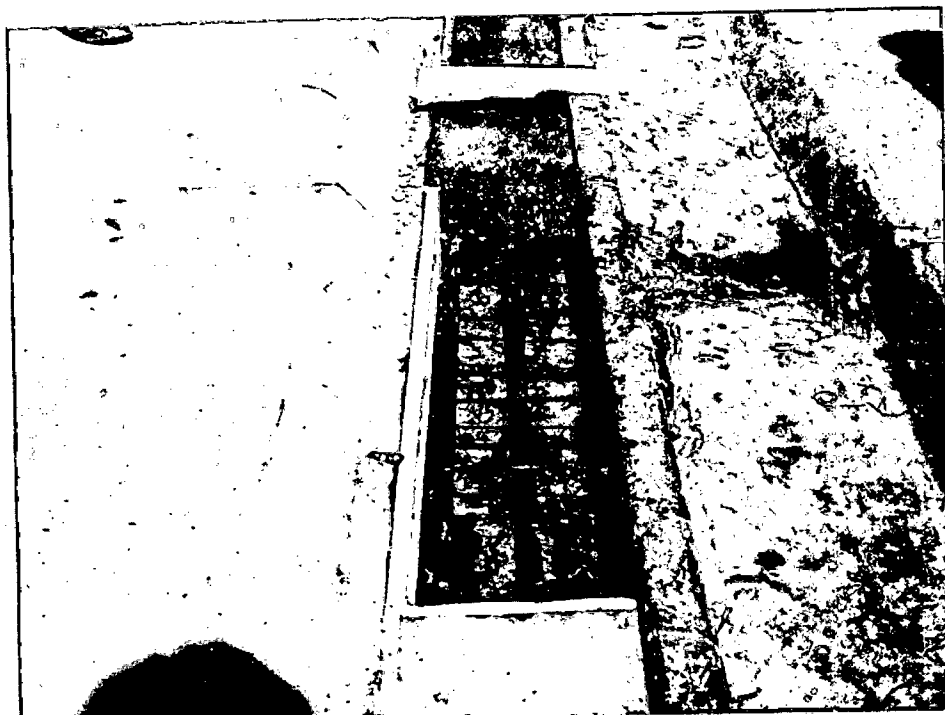


Vista de uma placa em concretagem.

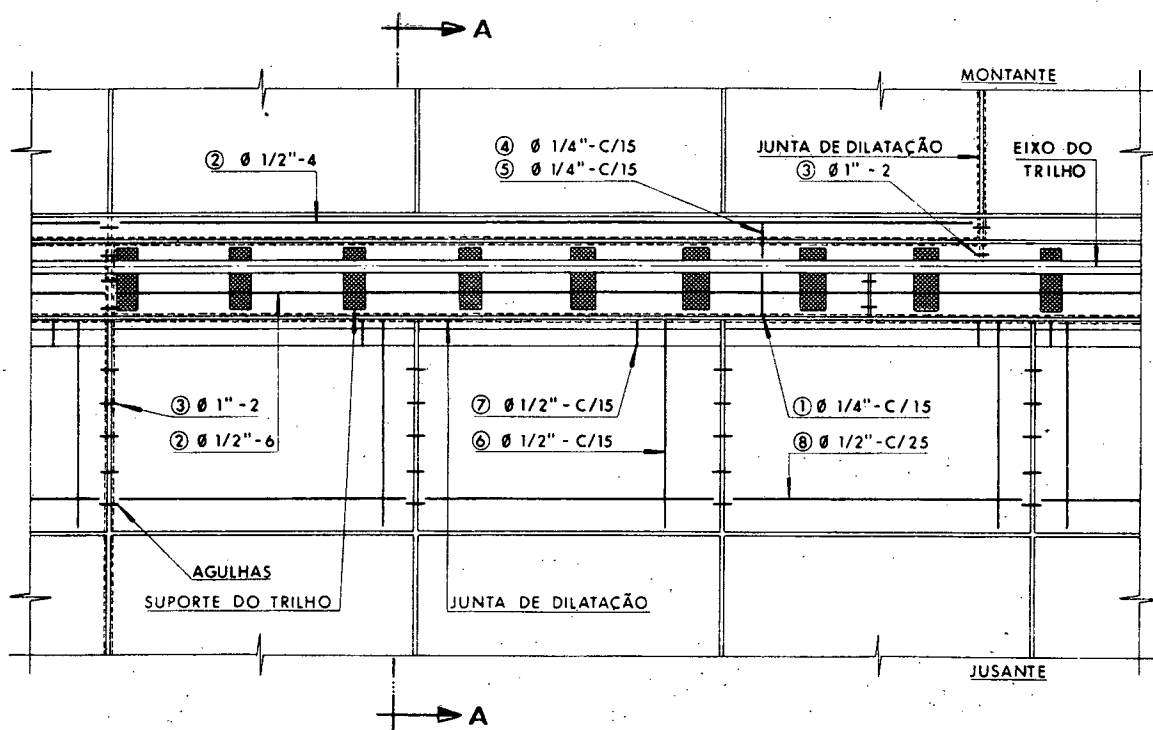
- 1.4.4 - Recuperação das placas da primeira linha junto ao trilho do Pórtico de 160t (caso b do item 1.3.2).
- a) Estas placas foram recuperadas conforme projeto número UIS.THC.A1-3096, fornecido pela Themag Engenharia Ltda. A armadura das placas especificadas no referido projeto é mais densa do que aquelas construídas com malhas Telcon (item 1.4.3a.), isto porque, nesta faixa, as placas possuem menor espessura formando um rebaixo exigido pelo sistema rodante do Pórtico de 160t, conforme fotos e desenhos a seguir.



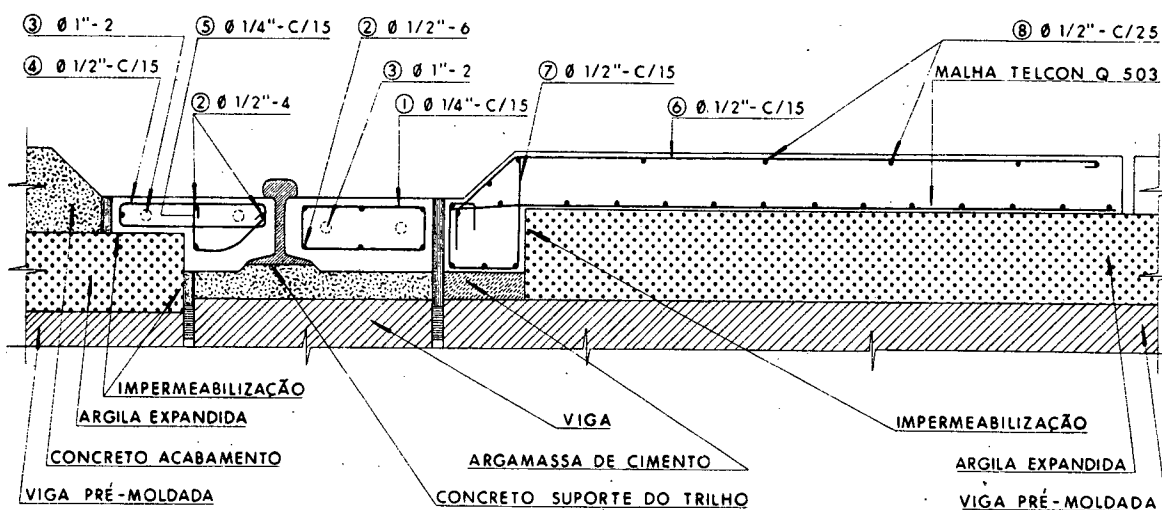
Aspecto das armações das placas próximas a
formação do rebaixo do trilho.



Vista da armação e concretagem final próxima ao
trilho.

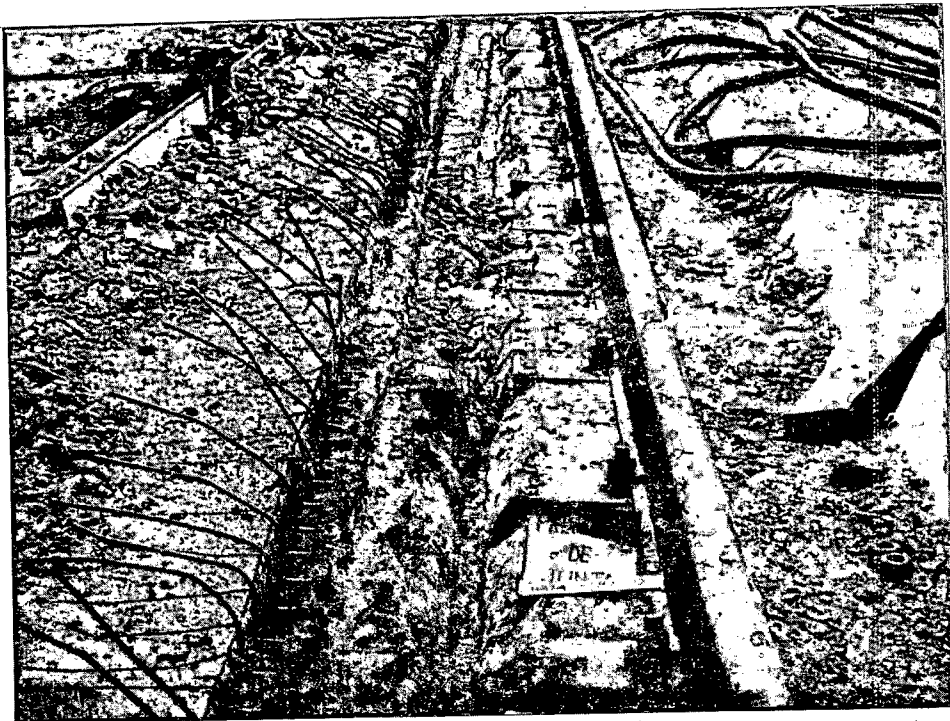


**Planta Parcial da Armação das Placas Reconstruídas
na Faixa do Trilho do Pórtico de 160t**



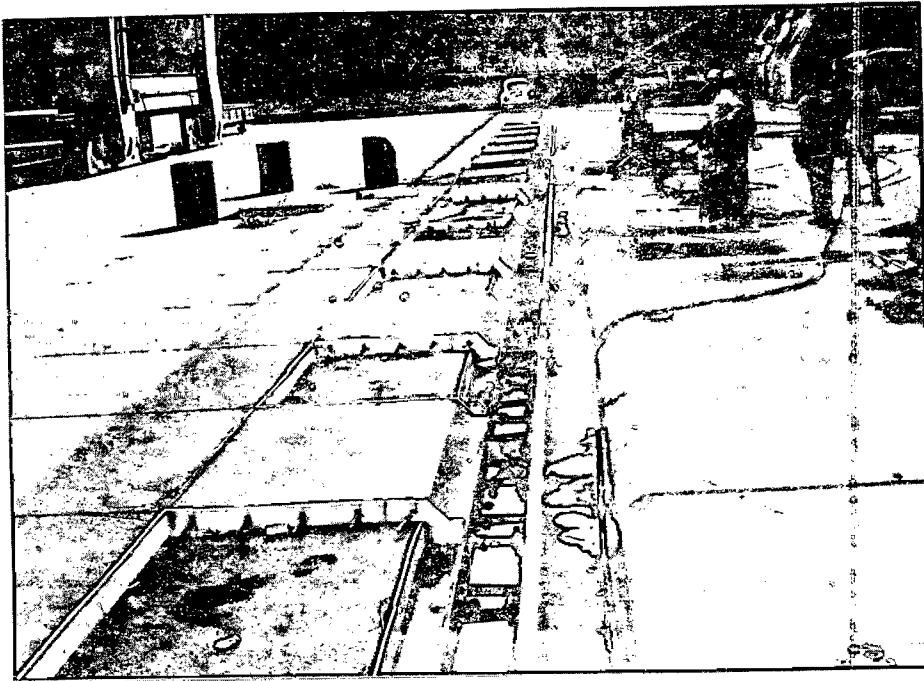
Corte A-A

- b) Para aumentar a espessura da placa junto ao trilho, foi necessário fazer o rompimento do concreto de regularização de argila expandida em toda extensão do trilho, conforme foto abaixo.



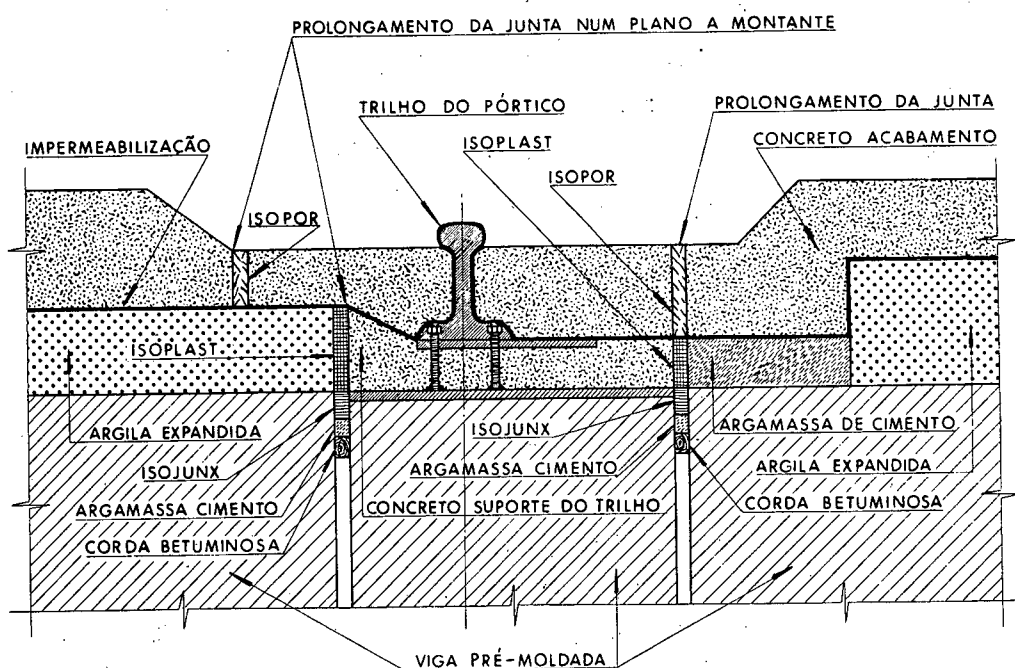
Rompimento da regularização da argila expandida em andamento.

- c) Depois da regularização da parte rompida e da impermeabilização, foi colocada uma placa de isopor de 1cm de espessura no plano vertical do dente formado pelo rompimento do concreto de regularização, para evitar possíveis trincas nas placas nesse local, provocadas pelos esforços de dilatação térmica. Ver foto a seguir.



Placas de isopor colocadas para formação de juntas de dilatação entre as placas e a parte rompida.

- d) Introdução da junta de dilatação paralela ao trilho seguindo o mesmo plano vertical formado pelas cabeças das vigas pré-moldadas, conforme desenho abaixo:



Corte D-D

- e) Concretagem e acabamento final das placas com o traço 19 ES-110V com as seguintes características:

fck : 150kg/cm² aos vinte e oito dias;

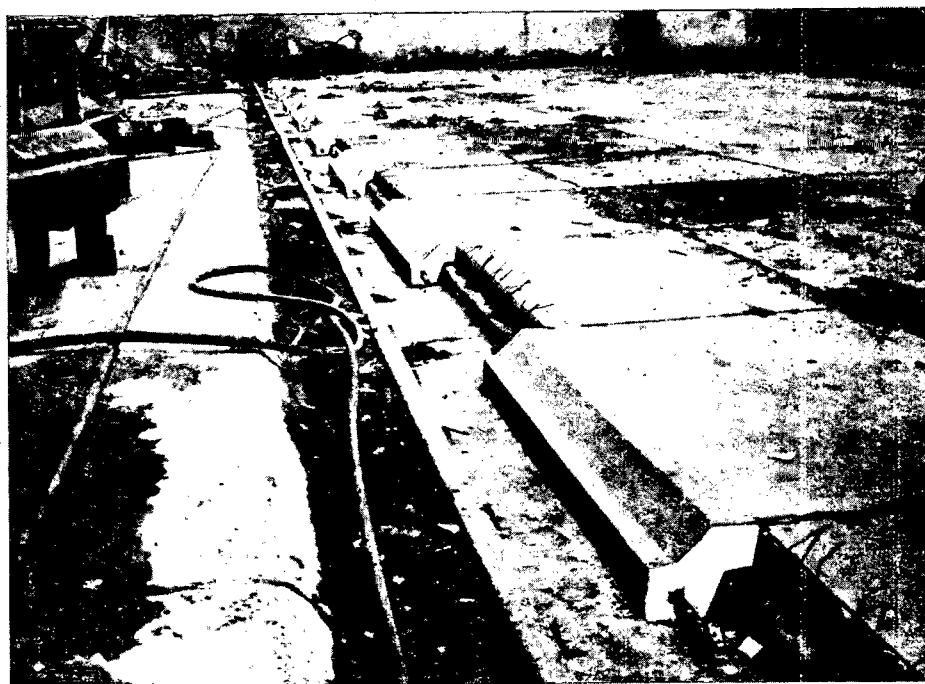
Slump : 13 ± 1;

A/C : 0,62, cura de sete dias.

1.4.5 - Recuperação das placas junto ao trilho do Pórtico de 160t nas estruturas da TA-17 ao TA-20 (caso c do item 1.3.2).

- a) As placas desta área foram danificadas somente na parte do rebaixo da passagem do sistema rodante do Pórtico de 160t, conforme foto da folha nº 18. Na parte superior, estas placas encontravam-se em perfeito estado de conservação, não existindo trincas ou cantos quebrados.

Com a necessidade da execução dos reparos da impermeabilização nesta área, estas placas foram rompidas parcialmente numa faixa de largura necessária para o reparo da impermeabilização. A outra parte foi aproveitada integralmente, conforme foto da folha seguinte. Para recuperação das partes rompidas dessas placas, foram seguidas as mesmas especificações do trecho TA-1 ao TA-16, com exceção do comprimento das ferragens de armação, que tiveram de ser cortadas no limite do rompimento. A garantia da junta desse reparo com a placa antiga foi conseguida através da utilização da armadura de arranque da malha Telcon, deixada durante o rompimento, conforme foto da folha nº 28 e da colagem com resina expóxica Colma Dur.



Reparo na parte rebaixada da Tomada D'água -
Unidades 17 a 20.

1.5 - OBSERVAÇÕES E ANÁLISES DO COMPORTAMENTO DAS PLACAS DEPOIS DE RECONSTRUÍDAS.

Com relação aos reparos parcialmente executados nas placas referente ao item 1.4.2, estão comportando-se bem, sem apresentar novas trincas. As novas placas da faixa junto ao trilho do Pórtico de 160t, referente aos itens 1.4.4 e 1.4.5, também não estão apresentando problemas de trincas ou estabilidade.

As modificações introduzidas nas placas construídas para substituição daquelas danificadas, com relação à movimentação, caso do item 1.4.3, não surtiram efeitos satisfatórios. Algumas placas continuaram a se movimentar, comprimindo-se uma às outras, causando fechamento total das juntas e provocando sua rotura por compressão, conforme indicado na foto a seguir. Outras, apesar de não terem sofrido danos mais sérios, conseguiram com a movimentação expulsar o asfalto de enchimento colocado em algumas juntas no lugar do Isopor, conforme foto da folha seguinte.

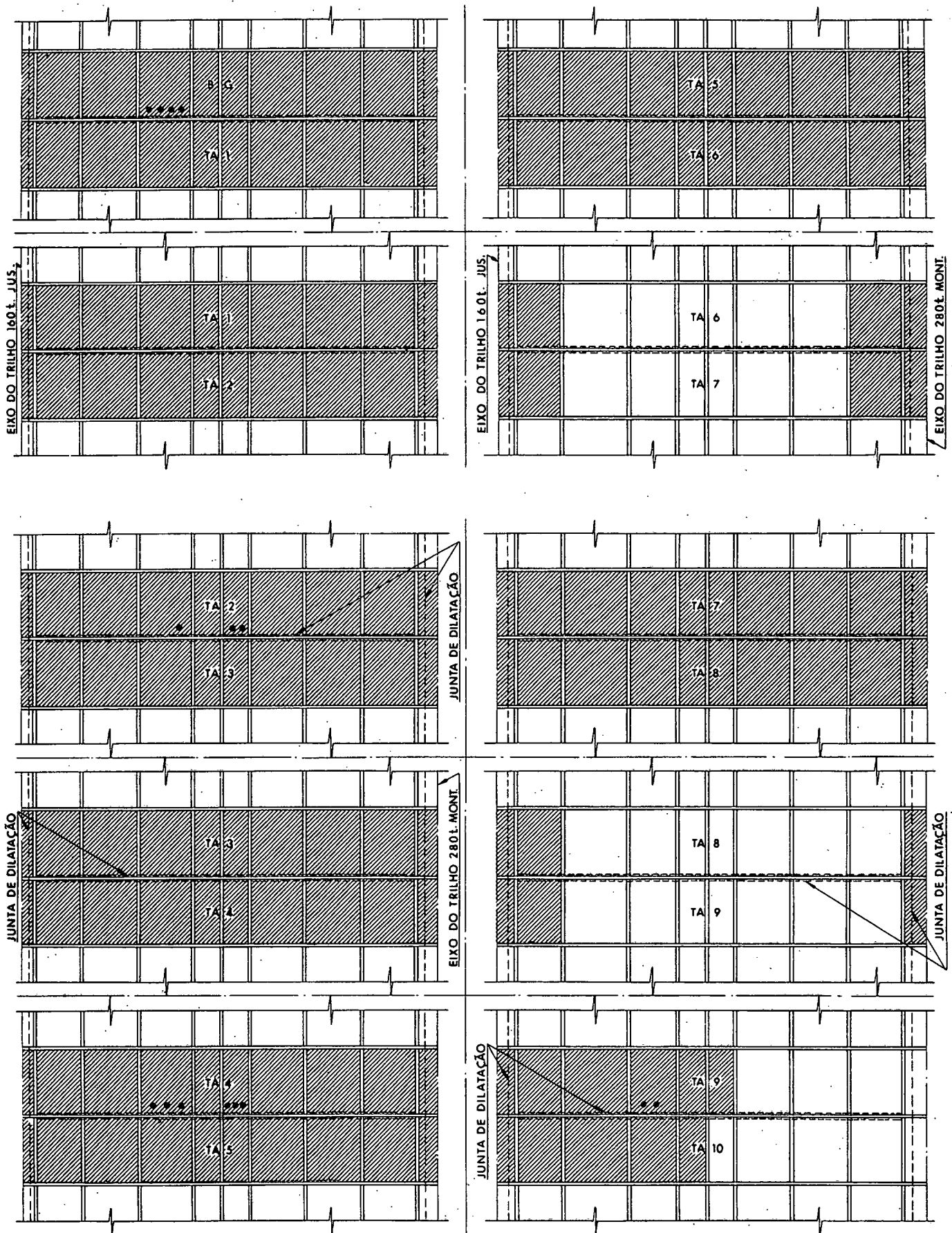
Os desenhos das folhas seguintes, mostram as placas substituídas e as que tiveram problemas de roturas causadas pelas "agulhas".



Placas danificadas pelas agulhas durante a movimentação das placas.



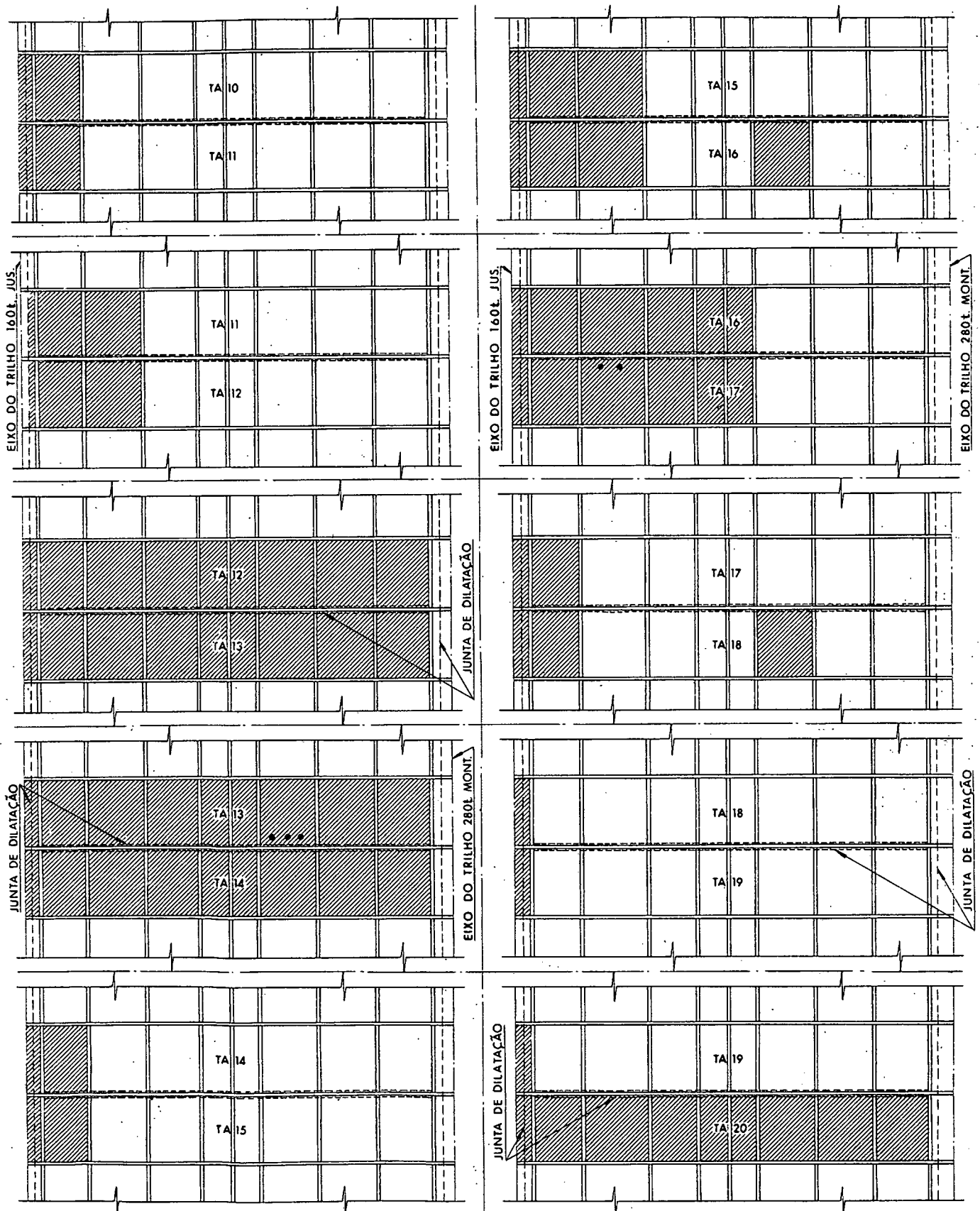
Expulsão do enchimento da junta pela movimentação das placas.



Esquema de Reconstrução das Placas

LEGENDA

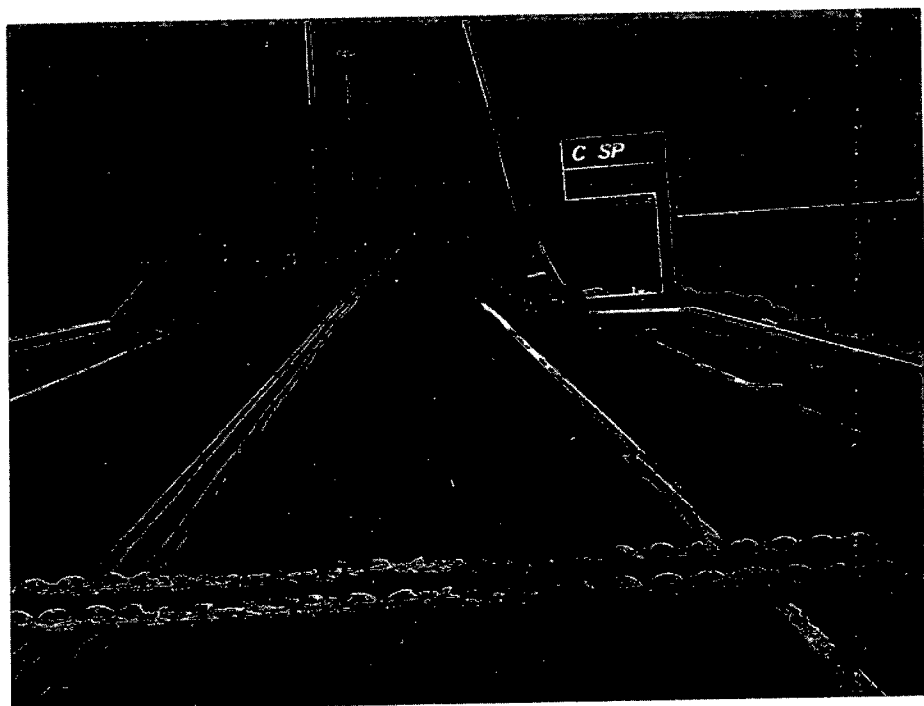
-  PLACAS ORIGINAIS
-  PLACAS RECONSTRUÍDAS
-  PLACAS RECONSTRUÍDAS E DANIFICADAS PELAS AGULHAS



2 - PLACAS DE CONCRETO DA PISTA TRAFEGÁVEL DO VERTEDOURO DE SUPERFÍCIE - COTA 332,00.

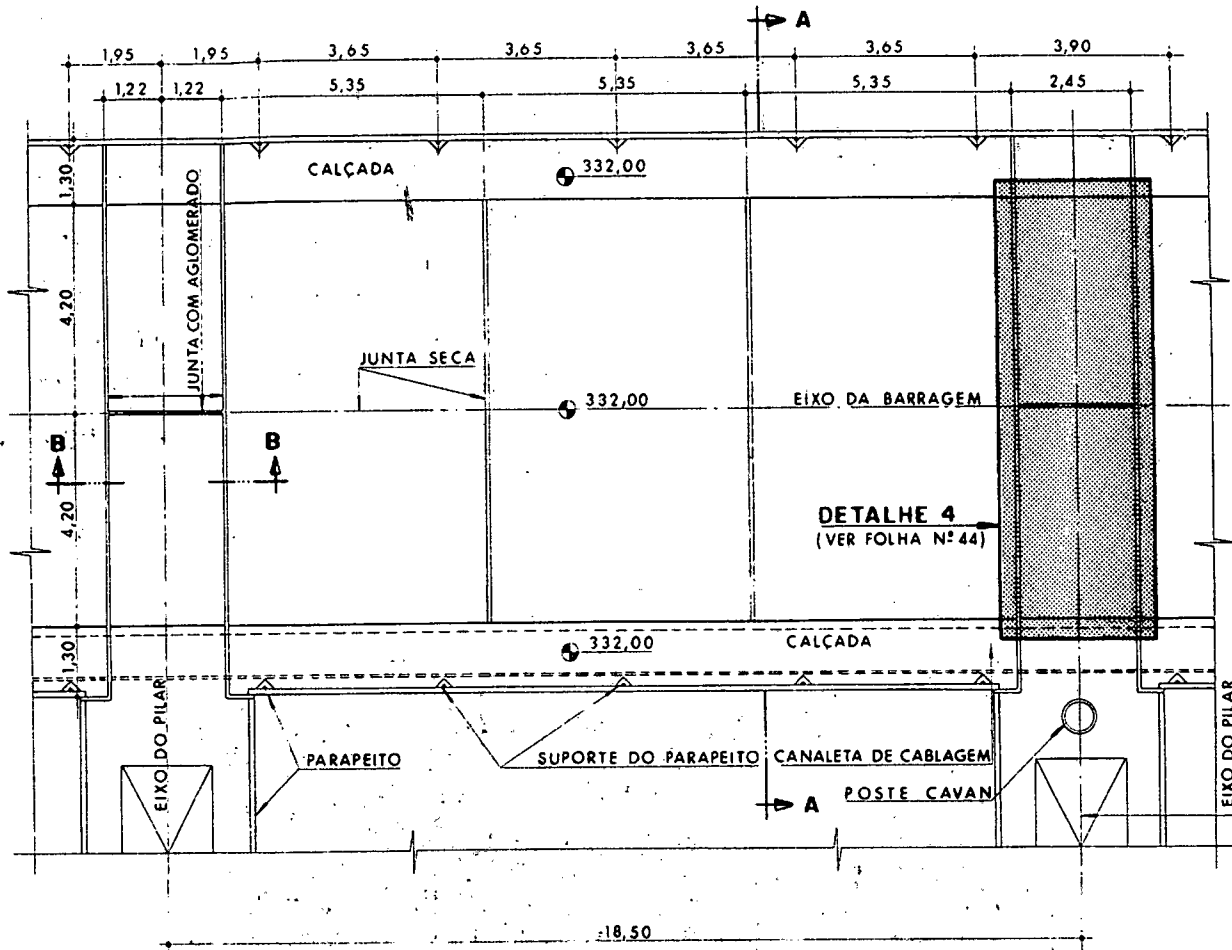
2.1 - PISTA.

No coroamento final da crista da barragem na cota 332,00 foi prevista uma pista pública para tráfego de veículos ligando o Estado de São Paulo com o Estado de Mato Grosso do Sul, conforme foto abaixo.

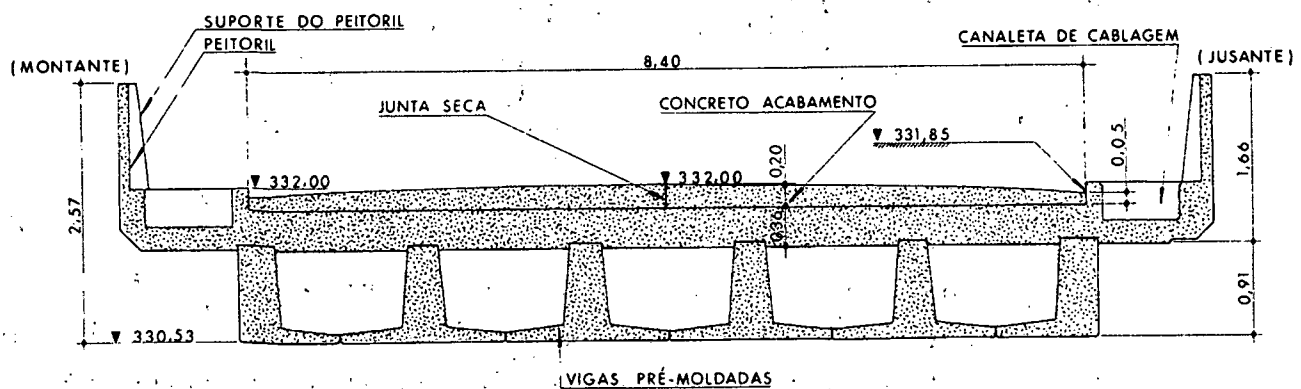


Vista geral da pista sobre os vertedouros.

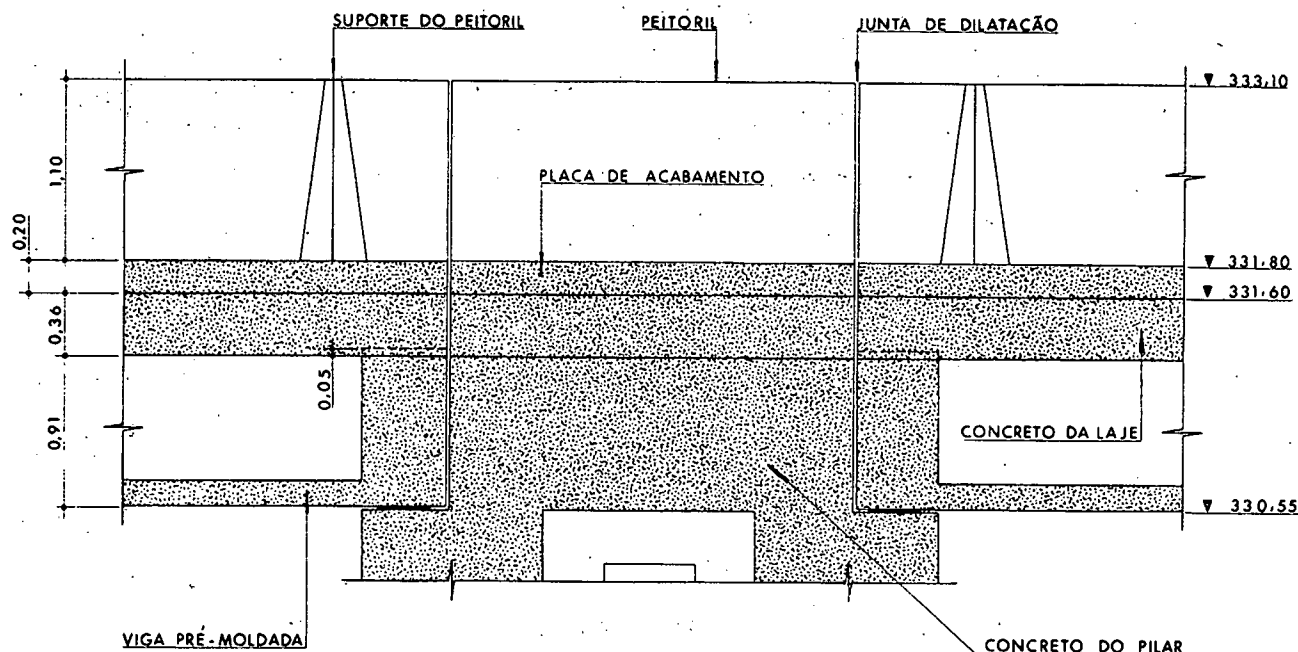
Esta pista foi construída com vigas pré-moldadas de concreto, apoiadas sobre os pilares do vertedouro e recobertas por uma camada de concreto de regularização. Sobre essa camada de concreto, foram construídas as placas de concreto de rolamento final da pista, conforme desenhos das folhas seguintes.



**Planta Parcial das Placas de Concreto da Pista
Trafegável do Vertedouro de Superfície**



Corte A-A



Corte B-B

2.2 - CONSTRUÇÃO DAS PLACAS.

As placas foram construídas com as dimensões indicadas no desenho da folha anterior e assentadas sobre a superfície do concreto de regularização sendo a junta preparada com jato de areia, água e ar. A concretagem foi executada em duas etapas com as formas dispostas ao longo da pista em forma de xadrez para a concretagem da primeira. Após essa concretagem, as formas foram retiradas e foi dado prosseguimento à segunda etapa de concretagem, ficando separadas somente pela junta seca.

Características do concreto aplicado:

- Traço : 38 ES 57V;
- Fck : 150kg/cm² aos três dias (NB-1 1960);
- Slump : 5 ± 1;
- A/C : 0,39;
- Agregado máximo : cascalho 38mm

Essas placas foram concretadas sem utilização de armadura.

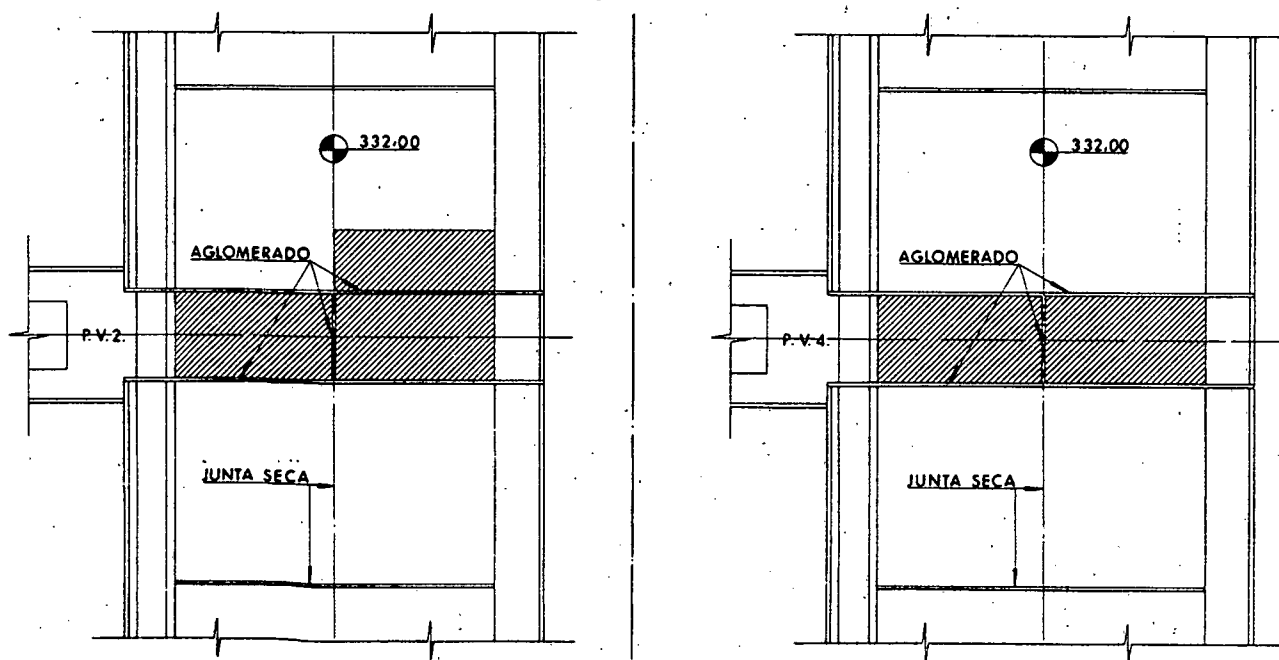
2.3 - PROBLEMAS DE ROTURA E TRINCAS.

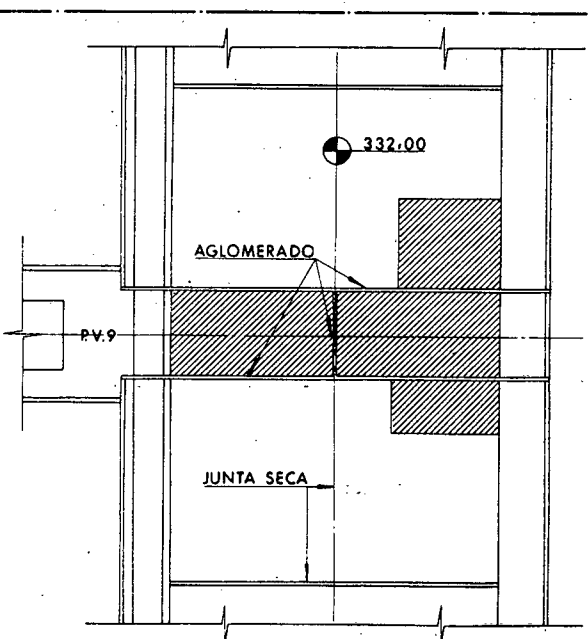
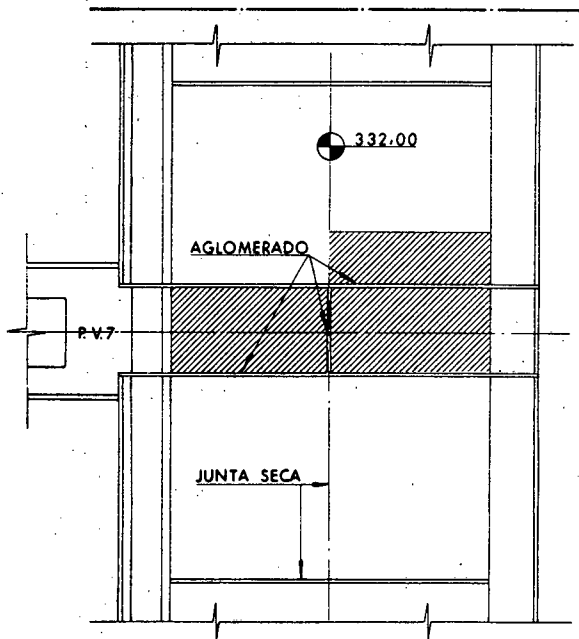
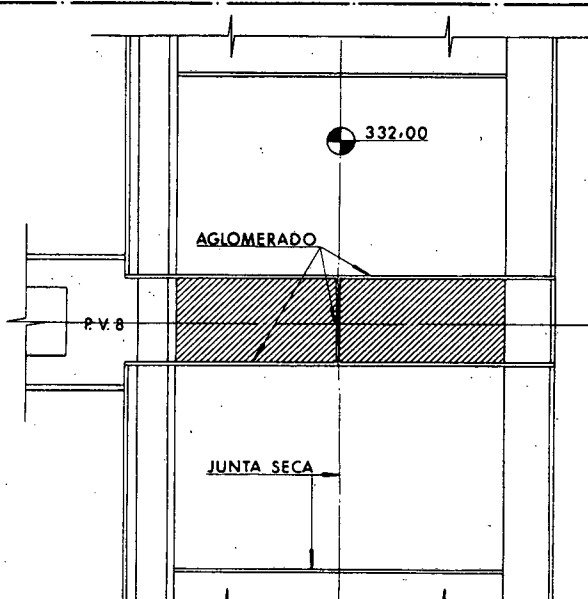
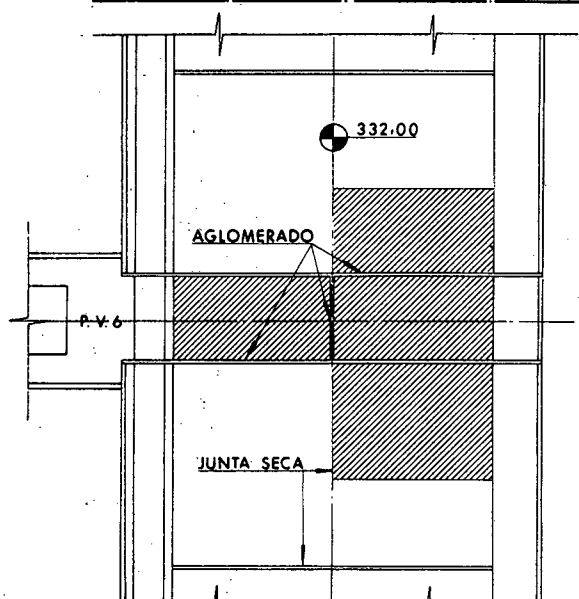
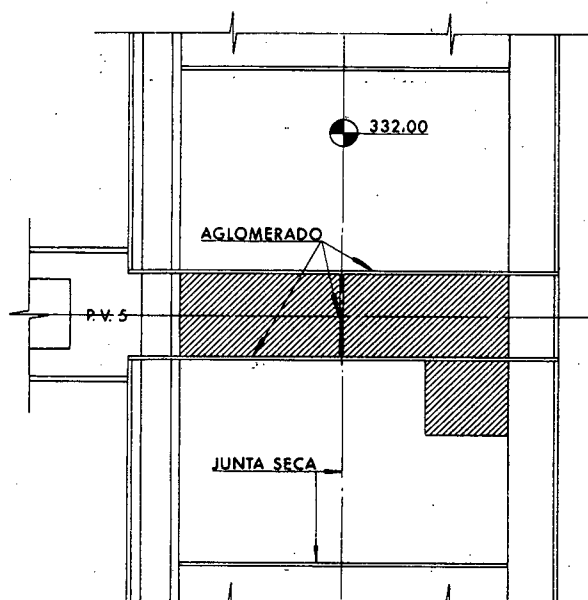
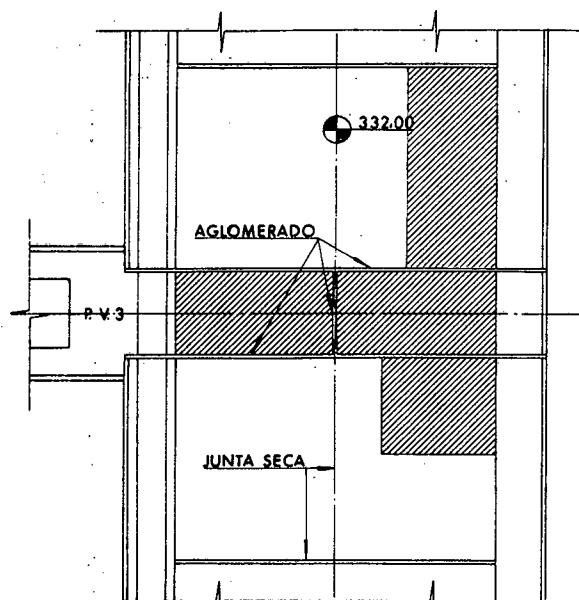
Um ano após a concretagem, as placas posicionadas sobre as cabeças dos pilares e extremidades das vigas pré-moldadas, foram refeitas, devido ao surgimento de inúmeras trincas. Essas trincas foram atribuídas à falta de junta de dilatação entre as placas e o pilar do Vertedouro e vigas pré-moldadas. O concreto destas placas rompeu-se por compressão, ficando totalmente danificado e solto (esmagamento de topo).

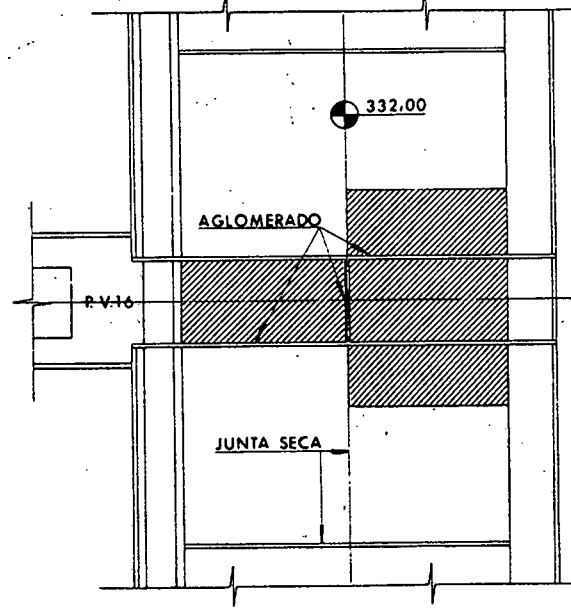
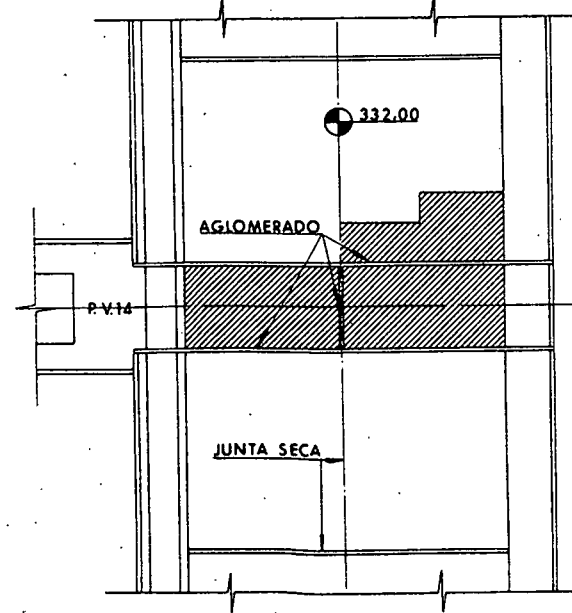
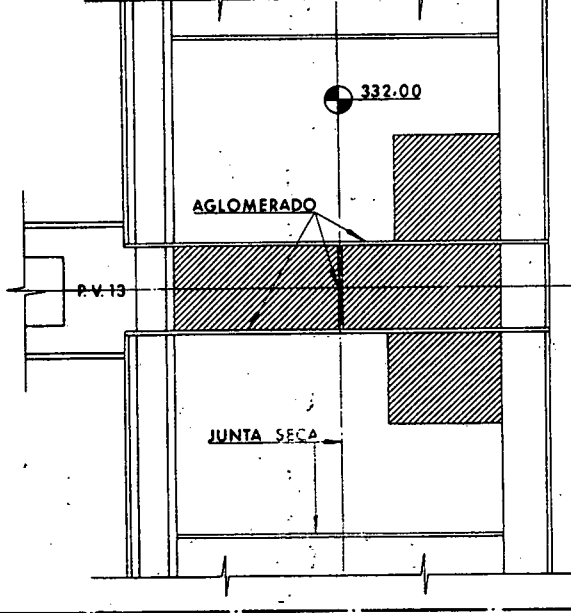
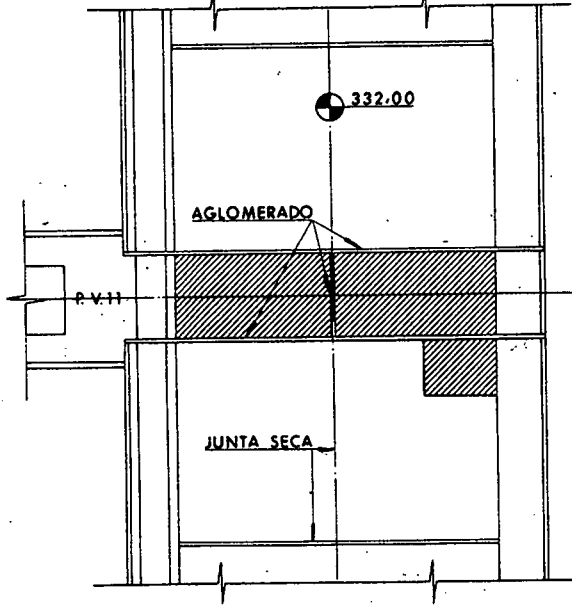
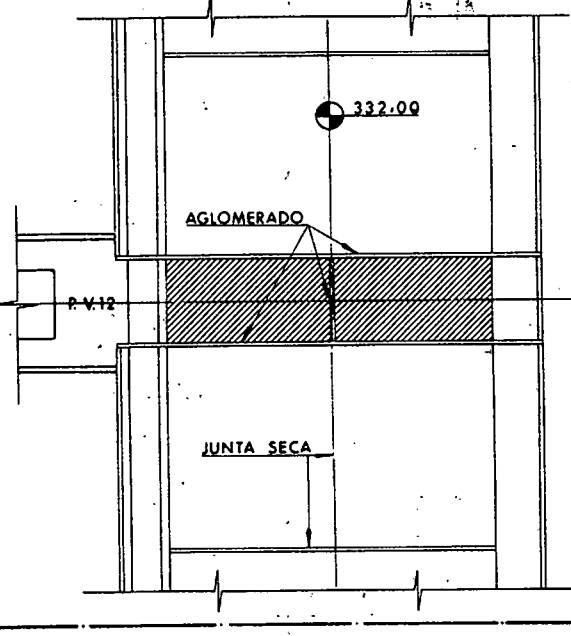
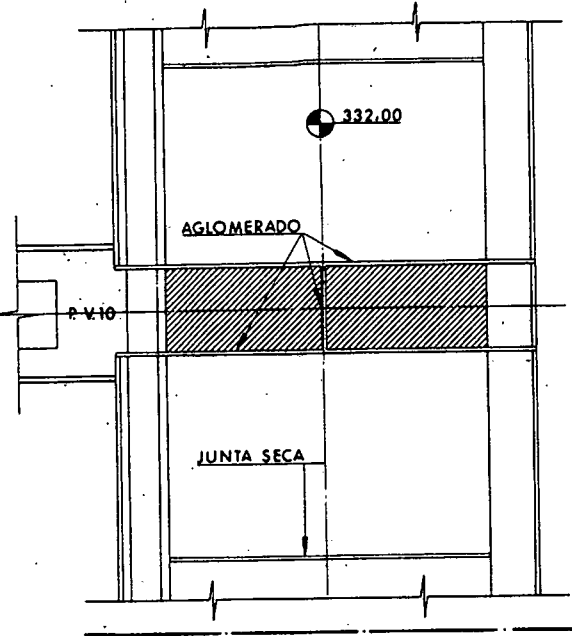
2.4 - RECONSTRUÇÃO DAS PLACAS.

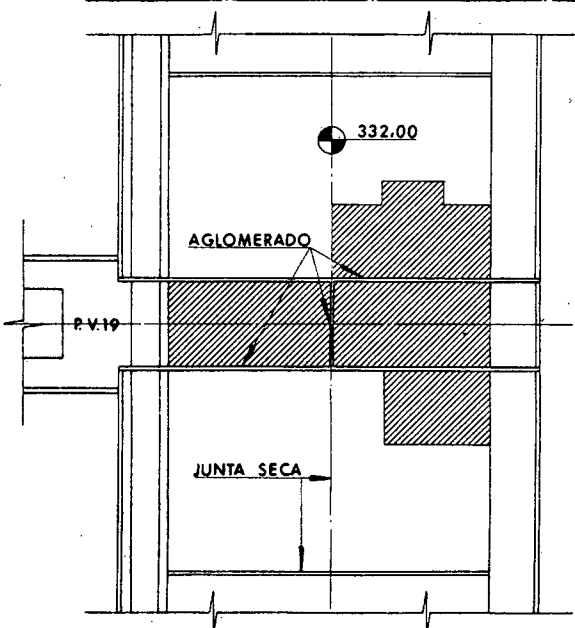
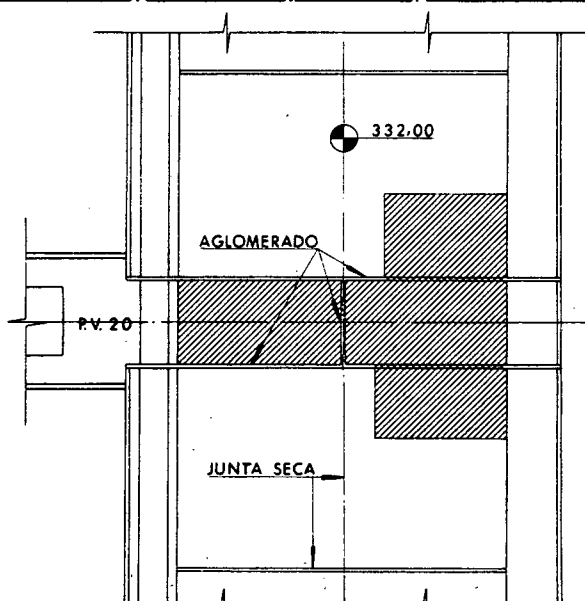
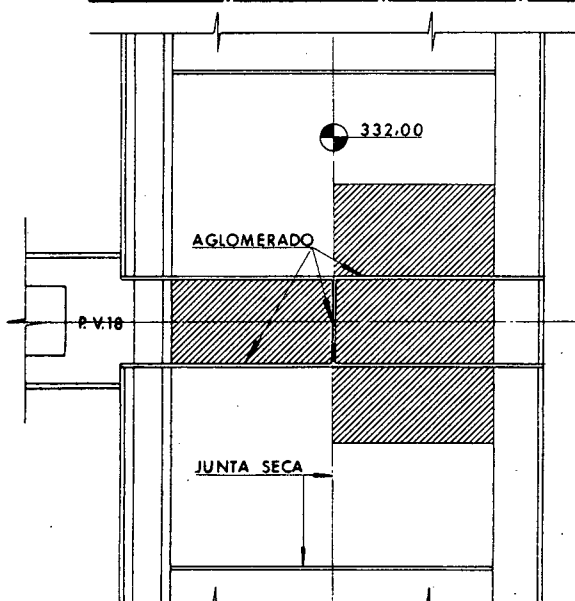
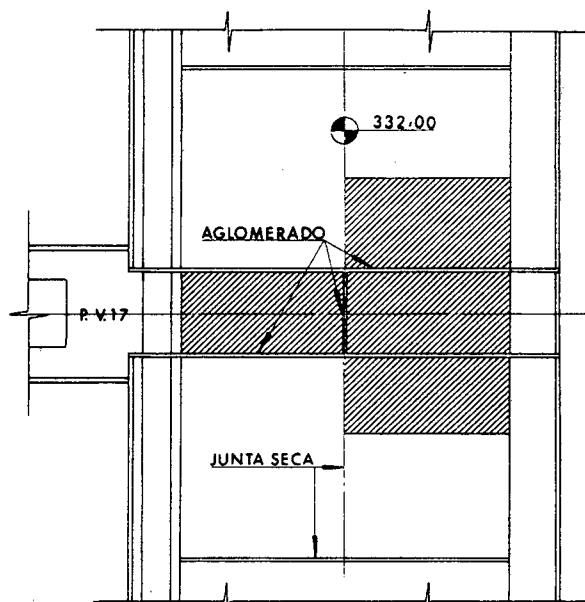
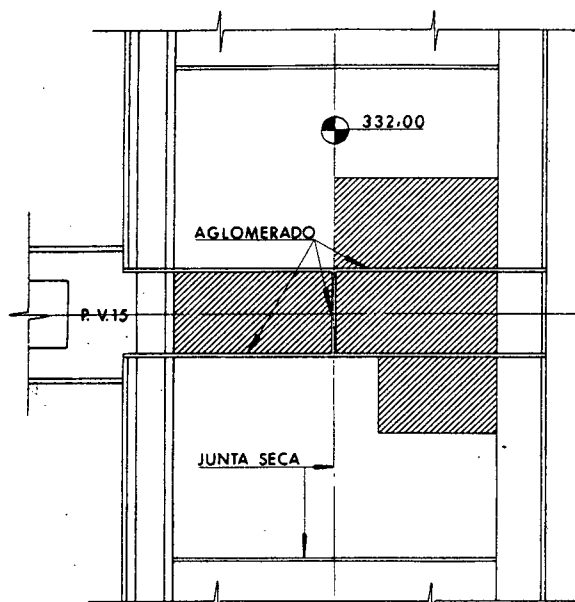
A reconstrução das placas foi feita levando-se em consideração a necessidade de substituição parcial ou total. Os desenhos a seguir mostram as placas que sofreram esses reparos.

Esquema de Reconstrução das Placas









LEGENDA

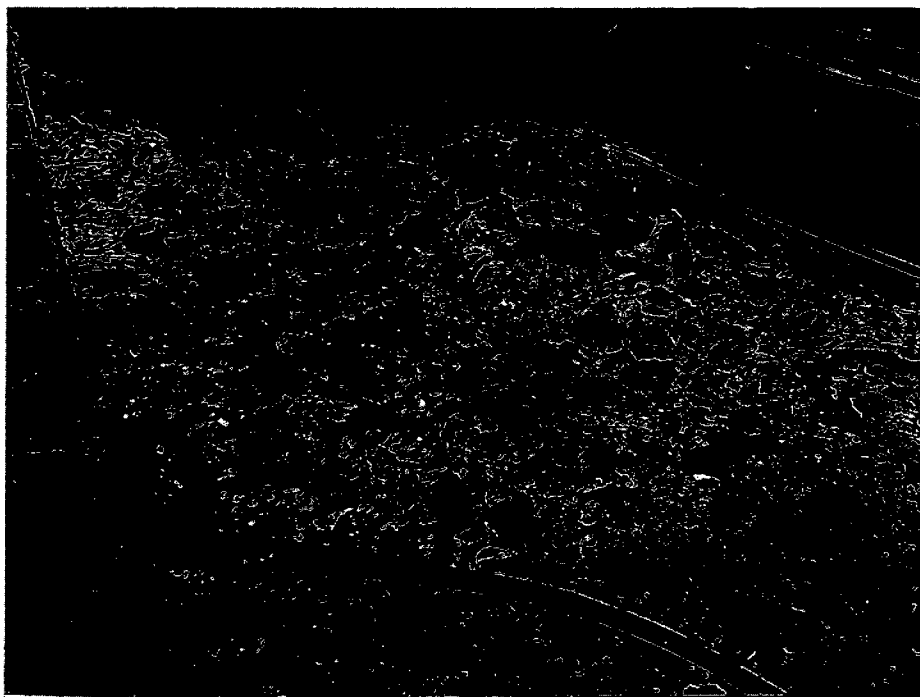
- PLACAS ORIGINAIS
- PLACAS RECONSTRUÍDAS

2.4.1 - Substituição total.

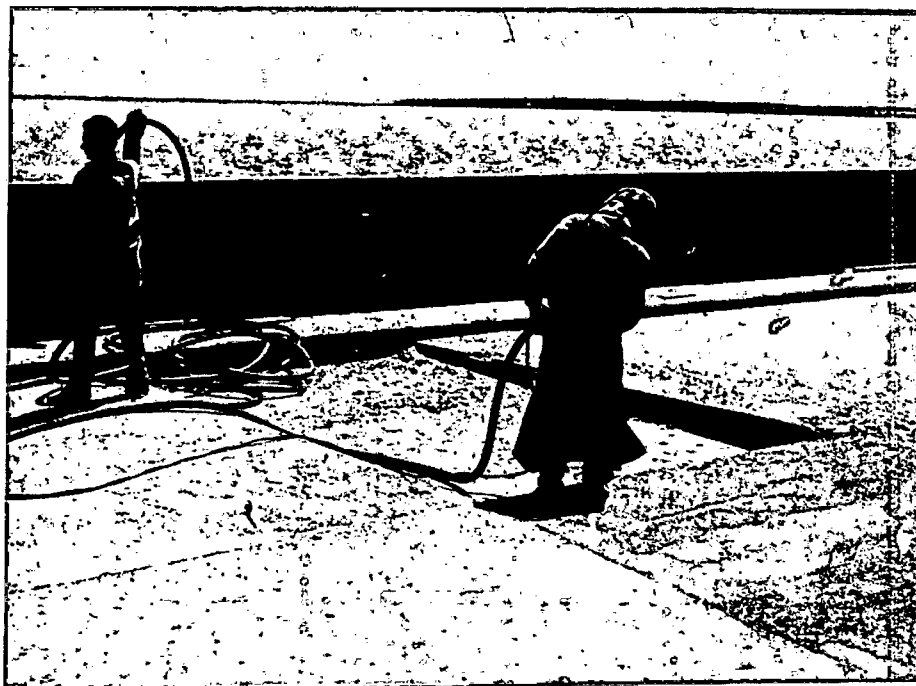
a) Preparo.

As placas que apresentaram rotura e trincas generalizadas, foram removidas e substituídas integralmente por outras placas de concreto.

A remoção das placas foi feita através de rompedores e o preparo da superfície (junta) de apoio das placas, com jato de areia, água e ar conforme fotos a seguir.



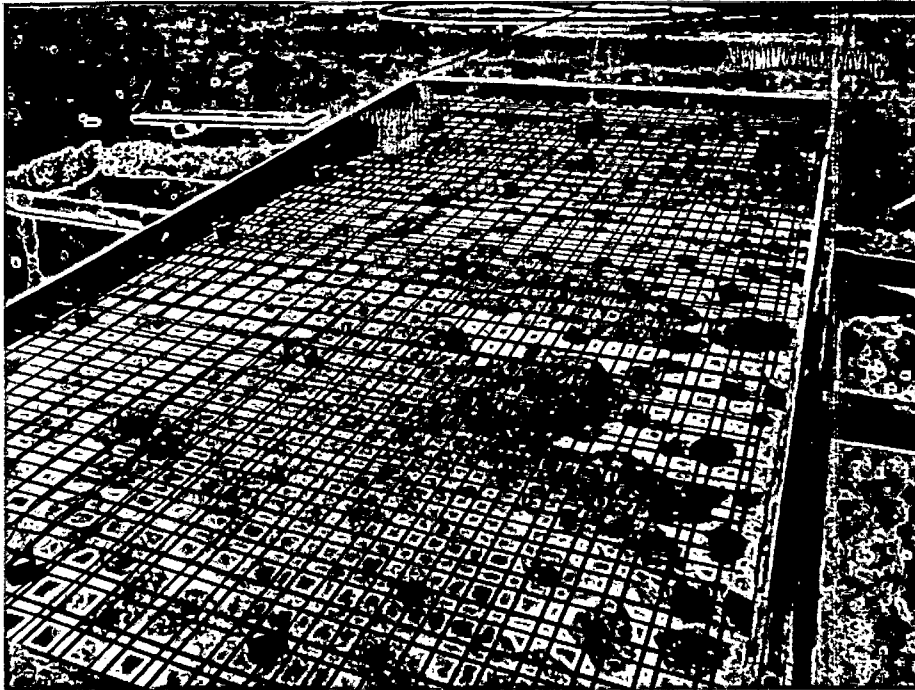
Rompimento do concreto danificado.



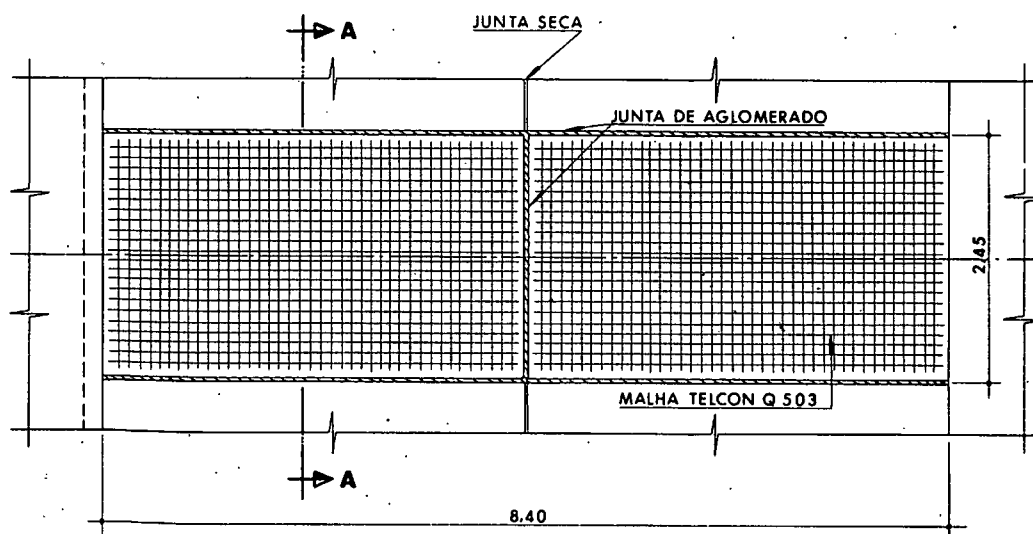
Limpeza da superfície com a utilização do jato de areia.

b) Concretagem.

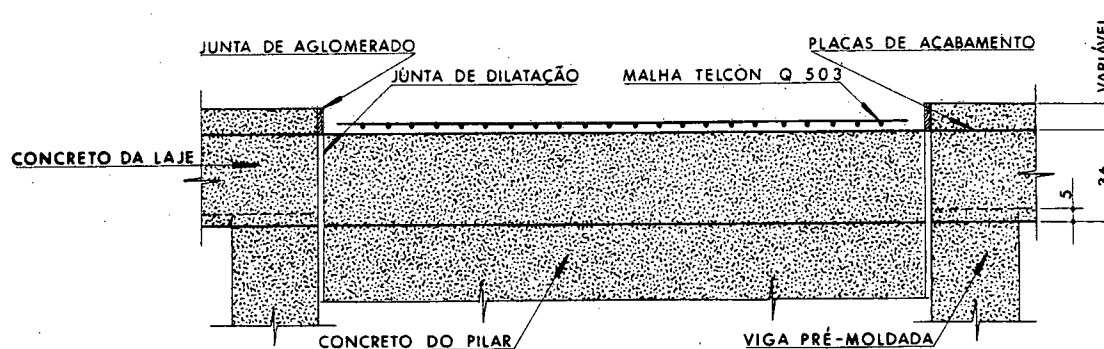
As placas foram armadas com malha Telcon Q 503 e concretadas com o mesmo traço 38 ES 57V. Nas juntas entre as placas, foi aplicado aglomerado de madeira com espessura de 2cm para absorver a movimentação causada pela dilatação térmica e balanço das vigas pré-moldadas.



Placa pronta para concretagem.



Detalhe 4
(PLANTA - FOLHA Nº 36)



Corte A-A

2.4.2 - Substituição parcial.

a) Preparo.

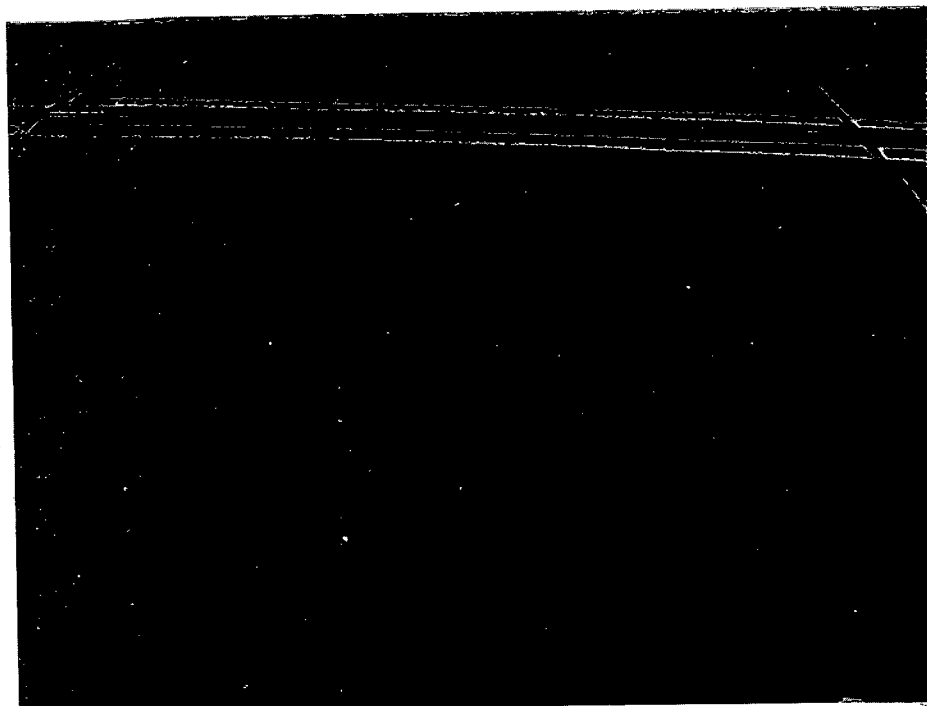
As placas que se apresentavam em melhores condições estruturais, foram aproveitadas parcialmente, fazendo-se a substituição das partes afetadas. A remoção dessas partes, foi feita através de rompedores, em área limitada por corte a disco, em forma geométrica regular, com profundidade de 1cm. A superfície de apoio das placas (junta) também foi preparada com jato de areia, água e ar.

b) Concretagem.

Este item foi executado com a especificação análoga ao item 2.4.1-b.

2.5 - RESULTADOS OBTIDOS.

Depois de dois anos e meio dos serviços de reparos foi observado que as placas posicionadas nas cabeças dos pilares do vertedouro, que foram substituídas integralmente, encontravam-se intactas, sem problemas de trincas ou roturas, conforme se vê na foto da folha seguinte. A reconstrução parcial (item 2.4.2) não foi satisfatória, isto porque as partes não substituídas apresentaram novas trincas. Supõe-se que essas partes já estivessem afetadas quando da efetivação dos reparos.



Aspecto das placas sobre as cabeças dos pilares,
após decorridos dois anos e meio do reparo.

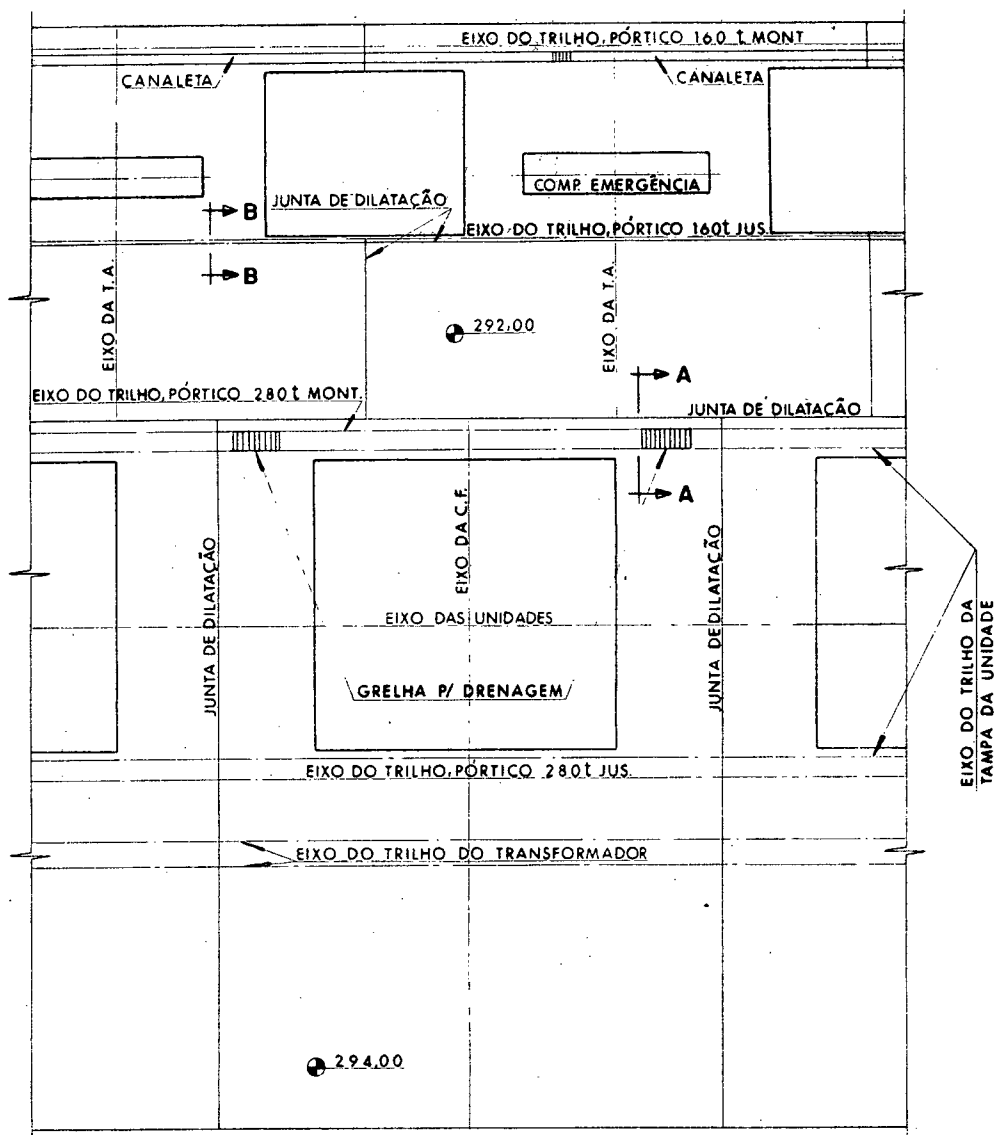
2.6 - SUGESTÃO PARA CASOS ANÁLOGOS.

Fazer a substituição integral das placas danificadas com introdução de juntas de dilatação posicionadas no mesmo plano vertical das extremidades das vigas pré-moldadas.

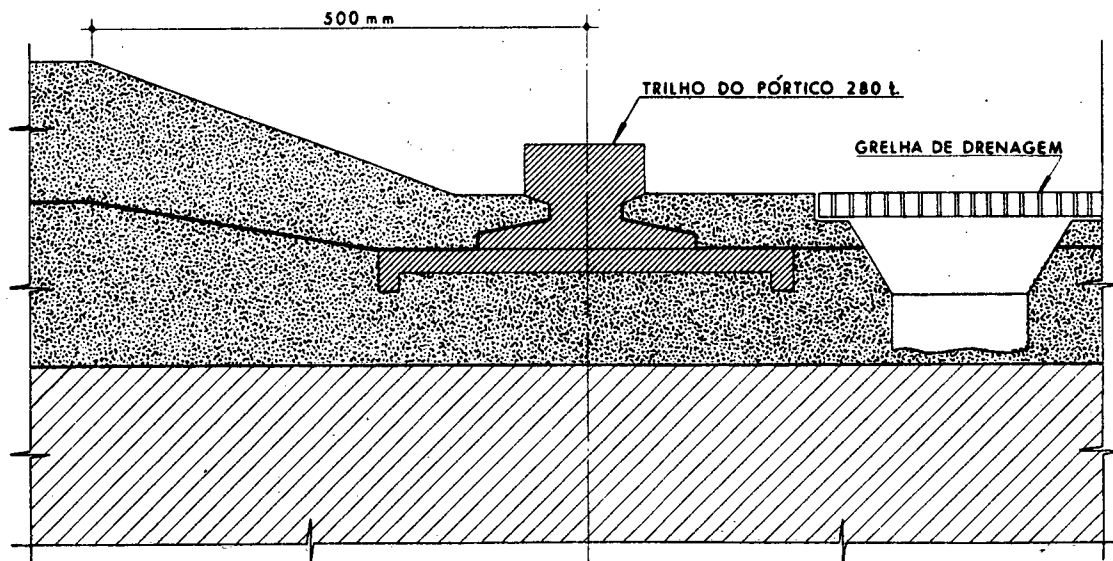
3 - DRENAGENS DAS ÁREAS DOS TRILHOS DOS PÓRTICOS DE 280t E 160t POSICIONADOS NA COTA 292,00, DA TOMADA D'ÁGUA E CASA DE FORÇA.

3.1 - TRILHOS DO PÓRTICO DE 280t.

Os trilhos deste pórtico, estendem-se ao longo da Tomada D'Água e Casa de Força a partir do Hall de Montagem, numa extensão de 640m e estão rebaixados em relação ao acabamento da estrada, conforme desenhos da folha seguinte.



**Planta Parcial da Tomada - D'Água e Casa - de - Força, Cota 292,00
com Localização dos Trilhos dos Pórticos de 160t e 280t**

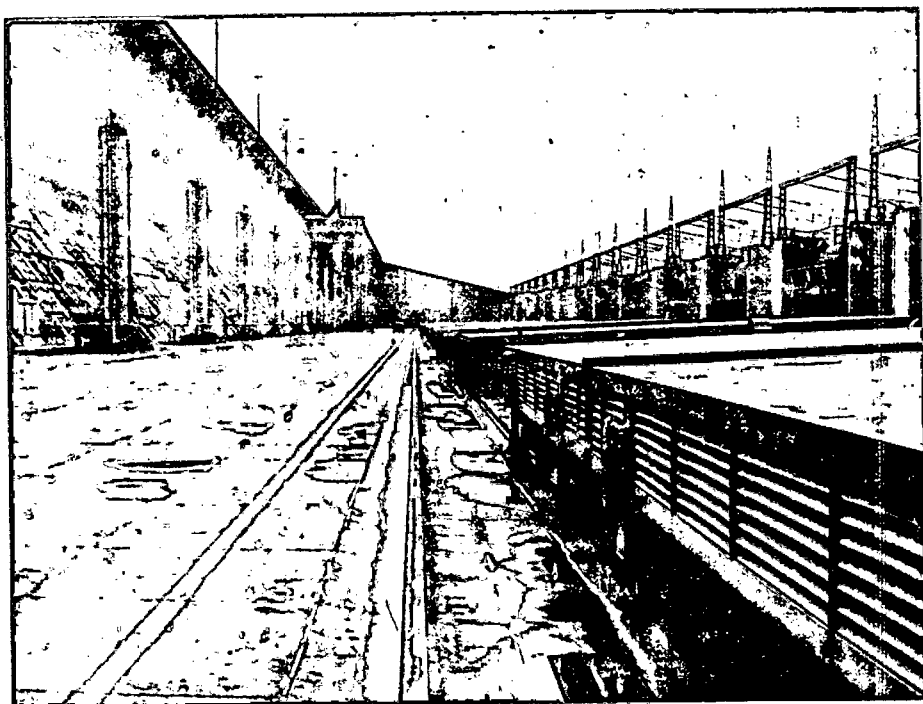


Corte A-A

Entre os trilhos do pântico e o da tampa de cobertura conforme desenho e foto a seguir, não houve problemas de drenagem, apesar da horizontalidade da superfície e da distância entre as grelhas. O que ocorre nesta faixa, é a rotura com facilidade das placas de concreto de acabamento pelo fato de possuírem pouca espessura devido ao rebaixo para drenagem.

Essas trincas tem prejudicado a impermeabilização, pois permitem a infiltração d'água.

As faixas de montante destes trilhos, não possuem drenagem e isto tem ocasionado a retenção de águas pluviais e acúmulo de detritos nesta área, prejudicando consequentemente a movimentação do pântico e provocando oxidação dos trilhos, conforme foto abaixo



Aspecto do acúmulo d'água junto aos trilhos do Pântico de 280t por falta de drenagem

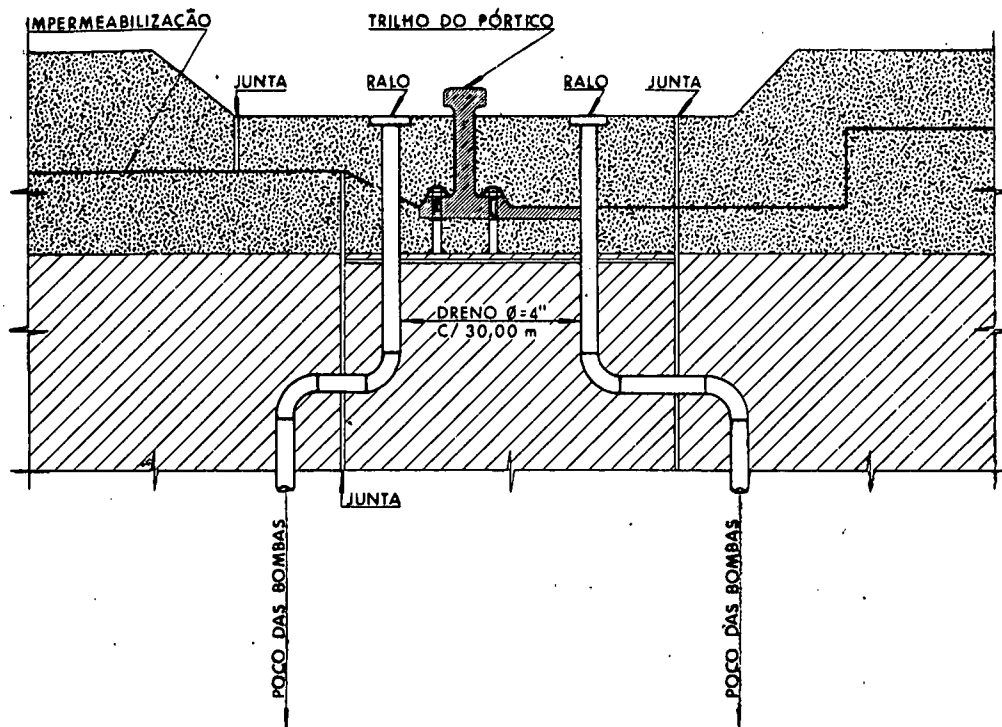


Grelha de drenagem entre os trilhos do Pórtico de 280t e tampa da cobertura.

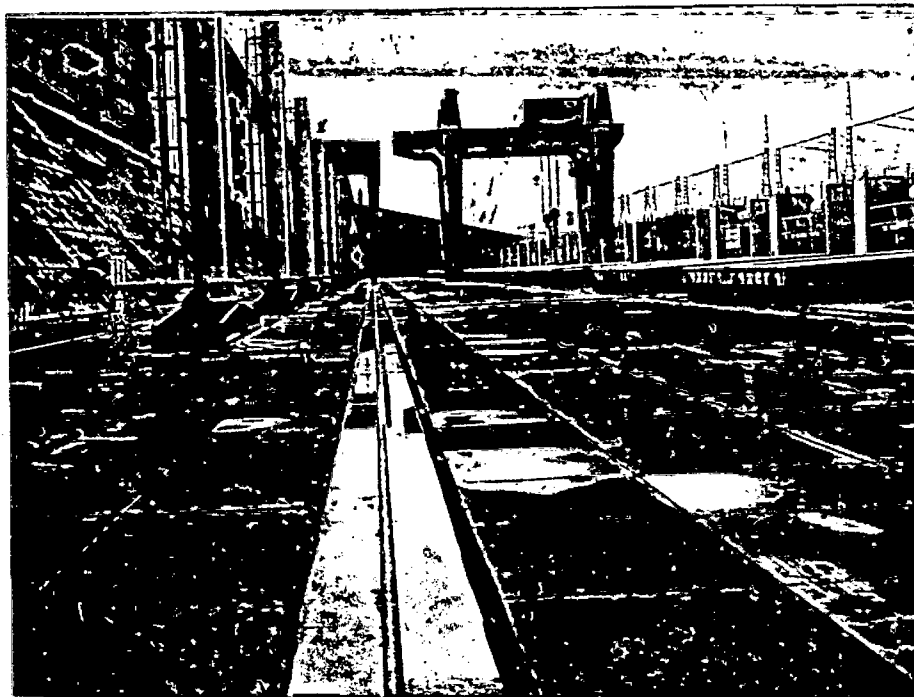
3.2 - TRILHO DO PÓRTICO DE 160t.

Esses trilhos, como os do Pórtico de 280t, percorrem toda extensão da Barragem de Gravidade e da Tomada D'Água.

A seção geométrica do concreto de acabamento das laterais desses trilhos é rebaixada para permitir o rolamento do pórtico. Para drenagem de águas pluviais, na faixa do trilho de jusante, foram colocados drenos de 30 em 30 metros, conforme desenho e fotos a seguir.



Corte B-B



Escoamento lento d'água pela drenagem colocada ao longo do trilho de jusante do pórtico de 160t a cada trinta metros.

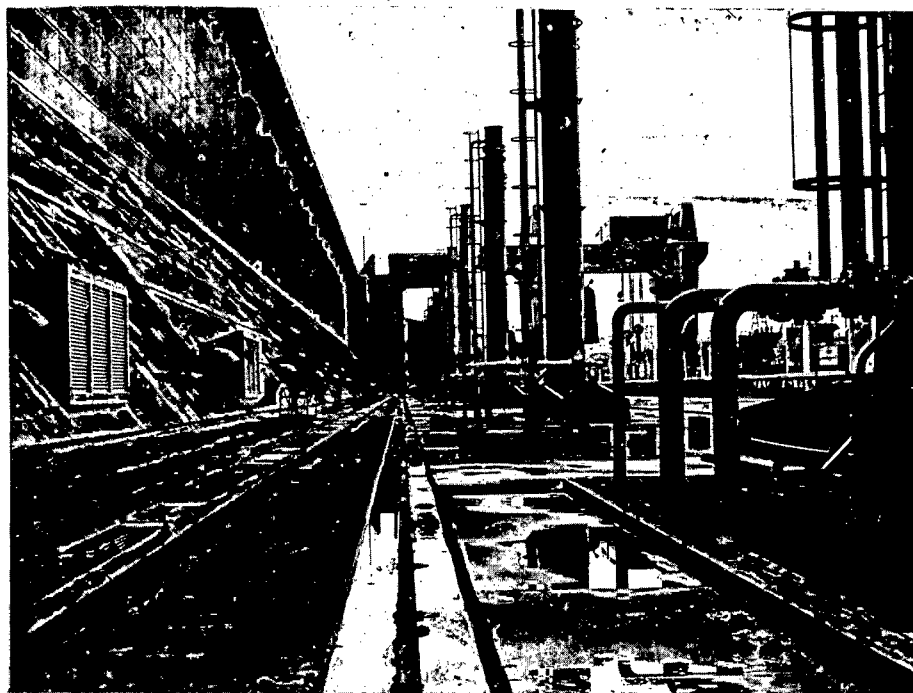


Detalhe dos drenos colocados ao longo do trilho a jusante do pórtico de 160t.

A grande distância entre os drenos e a horizontalidade do acabamento na faixa do rebaixo, tem contribuído para dificultar a drenagem provocando a retenção da água e ocasionando os mesmos problemas mencionados no item anterior.

Qualquer melhoria deste sistema de drenagem é praticamente inviável pois são muitas as dificuldades para se colocar mais drenos nesta área, conforme desenho da folha anterior.

Quanto ao trilho de montante, a situação é bem mais grave pois não foi prevista a colocação de drenos nesta faixa e a drenagem é feita por evaporação, conforme foto da folha seguinte.



Vista do rebaixo do trilho de montante do
Pórtico de 160t sem drenagem.

SUGESTÃO: A experiência nos mostra que os trilhos de pontes rolantes, pórticos, etc, quando trabalham a céu aberto, devem ser assentados de tal maneira que a sua parte inferior não fique rebaixada em relação à superfície de acabamento.

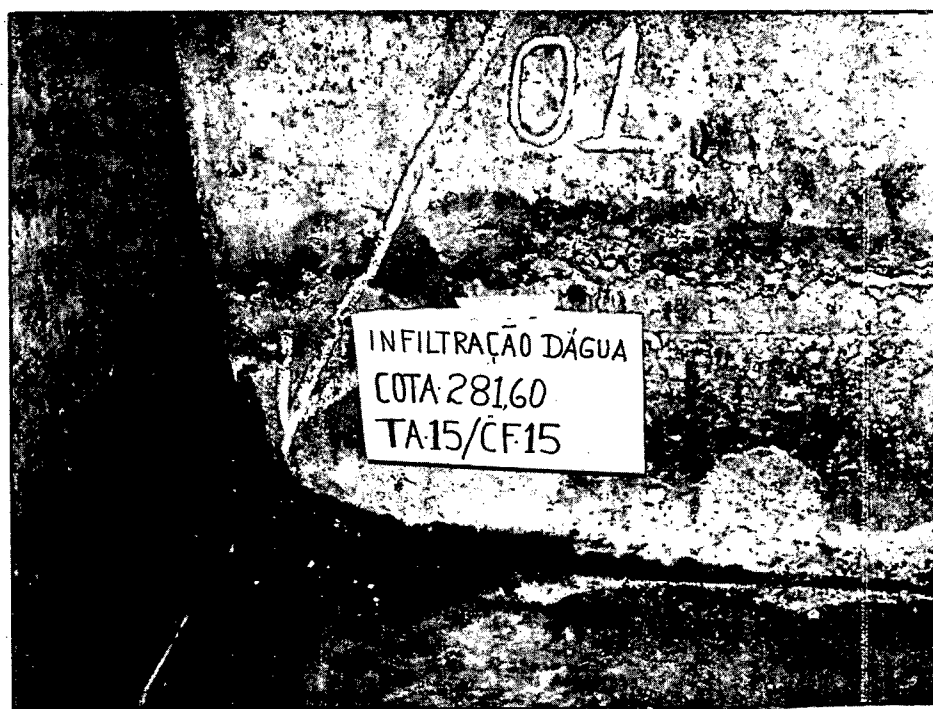
4 - INFILTRAÇÃO D'ÁGUA NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO.

4.1 - PRELIMINARES.

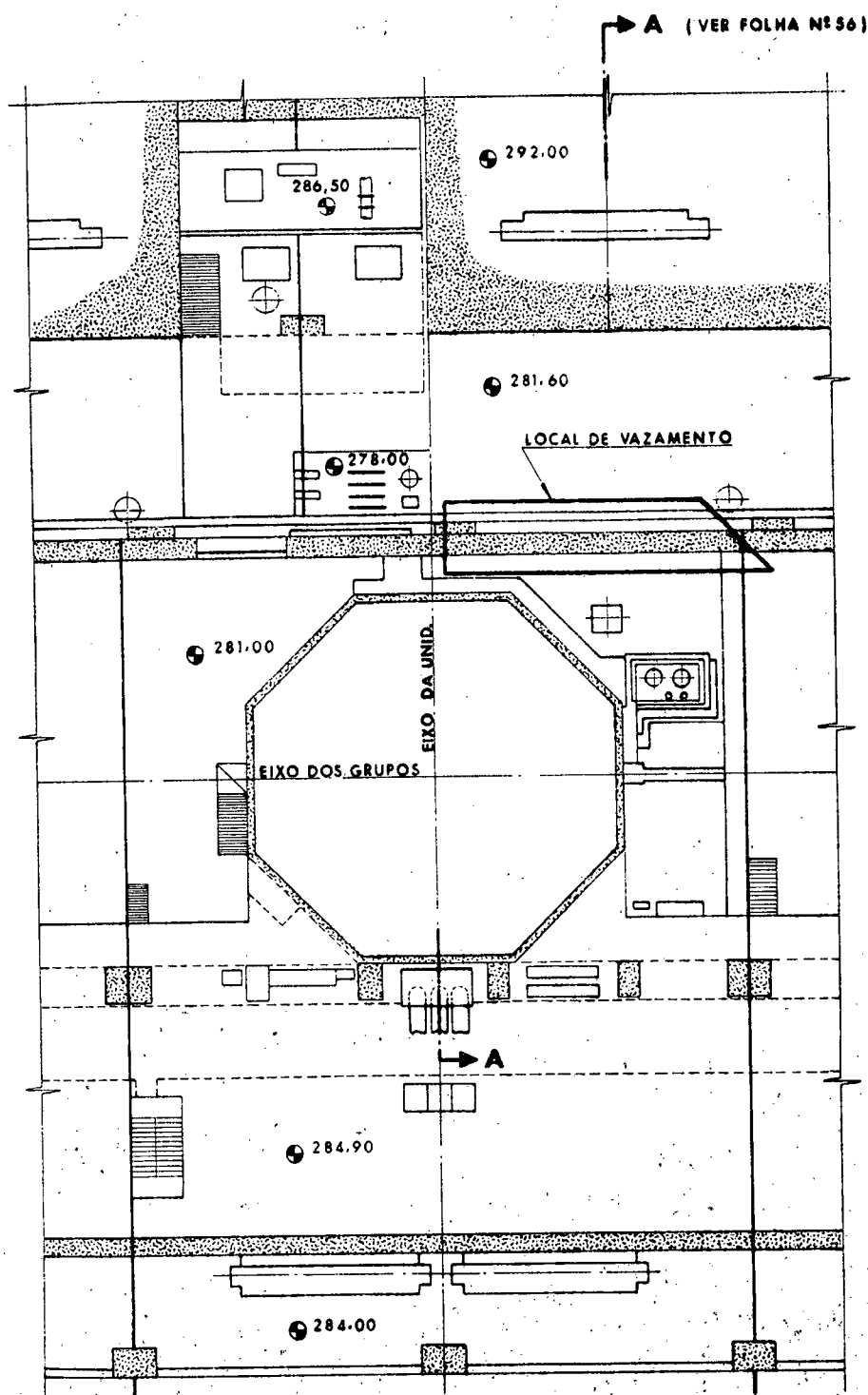
Nas estruturas de concreto das Tomadas D'água, surgiram infiltrações de água pelas juntas de concretagem. As infiltrações consideradas de maior gravidade, foram investigadas com maior cuidado para se determinar suas causas e as técnicas a serem empregadas para eliminar o problema.

4.2 .- INFILTRAÇÕES D'ÁGUA PELA JUNTA DO CONCRETO SECUNDÁRIO DA BLINDAGEM DE TRANSIÇÃO.

Após alguns meses da entrada em operação das unidades geradoras, U2, U12, U15 e U16, foram observadas infiltrações d'água pelos pisos da galeria dos equipamentos da Tomada D'Água na cota 281,60 e galeria dos geradores na cota 281,00 , correspondente a área de posicionamento da Blindagem de Transição, conforme desenho da folha nº 54 e fotos a seguir.



Infiltrações d'água através dos pisos da galeria dos equipamentos da Tomada D'Água.



Planta

Galeria de Equipamentos e Geradores

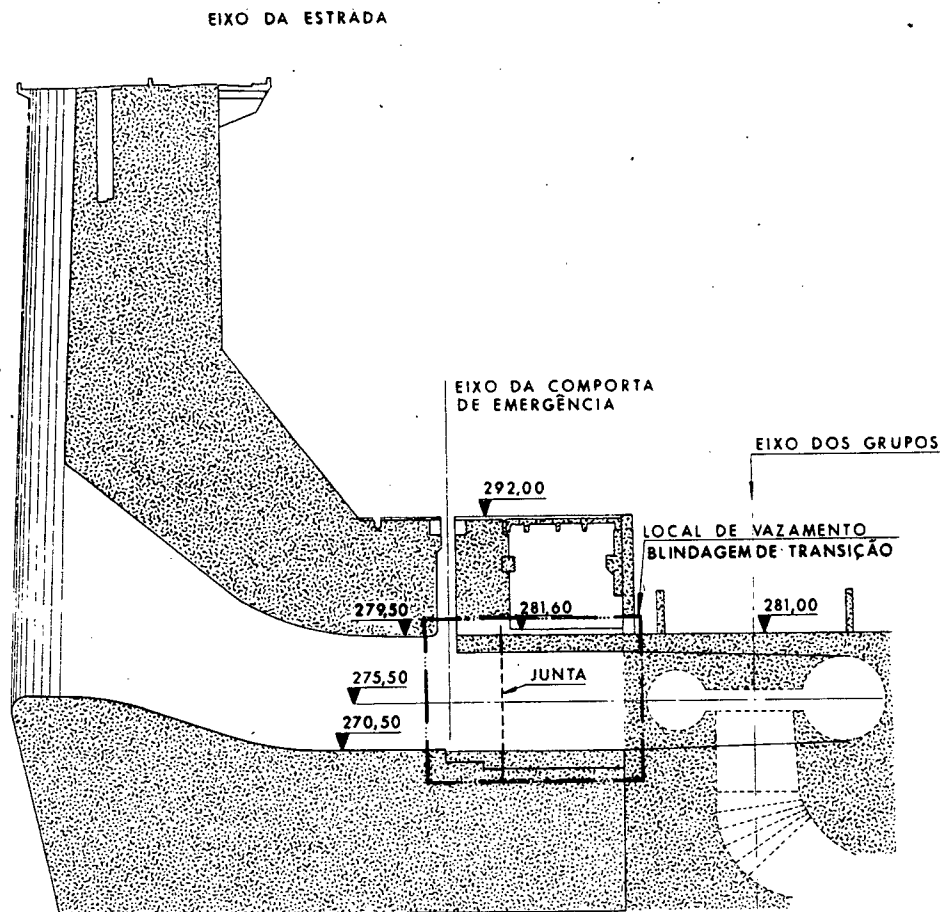


Infiltrações d'água na cota 281,60.

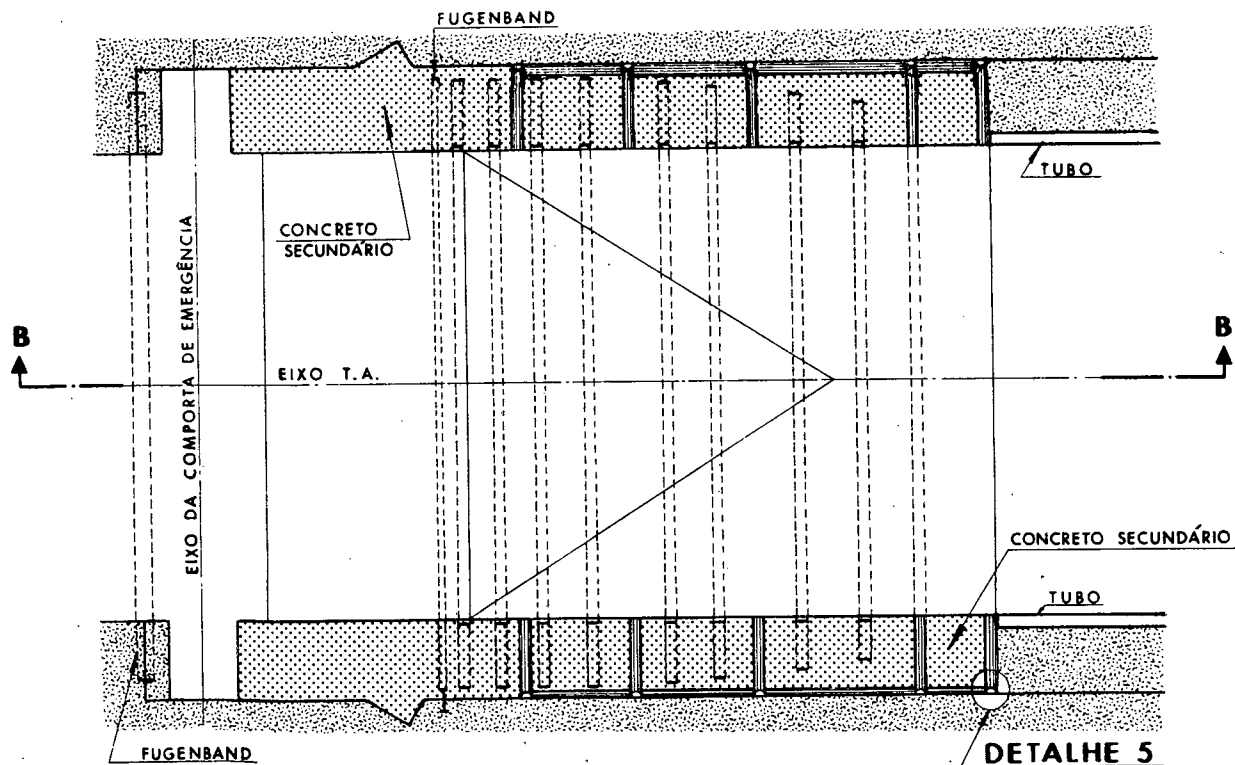
Essas infiltrações surgiram inicialmente nas unidades U2 e U15 e posteriormente nas unidades U12 e U16 respectivamente. Durante as investigações notou-se que as infiltrações surgidas durante o período de parada das máquinas eram bem maiores do que aquelas com as máquinas em funcionamento.

4.2.1 - Causas das infiltrações.

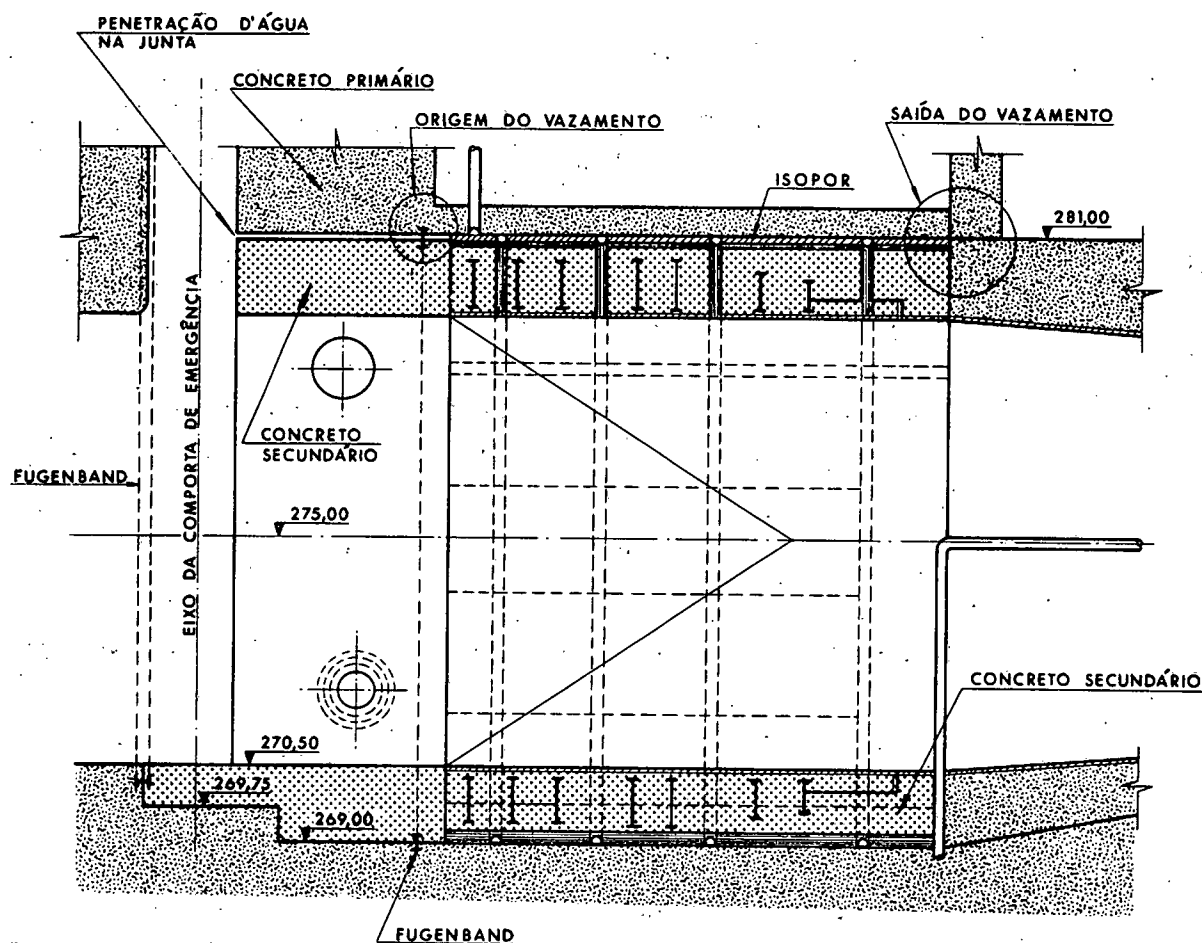
Consultados projetos executivos da Tomada D'Água e Casa de Força, chegou-se a conclusão que os vazamentos provinham de montante provocados pela má vedação da junta de borracha colocada entre a junta do concreto estrutural da Tomada D'Água e o concreto secundário de envolvimento da blindagem plana da comporta de emergência, conforme desenhos das folhas seguintes.



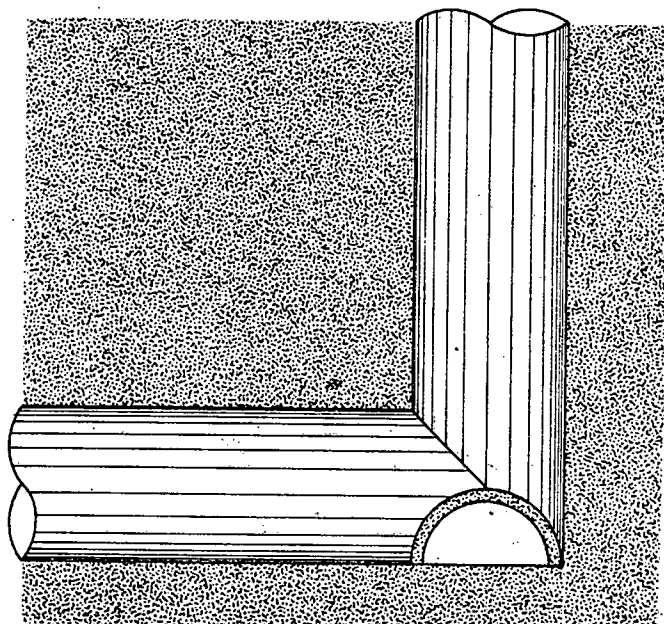
Corte A-A



Drenagem da Blindagem de Transição



Corte B-B



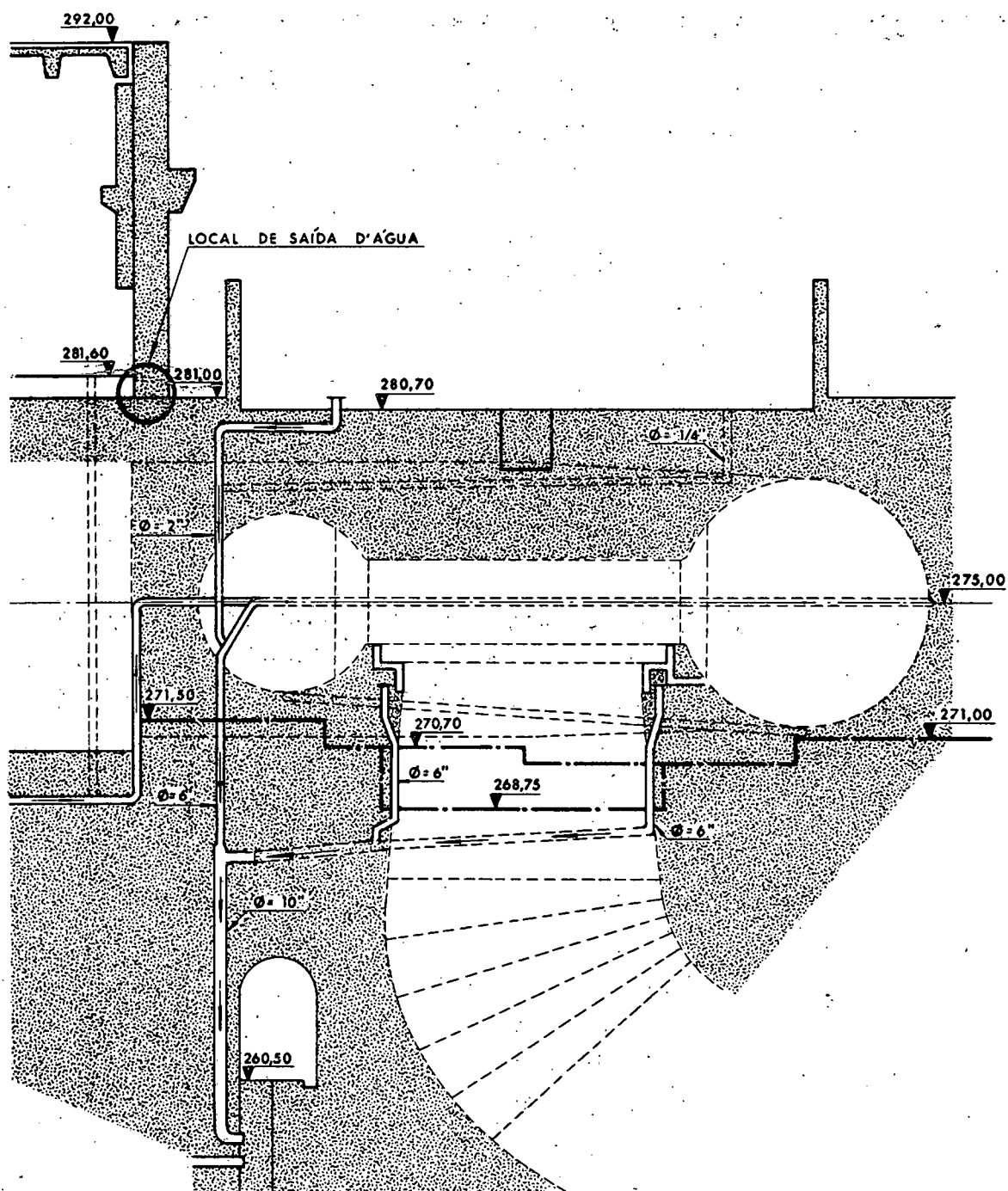
Detalhe 5

Veja-se também o caminhamento geral dos mata-juntas dessa área nos desenhos das folhas nº 77 e nº 78. A rede de drenagem montada na parte externa da blindagem de transição para captação d'água, proveniente dessas eventuais infiltrações, não funcionou a contento por motivo de obstrução. Isto fez com que a rede ficasse submetida à pressão do lago, obrigando a água a sair para a superfície no piso da galeria (cota 281,60), após ter caminhado pelas juntas de concretagem e revestimento de placas de isopor as quais foram colocadas entre o concreto primário e secundário, para absorção dos esforços transmitidos pela blindagem de transição.

A rede foi construída com canaleta de tubo de concreto poroso de diâmetro de 40cm, dividida em quatro partes, interligada à rede da caixa espiral que, por sua vez, se interliga ao sistema geral da Obra, conforme desenhos anteriores e desenho apresentado a seguir.

a) Desenhos de referência:

- IS.CF.230.063 - A1.11.558;
- UIS-THC-A1.2209;
- UIS-THC-A1.2219;
- A1.11.717/2;
- THM-A1.078;
- THM-A1.077.



Sistema de Drenagem do Caracol

4.2.2 - Medidas adotadas para resolver o problema.

Após análise, foram tomadas as seguintes providências para eliminar as infiltrações d'água na galeria da cota 281,60 e piso da cota 281,00 (CF):

- a) Aliviar a pressão do interior dos drenos danificados através de perfurações do concreto pelas laterais das blindagens de transição entre a junta do concreto secundário e fundo da laje da cota 281,60;
- b) Construir canaletas de drenagem no piso da cota 281,00, junto à parede de montante da Casa de Força;
- c) Fazer calafetação da junta formada pelo concreto estrutural da Tomada D'Água e concreto secundário da blindagem plana, dentro do nicho da comporta de emergência.

4.2.3 - Execução dos serviços.

- a) Furos de alívio do dreno referente ao item 4.2.2a.

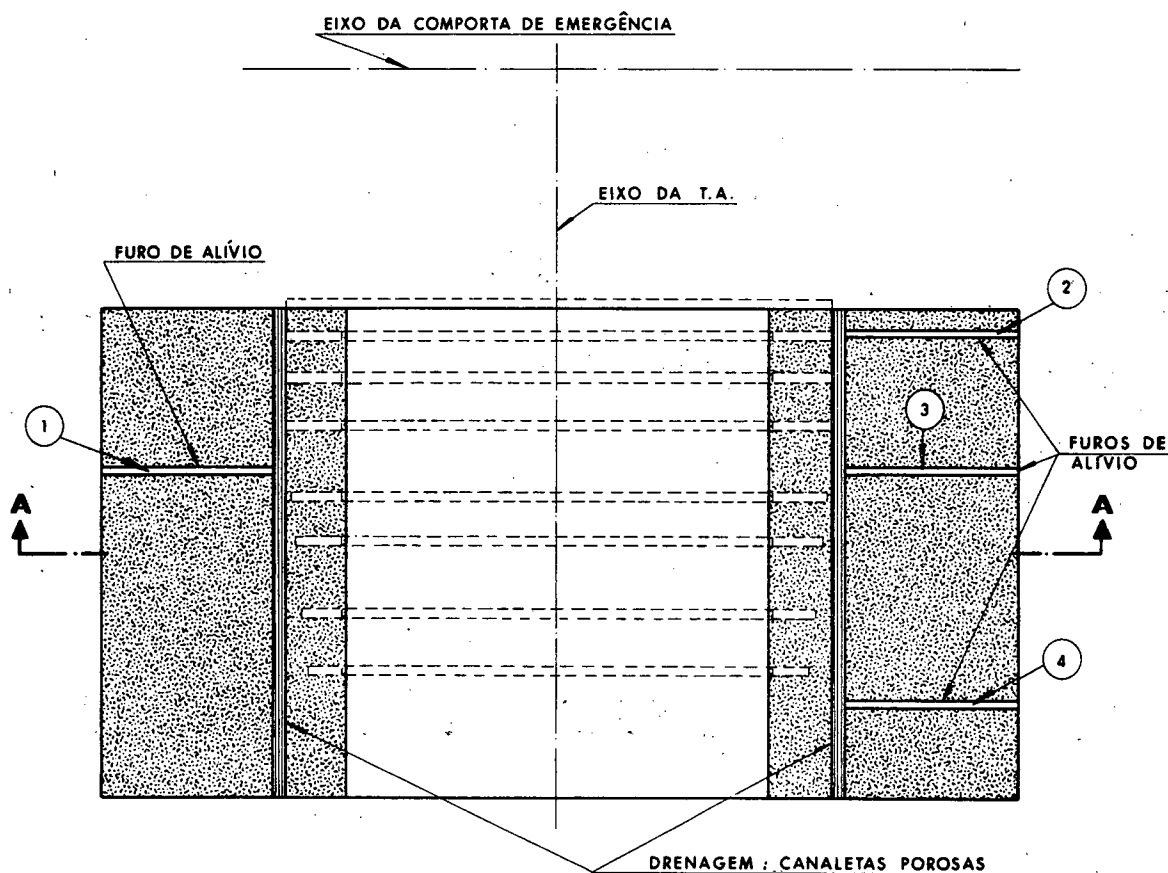
Antes da execução desse serviço, tomou-se o cuidado durante a consulta feita aos projetos de montagem mecânica, elétrica e instrumentação de controle de barragem, quanto ao posicionamento dos furos, para que esses fossem executados sem causar danos em peças embutidas. Os furos foram executados nas unidades U2 e U16 com diâmetro de 40mm empregando-se perfuratriz pneumática.

Na U2 do lado direito, foi executado somente um furo. Esse, ao atingir a canaleta de drenagem, libertou a água do seu interior com

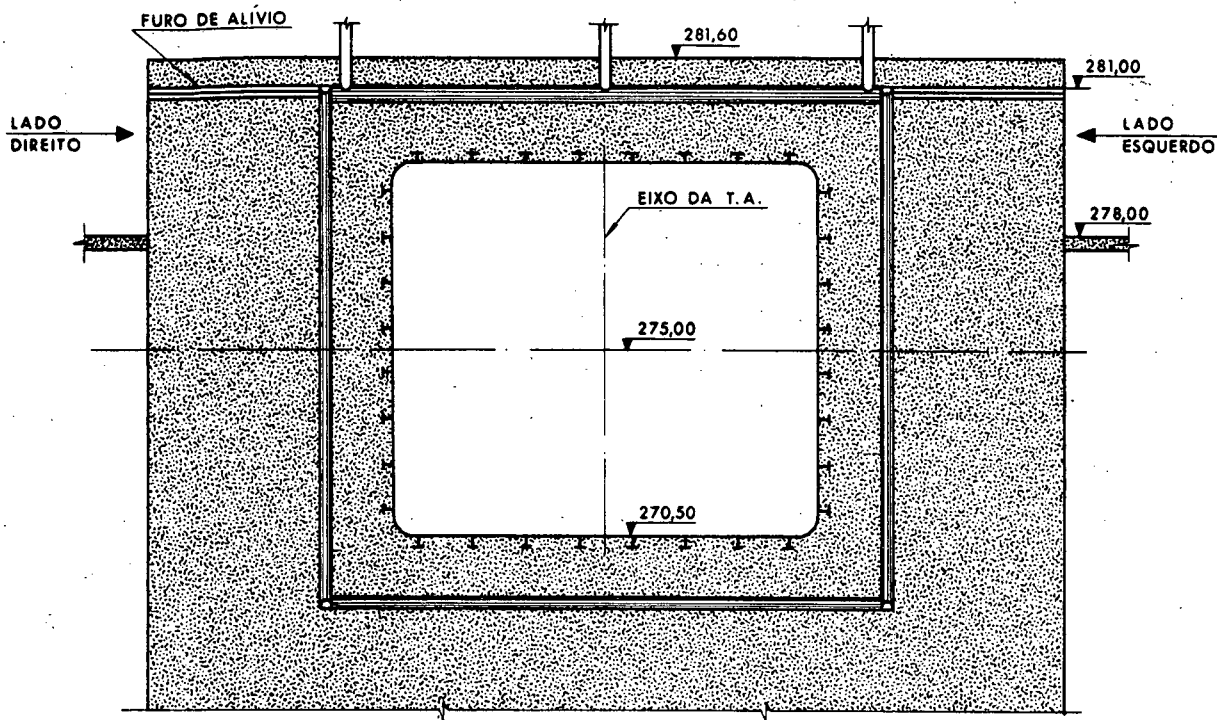
pressão e depois normalizou-se em escoamento laminar.

Esse escoamento foi conduzido abaixo da laje da cota 278,00, através de tubos de ferro galvanizado com diâmetro de 1", conforme desenhos a seguir e foto da folha nº 63. O furo do lado esquerdo não apresentou escoamento. Está esquematizada a posição do furo no desenho da folha nº 63.

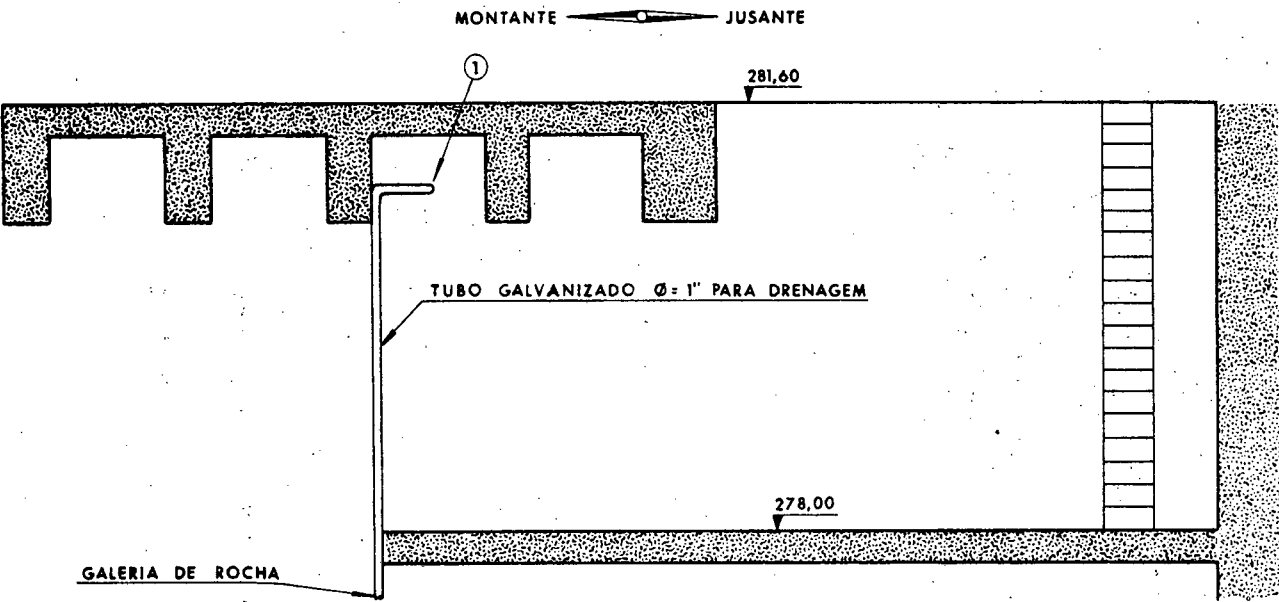
Na U16, foram feitos três furos do lado esquerdo e um do lado direito, com diâmetro também de 40mm. Os do lado direito, não apresentaram escoamento d'água.



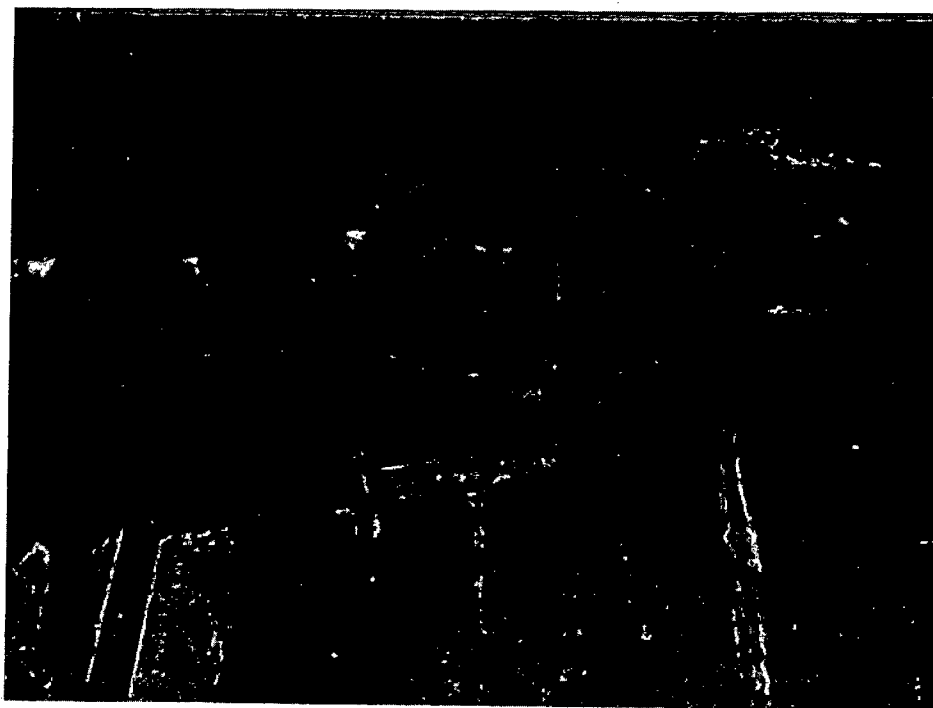
Planta



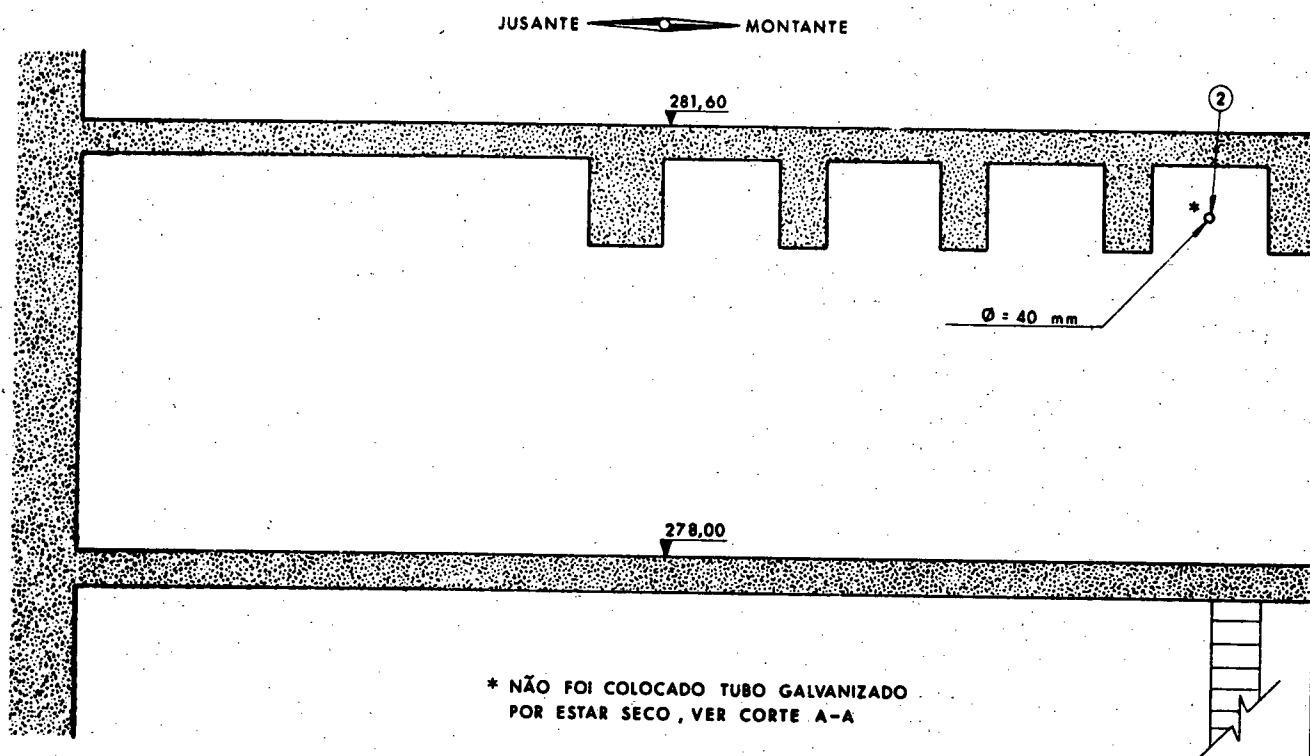
Corte A-A



Drenagem Poço Manchete - T.A. 2 Lado Direito



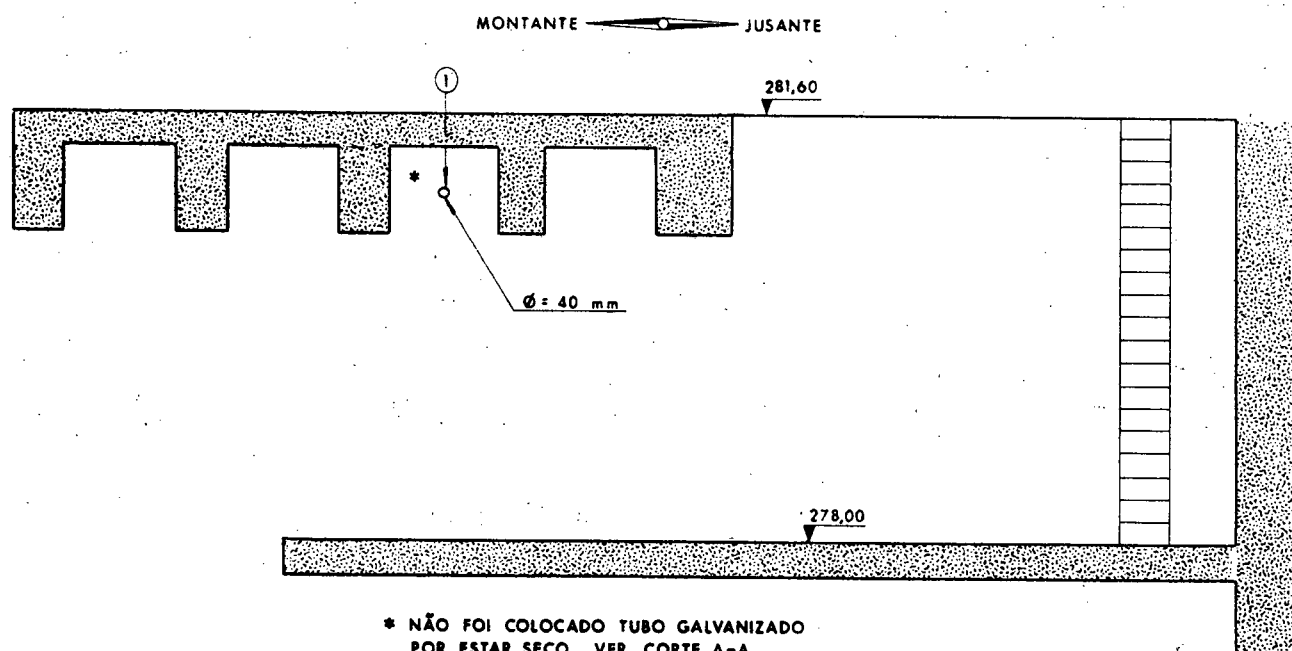
Drenagem executada na U2 lado direito.



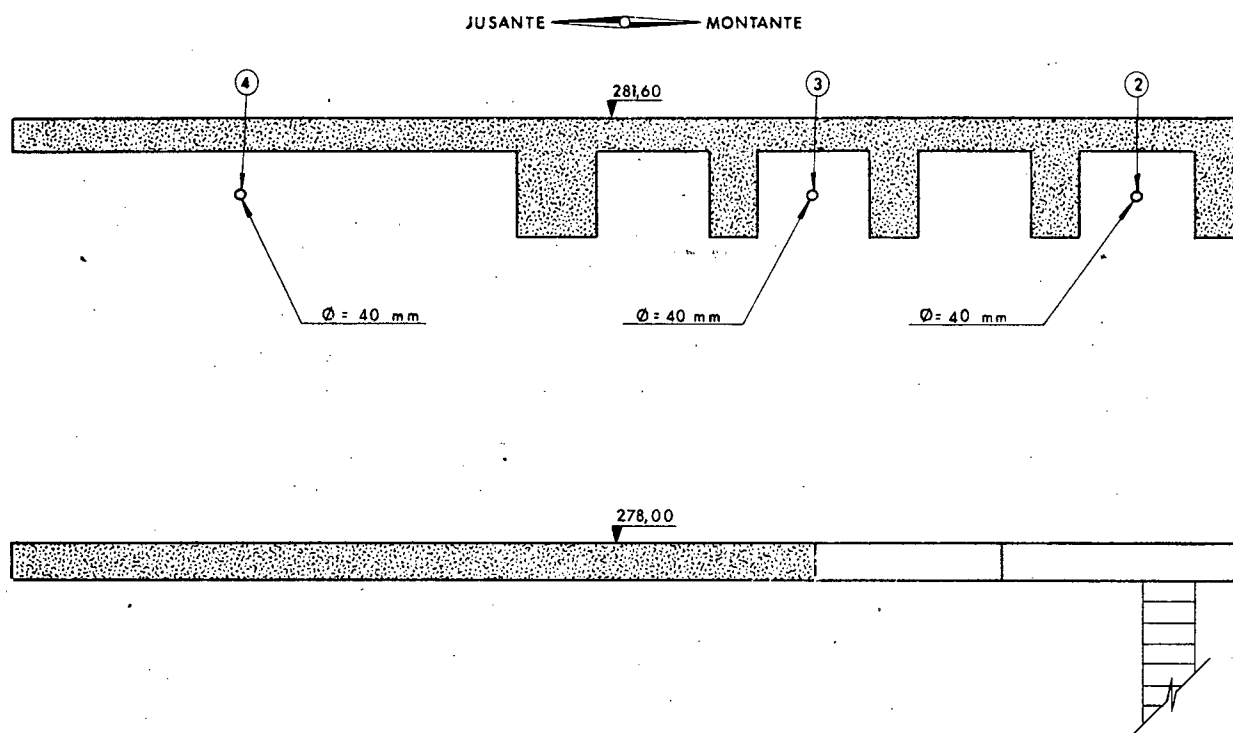
Drenagem Poço Manchete - T.A. 2 Lado Esquerdo

Nas unidades U12 e U15 não foram executados furos.

Foram construídas canaletas de drenagens nas unidades U2, U12 e U15, junto ao pé da parede de montante da Casa de Força, com seção de escoamento de 15cm de largura e 10cm de profundidade, inclinadas de 0,3%, fechadas com chapas xadrez de aço e apoiadas sobre cantoneiras, conforme foto seguinte.



Drenagem Poço Manchete – T.A. 16 Lado Direito



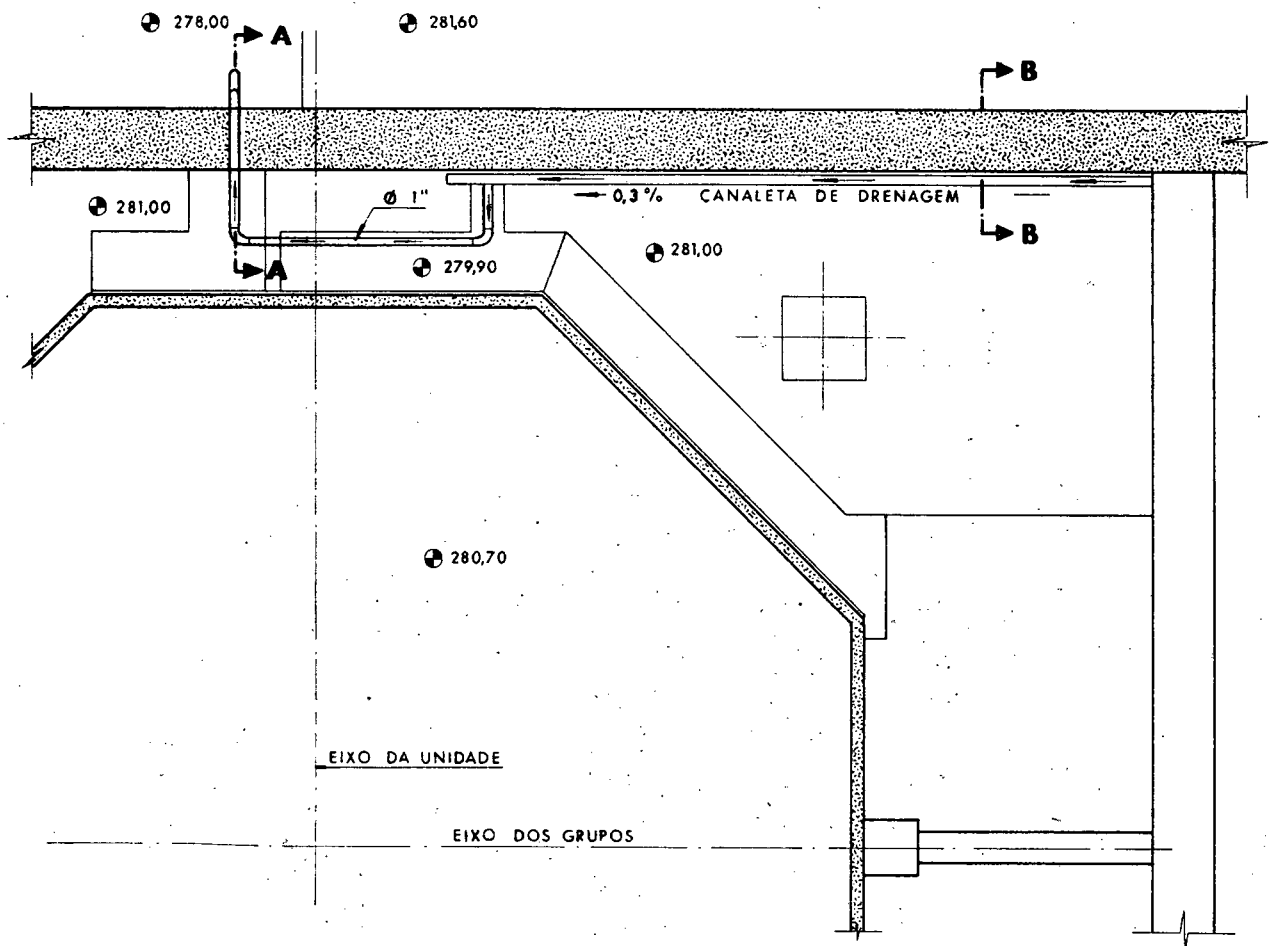
Drenagem Poço Manchete - T.A. 16 Lado Esquerdo



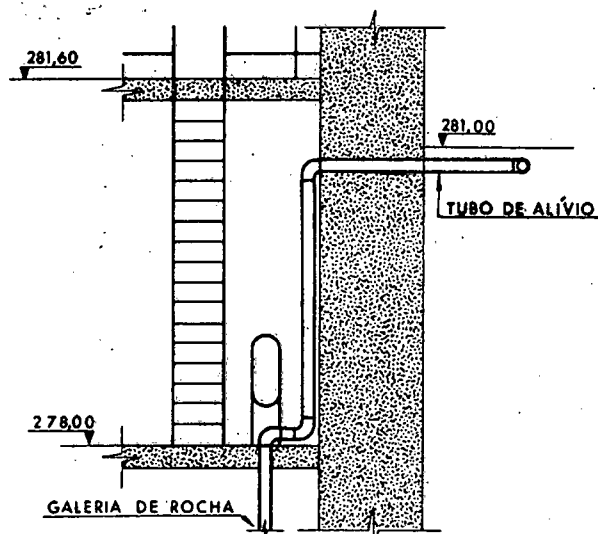
Vista da canaleta de drenagem junto ao pé da parede montante da Casa de Força.

Na unidade U2, as opções oferecidas pelo local para que se pudesse fazer o escoamento d'água acumulada dentro da canaleta, foram bastante limitadas. Isto foi conseguido levando o escoamento no sentido de montante, através de um cano de ferro galvanizado com diâmetro de 1" que se interliga à extremidade direita da canaleta que percorreu o mesmo caminho das demais tubulações hidráulicas da turbina, que vão até aos equipamentos do trocador de calor, posicionados sobre a laje na cota 278,00.

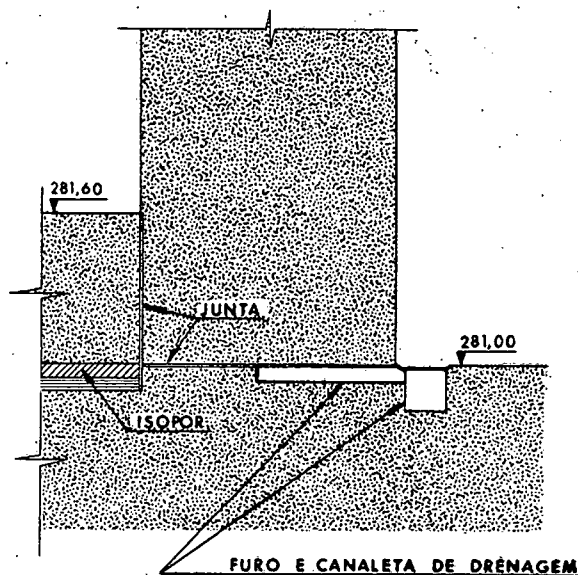
Daí, o tubo foi prolongado até a parte inferior da laje, deixando o escoamento livre em direção à galeria de rocha, conforme desenhos a seguir.



Planta de Locação — C.F. 2

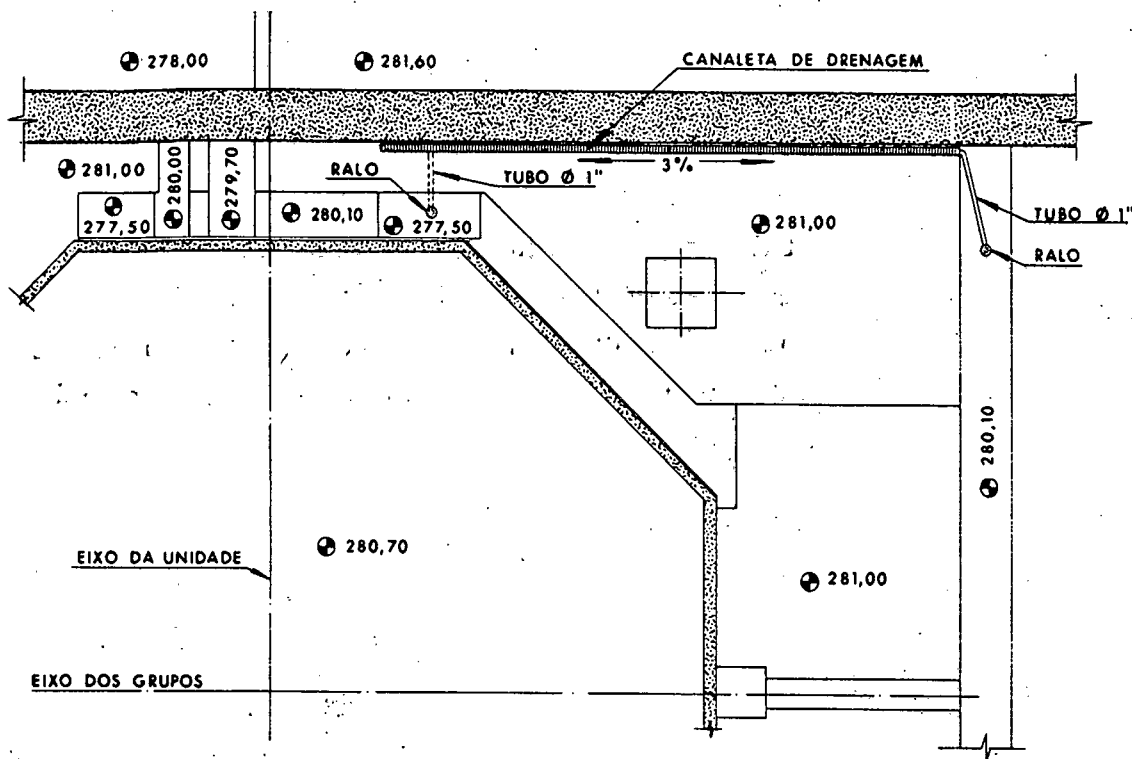


Corte A-A



Corte B-B

Nas unidades U12 e U15, as canaletas foram construídas com descarga pelas duas extremidades. Do lado direito, o escoamento foi dirigido para o poço dos tirantes de ancoragem dos servomotores das máquinas, onde existe um ralo de captação d'água. Do lado esquerdo, ligado à canaleta de cabos, onde existe outro ralo de drenagem no fundo dessa canaleta. Ambas as extremidades foram interligadas aos drenos, através de um tubo galvanizado com diâmetro de 1", conforme desenho da folha seguinte.



Planta de Locação — C.F. 12 e 15

c) Calafetação referente ao item 4.2.2c.

Essa calafetação não foi executada, uma vez que as duas primeiras medidas tomadas já foram suficientes. Por outro lado, a execução desse serviço requeria também que se fizesse uma programação de parada de máquinas e esgotamento da Tomada D'Água.

4.2.4 - Medição de infiltrações.

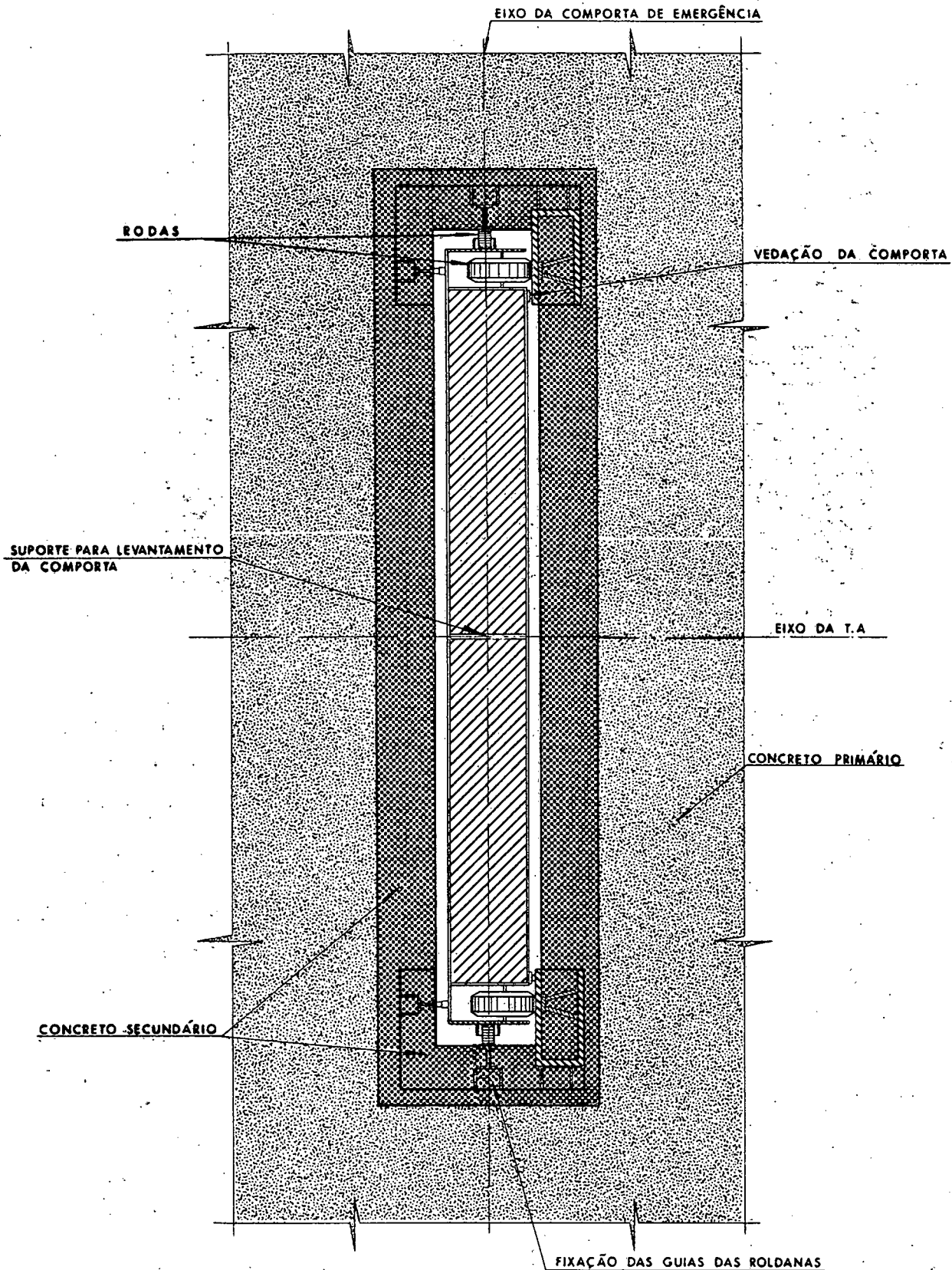
Durante o período de observação, notou-se que a intensidade do maior ou menor vazamento, estava relacionada ao funcionamento e parada das máquinas. Diante disso, resolveu-se fazer algumas medidas de vazão para se ter conhecimento das variações. As medidas foram feitas nos furos de alívio e canaletas de drenagens, conforme foto da folha seguinte.



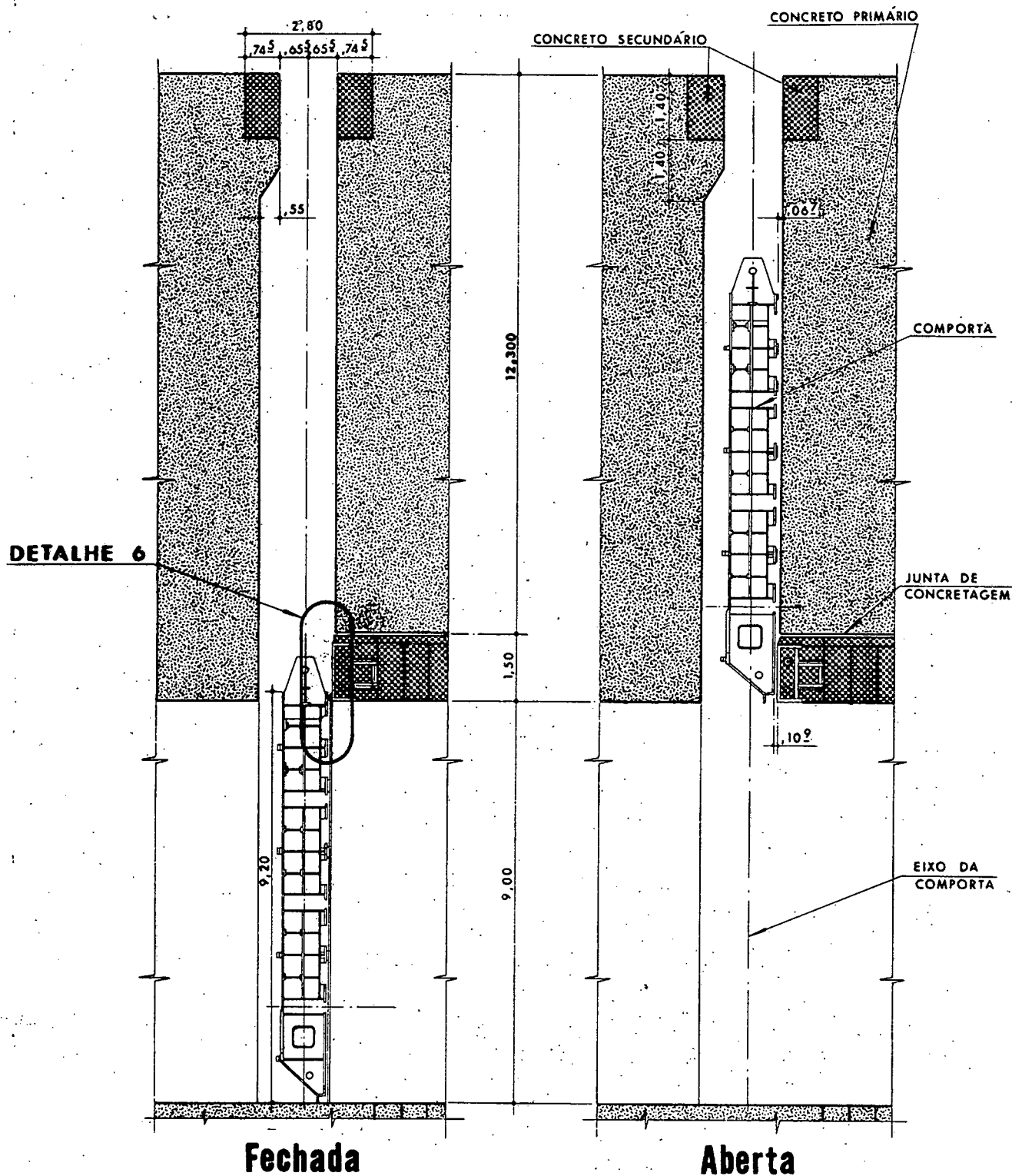
Medida de vazão feita na Casa de Força-15.

No caso da unidade U2, a vazão medida no furo de alívio do lado direito antes do fechamento da comporta de emergência, foi de 0,3ℓ/minuto. Depois da comporta fechada, essa vazão permaneceu constante por mais de duas horas. A partir daí, a vazão começou a aumentar gradativamente durante mais duas horas e meia, quando atingiu o escoamento máximo de 30ℓ/minuto. Essa vazão permaneceu durante dez minutos e depois caiu bruscamente para a vazão média de 1ℓ/minuto, que se prolongou durante as vinte e quatro horas seguintes, quando então se deu novamente a abertura da comporta e funcionamento da turbina. Desconhecemos a causa desta variação de vazão.

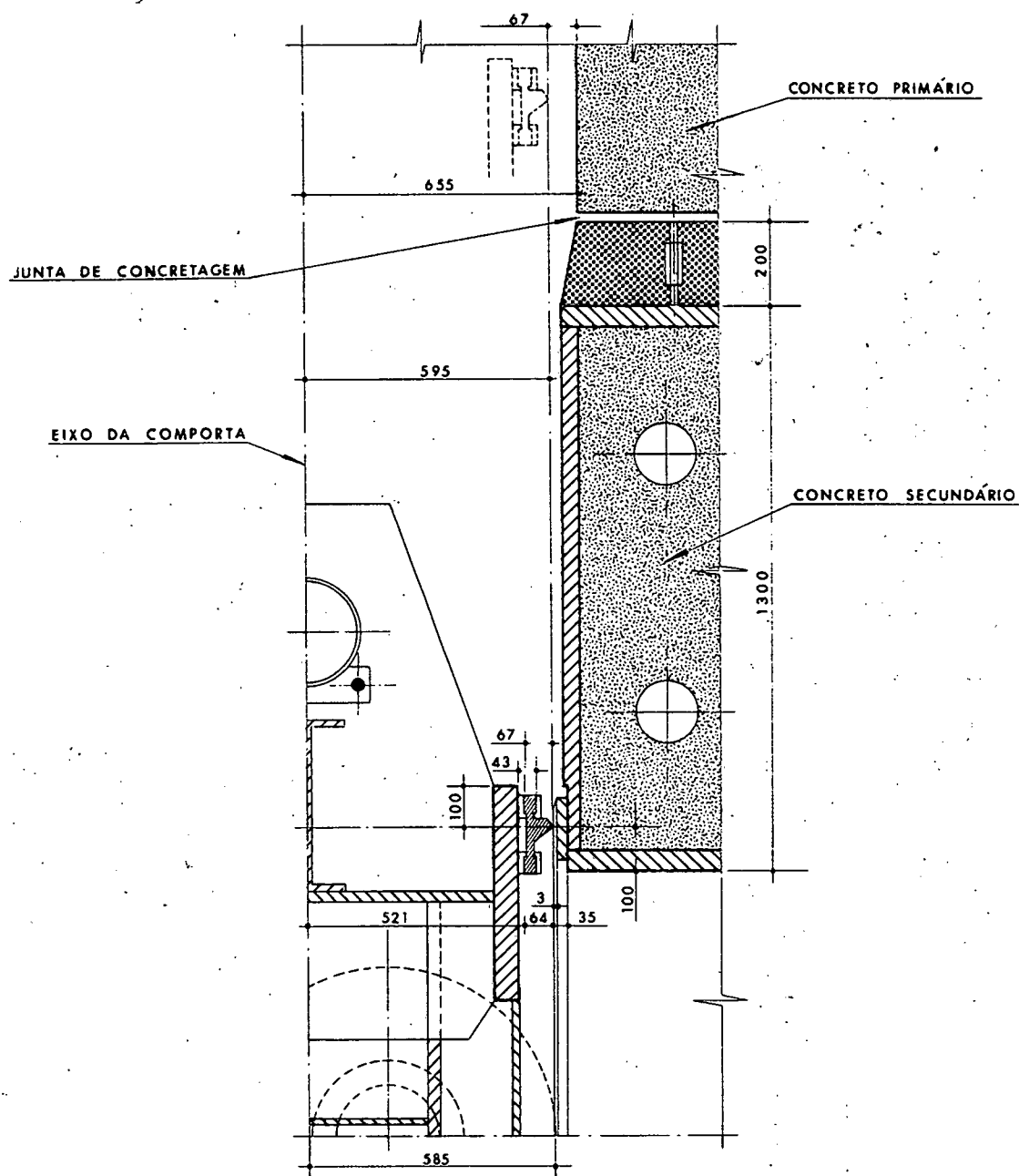
Os desenhos das folhas seguintes mostram a posição da junta de concretagem com relação a comporta aberta e fechada.



Planta na Região da Comporta de Emergência



Posição da Junta de Concretagem com Relação a Comporta Fechada e Aberta



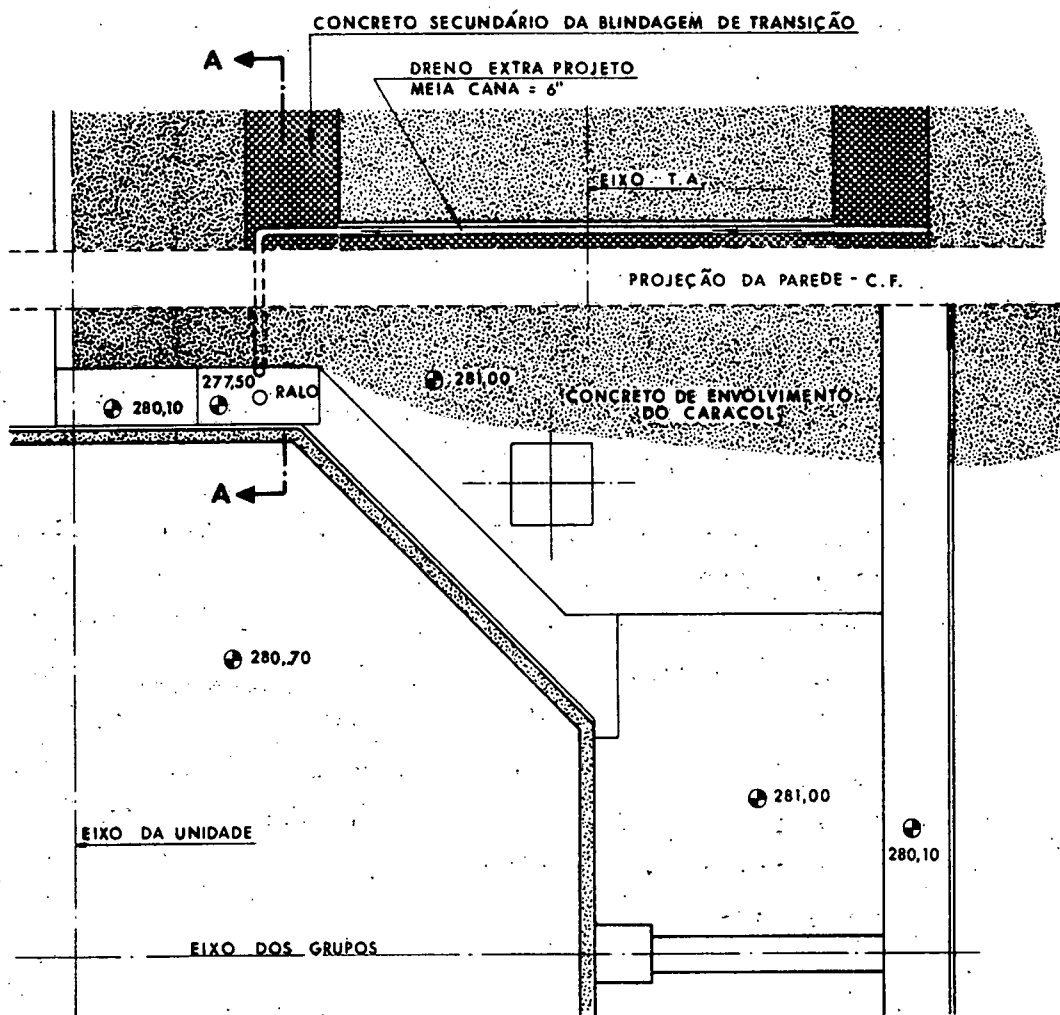
Detalhe 6

4.2.5 - Precauções tomadas nas unidades de 17 a 20.

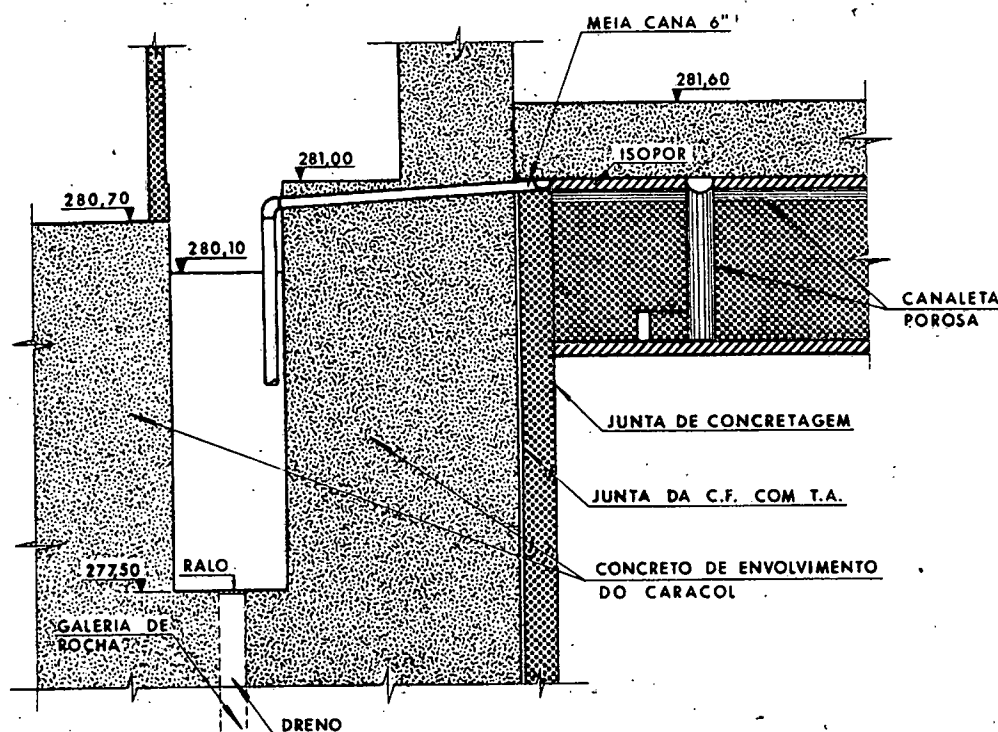
As blindagens de transição das unidades de 17 a 20, foram construídas tomando-se o cuidado para evitar os problemas de infiltrações surgidos nas unidades anteriores. Como precaução foi

acrescentada mais uma canaleta de drenagem, ligada a rede de projeto da blindagem de transição, com escoamento dirigido para o nicho da placa dos chumbadores de ancoragem dos servomotores, onde existem ralos de drenagem ligados ao sistema geral da Obra, evitando desta maneira possíveis surgimentos de água.

Essa canaleta foi construída com meio tubo de aço galvanizado com diâmetro de 6" colocado na parte inferior da laje, cota 281,60, no encontro com o concreto envoltório da blindagem de transição, localizada 20cm a montante da junta longitudinal da Casa de Força e Tomada D'Água, conforme desenhos a seguir.



Planta



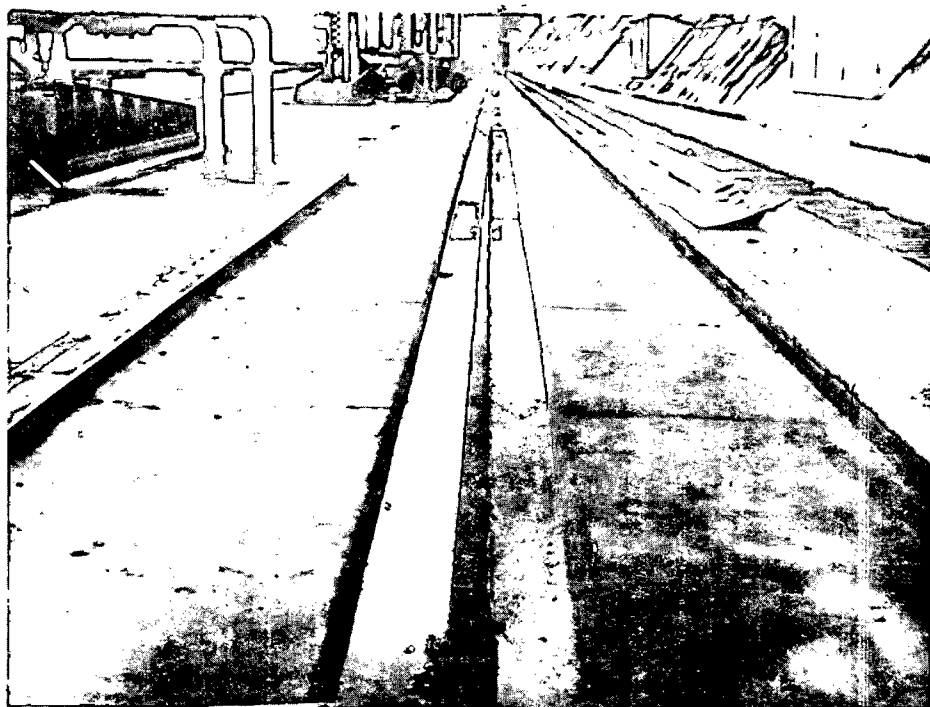
Corte A-A

4.3 - INFILTRAÇÕES D'ÁGUA PELA JUNTA DE CONCRETAGEM DA BLINDAGEM DA TAMPA DE FECHAMENTO DA COMPORTA DE EMERGÊNCIA NA COTA 292,00.

Em algumas unidades surgiram vazamentos d'água pelas laterais da blindagem da tampa de fechamento da comporta de emergência. A água infiltrada, ficava empoeada nesta região sobre a superfície acabada da cota 292,00 e penetrava pelas juntas das placas indo acumular-se nas laterais dos trilhos do Pórtico de 160t. O trilho do lado montante não possui sistema de drenagem, conforme fotos da folha seguinte.



Vista das juntas de vedação, sem sanar totalmente
o problema de infiltração.



Água acumulada nas laterais dos trilhos do Pórtico
de 160t.

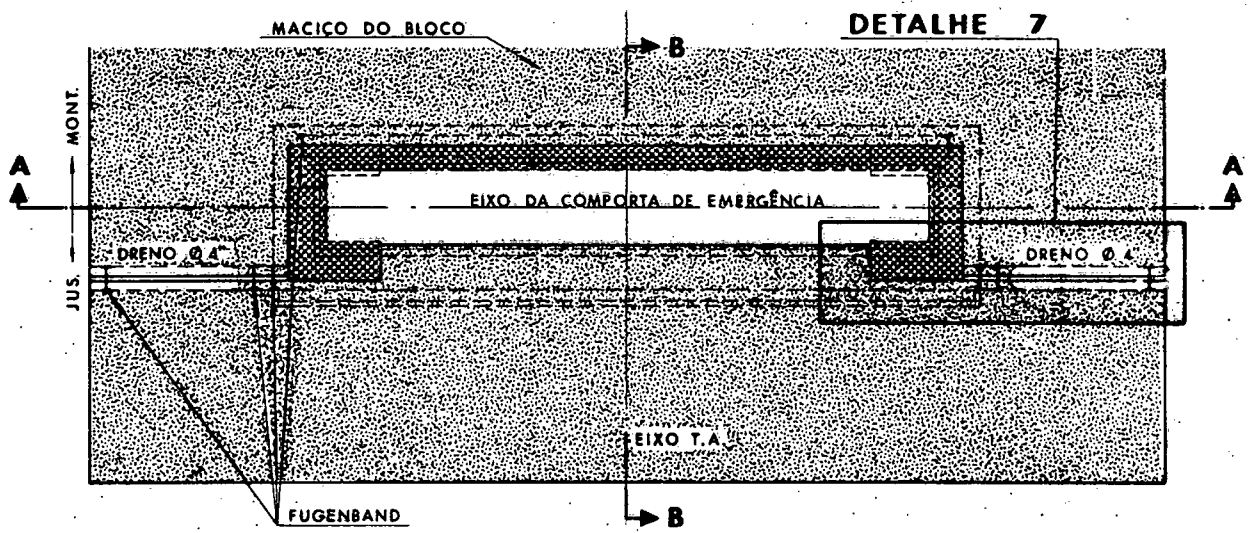
4.3.1 - Elementos da estrutura e etapas de concretagem.

a) Desenhos de referência:

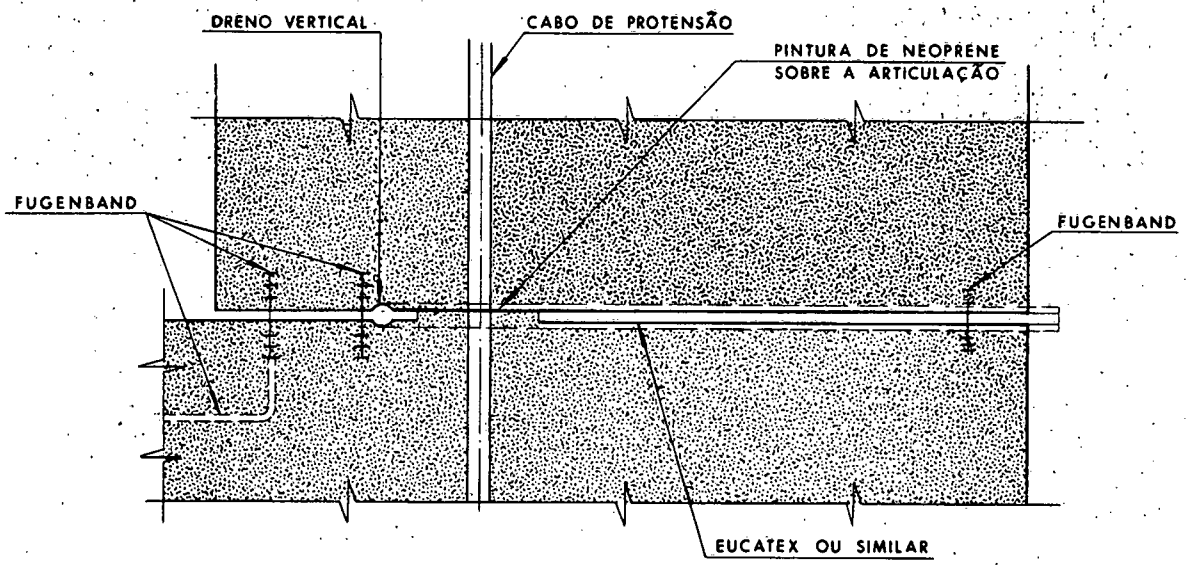
- IS-CF.230.062-A1.11557;
- IS-CF.230.063-A1.11558;
- IS-CF.20.079.UIS-THC.A0-083
- BVS 69016.G27-034 B;
- BVS 69016.A1-057 A;
- UIS-THC-A1/1170.

Os nichos de acondicionamento e percurso das comportas, foram construídos em duas partes; a frente de montante moldada no maciço do bloco e a parte de jusante fechada por uma placa de concreto protendido.

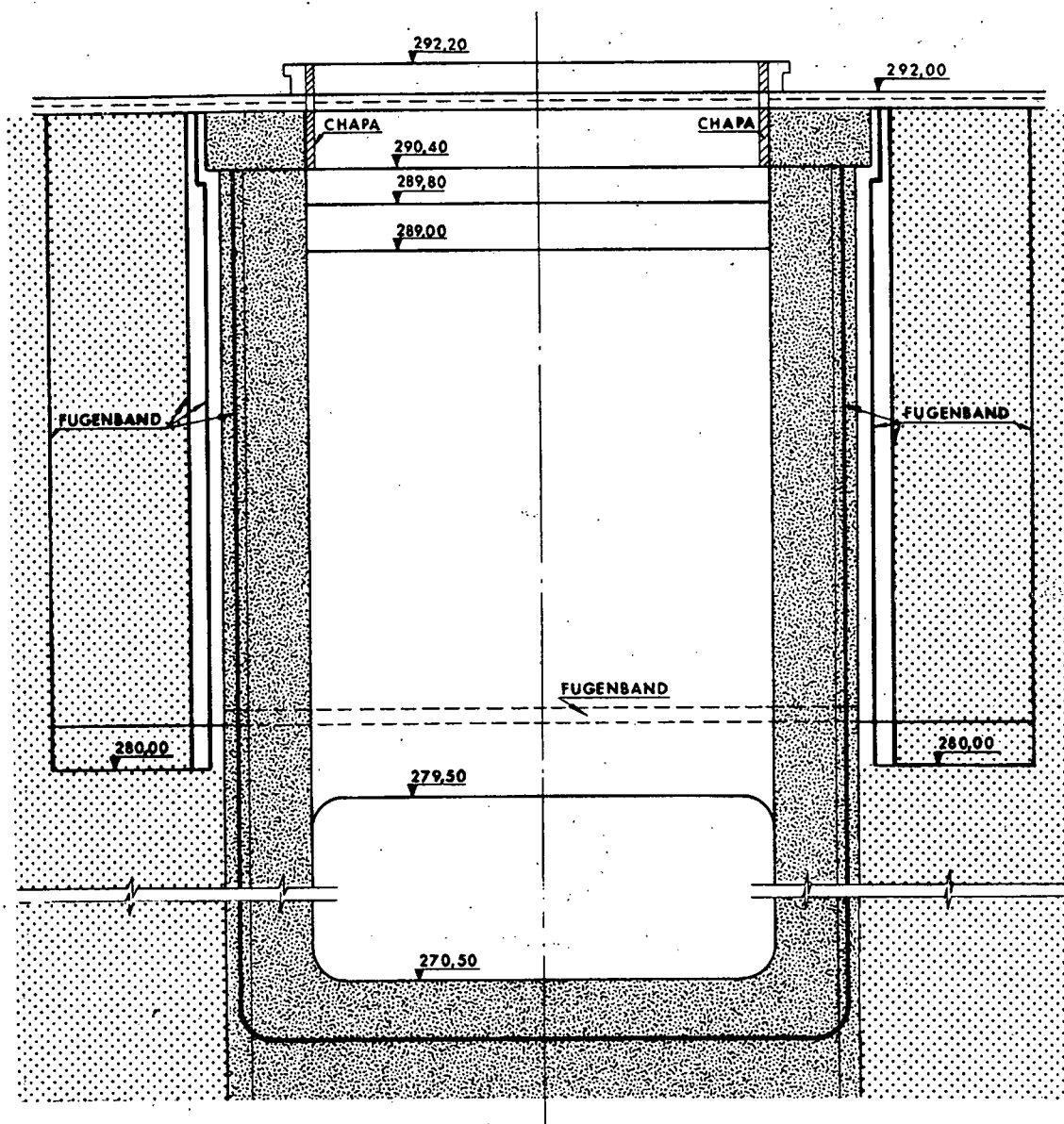
Nas duas extremidades do nicho, foram deixados espaços para montagem das peças fixas de vedação da comporta que foram preenchidas posteriormente com concreto secundário. As juntas formadas no plano vertical, entre a placa e o maciço do bloco, foram vedadas com juntas de borracha Fugenband. Foram deixados tubos de drenagem para captação e escoamento das águas que chegassem até a essa junta, conforme desenhos das folhas seguintes.



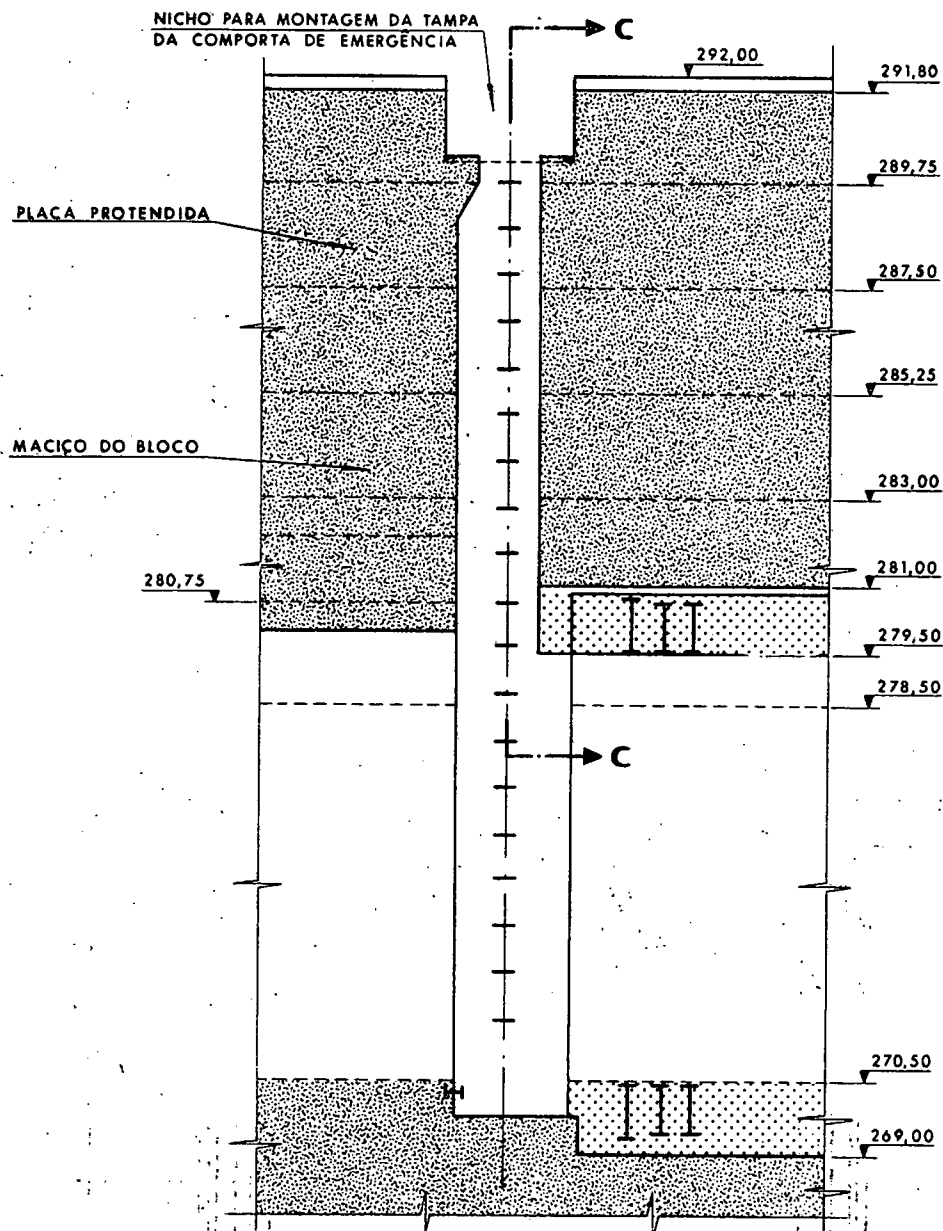
Planta



Detalhe 7

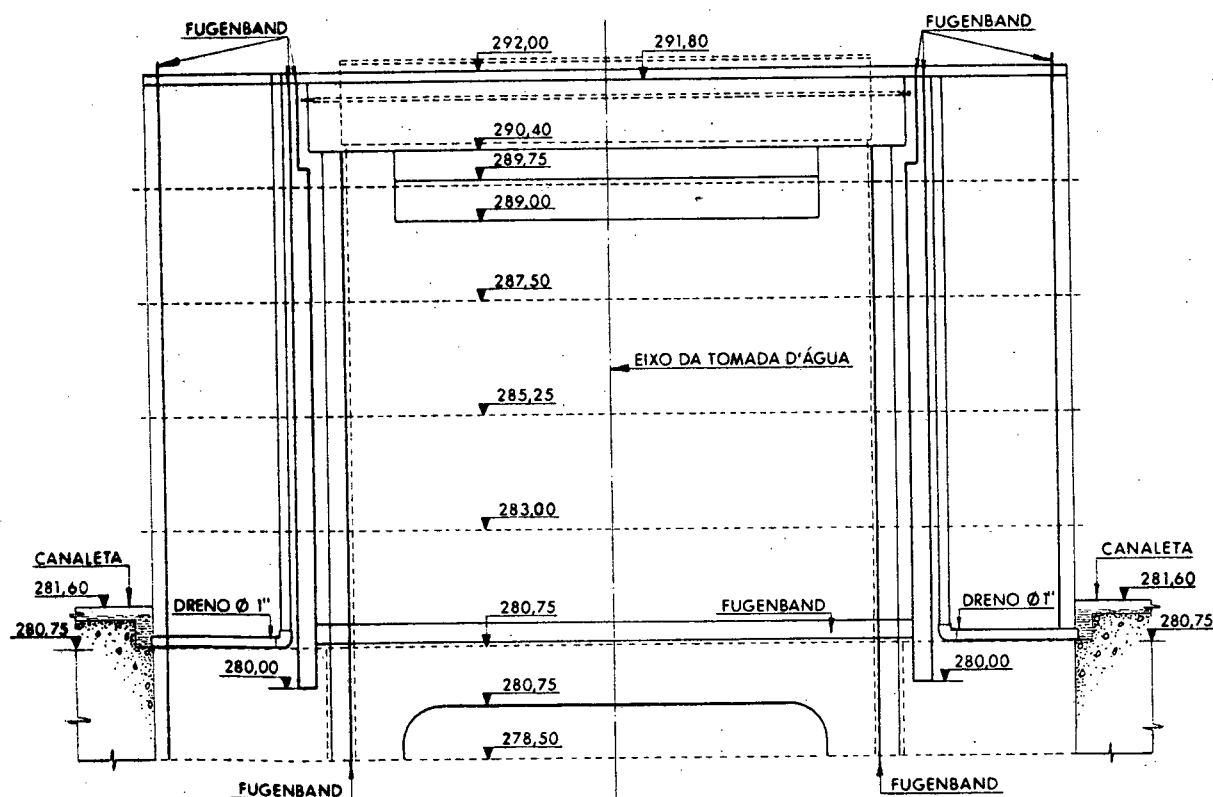


Corte A-A



Corte B-B

A altura do compartimento da comporta se situou entre as cotas 270,50 , que é a soleira, 292,00 , onde foi montado o sistema hidráulico de manobra da comporta. Esse trecho pode ser dividido em duas partes. A parte onde se localiza a Blindagem Plana e a parte do nicho propriamente dita, formado pelo maciço do bloco e placa de concreto protendido. O trecho da Blindagem Plana consta de uma seção livre de escoamento de nove metros de altura por oito metros e cinquenta centímetros de largura, envolvida com concreto secundário que vai da cota 269,00 à 281,00 , conforme desenho da folha anterior. Entre as cotas 281,00 e 292,00 situa-se o nicho da Comporta de Emergência que foi concretado em cinco camadas de dois metros e vinte e cinco centímetros de altura, conforme desenho abaixo e da folha anterior.



Corte C-C

Na última camada, foi deixado nicho para assentamento e concretagem de ancoragem da blindagem da tampa de fechamento da Comporta de Emergência, conforme desenho da folha nº 79. Todas as juntas de concretagem entre camadas do concreto secundário foram preparadas convenientemente com jatos de areia, água e ar. A superfície vertical de contato entre a placa de concreto protendido e o maciço do bloco, foi revestida com chapa de Eucatex e pintada com Neoprene, conforme detalhe da folha nº 77.

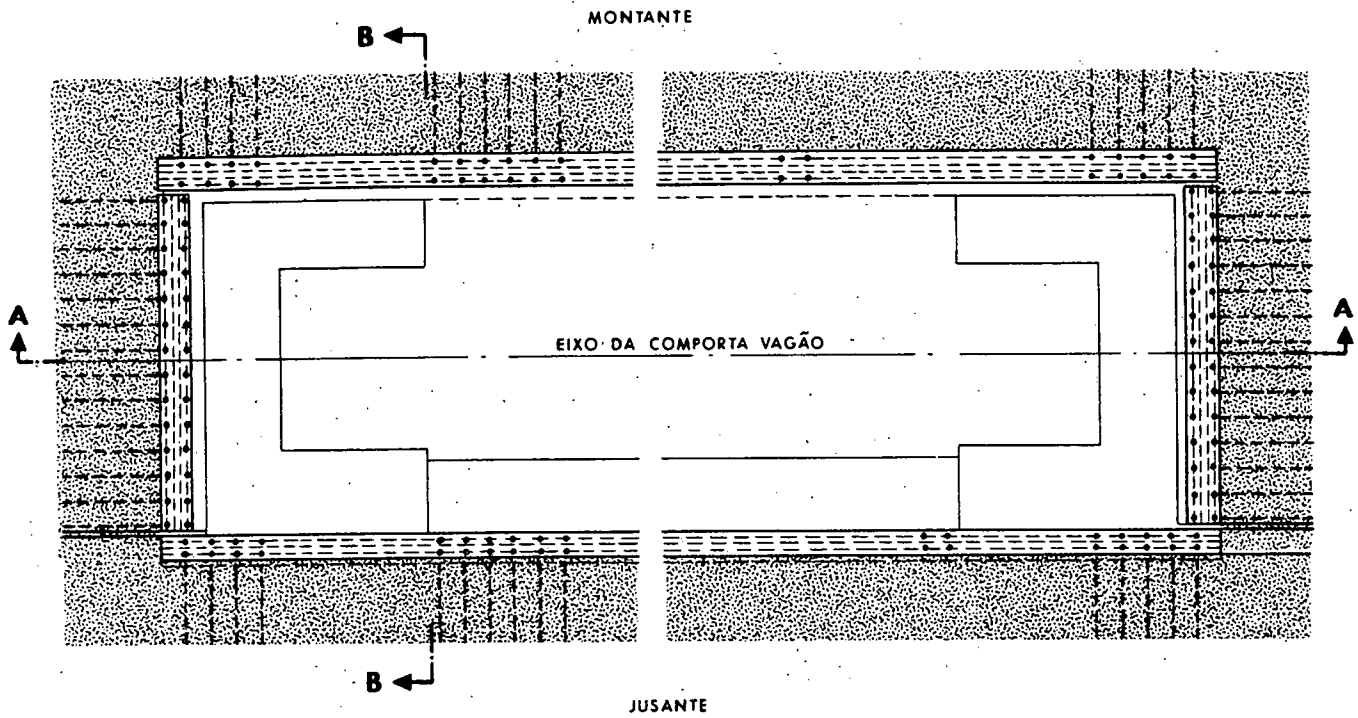
4.3.2 - Concretagem da Blindagem das tampas de fechamento da Comporta.

A fim de melhorar as condições da montagem e fixação da blindagem da tampa da Comporta, foram deixadas ferragens embutidas no concreto primário, conforme desenho da folha seguinte.

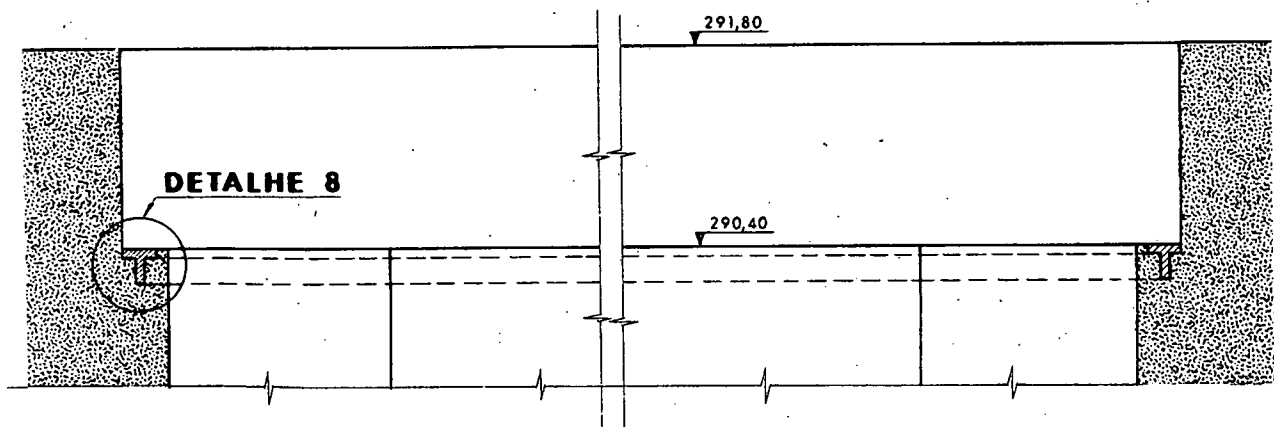
Nota-se no desenho que a barra de ferro chato se encontra seccionada na direção do plano da junta entre o maciço e a placa. O desenho da folha nº 83, mostra a blindagem montada, pronta para ser concretada.

Especificações do concreto utilizado no envolvimento.

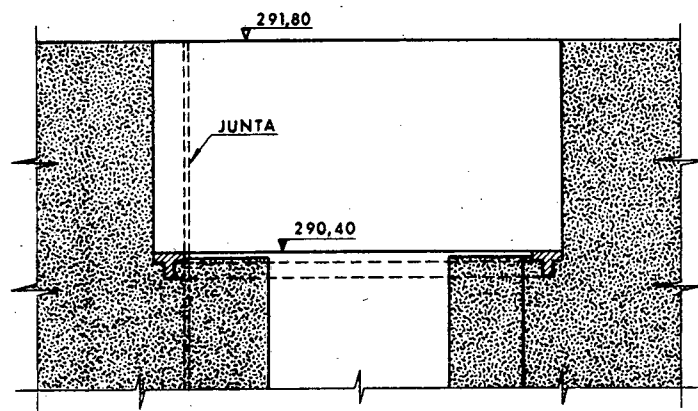
- f_r : 180 kg/cm² aos 180 dias;
- Slump : 5 a 5,5 cm;
- R. A/C : 0,65.



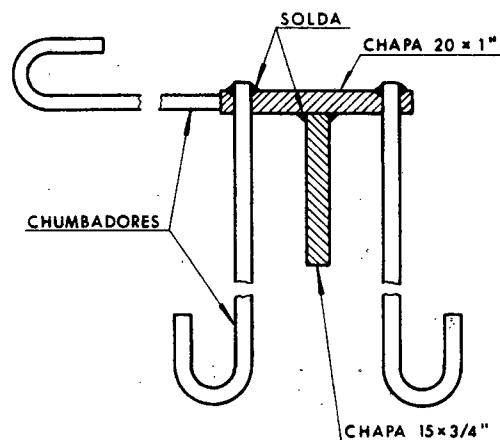
Planta



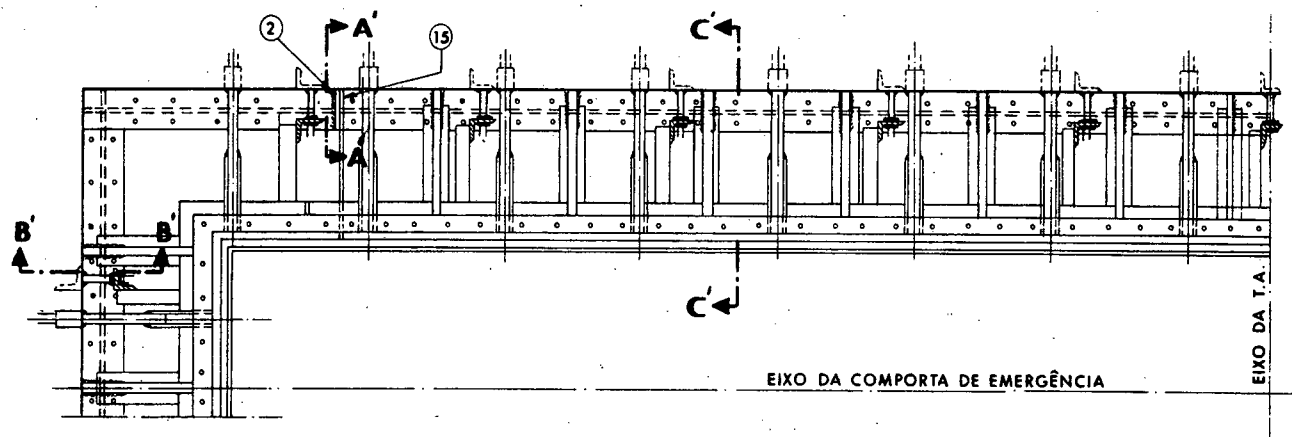
Corte A-A



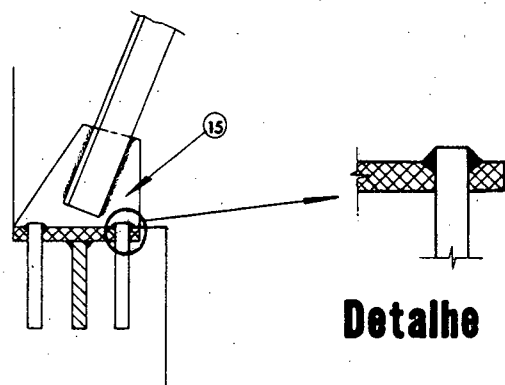
Corte B-B



Detalhe 8

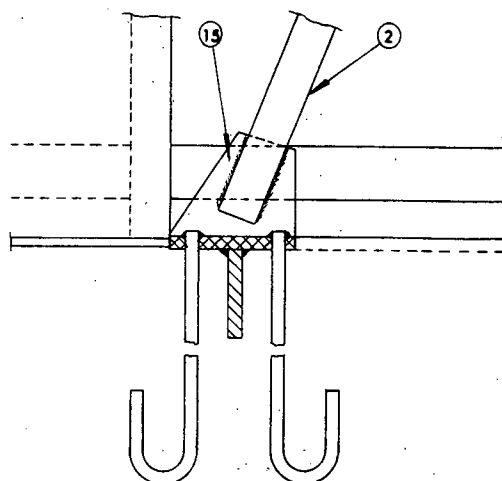


Planta

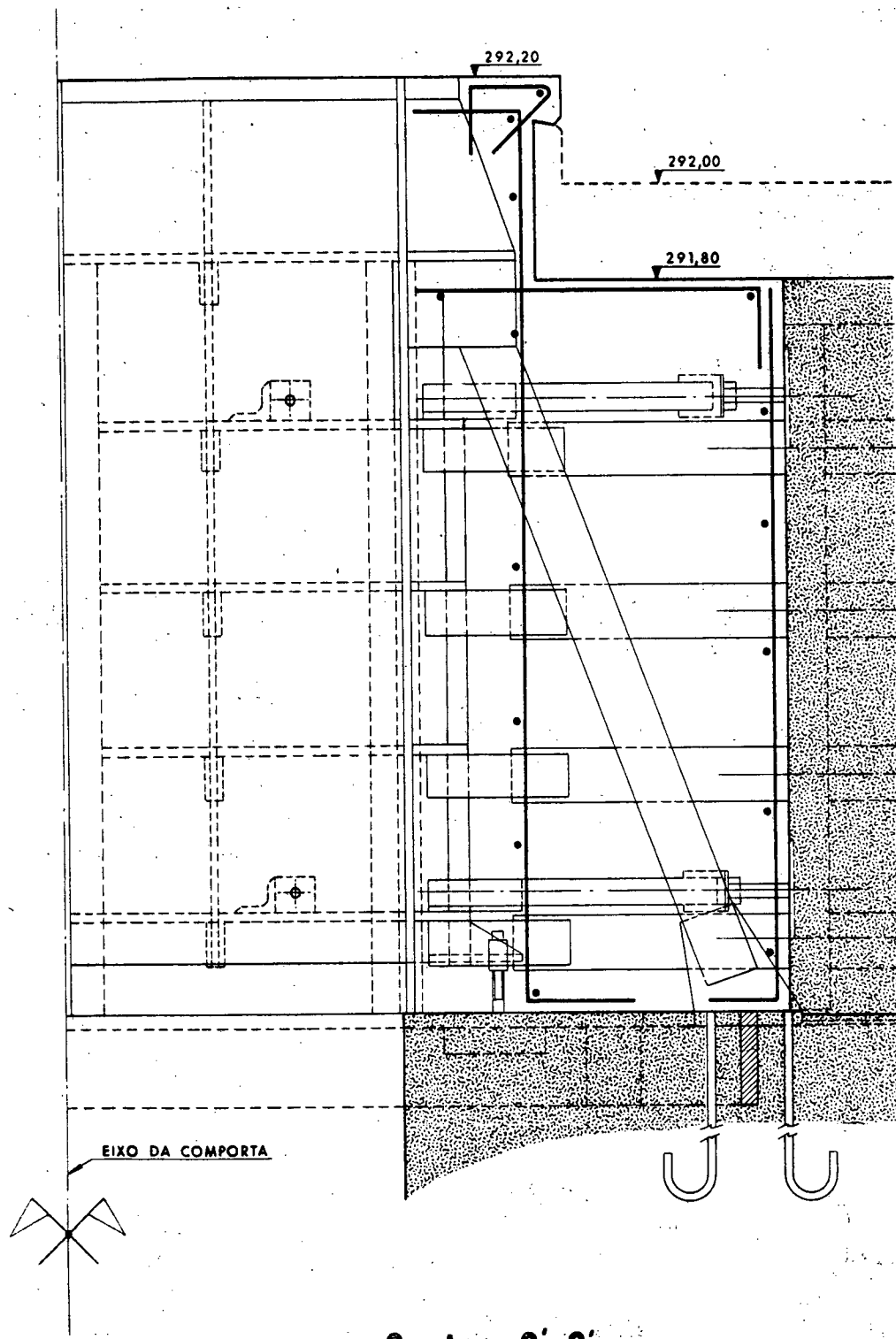


Corte B'-B'

Detalhe 9



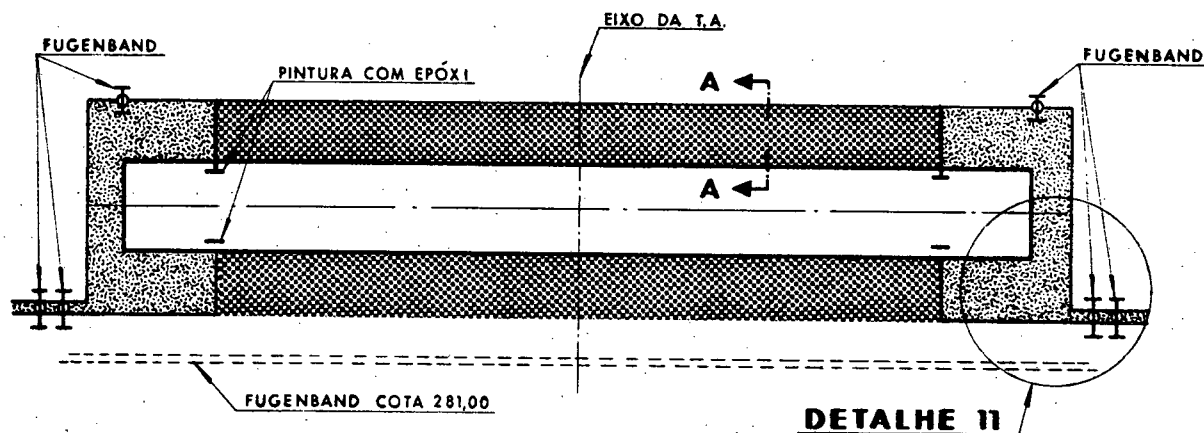
Corte A-A'



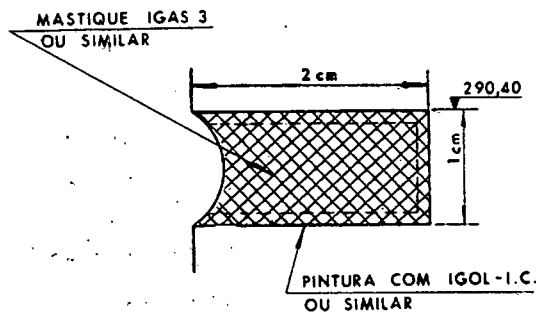
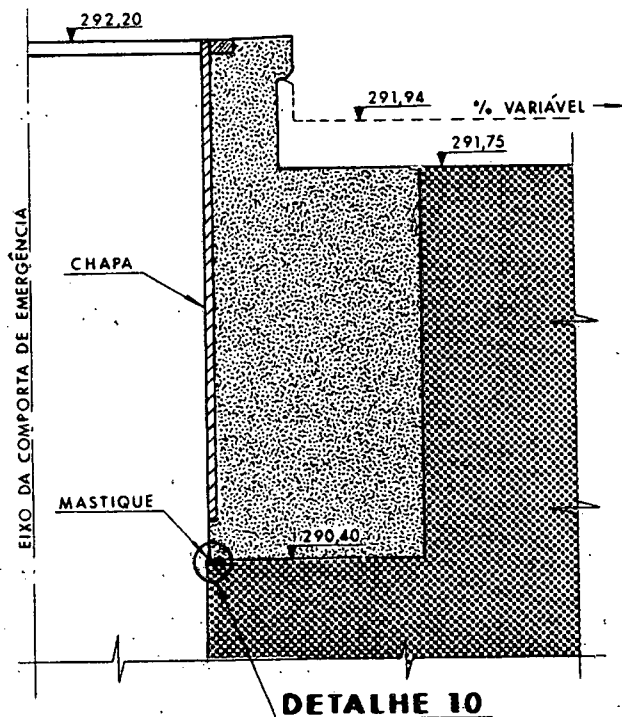
Corte C-C'

4.3.3 - Sistema de vedação horizontal executada na última camada exposta ao meio ambiente.

Depois da blindagem concretada, as juntas foram vedadas de conformidade com o desenho nº UIS-THC-A1.1170, a fim de que possíveis infiltrações dessas juntas não atingissem a parte externa da cota 292,00, conforme desenho abaixo e das folhas seguintes. Mesmo assim, houve infiltrações que não puderam ser contidas, conforme visto na foto da folha nº 87.

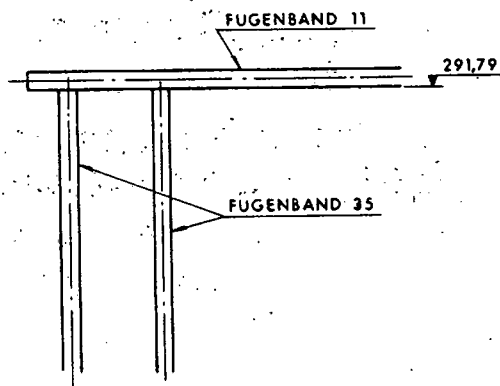
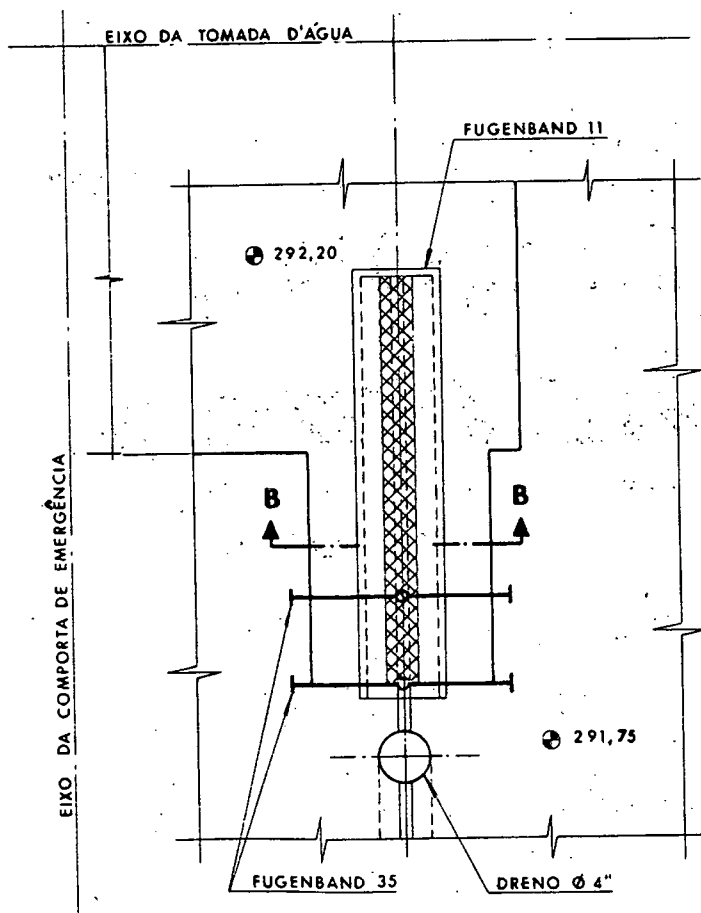


Planta

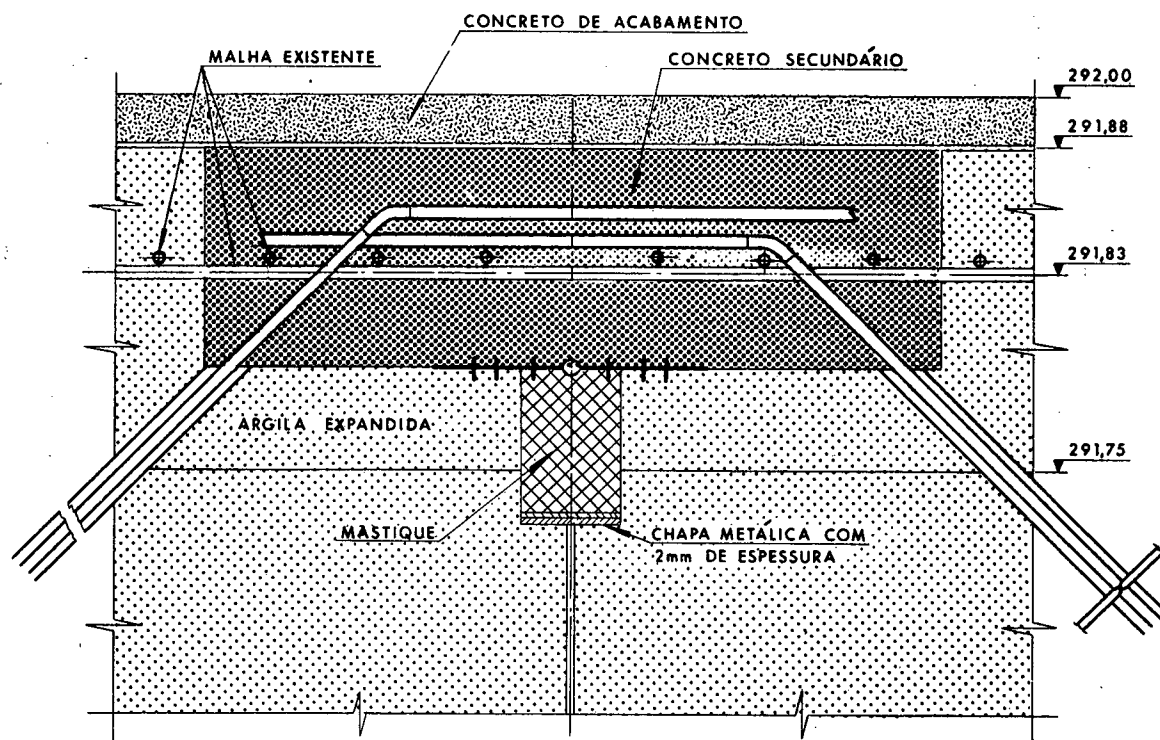


Detalhe 10

Corte A-A



Detalhe 11



Corte B-B



Vista das juntas vedadas.

4.3.4 - Consequência.

Apesar de tudo, essas infiltrações não trouxeram problemas estruturais prejudiciais à Obra.

O problema é o do efeito estético, pois essas áreas ficam sempre com água acumulada nas laterais dos trilhos do Pórtico de 160t expostas à visitação pública.

4.3.5 - Reparos.

Nesses lugares não foram executados reparos no sentido de eliminar os vazamentos nas suas origens, mesmo porque estas não foram bem localizadas. Fazer os reparos implicaria em se re-executar calafetações entre todas as juntas das camadas e impermeabilização de toda superfície dos nichos relativos as comportas. O que se fez nesse sentido foi construir pequenas canaletas de drenagem sobre a superfície das placas de acabamento, orientando a água aos trilhos do Pórtico de 160t da cota 292,00, conforme foto da folha nº 87.

4.4 - INFILTRAÇÕES D'ÁGUA PELAS JUNTAS DE CONCRETAGEM DOS BLOCOS DAS TOMADAS D'ÁGUA.

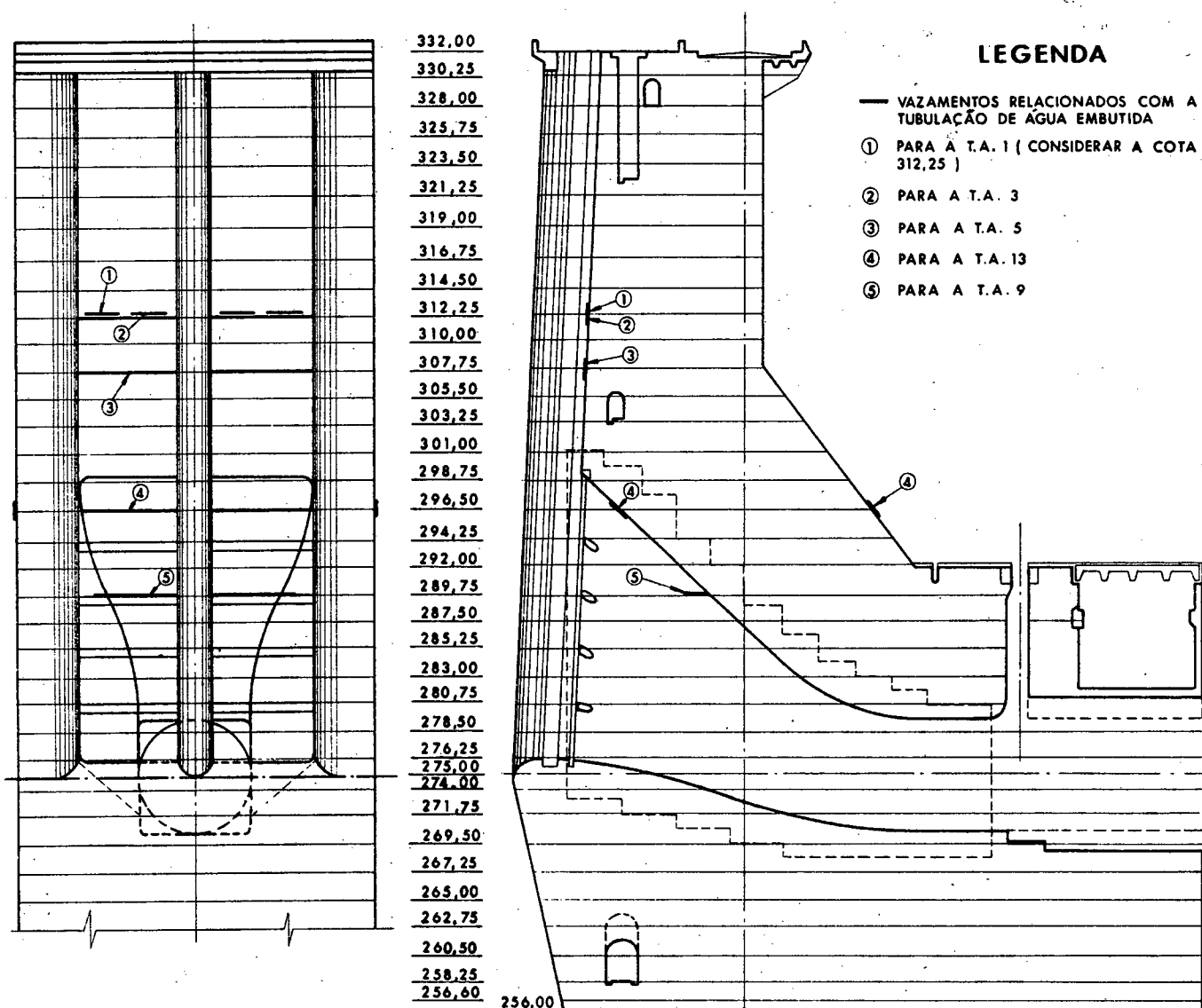
O problema de infiltrações d'água nas juntas de concretagem, surgiu quando foram notados pequenos vazamentos localizados nas juntas entre as camadas 17 a 18 na cota 296,50 no bloco da Tomada D'Água TA-13 ao longo da junta.

Prosseguindo-se com as inspeções nos demais blocos, notou-se que o problema também se repetia do lado de montante nas seguintes estruturas:

- TA-1 e TA-3 entre as camadas 24 e 25 cota 312,25;
- TA-5 entre as camadas 22 a 23 cota 307,75.

Constatou-se posteriormente que essas infiltrações tiveram origem de uma vazamento d'água pelo tubo de serviço embutido nos blocos. Esta hipótese foi confirmada, pois quando os tubos eram desligados, cessavam os vazamentos. A pressão de trabalho deste tubo era de 8kg/cm^2 .

Durante os ensaios de estanqueidade efetuados nas câmaras de compressão entre os blocos TA-08 com TA-09 com o TA-10 surgiram outros vazamentos na junta entre as camadas 14 e 15 na TA-9 na cota 289,75, conforme desenho abaixo.



Vista

Corte

A partir daí as tubulações d'água dos referidos blocos foram desligadas e intensificadas as investigações para determinação da gravidade do problema e as técnicas a serem empregadas para recuperação das juntas descoladas.

4.4.1 - Execução de furos para retirada de amostras na junta da TA-13.

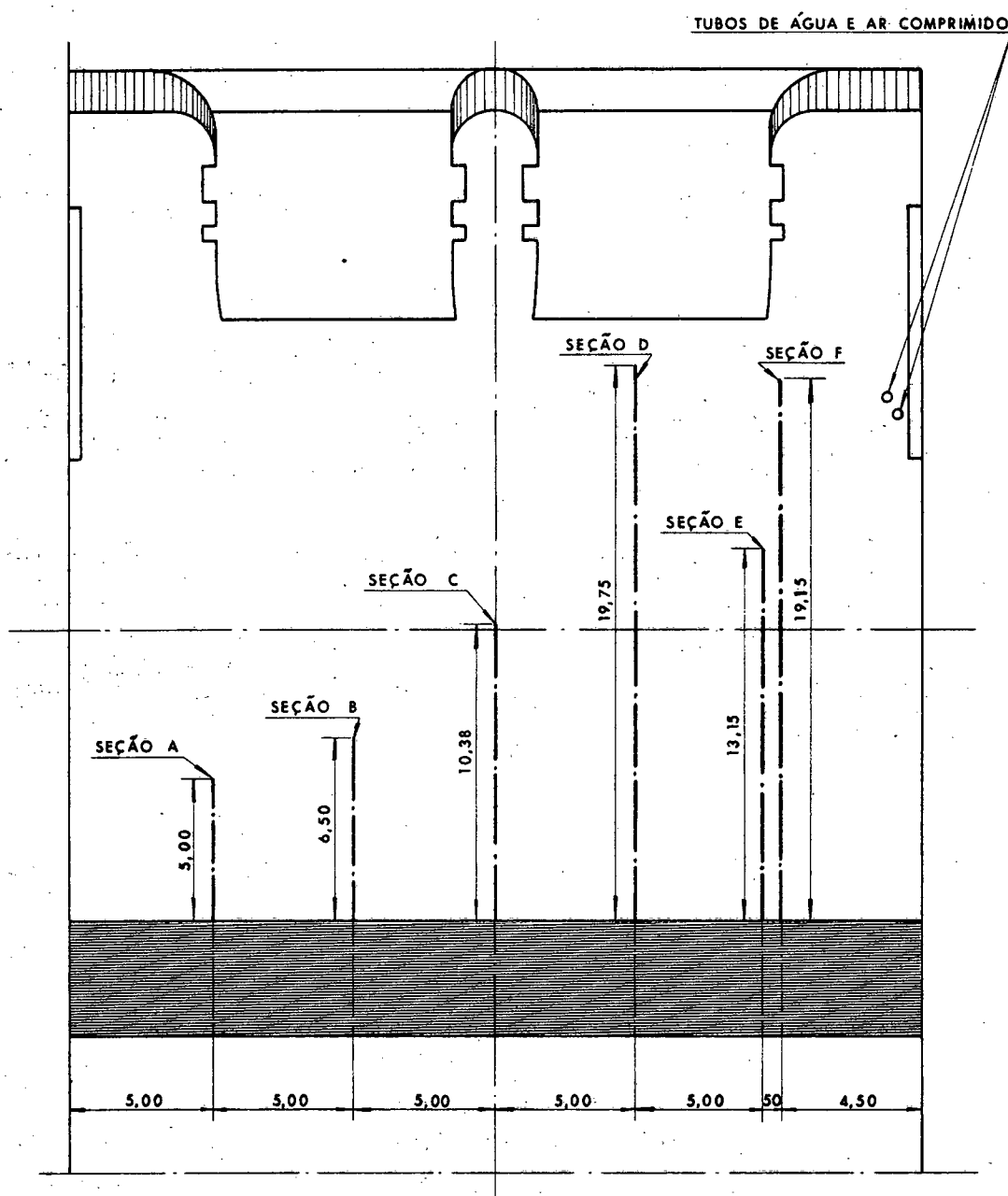
Para se ter uma idéia do estado da junta das camadas que apresentaram vazamentos, foram executados na TA-13 entre as camadas 17 e 18 cota 296,50, seis furos com sonda rotativa de $\varnothing = 4"$ para obtenção e análise dos testemunhos. Com essa tentativa não se pôde chegar a nenhuma conclusão, pois o pequeno diâmetro do furo não permitiu uma análise mais apurada do estado das juntas. A locação dos furos, é mostrada no desenho da folha seguinte.

4.4.2 - Ensaios de perda d'água em furos verticais primeira série.

Foram executados furos verticais para ensaios de perda d'água nos seguintes blocos:

- TA-1, doze furos a partir da cota 325,75;
- TA-3, doze furos a partir da cota 323,50;
- TA-5, doze furos a partir da cota 321,25;
- TA-13, dezesseis furos a partir da cota 303,25;

Para efeito de comparação de perda d'água desses blocos com os que não possuíam vazamentos, foram escolhidos a TA-2 e a TA-4, que obedeceram o esquema de furação de doze furos.



OBS: Ø DOS FUROS = 4"

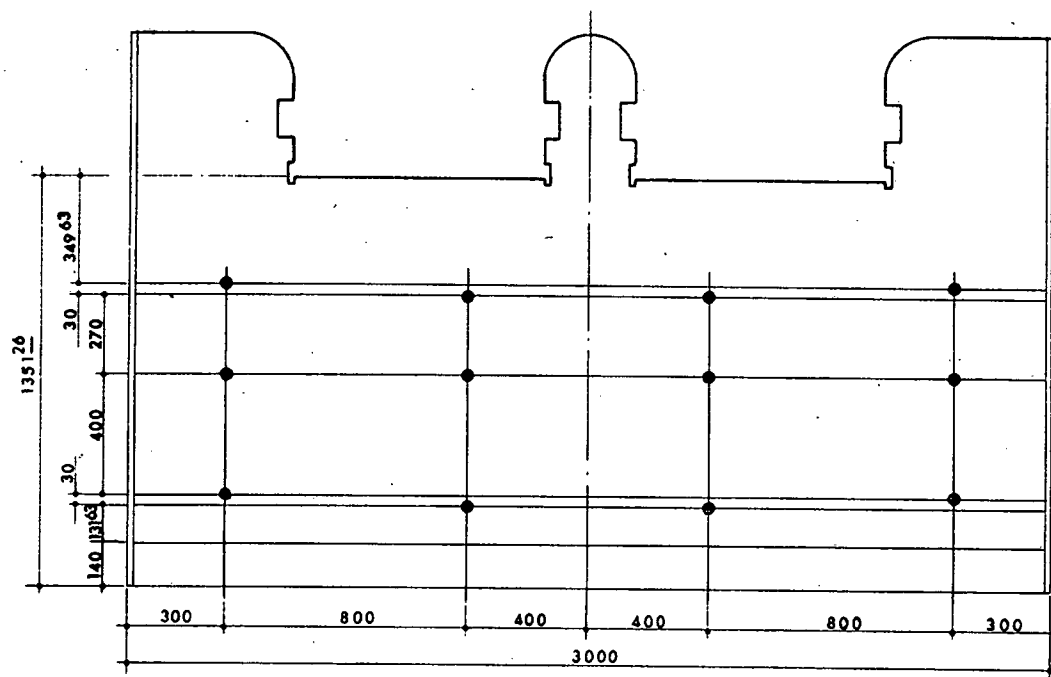
T.A. 13 - Planta na Cota 296,50

A pressão máxima de ensaio especificada pela Projetista foi a menor dos dois valores; pressão correspondente a uma coluna d'água entre a cota 329,00 e a cota da junta a ser ensaiada, ou 80% do peso do concreto acima dessa junta.

Pelos resultados obtidos, concluiu-se que houve perda d'água somente em três furos da TA-13, que se comunicaram com os furos horizontais da cota 296,50, mencionados no item 4.4.1.

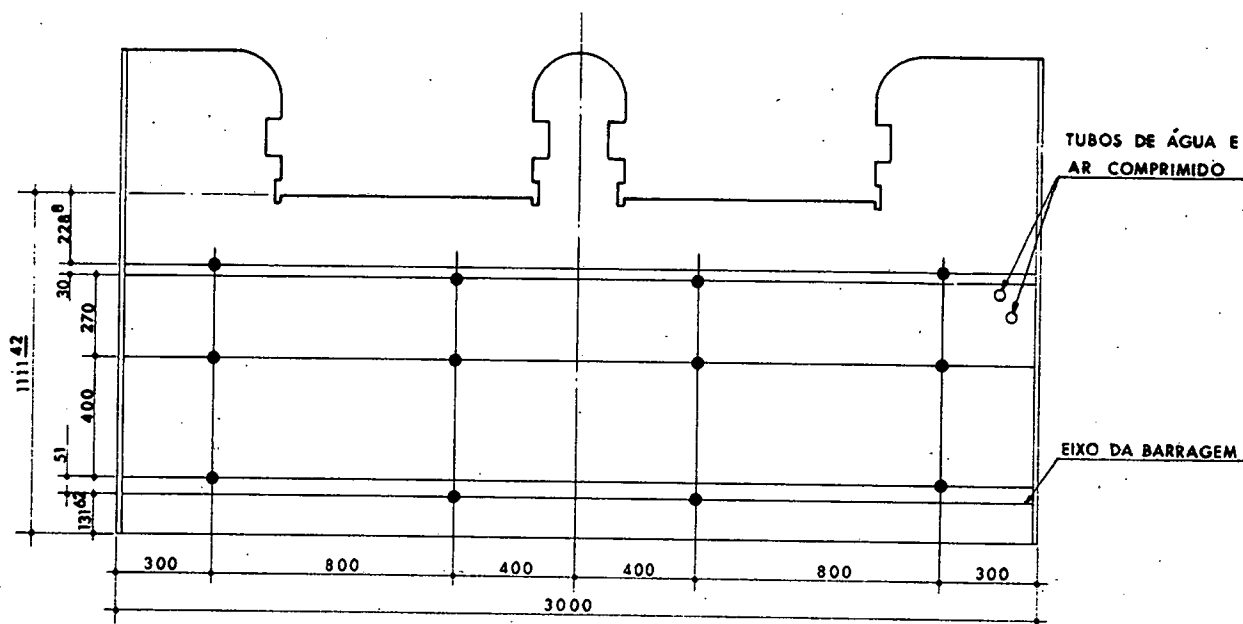
Foi observado que a maior comunicação ocorreu nos dois primeiros furos localizados próximos ao tubo d'água de serviço. A localização dos furos está indicada nos desenhos das folhas seguintes e suas profundidades na tabela a seguir.

Terminado os ensaios, todos os furos horizontais e os três verticais que deram comunicação, foram enchidos com calda de cimento, A/C = 0,5 sem pressão. Os furos horizontais e verticais da TA-13 que se comunicaram, foram injetados com caldas de cimento com aplicação de pressão máxima 1,5kg/cm². A calda foi feita com cimento de alta finura e diatomito (item 4.4.7.). O volume de calda foi equivalente ao volume dos próprios furos.



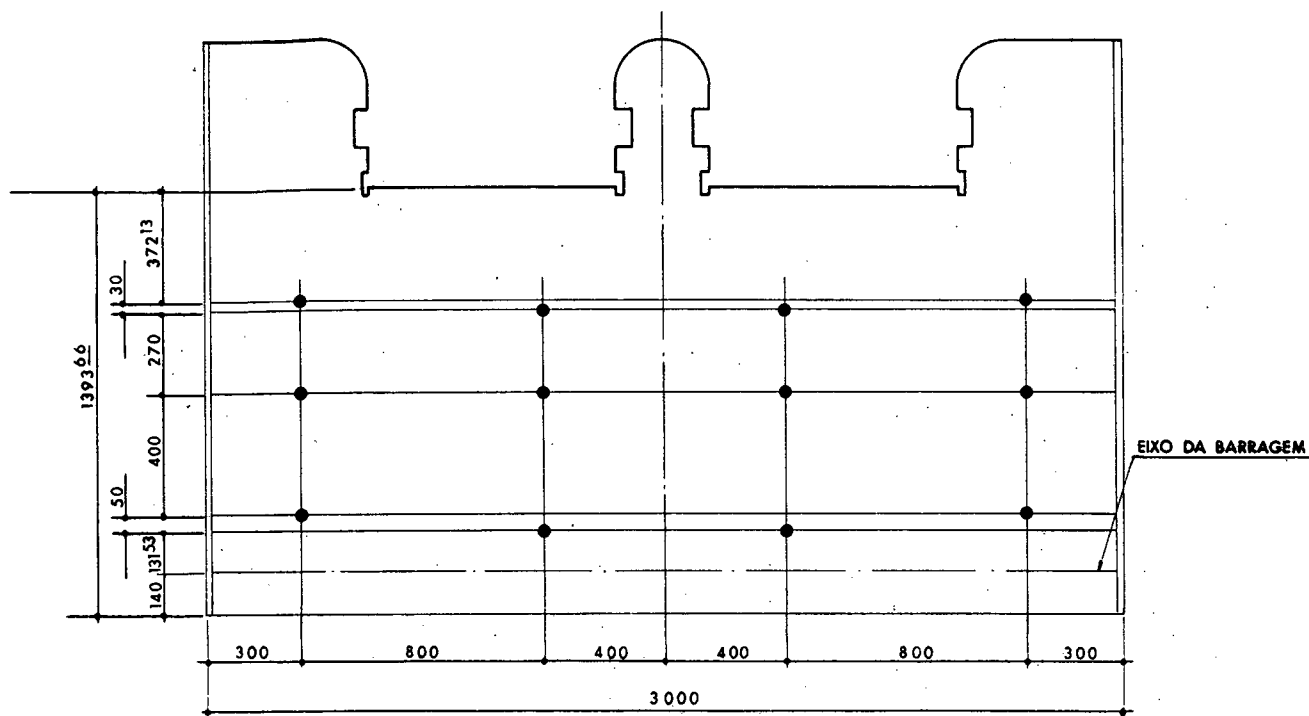
OBS: PARA PROFUNDIDADE DOS FUROS - VER TABELA Nº 01
DIÂMETRO DOS FUROS - 4" ATÉ A COTA 312,75
2 1/2" A PARTIR DA COTA 312,75

T.A. 1 - Planta na Cota 325,75 1ª Série



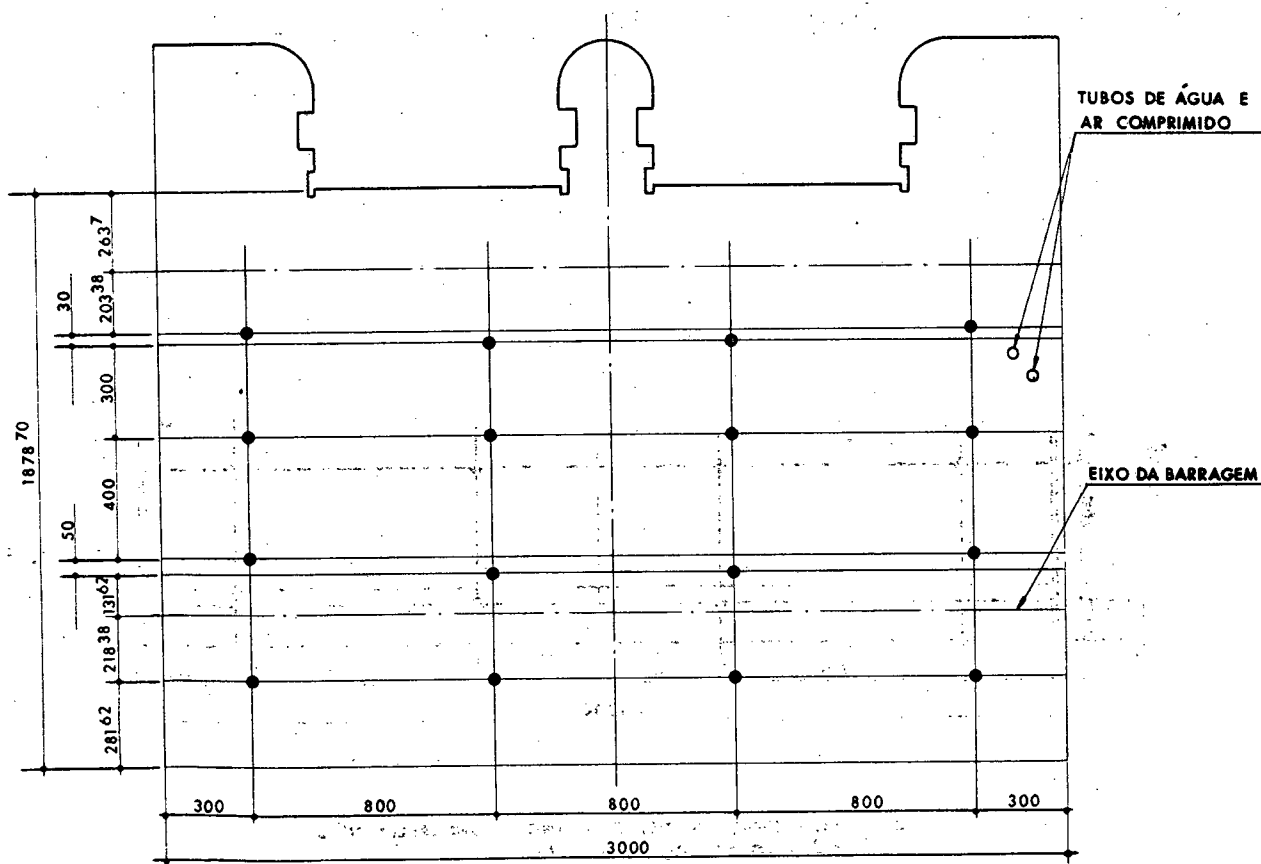
OBS: PARA PROFUNDIDADE DOS FUROS - VER TABELA Nº 01
DIÂMETRO DOS FUROS - 2 1/2"

T.A. 3 - Planta na Cota 323,50 1ª Série



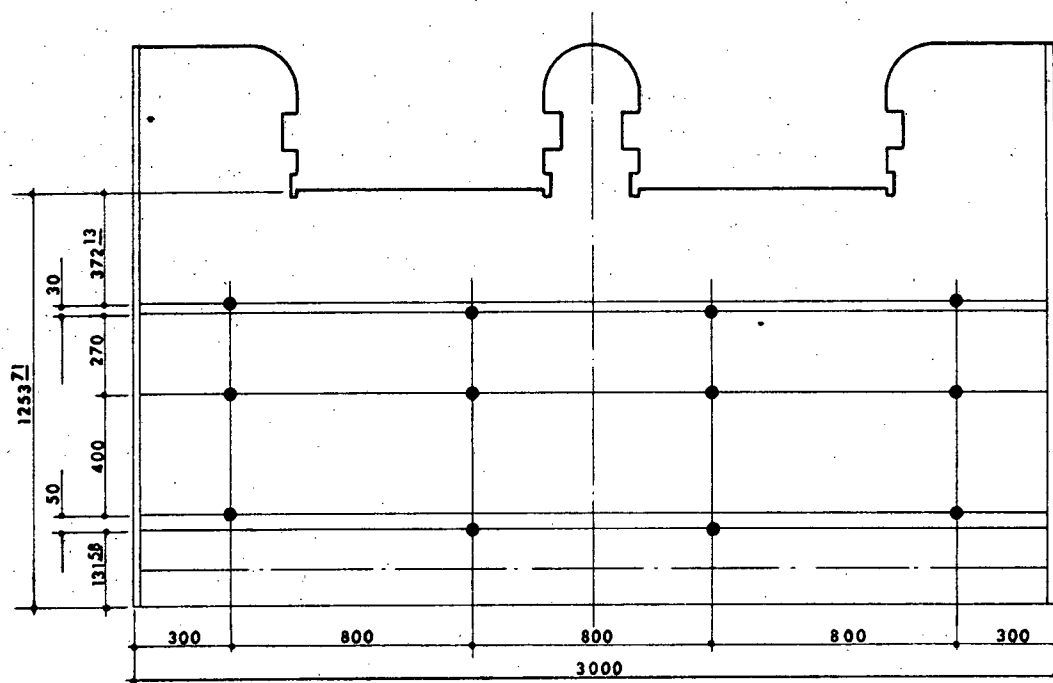
OBS: PARA PROFUNDIDADE DOS FUROS - VER TABELA Nº 01
DIÂMETRO DOS FUROS - 2 1/2"

T.A. 5 – Planta na Cota 321,25 1ª Série



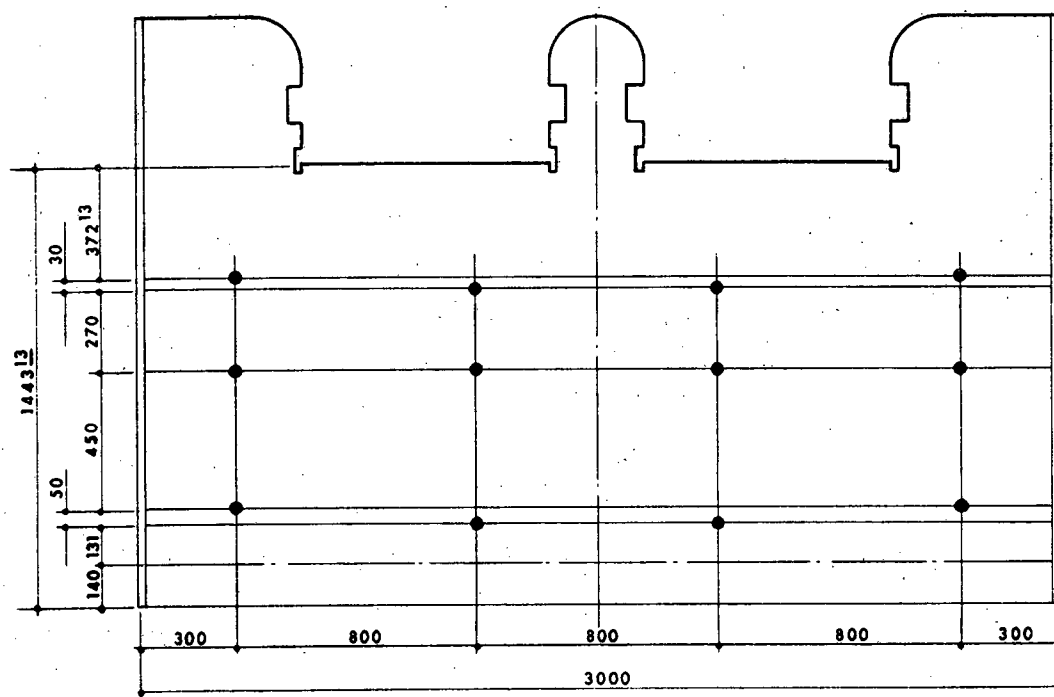
OBS: PARA PROFUNDIDADE DOS FUROS - VER TABELA Nº 01
DIÂMETRO DOS FUROS - 4" ATÉ A COTA 296,00
2 1/2" A PARTIR DA COTA 296,00

T.A. 13 – Planta na Cota 303,25 1ª Série



OBS: PARA PROFUNDIDADE DOS FUROS - VER TABELA Nº 01
DIÂMETRO DOS FUROS - 4" ATÉ A COTA 316,25
2 1/2" A PARTIR DA COTA 316,25

T. A. 2 - Planta na Cota 321,25 1ª Série



OBS: PARA PROFUNDIDADE DOS FUROS - VER TABELA Nº 01
DIÂMETRO DOS FUROS - 2 1/2"

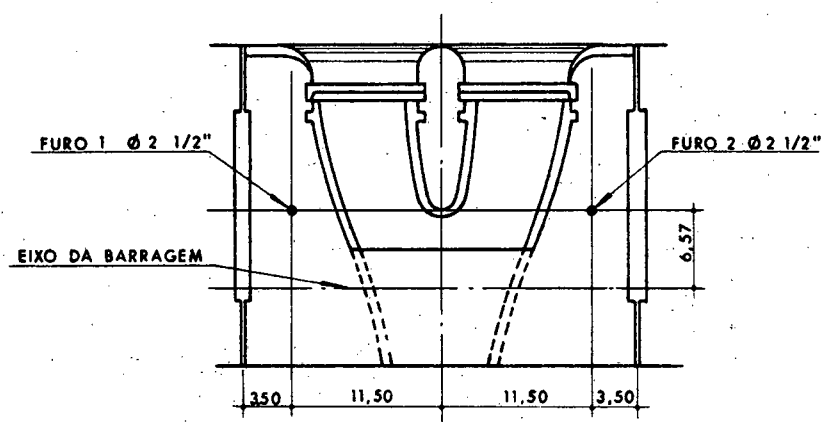
T. A. 4 - Planta na Cota 321,25 1ª Série

BLOCO	T.A. 1		T.A. - 2		T.A. - 3		T.A. - 4		T.A. - 5		T.A. - 13	
COTA SUPERIOR	325,75		321,25		323,50		321,25		321,25		303,25	
FURO	COTA INFERIOR	H (m)	COTA INFERIOR	H (m)	COTA INFERIOR	H (m)	COTA INFERIOR	H (m)	COTA INFERIOR	H (m)	COTA INFERIOR	H (m)
A 1	264,50	61,25	273,45	47,80	264,50	59,00	266,75	54,50	266,75	54,50	264,50	38,75
A'2	296,00	29,75	296,00	25,25	296,00	27,50	296,00	25,25	296,00	25,25	297,00	6,25
A'3	296,00	29,75	296,00	25,25	296,00	27,50	296,00	25,25	296,00	25,25	297,00	7,25
A 4	264,50	61,25	266,75	54,50	266,75	56,75	273,25	48,00	266,75	54,50	264,50	38,75
B 1	260,00	65,75	260,00	61,25	260,00	63,50	260,00	61,25	260,00	61,25	260,00	43,25
B'2	293,75	32,00	293,75	27,50	293,75	29,75	293,75	27,50	293,75	27,50	293,75	9,50
B'3	293,75	32,00	293,75	27,50	293,75	29,75	293,75	27,50	293,75	27,50	293,75	9,50
B 4	260,00	65,75	272,65	48,60	260,00	63,20	278,25	43,00	260,00	61,25	260,00	43,25
C 1	260,00	65,75	283,50	37,75	260,00	63,50	260,00	61,25	260,00	61,25	260,00	43,25
C'2	309,25	16,50	289,25	32,00	289,25	34,25	289,25	32,00	289,25	32,00	289,25	14,00
C'3	289,25	36,50	289,25	32,00	289,25	34,25	289,25	32,00	289,25	32,00	289,25	14,00
C 4	260,00	65,75	260,00	61,25	260,00	63,50	260,00	61,25	260,00	61,25	280,75	22,50
D 1											280,75	22,50
D 2											287,00	16,25
D 3											287,00	16,25
D 4											260,00	43,25

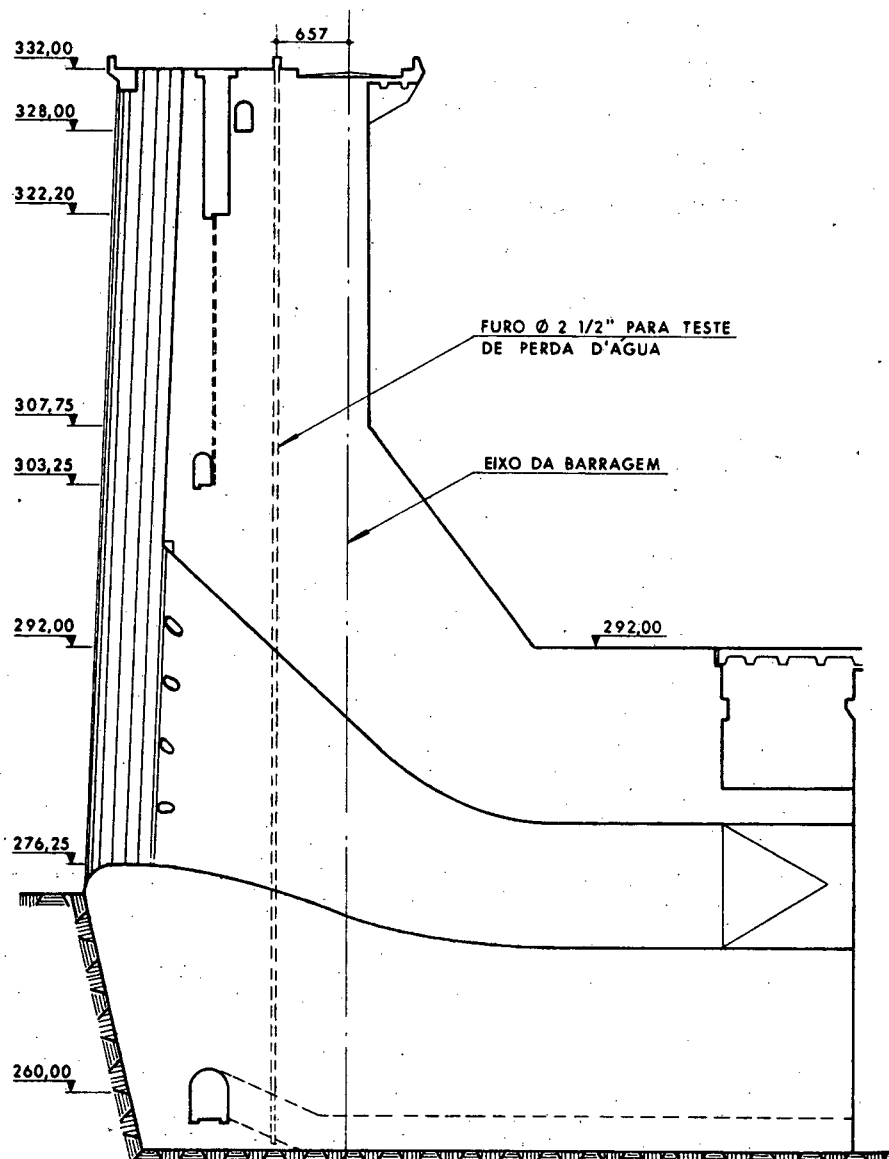
4.4.3 - Ensaios de perda d'água em furos verticais - segunda série.

Atendendo a solicitação do relatório dos consultores de 06/03/72, foi efetuada nova série de ensaios de perda d'água em furos verticais nos blocos ainda não ensaiados.

Estabeleceu-se fazer dois furos de ensaios Ø 2 1/2" para cada bloco, com profundidade de aproximadamente 1,0m acima da cota da fundação. A locação dos furos está indicada no desenho da folha seguinte. Os blocos escolhidos para ensaio foram: TA-6, TA-7, TA-8, TA-9, TA-11, TA-12 e TA-14, em nenhum deles se constatou perda d'água. Em virtude disso, optou-se pela não execução de ensaios para os demais blocos restantes. A pressão de ensaio foi a mesma do item 4.4.2.



Planta



Corte

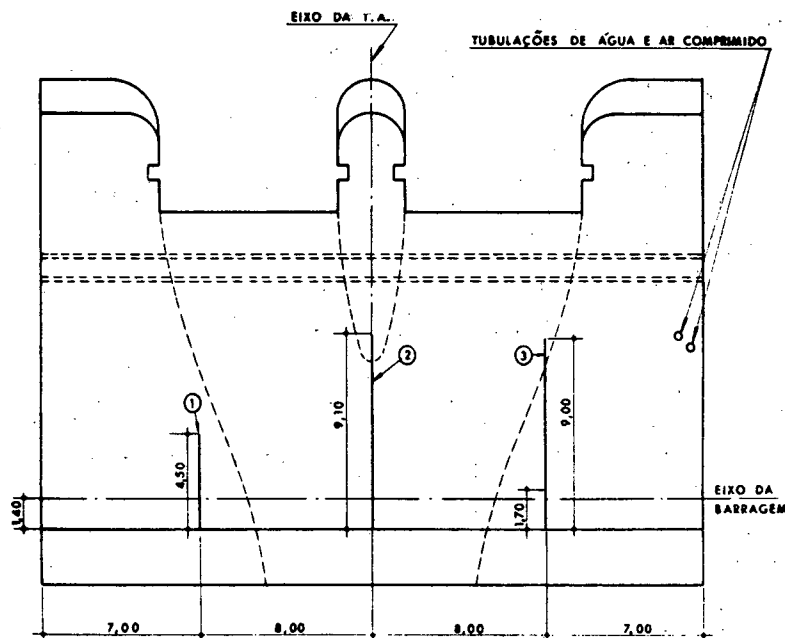
Furos para Ensaio de Perda D'Água — 2ª Série

4.4.4 - Execução de furos horizontais de $\varnothing = 8"$ com retirada de testemunhos.

Também em atendimento ao relatório citado, programou-se outra série de furos horizontais de $\varnothing = 8"$ para retirada de testemunhos de furos horizontais dos seguintes blocos:

- TA-05, cota 307,75 - três furos;
- TA-09, cota 289,25 - dois furos;
- TA-13, cota 296,50 - dois furos.

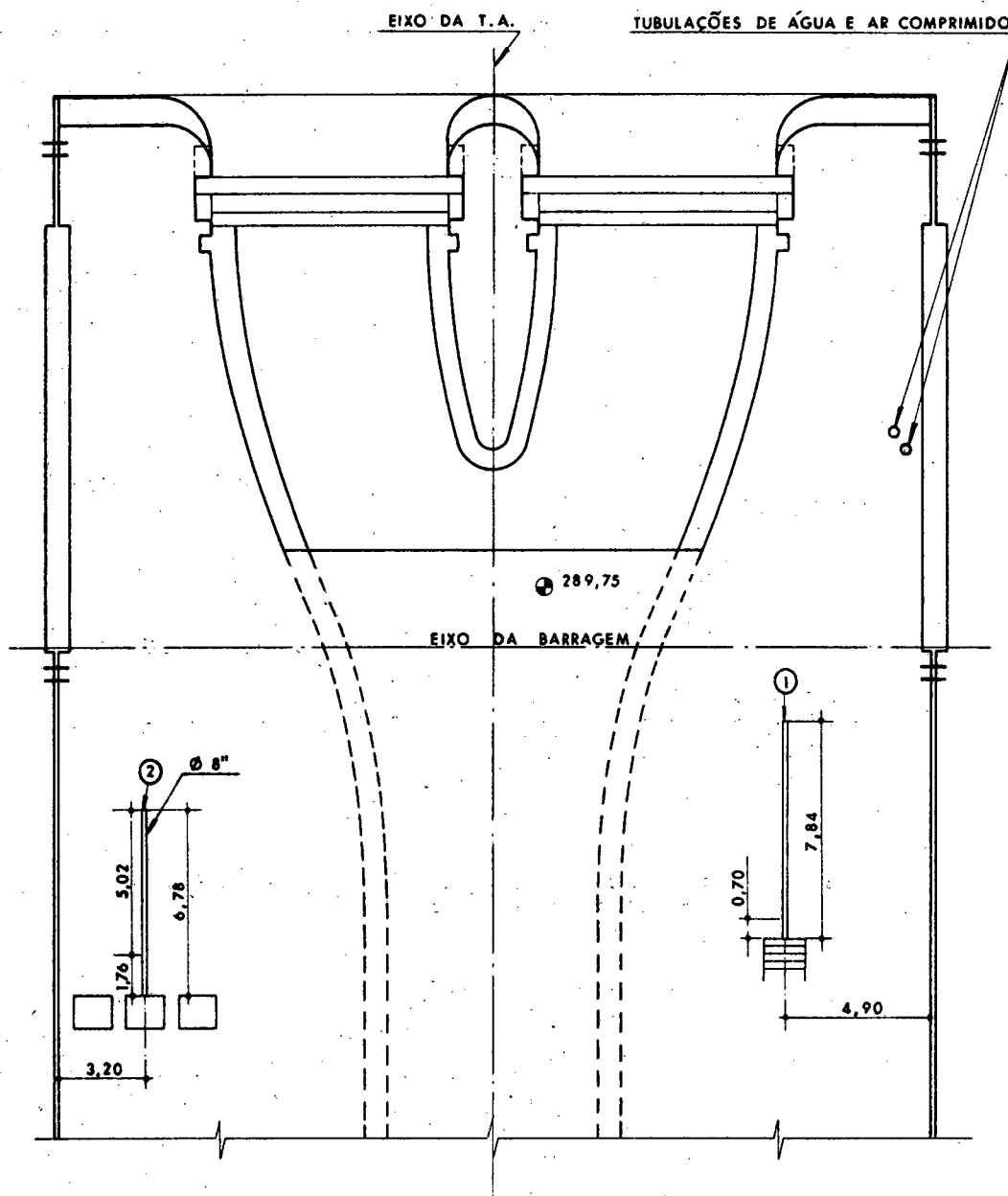
A locação dos furos e as condições dos testemunhos estão indicados nos desenhos das folhas seguintes. Todos os testemunhos dos blocos TA-5, TA-13 e o furo da TA-9, foram vistos pelo Professor Roy W. Carlson, que concluiu que a expansão térmica não seria suficiente para causar os defeitos observados nas juntas.



T. A. 5 - Planta na Cota 307,75

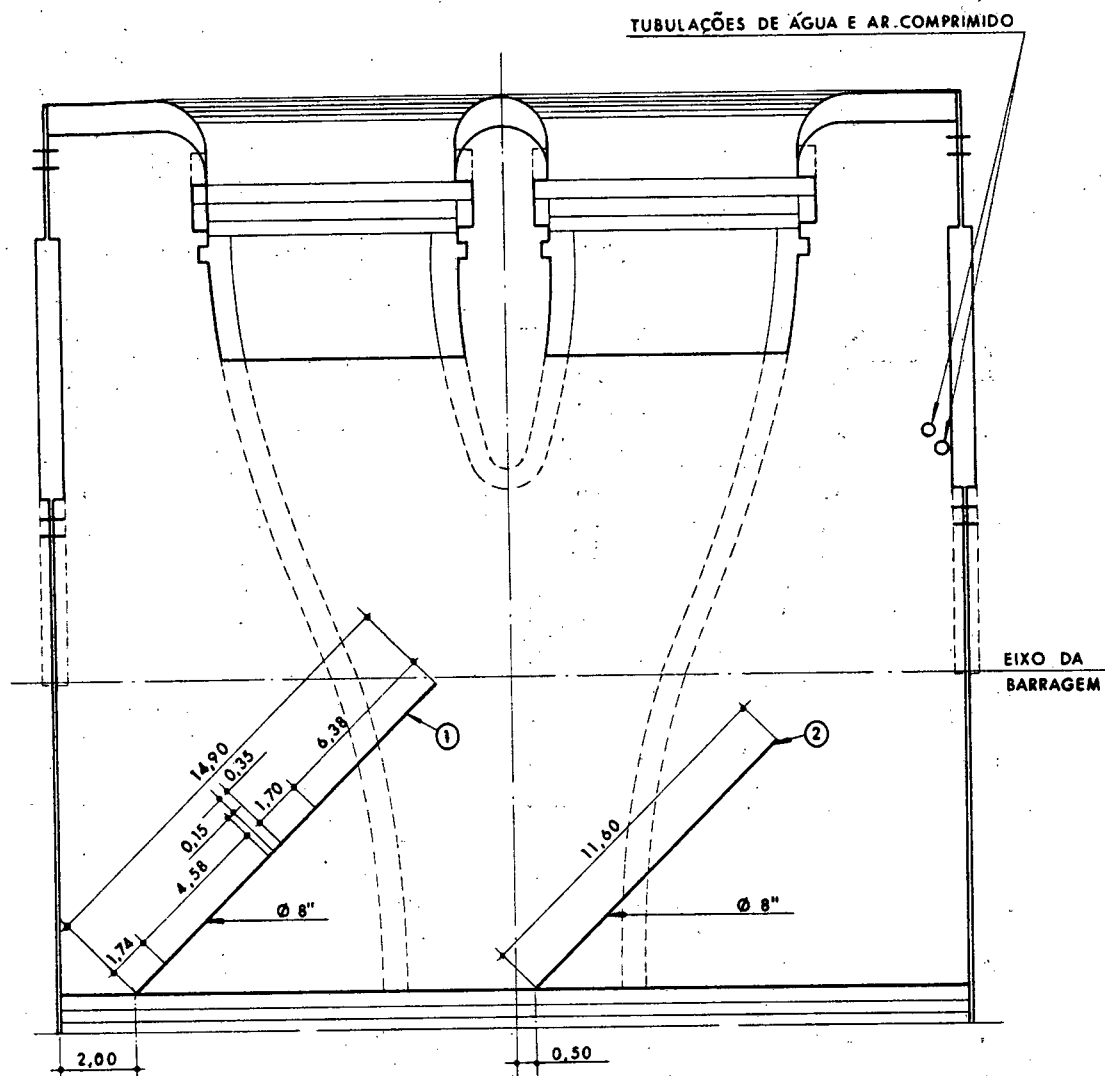
OBS: Furos 1 e 2 não quebraram na junta

Furo 3 de 0 a 1,70m, testemunhos não quebraram na junta
de 1,70 a 9,00m, testemunhos quebraram na junta



T. A. 9 — Planta na Cota 289,75

OBS: FURO ① DE 0 A 0,70m, TESTEMUNHOS NÃO QUEBRARAM NA JUNTA
DE 0,70 A 7,84m, TESTEMUNHOS QUEBRARAM NA JUNTA
FURO ② DE 0,0 A 1,76m, TESTEMUNHOS NÃO QUEBRARAM NA JUNTA
DE 1,76 A 6,78m, TESTEMUNHOS QUEBRARAM NA JUNTA



T. A. 13 — Planta na Cota 296,50

OBS: FURO ① DE 0 A 1,74m, TESTEMUNHOS NÃO QUEBRARAM NA JUNTA
DE 1,74 A 6,32m, TESTEMUNHOS QUEBRARAM NA JUNTA
DE 6,32 A 6,47m, TESTEMUNHOS NÃO QUEBRARAM NA JUNTA
DE 6,47 A 6,82m, TESTEMUNHOS QUEBRARAM NA JUNTA
DE 6,82 A 8,52m, TESTEMUNHOS NÃO QUEBRARAM NA JUNTA
DE 8,52 A 14,90m, TESTEMUNHOS QUEBRARAM NA JUNTA
FURO ② DE 0 A 11,60m, TESTEMUNHOS QUEBRARAM NA JUNTA

4.4.5 - Ensaios de resistência ao atrito entre as juntas de concretagem.

De conformidade com a solicitação da Projetista, foram executados ensaios para avaliação da resistência ao atrito entre a superfície previamente orientada, simulando "juntas de concretagem". Para isso foram preparados cinco

tipos de juntas de concretagem em corpos de prova prismáticos de 50 x 50cm de largura por 100cm de altura, localizados a meia altura com inclinação de 1:5.

Tipos de juntas:

- Junta sem tratamento;
- Junta alisada sem tratamento;
- Junta tratada por jato d'água a alta pressão;
- Junta com excesso de corte com argamassa entre as camadas;
- Junta sem tratamento e com areia fina entre as camadas.

O teste de escorregamento de cada tipo de junta foi executado com três cargas verticais diferentes: 0,0 , 1,0 , 7,0kg/cm². Os resultados dos ensaios estão na tabela abaixo.

Resultado do Teste de Resistência ao Deslizamento												
JUNTA TIPO	CARGA VERTICAL kg	PESO PRÓPRIO kg	TOTAL VERTICAL kg	HORIZONTAL kg	NORMAL kg	TANGENCIAL kg	ÁREA cm ²	τ	σ	COEFICIENTE DE ATRITO	MÉDIA DO COEFICIENTE DE ATRITO	ÂNGULO DE ATRITO (aproximado)
SEM TRATAMENTO	0	333	333	5.560	1.417	5.389	48 x 50 = 2400	0,59	2,25	3,81	-	-
SEM TRATAMENTO	0	333	333	2.680	852	2.564	48 x 49,5=2376	0,36	1,08	3,00	3,40	74º
SEM TRATAMENTO	2.500	333	2.833	13.125	5.351	12.321	48 x 49 = 2352	2,28	5,24	2,30	-	-
SEM TRATAMENTO	2.500	333	2.833	15.600	5.836	14.749	48 x 50 = 2400	2,43	6,15	2,53	2,41	67º
SEM TRATAMENTO	17.500	333	17.833	45.400	26.392	41.042	48 x 49 = 2352	11,2	17,4	1,55	-	-
SEM TRATAMENTO	17.500	333	17.833	47.800	26.863	43.397	48 x 49,5=2376	11,3	18,3	1,62	1,58	58º
ALISADA E SEM TRATAMENTO	0	333	333	3.680	1.048	3.545	48 x 50 = 2400	0,44	1,48	3,36	-	-
ALISADA E SEM TRATAMENTO	0	333	333	4.000	111	3.859	48 x 50 = 2400	0,46	1,61	3,50	3,43	74º
ALISADA E SEM TRATAMENTO	2.500	333	2.833	13.900	5.501	13.081	48 x 49,5=2376	2,32	5,51	2,38	-	-
ALISADA E SEM TRATAMENTO	2.500	333	2.833	8.240	4.394	7.528	48 x 48,5=2328	1,89	3,23	1,71	2,04	64º
ALISADA E SEM TRATAMENTO	17.500	333	17.833	39.200	25.177	34.960	48 x 50 = 2400	10,5	14,6	1,39	-	34º
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COM AREIA	0	333	333	5.040	1.315	4.879	48 x 48,5=2328	0,56	2,10	3,75	-	-
COM AREIA	0	333	333	3.680	1.048	3.545	48 x 48,5=2328	0,45	1,52	3,38	3,57	74º
COM AREIA	2.500	333	2.833	12.500	5.229	11.708	48 x 48,5=2328	2,25	5,03	2,24	-	-
COM AREIA	2.500	333	2.833	13.900	5.501	13.081	48 x 49 = 2352	2,34	5,56	2,38	2,31	67º
COM AREIA	17.500	333	17.833	43.800	26.079	39.473	48 x 49 = 2352	11,1	16,8	1,51	-	-
COM AREIA	17.500	333	17.833	54.800	28.235	50.264	48 x 49,5=2376	11,9	21,2	1,78	1,64	59º
* FISSUROU DURANTE A PREPARAÇÃO τ = NORMAL ÁREA σ = TANGENCIAL ÁREA												

4.4.6 - Ensaios de resistência do atrito entre as juntas de concretagem após a sua injeção.

Para execução desse ensaio, foram escolhidos somente dois tipos de juntas, as do tipo "b" e "e" (item 4.4.5) com três e quatro corpos de prova respectivamente. A injeção foi feita com calda de cimento A/C = 0,9 (item 4.4.7) e ensaiada após vinte e oito dias. Os resultados encontram-se na tabela abaixo:

Resultado do Teste de Resistência ao Deslizamento									
JUNTA TIPO	CARGA VERTICAL kg	CARGA HORIZONTAL kg	NORMAL kg	TANGENCIAL kg	ÁREA cm ²	τ	σ	COEFICIENTE DE ATRITO	ÂNGULO DE ATRITO (aproximado)
ALISADA	333	14.100	3.091	13.767	2.400	1,29	5,74	4,45	77º20'
ALISADA	2.833	34.300	9.502	33.093	2.400	3,96	13,79	3,48	74º
ALISADA	17.833	36.400	24.628	32.213	2.400	10,26	13,42	1,31	52º40'
COM AREIA	333	14.100	3.091	13.767	2.400	1,29	5,74	4,45	77º20'
COM AREIA	2.833	34.300	9.502	33.093	2.400	3,96	13,79	3,48	74º
COM AREIA	2.833	19.900	6.679	18.967	2.400	2,78	7,90	2,84	70º40'
COM AREIA	17.833	28.500	23.080	24.464	2.400	9,62	10,19	1,06	46º40'
* RUPTURA DE CONCRETO τ = $\frac{\text{NORMAL}}{\text{ÁREA}}$ σ = $\frac{\text{TANGENCIAL}}{\text{ÁREA}}$ CARGA VERTICAL = PESO PRÓPRIO + TENSÃO									

4.4.7 - Estudo de materiais para injeção das juntas.

Foram feitos ensaios de diversos produtos para se encontrar um material de boa injetabilidade dadas as pequenas aberturas das juntas. Esse material deveria possuir fluidez próxima a da água e ser impermeável e resistente após injetado.

Os produtos ensaiados foram:

- Silicato de sódio, aluminato de sódio e acetado de etila - (mesmos fornecedores)
- Colma - injeção - Sika S/A;
- Compound - injeção - Otto Baumgart S/A;
- Resinas Elásticas - Simmast Distribuidora Ltda;
- Araldite - Ciba;
- Cimento de alta finura + diatomito (+ 4500 Blaine)

Da relação desses materiais, o que melhor atendeu as necessidades foi a calda de cimento, cuja dosagem e características principais são apresentadas abaixo:

- Cimento de alta finura ($6.000\text{cm}^2/\text{g}$ - Blaine) = 70% (volume);
- Diatomito ($12.000\text{cm}^2/\text{g}$ - Blaine) = 30% (volume);
- Relação A/C = 0,9;
- Retardador em relação ao cimento + diatomito = 0,1%;
- Expansor (pó de alumínio em relação ao cimento + diatomito) = 0,009%;
- Tempo de escoamento 8,28 segundos;
- Viscosidade : 13 centipoise;
- Tempo de pega : 12 horas;
- Estabilidade : expansão controlada de 1 a 3%;
- Densidade : $1,55\text{t}/\text{m}^3$;

- Resistência à compressão simples:

- Três dias : 49kg/cm²;
- Sete dias : 92kg/cm²;
- Vinte e oito dias : 192kg/cm²;

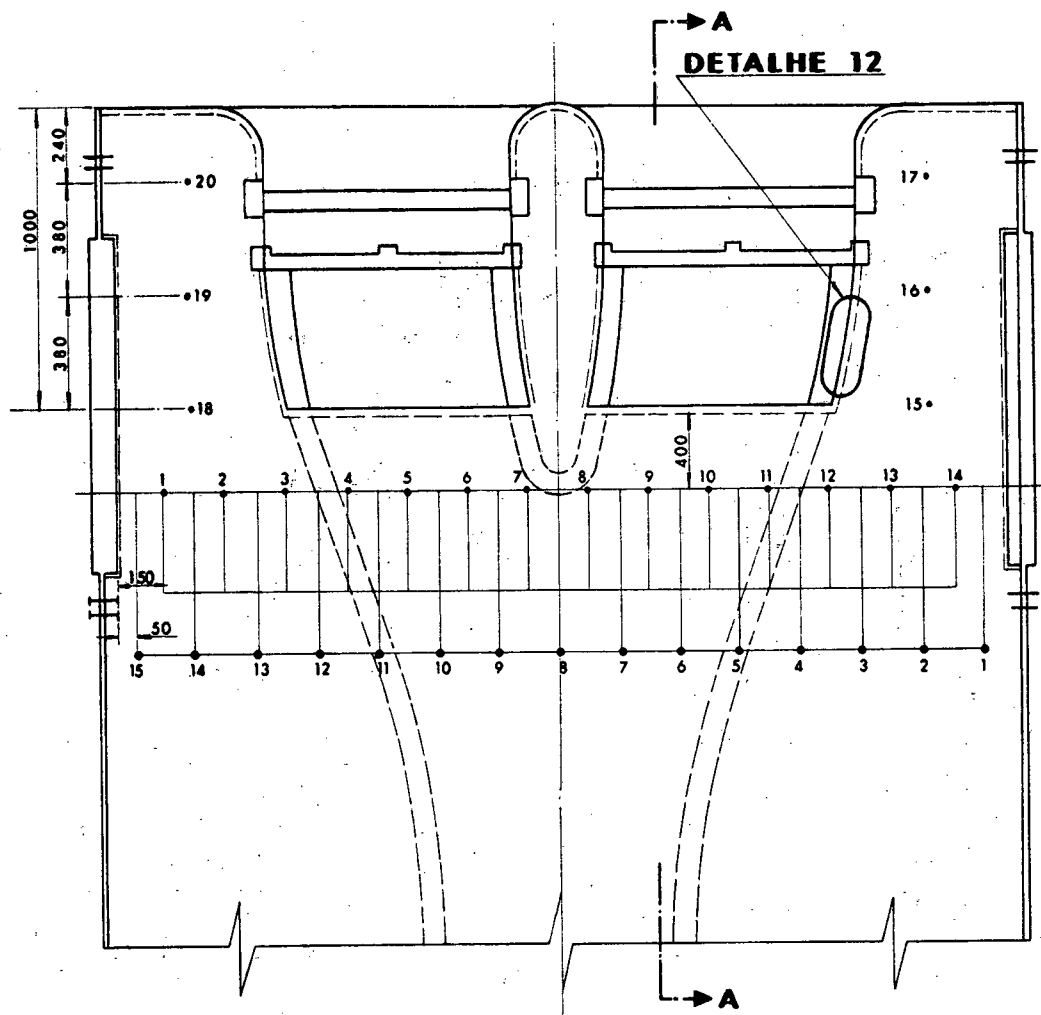
4.4.8 - Considerações.

Após analisar o problema, a firma projetista concluiu que as juntas da TA-9 (entre as camadas 14 e 15, cota 289,75) e da TA-13 (entre as camadas 17 e 18, cota 296,50) deveriam ser recuperadas, sendo a TA-9 através de protensão e a da TA-13 por injeção com calda de cimento.

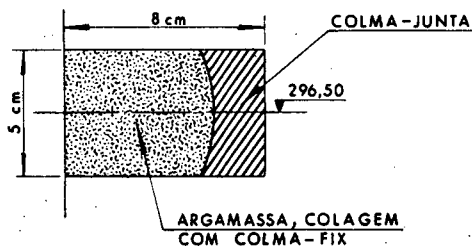
4.4.9 - Tratamento da junta da TA-13 entre as camadas 17 e 18, cota 296,50.

O tratamento foi feito através de injeção de calda de cimento especificado no item 4.4.7, conforme a descrição abaixo:

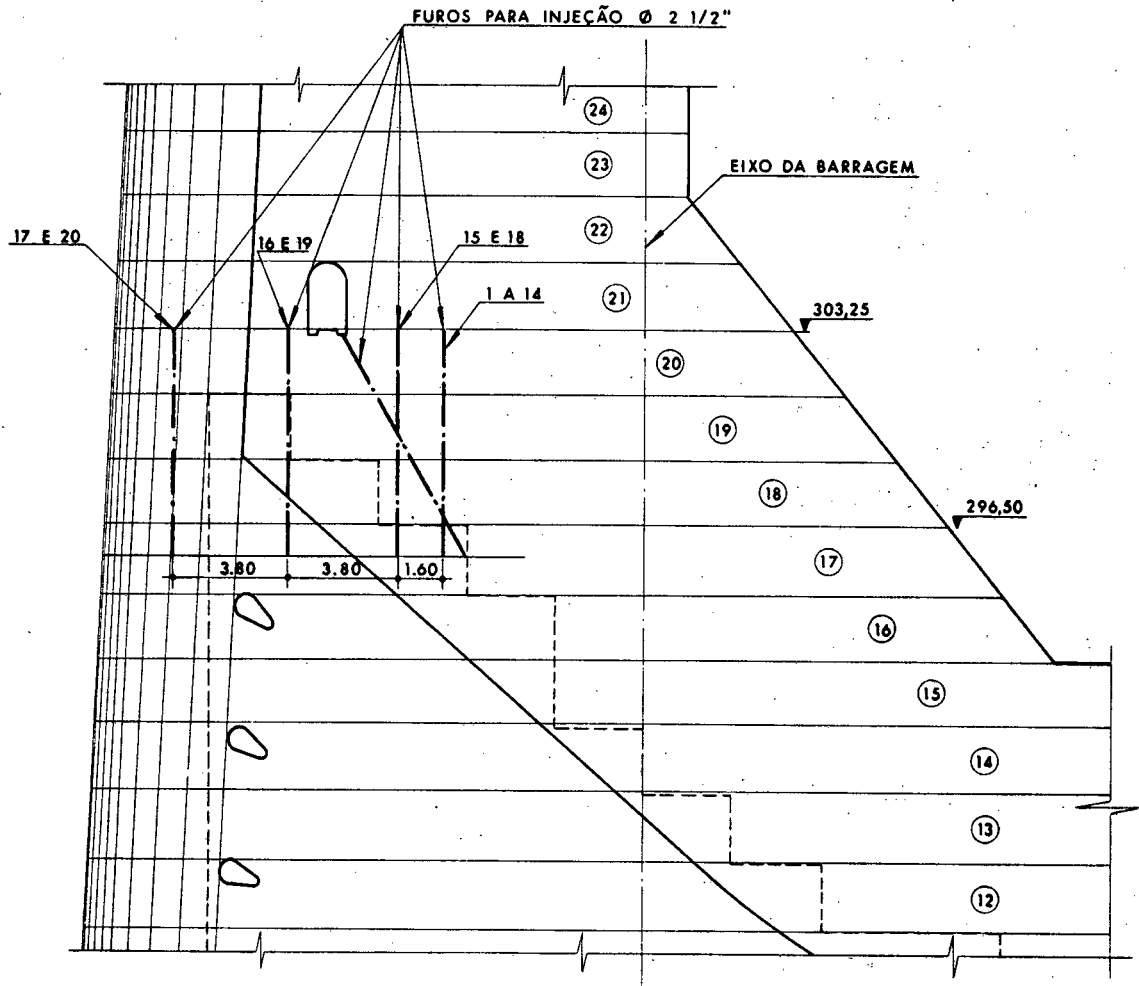
- a) Perfuração de vinte furos $\emptyset = 2 \frac{1}{2}$ " com profundidade até 1m abaixo da junta em questão, a partir da cota 303,25, conforme desenhos das folhas seguintes.
- b) Inicialmente injetou-se os furos de nºs 15 a 20 e após, os de nºs 01 a 14 com pressão máxima de 1,5kg/cm². Verificou-se que a quantidade de calda injetada era equivalente ao volume dos furos;
- c) Perfuração de quinze drenos inclinados com $\emptyset 2 \frac{1}{2}$ ", cujos ensaios de perda d'água desses drenos depois da junta injetada, mostraram perda d'água menor que 0,1l/minuto, conforme desenhos a seguir.



Planta do T.A. 13 Cota 296,50



Detalhe 12



Corte A-A

4.4.10 - Protensão do bloco TA-9.

A solidarização das camadas desse bloco foi feita através da aplicação de vinte e sete cabos de protensão, tipo VSL-E-5.31 distribuídos na estrutura de acordo com as especificações e projetos nºs:

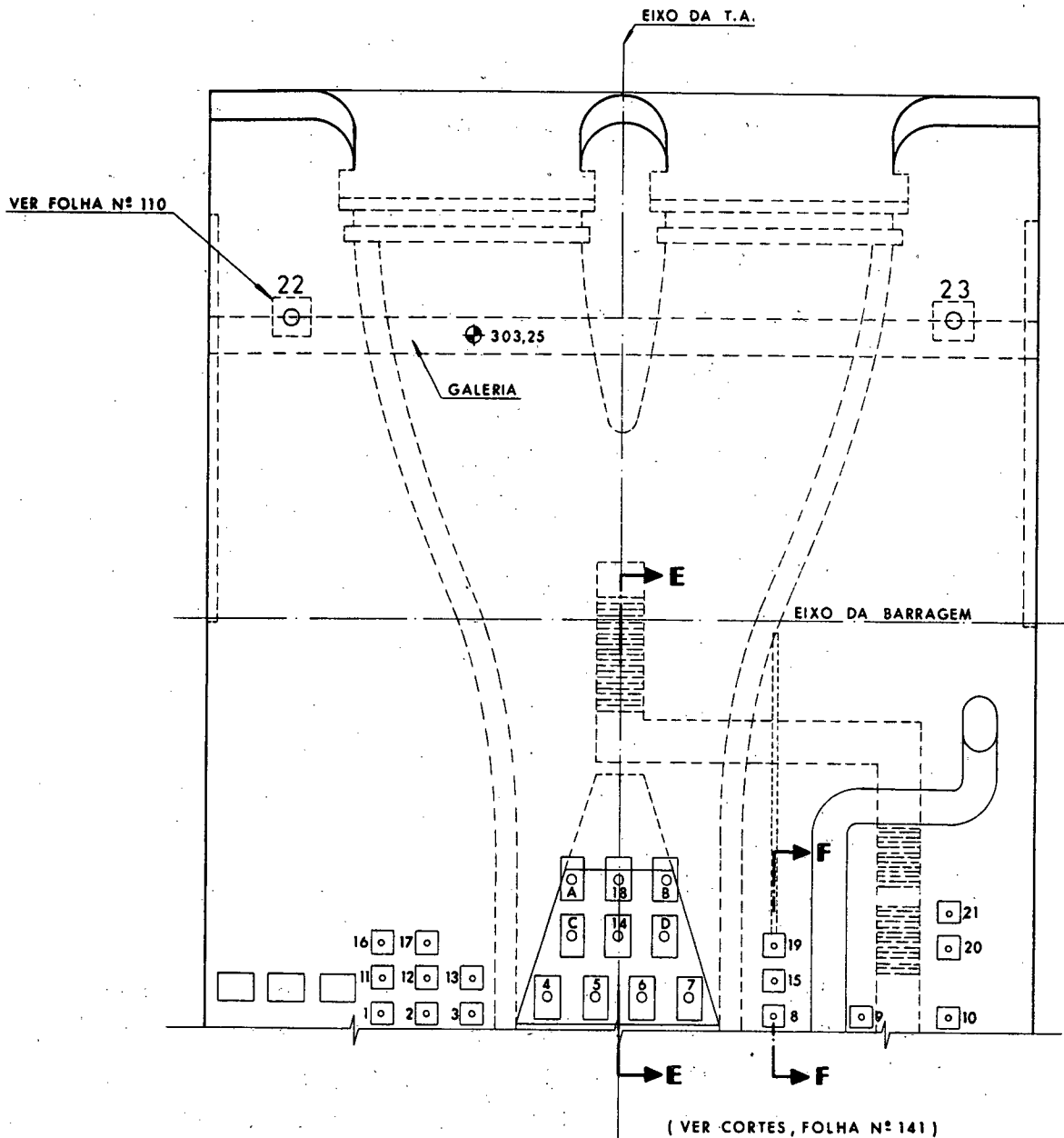
Especificações:

- UIS.THG - A4 - 1166;
- UIS.THG - A4 - 1078;
- UIS.THG - A4 - 0856;
- UIS.THG - A1 - 1733.

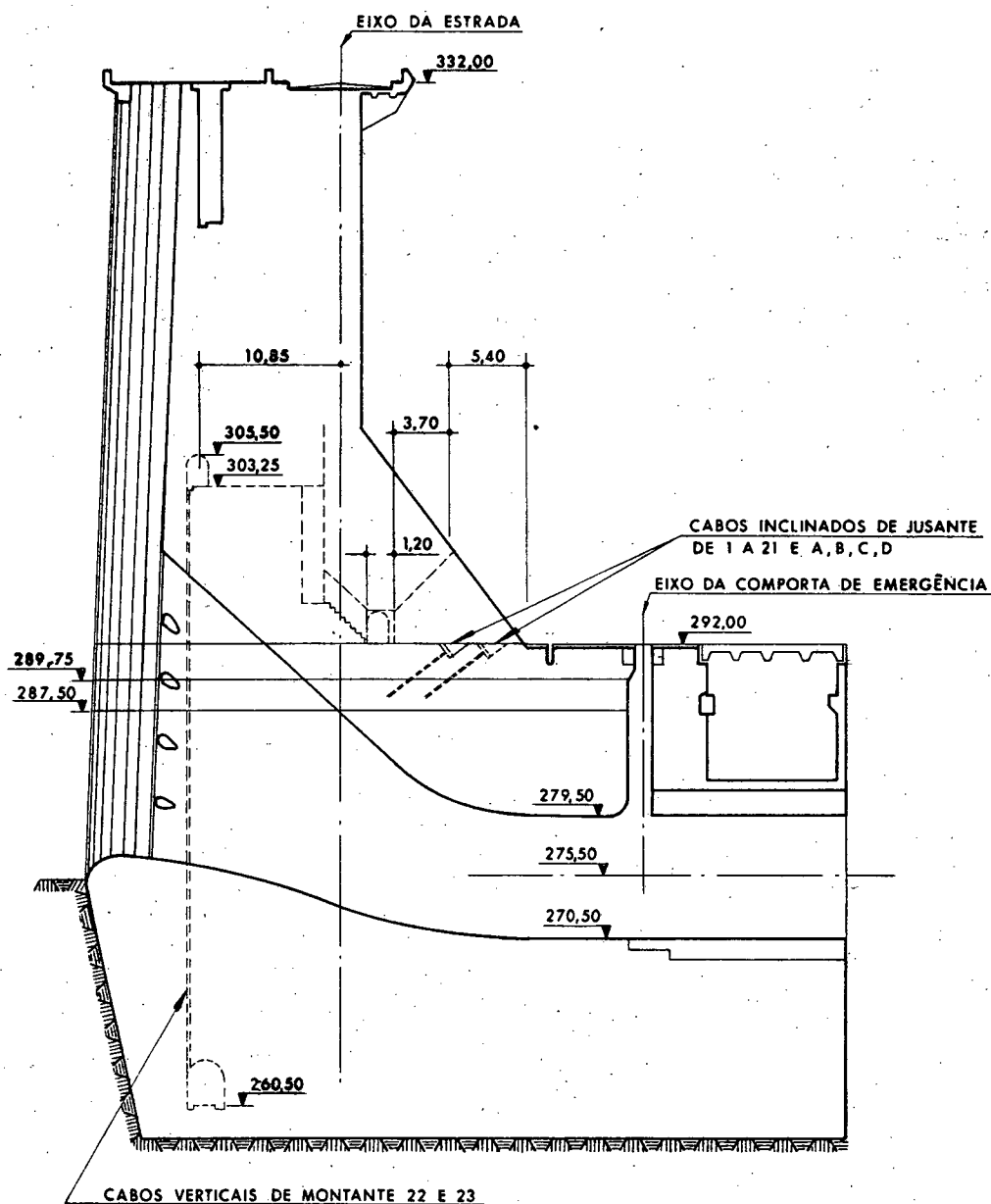
Desenhos:

- UIS.THG - A1 - 1623;
- UIS.THG - A1 - 1721;
- UIS.THG - A1 - 1936;
- UIS.THG - A1 - 1937;
- UIS.THG - A1 - 2024;
- UIS.THG - A1 - 0511;
- UIS.THG - A1 - 1585;
- UIS.THG - A1 - 1733.

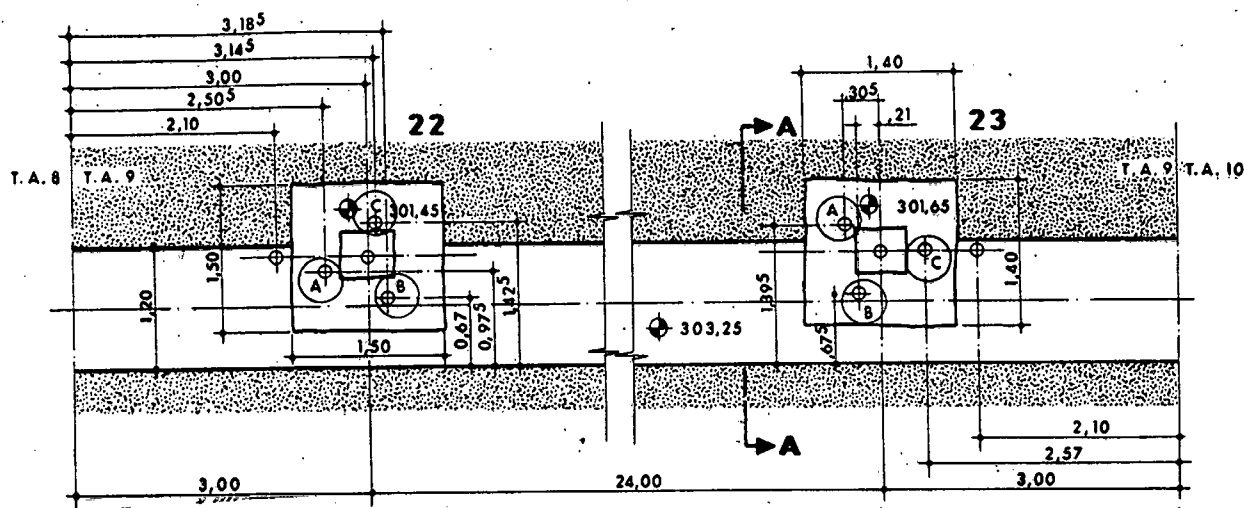
Na parte montante do bloco, foram colocados dois cabos, os de nºs 22 e 23 denominados cabos verticais e na parte da jusante os vinte e cinco cabos restantes, chamados de cabos inclinados, conforme desenhos das folhas seguintes.



Planta de Locação dos Cabos de Protensão



Locação dos Cabos de Protensão T.A.-9



Detalhe de Locação dos Cabos 22 e 23

a) Cabos verticais de montante.

Os cabos de montante são compostos de noventa e três cordoalhas de 1/2" cada um, subdivididos em três sub-cabos de trinta e uma cordoalhas. A força de protensão aplicada foi de trezentas e sessenta e seis toneladas em cada sub-cabo perfazendo um total de mil e noventa e oito toneladas. A aplicação desses cabos no interior da estrutura, foi conseguida através dos tubos de aerção $\varnothing = 40\text{cm}$ existentes entre as galerias de cotas 260,50 e 303,25, conforme desenho da folha anterior.

Para locação dos cabeçotes de ancoragem das cordoalhas, houve necessidade de se efetuar rompimento do concreto na parte superior e inferior do tubo, conforme desenho das folhas nº 113 e nº 114. Na parte superior, foi concretado um bloco armado contendo três cabeçotes da ancoragem ativa tipo V.S.L., três segmentos de tubos de bainha com 7m de comprimento e oito tubos de injeção, conforme desenho da folha nº 115. A resistência do concreto aplicado foi de $f_{ck} = 280 \text{ kg/cm}^2$ aos sete dias com Slump de 13 ± 1 .

Na parte inferior do tubo, trecho da ancoragem passiva, as cordoalhas foram ancoradas por aderência através de injeção de calda de cimento aplicada de baixo para cima num comprimento de 6m, denominada de injeção primária. Para maior segurança dessa ancoragem, optou-se também pela colocação de três cabeçotes do mesmo tipo, apoiados sobre uma placa de aço posicionada na extremidade inferior, conforme desenho da folha nº 116.

A injeção desses cabos, com calda de cimento foi executada em duas etapas:

- A injeção da ancoragem passiva foi executada com calda de cimento $A/C = 0,40$, com 0,8% de expansor Intracrete. Para essa injeção foram colocados dois tubos na parte inferior do cabo, sendo um para tomada de calda e o outro para controle da altura de 6m, chamado de tubo de alarme. Esses tubos receberam respectivamente os nºs I e II, conforme desenho da folha nº 116.

O equipamento usado foi uma bomba injetora manual. Por medida de segurança, contra a fuga da calda, fez-se inicialmente a injeção de enchimento para vedação da parte inferior dos cabos, com ensaio de perda d'água.

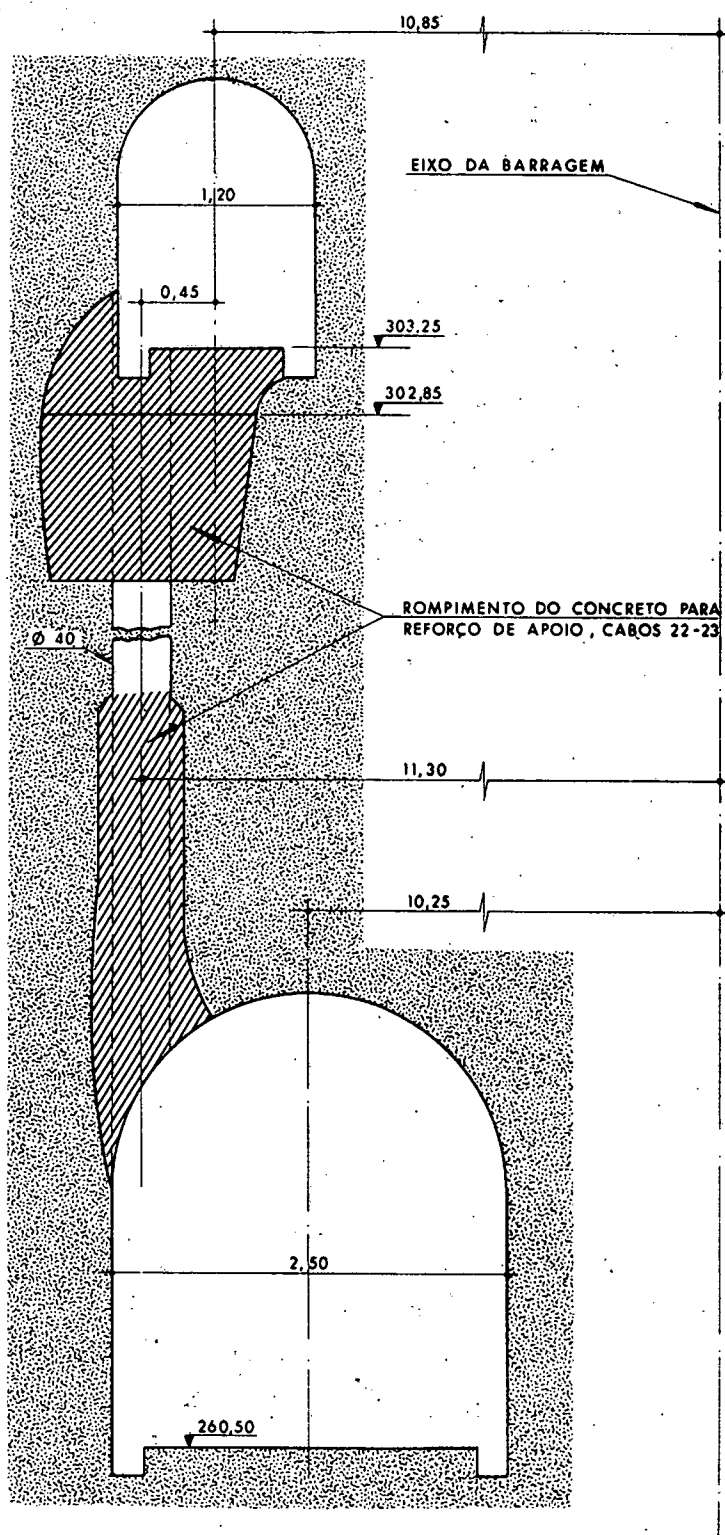
- A injeção do cabo já protendido foi executada pela extremidade superior com calda de cimento A/C = 0,45, com 0,8% de expensor Intracrete.

A colocação dos tubos, respiros e tomadas de injeção, obedeceram o seguinte esquema:

Colocação de cinco tubos distribuídos no perímetro interno do tubo de concreto com as suas extremidades defasadas de 7,70m. Essa medida visou dar melhor segurança à injeção de enchimento do cabo, visto que a calda ascensional passaria por cada uma dessas extremidades. Esses tubos foram chamados de respiros nº III.

Colocação de um tubo no interior do tubo bainha de cada sub-cabo chamados de respiros nº IV, para segurança da reinjeção de complementação, caso a calda não fluísse pelos respiros dos próprios cabeçotes chamados de respiros nº V, conforme desenho da folha nº 115.

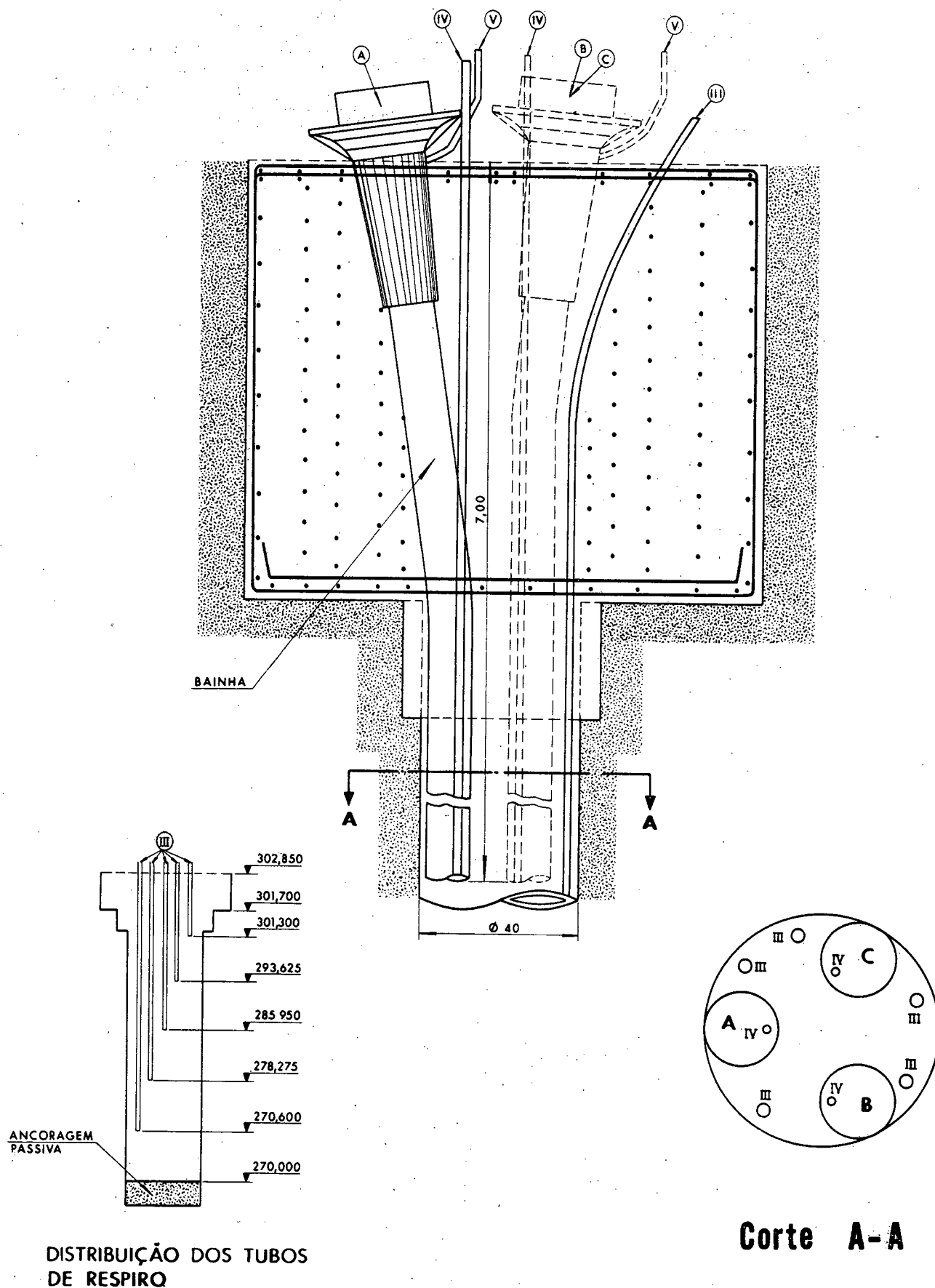
O controle da protensão desses cabos está registrado nos desenhos e fotos das folhas seguintes.



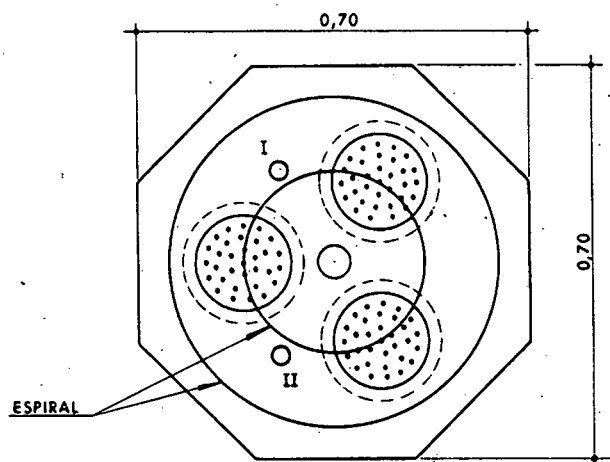
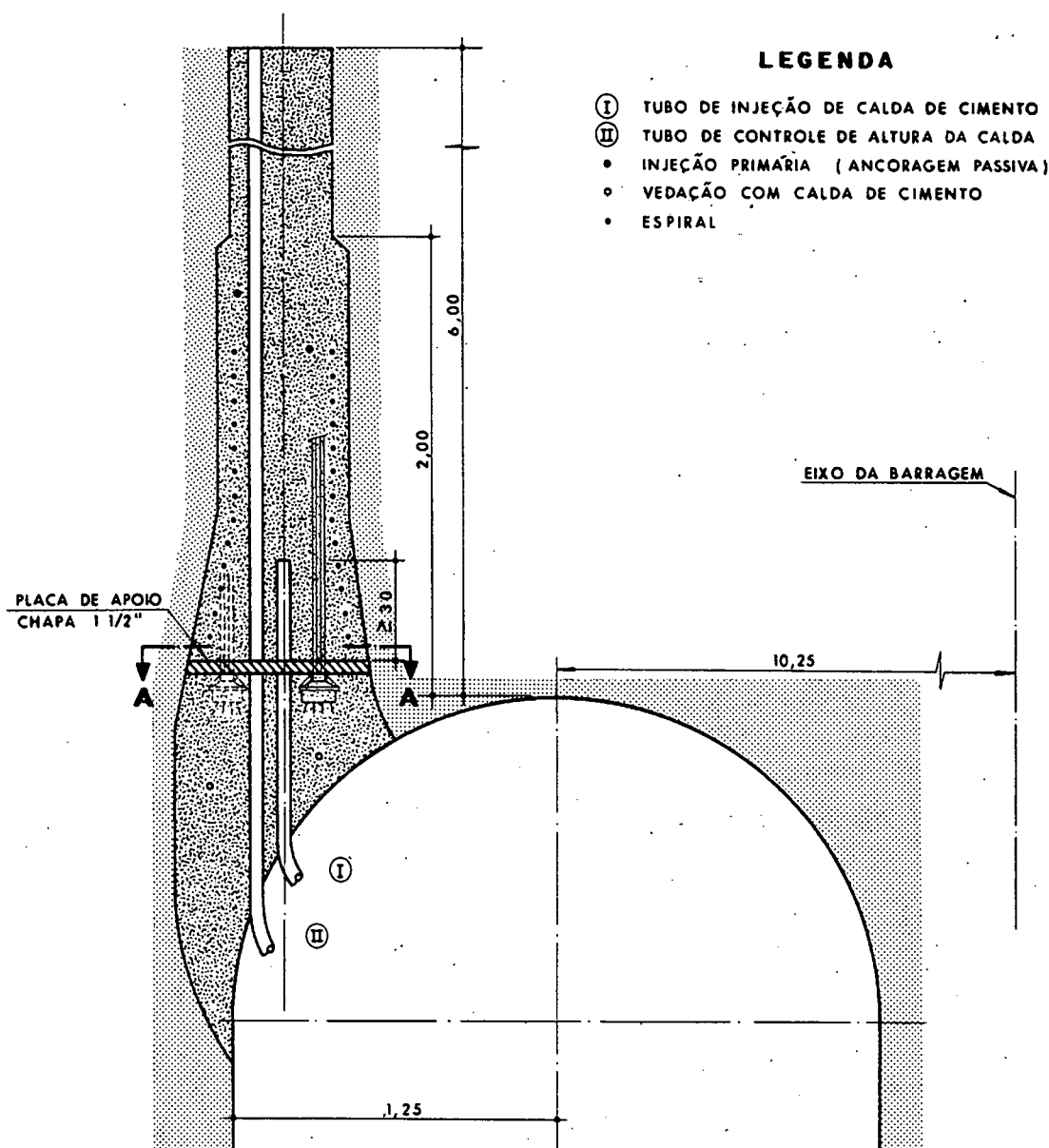
Corte A-A



114



Posição dos Cabeçotes e Tubos de Injeção na Parte Superior dos Cabos 22 e 23



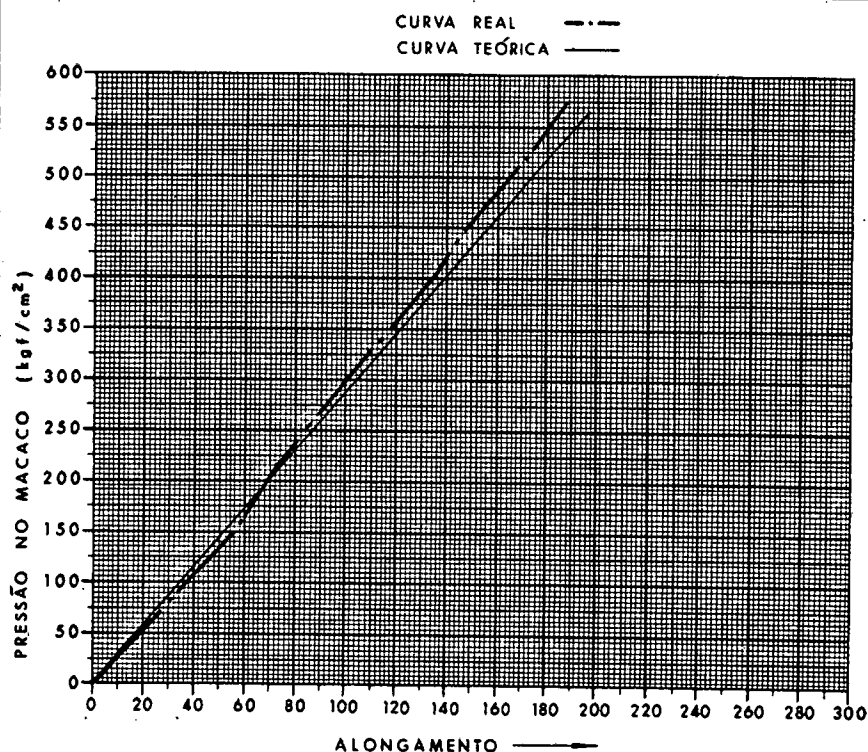
Corte A-A

Ancoragem Passiva na Parte Inferior dos Cabos

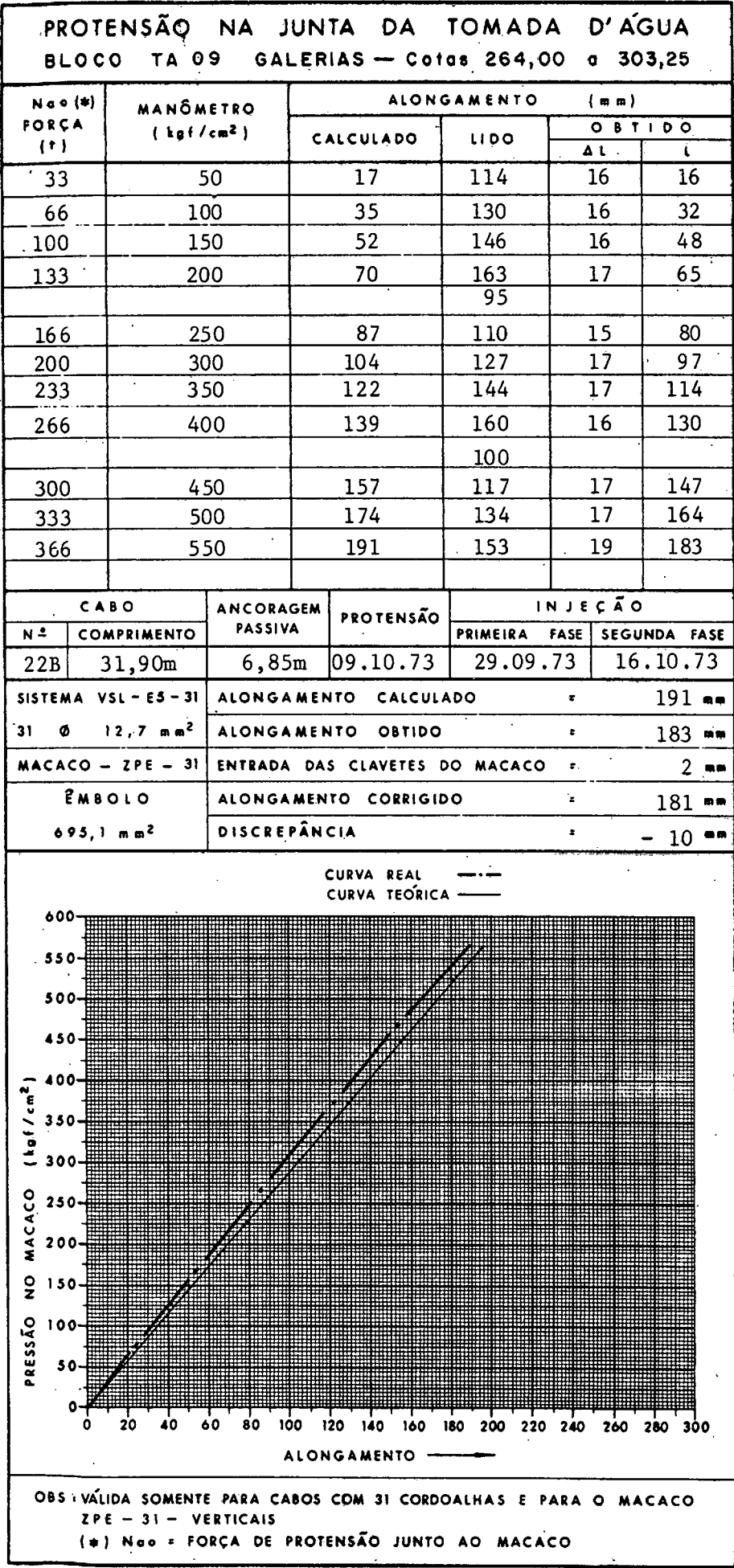
PROTENSÃO NA JUNTA DA TOMADA D'ÁGUA
BLOCO TA 09 GALERIAS — Cotas 264,00 a 303,25

Nº (#) FORÇA (t)	MANÔMETRO (kgf/cm²)	ALONGAMENTO (mm)			
		CALCULADO	LIDO	OBTIDO	
				ΔL	l
33	50	17	122	18	18
66	100	35	140	18	36
100	150	52	158	18	54
			100		
133	200	70	114	14	68
166	250	87	130	16	84
200	300	104	147	17	101
233	350	122	163	16	117
			94		
266	400	139	111	17	134
300	450	157	126	15	149
333	500	174	142	16	165
366	550	191	157	15	180

CABO		ANCORAGEM PASSIVA	PROTENSÃO	INJEÇÃO	
Nº	COMPRIMENTO			PRIMEIRA FASE	SEGUNDA FASE
22A	31,90m	6,85m	09.10.73	29.09.73	16.10.73
SISTEMA VSL - E5 - 31		ALONGAMENTO CALCULADO		= 191 mm	
31 Ø	12,7 mm²	ALONGAMENTO OBTIDO		= 180 mm	
MACACO - ZPE - 31		ENTRADA DAS CLAVETES DO MACACO		= 2 mm	
ÊMBOLO		ALONGAMENTO CORRIGIDO		= 178 mm	
695,1 mm²		DISCREPÂNCIA		= - 13 mm	

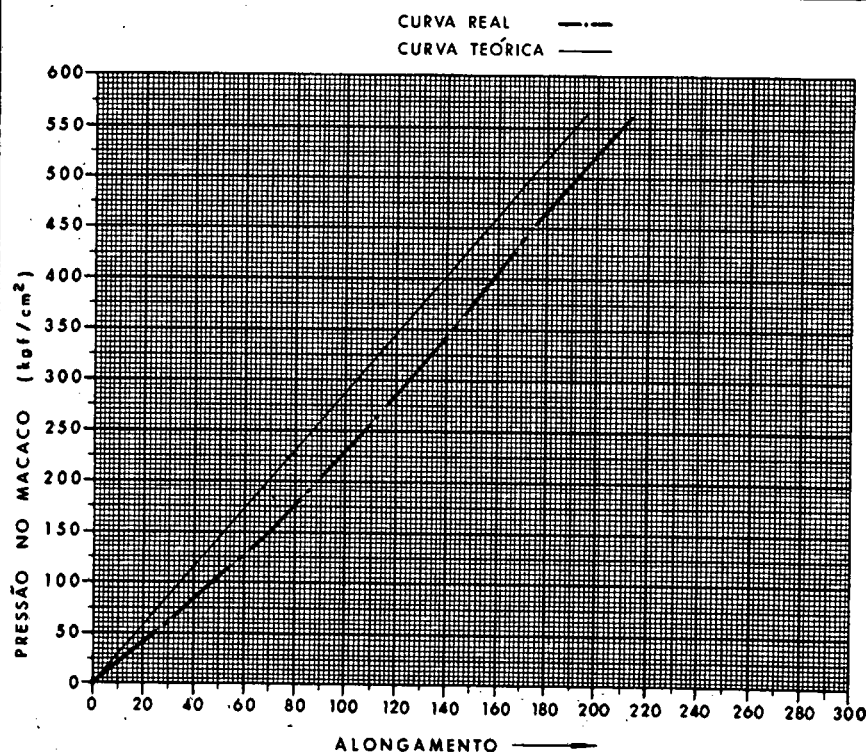


OBS: VÁLIDA SOMENTE PARA CABOS COM 31 CORDOALHAS E PARA O MACACO
ZPE - 31 - VERTICAIS
(*) Nao = FORÇA DE PROTENSÃO JUNTO AO MACACO



PROTENSÃO NA JUNTA DA TOMADA D'ÁGUA
BLOCO TA 09 GALERIAS — Cotas 264,00 e 303,25

Nº (*) FORÇA (t)	MANÔMETRO (kgf/cm²)	ALONGAMENTO (mm)			
		CALCULADO	LIDO	OBTIDO	
				ΔL	L
33	50	17	111	24	24
66	100	35	135	24	48
100	150	52	157	22	70
			88		
133	200	70	106	18	88
166	250	87	124	18	106
200	300	104	141	17	123
233	350	122	159	18	141
			90		
266	400	139	106	16	157
300	450	157	123	17	174
333	500	170	140	17	191
366	550	191	157	17	208
CABO		ANCORAGEM PASSIVA	PROTENSÃO	INJEÇÃO	
Nº	COMPRIMENTO			PRIMEIRA FASE	SEGUNDA FASE
22C	31,90m	6,85m	11.10.73	29.09.73	16.10.73
SISTEMA VSL - E5 - 31		ALONGAMENTO CALCULADO		= 191 mm	
31 Ø 12,7 mm²		ALONGAMENTO OBTIDO		= 208 mm	
MACACO - ZPE - 31		ENTRADA DAS CLAVETES DO MACACO		= 2 mm	
ÊMBOLO		ALONGAMENTO CORRIGIDO		= 206 mm	
695,1 mm²		DISCREPÂNCIA		= + 15 mm	



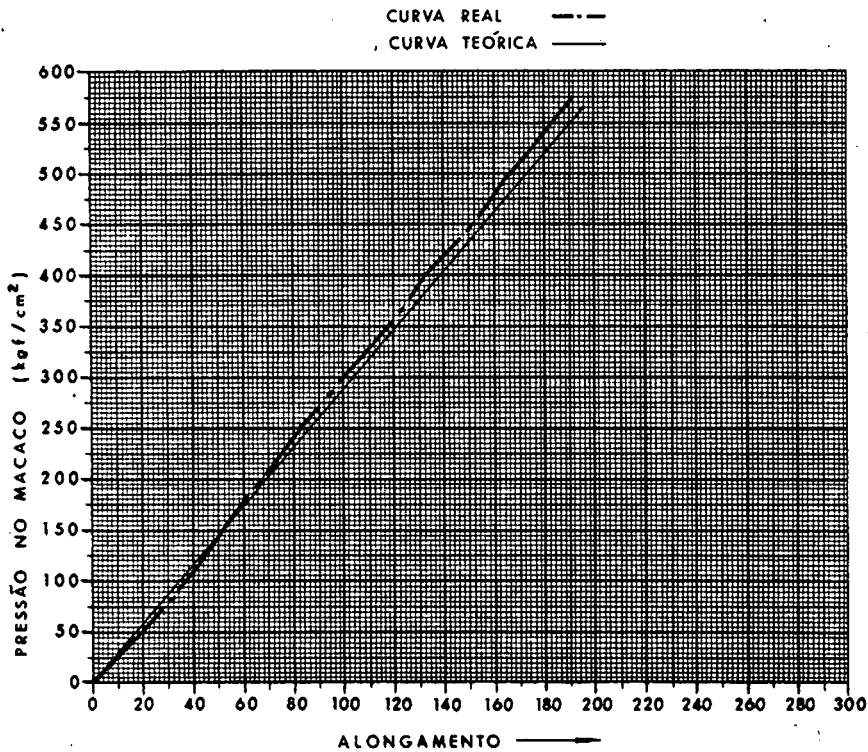
OBS: VÁLIDA SOMENTE PARA CABOS COM 31 CORDOALHAS E PARA O MACACO
ZPE - 31 - VERTICAIS
(*) Nº = FORÇA DE PROTENSÃO JUNTO AO MACACO

PROTENSÃO NA JUNTA DA TOMADA D'ÁGUA
BLOCO TA 09 GALERIAS — Cotas 264,00 a 303,25

Nº (*) FORÇA (t)	MANÔMETRO (kgf/cm²)	ALONGAMENTO (mm)			
		CALCULADO	LIDO	OBTIDO	
				AL	L
33	50	18	117	18	18
66	100	35	135	18	36
100	150	53	152	17	53
			90		
133	200	70	105	15	68
166	250	88	121	16	84
200	300	105	137	16	100
233	350	123	155	18	118
			93		
266	400	140	108	15	133
300	450	158	126	18	151
333	500	175	142	16	167
366	550	193	159	17	184

CABO		ANCORAGEM PASSIVA	PROTENSÃO	INJEÇÃO	
Nº	COMPRIMENTO			PRIMEIRA FASE	SEGUNDA FASE
23A	32,10m	6,65m	10.10.73	29.09.73	17.10.73

SISTEMA VSL - E5 - 31	ALONGAMENTO CALCULADO	=	193 mm
31 Ø 12,7 mm²	ALONGAMENTO OBTIDO	=	184 mm
MACACO - ZPE - 31	ENTRADA DAS CLAVETES DO MACACO	=	2 mm
ÊMBOLO	ALONGAMENTO CORRIGIDO	=	182 mm
695,1 mm²	DISCREPÂNCIA	=	- 11 mm

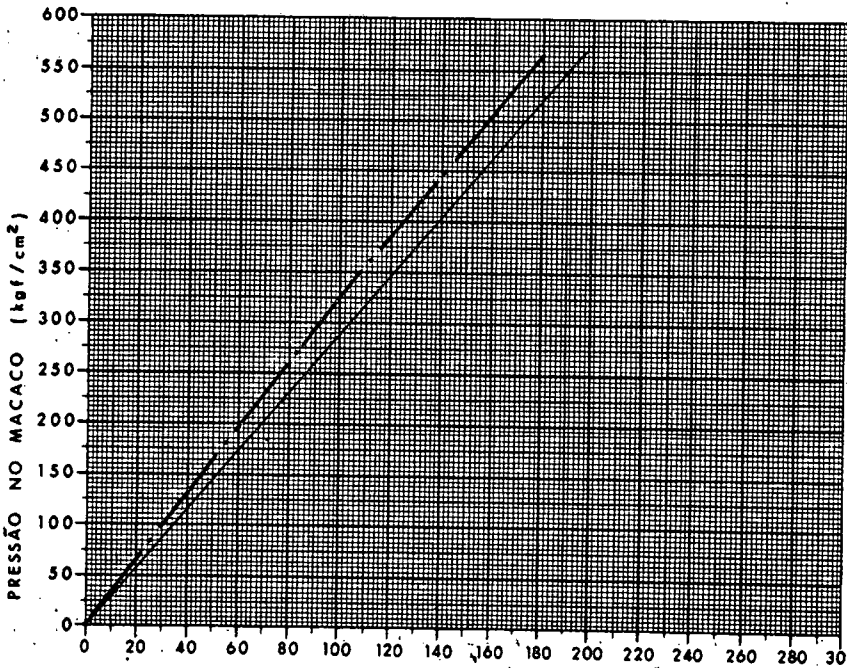


OBS: VÁLIDA SOMENTE PARA CABOS COM 31 CORDOALHAS E PARA O MACACO
ZPE - 31 - VERTICAIS
(*) Nao = FORÇA DE PROTENSÃO JUNTO AO MACACO

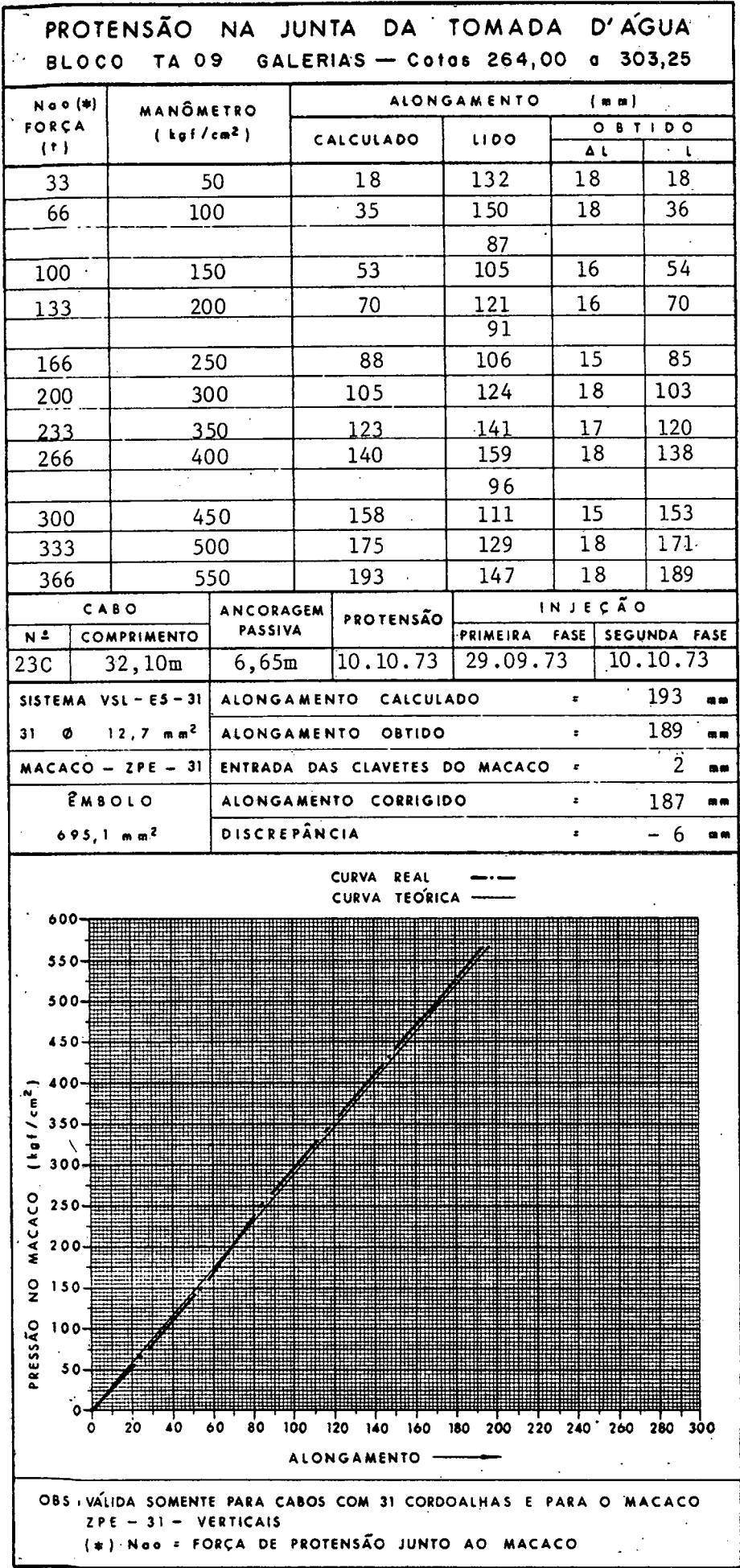
PROTENSÃO NA JUNTA DA TOMADA D'ÁGUA BLOCO TA 09 GALERIAS — Cotas 264,00 a 303,25					
Nao (*) FORÇA (t)	MANÔMETRO (kgf/cm ²)	ALONGAMENTO (mm)			
		CALCULADO	LIDO	OBTIDO	
				ΔL	L
33	50	18	104	15	15
66	100	35	119	15	30
100	150	53	134	15	45
133	200	70	151	17	62
			94		
166	250	88	109	15	77
200	300	105	124	15	92
233	350	123	141	17	109
266	400	140	157	16	125
			100		
300	450	158	116	16	141
333	500	175	132	16	157
366	550	193	149	17	174
CABO		ANCORAGEM PASSIVA	PROTENSÃO	INJEÇÃO	
Nº	COMPRIMENTO			PRIMEIRA FASE	SEGUNDA FASE
23B	32,10m	6,65 m	09.10.73	29.09.73	17.10.73
SISTEMA VSL - E5 - 31		ALONGAMENTO CALCULADO = 193 mm			
31 Ø 12,7 mm ²		ALONGAMENTO OBTIDO = 174 mm			
MACACO - ZPE - 31		ENTRADA DAS CLAVETES DO MACACO = 2 mm			
ÊMBOLO		ALONGAMENTO CORRIGIDO = 172 mm			
695,1 mm ²		DISCREPÂNCIA = - 21 mm			

CURVA REAL

CURVA TEÓRICA



OBS: VÁLIDA SOMENTE PARA CABOS COM 31 CORDOALHAS E PARA O MACACO
ZPE - 31 - VERTICAIS
(*) Nao = FORÇA DE PROTENSÃO JUNTO AO MACACO

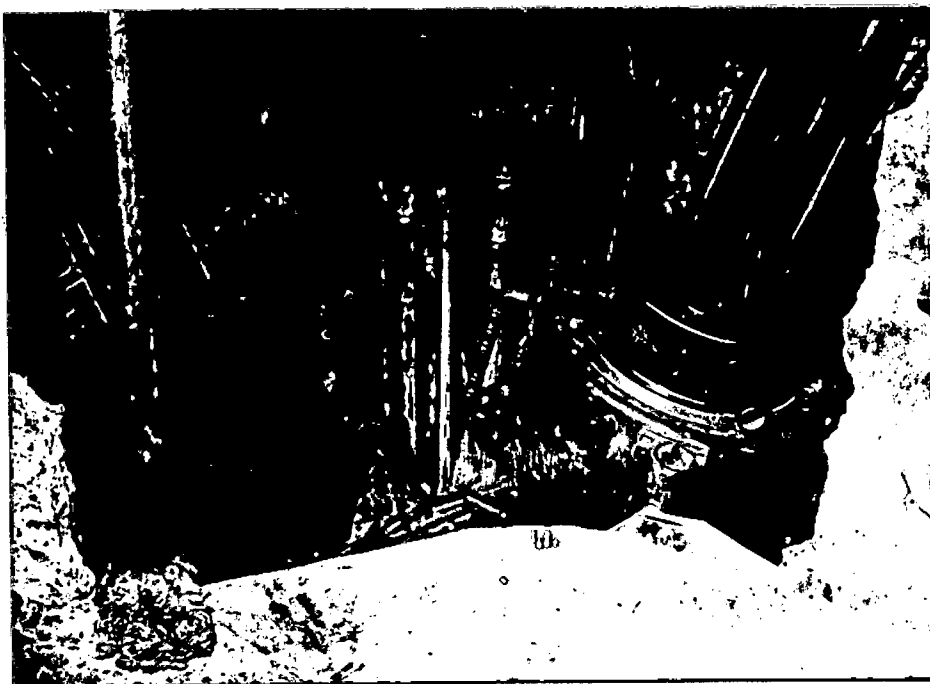




Vista do controle de protensão dos cabos.



Vista do controle da protensão dos cabos.



Vista do controle de protensão dos cabos.



Vista do controle de protensão dos cabos.

b) Cabos inclinados de jusante.

Nessa área foram colocados vinte e cinco cabos; os de nº 01 a 21 e os indicados com as letras A, B, C e D, que foram usados para realização do teste das ancoragens passivas, conforme desenhos das folhas nº 108 e nº 109. Todos os cabos foram colocados inclinados com relação a horizontal de $38^{\circ} 39'$, ligando as camadas 14 e 15 na cota 289,75, conforme desenhos das folhas nºs 108, 109, 127 e 141.

Os cabos A, B e os de 01 a 21, são constituídos de trinta e uma cordoalhas Belma 12,5mm introduzidos em furos de 6" e ancorados em cabeçotes Losinger - VSL, tipo E-5.31 (ancoragens ativas).

Os cabos C e D, são constituídos de doze cordoalhas do mesmo tipo, colocados em furos de 4". Para a perfuração do concreto utilizou-se do equipamento roto-percussão de sondagem.

Os cabos foram protendidos levando-se em consideração as variações observadas nos comprimentos das ancoragens passivas. O comprimento mínimo de ancoragem e força de protensão foram respectivamente de 4,10m e trezentos e vinte e duas toneladas. Para as ancoragens igual ou superior a 4,65m de comprimento, a protensão foi executada com carga máxima de trezentas e setenta e oito toneladas. Portanto, no intervalo de 4,10m a 4,65m, a protensão variou de trezentas e vinte e duas a trezentas e setenta e oito toneladas, resultando nessa área força total de oito mil quatrocentos e cinquenta e cinco toneladas.

c) Ensaios das ancoragens passivas.

Para a execução dos testes das ancoragens passivas, foram usados os cabos A, B, C e D. Os cabos A e B, são constituídos de trinta e uma cordoalhas e foram testados com carga de trezentas e oitenta e nove toneladas. Os cabos C e D, constituídos de doze cordoalhas e testados com carga de cento e cinquenta e uma toneladas. Todos eles foram ancorados por aderência através de injeção de calda de cimento, com comprimento conforme tabela abaixo.

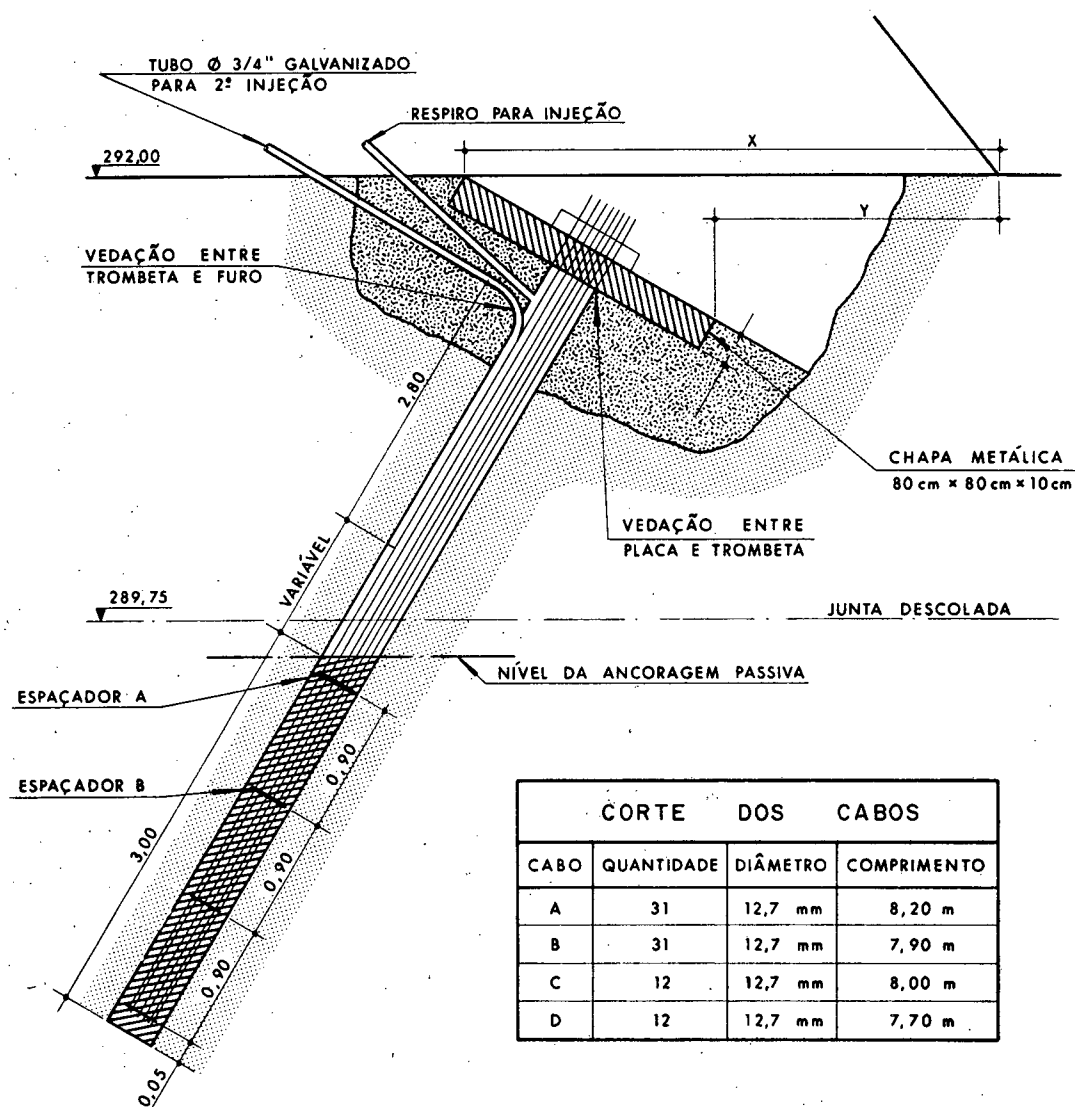
CABOS	DIÂMETRO DOS FUROS	COMPRIMENTO DAS ANCORAGENS	NÚMERO DE CORDOALHAS
A	6"	3,06 m	31
B	6"	3,18 m	31
C	4"	3,05 m	12
D	4"	3,00 m	12

A injeção das ancoragens passivas, foi executada introduzindo-se um tubo até o fundo e com auxílio de uma bomba injetora manual, preencheu-se os furos até atingir o comprimento de três metros. Esse comprimento foi controlado pela marca deixada no tubo e pelo volume de calda injetada.

A calda aplicada na ancoragem foi de relação $A/C = 0,40$, sem aditivos.

Na parte superior ou seja, no local das ancoragens ativas, o concreto foi rompido e regularizado, deixando o acabamento do plano de apoio da placa de aço perpendicular ao eixo dos furos. Nessa ocasião, aproveitou-se a oportunidade para deixar embutidos dois

tubos de aço para injeção da segunda etapa
conforme desenho abaixo.



Esquema de Instalação dos Cabos Inclinados A, B, C e D

1ª	COLOCAÇÃO DO CABO		
2ª	INJEÇÃO DA ANCORAGEM PASSIVA	3,0 m	
	VOLUME DA CALDA PARA O CABO - A	46,0	LITROS
	VOLUME DA CALDA PARA O CABO - B	46,0	LITROS
	VOLUME DA CALDA PARA O CABO - C	21,0	LITROS
	VOLUME DA CALDA PARA O CABO - D	21,0	LITROS
3ª	COLOCAÇÃO DO TUBO PARA 2ª INJEÇÃO		
	COLOCAÇÃO DA TROMBETA, RESPIRO, PLACA DE APOIO E VEDAÇÕES		
4ª	PROTENSÃO E CORTE DO CABO		
5ª	PANELA PARA VEDAÇÃO DE INJEÇÃO DA 2ª ETAPA		

FUROS	DISTÂNCIA DE PROJETO	DISTÂNCIA PARA REAL
A	X = 5,340	X = 5,348
	Y = 4,841	Y = 4,854
B	X = 5,340	X = 5,334
	Y = 4,841	Y = 4,829
C	X = 3,340	X = 3,326
	Y = 2,841	Y = 2,815
D	X = 3,340	X = 3,335
	Y = 2,841	Y = 2,831

A distribuição da carga de protensão, na referida superfície, foi feita através de uma placa de aço de 80 x 80 x 10cm, conforme indicado no desenho da folha seguinte.

Os cabos A e B, foram testados com carga de protensão de trezentas e oitenta e nove toneladas, durante quinze minutos. Durante esse tempo foi observado que não houve queda de pressão no macaco e, conseqüentemente, não houve ruptura de cordoalhas.

Após essa verificação, os cabos foram desativados e cravados definitivamente com carga de trezentas e dez toneladas.

Os cabos C e D foram testados com cento e cinquenta e uma toneladas, após o que foram cravados, também definitivamente, com carga de cento e vinte toneladas.

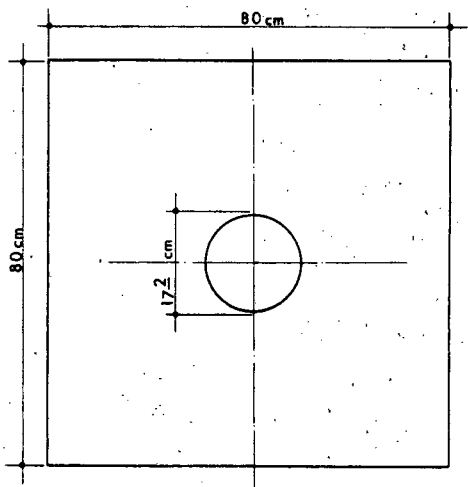
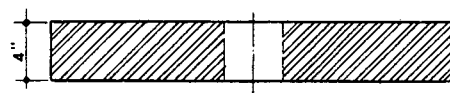
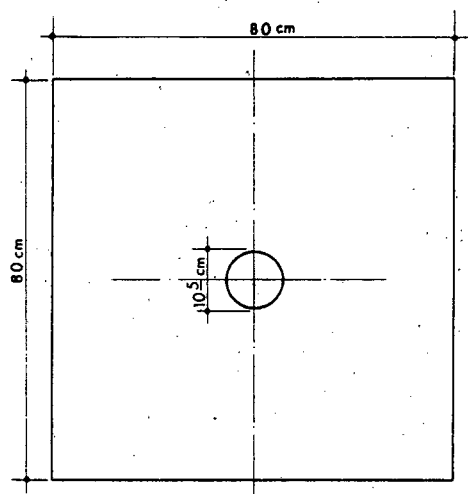
Em ambos os casos a cravação definitiva foi de 80% das cargas dos testes. Para a determinação dos comprimentos e alongamentos teóricos dos cabos, ver desenho e tabelas das folhas nº 139 e 140.

Os alongamentos dos cabos de teste estão nas tabelas das folhas nº 131 a 138.

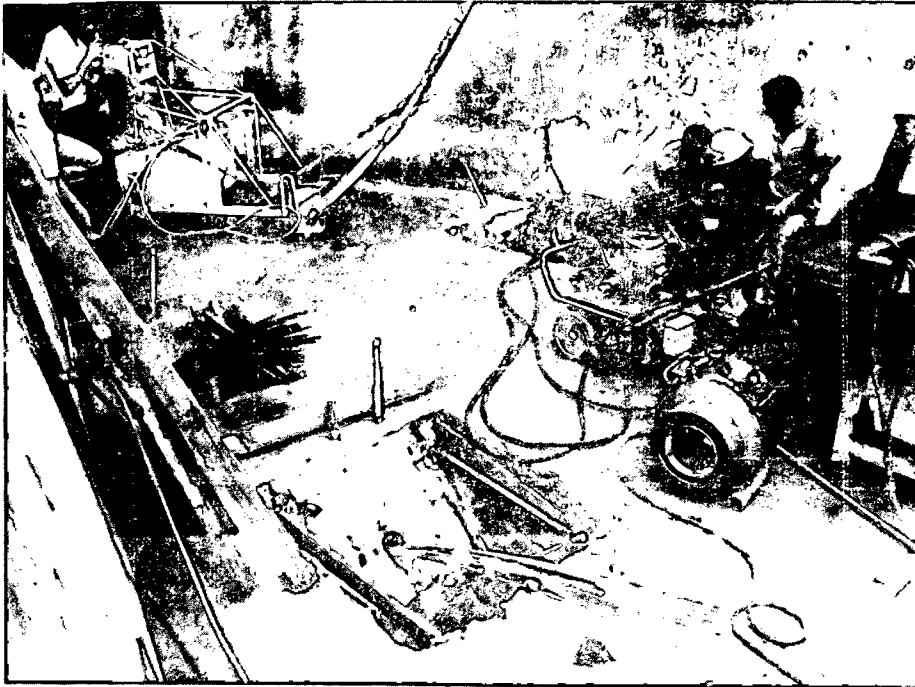
A tabela da folha nº 142 refere-se a aferição dos manômetros.

A segunda etapa da injeção foi feita através de um tubo de 2,80m, colocado no interior do furo conforme desenho da folha nº 127 e com auxílio de uma bomba injetora elétrica. A calda de cimento foi fabricada com relação $A/C = 0,45$ e com 0,8% de aditivo expensor Intracrete.

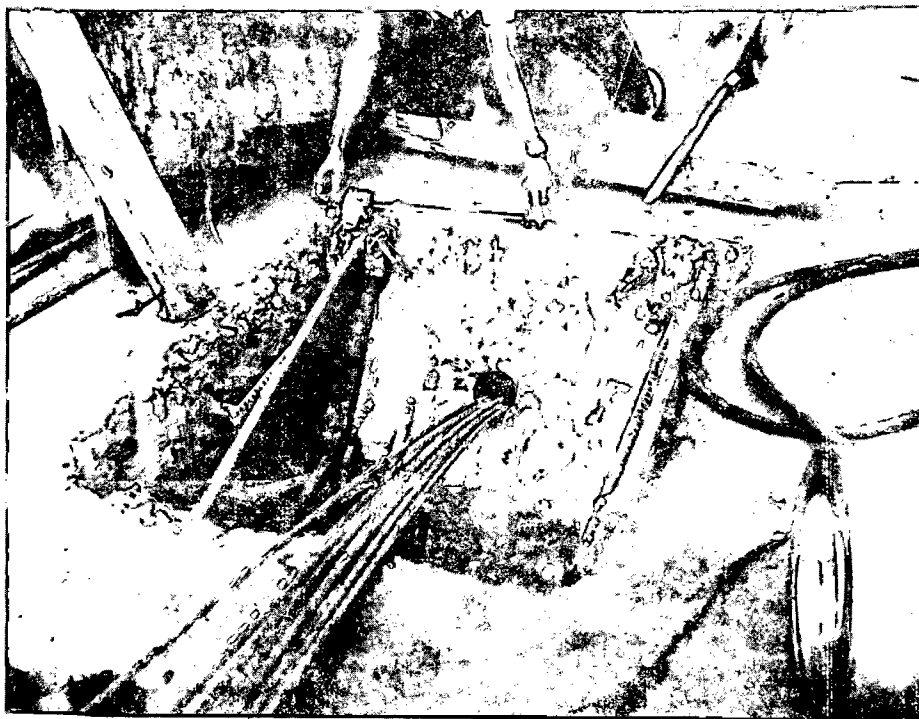
Concluídos os ensaios das ancoragens,
procedeu-se os serviços de protensão em
série, dos cabos 01 a 21, conforme desenhos
das folhas nºs 108 e 141.



Placa de Aço para Apoio dos Cabeçotes



Vista do controle de protensão da TA-9.



Vista do controle de protensão da TA-9.

Cabo A 31 Ø 1/2" - Teste (389 t.)

PRESSÃO NO MACACO	ALONGAMENTO TEÓRICO	LEITURA	ALONGAMENTO OBTIDO	
			PARCIAL (mm)	ACUMULADO (mm)
100 kg/cm ²	5 mm	132	6	6
200 kg/cm ²	10 mm	138	6	12
300 kg/cm ²	14 mm	145	7	19
400 kg/cm ²	19 mm	152	7	26
500 kg/cm ²	24 mm	160	8	34
582 kg/cm ²	28 mm	166	8	40

DADOS DA PROTENSÃO		LEITURA
ALONGAMENTO OBTIDO		40 mm
ENTRADA DAS CLAVETES BRANCAS		02 mm
ALONGAMENTO CORRIGIDO		38 mm
DISCREPÂNCIA		+ 10 mm
COMPRIMENTO DO CABO LIVRE		3,51 m
COMPRIMENTO DO CABO UTILIZADO PARA CÁLCULO DOS ALONGAMENTOS		4,19 m
COMPRIMENTO DA ANCORAGEM		3,06 m
CALDA DE ANCORAGEM PASSIVA A/C - 0,4 σ_r		400 kg/cm ²

obs. Após 15 minutos a pressão no macaco caiu 25 kg/cm²
sem alterar o alongamento.

Cabo A 31 Ø 1/2" Cravação (310 t.)				
PRESSÃO NO MACACO	ALONGAMENTO TEÓRICO	LEITURA	ALONGAMENTO OBTIDO	
			PARCIAL (mm)	ACUMULADO (mm)
100 kg/cm ²	5 mm	110	6	6
200 kg/cm ²	9 mm	116	6	12
300 kg/cm ²	14 mm	122	6	18
400 kg/cm ²	19 mm	128	6	24
464 kg/cm ²	22 mm	132	4	28
DADOS DA PROTENSÃO				LEITURA
ALONGAMENTO OBTIDO				28mm
ENTRADA DAS CLAVETES BRANCAS				02mm
ALONGAMENTO CORRIGIDO				26 mm
DISCREPÂNCIA				+ 04mm
COMPRIMENTO DO CABO LIVRE				3,51 m
COMPRIMENTO DO CABO UTILIZADO PARA CÁLCULO DOS ALONGAMENTOS				4,19 m
COMPRIMENTO DA ANCORAGEM				3,06 m
CALDA DE ANCORAGEM PASSIVA A/C - 0,4 σ_r				400 kg/cm ²
OBS. : _____				

Cabo B 31 Ø 1/2" - Teste (389 t.)

PRESSÃO NO MACACO	ALONGAMENTO TEÓRICO	LEITURA	ALONGAMENTO OBTIDO	
			PARCIAL (mm)	ACUMULADO (mm)
100 kg/cm ²	4 mm	142	6	6
200 kg/cm ²	9 mm	148	6	12
300 kg/cm ²	13 mm	155	7	19
400 kg/cm ²	18 mm	162	7	26
500 kg/cm ²	22 mm	169	7	33
582 kg/cm ²	26 mm	175	6	39

DADOS DA PROTENSÃO	LEITURA
ALONGAMENTO OBTIDO	39mm
ENTRADA DAS CLAVETES BRANCAS	02mm
ALONGAMENTO CORRIGIDO	37mm
DISCREPÂNCIA	+ 11mm
COMPRIMENTO DO CABO LIVRE	3,32 m
COMPRIMENTO DO CABO UTILIZADO PARA CÁLCULO DOS ALONGAMENTOS	4,00 m
COMPRIMENTO DA ANCORAGEM	3,18 m
CALDA DE ANCORAGEM PASSIVA A/C - 0,4 γ_r	400 kg/cm ²

OBS. : _____

Cabo B 31 Ø 1/2" Cravação (310 t.)				
PRESSÃO NO MACACO	ALONGAMENTO TEÓRICO	LEITURA	ALONGAMENTO OBTIDO	
			PARCIAL (mm)	ACUMULADO (mm)
100 kg/cm ²	5 mm	138	6	6
200 kg/cm ²	9 mm	144	6	12
300 kg/cm ²	14 mm	149	5	17
400 kg/cm ²	18 mm	155	6	23
464 kg/cm ²	21 mm	159	4	27
DADOS DA PROTENSÃO				LEITURA
ALONGAMENTO OBTIDO				27 mm
ENTRADA DAS CLAVETES BRANCAS				02 mm
ALONGAMENTO CORRIGIDO				25 mm
DISCREPÂNCIA				+ 04 mm
COMPRIMENTO DO CABO LIVRE				3,32 m
COMPRIMENTO DO CABO UTILIZADO PARA CÁLCULO DOS ALONGAMENTOS				4,00 m
COMPRIMENTO DA ANCORAGEM				3,18 m
CALDA DE ANCORAGEM PASSIVA A/C - 0,4 γ_r				400 kg/cm ²
OBS. : _____				

Cabo C 12 Ø 1/2" - Teste (151 t.)

PRESSÃO NO MACACO	ALONGAMENTO TEÓRICO	LEITURA	ALONGAMENTO OBTIDO	
			PARCIAL (mm)	ACUMULADO (mm)
100 kg/cm ²	6 mm	73	8	8
200 kg/cm ²	12 mm	81	8	16
300 kg/cm ²	17 mm	90	9	25
400 kg/cm ²	23 mm	99	9	34
483 kg/cm ²	28 mm	106	7	41

DADOS DA PROTENSÃO	LEITURA
ALONGAMENTO OBTIDO	41 mm
ENTRADA DAS CLAVETES BRANCAS	02 mm
ALONGAMENTO CORRIGIDO	39 mm
DISCREPÂNCIA	+ 11 mm
COMPRIMENTO DO CABO LIVRE	3,42 m
COMPRIMENTO DO CABO UTILIZADO PARA CÁLCULO DOS ALONGAMENTOS	4,26 m
COMPRIMENTO DA ANCORAGEM	3,05 m
CALDA DE ANCORAGEM PASSIVA A/C - 0,4 γ_r	400 kg/cm ²

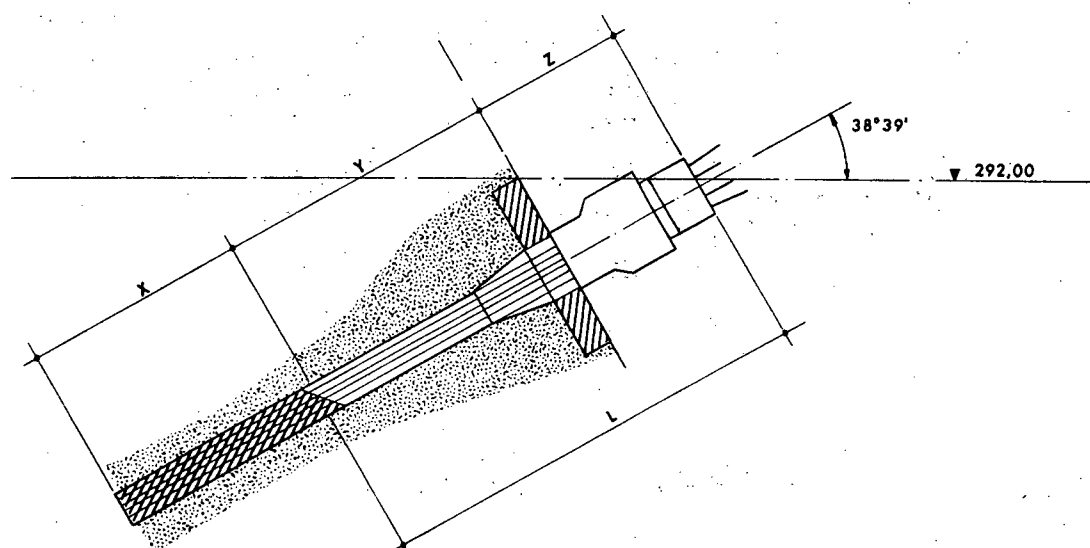
obs.: Após 15 minutos a pressão caiu 28 kg/cm²
Mantendo o alongamento.

Cabo C 12 Ø 1/2" Cravação (120 t.)				
PRESSÃO NO MACACO	ALONGAMENTO TEÓRICO	LEITURA	ALONGAMENTO OBTIDO	
			PARCIAL (mm)	ACUMULADO (mm)
100 kg/cm ²	6 mm	40	7	7
200 kg/cm ²	11 mm	47	7	14
300 kg/cm ²	17 mm	55	8	22
383 kg/cm ²	22 mm	63	8	30
DADOS DA PROTENSÃO				LEITURA
ALONGAMENTO OBTIDO				30 mm
ENTRADA DAS CLAVETES BRANCAS				02 mm
ALONGAMENTO CORRIGIDO				28 mm
DISCREPÂNCIA				+ 06 mm
COMPRIMENTO DO CABO LIVRE				3,42 m
COMPRIMENTO DO CABO UTILIZADO PARA CÁLCULO DOS ALONGAMENTOS				4,26 m
COMPRIMENTO DA ANCORAGEM				3,05 m
CALDA DE ANCORAGEM PASSIVA A/C - 0,4 γ _r				400 kg/cm ²
OBS. : _____				

Cabo D 12 Ø 1/2" - Teste (151 t.)

PRESSÃO NO MACACO	ALONGAMENTO TEÓRICO	LEITURA	ALONGAMENTO OBTIDO	
			PARCIAL (mm)	ACUMULADO (mm)
100kg/cm ²	6 mm	88	8	8
200kg/cm ²	11 mm	96	8	16
300kg/cm ²	17 mm	103	7	23
400kg/cm ²	22 mm	114	11	34
483kg/cm ²	27 mm	122	8	42
DADOS DA PROTENSÃO				LEITURA
ALONGAMENTO OBTIDO				42mm
ENTRADA DAS CLAVETES BRANCAS				02mm
ALONGAMENTO CORRIGIDO				40mm
DISCREPÂNCIA				+ 13mm
COMPRIMENTO DO CABO LIVRE				3,28 m
COMPRIMENTO DO CABO UTILIZADO PARA CÁLCULO DOS ALONGAMENTOS				4,12 m
COMPRIMENTO DA ANCORAGEM				3,00 m
CALDA DE ANCORAGEM PASSIVA A/C - 0,4 %				400 kg/cm ²
OBS.: Após 15 minutos a pressão caiu 28kg/cm ²				
Mantendo o alongamento				

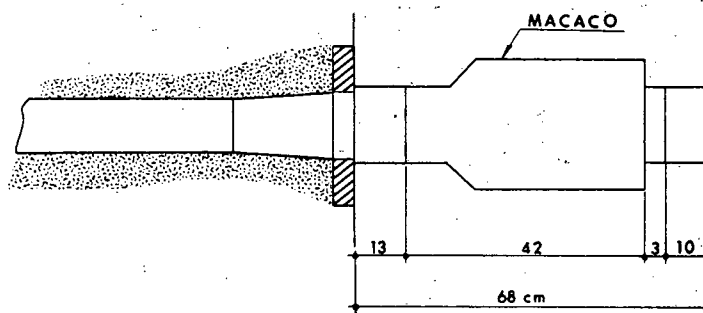
Cabo D 12 Ø 1/2" Cravação (120t.)				
PRESSÃO NO MACACO	ALONGAMENTO TEÓRICO	LEITURA	ALONGAMENTO OBTIDO	
			PARCIAL (mm)	ACUMULADO (mm)
100 kg/cm ²	5 mm	118	7	7
200 kg/cm ²	11 mm	125	7	14
300 kg/cm ²	16 mm	132	7	21
383 kg/cm ²	21 mm	138	6	27
DADOS DA PROTENSÃO				LEITURA
ALONGAMENTO OBTIDO				27 mm
ENTRADA DAS CLAVETES BRANCAS				02 mm
ALONGAMENTO CORRIGIDO				25 mm
DISCREPÂNCIA				+ 04 mm
COMPRIMENTO DO CABO LIVRE				3,28 m
COMPRIMENTO DO CABO UTILIZADO PARA CÁLCULO DOS ALONGAMENTOS				4,12 m
COMPRIMENTO DA ANCORAGEM				3,00 m
CALDA DE ANCORAGEM PASSIVA A/C - 0,4 γ_r				400 kg/cm ²
OBS. : _____				



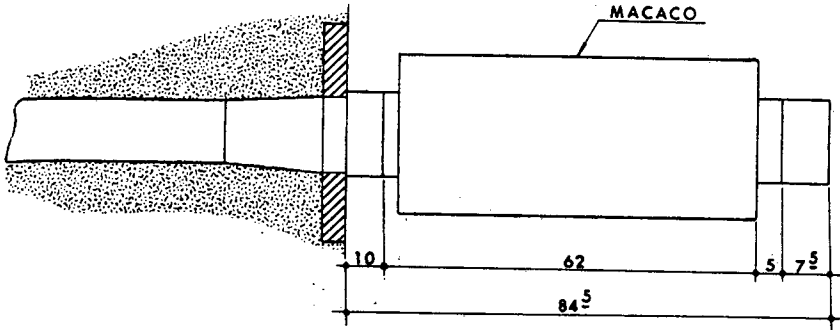
Comprimento dos Cabos para Cálculos dos Alongamentos

CABO	X	Y	Z	TOTAL
A	3,06	3,51	0,68	7,25
B	3,18	3,32	0,68	7,18
C	3,05	3,42	0,84	7,31
D	3,00	3,28	0,84	7,12

X= COMPRIMENTO DA ANCORAGEM PASSIVA
Y= COMPRIMENTO DO CABO LIVRE
Z= COMPRIMENTO DO CABO NO MACACO
L= Y+Z



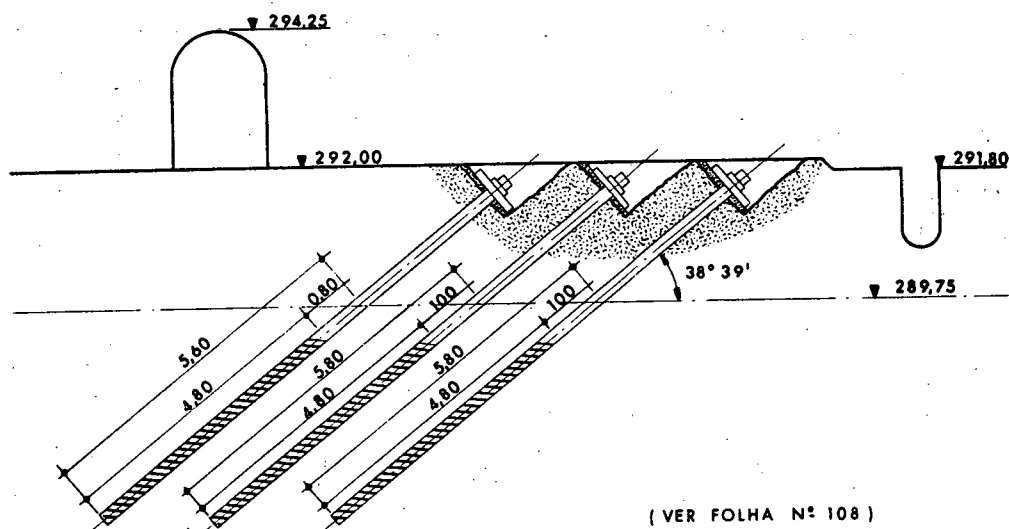
Macaco VSL - ZPE 31



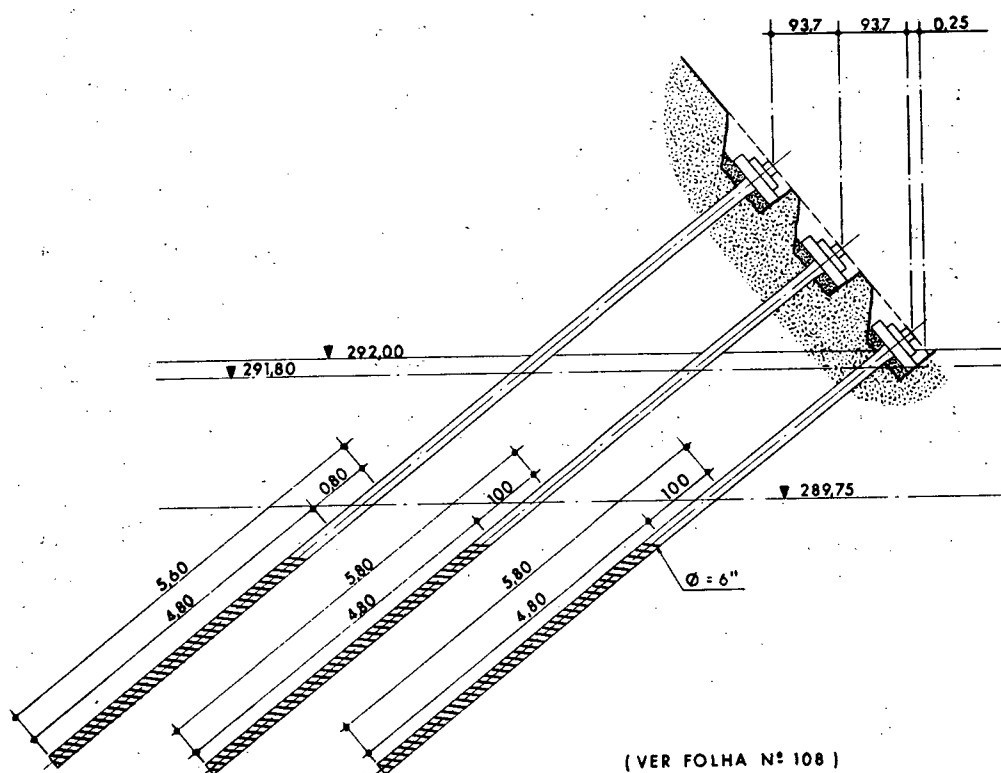
Macaco VSL-ZPE 200

CABO	DETERMINAÇÃO DO COMPRIMENTO "L"
A	$L = Y + ZEP\ 31 = 3,51 + 0,68 = 4,19m$
B	$L = Y + ZEP\ 31 = 3,32 + 0,68 = 4,00m$
C	$L = Y + ZEP200 = 3,42 + 0,84 = 4,26m$
D	$L = Y + ZEP200 = 3,28 + 0,84 = 4,12m$

CABO	F. NO CABO (t)	F. CORDOALHA (t)	$\Delta \epsilon$ (%)	COMPRIMENTO DO CABO (mm)	ALONGAMENTO (mm)
A	T 389	12,548	0,66	4,19	28
	c 310	10,000	0,52	4,19	22
B	T 389	12,548	0,66	4,00	26
	c 310	10,000	0,52	4,00	21
C	T 151	12,583	0,66	4,26	28
	c 120	10,000	0,52	4,26	22
D	T 151	12,583	0,66	4,12	27
	c 120	10,000	0,52	4,12	21



Corte E-E



Corte F-F

LABORATÓRIO DE CONCRETO-IS

Aferição de Macaco Hidráulico de Protensão nº 5523.

Manômetro marca Wika - 600kg/cm² - nº 4.

Data: 26.06.73

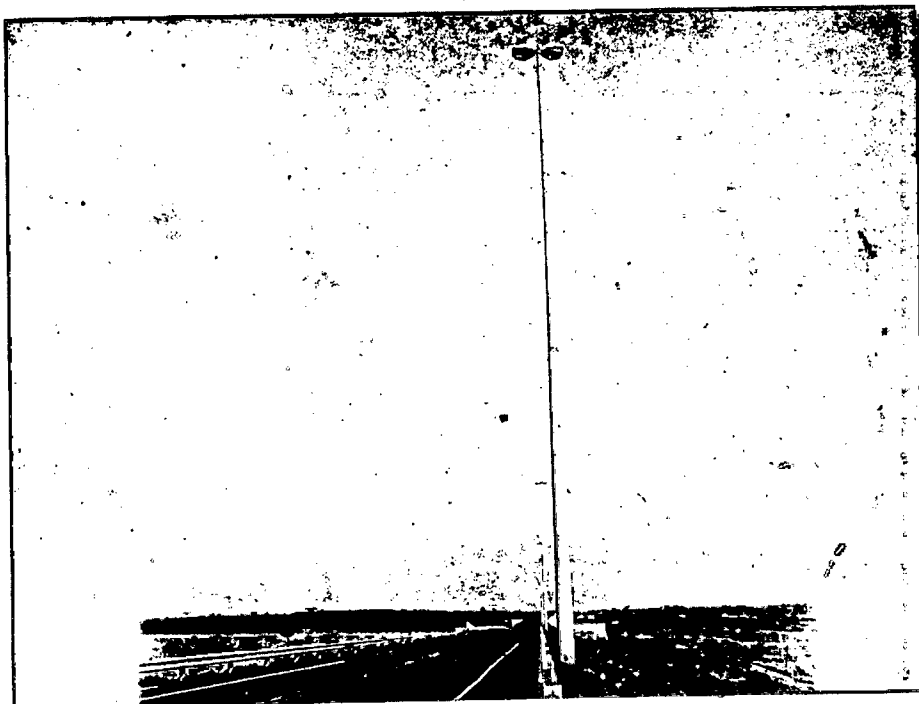
BOMBA ELÉTRICA COM MANÔMETRO

Kg/cm ²	Kgf	Kg/cm ²	Kgf
0	0	260	182.000
20	14.000	280	196.000
40	28.000	300	210.000
60	43.000	320	224.000
80	56.000	340	238.000
100	70.000	360	252.000
120	84.000	380	264.000
140	98.000	400	280.000
160	106.000	420	294.000
180	127.000	440	308.000
200	140.000	460	323.000
220	155.000	480	337.000
240	168.000	500	351.000

5 - PROBLEMAS DOS POSTES DE ILUMINAÇÃO DA CRISTA DA BARRAGEM, COTA 332.

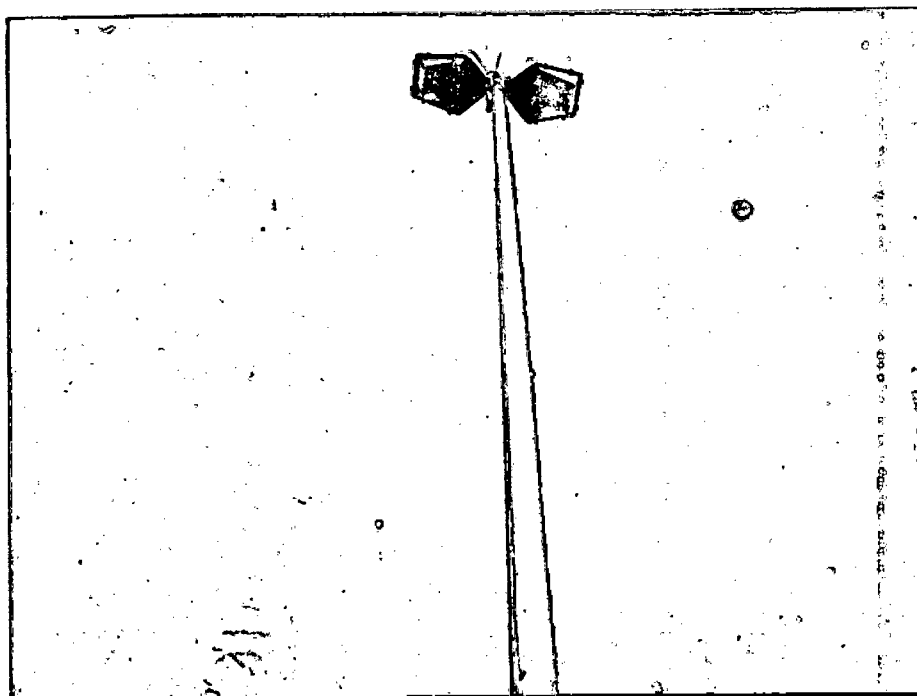
5.1 - GENERALIDADES.

Para a iluminação da crista da barragem (cota 332,00), empregou-se quarenta e cinco postes de concreto, de trinta metros de altura. Cada poste é constituído de duas partes, com encaixe no seu ponto médio. A fabricação e o fornecimento foram responsabilidade das firmas CAVAN e CPM.



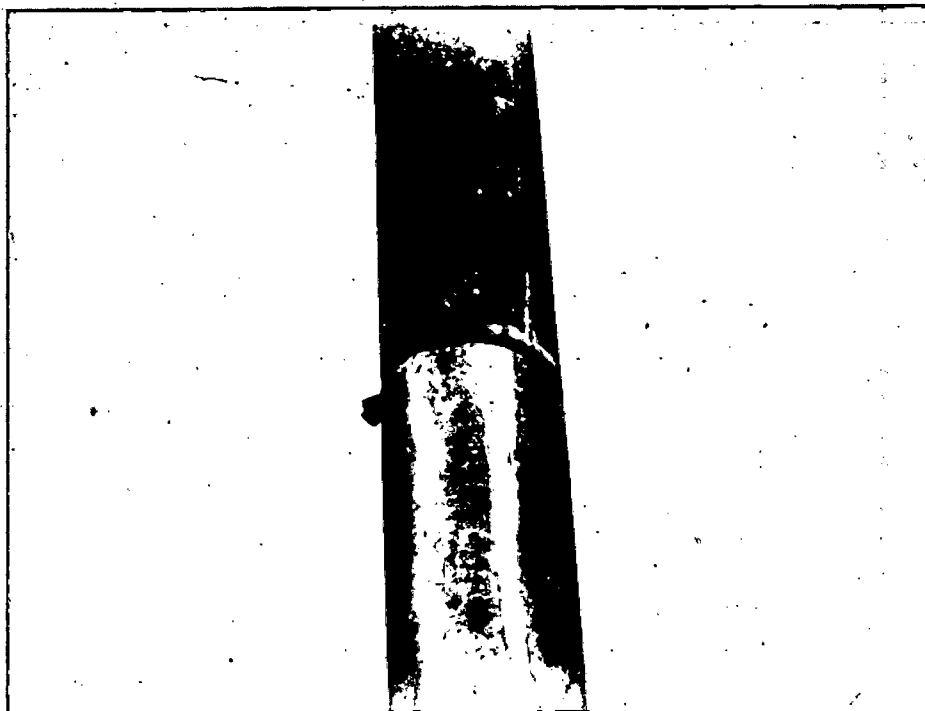
Vista geral dos Postes de Iluminação na Crista da Barragem

As luminárias são do tipo 90, referência 90108601 da Peterco. Cada poste sustenta um conjunto de duas luminárias com peso de 215kg, conforme foto abaixo.

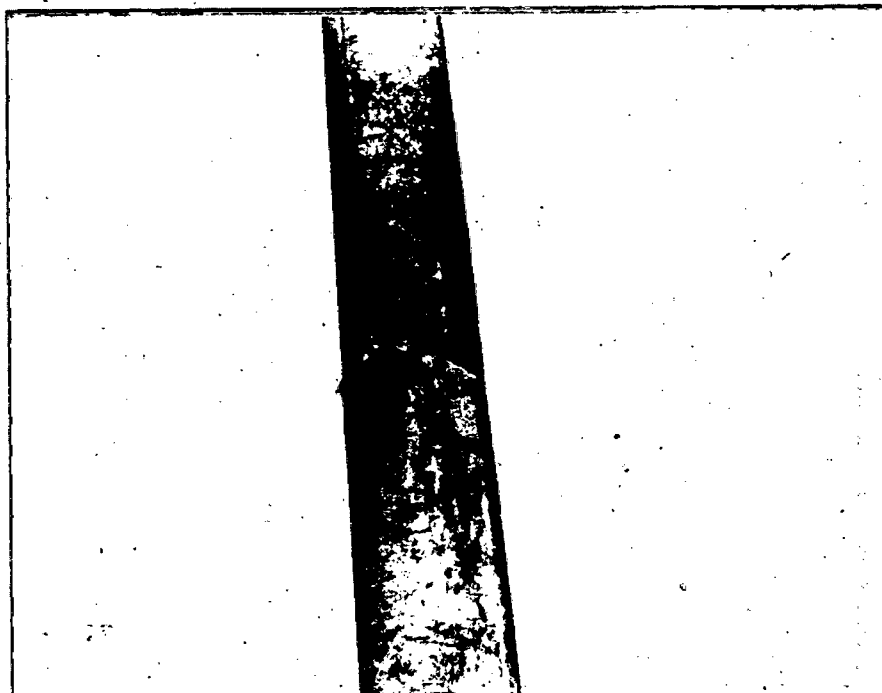


Detalhe das Luminárias.

Decorridos alguns anos de sua instalação, verificou-se que alguns desses postes apresentavam a parte superior fora de prumo e com pequenas quebras no encaixe, conforme indicado nas fotos da folha nº 145. Feita a inspeção constatou-se que o problema teve origem na forma de acabamento da área de acoplamento entre as duas partes.



Detalhe do encaixe dos elementos inferior e superior.



Detalhe dos elementos quebrados.

5.2 - REPARO.

Os reparos foram executados sob a responsabilidade dos próprios fabricantes dos postes auxiliados pelo pessoal e equipamentos da CESP.

A obra forneceu os seguintes equipamentos e pessoal:

a) Equipamentos.

- 01 guindaste com 110 pés de lança;
- 01 guindaste com 120 pés de lança;
- 01 balancim;
- 01 teodolito.

b) Pessoal.

- 01 Encarregado de Eletricista;
- 03 Eletricistas;
- 01 Fiscal de Concreto;
- 02 Topógrafos;
- 02 Ajudantes de Topografia;
- 02 Ajudantes de Máquina;

As firmas responsáveis pela restauração dos postes danificados forneceram os seguintes materiais e pessoal.

a) Materiais.

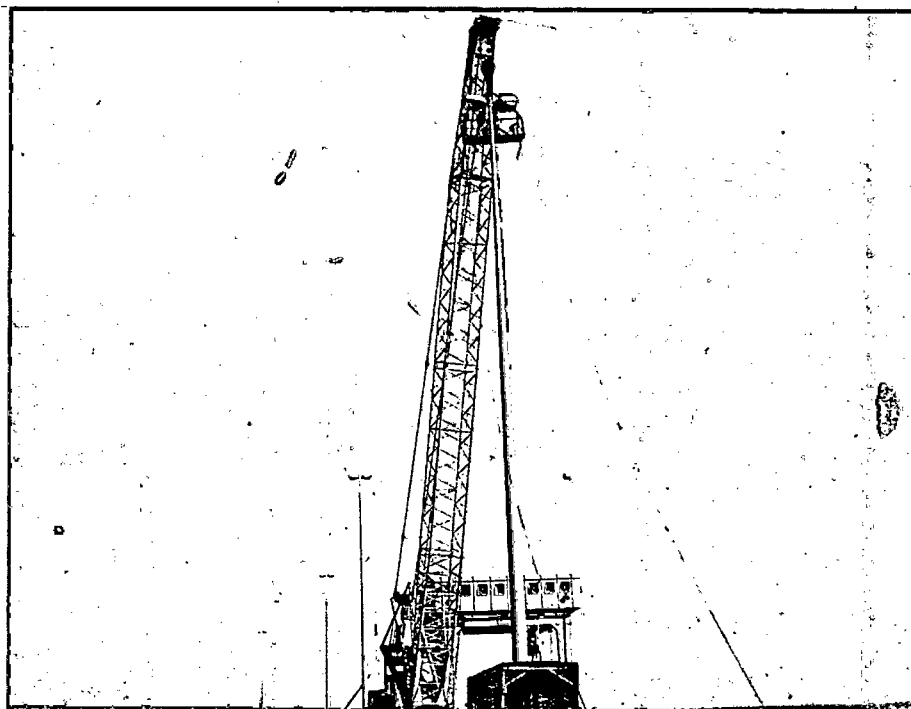
- Cimento Portland;
- Resina Epóxica;

b) Pessoal.

- 01 Encarregado;
- 03 Pedreiros;

5.3 - ESQUEMA DE EXECUÇÃO DO REPARO.

O guindaste com 120 pés de lança munida de balancim, serviu para elevação e sustentação do pessoal para retirada das luminárias, colocação das braçadeiras do cabo de aço de içamento do segundo estágio do poste e execução do reparo, conforme indicado na foto da folha seguinte.



Serviços de restauração dos postes com auxílio de um guindaste com lança de 120 pés.

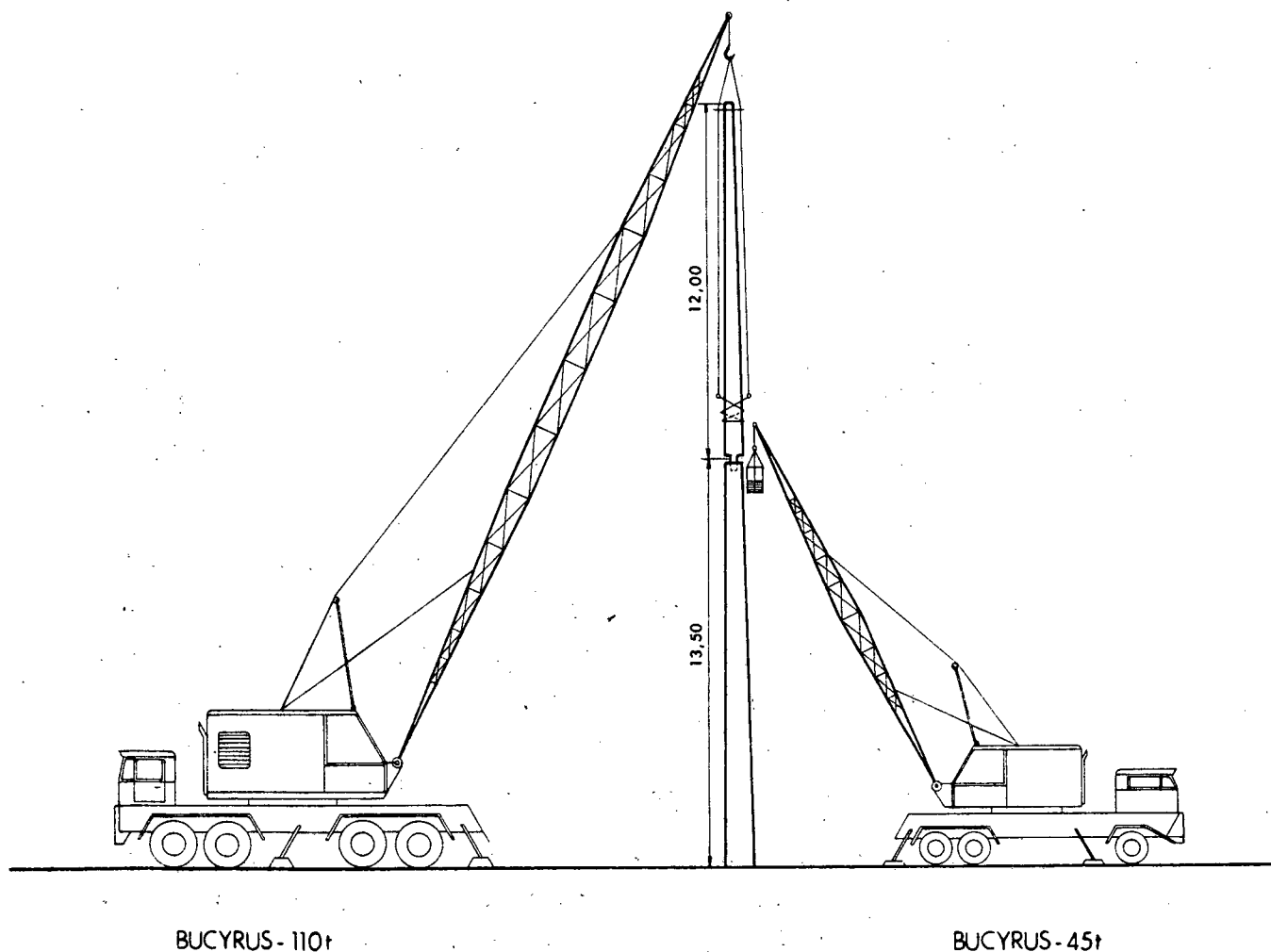
Outro guindaste içou e sustentou o poste, mantendo a abertura da junta de 30cm até o término do reparo, conforme indicado no desenho da folha nº 148.

A execução do reparo propriamente dito consistiu de regularização do anel de apoio, com argamassa de cimento 3:1 colada com Resina Epóxica. A folga existente entre os encaixes das peças foi eliminada pela aplicação sucessiva de massa epóxica na superfície do encaixe macho de acoplamento, conforme mostrado na folha nº 149.

Após três horas de executado o reparo, a segunda parte do poste foi descida, corrigidos os prumos pelo alinhamento perpendicular indicado por dois teodolitos.

Nos casos especiais como os dos postes nº 6 e 4, em que as folgas foram excessivas, usou-se estopa de cânhamo, envolvendo a parte do macho do encaixe para suporte do material epóxico de preenchimento entre as partes, conforme indicado no desenho da folha nº 149.

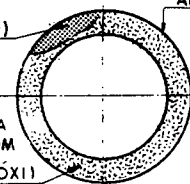
As fotos da folha nº 150 mostram a forma típica de acabamento depois de concluídos os reparos. Dos quarenta e cinco postes foram reparados trinta.



PICOTEAMENTO E REPARO COM
ARGAMASSA 1:3
CIMENTO, AREIA +
COLAGEM (DUREPÓXI)

ANEL DE APOIO

PICOTEAMENTO PARA
REGULARIZAÇÃO COM
ARGAMASSA (DUREPÓXI)



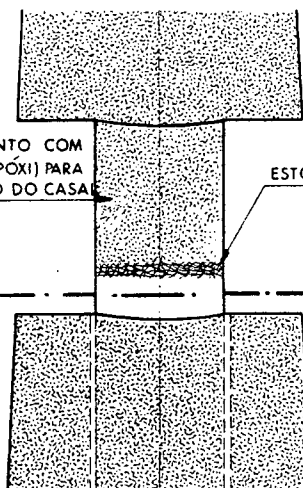
Corte A-A

ENGROSSAMENTO COM
MASSA (DUREPÓXI) PARA
AJUSTAMENTO DO CASA

ESTOPA PARA VEDAÇÃO

A
B

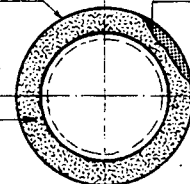
A
B



ANEL DE APOIO

PICOTEAMENTO PARA
REGULARIZAÇÃO COM
ARGAMASSA
(DUREPÓXI)

PICOTEAMENTO E REPARO COM
ARGAMASSA 1:3 - CIMENTO
AREIA + COLAGEM (DUREPÓXI)



Corte B-B

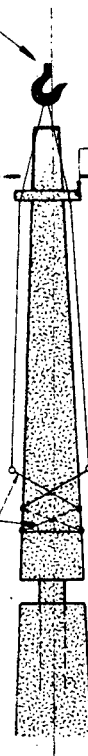
SISTEMA DE ICAMENTO DO POSTE

BRAÇADEIRA

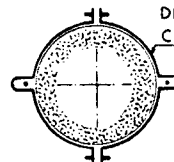
C C

MANILHA

CABO DE AÇO
Ø 3/4"



BRAÇADEIRA PARA
DISTRIBUIÇÃO DOS
CABOS



Corte C-C



Aspecto do reparo após sua conclusão.



Aspecto do reparo após sua conclusão.

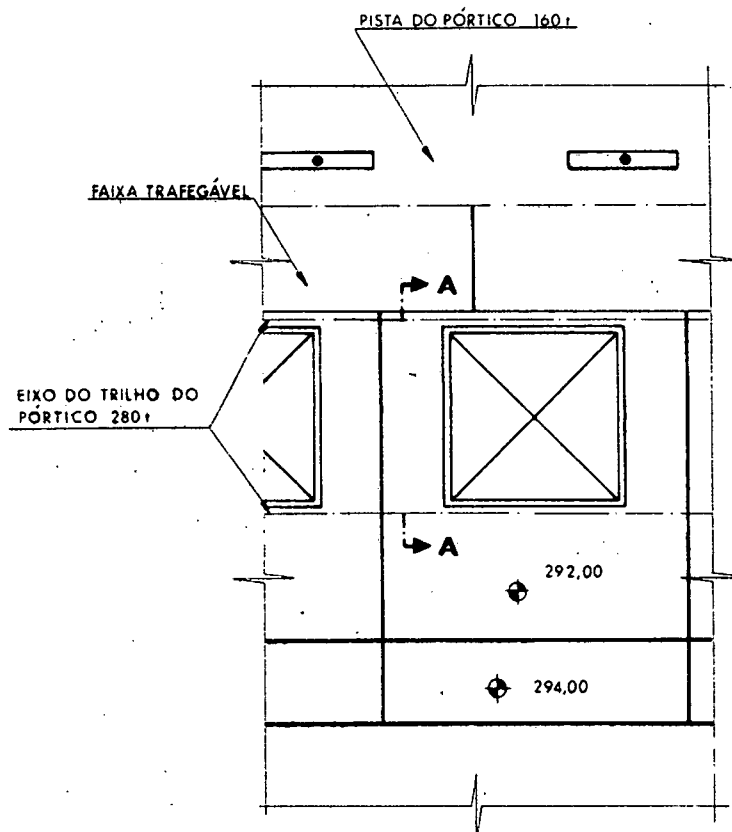
6 - CONCRETAGEM DO SUPORTE DA BASE DOS TRILHOS DOS PÔRTICOS DE 280t.

6.1 - PÔRTICOS.

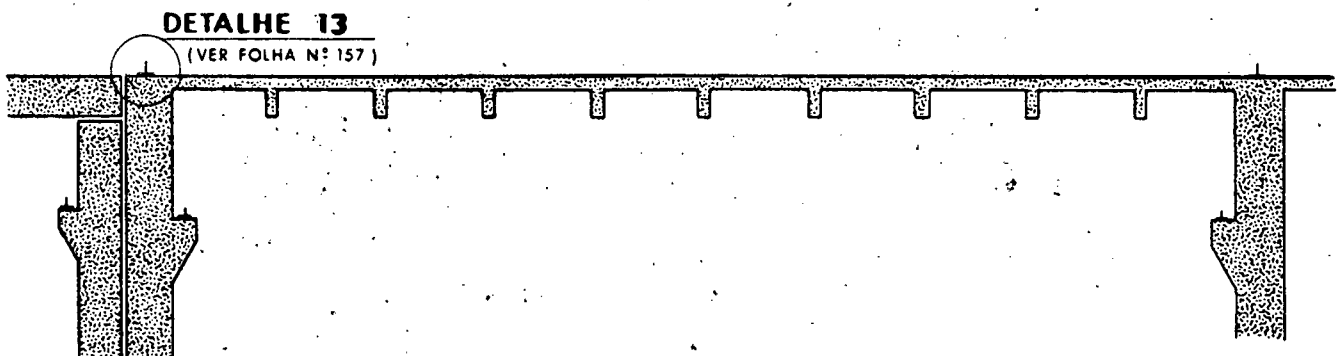
Sobre a parede de montante e viga V2 da Casa de Força, Cota 292,00 , foram posicionados os trilhos de rolamento dos dois Pôrticos de 280t, que transportam peças e auxiliam nos serviços da Casa de Força, conforme se vê na foto abaixo e no desenho da folha seguinte.



Vista geral dos trilhos dos Pôrticos de 280t.



Planta

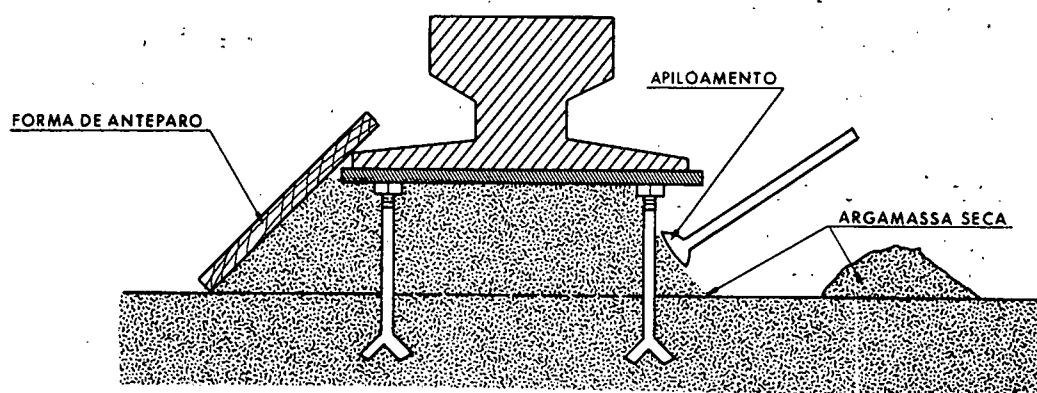


Corte A-A

6.2 - ENCHIMENTO DA BASE DOS TRILHOS COM ARGAMASSA DE CIMENTO.

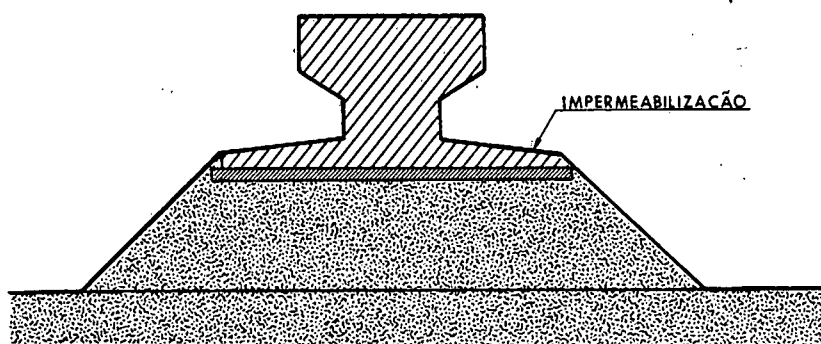
Das unidades 1 a 9 e o Hall de Montagem, o enchimento do suporte das bases dos trilhos, foi executado com argamassa de cimento e areia na proporção de dois volumes de areia por um de cimento. A mistura da argamassa foi feita com o mínimo de água para obtenção da consistência em estado de "farofa" denominada de "argamassa seca".

Após a montagem e liberação dos trilhos para o enchimento, procedeu-se o tratamento da superfície com jato de areia, água e ar. Para aplicação da "argamassa seca", foi usada uma tábua como forma móvel, com sucessivos deslocamentos ao longo do trilho durante a concretagem e que serviu como anteparo para o confinamento durante o apiloamento de adensamento da argamassa, conforme indicado no desenho abaixo.



Detalhe de Enchimento da Base do Trilho

Após o preenchimento, esta tábua era removida e retirado o excesso da argamassa, procedendo o acabamento final em forma trapezoidal, conforme desenho da folha seguinte.



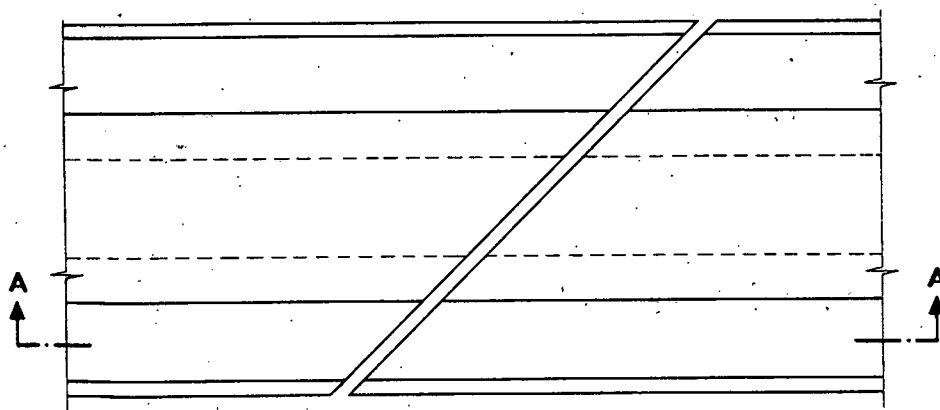
Detalhe da Base Acabada

6.3 - DESNIVELAMENTO DOS TRILHOS.

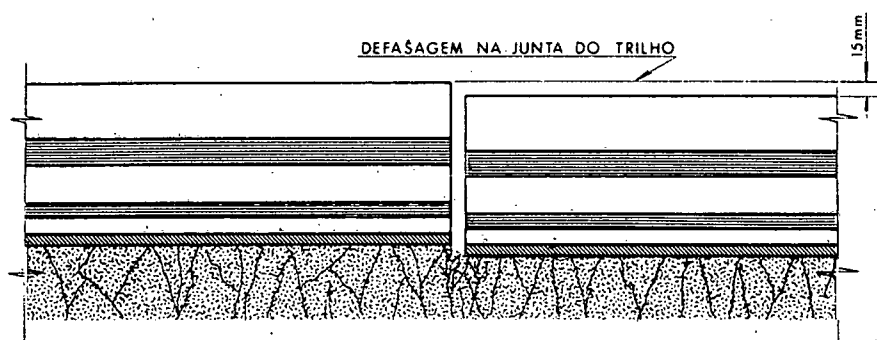
Depois de algum tempo de uso foi notado um desnivelamento ao longo dos trilhos, principalmente nas junções dos segmentos. Conforme desenhos a seguir.

Feito o rompimento do concreto da base, verificou-se que a argamassa se encontrava rompida em alguns trechos pela ação das cargas dos pórticos.

Diante disso, decidiu-se fazer a substituição da base de "argamassa seca" pela base de concreto.



Planta



Corte A-A

6.4 - ENCHIMENTO DAS BASES DOS TRILHOS COM CONCRETO.

Os trilhos foram desmontados e se efetuou o rompimento e remoção da argamassa, procedendo-se novo tratamento da superfície do concreto com jato de areia, água e ar. Ver foto da folha nº 156. Em seguida os trilhos foram novamente montados e liberados para o preenchimento de base com concreto. O concreto aplicado foi o tipo 19-ES-73V com as seguintes características:

- A/C : 0,40;
- $\bar{f}_r$: 150 kg/cm² aos três dias;
- Slump : 13 ± 1;
- Cascalho: nº 1.

Durante a concretagem, foi tomado o cuidado de se fazer o lançamento do concreto somente de um lado do trilho com determinada carga que o fizesse atravessar de um lado a outro do trilho, sem deixar bolsões ou vazios sob a base. Do lado oposto ao lançamento, deixou-se o concreto subir além da altura necessária, para que o acabamento fosse feito com pressão sob a base do trilho. Essa carga foi aplicada com a colocação de um "chute" móvel deslocando-se ao longo do trilho, conforme se vê no desenho da folha nº 157.

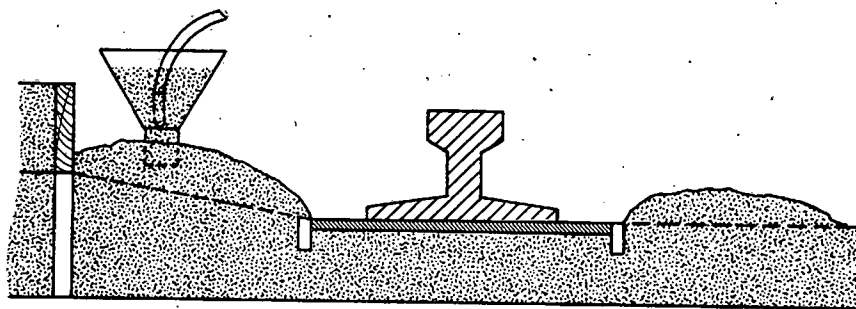
Depois do concreto ter iniciado a pega, retirou-se o excesso de concreto procedendo-se em seguida o acabamento final, conforme mostrado no desenho da folha nº 157. O problema foi totalmente eliminado com a aplicação do concreto.



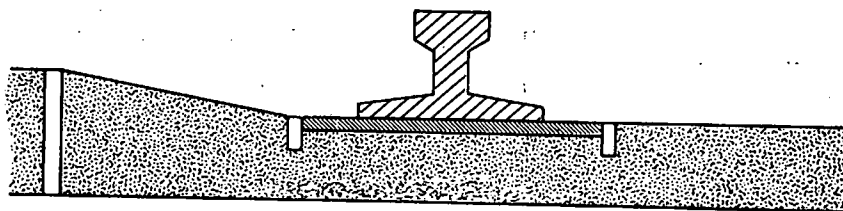
Vista da desmontagem do trilho, rompimento e limpeza da argamassa.



Detalhe da área preparada pronta para receber o trilho e o concreto de enchimento.



Fase em Concretagem



Detalhe 13 – Fase Acabada

(VER. FOLHA Nº 152)

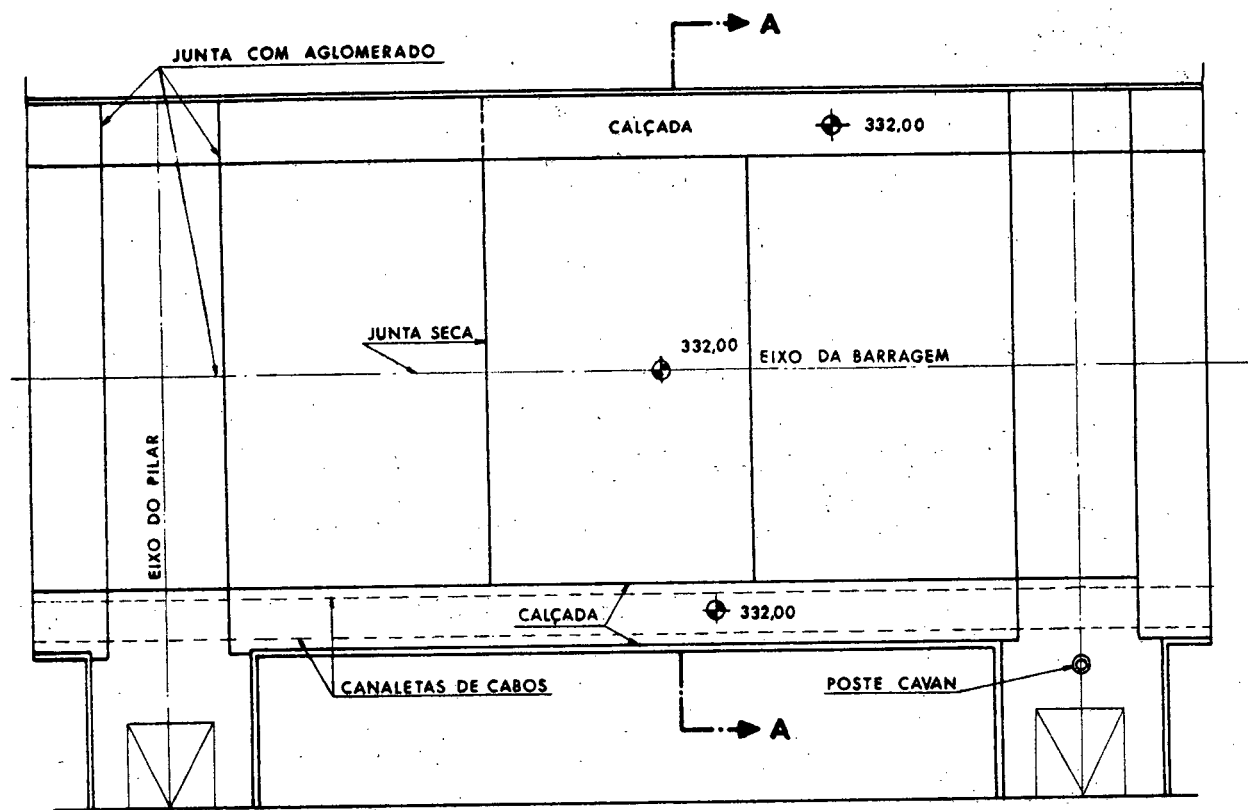
7 - PROBLEMAS DAS TAMPAS DE COBERTURA DA CANALETA DE CABLAGEM DO VERTEDOIRO DE SUPERFÍCIE.

7.1 - TAMPAS METÁLICAS.

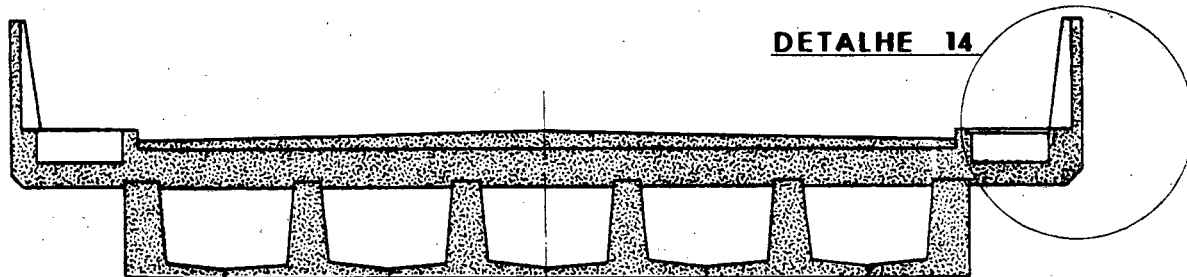
Na parte jusante da pista do Vertedouro na cota 332,00, foi construída uma canaleta para passagem de cabos elétricos que ligam os comandos de manobra de comportas e iluminação da pista sobre a barragem. Ver desenhos das folhas nº 158 e 159.

Essa canaleta foi fechada com chapas metálicas com dimensões de 900 x 850 x 6mm, com peso de 40kg, apoiadas sobre cantoneiras de ferro, conforme mostrado nas fotos das folhas nº 159 e nº 160. Como pode ser visto pelas fotos, essas tampas não se ajustaram adequadamente sobre os apoios, devido as freqüentes deformações causadas pelo trânsito de

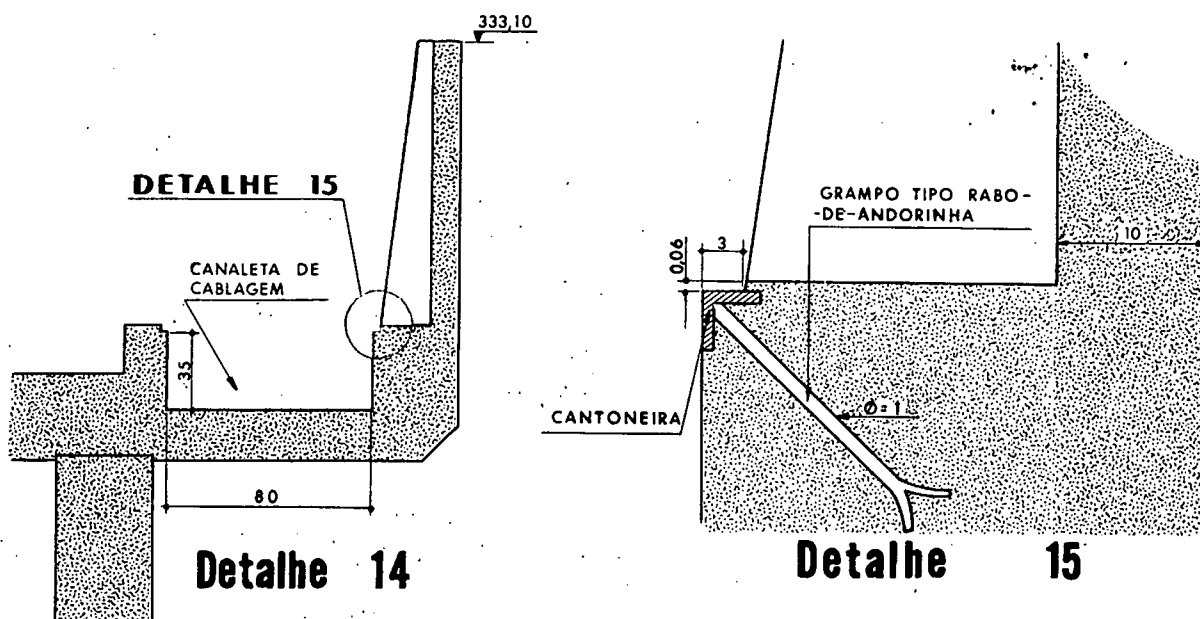
pedestres, pela colocação de equipamentos de manutenção sobre elas, como as máquinas de solda, maçaricos e outros, além de manobras indevidas de veículos particulares.



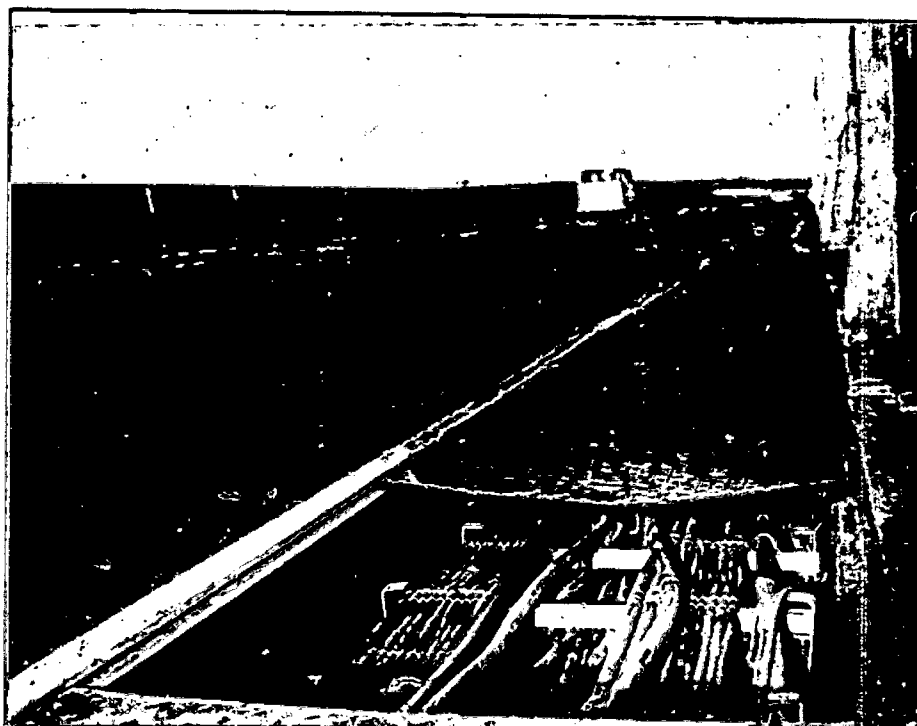
Planta



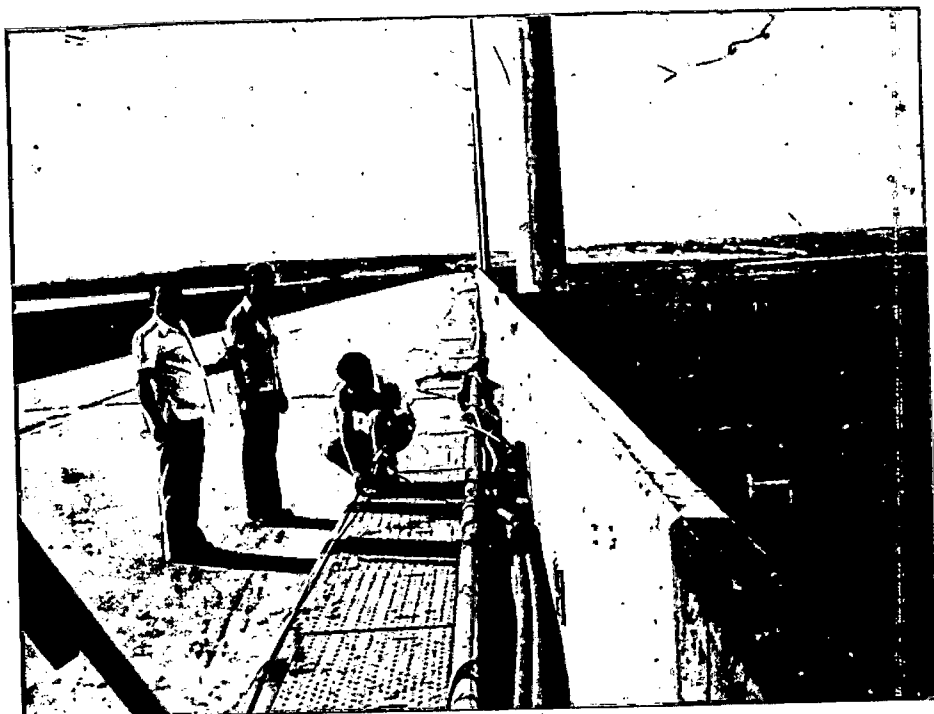
Corte A-A



Esses defeitos provocados nas tampas, além do aspecto estético implicavam também no problema de segurança e proteção da cablagem. Diante disso decidiu-se substituí-las por tampas de concreto.



Vista das deformações das tampas da canaleta e cablagem.



Vista dos defeitos nas junções das tampas.

7.2 - TAMPAS DE CONCRETO.

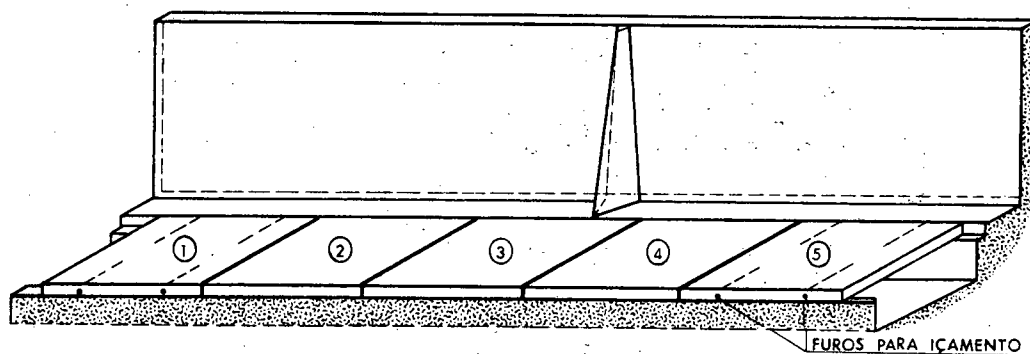
As tampas de concreto foram construídas em placas pré-moldadas com dimensões de 100 x 86 x 6cm, colocadas sobre as mesmas cantoneiras de apoio usadas pelas tampas metálicas.

Como essa canaleta percorre lateralmente a pista de rodovia pública, foi estudado o dimensionamento das tampas para cargas de até três toneladas, que corresponde a carga imprimida pelas rodas dos veículos comuns.

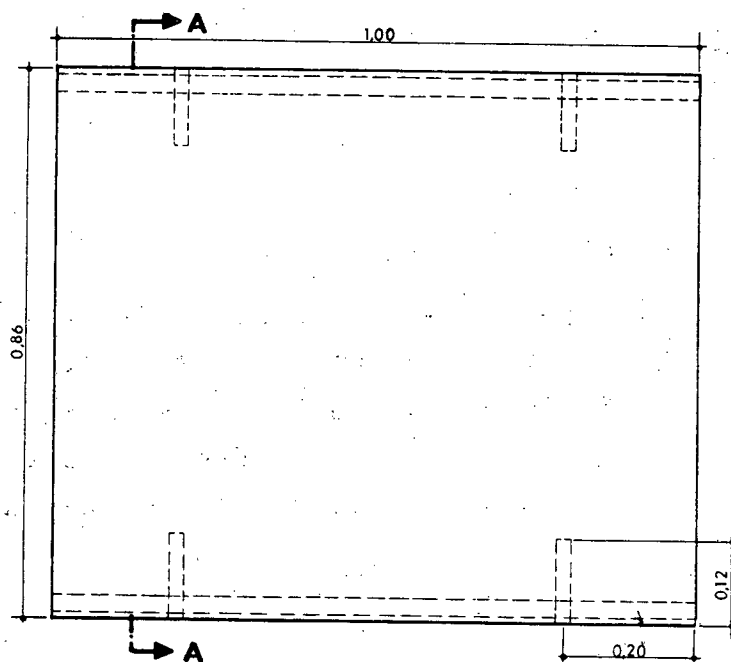
Com isso, pôde-se aumentar a segurança de proteção da cablagem em caso de algum veículo vier a atingir essa área.

Outro aspecto de segurança levado em consideração, foi a de dificultar o manuseio dessas tampas, por qualquer indivíduo alheio à Obra. Para isso, as

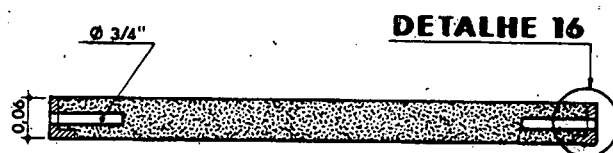
placas foram construídas com pesos relativamente altos, em torno de 250kg, desprovidas de alças de içamento. Para que o pessoal do serviço de manutenção possa manuseá-las com relativa facilidade, foram deixados dois furos de 3/4" nas laterais das placas, para colocação do gancho de içamento ou colocação de alavancas. Esses furos foram executados em uma certa quantidade de peças, as quais foram distribuídas intercaladas em cada grupo de cinco tampas, conforme desenhos a seguir.



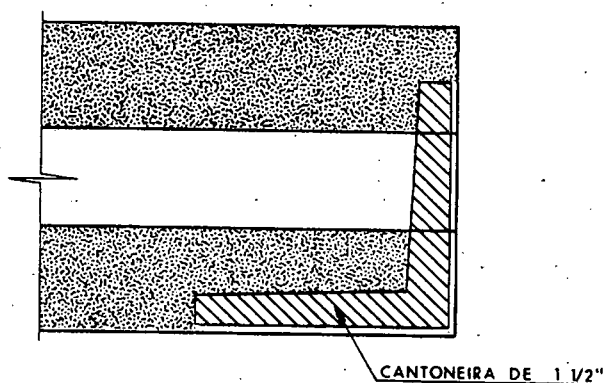
Detalhe de Colocação das Placas Pré-Moldadas



Planta da Placa Pré-Moldada



Corte A-A



Detalhe 16

7.2.1 - Construção das placas..

Na construção das placas utilizou-se na sua armação ferros CA-24 e CA-50 de diâmetro $3/16''$ e $3/8''$ respectivamente e duas cantoneiras de $2'' \times 2'' \times 3/8''$ colocadas nas laterais dos apoios, conforme indicado no desenho da folha nº 163.

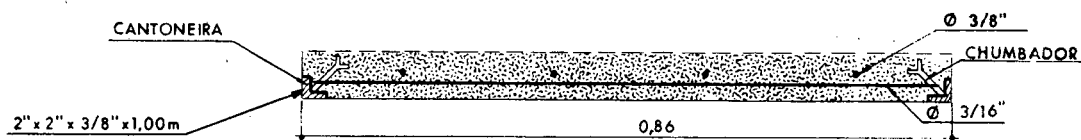
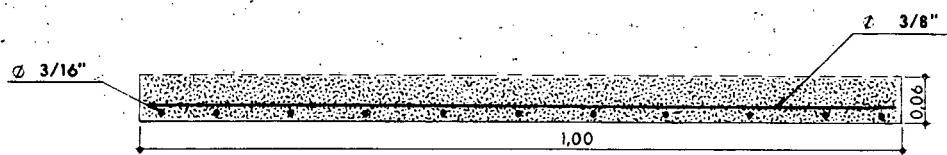
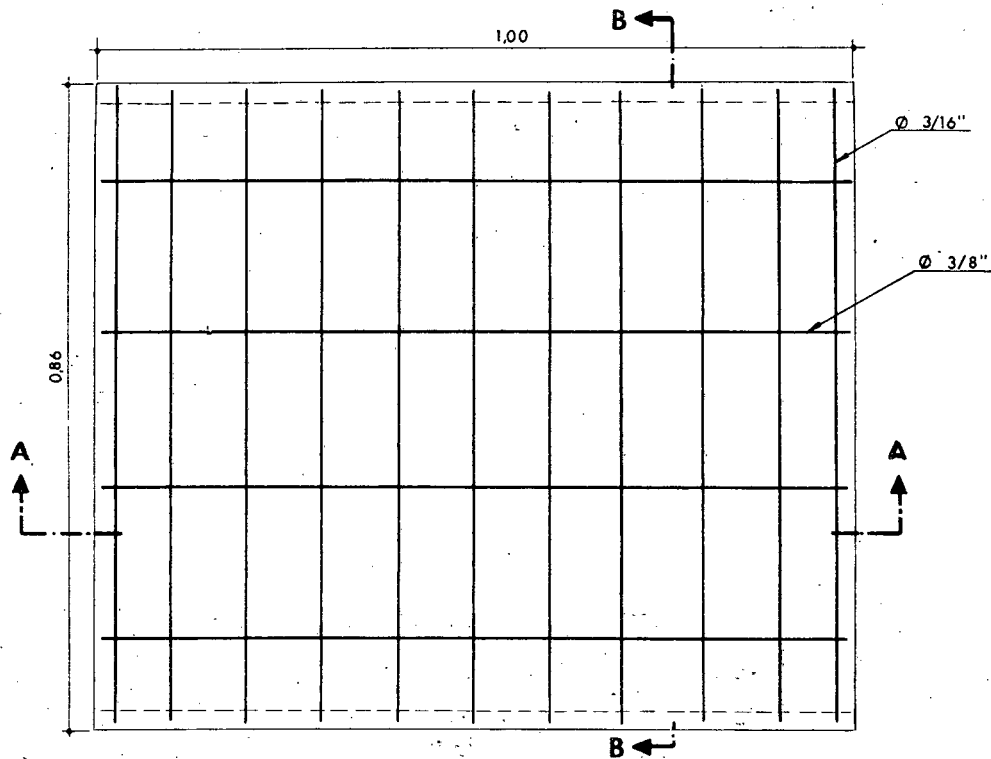
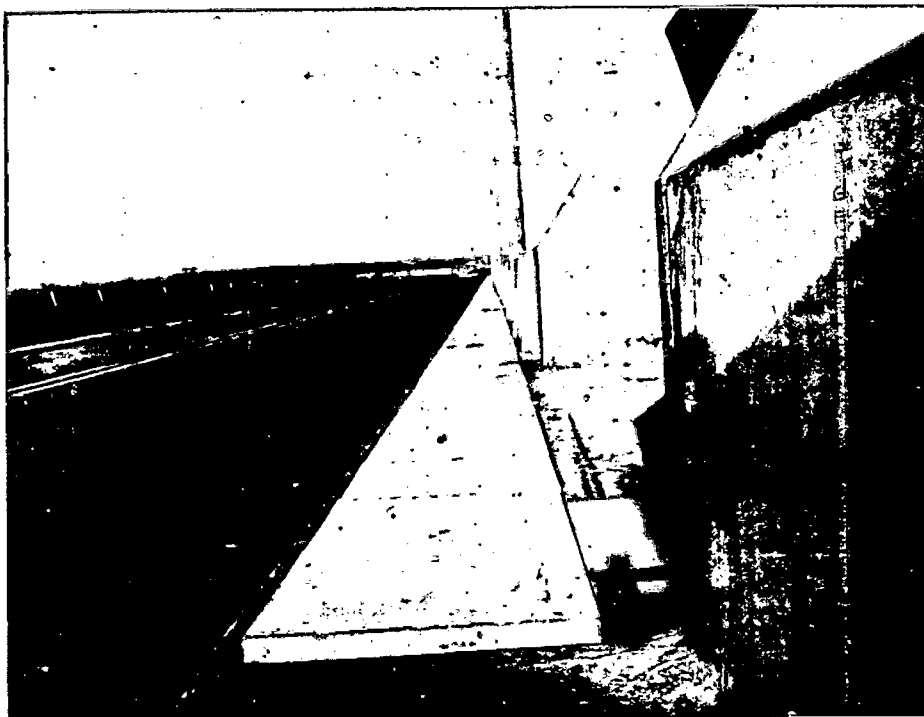


TABELA DE FERRO			
TIPO	DIÂMETRO	QUANTIDADE	COMPRIMENTO
CA-50	3/8"	11	10cm
CA-24	3/16"	4	10cm
2 CANTONEIRAS NOS APOIOS DE CADA PEÇA PRÉ-MOLDADA.			

A distribuição das tampas sobre canaleta foi feita com o "caminhão Munk". A foto abaixo mostra a canaleta coberta com as tampas de concreto.

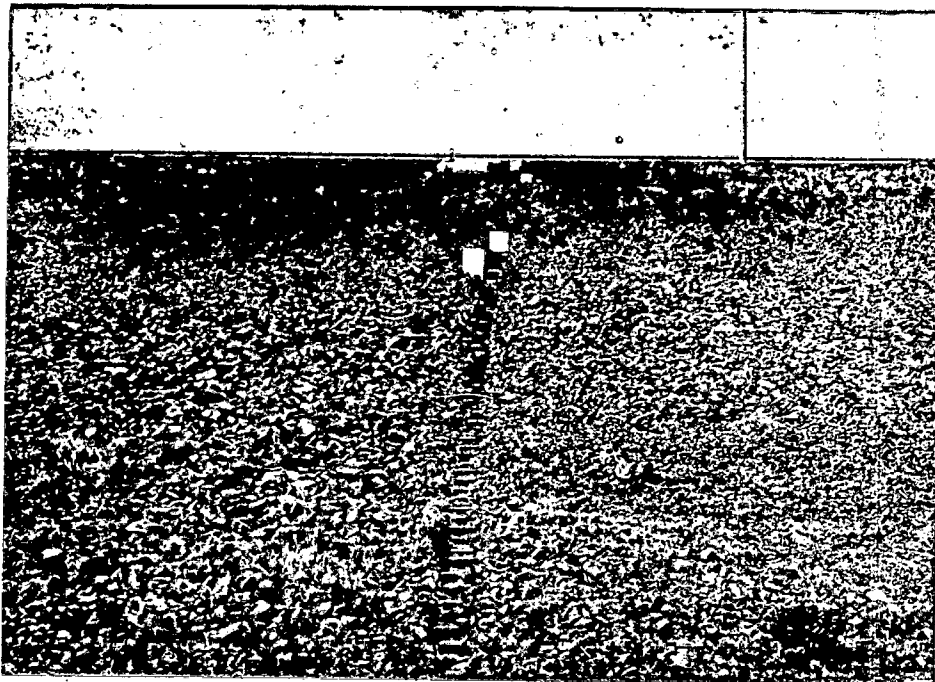


Vista das placas de concreto sobre a canaleta.

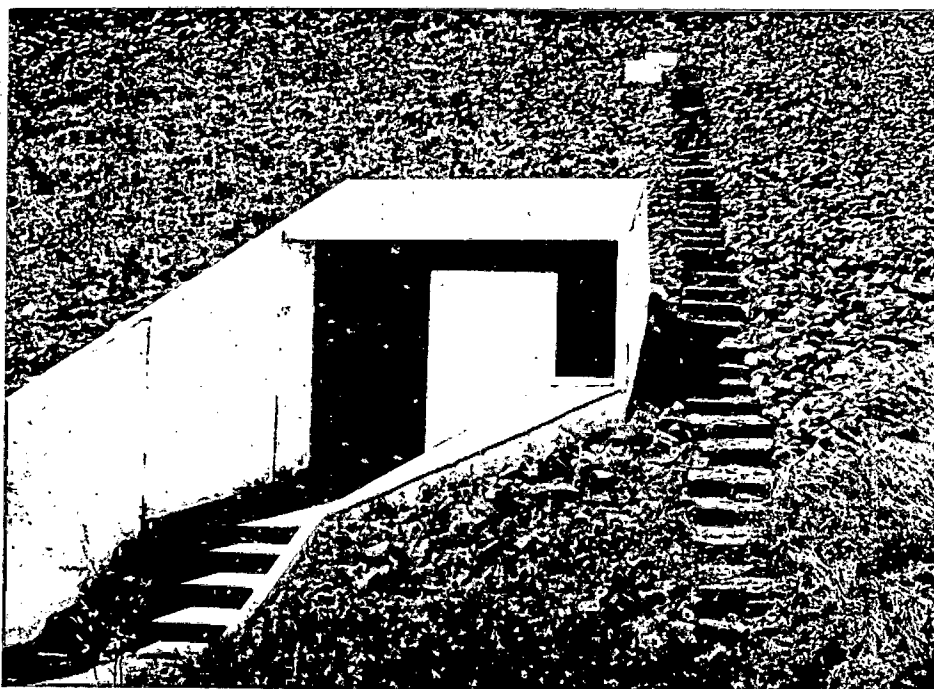
8 - DIFICULDADE DE ACESSO AOS INSTRUMENTOS NA BARRAGEM DE TERRA.

Constatada a dificuldade de acesso à instrumentação colocada ao longo da Barragem de Terra pelo fato de obrigar o deslocamento de pessoal sobre o enrocamento de proteção, adotou-se a solução mostrada nas fotos a seguir.

Um arranjo manual das pedras, fixadas com argamassa, formou uma escada discreta que não prejudicou o aspecto estético e introduziu a segurança necessária.



Vista geral da escada de pedra de acesso às
cabines de Instrumentação.



Detalhe da fixação das pedras no talude jusante da
barragem.

TRABALHARAM NA ELABORAÇÃO DESTE RELATÓRIO

ENGENHEIRO RESIDENTE

NÍVEO AURÉLIO VILLA

ASSISTENTE DA RESIDÊNCIA

MAURÍCIO TONZAR

ENCQ TÉCNICO DE OBRAS

ROBERTO JOSÉ DA SILVA

APRESENTAÇÃO GRÁFICA

SÉRGIO GEHRE FERREIRA

EDI/P

SILSON FERREIRA PEIXOTO

EDI/P

RONIVALDO SEBASTIÃO TIAGO

EDI/P

REMILTON FERREIRA PACHECO

EDI/P

JOSÉ LUIS ALVES DE SOUZA

EDI/P

IMPRESSÃO

GRÁFICA VHI