

**CEESP**

**Companhia  
Energética de  
São Paulo**

**Instruções  
Gerais para  
Concreto**

**Usina Ilha Solteira – Volume I**

# ***Instruções Gerais para Concreto***

São Paulo  
1979

---

**FICHA CATALOGRÁFICA**

**COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO.**  
**C737** *Instruções gerais para concreto — Usina Ilha Solteira*  
*São Paulo, 1979.*  
**2V.**

**1. Concreto 2. Usina Hidrelétrica Ilha Solteira I. Título**

**CDU 691.32:621.311.21SPO30**

***O trabalho "Ilha Solteira — Instruções Gerais para Concreto", que estamos apresentando, registra grande número de recomendações de uma grande autoridade no assunto que é Mr. Lewis H. Tuthill, as especificações da Projetista Themag, além das normas executivas resultantes da própria experiência da CESP — Companhia Energética de São Paulo, utilizadas na construção de nossa maior Hidroelétrica.***

***Ilha Solteira, 27 de abril de 1979***

***Eng.º Niveo Aurélio Villa***  
*Engenheiro Residente*

***Eng.º Walmyr Fernandes Modesto***  
*Departamento de Obras I*

***Eng.º José Geraldo Villas Bôas***  
*Diretor de Engenharia e Construções*



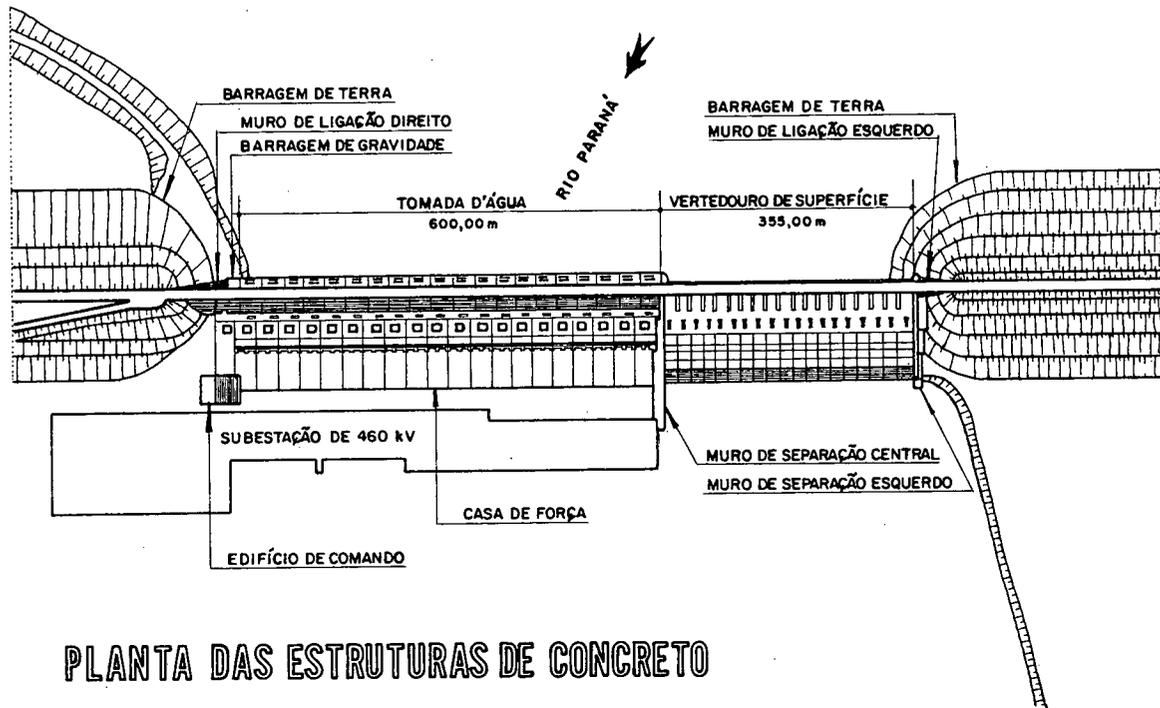
|         |   |    |
|---------|---|----|
| 1.1.9.2 | — Agregados .....   | 34 |
| 1.1.9.3 | — Mata-juntas .....   | 35 |
| 1.1.9.4 | — Juntas longitudinais entre blocos .....   | 35 |
| 1.1.9.5 | — Bombas de alta pressão para corte .....   | 35 |
| 1.1.9.6 | — Injeção de cimento com pó de alumínio .....   | 36 |
| 1.1.9.7 | — Acabamentos de pisos .....  | 36 |
| 1.1.10  | — OBSERVAÇÕES GERAIS .....  | 36 |
| 1.2     | — SEGUNDA VISITA .....  | 36 |
| 1.2.1   | — CASA DE FORÇA .....   | 36 |
| 1.2.1.1 | — Plano de Concretagem da Casa de Força .....   | 36 |
| 1.2.1.2 | — Ferragem do Tubo de Sucção .....  | 38 |
| 1.2.1.3 | — Concretagem do Lajão a jusante da Casa de Força .....                                 | 38 |
| 1.2.2   | — TOMADA D'ÁGUA .....   | 39 |
| 1.2.2.1 | — Plano de concretagem da Tomada D'água .....   | 39 |
| 1.2.2.2 | — Formas para a soleira da Tomada D'água .....  | 40 |
| 1.2.3   | — VERTEDOIRO DE SUPERFÍCIE .....  | 40 |
| 1.2.3.1 | — Juntas (superfícies sujeitas ao fluxo) .....  | 40 |
| 1.2.3.2 | — Formas do Vertedouro de Superfície .....  | 42 |
| 1.2.3.3 | — Proposta para junta entre blocos do Vertedouro de Superfície ..                       | 43 |
| 1.2.4   | — FORMAS: TIPOS E APLICAÇÃO .....   | 44 |
| 1.2.4.1 | — Utilização de forma quanto à declividade das estruturas .....                         | 44 |
| 1.2.4.2 | — Detalhes de Formas Temporariamente Fixas .....  | 45 |
| 1.2.4.3 | — Formas para as galerias .....   | 50 |
| 1.2.5   | — OBSERVAÇÕES DA OBRA .....   | 50 |
| 1.2.5.1 | — Vibração .....  | 50 |
| 1.2.5.2 | — Segregação nas cabeças .....  | 51 |
| 1.2.5.3 | — Acabamento superficial .....  | 51 |
| 1.2.5.4 | — Manchas superficiais .....  | 51 |
| 1.2.5.5 | — Revibração .....  | 51 |
| 1.2.5.6 | — Argamassa na Superfície .....   | 51 |
| 1.2.6   | — JUNTAS DE CONCRETAGEM .....   | 51 |
| 1.2.7   | — SUBESTAÇÃO .....  | 52 |
| 1.2.7.1 | — Plano de concretagem .....  | 52 |
| 1.3     | — TERCEIRA VISITA .....   | 53 |
| 1.3.1   | — OBSERVAÇÕES DE MR. LEWIS H. TUTHILL ACERCA DAS ESTRUTU-<br>RAS DE ILHA SOLTEIRA ..... | 53 |
| 1.3.2   | — DETALHES PROPOSTOS PARA FORMA .....   | 53 |
| 1.3.3   | — REPAROS EM CONCRETO .....   | 54 |
| 1.3.4   | — COMENTÁRIOS SOBRE LANÇAMENTO DE CONCRETO .....  | 55 |
| 1.3.5   | — ESQUEMA DE LANÇAMENTO PROPOSTO PARA O TUBO DE SUCCÃO .....                            | 57 |
| 1.3.6   | — SUBESTAÇÃO DE 460 kV .....  | 58 |
| 1.3.6.1 | — Etapas de concretagem, cura e lançamento .....  | 58 |
| 1.3.6.2 | — Concretagem da viga do pórtico da Subestação de 460 kV .....                          | 58 |
| 1.3.6.3 | — Viga de travamento dos pórticos .....   | 60 |
| 1.3.7   | — SUPERFÍCIES SUJEITAS A ESCOAMENTO DE LÍQUIDO .....                                    | 61 |
| 1.3.8   | — CONCRETAGEM DA LAJE DO CANAL DE RESTITUIÇÃO .....                                     | 62 |
| 1.3.8.1 | — Réguas deslizantes .....  | 62 |
| 1.3.9   | — VERTEDOIRO DE SUPERFÍCIE .....  | 63 |
| 1.3.9.1 | — Utilização de formas .....  | 63 |
| 1.4     | — QUARTA VISITA .....   | 65 |
| 1.4.1   | — VERTEDOIRO DE SUPERFÍCIE .....  | 65 |
| 1.4.1.1 | — Acabamento das soleiras .....   | 65 |

|         |   |  |    |
|---------|---|--|----|
| 1.4.1.2 | — | Pilares das comportas .....  | 67 |
| 1.4.1.3 | — | Bloco "F" da bacia de dissipação .....   | 67 |
| 1.4.2   | — | CASA DE FORÇA .....  | 67 |
| 1.4.2.1 | — | Concretagem do Caracol .....   | 67 |
| 1.4.2.2 | — | Galeria de jusante na cota 251,50 .....  | 69 |
| 1.4.3   | — | TOMADA D'ÁGUA .....  | 69 |
| 1.4.3.1 | — | Injeções das blindagens .....  | 69 |
| 1.4.3.2 | — | Impermeabilização da cota 292,00 .....   | 69 |
| 1.4.3.3 | — | Vedação entre juntas na cota 292,00 .....  | 69 |
| 1.4.4   | — | SUBESTAÇÃO 460 kV .....  | 70 |
| 1.4.4.1 | — | Juntas de retração nos pórticos .....  | 70 |
| 1.4.5   | — | UTILIZAÇÃO DE BOMBAS PARA CONCRETO .....   | 70 |
| 1.4.6   | — | OBSERVAÇÕES GERAIS .....   | 70 |
| 1.4.6.1 | — | Retirada do agregado graúdo .....  | 70 |
| 1.4.6.2 | — | Vibração da subcamada .....  | 70 |
| 1.4.6.3 | — | Lançamento da subcamada .....  | 70 |
| 1.4.6.4 | — | Limpeza do bloco .....   | 70 |
| 1.4.6.5 | — | Manchas brancas .....  | 70 |
| 1.4.6.6 | — | Esquema de corte das juntas com espingarda de alta pressão .....   | 70 |
| 1.4.6.7 | — | Reparos nas estruturas .....   | 71 |
| 1.4.6.8 | — | Assuntos com o Laboratório de Concreto .....   | 71 |
| 1.5     | — | QUINTA VISITA .....  | 71 |
| 1.5.1   | — | RECOMENDAÇÕES PARA O REPARO NA BACIA DE DISSIPACÃO .....   | 71 |
| 1.5.1.1 | — | Para condições a seco, restituindo a superfície na cota original .....   | 72 |
| 1.5.1.2 | — | Para condições a seco, elevando em 1,00 metro a cota original da bacia de dissipação, conforme recomendação da Sogreah ..... | 72 |
| 1.5.1.3 | — | Para condições da bacia de dissipação inundada .....   | 72 |
| 1.5.2   | — | RECOMENDAÇÕES PARA REPARO NA SOLEIRA DO VERTEDOIRO, JUNTO AO DENTE DE DISSIPACÃO .....                                       | 73 |
| 1.5.2.1 | — | Corte com disco .....  | 73 |
| 1.5.2.2 | — | Colagem com "Epoxi" .....  | 73 |
| 1.5.2.3 | — | Concretagem e acabamento .....   | 74 |
| 1.5.2.4 | — | Especificação para o concreto .....  | 74 |
| 1.5.2.5 | — | Reparos nos furos dos parafusos .....  | 74 |
| 1.5.2.6 | — | Cura dos reparos .....   | 74 |
| 2.      | — | ESPECIFICAÇÃO FEITA PELA PROJETISTA THEMAG .....   | 75 |
| 2.1     | — | OBJETIVO E GENERALIDADES .....   | 77 |
| 2.1.1   | — | PROPRIEDADES E QUALIDADES DOS MATERIAIS COMPONENTES DO CONCRETO .....  | 77 |
| 2.1.2   | — | ATRIBUIÇÕES DOS CONSULTORES, PROJETISTAS, EMPREITEIROS E DA FISCALIZAÇÃO DA OBRA .....                                       | 77 |
| 2.1.2.1 | — | Consultores .....  | 77 |
| 2.1.2.2 | — | Projetistas .....  | 77 |
| 2.1.2.3 | — | Empreiteiros .....   | 77 |
| 2.1.2.4 | — | Fiscalização .....   | 77 |
| 2.1.3   | — | COMPOSIÇÃO DA FISCALIZAÇÃO .....   | 77 |
| 2.1.4   | — | PROCEDIMENTO PARA MODIFICAÇÃO DESTA ESPECIFICAÇÃO .....  | 78 |
| 2.2     | — | COMPOSIÇÃO DO CONCRETO E CONTROLE DE SUA QUALIDADE .....   | 78 |
| 2.2.1   | — | COMPOSIÇÃO DO CONCRETO .....   | 78 |
| 2.2.2   | — | TRABALHABILIDADE DO CONCRETO .....   | 78 |

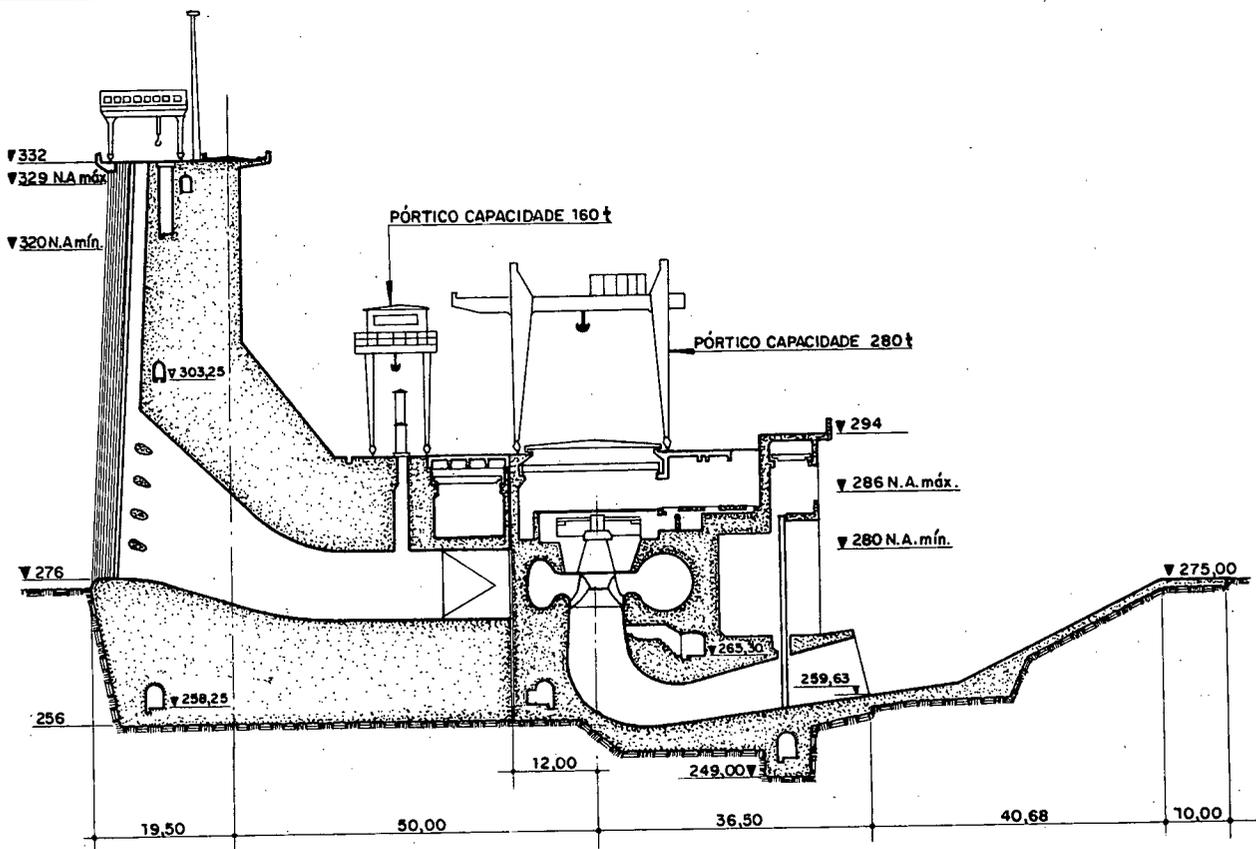
|         |  |     |
|---------|--|-----|
| 2.2.3   | — REQUISITOS QUANTO AO EMPREGO DO DIÂMETRO MÁXIMO DOS AGREGADOS ( $\emptyset$ MÁX.) .....                        | 79  |
| 2.2.4   | — REQUISITOS QUANTO À QUALIDADE (DURABILIDADE) DO CONCRETO EM VISTA DO DESGASTE POR ABRASÃO E INTEMPERISMO ..... | 80  |
| 2.2.5   | — REQUISITOS QUANTO AO GRAU DE IMPERMEABILIDADE .....  | 81  |
| 2.2.6   | — REQUISITOS QUANTO À RESISTÊNCIA MÍNIMA À RUPTURA .....   | 81  |
| 2.2.7   | — REQUISITOS QUANTO ÀS PROPRIEDADES TÉRMICAS DO CONCRETO .....   | 83  |
| 2.2.8   | — NOMENCLATURA DOS TRAÇOS .....  | 83  |
| 2.2.9   | — CONTROLE DO CONCRETO .....   | 84  |
| 2.2.9.1 | — Amostragem .....   | 84  |
| 2.2.9.2 | — Ensaios .....  | 85  |
| 2.2.10  | — CRITÉRIO DE REJEIÇÃO DO CONCRETO .....   | 85  |
| 2.3     | — CONTROLE DE QUALIDADE DOS MATERIAIS COMPONENTES DO CONCRETO .....  | 86  |
| 2.3.1   | — GENERALIDADES .....  | 86  |
| 2.3.2   | — AGLOMERANTES .....   | 87  |
| 2.3.2.1 | — Definição e propriedades .....   | 87  |
| 2.3.2.2 | — Transporte .....   | 87  |
| 2.3.2.3 | — Armazenamento .....  | 87  |
| 2.3.3   | — AGREGADOS .....  | 88  |
| 2.3.3.1 | — Generalidades .....  | 88  |
| 2.3.3.2 | — Classificação .....  | 88  |
| 2.3.3.3 | — Faixa do agregado miúdo .....  | 89  |
| 2.3.3.4 | — Agregado graúdo .....  | 90  |
| 2.3.4   | — ÁGUA DE AMASSAMENTO .....  | 91  |
| 2.3.5   | — ADITIVOS .....   | 92  |
| 2.3.5.1 | — Substâncias empregadas no preparo do concreto .....  | 92  |
| 2.3.5.2 | — Aditivos considerados nesta especificação .....  | 92  |
| 2.4     | — PREPARO DO CONCRETO .....  | 95  |
| 2.4.1   | — EQUIPAMENTO DE RESFRIAMENTO .....  | 95  |
| 2.4.2   | — EQUIPAMENTO DE MISTURA .....   | 95  |
| 2.4.2.1 | — Preparação do concreto .....   | 95  |
| 2.5     | — TRANSPORTE E LANÇAMENTO DO CONCRETO .....  | 96  |
| 2.5.1   | — TRANSPORTE .....   | 96  |
| 2.5.1.1 | — Transporte do concreto das centrais ao local de lançamento .....   | 96  |
| 2.5.1.2 | — Método de transporte .....   | 96  |
| 2.5.1.3 | — Inclinação das calhas .....  | 97  |
| 2.5.1.4 | — Transporte pneumático ou por bombeamento .....   | 97  |
| 2.5.1.5 | — Descarga das caçambas .....  | 97  |
| 2.5.2   | — LANÇAMENTO .....   | 97  |
| 2.5.2.1 | — Início de concretagem .....  | 97  |
| 2.5.2.2 | — Concretagem sobre superfície de rocha .....  | 97  |
| 2.5.2.3 | — Concretagem de estruturas maciças .....  | 98  |
| 2.5.2.4 | — Concretagem de estruturas delgadas .....   | 100 |
| 2.5.2.5 | — Concretagem de galerias e túneis .....   | 100 |
| 2.5.2.6 | — Argamassa e concreto lançado a jato pneumático (gunite) .....  | 101 |
| 2.6     | — VIBRAÇÃO .....   | 102 |

|  |     |
|--|-----|
| 2.7 — CURA E PRECAUÇÕES ESPECIAIS .....  | 102 |
| 2.8 — SEGUNDO ESTÁGIO DE CONCRETAGEM .....   | 103 |
| 2.9 — FORMAS .....   | 103 |
| 2.10 — ACABAMENTOS E REPAROS SUPERFICIAIS .....  | 104 |
| 2.11 — MATERIAIS E PEÇAS EMBUTIDAS .....   | 106 |
| <b>ANEXO I</b> .....   | 106 |
| a) Influência do fator tempo no valor da resistência e das deformações .....                                       | 106 |
| b) Influência do comportamento elasto-plástico .....   | 106 |
| c) Influência da variação da estrutura física e química .....  | 106 |
| d) Influência do estado de tensão .....  | 106 |
| e) Influência do Carregamento .....  | 106 |
| <b>DIAGRAMA INDICATIVO SOBRE A INFLUÊNCIA DO ESTADO DE TENSÃO</b> .....  | 108 |
| <b>DIAGRAMA INDICATIVO SOBRE A INFLUÊNCIA DO CARREGAMENTO NA RESISTÊNCIA E DEFORMAÇÃO FINAL DO CONCRETO</b> .....  | 109 |
| <b>DIAGRAMA INDICATIVO DAS TENSÕES DE RUPTURA, SUAS RELAÇÕES E REPRESENTAÇÕES APROXIMADAS DAS GAUSSIANAS</b> ..... | 110 |

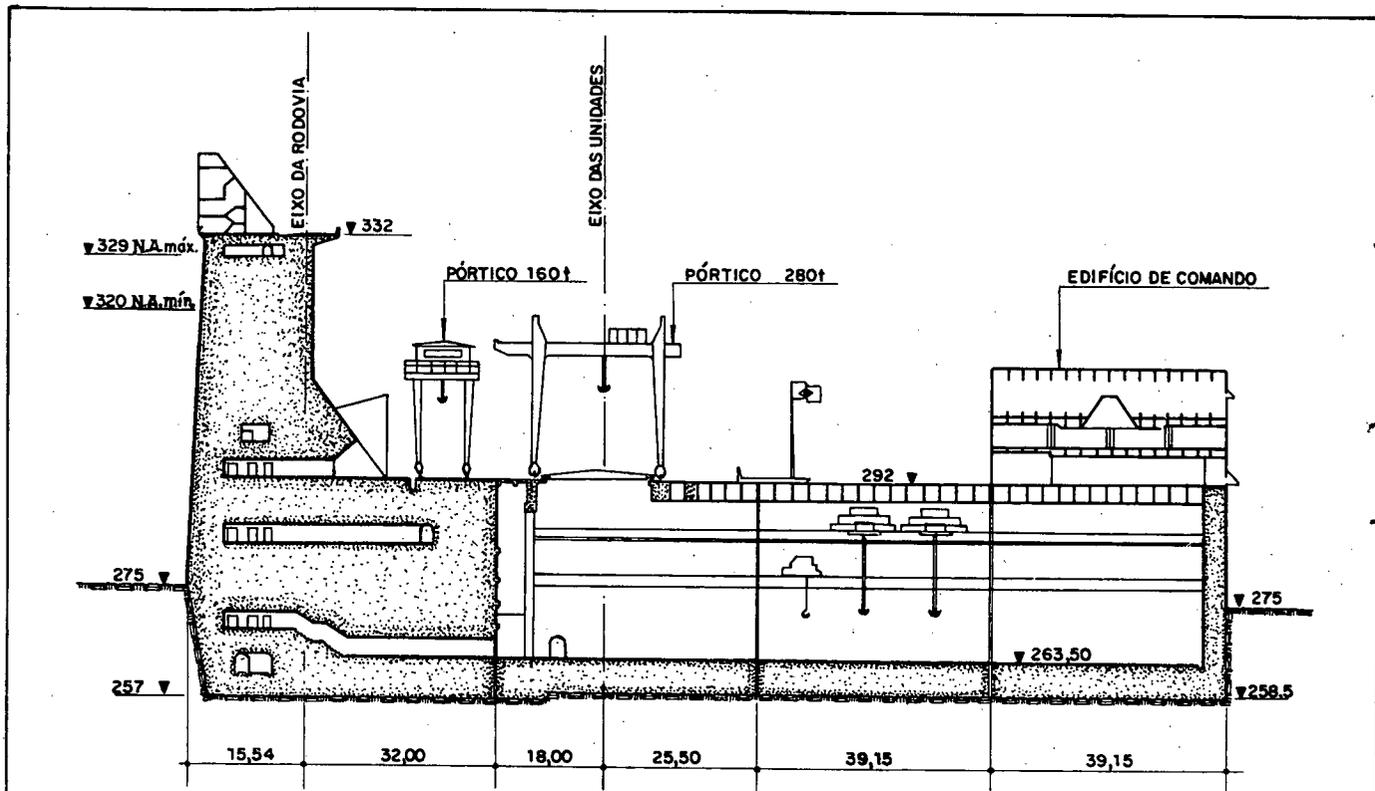
***ALGUNS DADOS INFORMATIVOS***  
***SOBRE A***  
***OBRA DE ILHA SOLTEIRA***



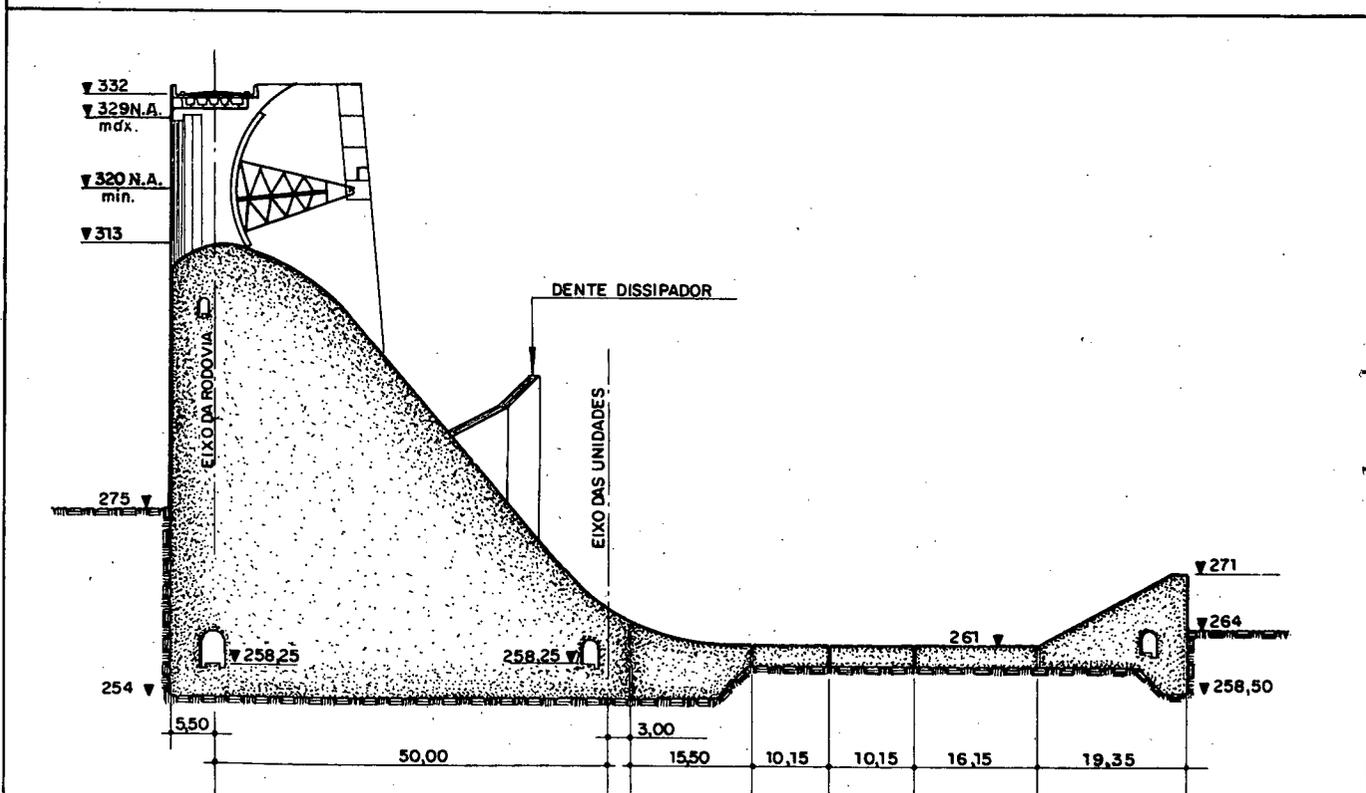
PLANTA DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO



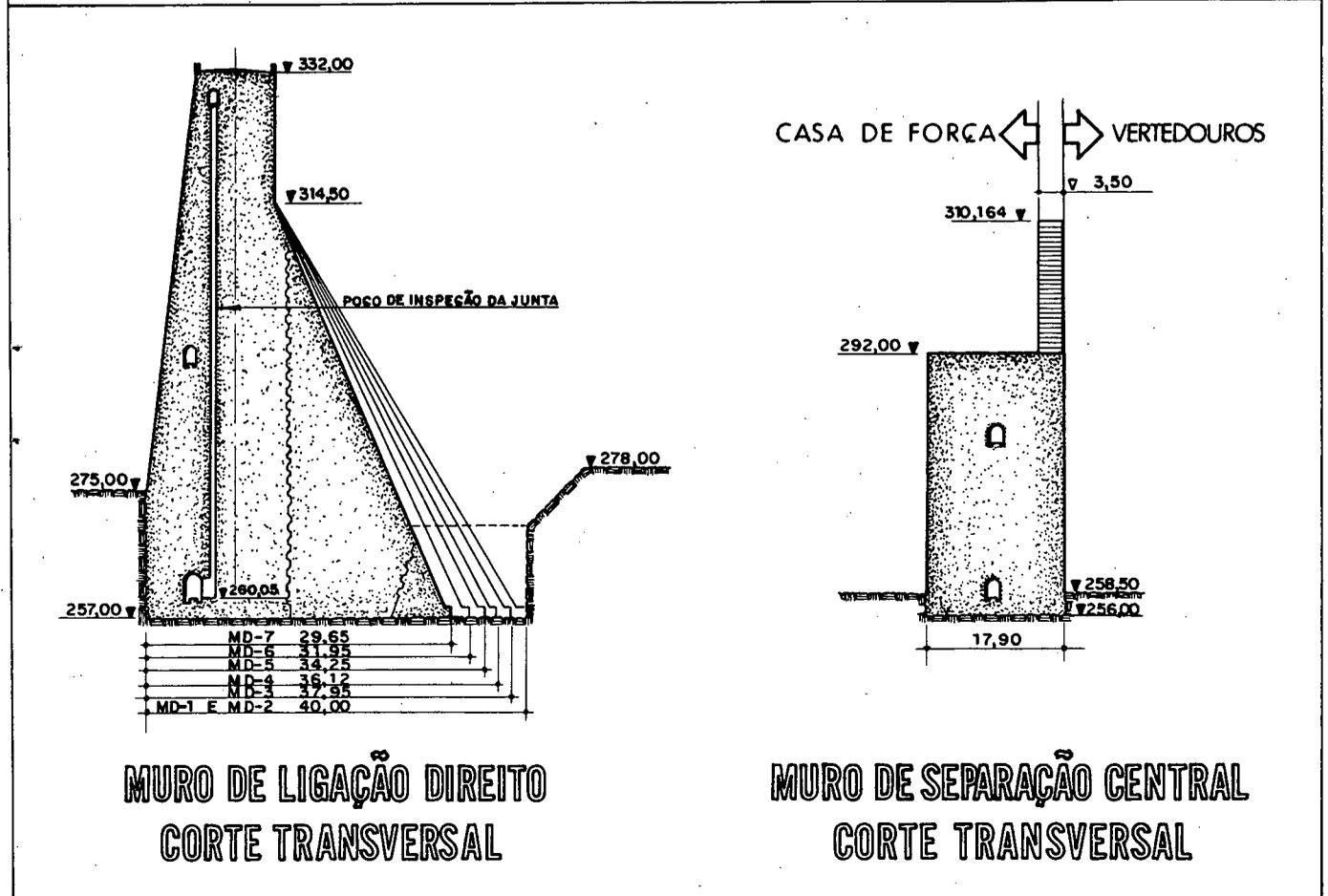
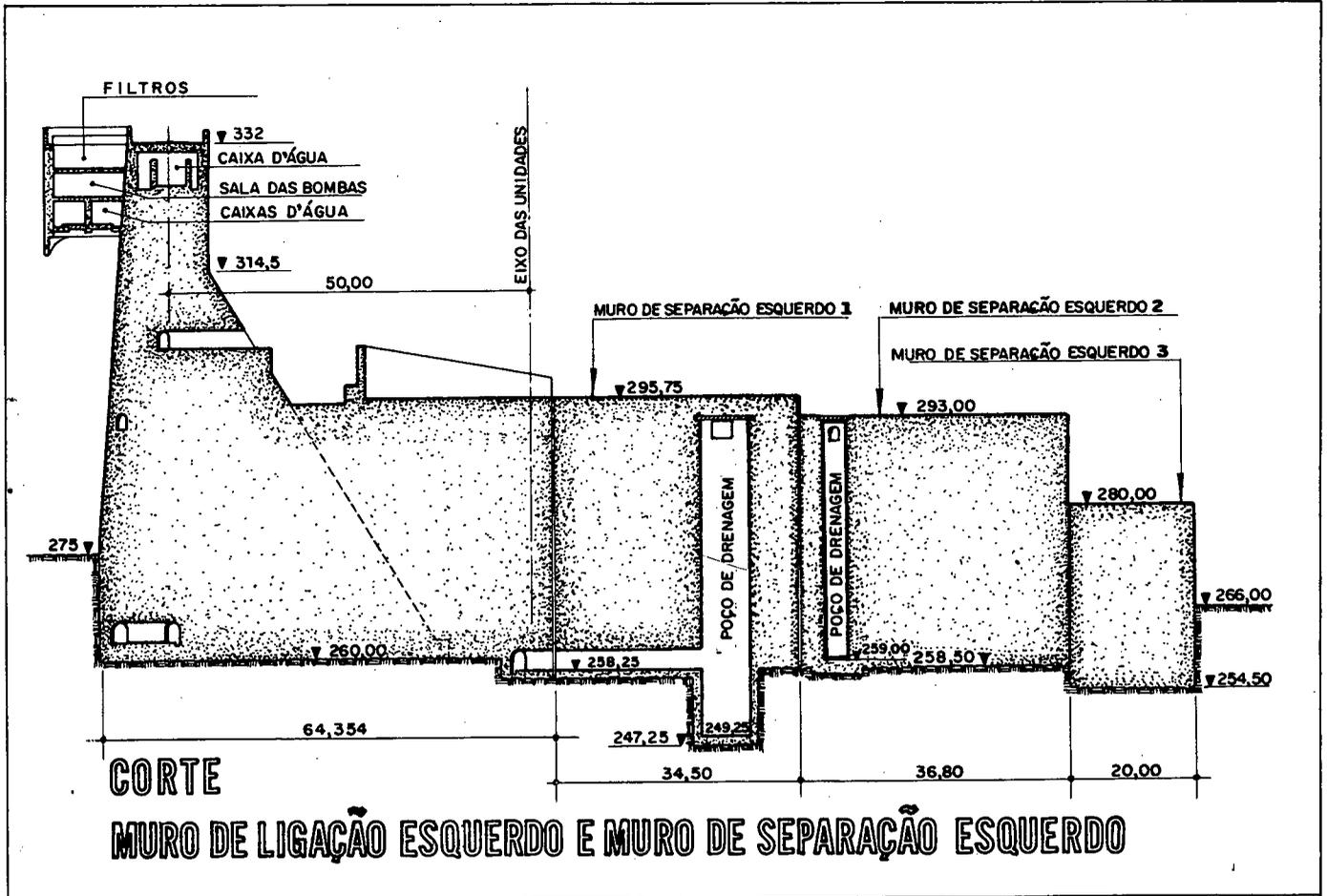
CORTE TRANSVERSAL DA TOMADA D'ÁGUA E CASA DE FORÇA

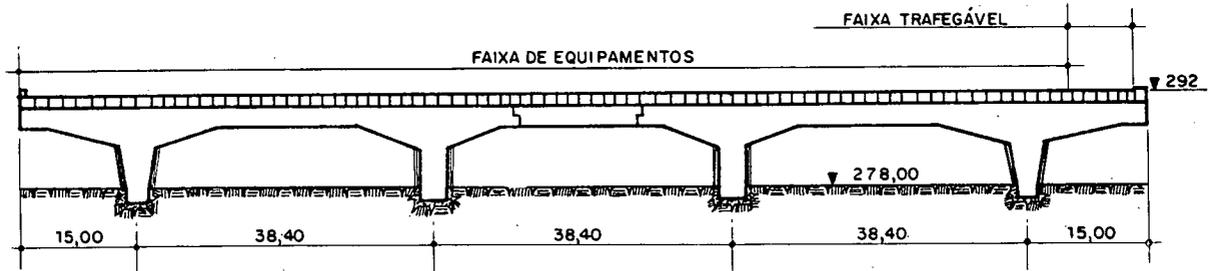


CORTE DA BARRAGEM DE GRAVIDADE E HALL DE MONTAGEM

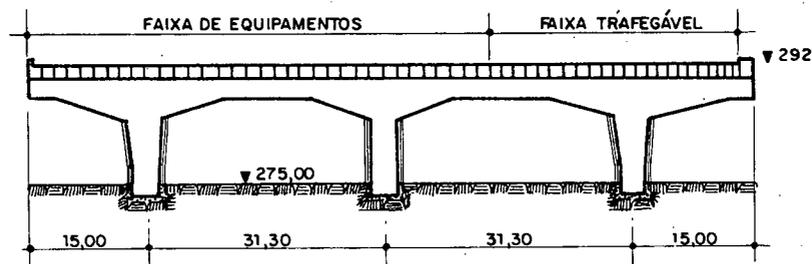


CORTE TRANSVERSAL DO VERTEDOIRO DE SUPERFÍCIE

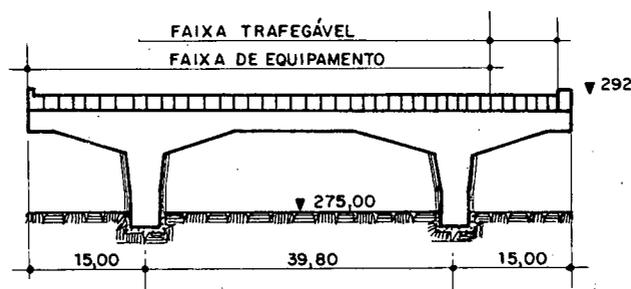




**PÓRTICO PARA OS EIXOS IV-III-E-II**



**PÓRTICO PARA OS EIXOS 10-11-12-13 E 14**



**PÓRTICO  
 PARA OS EIXOS V-1-2-3-4-5-6-7-8-9-15-16-17-18-19-20-21-22 E 23**

**DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES DE CONCRETO APLICADOS NAS ESTRUTURAS DE ILHA SOLTEIRA**

| ESTRUTURAS DE CONCRETO     | VOLUME APLICADO<br>m <sup>3</sup> |
|----------------------------|-----------------------------------|
| Tomada D'água              | 1.351.000,000                     |
| Casa de Força              | 668.000,000                       |
| Vertedouro de Superfície   | 940.000,000                       |
| Barragem de Gravidade      | 77.000,000                        |
| Hall de Montagem           | 52.000,000                        |
| Muro de Ligação Direito    | 177.000,000                       |
| Muro de Ligação Esquerdo   | 128.000,000                       |
| Muro de Separação Central  | 103.000,000                       |
| Muro de Separação Esquerdo | 42.000,000                        |
| Subestação de 460 kV       | 63.000,000                        |
| Eclusa de Navegação        | 82.900,000                        |
| Edifício de Comando        | 3.000,000                         |
| <b>TOTAL</b>               | <b>3.686.900,000</b>              |

**QUANTIDADE DE FORMAS, FERRO E CONCRETO APLICADOS NAS ESTRUTURAS DA BARRAGEM, PERÍODO: JUN/70 A DEZ/71**

| ANO  | MÊS       | FORMAS<br>m <sup>2</sup> | FERRO<br>t | CONCRETO<br>m <sup>3</sup> |
|------|-----------|--------------------------|------------|----------------------------|
| 1970 | Junho     | 10.744,4                 | 1.862,1    | 72.347,0                   |
|      | Julho     | 12.668,6                 | 2.615,9    | 92.462,5                   |
|      | Agosto    | 14.910,4                 | 2.769,7    | 88.379,0                   |
|      | Setembro  | 16.280,9                 | 2.509,5    | 82.667,3                   |
|      | Outubro   | 14.736,8                 | 1.956,2    | 60.609,7                   |
|      | Novembro  | 19.949,9                 | 2.692,3    | 83.115,1                   |
|      | Dezembro  | 19.255,4                 | 2.314,7    | 69.324,3                   |
| 1971 | Janeiro   | 19.038,4                 | 2.653,3    | 71.125,9                   |
|      | Fevereiro | 21.908,6                 | 2.776,2    | 83.192,3                   |
|      | Março     | 26.413,6                 | 2.974,2    | 95.097,7                   |
|      | Abril     | 26.392,8                 | 2.888,9    | 93.007,5                   |
|      | Maio      | 29.270,5                 | 3.295,1    | 110.306,9                  |
|      | Junho     | 27.759,2                 | 3.003,5    | 98.650,6                   |
|      | Julho     | 27.944,7                 | 2.976,0    | 107.228,3                  |
|      | Agosto    | 32.409,8                 | 3.099,3    | 116.313,2                  |
|      | Setembro  | 30.401,4                 | 3.029,4    | 108.452,2                  |
|      | Outubro   | 32.787,3                 | 3.008,4    | 120.742,1                  |
|      | Novembro  | 32.044,4                 | 2.659,0    | 108.064,6                  |
|      | Dezembro  | 26.090,0                 | 2.432,0    | 98.389,1                   |

QUANTIDADE DE FORMAS, FERRO E CONCRETO APLICADOS NAS ESTRUTURAS DA BARRAGEM, PERÍODO: JAN/72 A DEZ/73

| ANO              | MÊS       | FORMAS<br>m <sup>2</sup> | FERRO<br>t | CONCRETO<br>m <sup>3</sup> |
|------------------|-----------|--------------------------|------------|----------------------------|
| 1<br>9<br>7<br>2 | Janeiro   | 32.563,2                 | 2.446,2    | 102.488,3                  |
|                  | Fevereiro | 26.565,5                 | 2.331,2    | 93.920,1                   |
|                  | Março     | 28.791,5                 | 2.555,1    | 90.577,8                   |
|                  | Abril     | 18.286,3                 | 1.339,2    | 96.113,6                   |
|                  | Maio      | 19.321,9                 | 701,2      | 127.428,9                  |
|                  | Junho     | 23.036,9                 | 805,4      | 113.476,1                  |
|                  | Julho     | 24.753,9                 | 1.096,7    | 110.518,6                  |
|                  | Agosto    | 22.521,2                 | 1.017,0    | 85.907,1                   |
|                  | Setembro  | 20.319,7                 | 1.078,4    | 63.477,3                   |
|                  | Outubro   | 17.431,2                 | 1.053,3    | 48.164,8                   |
|                  | Novembro  | 17.489,4                 | 1.166,1    | 43.148,4                   |
|                  | Dezembro  | 18.513,9                 | 1.350,8    | 52.480,4                   |
| 1<br>9<br>7<br>3 | Janeiro   | 20.906,6                 | 1.329,9    | 57.163,5                   |
|                  | Fevereiro | 23.000,1                 | 1.435,9    | 55.592,4                   |
|                  | Março     | 19.014,8                 | 1.097,1    | 49.309,8                   |
|                  | Abril     | 16.096,6                 | 714,7      | 39.814,1                   |
|                  | Maio      | 15.168,4                 | 496,8      | 30.020,6                   |
|                  | Junho     | 16.807,8                 | 606,7      | 25.365,0                   |
|                  | Julho     | 11.227,5                 | 455,1      | 13.463,7                   |
|                  | Agosto    | 19.296,1                 | 326,7      | 8.416,2                    |
|                  | Setembro  | 6.539,8                  | 238,6      | 5.873,0                    |
|                  | Outubro   | 5.986,5                  | 286,3      | 6.905,8                    |
|                  | Novembro  | 7.592,1                  | 128,4      | 2.220,3                    |
|                  | Dezembro  | 4.414,4                  | 156,1      | 3.744,0                    |

***VISITAS DO CONSULTOR***  
***MR. LEWIS H. TUTHILL***

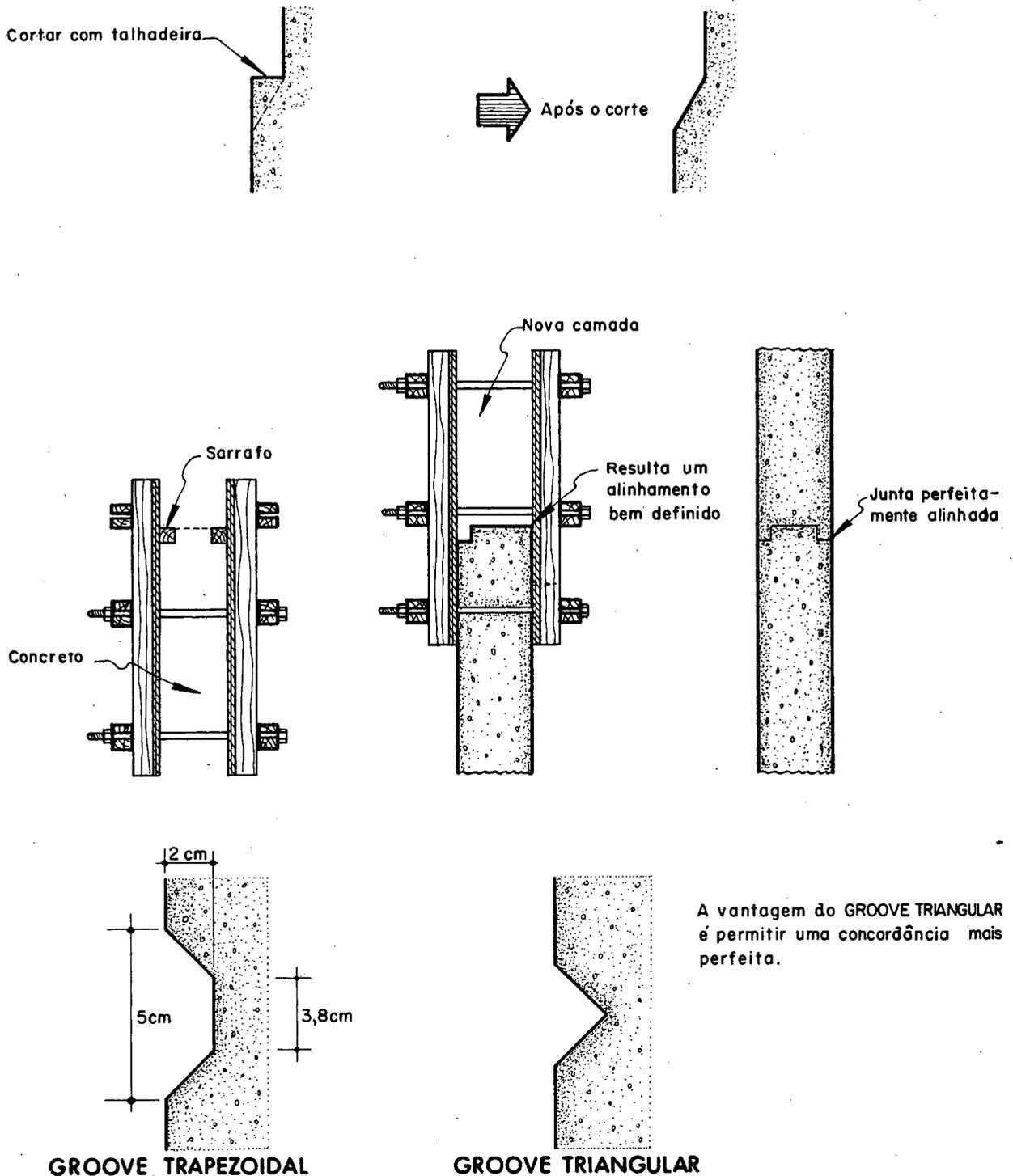
## 1. VISITAS DO CONSULTOR MR. LEWIS H. TUTHILL

As estruturas de concreto de Ilha Solteira foram acompanhadas nas diversas fases pelo Consultor Mr. Lewis H. Tuthill. Esse acompanhamento era feito através de visitas periódicas, nas quais eram discutidos todos os problemas referentes ao concreto, forma, ferragem e reparos.

### 1.1. PRIMEIRA VISITA — DE 26/01/69 A 02/02/69

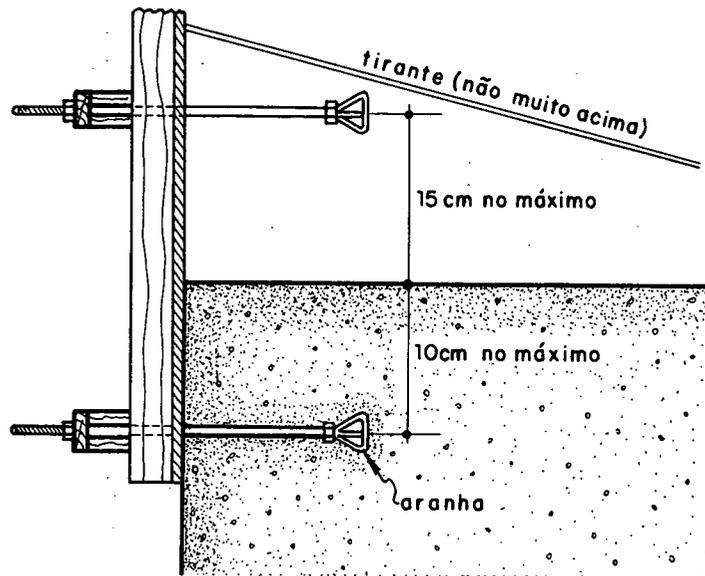
#### 1.1.1: FORMA

##### 1.1.1.1. Irregularidades na junção das formas



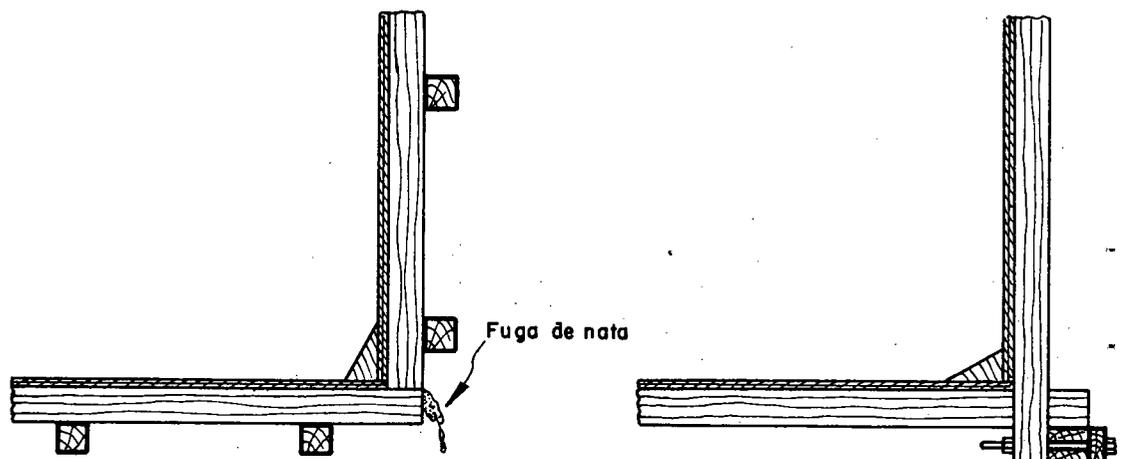
*Durante a concretagem, pelo menos por duas vezes, devem ser repassados e reapertados todos os parafusos de fixação das formas.*

- 1.1.1.2. *Detalhe de fixação da forma*  
*A tendência de abertura de forma é sempre na parte inferior.*

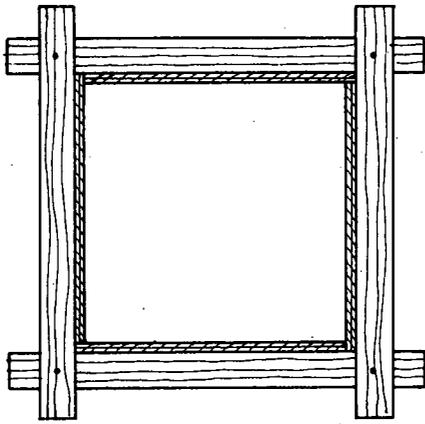


*Deve ser sempre muito bem reforçada a parte inferior da forma, onde deverá ser maior a solicitação de abertura.*

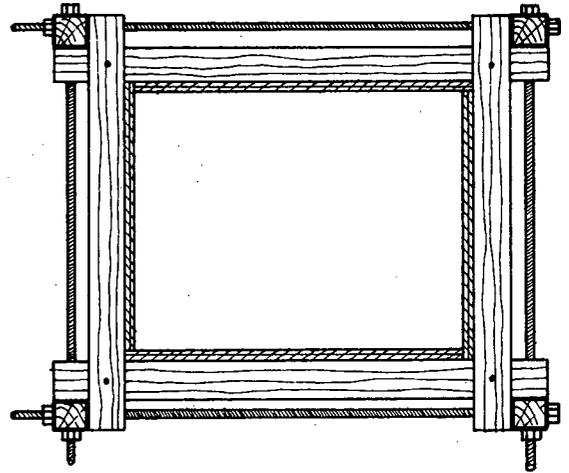
- 1.1.1.3. *Fixação das formas para acabamentos de cantos*  
*Transpassar os elementos de rigidez da forma, a fim de obter uma fixação perfeita, impedindo sua abertura.*



- 1.1.1.4. *Detalhe para fixação das gravatas nos pilares*

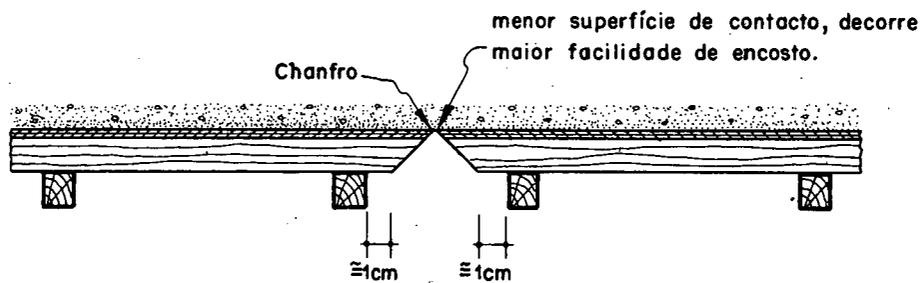


**ESFORÇO DE CISALHAMENTO  
NA JUNTA**

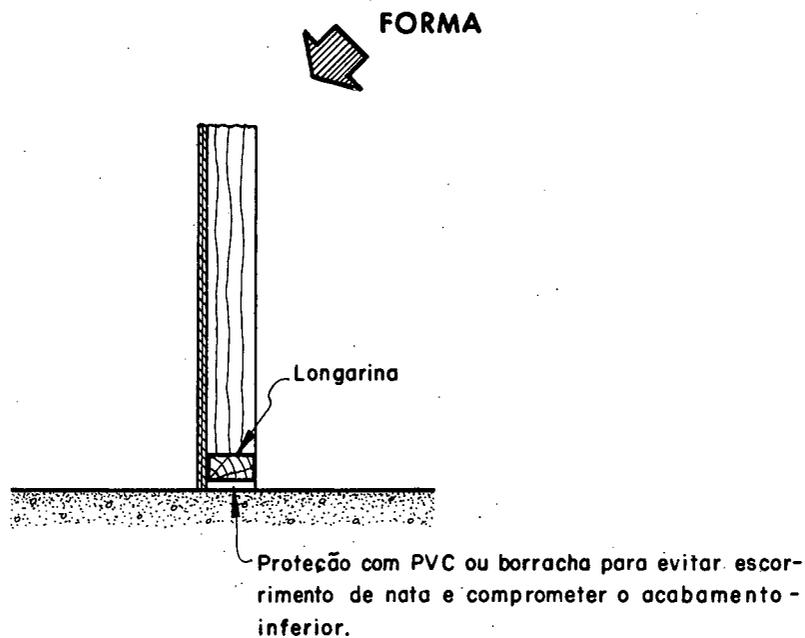


**ESFORÇO NORMAL NA JUNTA**

**1.1.1.5. Ligação vertical de dois painéis para perfeito contacto entre si**



**1.1.1.6. Painel para início de concretagem de paredes**



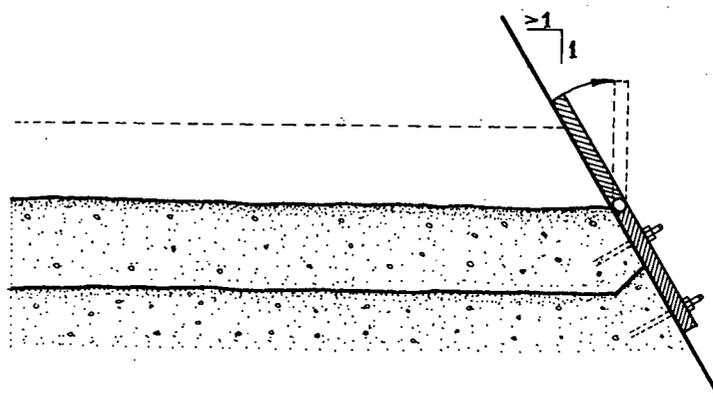
*Na primeira camada o painel é sempre acrescido do comprimento do pé mais as devidas proteções com PVC.*

1.1.1.7. Formas Basculantes

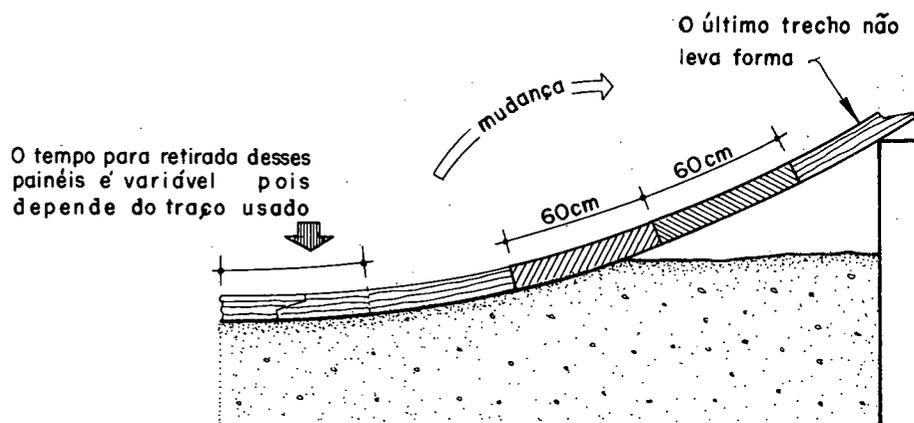
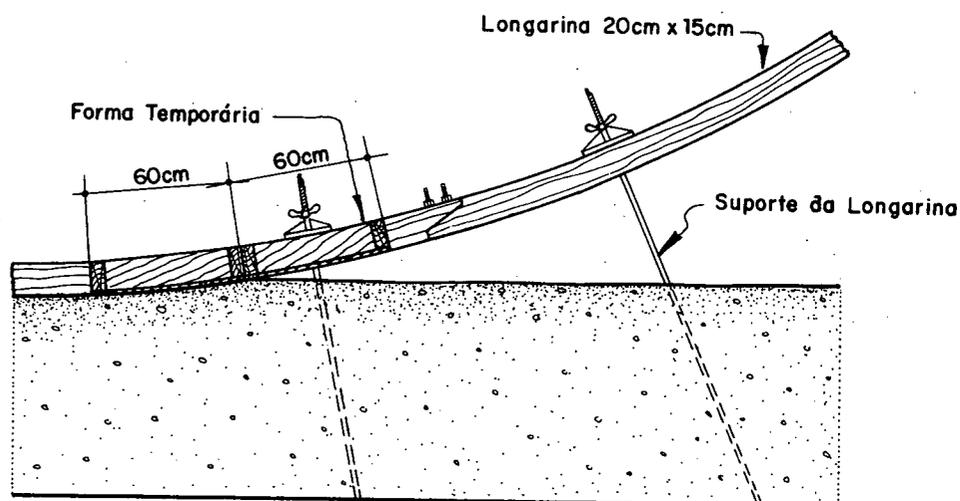
Quando o paramento tiver declividade muito acentuada, para haver possibilidade de se fazer uma perfeita vibração, usam-se as Formas Basculantes.

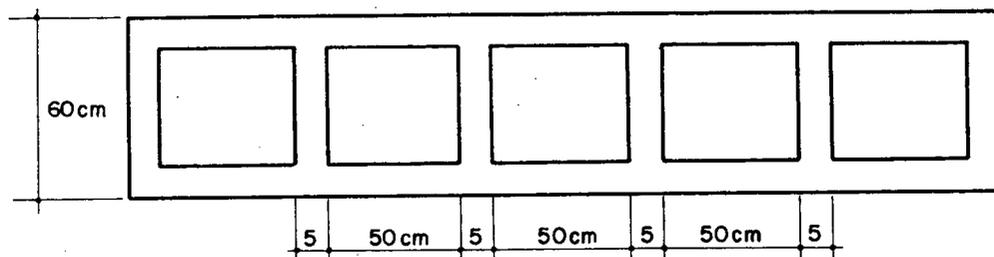
Este tipo de forma é indicado para declividades superiores a 1:1.

OBS: a Forma Basculante facilita o acesso do vibrador

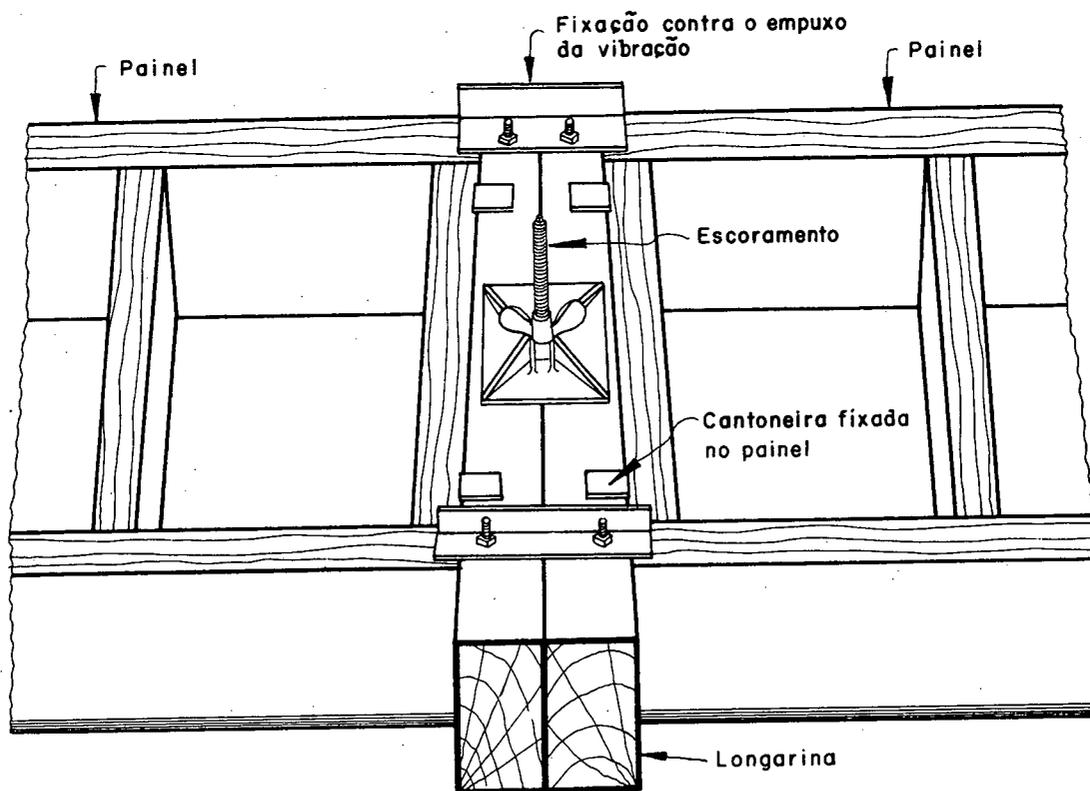


1.1.1.8. Formas Temporariamente Fixas



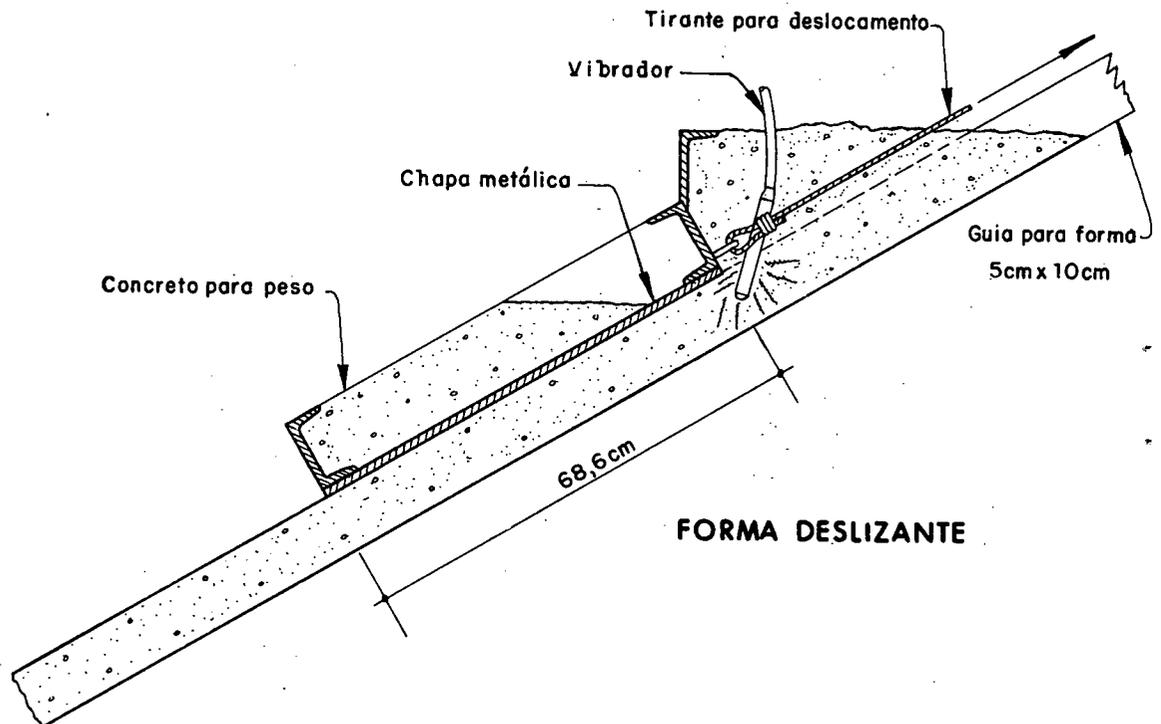


MODELO DA FORMA TEMPORÁRIA



MODELO PARA FIXAÇÃO DAS FORMAS

1.1.1.9. *Forma deslizante (concretagem contínua)*

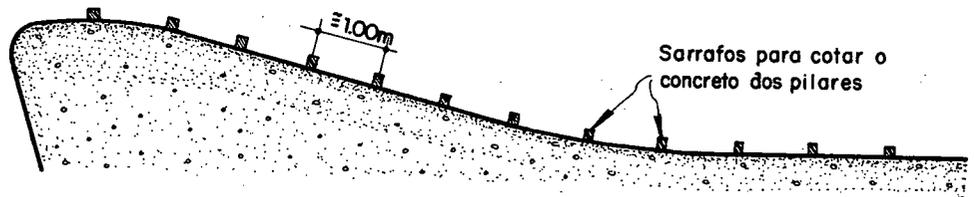


*Deve ser estudado o caso para aplicação de formas deslizantes ou temporárias, dependendo da estrutura. Geralmente a forma deslizante é mais econômica.*

1.1.2. **TOMADA D'ÁGUA**

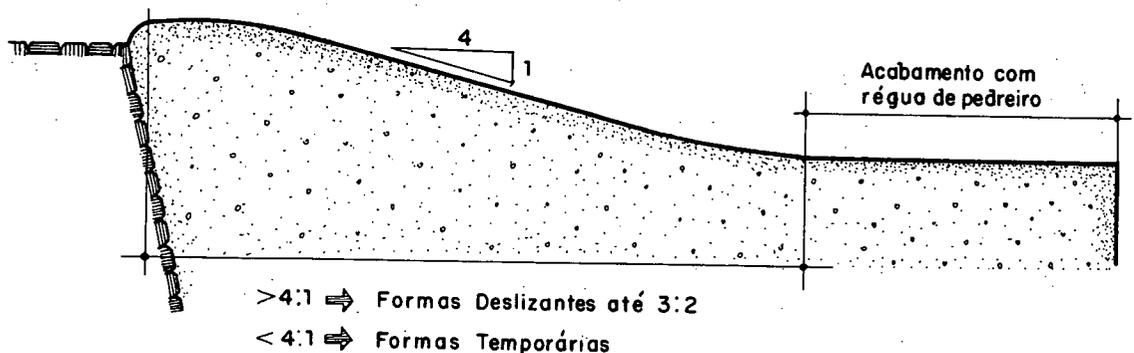
1.1.2.1. *Concreto dos pilares da Tomada D'água*

*O concreto interno aos pilares deve ser terminado conforme diretrizes da soleira. Para facilitar, colocam-se sarrafos cotados de acordo com a curvatura da soleira.*

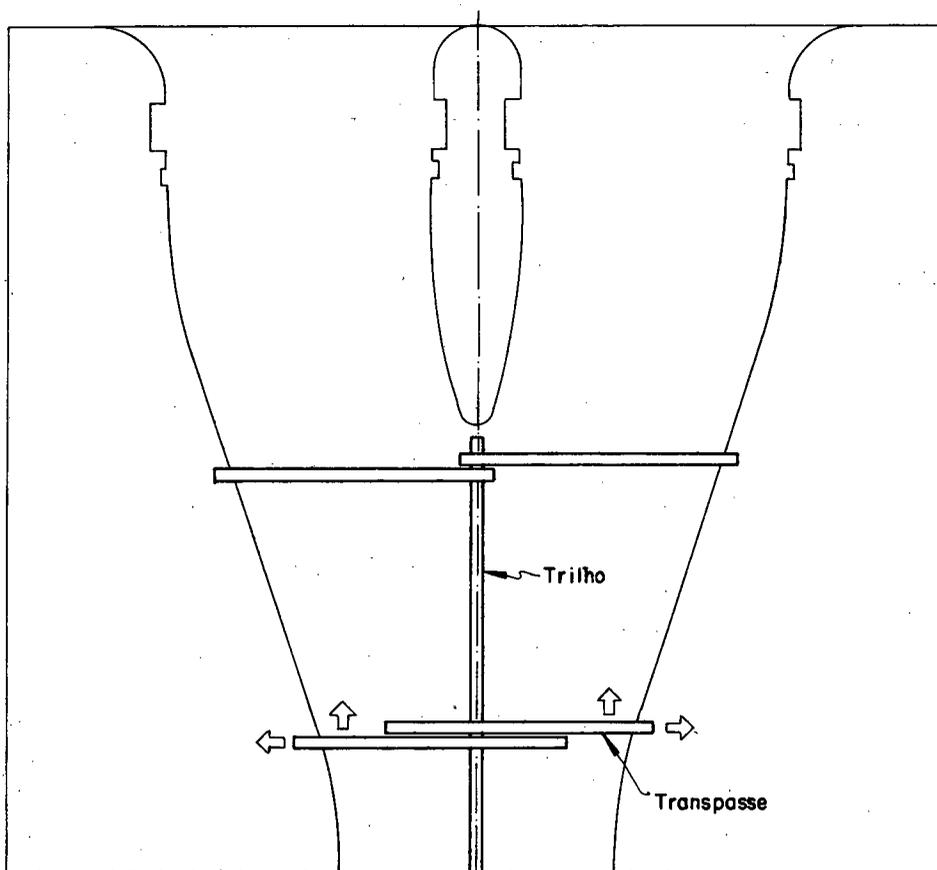


1.1.2.2. *Concretagens das soleiras*

*A relação 4:1 representa aproximadamente o limite de utilização entre as formas temporárias e formas deslizantes. Na parte plana das soleiras o acabamento é feito com régua de pedreiro.*

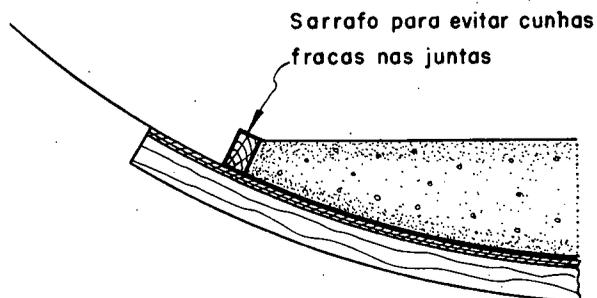


*Formas deslizantes para seção variável*



**FORMAS DESLIZANTES PARA SEÇÃO VARIÁVEL**

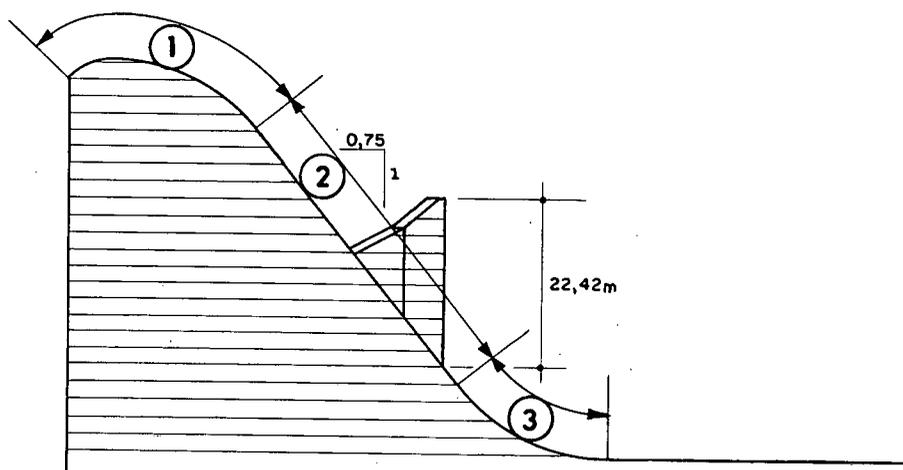
- 1.1.2.3. *Formas deslizantes*  
*Não são convenientes por causa da difícil fixação.*
- 1.1.2.4. *Cimbramento em arco*  
*É o mais indicado para o teto da Tomada D'água.*
- 1.1.2.5. *Teto protegido com blindagem*  
*Por problemas de manutenção, no caso de blindagens, o esquema de concretagem apresentado pela Projetista não foi aceito pelo Consultor Mr. Lewis H. Tuthill.*
- 1.1.2.6. *Juntas entre as camadas em superfícies inclinadas*



### 1.1.3. VERTEDOURO DE SUPERFÍCIE

#### 1.1.3.1. Formas

O Consultor Mr. Lewis H. Tuthill aconselhou concretar as camadas do Vertedouro de Superfície juntamente com o Dissipador.

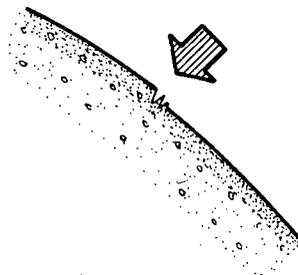


TRECHO 1 — Formas temporariamente fixas

TRECHO 2 — Formas fixas

TRECHO 3 — Formas temporariamente fixas

Na região 2 as bolhas de ar não acarretam possível erosão da superfície. O que deve ser evitado são as irregularidades das junções entre formas.



### 1.1.4. OBSERVAÇÕES DE MR. LEWIS H. TUTHILL ACERCA DO CONCRETO DO MURO DIREITO

- Melhorar o acabamento da junta eliminando as irregularidades;
- O excesso de corte de ar e água acarretou retirada em excesso da argamassa entre agregados. Houve necessidade de forrar a junta com argamassa;
- O corte de ar e água deverá ser abolido, em lugar dele será feito corte com jato de areia ou bomba de alta pressão;
- Quando a junta não termina nivelada, mesmo com jato de areia seria difícil prepará-la convenientemente;
- Quando o concreto é de difícil trabalhabilidade, um dos efeitos negativos é o excesso de vibração, que faz subir um excesso de argamassa;
- Vibração no bloco observado: Deveria haver 3 vibradores em lugar de 2. Além disso as RPM observadas pelo medidor (5.500 RPM) estão abaixo das assinaladas no catálogo, 7.800 RPM para vibrador de 6".  
Note-se que 5.500 e 6.000 é o mínimo permitido para a vibração;

g) *Por melhor que seja a dosagem, por melhor que seja o traço, sempre há tendência de uma segregação durante o lançamento, que aparece nas cabeças, portanto, deve haver uma conscientização da turma do bloco em retirar essas pedras segregadas e lançá-las em locais que tenham argamassa, a fim de serem absorvidos pela vibração.*

**1.1.5. SUBESTAÇÃO**

1.1.5.1. *Pré-moldados permitem maior elasticidade no cronograma.*

1.1.5.2. *Fazer somente uma faixa para passagem da máquina 71-B.*

1.1.5.3. *Se moldado "in loco" o piso deveria ser apoiado no terreno e este deveria ser regularizado, portanto, seria mais indicado o cimbramento aéreo.*

**1.1.6. OBSERVAÇÕES SOBRE A CENTRAL DE BRITAGEM**

a) *Quantidade de pedra produzida*

*Brita n.º 1 — produção ruim*

*Brita n.º 2 — produção boa*

*Brita n.º 3 — produção ruim*

*Brita n.º 4 — produção razoável*

b) *Problemas de segregação:*

*Procurar acionar sempre 2 comportas simultaneamente uma perto do talude e outra central. Ocorrido o problema da peneira de 6", deve-se abrir o máximo o primário (BIRDS BORO) e procurar aproveitar ao máximo a capacidade do secundário (16-B).*

**1.1.7. LANÇAMENTO**

1.1.7.1. *Lançamento de concreto novo sobre a camada existente.*

*Não há necessidade de lançamento de argamassa na junta entre camadas, mas sim preparar muito bem a junta (limpeza perfeita e remoção completa da película de nata).*

1.1.7.2. *Tratamento de juntas*

*Uma superfície deve estar saturada, mas não molhada, ao iniciar-se uma concretagem.*

*No jateamento deve ser removida a película de nata, mas não a massa existente entre o agregado graúdo, nesse caso deveria ser colocada argamassa para reiniciar-se a nova concretagem.*

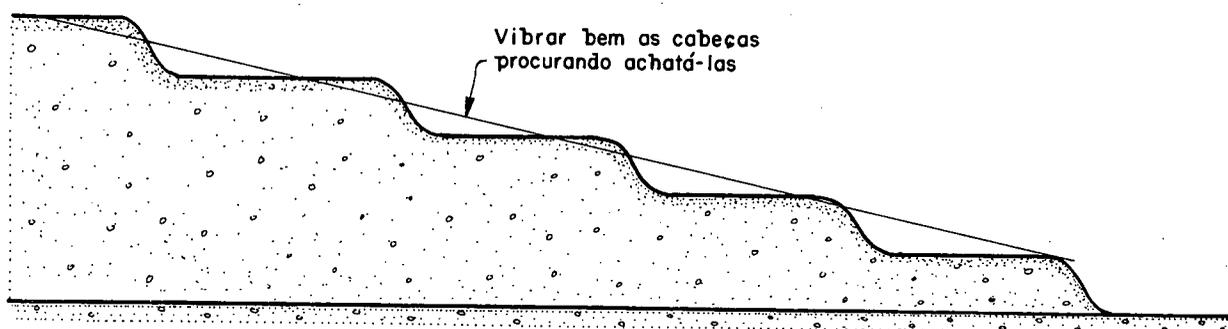
*Teste: quando a empreiteira quiser fazer o corte com ar e água, a Fiscalização permitirá, mas depois fará o teste, colocando uma forma de madeira e jateando em torno, podendo assim comparar os 2 tratamentos; se houver diferença, a junta será jateada.*

1.1.7.3. *Critério de junta-fria*

*Preparar o concreto para ser iniciado algumas horas depois, vibrando muito bem as cabeças, procurando achatá-las sem necessidade de remover a nata existente (mesmo dia).*

*Feito isto, o concreto pode ser iniciado algumas horas depois sem problema algum.*

*Se o reinício da concretagem não puder ocorrer no mesmo dia, ou no dia seguinte, então deve ser dado o tratamento de limpeza com jato e areia.*

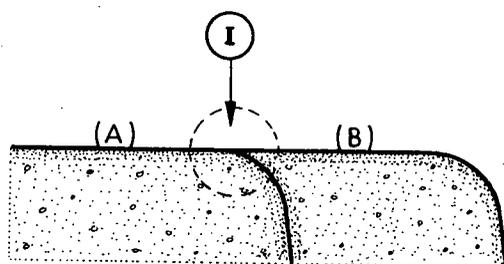


*Se houver certeza que o concreto será iniciado no dia seguinte, poderá ser feito um tratamento para "concreto verde", ou seja, aplicação de jato de ar e água.*

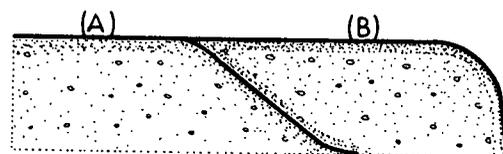
**1.1.7.4. Preparo na cabeça da camada quando esta estiver em lançamento.**

**a) Detalhe 1**

*Quando se lança a camada (B) rapidamente sobre a camada (A), não há necessidade de preparar a cabeça com vibração, pois a região ① pode ser facilmente vibrada.*



**DETALHE 1**



**DETALHE 2**

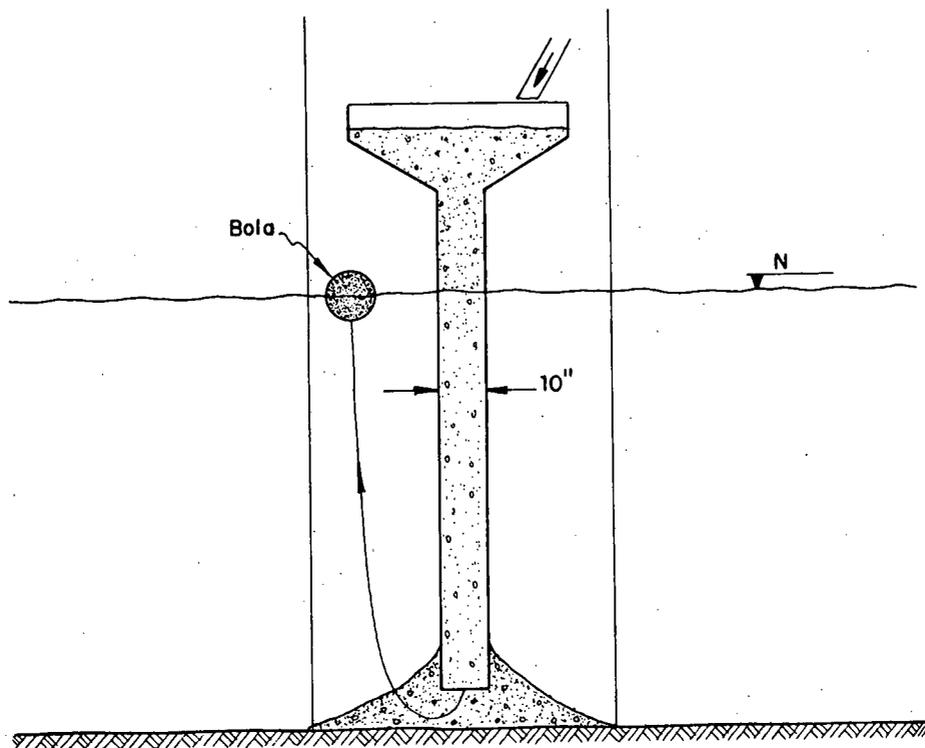
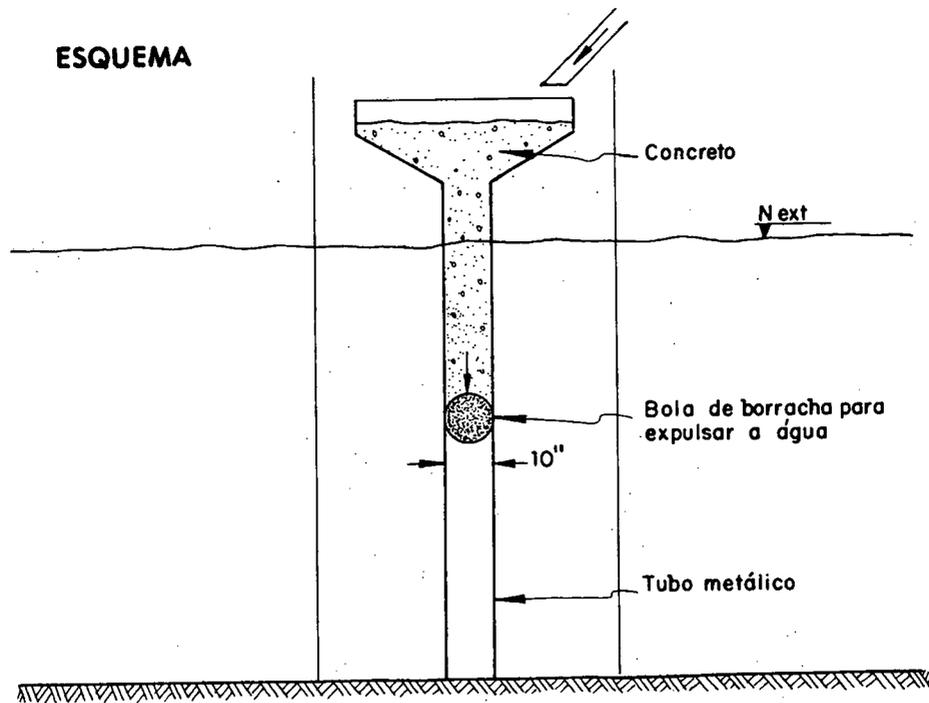
**b) Detalhe 2**

*Quando houver grande espera no lançamento da camada (B) sobre a (A), haverá necessidade de preparar a cabeça da camada (A) por meio de vibração, pois essa junta tem maior dificuldade de aceitar vibração.*

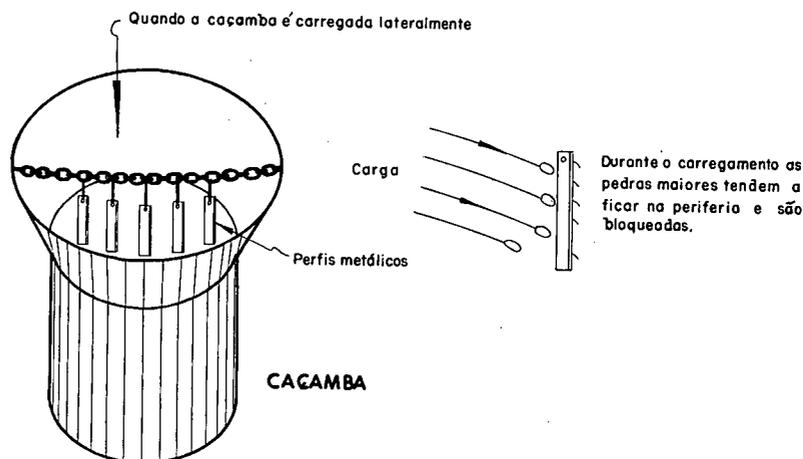
**1.1.7.5. Lançamento de concreto sob água ("SLUMP" 15-18).**  
*Com o peso do concreto a bola vai descendo e expulsando a água existente dentro do tubo, quando a mesma chegar ao ponto inferior do tubo, este é levantado vagarosamente até expulsar a bola, simultaneamente com a saída do 1.º concreto do tubo. De acordo com a alimentação o tubo é gradativamente levantado, à medida que a camada de concreto aumenta de altura. Não deve faltar concreto na alimentação, pois o processo seria reiniciado com a nova introdução da bola de borracha. Se houver necessidade de vibração, esta será feita externamente ao tubo. O concreto utilizado é de grande trabalhabilidade com "SLUMP" 15 a 18 cm. Esse processo foi utilizado na concretagem de pilares de ponte com seção 6 X 12 m e 6 m de altura.*

*Ver esquema na folha seguinte.*

ESQUEMA



1.1.7.6. Lançamentos para evitar segregação.



*Nos concretos de massa a caçamba deve ser aberta de uma só vez; evitar abri-la pouco a pouco.*

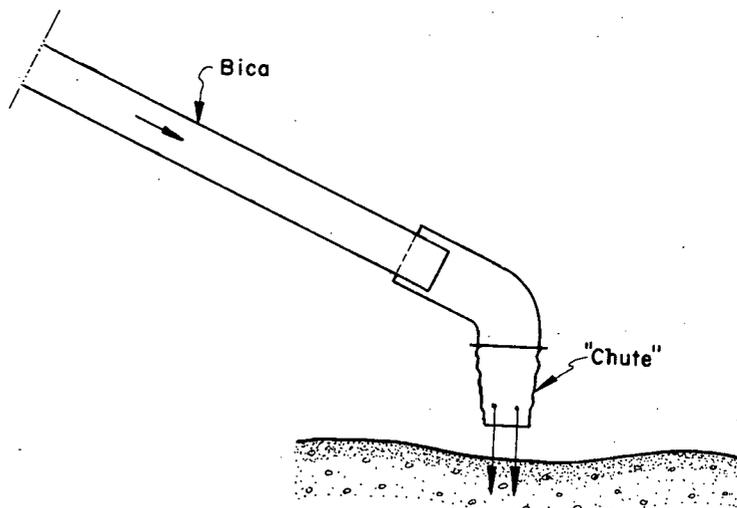
*Na hora do acabamento, o homem que entra para cravar os pinos de ancoragem das formas deve portar sapatos especiais, a fim de evitar buracos que posteriormente dificultam o tratamento da junta.*

*Pode-se também colocar tábuas em cima do concreto já nivelado para que se possa andar sobre a superfície acabada.*

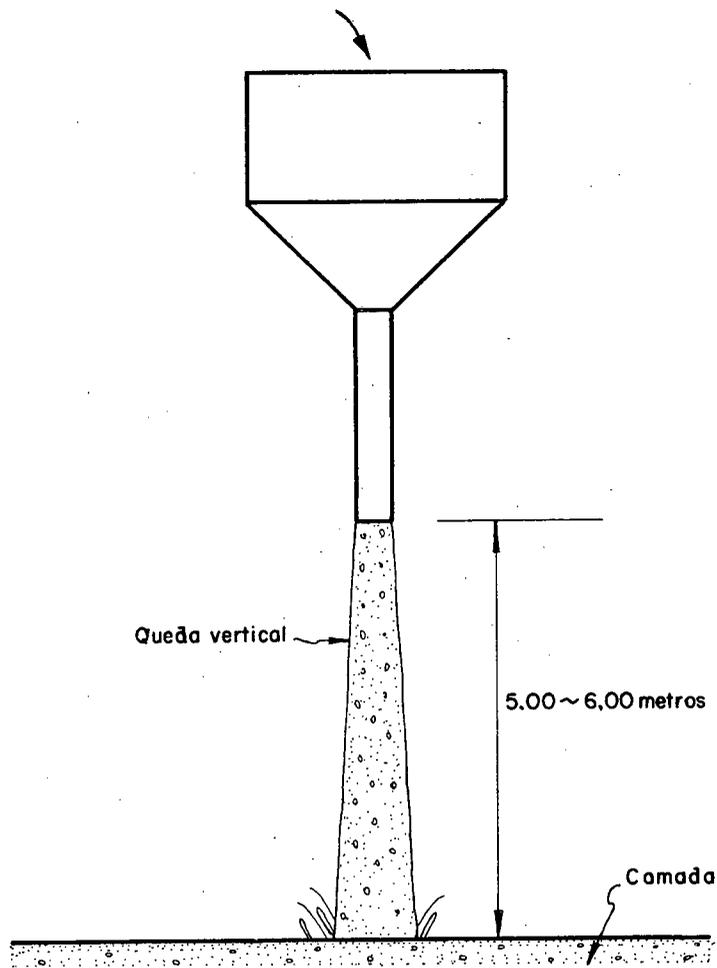
*Quando num traço existe excesso de areia, o vibradorista não tem sustentação em cima da camada e afunda os pés no concreto.*

*Em caso de chuva forte durante a concretagem, deve-se preparar as cabeças com vibração, a fim de que a água não penetre pelas pedras segregadas que geralmente ficam nas cabeças.*

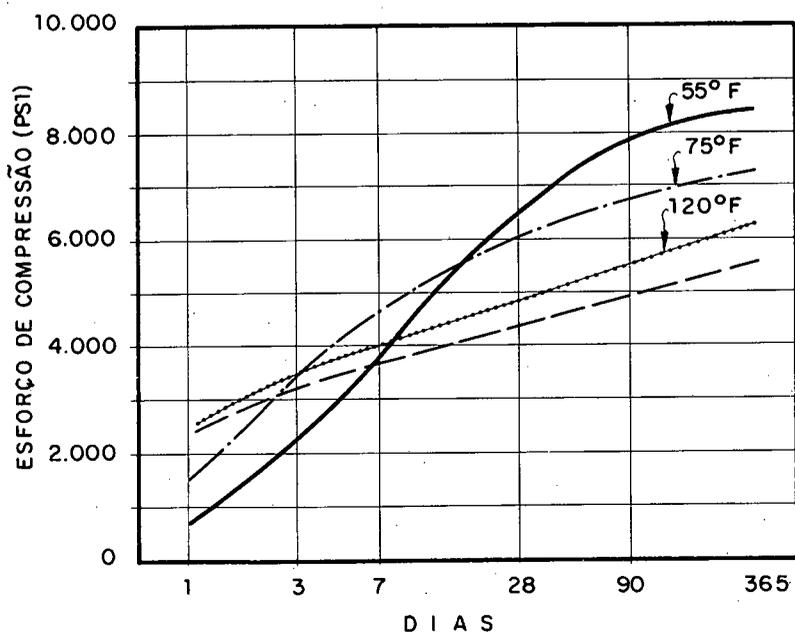
*Em lançamentos de concreto com bicas ou "chutes", o concreto sempre deve cair na vertical, seja qual for a concretagem, a fim de evitar a segregação.*



*Desde que o concreto sempre caia na vertical e de uma só vez, o problema de altura de lançamento fica bastante atenuado. Não deve haver malha de ferragem, pois assim haveria segregação.*



1.1.7.7. *Temperatura de lançamento cimento I*

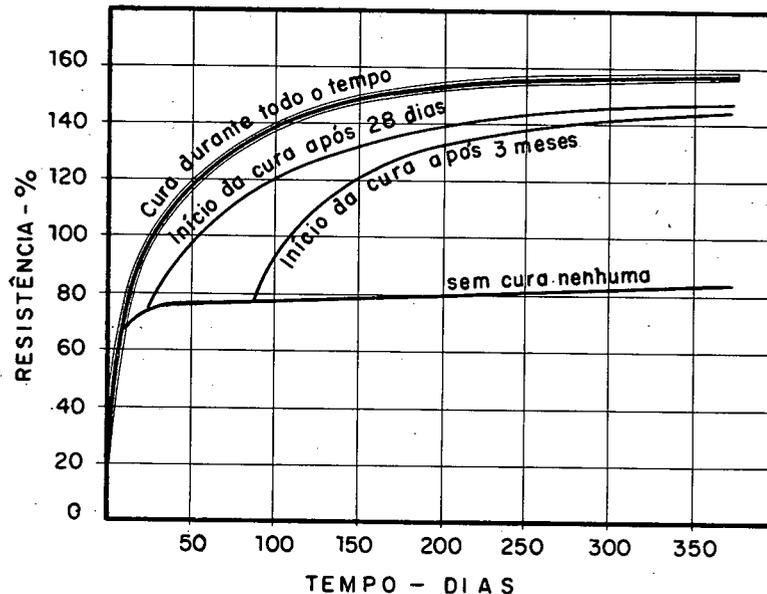


*Um lançamento feito com concreto "quenté" adquire resistência no início mais rapidamente, mas com o decorrer do tempo notamos que o concreto lançado em temperaturas mais baixas adquire resistências finais bem maiores.*

*Mr. Lewis H. Tuthill diz não haver problema de se utilizar até 100% de água em forma de gelo nos concretos refrigerados.*

#### 1.1.7.8. Cura em concreto

*A cura tem grande influência na resistência final do concreto, conforme se observa no gráfico.*



#### 1.1.8. REPAROS EM CONCRETO

##### 1.1.8.1. Corte do concreto

*Procurar cortar com uma serra com penetração de mais ou menos 1 cm em forma geométrica, quadrada ou retangular, depois cortar com rompedor resultando assim um reparo muito bem feito e disfarçado no meio da estrutura.*

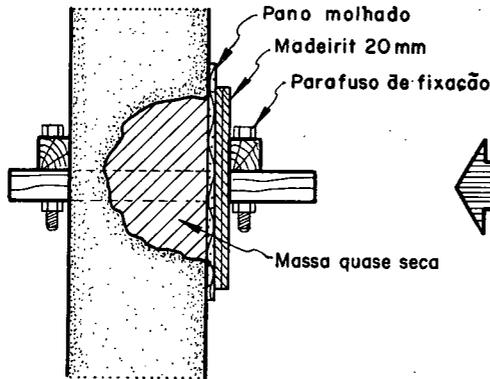
##### 1.1.8.2. Tratamento com "Epoxi"

*Os produtos à base de resina "Epoxi" somente devem ser aplicados sobre superfícies bem secas.*

*Os reparos com argamassa podem ser feitos com colagem de produtos "Epoxi". No caso de reparos a cura deve ser constante, para que se obtenha bons resultados.*

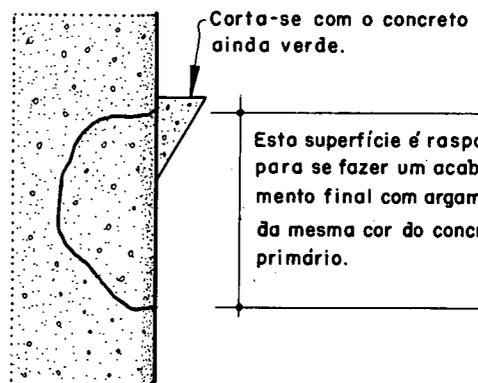
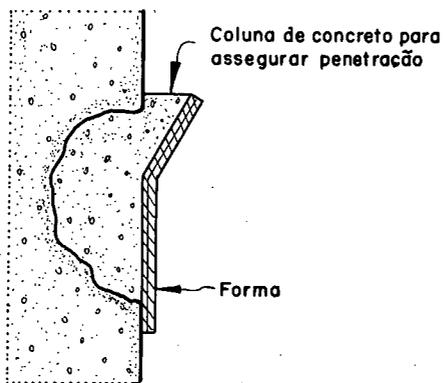
*No caso de reparos com colagem de "Epoxi", esse produto somente poderá ser aplicado ao concreto primário, quando este estiver com a superfície seca e completamente curada, imediatamente após a condição SSS (superfície saturada seca).*

### 1.1.8.3. Execução de reparo



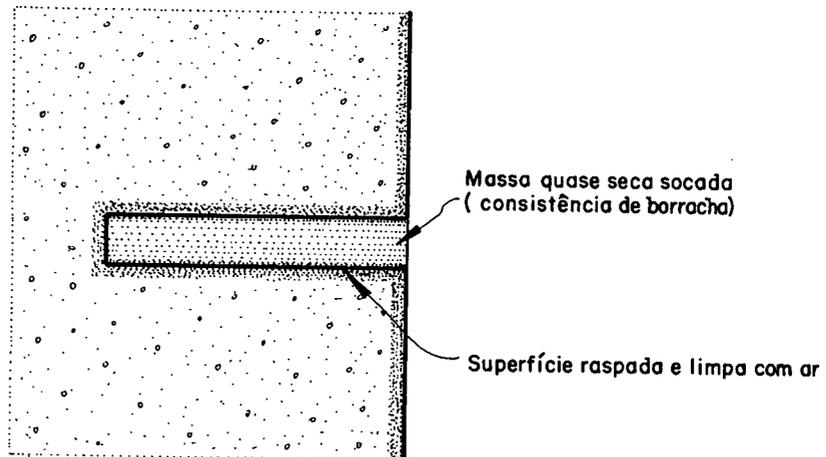
FIXAÇÃO DA FORMA EM PILARES

### MANEIRA DE SE FAZER O REPARO



Cura de 14 dias no mínimo

- 1.1.8.4. *Tratamento em buracos de parafusos*  
O buraco deve ser limpo com raspagem e jato de ar. A seguir será colocada uma argamassa não muito seca, com consistência de borracha.

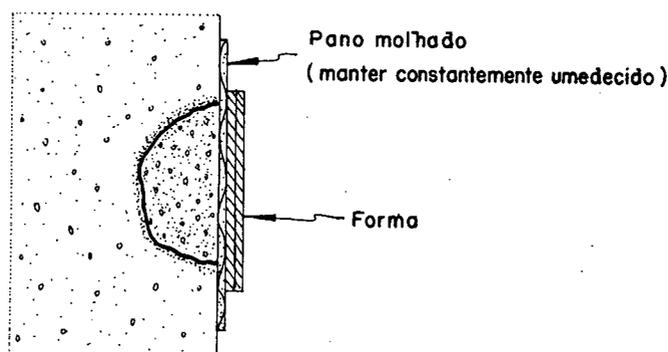


#### 1.1.8.5. Cura em reparos

*Nas especificações americanas, preconiza-se que, um mês após a cura dos reparos, volta-se aos mesmos e verifica-se se há regiões ocas a fim de que possam ser corrigidas.*

*De acordo com as especificações, a cura mínima para reparos é de duas semanas (14 dias).*

*Os reparos são sempre curados com panos molhados sobre os mesmos. A cura de reparos é feita com panos colocados internamente à forma.*

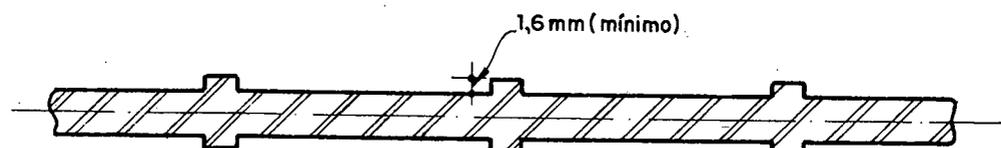


#### 1.1.9. DIVERSOS

##### 1.1.9.1. Aços para concreto armado

*Aços indicados para obras hidráulicas.*

*Aços com características de aço doce, mas com saliências para conseguir alta aderência e evitar a utilização de ganchos.*



##### 1.1.9.2. Agregados

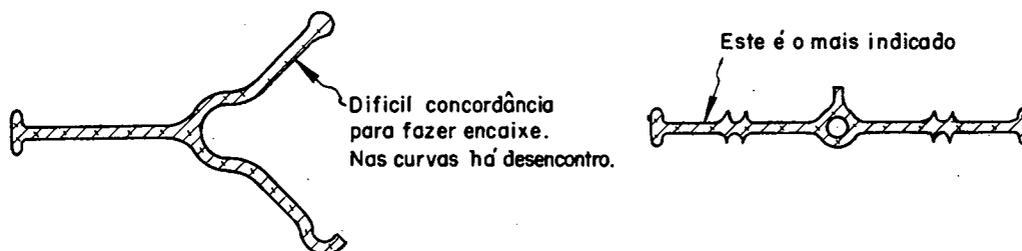
*Comumente nos estoques de agregados existe muita impureza, geralmente depositada pelas correias transportadoras, que vem a danificar a qualidade do concreto; por isso, é*

*aconselhável uma relavagem e peneiramento antes de entrar no silo da central.*

*As especificações americanas determinam que o peneiramento final do agregado deve ser feito por meio de peneiras horizontais.*

**1.1.9.3. Mata-Juntas**

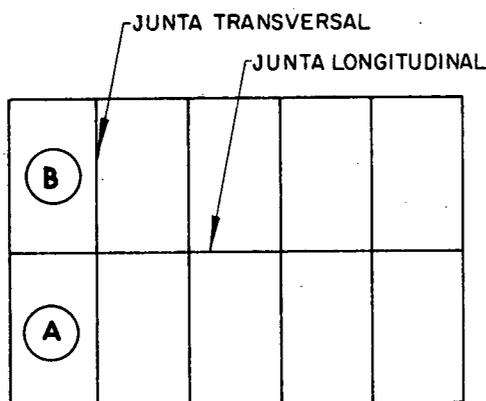
*Normalmente são colocados somente nos paramentos de montante e jusante e em torno das galerias de drenagem.*



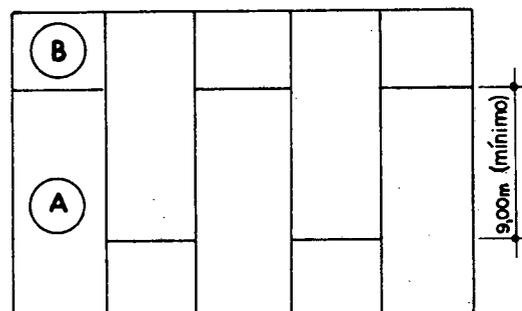
**MATA - JUNTAS**

**1.1.9.4. Juntas longitudinais entre blocos**

*Quando as estruturas forem calculadas independentemente, as juntas longitudinais podem estar alinhadas. Caso contrário deve haver uma defasagem de 9,00 m no mínimo.*



**ESTABILIDADE CALCULADA  
 PARA OS BLOCOS TRABALHAREM  
 INDEPENDENTEMENTE**



**ESTABILIDADE CALCULADA  
 PARA OS BLOCOS TRABALHAREM  
 JUNTOS**

**1.1.9.5. Bombas de alta pressão para corte.**

*Pressão 6.000 PSI*

*Pressão de trabalho 5.500 PSI com bico de 1/8".*

*Quando o concreto for de traço pobre, esse corte poderá ser feito em qualquer tempo, pois a nata é de pouca resistência.*

*Para concreto de alta resistência, o corte deverá ser feito o mais cedo possível.*

*As bombas de alta pressão funcionam somente com água potável.*

1.1.9.6. *Injeção de cimento com pó de alumínio.*  
*Nas injeções de cimento pode-se usar dosagem com pó de alumínio, a fim de se compensar a retração com a expansão do cimento dosado com esse pó.*  
*De preferência essa injeção não deve ter respiros, mas sim estar confinada.*

1.1.9.7. *Acabamentos de pisos*  
*Usa-se uma régua para verificar se o piso está nivelado.*  
*Faz-se um rápido desempenamento para que a superfície fique a mais lisa possível. A seguir espera-se que a superfície seque completamente, o que se observa com a perda de brilho. Então é feito um desempenamento mais fino e o piso é considerado acabado.*

*Se houver necessidade de um acabamento ainda mais fino, então espera-se que a superfície fique novamente bem seca, e a seguir faz-se um polimento com colher de pedreiro.*

#### 1.1.10. OBSERVAÇÕES GERAIS

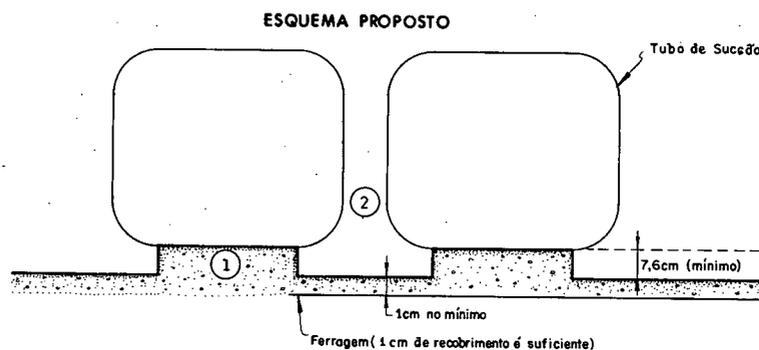
- a) *Sinalização para descarga de cimento e pozolana;*
- b) *Verificação de água de lavagem nas caçambas que vão para a central;*
- c) *Em concreto de massa, onde são mais comuns segregações, remover as pedras soltas geralmente nas cabeças e lançar em locais que tenham argamassa;*
- d) *Ao terminar a concretagem, o bloco deverá estar o mais nivelado possível;*
- e) *Corte com jato de areia, critério para verificação;*
- f) *Vibração — o vibrador deverá ter no mínimo 5.500 RPM. A medida deve ser feita com o vibrador trabalhando dentro da massa do concreto; verificar também a pressão na linha de ar.*  
*Aconselha-se para os lances de 0,75 m dividirem em 2 camadas de 0,375 m e nos lances de 2,25 m é aconselhável 5 camadas de 0,45 m cada (em relação ao tamanho da agulha do vibrador).*

### 1.2. SEGUNDA VISITA — DE 15/01/70 A 22/01/70

#### 1.2.1. CASA DE FORÇA

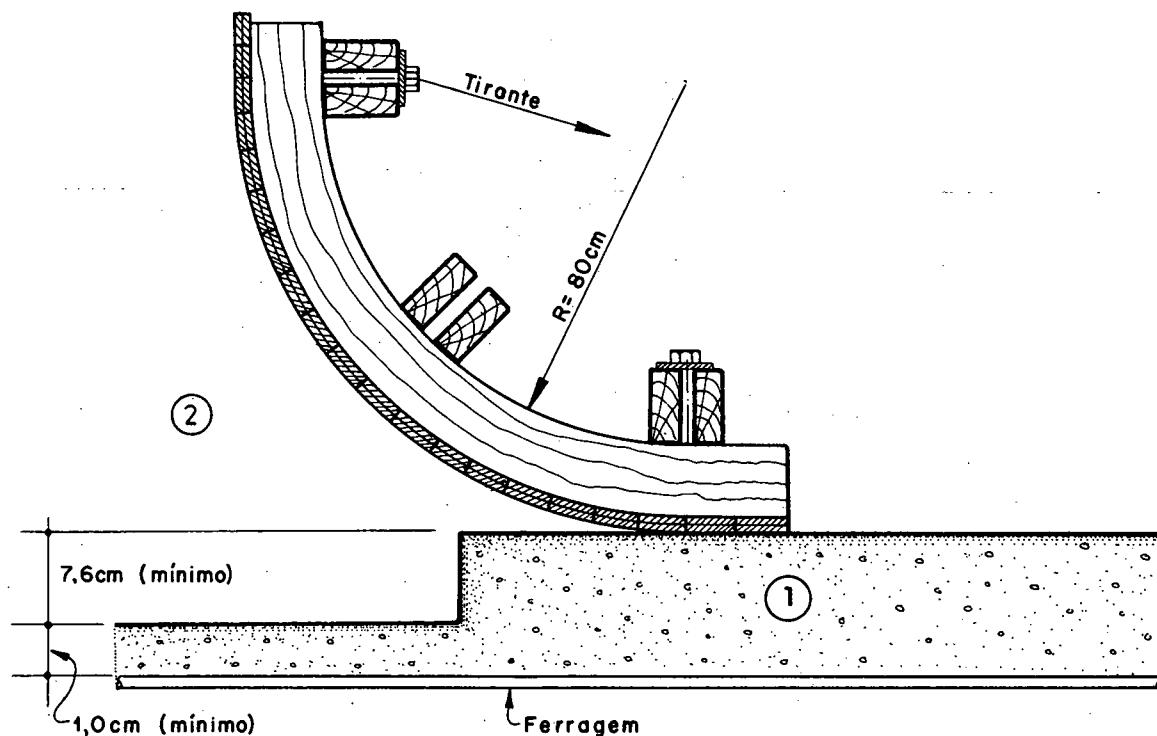
##### 1.2.1.1. Plano de concretagem da Casa de Força

*O plano de concretagem do tubo de sucção apresentado pela Obra é o plano convencional, normalmente usado em estruturas similares. Foi aconselhado que a soleira do sucção seja executada com régua deslizante levada a velocidade constante. A régua deslizante deve ter 90° na extremidade frontal, a fim de que possa cortar o concreto sem a tendência de se levantar.*



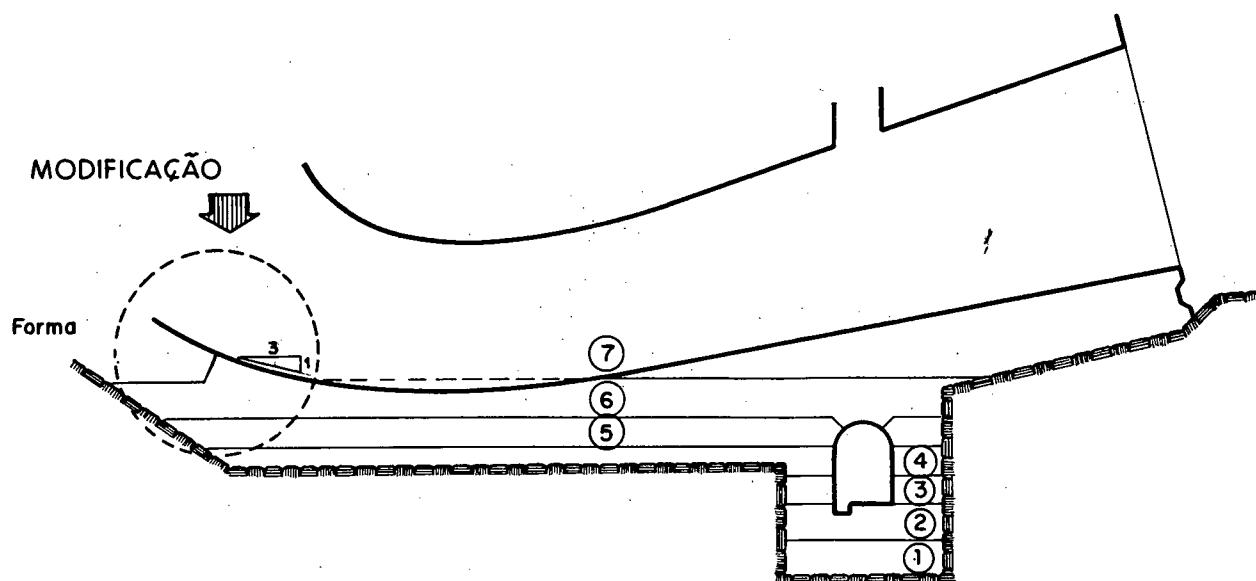
① PRIMEIRA CONCRETAGEM

② SEGUNDA CONCRETAGEM



**DETALHE AMPLIADO**

*Sobre o plano de concretagem do tubo de sucção da Casa de Força, Mr. Lewis H. Tuthill achou convencional e sem dificuldades executivas, apenas sugeriu uma modificação da camada ⑥ do referido plano (Des. RC-IS-62.141.1058, conforme figura).*



**PLANO DE CONCRETAGEM**

*Deve-se avançar com a camada ⑥ o máximo possível, desde que se mantenha uma relação... 3:1.  
 Este esquema é aconselhado somente para pequenas áreas.*

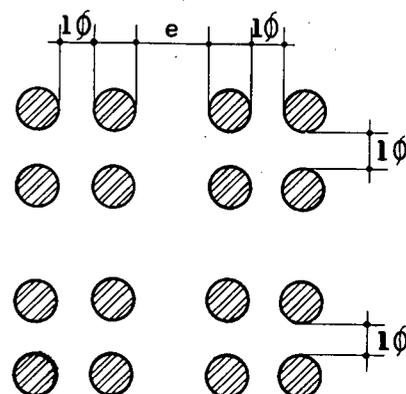
1.2.1.2.

**Ferragem do Tubo de Sucção da Casa de Força.**

Com relação à ferragem da soleira do tubo de sucção, na 1.<sup>a</sup> camada sobre o pilar central, Mr. Lewis H. Tuthill ficou de verificar na Themag o porquê da quantidade de ferro, tendo que se fazer um concreto de elevado "Slump" e o diâmetro máximo 19 ou 38 mm.

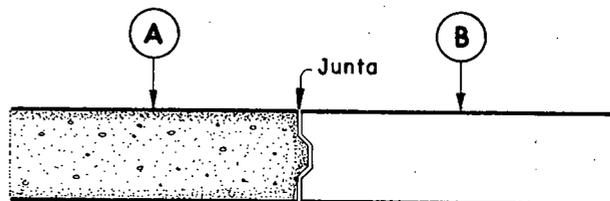
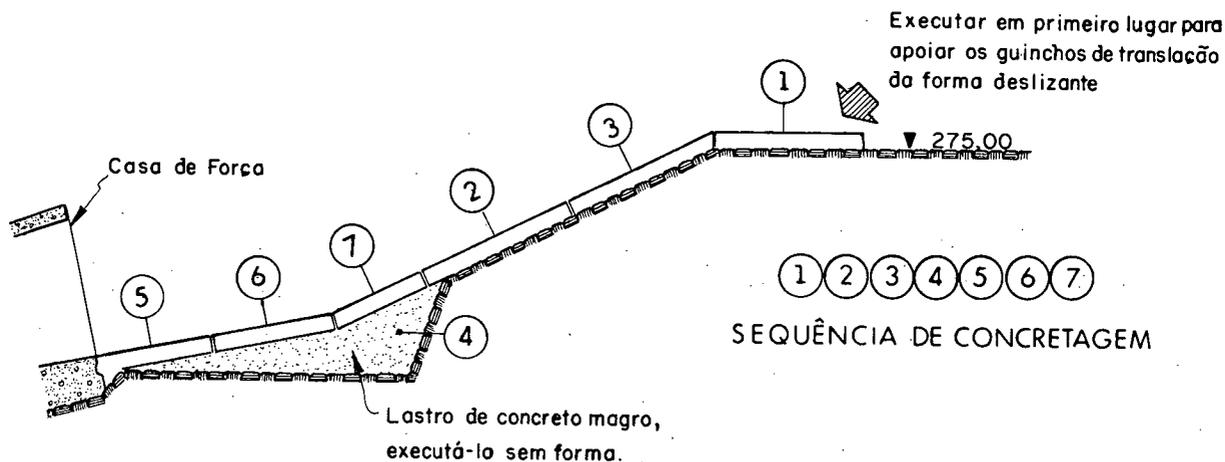
Para aumentar o espaçamento da ferragem e permitir a entrada do vibrador, foi recomendado o seguinte esquema de feixes:

ESQUEMA DE FEIXES



1.2.1.3.

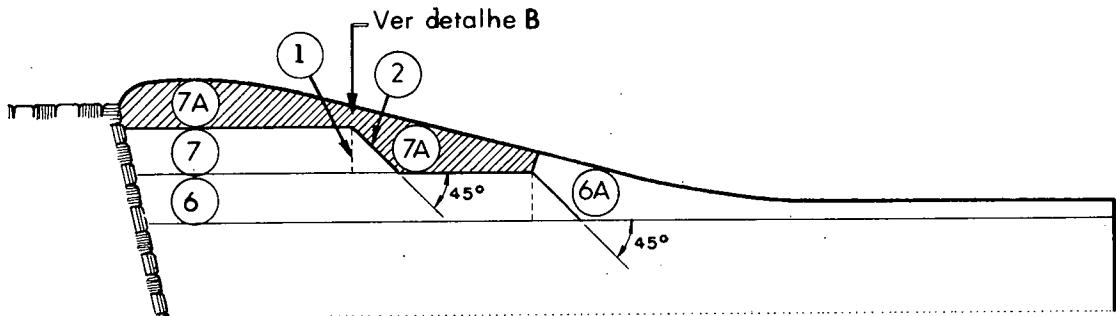
**Concretagem do Lajão a jusante da Casa de Força.**



Após a concretagem do trecho (A), a junta deve ser pintada com um "produto de cura". O concreto magro (4) pode ser feito sem utilizar forma; apenas com sarrafos e vibração pode-se conseguir a declividade do projeto.

## 1.2.2. TOMADA D'ÁGUA

### 1.2.2.1. Plano de concretagem da Tomada D'água



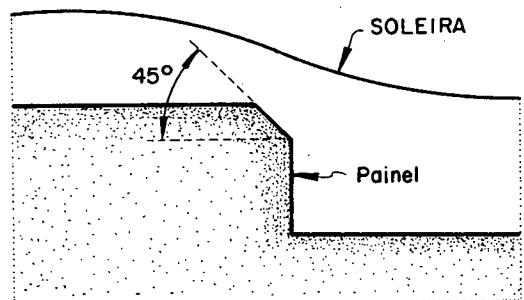
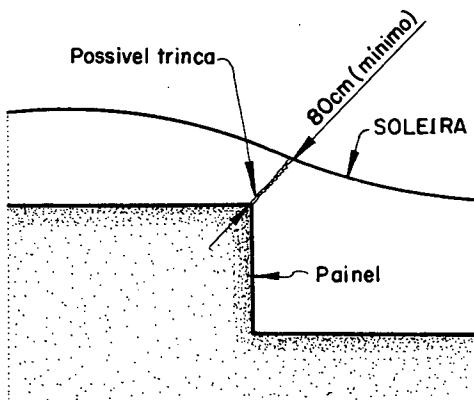
#### ESQUEMA DO PLANO DE CONCRETAGEM

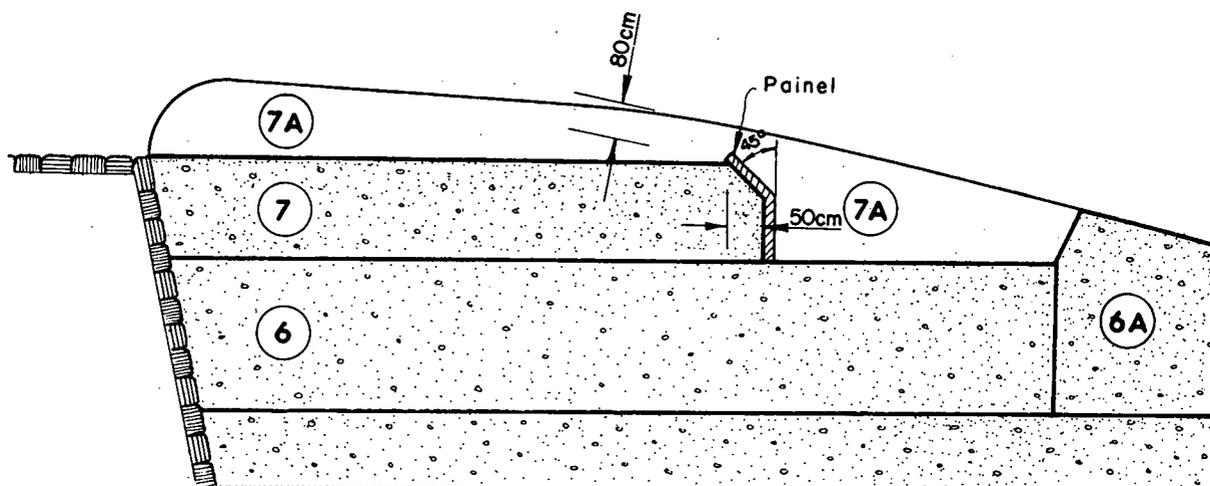
1 Junta a 45° — exigência da Themag

2 Junta Vertical proposta por Mr. Lewis H. Tuthill.

Quanto ao plano de concretagem da Tomada D'água apenas foi sugerida a introdução de juntas verticais, em lugar de juntas a 45°, entre as camadas 7 e 7A — 6 e 6A. As juntas verticais asseguram melhor vibração no concreto e facilitam o trabalho de forma.

No caso particular da soleira da Tomada D'água, Mr. Lewis H. Tuthill observou que a junta vertical entre 2 camadas deve ter uma distância mínima de 80 cm da superfície da Soleira e terminar a 45° na parte superior, a fim de não ocasionar condições para uma trinca preferencial.

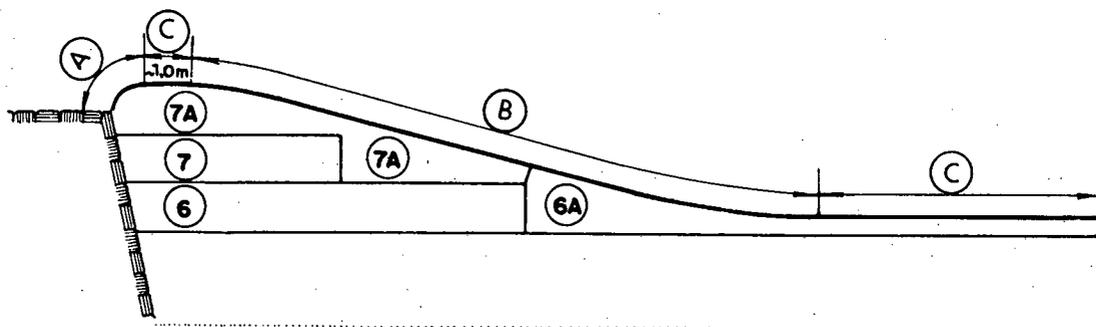




DETALHE B

*Quando a junta estiver confinada dentro do maciço, ela dever ser apenas vertical.*

- 1.2.2.2. Formas para a soleira da Tomada D'água  
 A = Formas temporariamente fixas  
 B = Régua deslizante  
 C = Sarrafeamento e acabamento manual

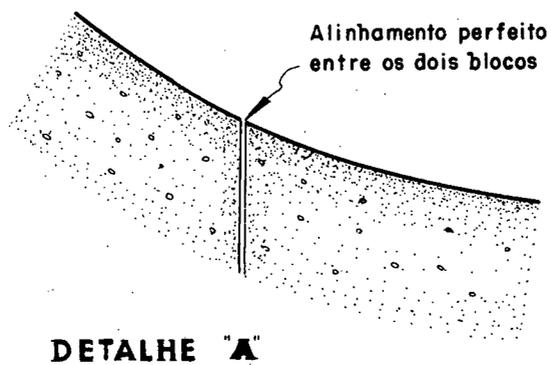
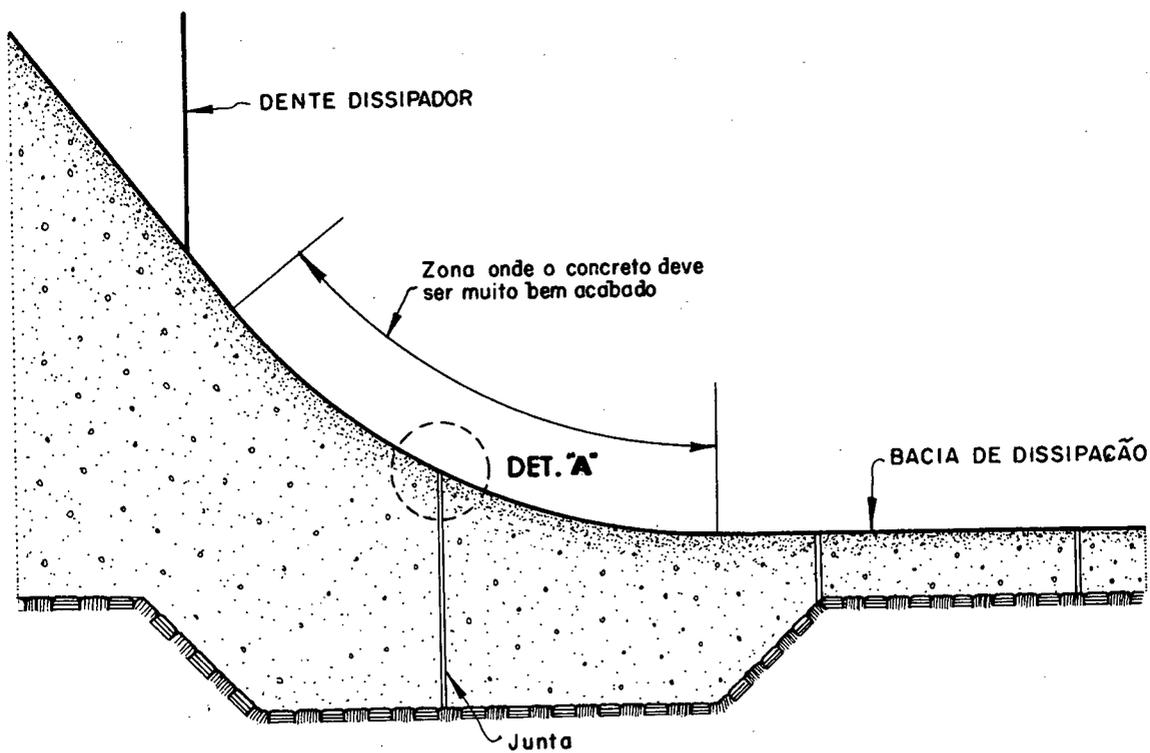


TIPOS DE FORMAS PARA A SOLEIRA

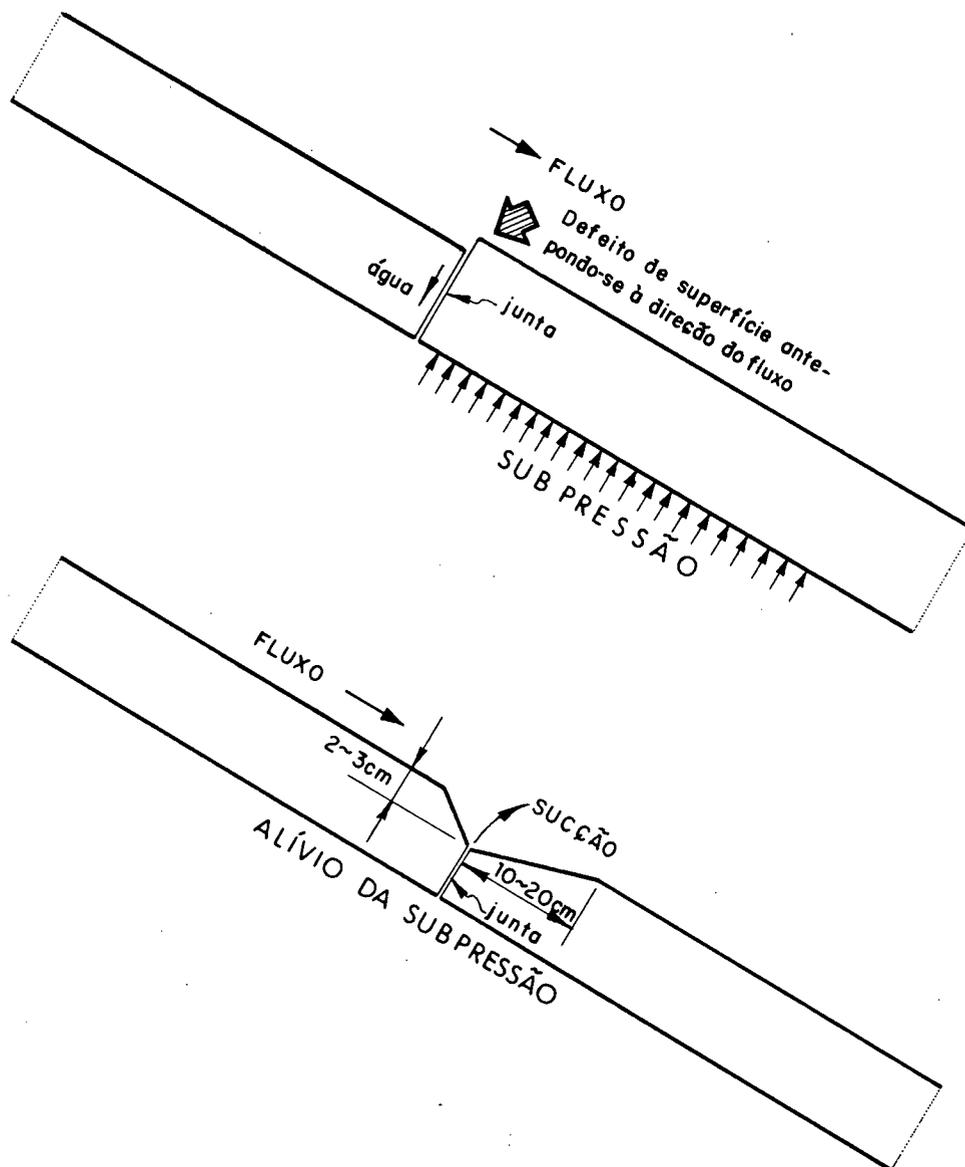
*O trecho (A) deve ser executado com Formas Temporariamente Fixas, porque nessa região com painéis fixos surgem muitas bolhas de água no concreto. As Formas Temporariamente Fixas vão sendo retiradas e as bolhas são corrigidas com espatulamento do concreto ainda fresco.*

1.2.3. VERTEDOURO DE SUPERFÍCIE

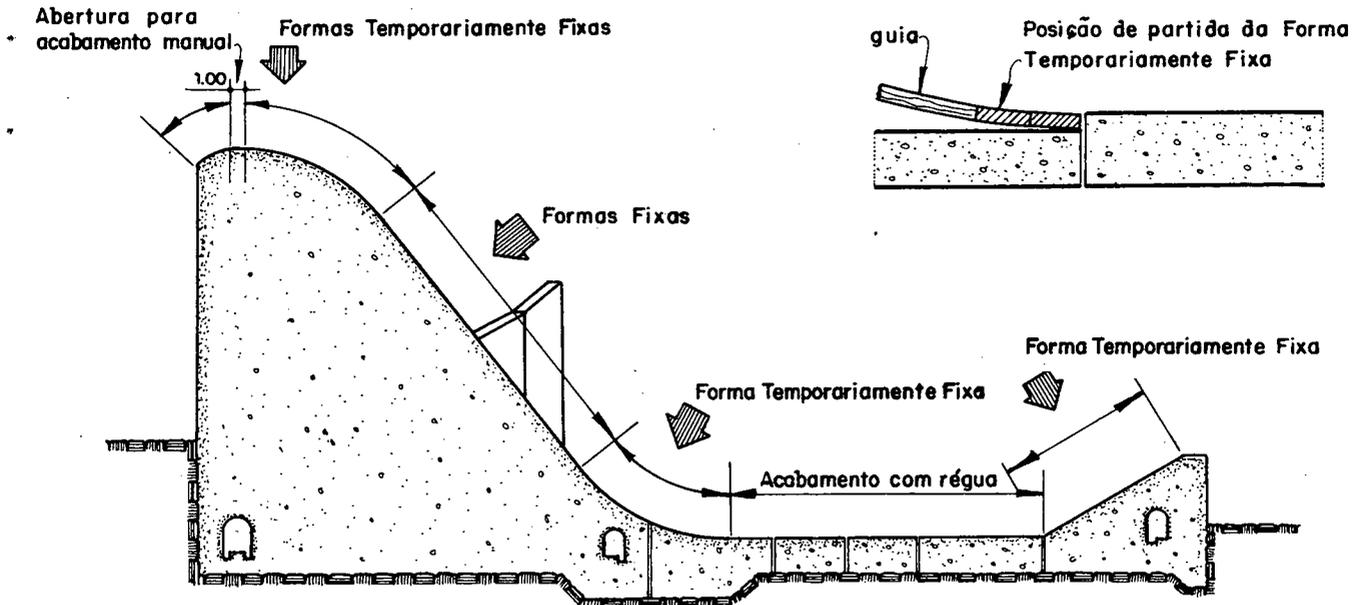
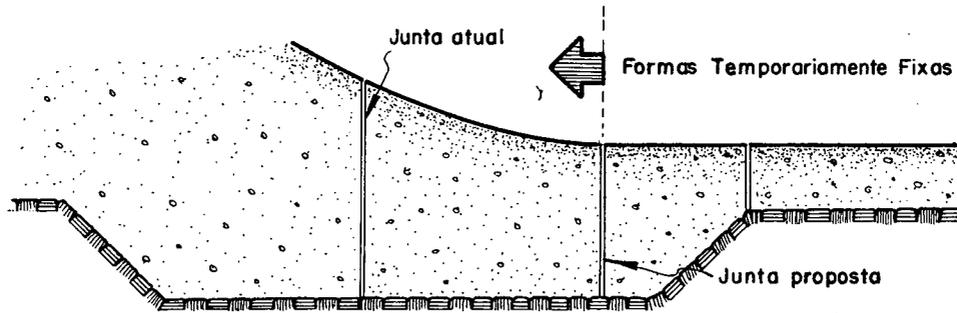
- 1.2.3.1. Juntas (superfícies sujeitas ao fluxo)  
 Mr. Tuthill observou que na junção do Vertedouro-Bacia de Dissipação o concreto deve ter um acabamento perfeito em razão da junta existente.



**SUPERFÍCIES SUJEITAS AO FLUXO**  
(Lajes de Vertedouros)

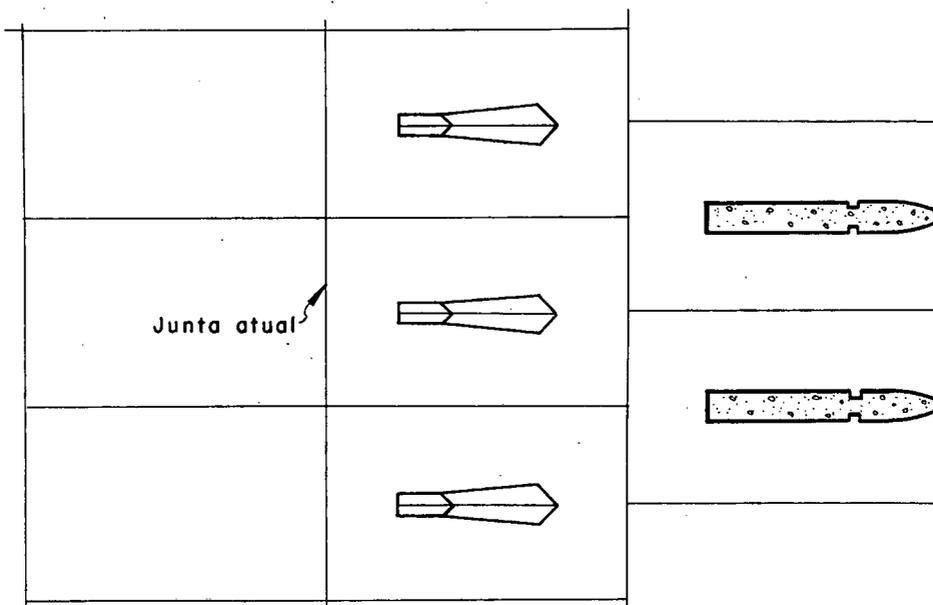


- 1.2.3.2. *Formas do Vertedouro de Superfície*  
Com relação à junta do Vertedouro de Superfície-Bacia de Dissipação, foi observado que se a mesma fosse deslocada para o sentido de jusante facilitaria o trabalho de forma, pois se adotaria de partida as formas temporariamente fixas.

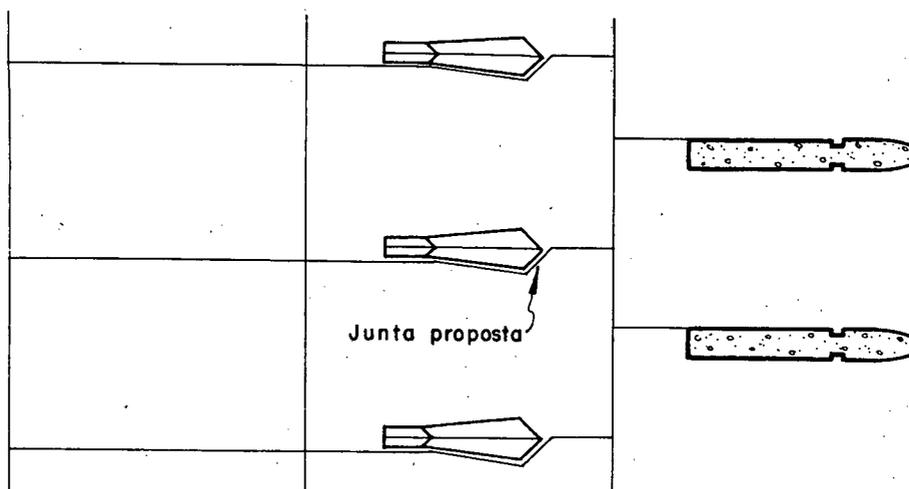


1.2.3.3. Proposta para junta entre blocos do Vertedouro de Superfície.

**ESQUEMA ATUAL**



**ESQUEMA PROPOSTO**



Com relação às juntas entre os blocos do Vertedouro de Superfície, Mr. Lewis H. Tuthill observou que geralmente as juntas são projetadas de maneira a facear os pilares. Este esquema facilita a execução.

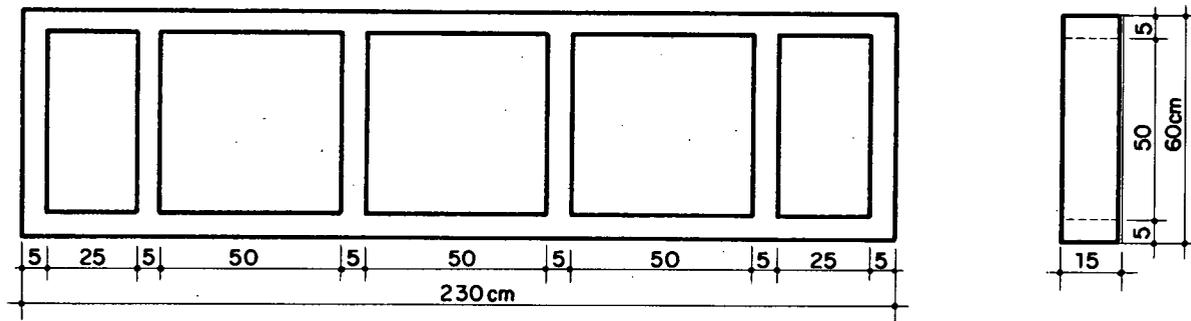
**1.2.4. FORMAS: TIPOS E APLICAÇÃO**

**1.2.4.1. Utilização de forma quanto à declividade das estruturas:**

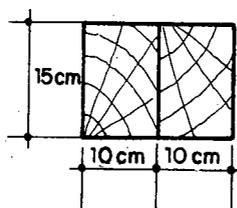
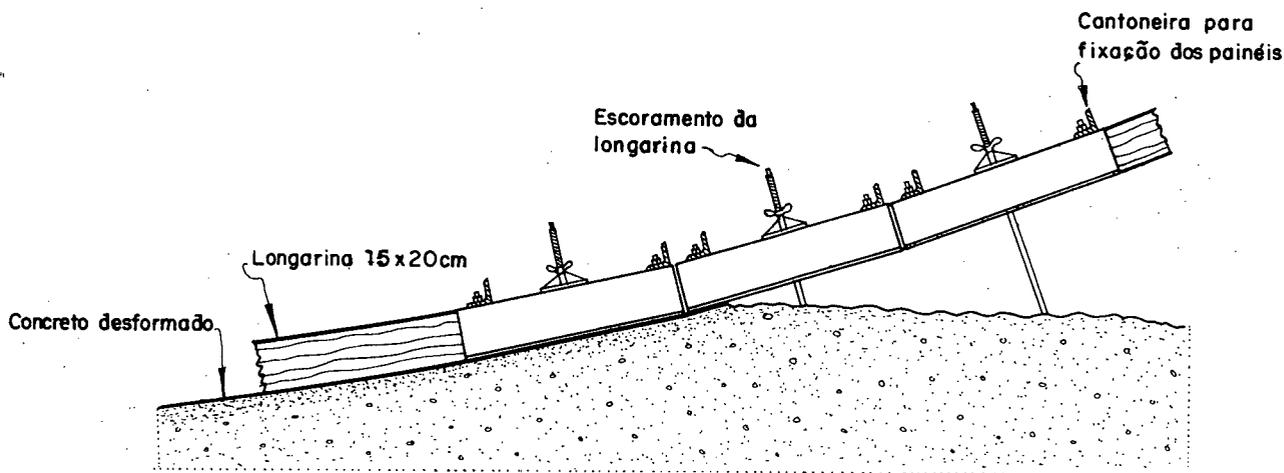
- a) Formas fixas: 1.5:1 — Vertical
  - b) Temporariamente fixas: horizontal 1.5:1 (quando a forma deslizante não é praticável)
  - c) Formas deslizantes: horizontal 1.5:1 (quando praticável).
- Devem ser adotadas as mesmas tolerâncias do livro "Concrete Manual".

| ACABAMENTO | SUPERFÍCIES FORMADAS   |                |                |
|------------|--|----------------|----------------|
|            | ESTRUTURAS   | ABRUPTAS<br>cm | GRADUAIS<br>cm |
| TIPO 1     | Sob superfície d'água<br>ou sob aterro                         | 2,5            | —              |
| TIPO 2     | Ponte-túneis<br>Canais-galerias<br>Muros de arrimo             | 0,6            | 1,2            |
| TIPO 3     | Constante visitação pública<br>Edifícios — Casas de<br>Comando | 0,3            | 0,6            |
| TIPO 4     | Estruturas estudadas<br>hidraulicamente —<br>Tubos de sucção   | 0,3            | 0,6            |

1.2.4.2. Detalhes de formas temporariamente fixas.

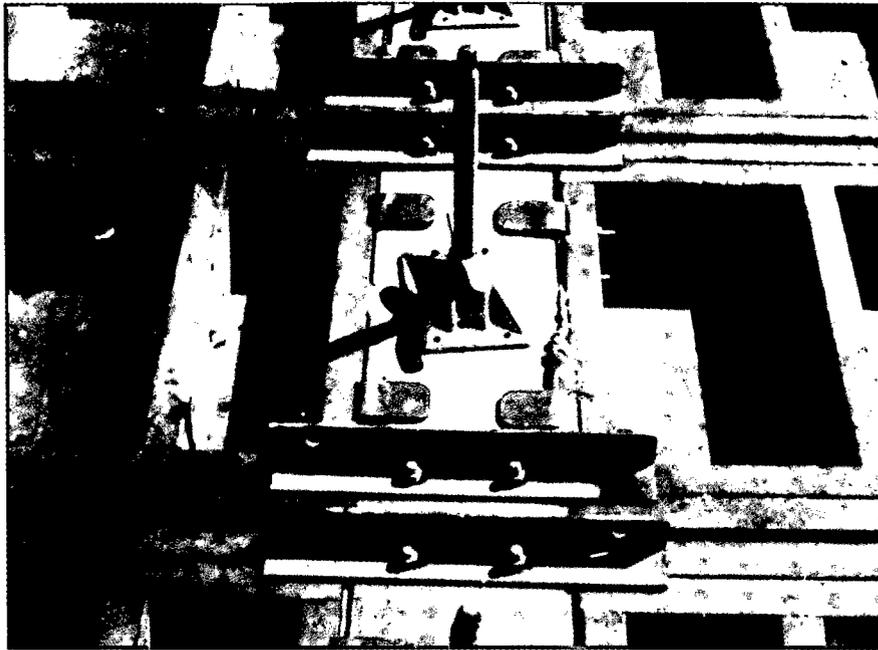


DIMENSÕES DO PAINEL

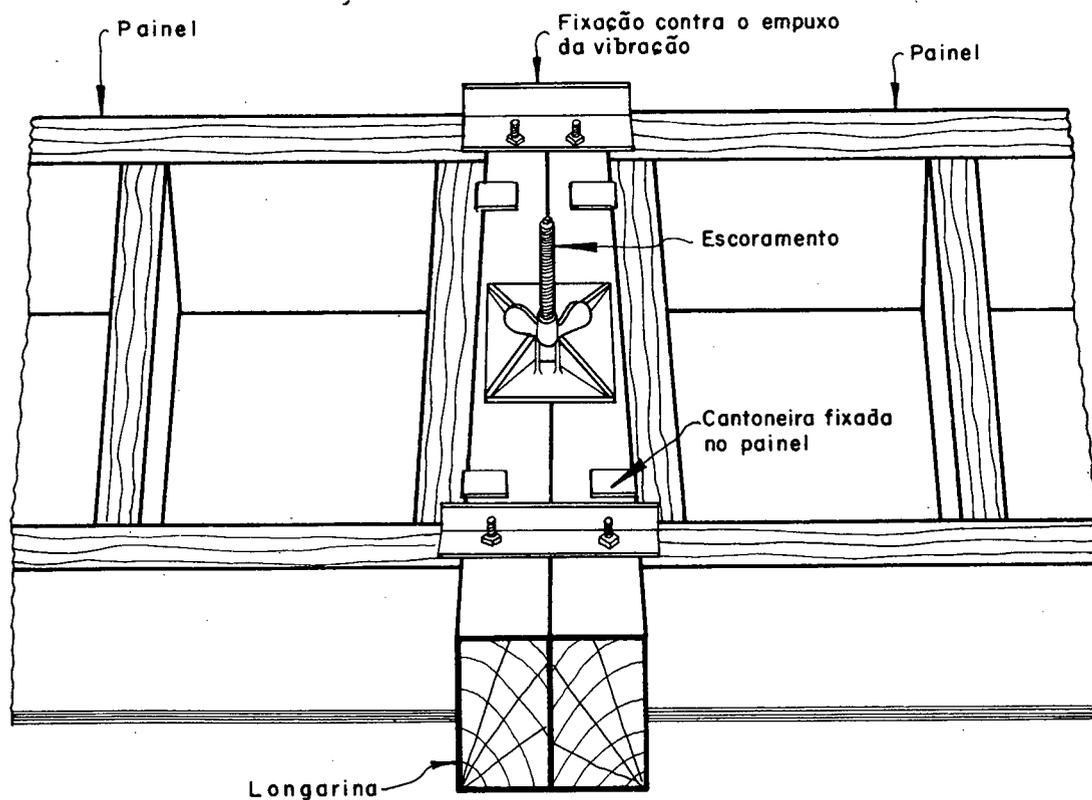


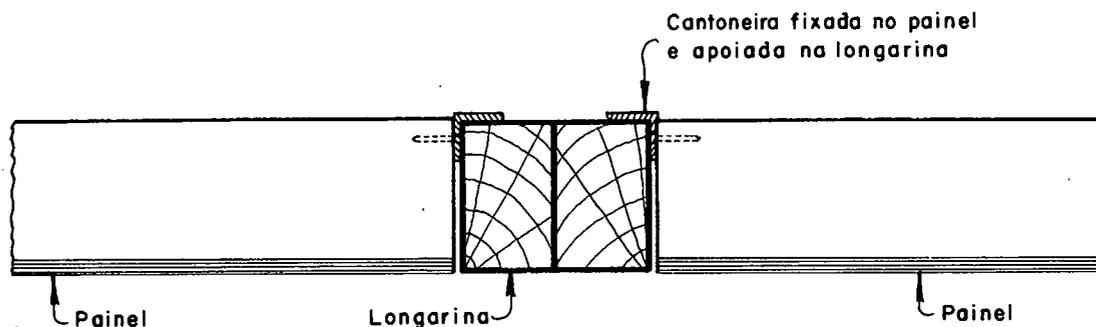
SEÇÃO DA LONGARINA

As longarinas são constituídas de 2 peças 6" x 4" cuja face inferior é coincidente com a face inferior dos painéis.



*Formas temporariamente  
fixas — detalhe de fixação  
dos painéis.*



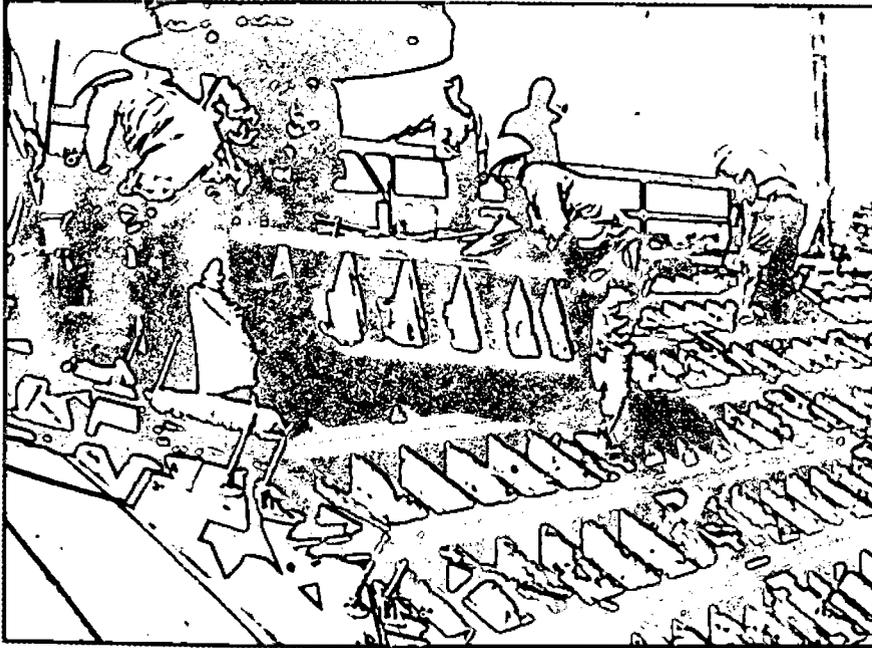


#### DETALHE DE APOIO DO PAINEL

*Além do sistema de escoramento das longarinas, que são colocadas em todas as linhas, sempre, entre 2 painéis, deve haver também um atirantamento das longarinas para absorver o empuxo da vibração.*



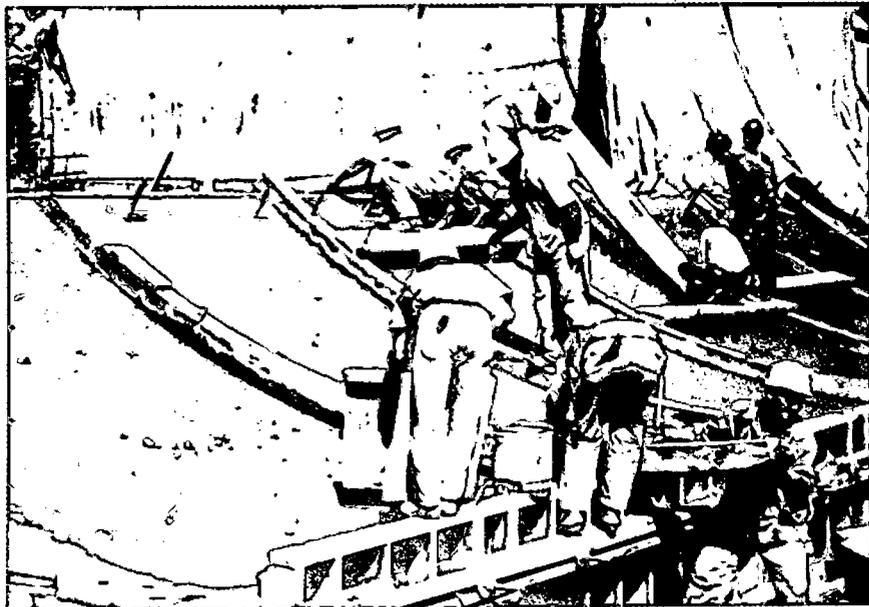
*Formas temporariamente fixas — fixação das longarinas das formas temporárias.*



*Formas temporariamente  
fixas — mudança dos  
painéis.*



*Formas temporariamente  
fixas — vibração do concreto  
após o lançamento.*

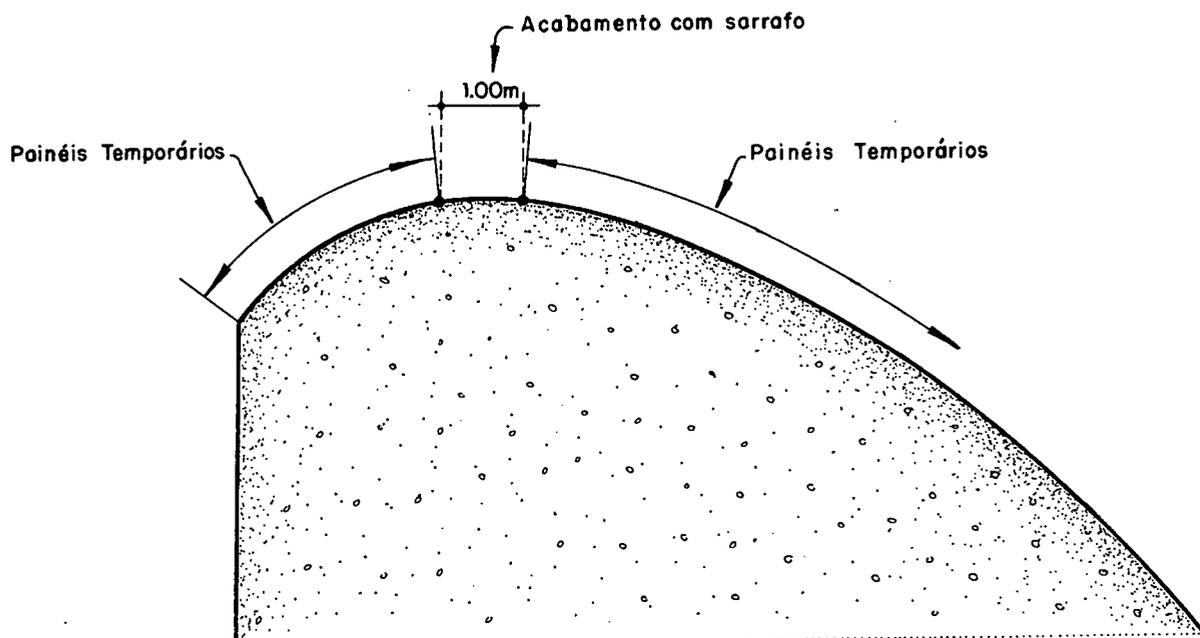


*Formas temporariamente fixas — acabamento do concreto após a retirada dos painéis temporários.*

*O escoramento deve ser sempre perpendicular à diretriz da longarina.*

*O tempo para a desforma é experimental e varia para cada concreto, em função da temperatura e da dosagem de cada traço. Quando o painel é removido, o trecho correspondente de longarina é retirado para se fazer um acabamento final com espátula.*

*O trecho final da estrutura é executado sem painel; deve ser deixada uma abertura de aproximadamente 1,00 m para introdução do vibrador. O acabamento será executado com sarrafeamento.*

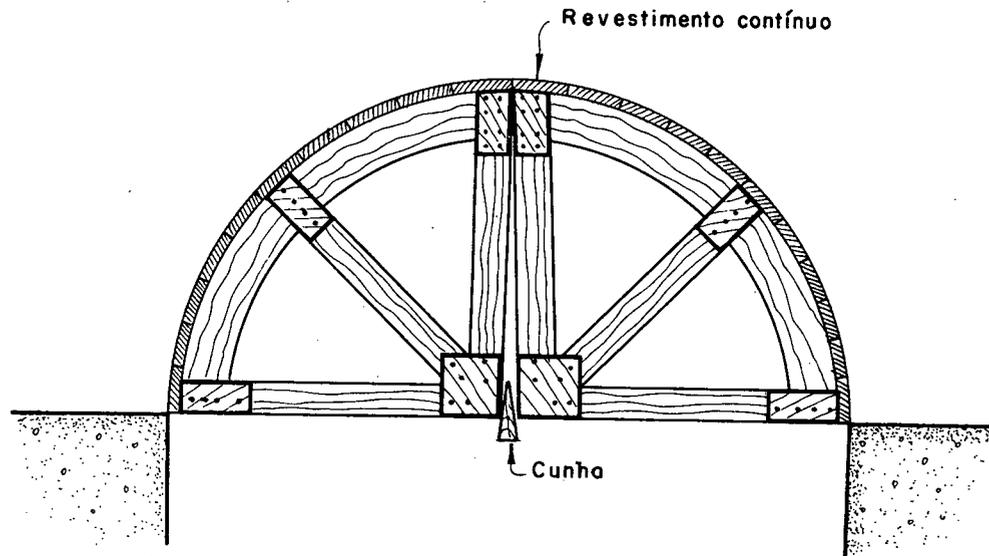


As formas temporariamente fixas normalmente são mais onerosas que as formas deslizantes (régua) e são utilizadas quando a adoção destas últimas é impraticável, por exemplo, devido a inexistência de local apropriado para fixação dos guinchos de mobilização da régua deslizante.

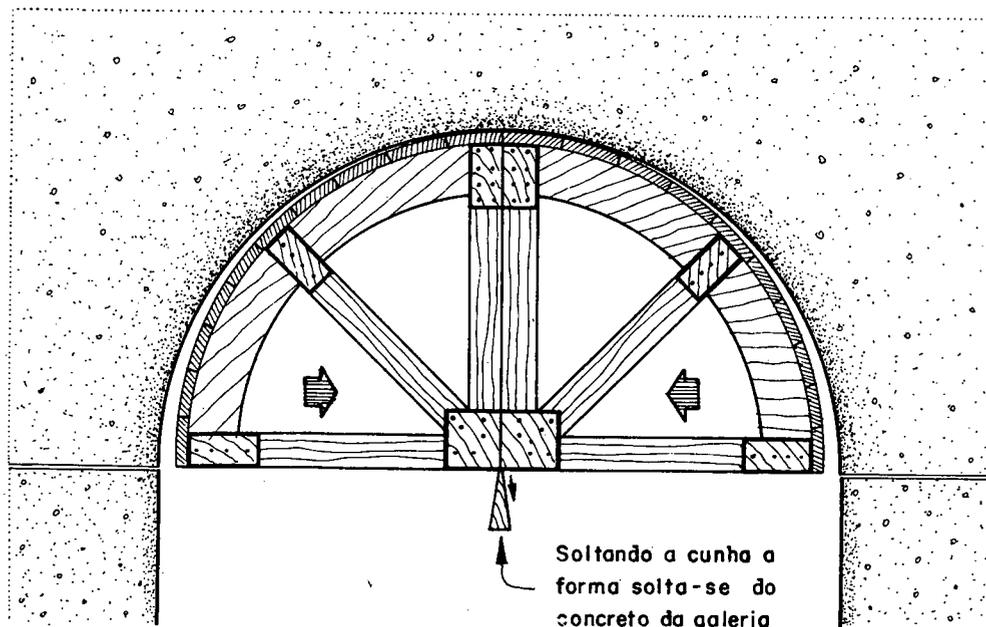
1.2.4.3. Formas para as galerias

Antes da concretagem a posição da forma é regulada por meio de uma cunha.

Para desformar basta retirar a cunha; isto faz com que o revestimento se desloque da estrutura concretada.



ANTES DA CONCRETAGEM



DEPOIS DA CONCRETAGEM

1.2.5. OBSERVAÇÕES DA OBRA

1.2.5.1. Vibração

Foi observado que a frequência de vibração estava abaixo da especificada e, com isto, resultava um tempo exagerado de

vibração até o adensamento da massa de concreto, ocasionando um excessivo Bleeding com subida de água.

A vibração deve ser realizada com uma frequência acima de 6000 RPM, deve ser potente e rápida, a fim de não dar oportunidade à deposição de material fraco na superfície.

1.2.5.2. *Segregação nas cabeças*

É importante que todas as pedras segregadas nas cabeças sejam jogadas para cima, porém, sempre na mesma betonada, para serem absorvidas pela vibração.

1.2.5.3. *Acabamento Superficial*

A superfície do concreto deve ser bem acabada para que se possa fazer um eficiente corte posterior. Porém esse resultado deve ser conseguido sem excesso de vibração, o que ocasionaria uma quantidade muito grande de material fraco depositado na superfície.

1.2.5.4. *Manchas Superficiais*

Com relação às manchas que têm aparecido sobre as superfícies concretadas, foi observado que são ocasionadas pela reação lenta do cimento em uso. Essas manchas são prejudiciais e devem ser removidas, pois se constituem de material fraco proveniente da carbonatação do concreto.

O jateamento deve ser feito próximo ao lançamento e o concreto deve ser liberado com a limpeza em andamento.

1.2.5.5. *Revibração*

O tempo para início da revibração não pode ser predeterminado, pois varia para cada concreto, dependendo da temperatura e da dosagem de cada traço. Normalmente deve haver um intervalo de 2 horas (no mínimo 1 hora) da 1.<sup>a</sup> vibração.

A vibração deve ser feita de preferência em torno das malhas superficiais, parafusos e ancoragens das formas, a fim de se eliminar a água e assegurar uma boa aderência concreto-aço. Nas ferragens mais profundas não é necessário revibrar o concreto, pois o próprio peso da massa assegura uma melhor aderência.

A revibração é aconselhada em pilares-vigas e paredes, não com finalidade de se conseguir melhor resistência, mas sim de melhorar a aderência em torno da ferragem. A revibração deve ser aplicada o mais tarde possível, desde que o concreto ainda aceite a vibração.

1.2.5.6. *Argamassa na Superfície*

Somente é recomendado o uso de argamassa nas juntas quando estas são cortadas em excesso e resultam irregulares quanto ao acabamento superficial.

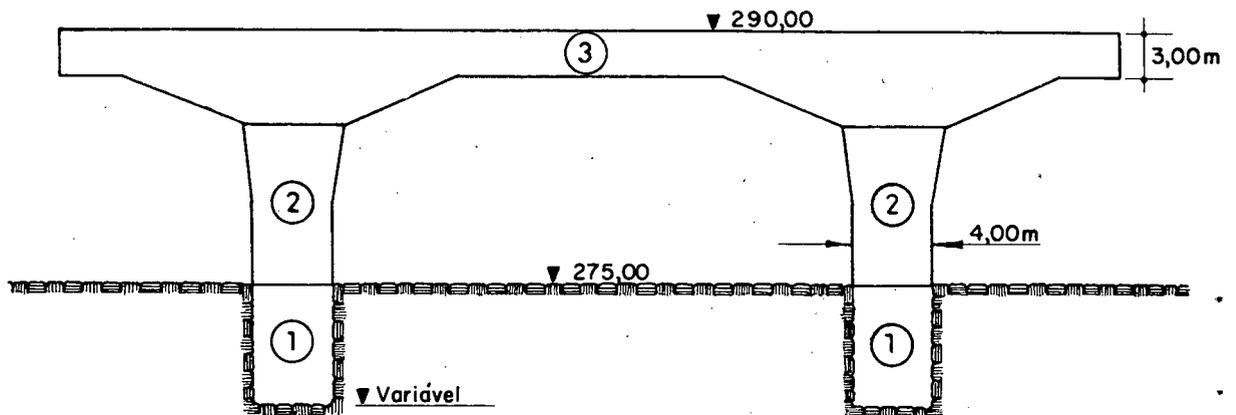
Por outro lado, a argamassa não é prejudicial, mas é antieconômica e dificulta a produção.

1.2.6. **JUNTAS DE CONCRETAGEM**

A respeito do preparo das juntas de concretagem que vêm sendo realizado na obra, Mr. Lewis H. Tuthill achou desnecessário o uso de argamassa na superfície.

Nos Estados Unidos, o BUREAU, DWR, TVA, ALA POWER não adotam o revestimento com argamassa.

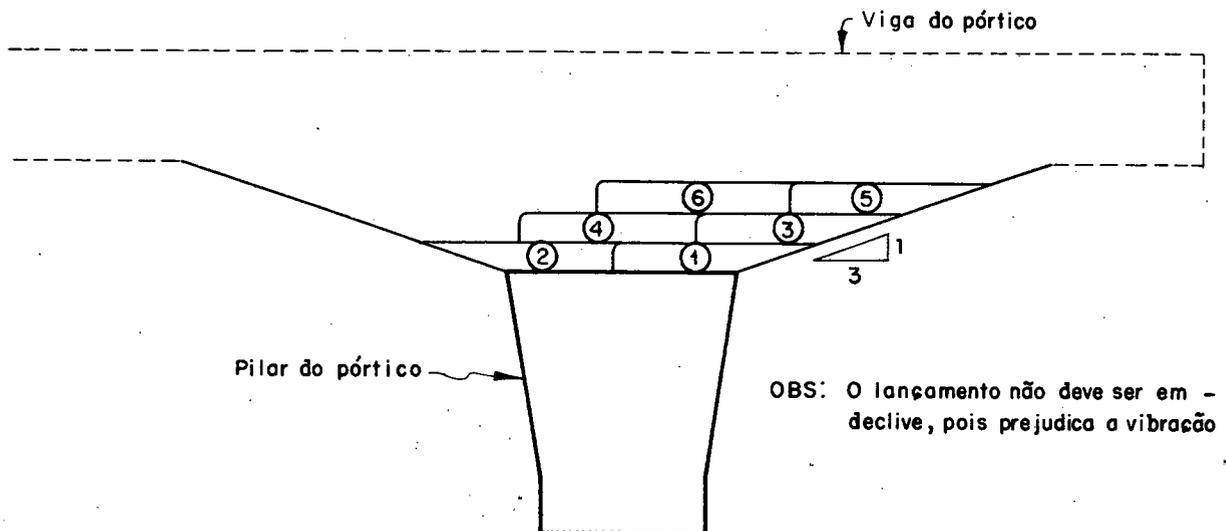
1.2.7. SUBESTAÇÃO  
1.2.7.1. Plano de concretagem



**PLANO DE CONCRETAGEM DO PÓRTICO**

- 1 concreto da fundação — 1.ª etapa
- 2 concreto dos pilares — 2.ª etapa
- 3 concreto da viga — 3.ª etapa

A viga deve ser concretada numa só etapa obedecendo o esquema convencional de lançamento para concretos de massa.

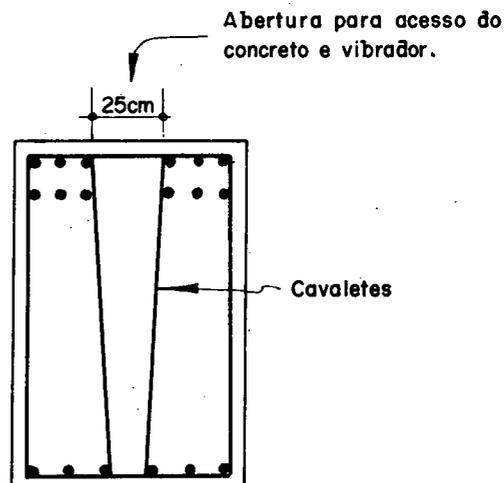


**ESQUEMA PARA LANÇAMENTO DE CONCRETO**

Para se concretar a viga em mais etapas, devem ser conhecidos os pontos de força cortante nula para que se façam as juntas nesses locais.

Para facilitar a entrada do concreto nos pontos de armação negativa da viga foi sugerido o seguinte esquema:

SEÇÃO DA VIGA DO PÓRTICO



1.3. TERCEIRA VISITA — D E 10/12/70 A 12/12/70

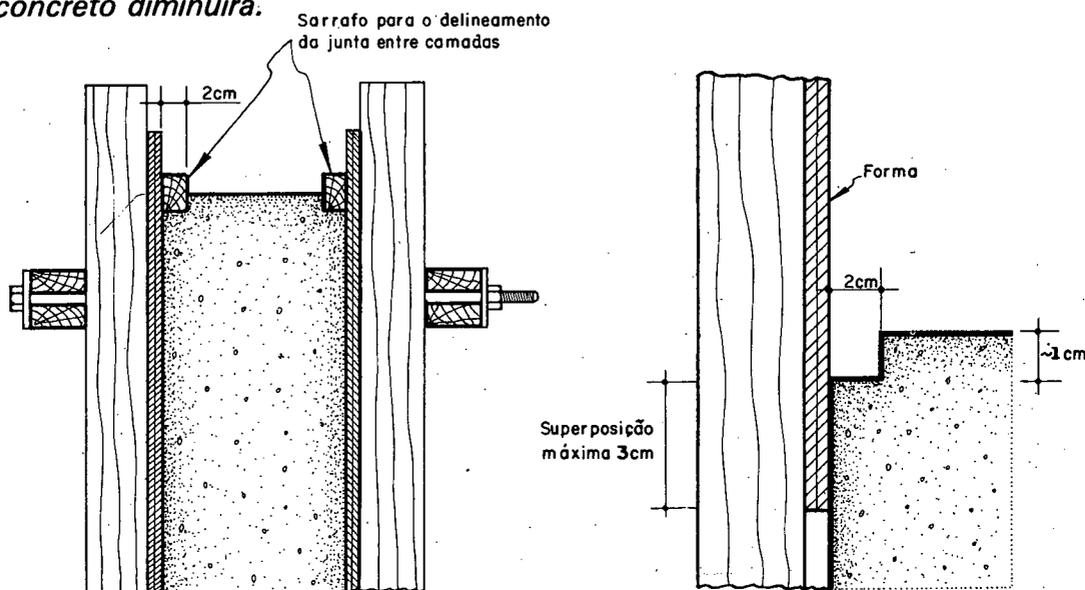
1.3.1. OBSERVAÇÕES DE MR. LEWIS H. TUTHILL ACERCA DAS ESTRUTURAS DE ILHA SOLTEIRA.

Quanto aos processos executivos e resultados obtidos, Mr. Lewis H. Tuthill classificou as obras de Ilha Solteira entre as melhores por ele visitadas. Em certas observações recomendou, porém, algumas pequenas alterações que colaborariam ainda mais com o bom aspecto da estrutura.

Esses pequenos detalhes ou alterações que deveriam ser introduzidos contribuiriam para a redução do custo da Obra, pois, uma vez desformada a estrutura, seriam minimizados os reparos no concreto. Ao seu ver, a maneira mais econômica de se fazer um concreto é aquela em que, quando se desforma a estrutura, o concreto está praticamente pronto, isto é, não há necessidade em se fazer reparos e correções.

1.3.2. DETALHES PROPOSTOS PARA FORMA

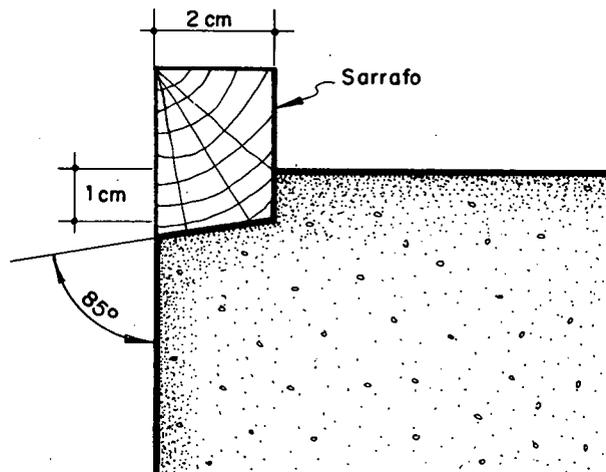
A superposição da forma com relação à camada anterior deve ser a mínima possível ( $< 3$  cm). Isto porque se aumentarmos a área de contacto da forma, aumentará a probabilidade de encontrarmos irregularidades no concreto, prejudicando assim a vedação da forma na sua parte inferior. Por outro lado, com o aumento da área de contacto a pressão da forma contra o concreto diminuirá.



ESQUEMA E DIMENSÕES IDEAIS

Utilizando-se um sarrafo a uma profundidade de aproximadamente 1 cm, diminuirá a probabilidade de quebra dos cantos do concreto durante os serviços de desforma.

Eventualmente esse sarrafo pode ter a face inferior inclinada para facilitar a desforma e evitar a quebra dos cantos.

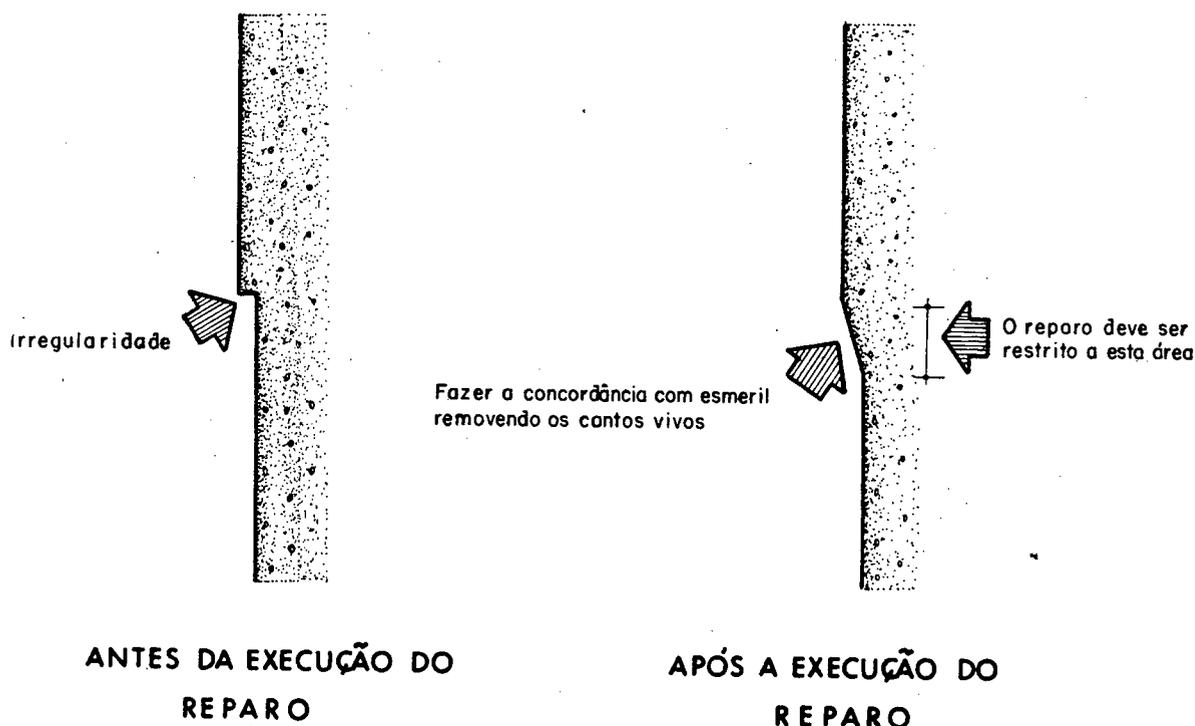


### 1.3.3. REPAROS EM CONCRETO

No caso em que há vazamento de nata, decorrente de defeitos de vedação dos painéis, o reparo deve ser feito da seguinte maneira:

- a) a nata deve ser removida totalmente até se atingir o concreto estrutural;
- b) o dente resultante da retirada da nata deve ser corrigido por meio de esmerilhadeira até se obter uma concordância razoável.

**OBS.** Não se deve aplicar argamassa sobre o reparo executado por meio de esmerilhadeira; isto comprometerá o aspecto da estrutura.



Quando numa estrutura resultar um aglomerado de agregados na superfície, sem argamassa, a correção deverá ser feita com aplicação cuidadosa de argamassa, visando unicamente preencher os vazios existentes entre os agregados.

Os reparos das estruturas de concreto devem ser executados dentro do seguinte prazo:

5 a 10 dias se a cura for de 14 dias

7 a 14 dias se a cura for de 21 dias

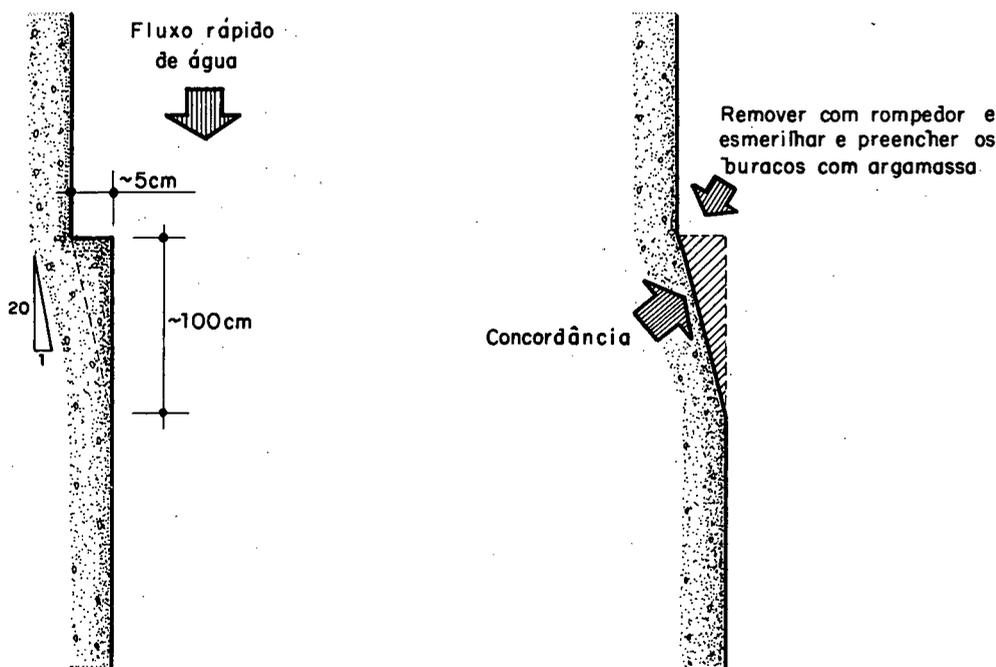
(no caso de 21 dias — concreto com pozolana).

A cura somente poderá ser interrompida no local do reparo e durante a execução deste.

A vantagem de se fazer reparos dentro dos limites prescritos é que, além de o reparo se fixar melhor no concreto novo, pode-se ainda aproveitar a cura do bloco para a cura do próprio reparo.

O concreto com pouca idade não pode ter a cura interrompida de maneira alguma, principalmente os concretos de massa que são bastante fracos nessas idades.

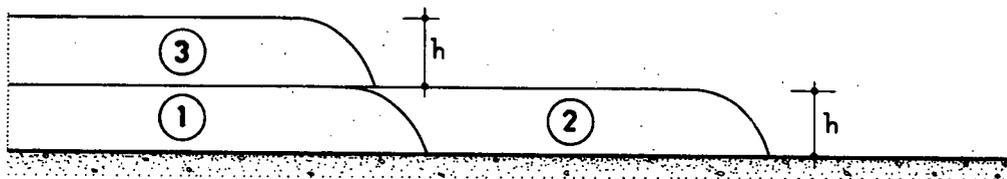
Durante os serviços de reparos executados por meio de rompedores, talhadeiras ou esmerilhadeiras, não há necessidade de interrupção dos processos de cura.



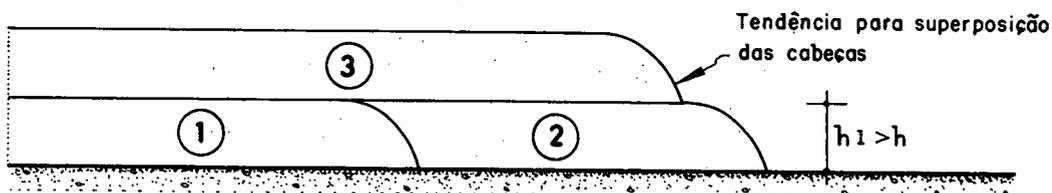
#### 1.3.4. COMENTÁRIOS SOBRE LANÇAMENTO DE CONCRETO

Dentro de um bloco em concretagem, deve existir por parte da Fiscalização pessoas conscientizadas que saibam distinguir o limite entre o certo e o errado, e, no momento em que este limite for atingido, imediatamente elas devem entrar em ação, sabendo qual a atitude mais adequada a ser tomada. Foi observado que a 1.<sup>a</sup> subcamada de concretagem deve ser vibrada com o vibrador introduzido até o contacto da camada anterior, com o intuito de se obter todas as subcamadas com a mesma altura. Num lançamento observado na Obra, verificou-se que a 1.<sup>a</sup> subcamada tinha uma espessura maior que as

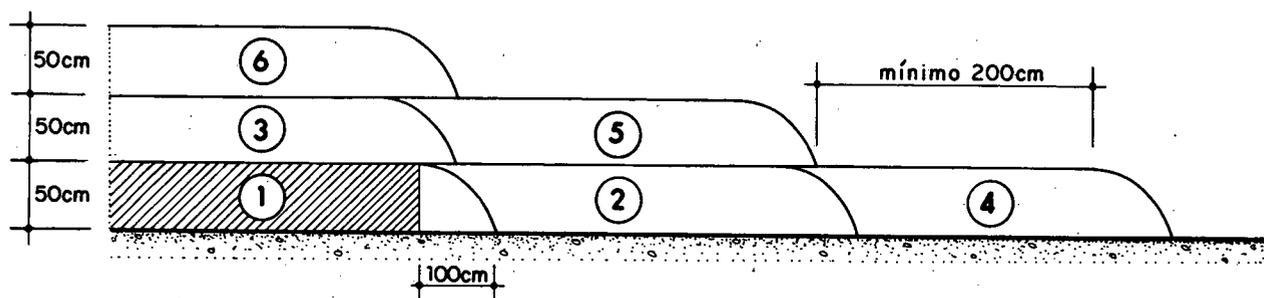
outras, portanto a velocidade de avanço dessas últimas foi maior, existindo então uma tendência natural para superposição de cabeças.



**CERTO** (igual velocidade de avanço)

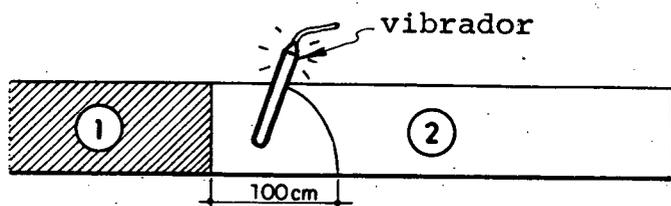


**ERRADO** (diferentes velocidades de avanço)



O trecho correspondente a 1,00 m, assinalado na figura acima, não deve ser vibrado, pois existe a tendência dessa parte tombar com relação à parte hachurada.

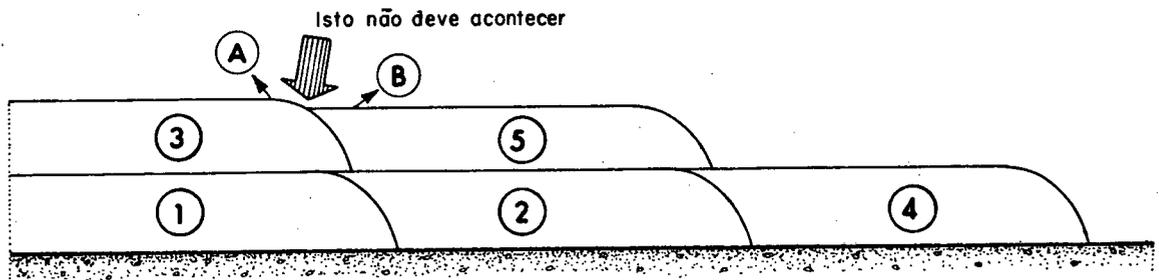
Esse trecho somente será vibrado por ocasião do encontro com o próximo lançamento ("costura").



O espaçamento mínimo aconselhável entre as cabeças das subcamadas é de, no mínimo, 2,00 metros.

As pedras que resultam segregadas nas cabeças das camadas devem ser removidas e lançadas para trás, a fim de que sejam absorvidas pela vibração. Se estas pedras não forem removidas, a argamassa do lançamento seguinte

poderá ser insuficiente para preencher os vazios existentes entre as pedras segregadas.  
Deve-se manter as subcamadas sempre niveladas e com a mesma espessura.



Se acontecer o desnivelamento como indicado acima, o procedimento será o seguinte:

1. revibrar primeiro a região A
2. a seguir, revibrar B evitando assim trincas superficiais.

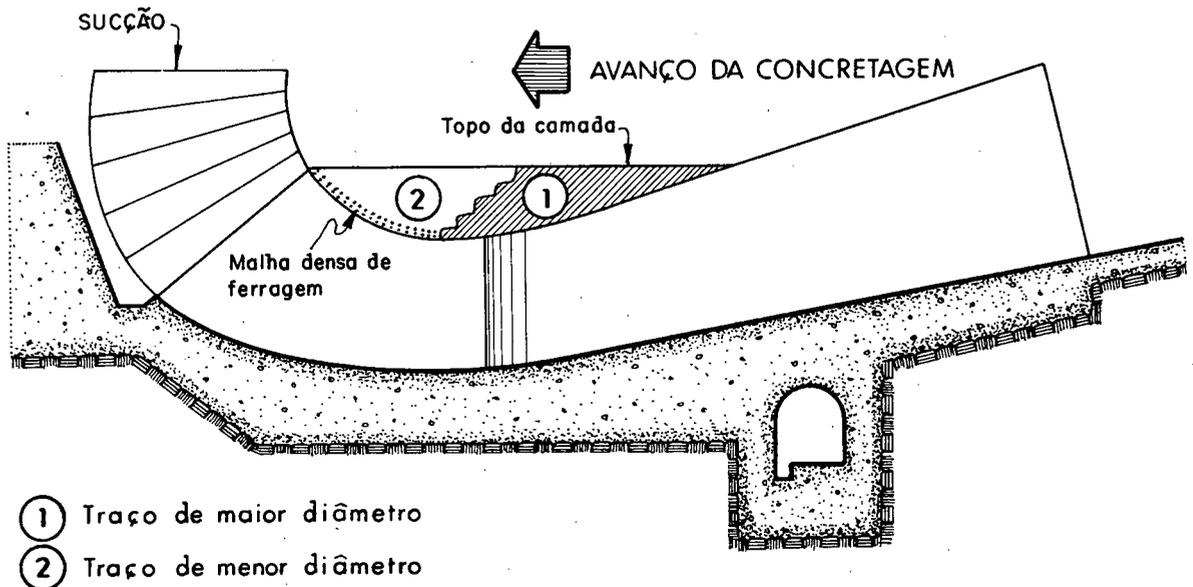
**OBS:** Na determinação de cada traço existe sempre uma porcentagem definida de areia.

O ideal é se ficar sempre um pouco acima desta porcentagem.

1.3.5.

**ESQUEMA DE LANÇAMENTO PROPOSTO PARA O TUBO DE SUCCÃO.**

O lançamento seria iniciado de jusante para montante com o traço de diâmetro maior, até que fosse constituída a trincheira, da figura abaixo, que servirá de forma para o lançamento do concreto de diâmetro menor. Com isto se conseguiria maior economia e melhores efeitos de vibração.

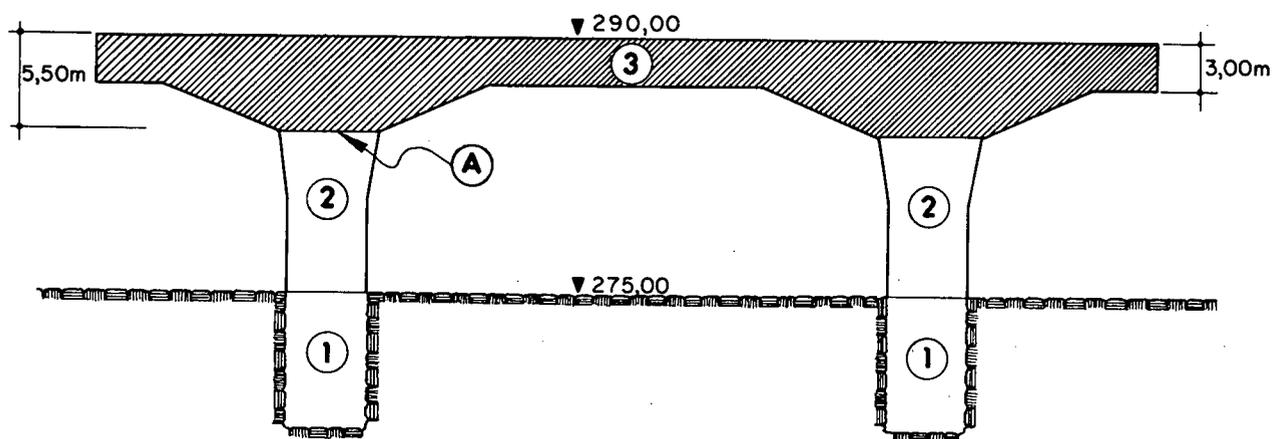


- ① Traço de maior diâmetro
- ② Traço de menor diâmetro

**ESQUEMA DE LANÇAMENTO PROPOSTO  
PARA O TUBO DE SUCCÃO**

### 1.3.6. SUBESTAÇÃO DE 460 kV

#### 1.3.6.1. Etapas de concretagem, cura e lançamento.



#### ETAPAS DE CONCRETAGEM

Logo após o término da concretagem do pilar, deve ser aplicado o composto de cura em toda a região (A) correspondente a sua "cabeça".

No caso de se utilizar cura com água, esta região deverá ficar continuamente molhada durante todo período necessário à cura. No caso de se utilizar compostos de cura, antes da aplicação do produto deve-se saturar completamente a superfície da estrutura por meio de aspersão de água. A seguir, aplica-se o produto de cura em várias demãos até que a película protetora atinja uma espessura considerável (aproximadamente 1,0 mm).

Tratando-se dos pilares da Subestação logo após a desforma, o pilar deve ser molhado em toda sua superfície. A seguir espera-se que a água superficial comece a evaporar (percebe-se pela perda do brilho) e imediatamente deve ser iniciada a aplicação do produto de cura com o pilar nas condições de superfície saturada-seca.

A utilização de compostos de cura será satisfatória desde que sejam obedecidos os requisitos prescritos anteriormente, porém o melhor método é ainda a cura por irrigação de água, desde que continuamente aplicada. A cura por água dentre outras tem a vantagem de manter fresca a superfície do concreto.

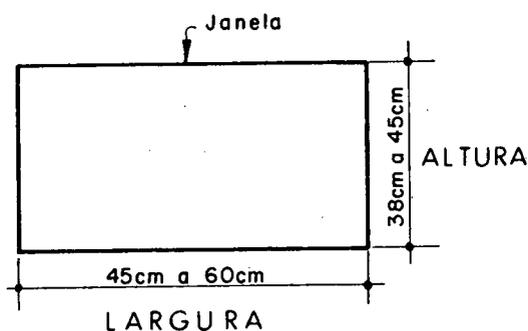
A cura com água deve ser completa, não podendo haver descontinuidade durante a aspersão. Um bom método é o de aplicar panos molhados na estrutura, mantidos constantemente umedecidos através de irrigações periódicas. Estes panos devem estar bem encostados na estrutura, a fim de garantir uma boa cura em todos os seus pontos.

No caso de interrupção do sistema de circulação de água, o processo de cura por panos molhados tem a vantagem de manter a estrutura umedecida ainda por um tempo considerável.

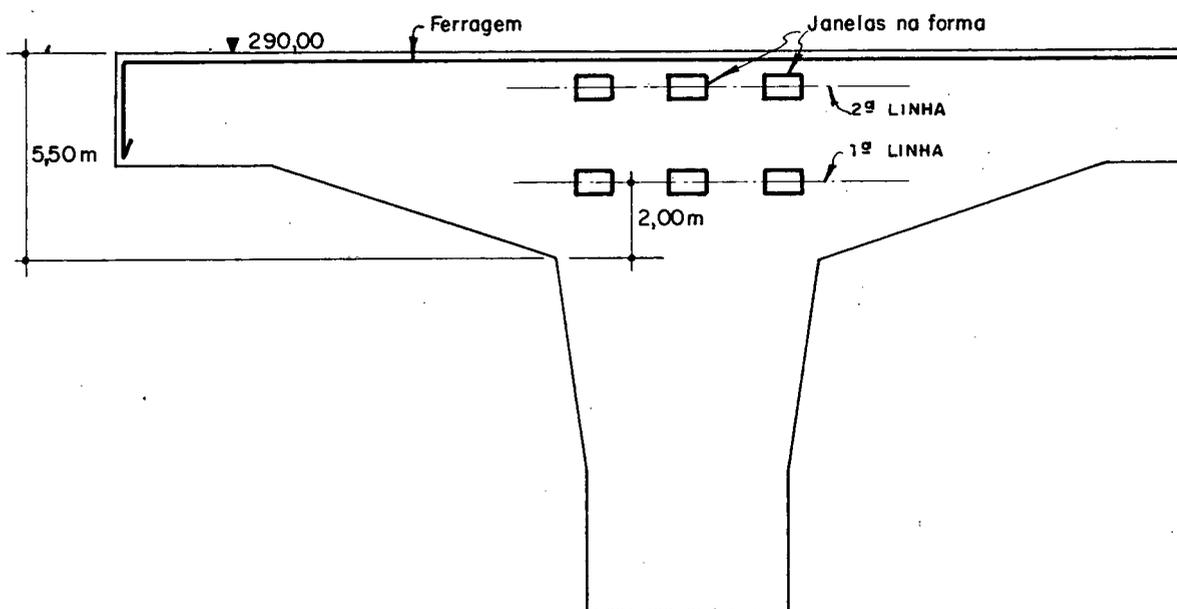
#### 1.3.6.2.

Concretagem da viga do pórtico da Subestação de 460 kV.

Para concretagem da viga do pórtico da Subestação de 460 kV, por causa da elevada altura da viga (5,50 m) deve haver 2 linhas de janelas para introdução do concreto e dos vibradores com as seguintes dimensões:

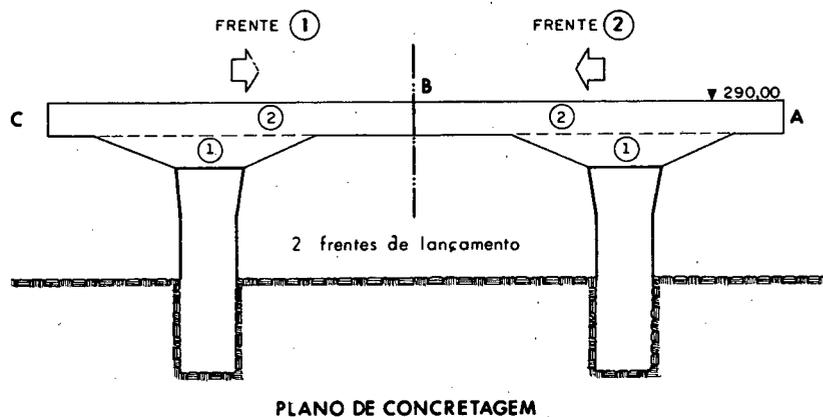


*A 1.<sup>a</sup> linha de janelas deve ser intermediária e a 2.<sup>a</sup> linha o mais alto possível, logo abaixo da camada de ferragem.*



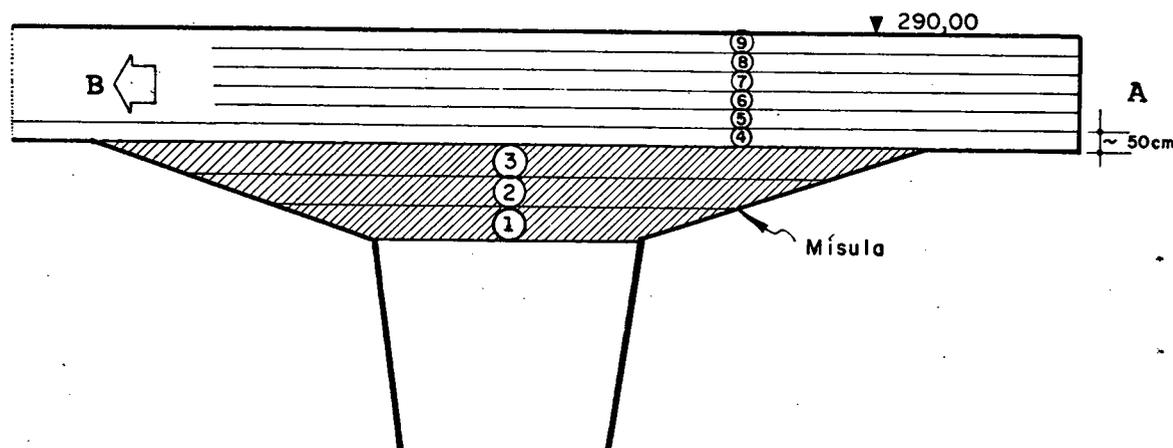
*Para que possam ser utilizados os dispositivos mencionados, é necessário que se façam algumas alterações na armação da viga do pórtico, caso contrário, seria impossível assegurar a obtenção de um bom concreto.*

*A obra fará a pré-montagem completa da armação de uma dessas vigas e solicitará a presença do Projetista para verificação do problema "in loco".*



O traço a ser utilizado é o máximo 19 mm com 50 a 55% de areia.

Em razão da grande extensão da viga, é necessário que o lançamento seja conduzido por 2 frentes de concretagem.



Em razão da maior plasticidade do concreto ( 19 mm) e da maior velocidade de lançamento, as camadas devem ser levadas, uma por vez, sem a sucessão normal de cabeças típicas dos concretos de massa.

Concreta-se primeiramente a mísula da viga em camadas contínuas. A seguir, da extremidade "A" da viga até "B" e da extremidade "C" até "B" as camadas serão conduzidas por frentes independentes de concretagem.

Ainda a respeito das janelas, Mr. Lewis H. Tuthill aconselhou não mudar os vibradores da ferragem a não ser quando for atingida a 1.ª linha de janelas; aí, então, os vibradores passariam para a 2.ª linha.

Este esquema exige uma grande quantidade de vibradores os quais não devem ser desligados durante o lançamento.

Devido à grande altura do lance de concretagem, 5,50 m, foi levantada a hipótese de numa mesma seção vertical existir um vibrador na ferragem da 2.ª linha de janelas, enquanto na janela correspondente da 1.ª linha o concreto já teria certo tempo de lançamento. Isto não seria prejudicial, pois até seria bom se acontecesse dentro do prazo de revibração do concreto. Em caso contrário, a ferragem do concreto poderia ser deslocada.

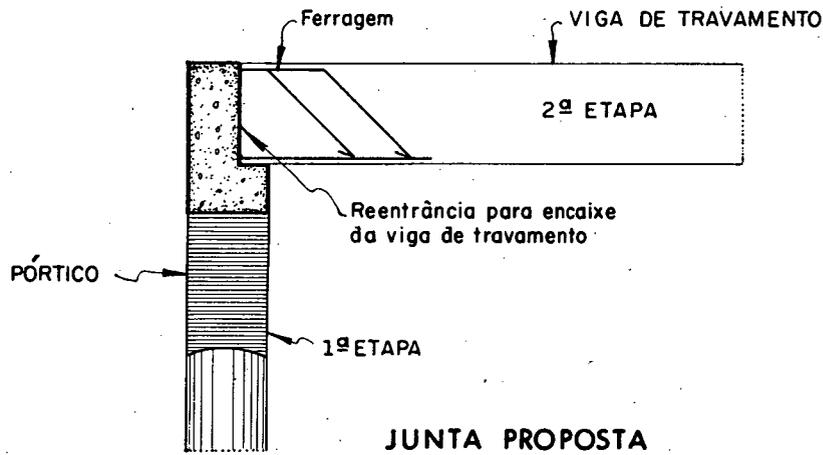
Antes do início da concretagem, deve-se testar a resistência da ferragem com o vibrador adaptado a ela em pleno funcionamento (caso em que se adote vibração na ferragem e não na forma).

Nos locais de difícil acesso do concreto, não é aconselhável aumentar o "SLUMP" para se conseguir bons resultados, mas sim aumentar a eficiência da vibração mantendo inalterado o "SLUMP".

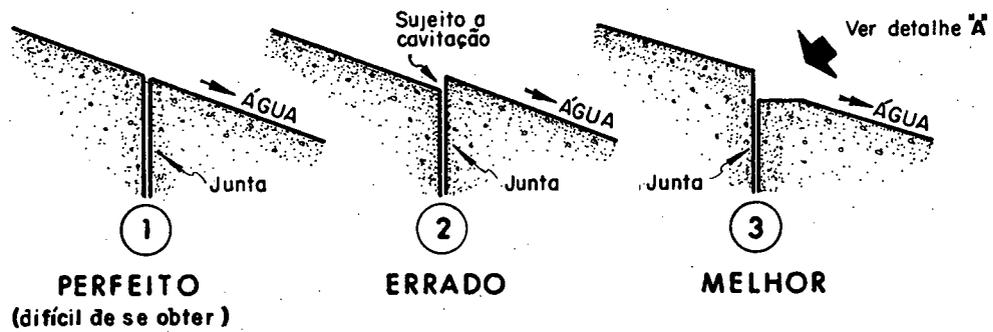
### 1.3.6.3. Viga de travamento dos pórticos

A Projetista deveria estudar uma possibilidade para execução da viga de travamento dos pórticos numa 2.ª etapa, isto é, não concretá-la simultaneamente com os 2 pórticos interligados por ela.

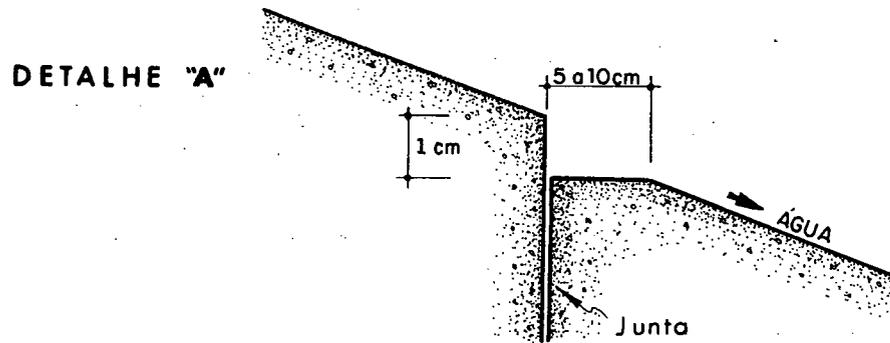
Deveria ser escolhida uma posição favorável para introdução de uma junta de concretagem.



1.3.7. SUPERFÍCIES SUJEITAS A ESCOAMENTO DE LÍQUIDO

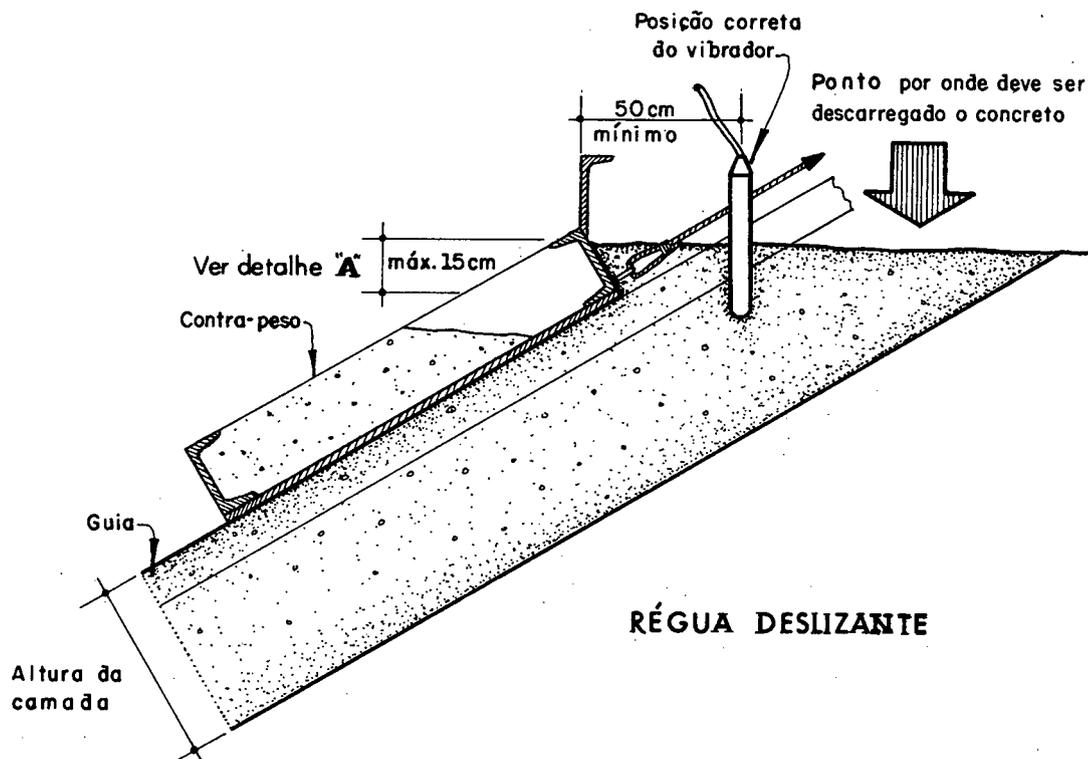


*Esta reentrância é desnecessária no caso das "Formas Temporariamente Fixas", porque todas as irregularidades são corrigidas.*

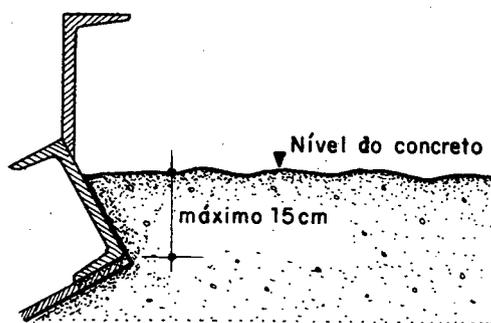


### 1.3.8. CONCRETAGEM DA LAJE DO CANAL DE RESTITUIÇÃO

#### 1.3.8.1. Réguas deslizantes

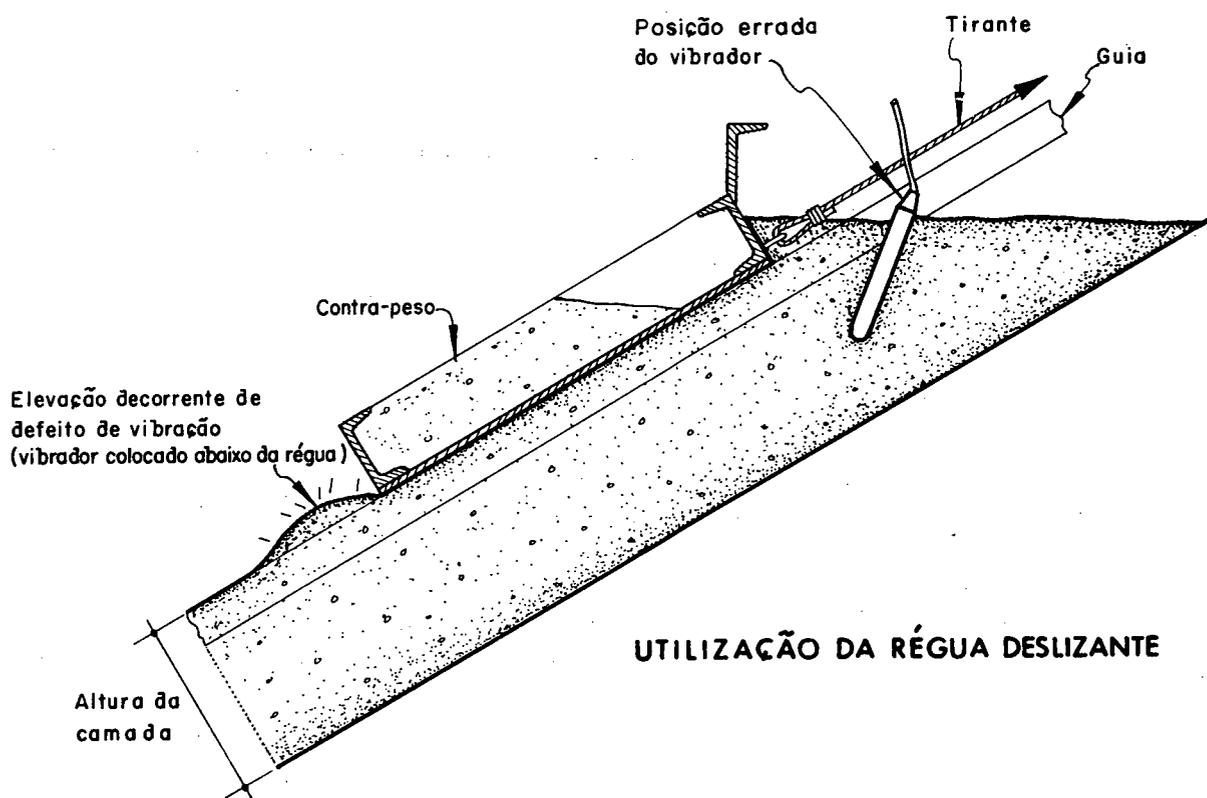


*O concreto deve ser lançado a uma distância segura da forma deslizante e o vibrador nunca deve aproximar-se mais do que 50 cm da régua.*



**DETALHE A**

*O concreto é lançado adiante da régua deslizante de modo que ele seja empurrado contra esta pelos efeitos da vibração. O vibrador deve ser introduzido a uma distância razoável da régua e com pouca profundidade, a fim de evitar a formação de uma elevação do concreto na parte posterior da régua.*



*É importante que o dispositivo de translação da forma deslizante tenha controle de velocidade. A velocidade deve ser modificada conforme exigências do próprio lançamento.*

*A velocidade de translação da régua deslizante deve ser lenta e contínua. A vibração nunca deve ser feita abaixo da face inferior da régua por dois motivos:*

*1.º formação de irregularidades no concreto imediatamente atrás da régua.*

*2.º tendência de levantamento da régua deslizante.*

*O peso da régua é de grande importância, pois é uma segurança contra o seu levantamento pelos efeitos da vibração.*

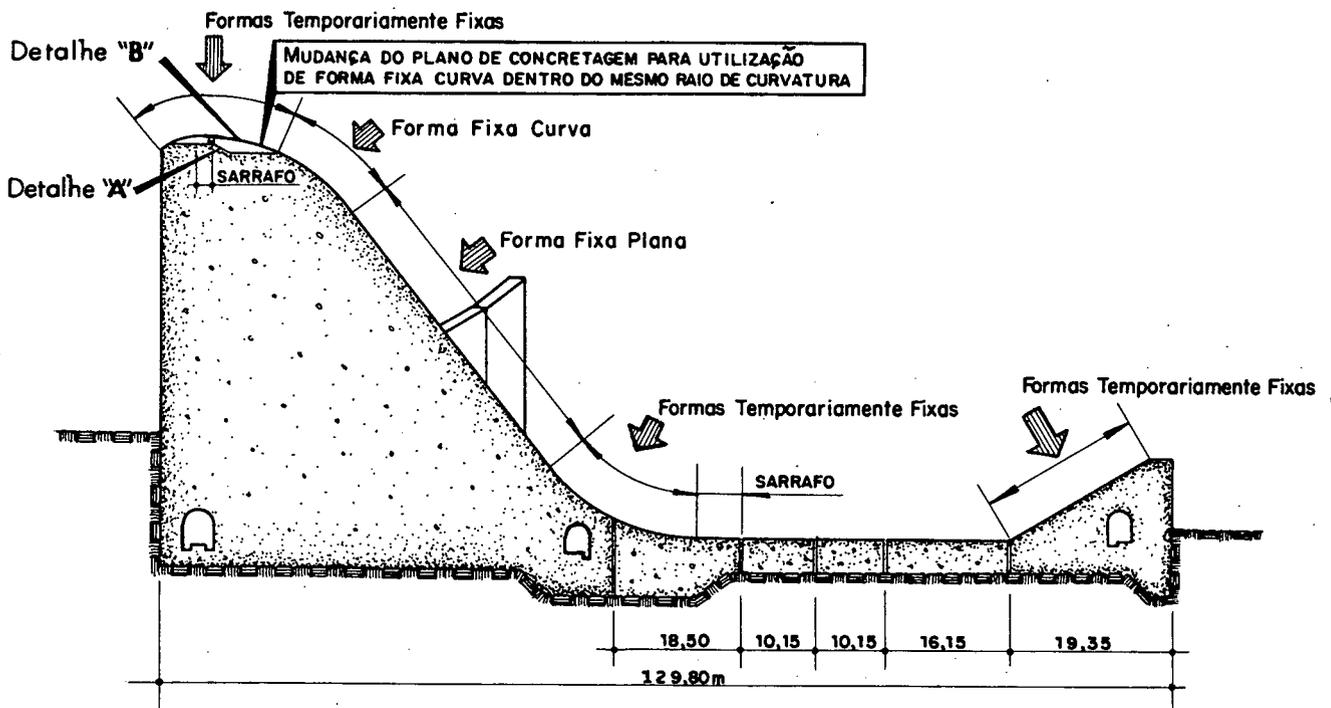
*A vibração não deve atingir a malha de armação da estrutura; o vibrador deve ser introduzido através da malha de armação da estrutura sem tocá-la. No caso do vibrador tocar a ferragem, as vibrações se transmitem para a régua através da malha, tendendo a levantá-la.*

*A direção do tirante de translação da régua deve ser sempre paralela à inclinação da estrutura a ser concretada.*

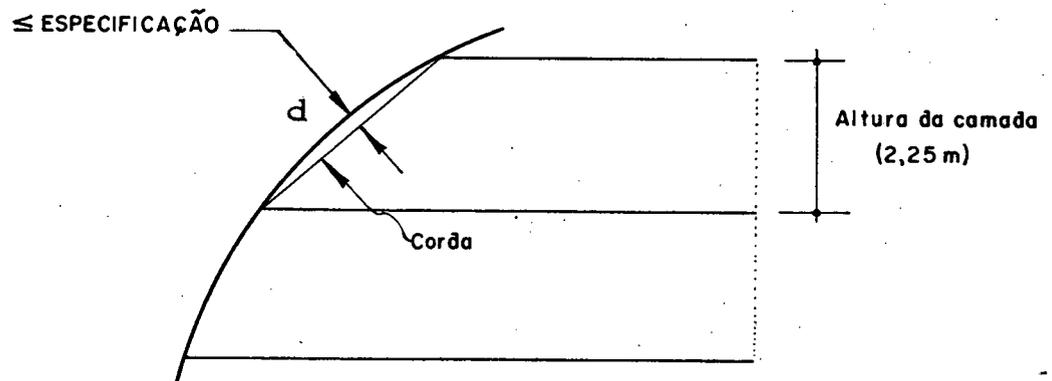
*As réguas deslizantes são aconselhadas em estruturas cuja declividade varia da horizontal até 3:2.*

### 1.3.9. VERTEDOURO DE SUPERFÍCIE

#### 1.3.9.1. Utilização de formas

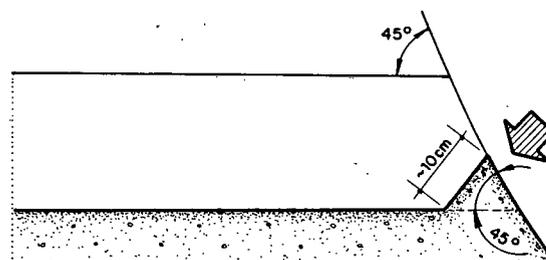


*Nas superfícies curvas em que a distância da corda à curvatura (restrita a uma camada) não ultrapassa metade das tolerâncias especificadas, podem ser utilizados painéis planos.*

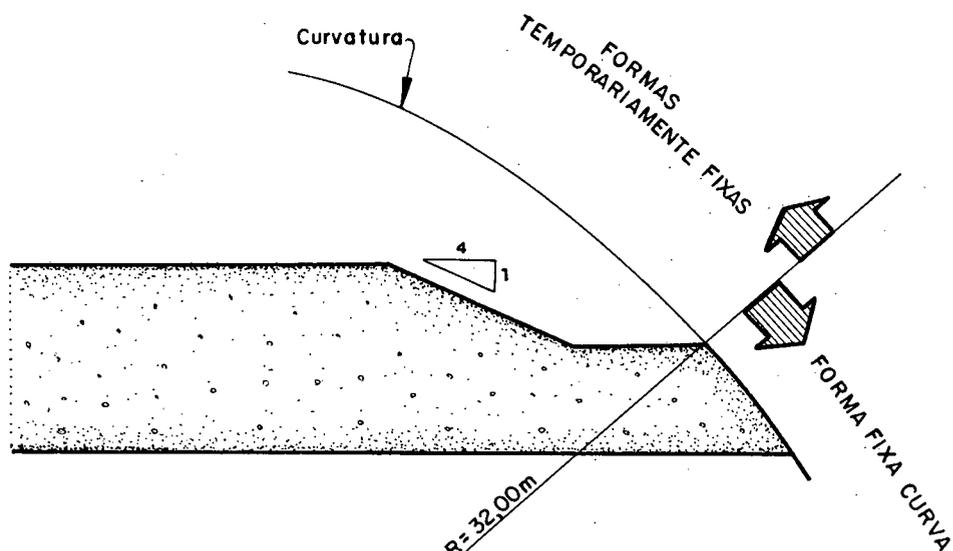


$d \leq 1:2$  Especificação Painel reto  
 $d > 1:2$  Especificação Painel curvo

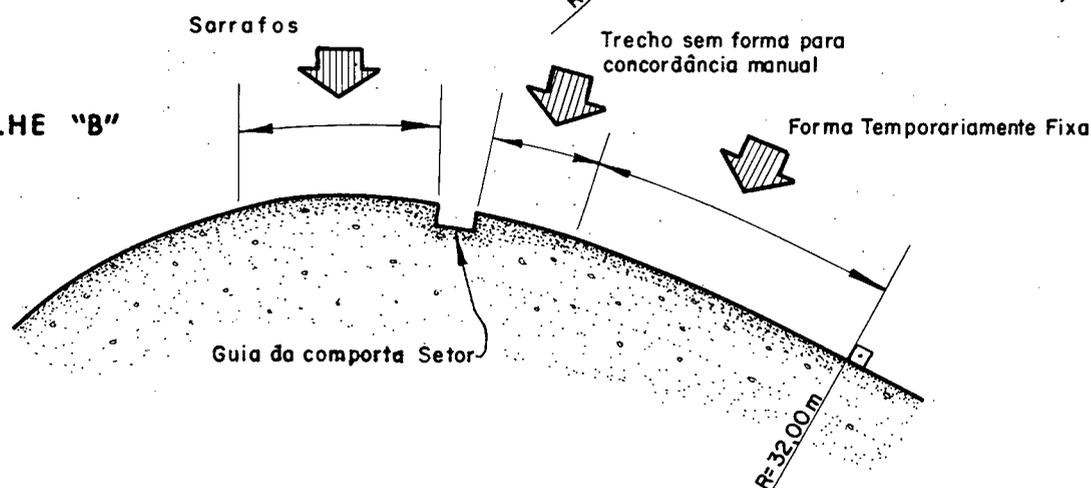
*Quando a superfície de uma camada forma um ângulo de 45° com relação à horizontal deve-se fazer uma junta perpendicular à diretriz da superfície com um comprimento de aproximadamente 10 cm.*



DETALHE "A"



DETALHE "B"



#### 1.4. QUARTA VISITA — DE 07/03/72 A 08/03/72

##### 1.4.1. VERTEDOURO DE SUPERFÍCIE

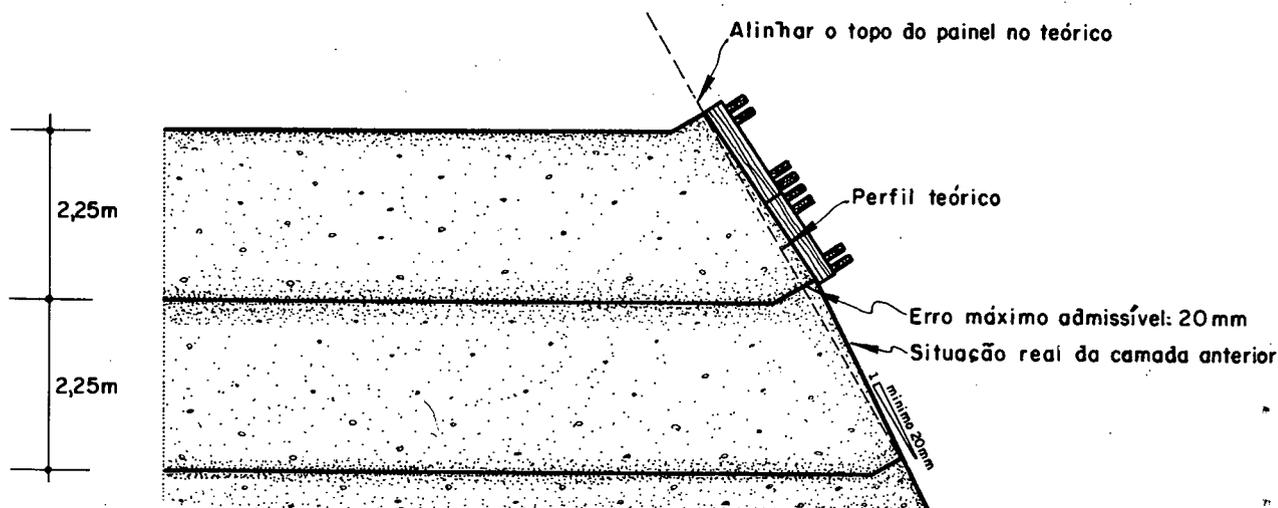
###### 1.4.1.1. Acabamento das soleiras

*Examinando os levantamentos efetuados nas soleiras concretadas, Mr. Lewis H. Tuthill esclareceu que o importante não é a grandeza das irregularidades, e sim o quanto abruptas elas são. O bom acabamento está diretamente ligado à perfeição do atirantamento e escoramento dos painéis.*

*Os tirantes dos painéis devem aproximar-se da normal à superfície do perfil, e as escoras devem ter inclinações próximas às do tirante.*

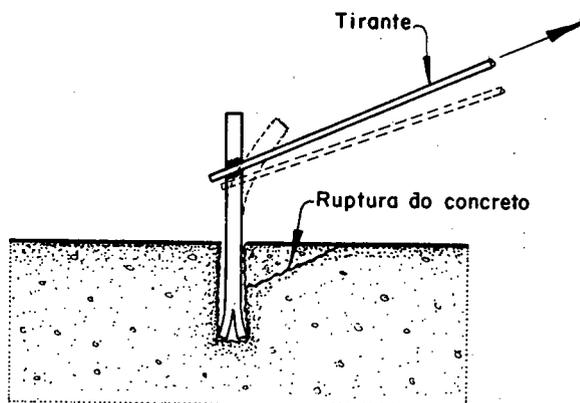
*Em inspeção feita em um bloco em concretagem, Mr. Lewis H. Tuthill aprovou o sistema de painéis adotado pela obra (Temporariamente Fixos).*

*Quanto aos defeitos surgidos no perfil, afirmou não haver motivos para receios, desde que as imperfeições não ultrapassem a inclinação de 1:20, com relação ao perfil teórico, e não sejam abruptas.*

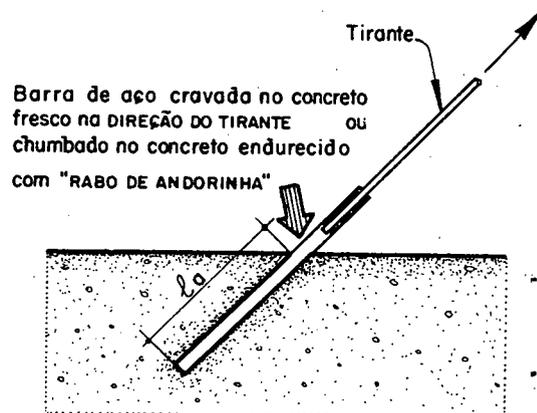


*Deve ser dada atenção especial ao alinhamento do topo dos painéis e o correto aperto dos tirantes e dos elementos de travamentos entre as 2 linhas de painéis. Para verificação do perfil após a concretagem, poderá ser utilizada uma peça metálica de material leve que, colocada sobre o concreto, servirá de gabarito para a medição das imperfeições.*

*O Consultor Mr. Lewis H. Tuthill observou ainda que a fixação dos tirantes e escoras no concreto da camada anterior é um ponto fraco, pois há o perigo de flexão do ferro de ancoragem e posterior ruptura do concreto na superfície; sugeriu então que fossem usados ferros "chumbados" na camada.*

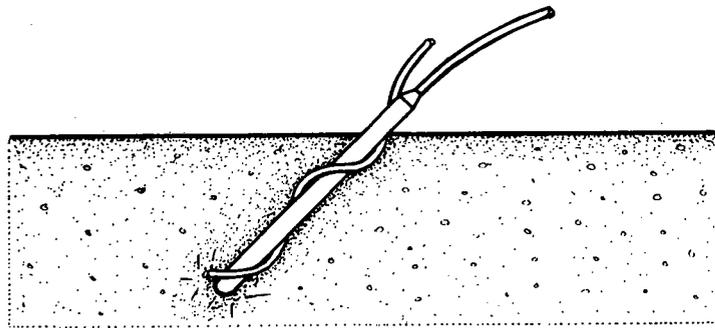


**SITUAÇÃO ATUAL**



**SUGESTÃO**

*Outra maneira de fixar a barra na direção do tirante é abrir um furo no concreto fresco com um vibrador de pequeno diâmetro, juntamente com um chumbador "rabo de porco".*



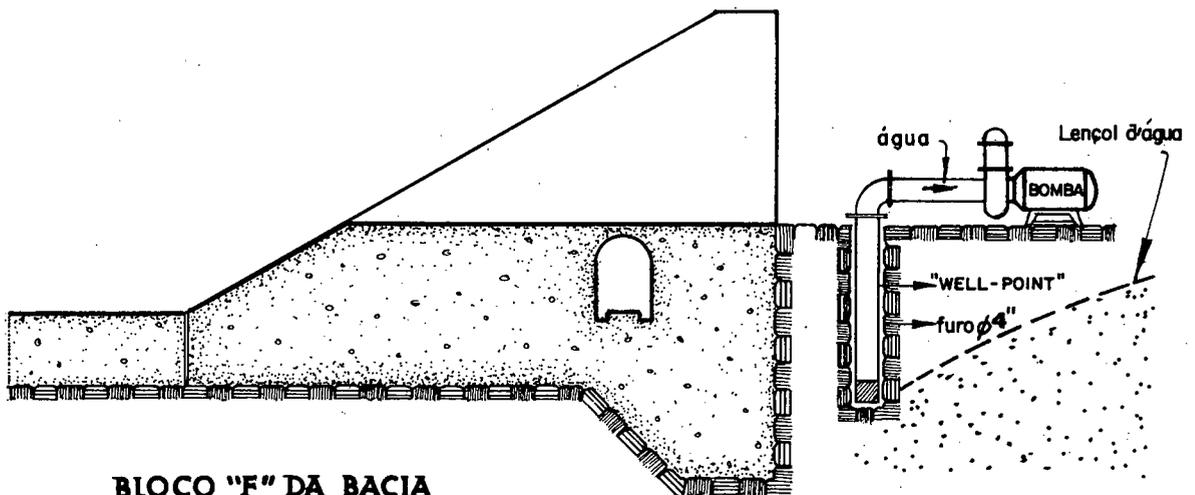
1.4.1.2. Pilares das comportas

Mr. Lewis H. Tuthill recomendou o uso de painéis de madeira nas dimensões que se desejar, bastante reforçados para a reutilização, lembrando, porém, ser imprescindível que seja dada atenção especial aos detalhes no topo do painel (sarrafos horizontais), para que as juntas fiquem perfeitas, dispensando reparos que prejudicariam o aspecto do pilar.

A altura das camadas poderia ser modificada a critério da Obra, uma vez que haveria dissipação lateral do calor de hidratação. Afirmou também que seria viável a utilização de formas deslizantes, desde que utilizada uma estrutura de suporte da armação, embutidos e cabos de protensão, com a altura necessária até o topo do pilar.

1.4.1.3. Bloco "F" da bacia de dissipação.

Para a execução do bloco "F", deveria ser utilizado o sistema "well-point" para interceptação da água de infiltração na rocha, até que o bloco ultrapassasse a cota desta.



BLOCO "F" DA BACIA

1.4.2. CASA DE FORÇA

1.4.2.1. Concretagem do Caracol

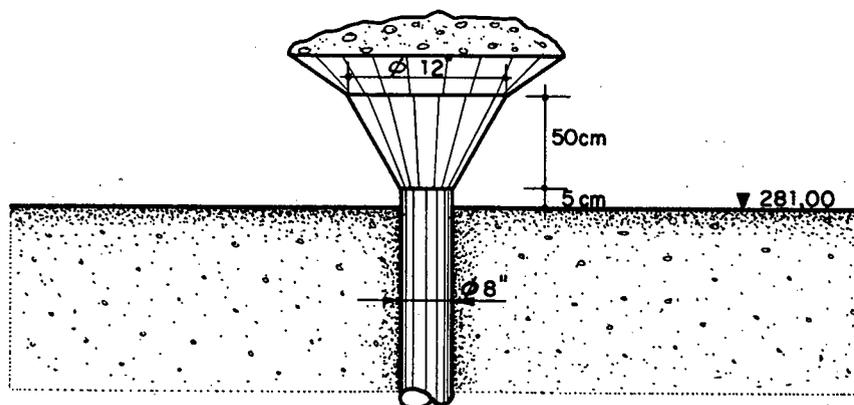
Foi apresentado a Mr. Lewis H. Tuthill o esquema definido pela Obra para o envolvimento do Caracol.

Foram aprovados com as seguintes observações:

- a) os tubos para concretagem da camada 10 poderiam ter o diâmetro de 8";
- b) o concreto para essa concretagem deveria ter o seguinte traço:  
diâmetro máximo ..... = 19 mm

- areia ..... = 50%  
 cimento ..... = 350 kg/m<sup>3</sup>  
 "slump"..... = 15 a 20 cm

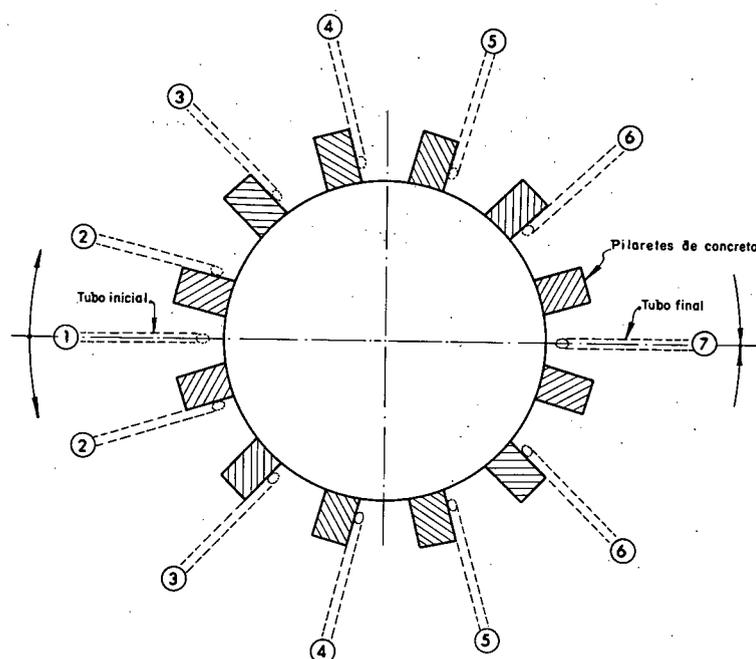
- c) não seria necessário o uso de expansor;  
 d) a argamassa de injeção do pré-distribuidor deve ter a proporção de 1:50 de pó de alumínio e pozolana;  
 e) os tubos de concretagem da camada 10 devem ter, no topo, um aumento de diâmetro para dar uma velocidade inicial ao concreto, evitando assim a segregação;



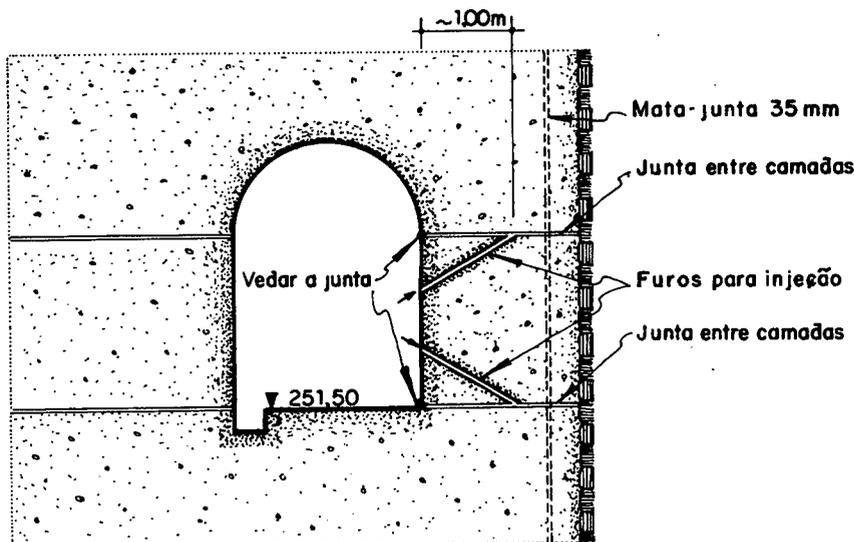
- f) deve-se escolher o tubo por onde se iniciará a concretagem. O concreto sob o pré-distribuidor irá caminhar, a partir do tubo, nos dois sentidos. Os dois tubos subseqüentes deverão ficar encostados aos pilares de apoio, para evitar falhas junto às faces de jusante com relação ao fluxo do concreto.

A concretagem em cada tubo deverá ser iniciada quando, através de observação visual pelos respiros, o concreto do tubo anterior estiver aflorando no respiro.

Não se deve interromper a concretagem através de um tubo enquanto ele continuar admitindo concreto, mesmo que um ou mais tubos subseqüentes já estejam em operação de lançamento.



- 1.4.2.2. *Galeria de jusante na cota 251,50*  
*Com referência ao serviço de injeção das juntas que estão vazando, Mr. Lewis H. Tuthill sugeriu:*  
a) *a perfuração das juntas não precisaria ir até a rocha, pois o essencial é que a junta seja bem injetada, e não o contato com a rocha;*



- b) *deve-se utilizar misturador mecânico pois o manual não é eficiente. A finura da calda é função da energia aplicada à mistura;*  
c) *a bomba de injeção também deve ser mecânica.*

#### 1.4.3. TOMADA D'ÁGUA

##### 1.4.3.1. Injeções das blindagens

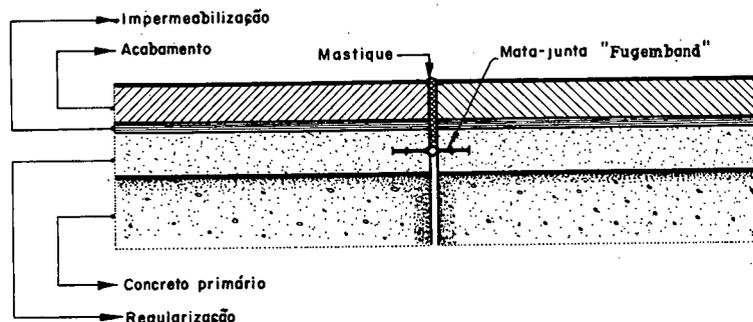
*O Consultor Mr. Lewis H. Tuthill acha que o mapeamento de zonas falhas através de percussão é enganador, devendo-se basear nas condições de lançamento, pontos de difícil acesso para concreto, densidade de armação, acesso para vibradores, etc. Enfim, o bom senso é que deve orientar na escolha das áreas a serem injetadas e dos furos a serem deixados.*

##### 1.4.3.2. Impermeabilização da cota 292,00

*Para vedação da camada impermeabilizante (mástique) junto aos trilhos, Mr. Lewis H. Tuthill indica pinturas "primer" especiais para aderência entre aço e "mástique".  
O fornecedor de "mástique" deverá indicar o tipo de "primer" mais adequado.*

##### 1.4.3.3. Vedação entre juntas na cota 292,00

*O mais aconselhável é utilizar "Fugemband".*



**1.4.4. SUBESTAÇÃO DE 460 kV**

**1.4.4.1. Juntas de retração nos pórticos**

*Examinando as medições das deformações efetuadas em um pórtico da subestação, Mr. Lewis H. Tuthill acredita que não há evidência de retração após o 7.º dia, levando-se em conta o clima úmido no local. Portanto, a execução do concreto da junta poderá ser feita após uma semana.*

**1.4.5. UTILIZAÇÃO DE BOMBAS PARA CONCRETO**

*Usar traços que a bomba possa bombear com facilidade. Há dificuldades em movimentar a ponta da tubulação para atender a todas as frentes de lançamento.*

*Evitar paradas na alimentação para que não haja entupimentos ou prejuízo no rendimento da bomba.*

*Utilizar de preferência concreto gelado.*

*Usar a bomba somente em locais onde outro processo não seja viável.*

*Em lançamentos de grandes dimensões é preferível mudar a bomba do que aumentar demasiadamente a tubulação.*

*A principal aplicação de bombas é em túneis.*

*Em outras estruturas sempre há processos melhores, devendo-se utilizar as bombas somente em casos especiais.*

*A bomba Whiteman poderá ser utilizada, juntamente com a lança ("boom"), na execução de pilares de pontes. Se os pilares estiverem sendo feitos com formas deslizantes, deve-se utilizar "slump" entre 7 e 10.*

**1.4.6. OBSERVAÇÕES GERAIS**

**1.4.6.1. Retirada do agregado graúdo**

*O Consultor Mr. Lewis H. Tuthill achou correto a retirada do agregado graúdo que fica acumulado na cabeça da subcamada, sendo lançado sobre o concreto.*

**1.4.6.2. Vibração da subcamada**

*A primeira subcamada deve ser bem vibrada, sendo desnecessário interromper o lançamento para jogar argamassa, desde que se perca alguns minutos a mais na vibração.*

**1.4.6.3. Lançamento da subcamada**

*O lançamento da primeira subcamada deve ser feito sobre concreto saturado superfície seca.*

*Observou que atualmente a superfície está molhada, sendo que a mesma após o jato de ar comprimido, permanece brilhante.*

**1.4.6.4. Limpeza do bloco**

*Observou também o consultor que o pessoal de limpeza deve completar totalmente a limpeza do bloco, mantendo maior distância do lançamento para que possa sair mais cedo para outro bloco.*

**1.4.6.5. Manchas brancas**

*Manchas brancas na superfície da camada devem ser removidas em todas as estruturas da obra, segundo critério único.*

**1.4.6.6. Esquema de corte das juntas com espingarda de alta pressão.**

| Dias   | Atividades   |
|--------|--|
| 1      | lançamento   |
| 6 a 19 | corte da superfície com 6000 p.s.i.  |
| 7 a 21 | remoção da película branca e outras impurezas, com 6000 p.s.i., o suficiente à frente do lançamento, para que o concreto fique "saturado-superfície seca" (questão de horas, não dias) |

**1.4.6.7. Reparos nas estruturas**

Dada a boa qualidade do concreto da obra, Mr. Lewis H. Tuthill julgou excessivo o número de reparos nas estruturas. Muitos reparos desnecessários foram feitos, e o rompimento foi excessivo, criando estruturas com diversos tipos de colorações de concreto. O ponto fundamental para evitar este fato é a execução de painéis de boa qualidade, atenção na vedação e no aperto dos tirantes, além do sarrafo horizontal.

A fixação deve ser cuidadosa, e o reaperto dos tirantes durante a concretagem não deve ser esquecido. Os reparos devem ser feitos com argamassa da mesma coloração do concreto, até 2 dias após a desforma da camada, para serem curados junto com esta, para ficarem com o mesmo aspecto final.

**Recomendações:**

- a) providenciar imediatamente a melhoria na aparência dos reparos, em todos os locais;
- b) selecionar os melhores homens para os reparos e acabamentos visíveis à visita pública;
- c) usar a desempenadeira de madeira ao invés de colher de pedreiro. Pode-se usar também esmeril manual;
- d) tratar a menor área possível, não mais;
- e) às vezes, esfregar o reparo com um pano dá melhor aparência;
- f) usar esmeril ou desempenadeira de madeira para esfregar em pequenas porções de argamassa em áreas rugosas, não mais;
- g) fazer um mostruário de tipos de concreto, na forma de pequenos painéis numerados com a descrição do traço.

**1.4.6.8. Assuntos com o Laboratório de Concreto.**

O Consultor Mr. Lewis H. Tuthill visitou novamente a câmara úmida do Laboratório de Concreto e constatou que as condições por ele apontadas no primeiro dia de sua visita foram melhoradas. Mr. Tuthill acredita que, para o concreto de massa, seja possível atingir um consumo mínimo de 90 kg de cimento + pozolana por m<sup>3</sup>, dependendo do comportamento desse concreto no lançamento, e desde que sejam satisfeitas as especificações do Projetista (concreto de massa interior, não de paramentos ou soleiras).

**1.5. QUINTA VISITA — DE 10/07/74 A 11/07/74**

**1.5.1. RECOMENDAÇÕES PARA REPARO NA BACIA DE DISSIPAÇÃO (VIDE RELATÓRIO "REPAROS EFETUADOS NO VERTEDOIRO DE SUPERFÍCIE").**

- 1.5.1.1. *Para condições a seco, restituindo a superfície na cota original:*
- a) *para áreas com profundidade maior do que 15 cm, tratar a superfície com jato de água ou areia e concretar com uma boa vibração, como se fosse junta horizontal de concretagem na barragem. Não há necessidade de armar ou ancorar o reparo;*
  - b) *as áreas com profundidade menor do que 15 cm não precisam ser reparadas;*
  - c) *o concreto do reparo deve ser aplicado sobre superfície saturada seca (superfície sem brilho devido à umidade);*
  - d) *o acabamento da superfície deve ser feito com desempenadeira de madeira (não necessariamente de aço) e sem grandes rigores de cota;*
  - e) *colocar o concreto por métodos normais com agregados de diâmetro máximo compatível com a espessura do reparo, porém não maior do que 38mm;*
  - f) *curar o concreto mantendo um lençol de água sobre ele até submersão definitiva. Em superfícies horizontais manter uma lâmina de água constante fazendo-se, por exemplo, uma ensecadeira e em superfícies inclinadas manter um lençol de juta constantemente irrigado.*
  - g) *especificações para o concreto de reparo:*
    - *Relação A/C = 0,40 ou menor*
    - *Diâmetro máximo do agregado - 38 mm*
    - *"Slump" - 5 a 8 cm*
    - *Sem incorporador de ar*
    - *15% de pozolana em peso de cimento (para controle AA).*
- 1.5.1.2. *Para condições a seco, elevando em 1 metro a cota original da bacia de dissipação conforme recomendação da Sogreah:*
- a) *limpar e preparar a superfície idêntica à limpeza obtida por jato de areia;*
  - b) *levantar as juntas atuais na mesma posição;*
  - c) *lançar e vibrar o concreto a partir da junta horizontal e acima desta junta, da mesma forma procedida na concretagem da barragem;*
  - d) *curar com água até que a bacia seja inundada novamente.*
  - e) *concreto — usar o mesmo traço aplicado na face da soleira do vertedouro, ou seja, o traço 76 AT-72;*
  - f) *fazer as juntas das placas niveladas, eliminando-se, neste reparo, a diferença de nível entre as suas superfícies acabadas, conforme indicado no projeto horizontal (detalhe 229A no DES: THC-Ao-0107-R3).*
- 1.5.1.3. *Para condições da bacia de dissipação inundada:*
- a) *remover todo material solto, especialmente rochas, cascalhos e barras de aços soltas;*
  - b) *remover qualquer lama ou areia nos buracos e outras depressões com jatos de água a alta pressão.*
  - c) *o lançamento pelo sistema "Tremie" envolve sérios problemas na massa inicial de concreto que emerge da caçamba ou do tubo que pode misturar-se com a água. Numa superfície irregular, a descarga da caçamba pode misturar muito o concreto com a água. A extremidade do tubo "Tremie" tem a vantagem de chegar próximo ao fundo, mas as quantidades de concreto necessárias são tão pequenas que a operação da*

comporta deverá ser feita pelo mergulhador, talvez colocado imediatamente acima do ponto de lançamento do tubo. Se tais lançamentos puderam ser realizados sem maiores perturbações, a ponta do tubo poderá, então, ser mantida afogada no concreto e movida lentamente de maneira a preencher os buracos e pequenas cavidades. Em todos os casos, o início do lançamento deve ser no ponto mais profundo da cavidade. Os preenchimentos não devem ultrapassar os níveis da superfície acabada (não formar protuberâncias);

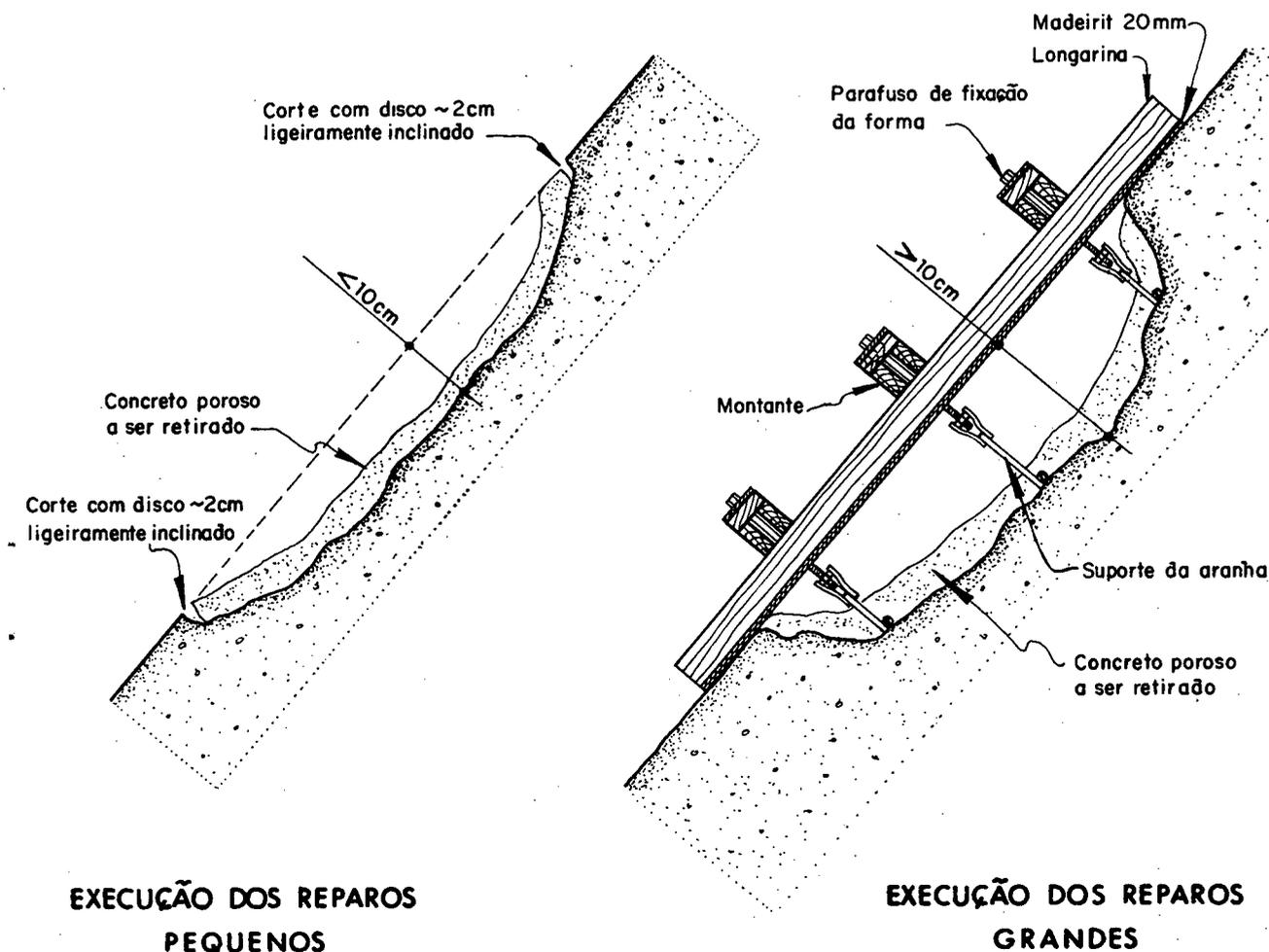
d) Utilizar o mesmo concreto anteriormente usado em concretagem subaquática, poderá ser usado o traço 19 ES 83 ou similar.

### 1.5.2. RECOMENDAÇÕES PARA REPARO NA SOLEIRA DO VERTEDOURO, JUNTO AO DENTE DE DISSIPÇÃO

Como norma geral adotar os critérios mencionados no "Concrete Manual" — capítulo de reparos, página 417.

#### 1.5.2.1. Corte com disco

Deve ser observado que o corte com disco contornando o rompimento deve ser inclinado. Nos casos de reparos pequenos fazer o chanfro inclinado em alguns lugares somente para ajudar a fixação do reparo.



#### 1.5.2.2. Colagem com "Epoxi"

Para reparos grandes não há necessidade de colagem de "epoxi"; nos reparos pequenos usar "epoxi" apenas para colagem, seguindo instruções do fabricante.

- 1.5.2.3. *Concretagem e Acabamento*  
*Nos reparos grandes concretar sobre superfície saturada. A concretagem e o acabamento devem ser feitos de baixo para cima.*
- 1.5.2.4. *Especificação para o concreto*  
*Nos reparos pequenos será usada argamassa sobre colagem. Na especificação para o concreto, Mr. Lewis H. Tuthill recomenda um "slump" de 6 cm (V. topo da página 431 do Manual).*
- 1.5.2.5. *Reparos nos furos dos parafusos*  
*O Consultor Mr. Lewis H. Tuthill não acha necessário reparar os furos dos parafusos da fixação de forma. Nos casos onde a Obra julgar necessário, adotar a recomendação da página 425 — item A do Manual.*
- 1.5.2.6. *Cura dos reparos*  
*O reparo deverá ser coberto com diversas peças de juta, mantidas úmidas (exemplo: abrindo ligeiramente a comporta). A cura deverá ser prolongada o tempo necessário para que, com a abertura da comporta, ocorra o mínimo de estrago no reparo recém-executado. O tempo ótimo de cura deverá ser determinado, portanto, experimentalmente.*

***ESPECIFICAÇÃO***  
***FEITA PELA***  
***PROJETISTA THEMAG***

## 2. ESPECIFICAÇÃO FEITA PELA PROJETISTA THEMAG

### 2.1. OBJETIVO E GENERALIDADES

#### 2.1.1. PROPRIEDADES E QUALIDADES DOS MATERIAIS COMPONENTES DO CONCRETO

*Esta especificação trata das propriedades e qualidades dos materiais componentes do concreto, das características que o mesmo deverá apresentar na fase plástica e após o seu endurecimento, bem como do seu manuseio e tratamento. Estas características são as mínimas necessárias para se atingir os requisitos de trabalhabilidade e posteriormente de resistência, permeabilidade e durabilidade do concreto lançado nas estruturas do projeto.*

#### 2.1.2. ATRIBUIÇÕES DOS CONSULTORES, PROJETISTAS, EMPREITEIROS E DA FISCALIZAÇÃO DA OBRA

*Esta especificação diz ainda respeito às atribuições dos Consultores, Projetistas, Empreiteiros e da Fiscalização da obra e do projeto no que tange à obtenção de concretos de boa qualidade e econômicos.*

##### 2.1.2.1. Consultores

*Entende-se por Consultores aqueles a quem estão atribuídos o estudo, a supervisão e a solução dos problemas específicos de concreto.*

##### 2.1.2.2. Projetistas

*Entende-se por Projetistas aqueles que são autores e responsáveis pelo Projeto do Aproveitamento.*

##### 2.1.2.3. Empreiteiros

*Entende-se por Empreiteiros aqueles a quem foi adjudicada a construção.*

##### 2.1.2.4. Fiscalização

*Entende-se por Fiscalização o organismo que representa o proprietário da obra, no que se refere ao desenvolvimento do projeto e execução dos trabalhos de campo, de ensaios tecnológicos e de controle, tanto do concreto como de seus componentes.*

#### 2.1.3. COMPOSIÇÃO DA FISCALIZAÇÃO

*A Fiscalização, assim, será composta de inspeção de Campo e de Laboratório de Concreto. Este último será equipado e operado por pessoal habilitado e especializado em tecnologia de concreto. O Laboratório providenciará toda assistência técnica necessária para assegurar o emprego de um concreto correspondente às exigências especificadas, exercendo, entre outras, as seguintes atividades:*

- a) Realizar todos os ensaios de Laboratório e de Campo necessários para determinar as propriedades dos materiais previstos para o concreto;*
- b) Determinar, através de traços experimentais, os traços-dosagens definitivos de vários tipos de concreto, com a finalidade de assegurar o emprego econômico dos materiais, na base das presentes especificações e das exigências do projeto;*
- c) Determinar as normas e os procedimentos a serem seguidos para o resfriamento do concreto e eventuais outras medidas para reduzir a temperatura de hidratação e/ou seus efeitos negativos, bem como os processos de tratamento de juntas de concretagem e da cura a serem adotados;*
- d) Executar, durante todo o período de construção, os ensaios de rotina, para controlar a qualidade uniforme do concreto e de seus componentes e a correspondência do concreto empregado na obra com as propriedades do material determinadas nos desenhos e pelas presentes Especificações;*

- e) *Determinar modificações de traço, de acordo com as necessidades de execução da obra, sempre na base desta Especificação e do Projeto;*
- f) *Manter um diário, constando nele as anotações contínuas dos ensaios realizados e organizar e supervisionar a manutenção de relatórios diários relativos a todos os lançamentos de concreto na obra. Estes relatórios deverão conter, no mínimo, as seguintes informações:*
- *Estrutura concretada (ou parte da mesma)*
  - *Elevação (cota)*
  - *Hora do início e fim da concretagem*
  - *Traço ou traços empregados*
  - *Volume de cada traço lançado*
  - *Número e marcação dos corpos de prova feitos durante o lançamento*
  - *Temperatura de ar, cimento, agregados, concreto e água de amassamento, quando resfriada*
  - *Umidade relativa do ar e condições meteorológicas durante o lançamento*
  - *Eventuais interrupções da concretagem e anotações sobre outras irregularidades; por exemplo, mudança de traço, instruções especiais, etc.*

- 2.1.4. **PROCEDIMENTO PARA MODIFICAÇÃO DESTA ESPECIFICAÇÃO**  
*Os requisitos, os métodos e os procedimentos relacionados nesta Especificação poderão ser modificados em face dos resultados de ensaios e/ou práticas que se demonstrarem ser econômica e tecnicamente perfeitos, no decorrer dos trabalhos. Tais modificações, porém, deverão ser aprovadas em cada caso particular pela Fiscalização e pelos Projetistas.*

## **2.2. COMPOSIÇÃO DO CONCRETO E CONTROLE DE SUA QUALIDADE**

### **2.2.1. COMPOSIÇÃO DO CONCRETO**

*Todo concreto deverá ser composto dos seguintes materiais:*

- a) *Aglomerantes*
- b) *Agregados*
- c) *Água de amassamento*
- d) *Aditivos.*

*Estes componentes intimamente misturados entre si, em proporções definidas, deverão formar uma massa homogênea, de uma consistência adequada e que não apresente segregação durante as fases de preparo, armazenamento ou transporte até o local de aplicação. Estes requisitos serão definidos nos itens 2.4., 2.5 e 2.6. O concreto, após seu endurecimento, quando for maciço ou estrutural maciço, deverá ter uma densidade não inferior a 2,50 t/m<sup>3</sup> (ver item 2.2.9.1.).*

### **2.2.2. TRABALHABILIDADE DO CONCRETO**

*O concreto deverá apresentar, no local de seu lançamento, uma trabalhabilidade suficiente para assegurar sua colocação correta nas várias estruturas específicas do projeto e, de acordo com o processo escolhido, permitindo seu adensamento por meio de vibração. Portanto, o volume de água de amassamento deverá ser o mínimo possível, a fim de reduzir a exsudação ("bleeding"), durante e logo após a vibração do concreto. A trabalhabilidade será medida pela consistência e será determinada por meio do ensaio de abatimento do cone ("Slump test"). A tabela seguinte contém os valores recomendados para o "slump", ar incorporado e "bleeding" em função dos diâmetros máximos dos agregados usados.*

*A escolha do tipo de aditivos ficará ao critério do Laboratório de Concreto, uma vez demonstrada e recomendada a conveniência do seu emprego para*

melhorar o concreto quanto à exsudação, consistência e impermeabilidade. A fim de diminuir o teor de cimento, no concreto, e de reduzir a sua reação alcalina, está prevista a adição de Pozolana, que está sendo preparada e dosada no obra, segundo as instruções do Laboratório de Concreto.

**TABELA N.º 1 — ENSAIOS DE CONSISTÊNCIA, AR INCORPORADO E EXSUDAÇÃO**

| Diâmetro máx. do agregado<br>Concreto Integral |       | Consistência<br>"Slump" | Ar<br>Incorporado | Exsudação<br>"Bleeding" |
|--|-------|-------------------------|-------------------|-------------------------|
| mm   | pol.  | cm                      | (% máx.)          | (% máx.)                |
| 152  | 6     | 4,0 — 4,5               | 6                 | 5                       |
| 76   | 3     | 4,5 — 5,0               | 5                 | 5                       |
| 38   | 1 1/2 | 5,0 — 5,5               | 4                 | 5                       |
| 19   | 3/4   | 5,5 — 6,0               | —                 | 5                       |

**NOTA:** Os Ensaio de Consistência, Ar Incorporado e Exsudação serão realizados com amostras de concreto peneirado na malha de 1 1/2" (38 mm).

**2.2.3. REQUISITOS QUANTO AO EMPREGO DO DIÂMETRO MÁXIMO DOS AGREGADOS ( Ø MÁX.)**

Os concretos quanto ao diâmetro máximo — máx. serão de 4 tipos:

Concreto 152 contendo agreg. c/ máx. Ø ≤ 152 mm

Concreto 76 contendo agreg. c/ máx. Ø ≤ 76 mm

Concreto 38 contendo agreg. c/ máx. Ø ≤ 38 mm

Concreto 19 contendo agreg. c/ máx. Ø ≤ 19 mm

A escolha de um destes concretos, para um lançamento em particular, basear-se-á no fato que o mesmo possa ser bem adensado e não apresente uma segregação dos materiais devido às armaduras existentes, permitindo ainda a realização de acabamentos especificados.

A tabela seguinte servirá de orientação geral para a escolha do valor do Ø máx. do agregado, salvo em casos onde houver uma exigência clara relativa ao emprego de Ø máx. por parte de Projetistas e que deverá constar dos desenhos executivos.

Esta tabela tem caráter orientativo e deverá ser adaptada a cada caso em particular.

O diâmetro máximo será:

1) ≤ 1/5 da menor dimensão em planta da forma;

2) ≤ 3/4 do espaçamento entre barras da armadura.

**TABELA N.º 2 — VALORES ORIENTATIVOS PARA ESCOLHA DO DIÂMETRO MÁXIMO DOS AGREGADOS**

| DIMENSÃO<br>MÍNIMA DA<br>ESTRUTURA<br>(cm) | DIÂMETRO MÁXIMO DO AGREGADO (mm)         |   |                                |  |
|--|--|---|--------------------------------|--|
|  | PAREDES,<br>VIGAS,<br>PILARES<br>ARMADOS | PAREDES<br>SEM ARM.<br>E CONCRETO<br>MACIÇO | LAJES<br>FORTEMENTE<br>ARMADAS | LAJES<br>FRACAMENTE<br>ARMADAS<br>OU SEM<br>ARM. E<br>CONCR.<br>MACIÇO |
| 6 — 15                                     | 9,5 — 19                                 | 19  | 9,5 — 19                       | 19 — 38  |
| 15 — 30                                    | 19 — 38                                  | 38  | 38                             | 38 — 76  |
| 30 — 75                                    | 38 — 76                                  | 76  | 38 — 76                        | 76   |
| ≥ 75                                       | 38 — 76                                  | 152   | 38 — 76                        | 76 — 152   |

**NOTA:** Onde o acabamento for do tipo "régua deslizante" o diâmetro máxima será limitado a 76 mm.

**2.2.4. REQUISITOS QUANTO À QUALIDADE (DURABILIDADE) DO CONCRETO EM VISITA DO DESGASTE POR ABRASÃO E INTEMPERISMO**

Entende-se por durabilidade do concreto a resistência que a superfície do mesmo deverá oferecer nos seguintes casos:

- a) Abrasão de água em escoamento com várias velocidades;
- b) Oscilações cíclicas do nível d'água;
- c) Saturação intermitente ou parcial;
- d) Ação de intemperismo;
- e) Submersão ou saturação completa;
- f) Ação química da água.

Os concretos que deverão resistir às solicitações acima descritas, isoladamente ou alternadamente, serão agrupados em 5 classes, cada uma caracterizada por uma faixa de variação do fator água-cimento equivalente. Entende-se por fator água-cimento equivalente o quociente do peso d'água de amassamento mais a conduzida pelo agregado graúdo e/ou miúdo, pelo peso do aglomerante, supondo todo o volume sólido do mesmo ocupado pelo cimento.

**TABELA N.º 3 — GRAU DE EXPOSIÇÃO DE SUPERFÍCIES — REQUISITOS**

| CLASSE | REGIÕES   | A/Ceq. |
|--------|---|--------|
| A      | Superfície sujeita a escoamento d'água com veloc. > 12 m/s                | ≤ 0,45 |
| B      | Superfície sujeita a escoamento d'água com velocidade entre 4 e 12 m/s    | ≤ 0,55 |
| C      | Sujeita a escoamento d'água inferior a 4 m/s e oscilações de nível d'água | ≤ 0,65 |
| D      | Sujeito às intempéries, não sujeitas a escoamento e submersas             | ≤ 0,75 |
| E      | Interiores, núcleos e de enchimento                                       | ≤ 0,90 |

Em superfícies de escoamento, conforme relacionadas acima, a espessura do concreto deverá ter no mínimo 0,5 m, quando não indicado nos desenhos executivos.

Não será permitida a passagem de água em velocidade nos concretos antes que os mesmos atinjam as propriedades características mínimas.

#### 2.2.5. REQUISITOS QUANTO AO GRAU DE IMPERMEABILIDADE

De acordo com as hipóteses do projeto, serão assinalados nos desenhos executivos os locais onde será aplicado um concreto de maior ou menor grau de impermeabilidade.

Assim, do ponto de vista de impermeabilidade, distinguir-se-ão dois tipos de concreto.

**TABELA N.º 4 — GRAU DE IMPERMEABILIDADE DO CONCRETO — REQUISITOS**

| Tipo do Concreto | Idade Mínima (dias) | K (cm/seg)  | Observação                       |
|------------------|---------------------|-------------|----------------------------------|
| $\alpha$         | 180                 | $\leq 10^9$ | Com requisitos de permeabilidade |
| $\beta$          | 180                 | $\geq 10^9$ | Sem requisitos de permeabilidade |
| Demais           | 180                 | $> 10^7$    | Exceto poroso                    |

O concreto  $\alpha$  com alto grau de impermeabilidade será aplicado nas estruturas cujas faces ficarão em contato permanente com água e sujeitas a gradientes hidráulicos apreciáveis (constantes ou variáveis).

O concreto  $\beta$  com baixo grau de impermeabilidade será aplicado nas faces ou nos interiores de estruturas permanentemente submersas ou não, e sem gradientes hidráulicos apreciáveis.

Para os concretos  $\alpha$ , a espessura mínima a partir da face considerada será de 2,00 metros.

#### 2.2.6. REQUISITOS QUANTO A RESISTÊNCIA MÍNIMA À RUPTURA

Todo concreto aplicado em estruturas esbeltas ou de grandes dimensões e independentes das hipóteses de cálculo adotadas, deverá satisfazer à seguinte relação:

$$\sigma_{RK} = \sigma_{CK} (1-tv) \text{ onde}$$

$\sigma_{RK}$  = tensão mínima de ruptura de R% das amostras constituídas por corpos de prova cilíndricos de dimensões  $\phi a \times b$  (onde  $b = 2a$ ) e com agregado de diâmetro máximo = c, com idade de K dias sob carregamento "contínuo máximo".

$\sigma_{CK}$  = tensão média de ruptura de R% das amostras constituídas por corpos de prova cilíndricos de dimensões  $\phi a \times b$  (onde  $b = 2a$ ) e com agregados de diâmetro máximo = c, com idade de K dias sob o carregamento "contínuo máximo".

A definição do carregamento "contínuo máximo" é assim definido no anexo 1, parâmetros q, p, t e v.

q = Fator tamanho do agregado, capta as influências do estado de tensão, (influência do estado de tensão) item d.

p = Fator velocidade do carregamento, capta as influências especificadas nos

itens a, b, e.

t = Confiança para universo de 30 amostras.

v = Coeficiente de variação.

**TABELA N.º 5 — PARÂMETROS ADOTADOS NO CONTROLE DO CONCRETO**

| DESCRIÇÃO DOS VALORES                                     |      | DIÂMETRO MÁXIMO |                      |                      |              |
|---|------|-----------------|----------------------|----------------------|--------------|
|   |      | 3/4"<br>19 mm   | 1 1/2"<br>38 mm      | 3"<br>76 mm          | 6"<br>152 mm |
| Concreto integral C.P.<br>diâmetro x altura               | cm   | 15 X 30         | 15 X 30              | 25 X 50              | 45 X 90      |
| Concreto peneirado C.P.<br>diâmetro x altura (controle)   | cm   | 15 X 30         | 15 X 30              | 15 X 30              | 15 X 30      |
| Idade do ensaio   | dias | 28              | 28 ou 90             | 28 ou 90             | 90           |
| Fator tamanho do agregado<br><i>q.</i>                    | —    | 1,00            | 1,00                 | 1,10                 | 1,18         |
| Fator velocidade do carregamento<br><i>p.</i>             | —    | 1,00            | 1,00<br>ou 1,14      | 1,00<br>ou 1,14      | 1,14         |
| Porcentagem de C.P. acima<br>da tensão mínima<br><i>R</i> | %    | 95              | 95<br>ou 90          | 90<br>ou 80          | 80           |
| Confiança <i>t</i> — para universo<br>≤ 30 amostras       | —    | 1,697           | 1,697<br>ou<br>1,310 | 1,310<br>ou<br>0,854 | 0,854        |
| Coeficiente de variação — <i>v</i><br>Máx. admitido       | %    | 15              | 15                   | 15                   | 15           |

**Notas referentes à tabela n.º 5:**

- Os parâmetros *p* e *q* serão determinados em Laboratório adotando-se provisoriamente os valores constantes desta tabela e que transformam o ensaio ideal (concreto integral e carregamento "contínuo máximo") em ensaio de controle (concreto peneirado e carregamento rápido) em iguais condições de cura e armazenamento dos C.P.
- Considerando o ensaio rápido temos:  
 $\bar{\sigma}_{RK} = p \bar{\sigma}_{RK} = \bar{\sigma}_{CK} (1-tv) = p \bar{\sigma}_{CK} (1-tv)$   
 onde adotamos  $p = 1.14$
- Considerando o ensaio rápido e concreto peneirado temos adotado:  
 Para  $\phi$  máx. 38 mm  $q = 1,00$  e  $p = 1,14$   
 $\bar{\sigma}_{RK} = \bar{\sigma}_{RK} = 1,14 \bar{\sigma}_{RK} = \bar{\sigma}_{CK} (1-tv) = \bar{\sigma}_{CK} (1-tv) = 1,14 \bar{\sigma}_{CK} (1-tv)$   
 Para  $\phi$  máx. 76 mm  $q = 1,10$  e  $p = 1,14$   
 $\bar{\sigma}_{RK} = 1,10 \bar{\sigma}_{RK} = 1,10 \times 1,14 \bar{\sigma}_{RK} = \bar{\sigma}_{CK} (1-tv) = 1,10 \times 1,14 \bar{\sigma}_{CK} (1-tv) = 1,10 \times 1,14 \bar{\sigma}_{CK} (1-tv)$   
 Para  $\phi$  máx. 152 mm  $q = 1,18$  e  $p = 1,14$   $\bar{\sigma}_{RK} = 1,18 \bar{\sigma}_{RK} = 1,18 \times 1,14 \bar{\sigma}_{RK} = 1,18 \bar{\sigma}_{CK} (1-tv) = 1,18 \times 1,14 \bar{\sigma}_{CK} (1-tv)$
- Será assinalado nos desenhos executivos o valor de  $\bar{\sigma}_{RK}$ .
- Serão utilizados no controle os valores de  $\bar{\sigma}_{CK}$  e  $\bar{\sigma}_{RK}$ , sendo este último o valor de dosagem obtido no Laboratório de Concreto.
- Conforme a esbeltez da estrutura, serão empregados diâmetros máximos diferentes (conforme a Tab. n.º 2), valendo como orientação geral a seguinte recomendação:

|                               |               |
|-------------------------------|---------------|
| Concretos Estruturais         | Ø 19 e 38 mm  |
| Concretos Maciços Estruturais | Ø 38 e 76 mm  |
| Concretos Maciços             | Ø 76 e 152 mm |

### 2.2.7. REQUISITOS QUANTO ÀS PROPRIEDADES TÉRMICAS DO CONCRETO.

O concreto deverá receber tratamento térmico apropriado para não ser solicitado além dos seus limites de resistência, durante seu histórico de desenvolvimento térmico.

As medidas consideradas apropriadas deverão se orientar pelas seguintes indicações:

1. Manter nos níveis mínimos possíveis a quantidade e o calor de hidratação final do cimento.
2. O concreto deve ser lançado refrigerado.
3. O agregado deve ser de baixa difusividade, portanto predominantemente basáltico.
4. Deve-se proceder ao isolamento da superfície do lance de concretagem. As temperaturas no meio do lance de concretagem não deverão ultrapassar a 33°C, para concreto com 100 kg/m<sup>3</sup> de cimento equivalente, podendo este limite subir de 1°C para cada 50 kg/m<sup>3</sup> de cimento equivalente a mais no traço.

Para isolamento da superfície do lance de concretagem com material de no máximo 2,3 kcal/h.m<sup>2</sup>.°C, deverá se adotar, para concreto com 100 kg/m<sup>3</sup> de cimento equivalente um tempo de cobertura de 3,5 dias, devendo se reduzir este tempo de 0,5 dia para cada 50 kg/m<sup>3</sup> de cimento equivalente a mais no traço.

### 2.2.8. NOMENCLATURA DOS TRAÇOS

Os concretos terão as seguintes nomenclaturas representadas pelos símbolos alfa-numéricos compostos como segue:

$\alpha$ ,  $\beta$ , — Caracterizarão o grau de impermeabilidade

152, 76, 38 e 19

Caracterizarão o diâmetro máximo do agregado

A, B, C, D, E

Caracterizarão o grau de exposição de superfície

A/Ceq: N:M

Caracterizarão o fator água-cimento equivalente do traço e a proporção entre os materiais (em volume)

$\bar{\sigma}_{RK} = 180 \text{ kg/cm}^2$  Caracterizarão a tensão mínima de ruptura de R% de corpos de prova de concreto integral ensaio rápido aos K dias — vide Tab. n.º 5

V (em m<sup>3</sup>)

Caracterizará o volume da betonada

**Exemplo:**

$\alpha$  76 - A 0,45: 1: 15,8  $\bar{\sigma}_{R28} = 180 - 1,5$

Concreto impermeável tipo  $\alpha$

Diâmetro máximo 76 mm

Superfície — grau de exposição — Classe A

Fator água-cimento equivalente 0,45

Proporção entre cimento equivalente e agregado 1:15,8 (em volume sólido)

Tensão mínima de ruptura de 90% de C.P. acima de 180 kg/cm<sup>2</sup> (concreto integral) e ensaio rápido aos 28 dias.

Volume de betonada 1,5 m<sup>3</sup>.

Caberá aos Projetistas assinalar nos desenhos executivos os símbolos e valores indicados nos quadros, sendo que o diâmetro máximo apenas em casos específicos.

Caberá à Fiscalização, através do Laboratório de Concreto, fixar os demais elementos que caracterizem e completem o traço, indicando a proporção dos materiais em peso, a fim de permitir sua pesagem na Central de Concreto.

A relação de traços consistirá de:

**TABELA N.º 6**

| CLASSE | Ø MÁX. 152mm | Ø MÁX. 76mm | Ø MÁX. 38mm | Ø MÁX. 19mm |
|--------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| A      | 152-A-Ti-Vi  | 76-A-Ti-Vi  | 38-A-Ti-Vi  | 19-A-Ti-Vi  |
| B      | 152-B-Ti-Vi  | 76-B-Ti-Vi  | 38-B-Ti-Vi  | 19-B-Ti-Vi  |
| C      | 152-C-Ti-Vi  | 76-C-Ti-Vi  | 38-C-Ti-Vi  | 19-C-Ti-Vi  |
| D      | 152-D-Ti-Vi  | 76-D-Ti-Vi  | 38-D-Ti-Vi  | 19-D-Ti-Vi  |
| E      | 152-E-Ti-Vi  | 76-E-Ti-Vi  | 38-E-Ti-Vi  | 19-E-Ti-Vi  |

Onde *Ti* representa Fator água-cimento equivalente, proporções entre os materiais, tensão mínima de ruptura ( $\bar{\sigma}_{RK}$  ou  $\bar{\sigma}_{RK}$ ).

*Vi* representa o volume da betonada.

### 2.2.9. CONTROLE DO CONCRETO

Deverá ser adotado o seguinte critério para amostragem do Concreto na Central:

- A amostragem será feita por traço e para cada 150 m<sup>3</sup> de concreto lançado.
- Caso o lançamento apresente um volume menor do que 150 m<sup>3</sup>, será feita uma amostragem por traço independente do volume lançado de cada traço.

#### 2.2.9.1. Amostragem

A amostragem consistirá nas seguintes operações:

- Retirada da mistura fresca
- Determinação do "slump"
- Determinação do ar incorporado
- Moldagem de 10 C.P. cilíndricos 15 x 30
- Moldagem de 6 C.P. para testes de permeabilidade por penetração nas idades de 90 e 180 dias.

As operações b) até d) serão executadas com concreto peneirado na malha de 38 mm.

A critério do Laboratório de Concreto, deverão ser moldados corpos de prova de concreto integral. Para diâmetro máximo 76 mm — C.P. 25 x 50 e diâmetro máximo 152 mm — C.P. 45 x 90, a serem rompidos em idades iguais ao do concreto peneirado.

O peso específico será determinado com concreto integral para cada 10.000 m<sup>3</sup> de concreto lançado, a partir dos corpos de prova acima e com a idade de 180 dias.

Os corpos de prova cilíndricos de 15 x 30 serão submetidos aos ensaios de ruptura à compressão axial nas seguintes idades: Concretos maciços e maciços estruturais — 7, 28, 90, 180 e 360 dias.

Concretos estruturais — 3, 7, 28, 90 e 180 dias.

O ensaio a 3 dias será feito somente quando houver uma desforma antecipada.

O número de corpos de prova de cada amostra será de 2 (dois), se o coeficiente de variação geral *V* for no máximo igual a 15%.

Se o *V* for > 15%, o número de corpos de prova de cada amostra deverá ser aumentado para 3, a fim de melhor determinar

a participação do coeficiente de variação dentro do ensaio na variância total do produto. Recomenda-se entretanto na fase de implantação do traço a colher 10 amostras iniciais compostas de 3 corpos de prova cada, para definir o coeficiente de variação dentro do ensaio característico do Laboratório de Concreto que for encarregado do controle.

O coeficiente de variação dentro do ensaio não deverá ser superior a 5% de um modo geral.

Os resultados do controle rotineiro serão apresentados em gráficos que refletem a qualidade do concreto e que serão similares aos propostos pela ACI-214-57 (última edição).

#### 2.2.9.2. Ensaios

Os ensaios, em geral, serão realizados baseando-se em normas cabíveis da ABNT "Materiais para Concreto Armado — Especificações e Métodos de Ensaios" (última edição).

Além dos ensaios especificados pelas normas ABNT, poderão ser realizados e adotados outros ensaios a critério da Fiscalização, dos Consultores e Projetistas. Neste caso as especificações, os métodos e/ou normas adotadas serão descritos nos anexos desta especificação, indicando a sua procedência e origem.

#### 2.2.10. CRITÉRIO DE REJEIÇÃO DO CONCRETO

O concreto poderá sofrer rejeição tanto na fase plástica como após o seu endurecimento.

A rejeição dar-se-á na fase plástica se o concreto apresentar um valor de "slump" maior do que o indicado na tabela n.º 1.

O concreto endurecido será rejeitado se:

- a) O concreto que apresentar  $\underline{q}$  valores consecutivos de média móvel de tensão de ruptura de  $m$  amostras consecutivas abaixo de  $n\%$  da tensão mínima de ruptura especificada será rejeitado e substituído por um concreto que atenda às especificações;
- b) O concreto que apresentar  $\underline{q} - 1$  valores consecutivos da mesma média abaixo de  $n\%$  da tensão mínima de ruptura especificada será considerado questionável e será alvo de ensaios e/ou observações que permitirão conservá-lo ou substituí-lo.

Ver tabela n.º 7 — folha seguinte.

**TABELA N.º 7 — LIMITES MÍNIMOS PARA MÉDIAS DE ENSAIOS CONSECUTIVOS**

| NÚMERO DE AMOSTRAS<br>CONSECUTIVAS<br>ENSAIADAS  | VALOR DE $n$ PARA DIVERSOS TIPOS DE<br>CONCRETO  |  |   |
|--|--|--|---|
|  | Estrutural                                       | Maciço<br>Estrutural                           | Maciço  |
| $m =$<br>1<br>2<br>3<br>4<br>5   | 75% de $\bar{f}_{RK}$<br>92<br>100<br>104<br>107 | 70% de $\bar{f}_{RK}$<br>86<br>93<br>97<br>100 | 65% de $\bar{f}_{RK}$<br>80<br>86<br>90<br>92 |
| PROBABILIDADE DE<br>QUALQUER ENSAIO ESTAR<br>ACIMA DE $\bar{f}_{RK}$   | 95%  | 90%  | 80%   |
| $\frac{\lambda}{2} - 1$<br>NÚMERO QUESTIONÁVEL<br>DE ENSAIOS<br>CONSECUTIVOS ABAIXO<br>DE $\bar{f}_{RK}$                 | 1  | 2  | 3   |
| $\frac{\lambda}{2}$<br>NÚMERO DE ENSAIOS<br>CONSECUTIVOS ABAIXO<br>DE $\bar{f}_{RK}$ QUE CONSTITUI<br>O CASO DE REJEIÇÃO | 2  | 3  | 4   |

**NOTA:** Este critério será aplicado para cada traço que for empregado.

### 2.3. CONTROLE DE QUALIDADE DOS MATERIAIS COMPONENTES DO CONCRETO

#### 2.3.1. GENERALIDADES

Todos os materiais para concreto deverão ser submetidos a um rigoroso controle de qualidade. Em se tratando de materiais beneficiados, total ou parcialmente na obra, o Laboratório deverá controlar o produto no próprio local de produção. No caso de materiais provenientes de outras fontes, os mesmos serão submetidos a testes de recepção pelo Laboratório, mesmo que venham acompanhados de certificados, antes de serem liberados para emprego em concreto. Independentemente dos controles anteriores, todos os produtos serão submetidos a uma inspeção final nas centrais de concreto. Em casos de comprovada dúvida sobre a qualidade de qualquer um dos materiais, o Laboratório rejeitará os lotes ou as quantias em questão, liberando-os somente após a realização de ensaios suplementares ou de contraprova, desde que estes acusem resultados aceitáveis em sua totalidade. O Laboratório de Concreto estabelecerá a rotina de amostragem em pontos convenientemente locados podendo, entretanto, alterá-la por solicitação dos Consultores ou Projetistas.

Os materiais que entram na composição do concreto são:

- a) Aglomerantes
- b) Agregados

*c) Água de amassamento (sob forma líquida ou sob forma sólida-escamas de gelo)*

*d) Aditivos diversos*

### 2.3.2. AGLOMERANTES

#### 2.3.2.1. Definição e propriedades

*Os aglomerantes previstos nos concretos serão:*

*a) Cimento Portland comum conforme as normas da ABNT*

*b) Cimento Portland de baixo calor de hidratação*

*c) Pozolana*

*Qualquer cimento mencionado nos itens a) e b) acima, seja de fabricação nacional, seja importado, poderá ser empregado desde que o seu uso resulte em concretos que atendam aos requisitos de trabalhabilidade, resistência, durabilidade e impermeabilidade especificados. As remessas de cimento deverão ser acompanhadas periodicamente por certificados, especificações de fabricação e amostras, durante todo o transcurso de construção da obra. Quando possível, a Fiscalização (Laboratório de Concreto) manterá uma inspeção permanente nas próprias fábricas de cimento. A pozolana será de uso obrigatório em todos os traços que se destinam a concretos maciços ou estruturais-maciços. A dosagem da pozolana em traços será determinada pelo Laboratório de Concreto, ficando seu emprego limitado entre 15% e 40% do volume total de aglomerante.*

*A pozolana usada poderá ser a fabricada em Jupia ou de outra procedência contanto que o seu emprego fique sob o controle permanente do Laboratório de Concreto e seu uso resulte em concretos especificados.*

#### 2.3.2.2. Transporte

*O cimento e/ou pozolana que forem transportados de outras localidades até o canteiro de Obras de Ilha Solteira deverão sê-lo em recipientes fechados e ao completo abrigo de umidade de qualquer espécie.*

#### 2.3.2.3. Armazenamento

*O cimento a granel será armazenado em silos ao abrigo de umidade, de fácil acesso para vistoria e retirada de amostras. Os silos deverão ser esvaziados completamente e limpos em período não excedente a 120 dias, a fim de eliminar cascas que eventualmente fiquem aderidas nas paredes.*

*O cimento ensacado será armazenado em galpões bem ventilados, ao abrigo de umidade, de fácil acesso para vistoria e retirada de amostras, não tendo as pilhas mais de 10 sacos de altura.*

*Os depósitos de cimento (a granel e em sacos) deverão ser operados de tal maneira que sempre se empregue em primeiro lugar o cimento mais estocado, antes do recém-armazenado. Cimento quente não deverá ser usado.*

*O tempo de armazenamento normal não deve ultrapassar 60 dias na obra (silos e central). Havendo dúvidas sobre a idade ou o estado do cimento, este será submetido aos testes de finura, estabilidade volumétrica, pega, resistência à compressão e outros eventualmente, e será empregado somente se lograr aprovação total nos ensaios realizados.*

*O volume do cimento armazenado na obra deverá ser suficiente para permitir a concretagem completa de estruturas*

programadas, evitando interrupções no lançamento por falta de material.

### 2.3.3. AGREGADOS

#### 2.3.3.1. Generalidades

Os agregados serão formados por fragmentos minerais oriundos de rocha sã, de diversos tamanhos. Estes fragmentos podem ser provenientes da desintegração e/ou abrasão natural ou de fraturamento artificial, i.é, britagem das rochas.

As rochas destinadas à produção de agregados devem ser limpas, duráveis, densas, resistentes, inertes e livres de impurezas químicas ou películas de argila que possam prejudicar a aderência da pasta de cimento. Estas substâncias prejudiciais serão denominadas deletérias e os limites para as tolerâncias serão especificados tanto para agregado graúdo como para miúdo. Os agregados devem ser isentos de materiais de contaminação, tais como: siltes, carvão, minerais, humus ou outro tipo de matéria orgânica. As rochas com inclusões significativas de argilo-minerais expansivos devem ser refugadas para produção de agregados. Materiais pulverulentos serão tolerados apenas nas quantidades máximas adiante especificados. O Laboratório deverá verificar a compatibilidade química dos agregados com os demais componentes do concreto.

#### 2.3.3.2. Classificação

Os agregados serão divididos quanto à granulometria e quanto à procedência:

##### **Granulometria:**

a) Agregado miúdo

b) Agregado graúdo

a) Agregado miúdo será considerado a areia natural quartzosa dragada e/ou artificial resultante da britagem de rochas acima descritas. Será considerado agregado miúdo aquele que tiver um diâmetro máximo igual ou inferior a 4,8 mm e superior a 0,074 mm (peneira n.º 200).

b) Agregado graúdo é o pedregulho natural dragado ou a pedra britada resultante da fragmentação de rochas acima caracterizadas de diâmetro máximo superior a 4,8 mm e inferior a 152 mm.

Na designação do tamanho de um agregado, o diâmetro máximo é a abertura de malha em mm da peneira da série normal, a qual corresponde uma porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5%.

##### **Procedência:**

Os agregados quanto à procedência serão divididos em 2 classes:

a) Agregado natural

b) Agregado artificial

a) Agregado natural será procedente de cascalheiras a serem indicadas pelos Laboratório. Este agregado será classificado em miúdo e graúdo. A parte do agregado será subdividida para facilidade de identificação em cascalho 3, 2 e 1, representado pelos símbolos C-3, C-2 e C-1 e tendo, respectivamente, os seguintes diâmetros máximos 3", 1 1/2" e 3/4".

b) Agregado artificial será obtido da britagem do basalto cinza, proveniente das escavações da Ilha Solteira. Este agregado será predominantemente graúdo e que, para

facilidade de identificação, será subdividido em Brita 4, 3, 2 e 1, representadas pelos símbolos B-4, B-3, B-2 e B-1 e tendo, respectivamente, os seguintes diâmetros máximos 6", 3", 1 1/2" e 3/4".

2.3.3.3. **Faixa do agregado miúdo**  
O agregado miúdo deverá situar-se na seguinte faixa, seguindo as especificações da ASTM:

|         |           |       |             |
|---------|-----------|-------|-------------|
| 3/8"    | (9,5 mm)  | 0     |             |
| N.º 4   | (4,8 mm)  | 0-5   |             |
| N.º 8   | (2,4 mm)  | 0-20  |             |
| N.º 16  | (1,2 mm)  | 15-50 | Porcentagem |
| N.º 30  | (0,6 mm)  | 40-75 | acumulada   |
| N.º 50  | (0,3 mm)  | 70-90 | retida      |
| N.º 100 | (0,15 mm) | 90-98 |             |

A curva ideal será fixada dentro da faixa especificada no prazo máximo de 1 mês de funcionamento da central de classificação e lavagem, após o que a variação permitida para mais ou menos em relação à curva ideal será de 3% em qualquer peneira.

O agregado miúdo não deverá ter mais do que 45% retido entre duas peneiras consecutivas quaisquer.

O módulo de finura deverá se situar entre 2,53 e 2,93, não variando mais do que 0,20 em relação à curva de granulometria ideal.

O módulo de finura será a soma das porcentagens retidas acumuladas nas peneiras de n.ºs. 4, 8, 16, 30, 50 e 100, dividida por 100.

A quantidade de substâncias deletérias nos agregados miúdos deverá ser no máximo a seguinte:

| PROPRIEDADES   | % EM PESO TOTAL DA AMOSTRA |
|--|----------------------------|
| Teor de argila em torrões (máximo)                                 | 1                          |
| Material mais fino do que a $\#$ n.º 200 (74 $\mu$ — Pulverulento) |                            |
| — Concreto sujeito a abrasão (máx)                                 | 3                          |
| — Outros concretos (máx)   | 5                          |
| Matéria orgânica 300 p.p.m.  | Método Colorimétrico       |

#### **Impurezas Orgânicas:**

O agregado miúdo deve ser livre de impurezas orgânicas. Os agregados submetidos ao ensaio para impurezas orgânicas e que produzirem uma cor mais escura do que a solução padrão deverão ser rejeitados.

O agregado miúdo, falhando no ensaio acima, poderá ser usado desde que a descoloração seja devida principalmente à presença de carvão ou partículas similares discretas.

O agregado miúdo, falhando no ensaio, pode ser usado desde que, quando ensaiado para avaliação em argamassa, a argamassa desenvolva uma resistência à compressão aos 7 e 28 dias não menor do que 95% daquela desenvolvida por uma argamassa

similar feita com outra porção do mesmo agregado miúdo que tenha sido lavada numa solução de 3% de hidróxido de sódio seguido por um enxaguamento em água. O tratamento com hidróxido de sódio deve reduzir o conteúdo de matéria orgânica do agregado miúdo, de tal modo que, quando a areia lavada for testada no ensaio de impurezas orgânicas, deve mostrar uma cor mais clara do que a padrão.

2.3.3.4.

**Agregado Graúdo**

A granulometria do agregado graúdo será a seguintes:

| PENEIRA      | Porcentagem em peso acumulado retido |             |             |             |
|--------------|--------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
|              | B-4                                  | B-3/C-3     | B-2/C-2     | B-1/C-1     |
|              | 6"-3"                                | 3"-1 1/2"   | 1 1/2"-3/4" | 3/4"-3/16"  |
| 7"           | 0                                    | 0           | 0           | 0           |
| 6"           | 0-10                                 | 0           | 0           | 0           |
| 4"           | 55-80                                | 0           | 0           | 0           |
| 3"           | 85-100                               | 0-10        | 0           | 0           |
| 2"           | 95-100                               | 45-80       | 0           | 0           |
| 1 1/2"       | —                                    | 90-100      | 0-10        | 0           |
| 1"           | —                                    | 95-100      | 55-80       | 0           |
| 1/2"         | —                                    | —           | —           | —           |
| 3/4"         | —                                    | —           | 90-100      | 0-10        |
| 1"           | —                                    | —           | —           | —           |
| 3/8"         | —                                    | —           | 95-100      | 45-70       |
| 3/16"        | —                                    | —           | —           | 95-100      |
| <b>MFi =</b> | <b>9,98</b>                          | <b>9,00</b> | <b>8,00</b> | <b>6,62</b> |

MFi = Módulo de finura médio de cada agregado graúdo.

As quantidades de substâncias deletérias em agregados graúdos não devem exceder os seguintes limites:

Partículas friáveis e argilas em torrões ..... (máx.) 0,25

Partículas moles ..... (máx.) 0,5

Material mais fino do que  $\neq$  n.º 200 (74  $\mu$ )

(Pulverulento) ..... (máx.) 1,0\*

Quando a aparência do concreto é importante ..... (máx.) 0,5

Outros concretos ..... (máx.) 1,0

\* = Em casos de agregados britados, se o material mais fino do que  $\neq$  n.º 200 consistir de pó de fraturas, essencialmente livre de argila ou xisto, esta % poderá ser aumentada para 1,5.

A forma das partículas no agregado graúdo deve ser geralmente esférica ou cúbica. A quantidade de partículas lamelares e alongadas não deve exceder 25% em qualquer grupo de peneiras. O agregado graúdo, ensaiado para abrasão, deve apresentar uma perda não maior do que 40%.

A composição granulométrica da mescla de agregados de procedências diversas será a mais próxima possível daquelas constantes na tabela seguinte — n.º 8.

**TABELA N.º 8 — PORCENTAGEM ACUMULADA RETIDA**

| PENEIRA      | Diâmetro máximo |             |             |             |             |
|--------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|              | 6"              | 5"          | 4"          | 3"          | 2 1/2"      |
| 6"           | 0               | —           | —           | —           | —           |
| 5"           | 10,6            | 0           | —           | —           | —           |
| 4"           | 22,3            | 13,1        | 0           | —           | —           |
| 3"           | 35,6            | 28,0        | 17,1        | 0           | —           |
| 2 1/2"       | 43,1            | 36,3        | 26,7        | 11,6        | 0           |
| 2"           | 51,3            | 45,6        | 37,4        | 24,5        | 14,5        |
| 1 1/2"       | 60,7            | 56,1        | 49,5        | 39,1        | 31,0        |
| 1"           | 71,9            | 68,6        | 63,8        | 56,4        | 50,6        |
| 3/4"         | 78,5            | 76,0        | 72,4        | 66,7        | 62,3        |
| 1/2"         | 86,4            | 84,8        | 82,5        | 78,9        | 76,1        |
| 3/8"         | 91,1            | 90,1        | 88,6        | 86,2        | 84,4        |
| <b>MFm =</b> | <b>8,66</b>     | <b>8,50</b> | <b>8,28</b> | <b>7,92</b> | <b>7,78</b> |

**TABELA N.º 8 — CONTINUAÇÃO.**

| PENEIRA      | Diâmetro máximo |             |             |             |             |
|--------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|              | 2"              | 1 1/2"      | 1"          | 3/4"        | 1/2"        |
| 2"           | 0               | —           | —           | —           | —           |
| 1 1/2"       | 19,3            | 0           | —           | —           | —           |
| 1"           | 42,2            | 28,4        | 0           | —           | —           |
| 3/4"         | 55,9            | 45,3        | 23,6        | 0           | —           |
| 1/2"         | 72,1            | 65,4        | 51,7        | 36,7        | 0           |
| 3/8"         | 81,7            | 77,4        | 68,4        | 58,6        | 34,6        |
| <b>MFm =</b> | <b>7,57</b>     | <b>7,23</b> | <b>6,52</b> | <b>6,59</b> | <b>6,35</b> |

**MFm** = Módulo de Finura médio da mescla do agregado graúdo.

#### 2.3.4. ÁGUA DE AMASSAMENTO

A água potável, de um modo geral, é satisfatória para o fim de preparo do concreto. Portanto, a água a ser empregada deverá ser limpa e isenta de ácidos, óleos, álcalis, sais, siltes, matérias orgânicas ou qualquer outra substância agressiva ao concreto ou que possam ocasionar um retardamento ou uma alteração da pega do cimento. A quantidade de matéria sólida em suspensão será de 2000 p.p.m. Será tolerada a presença de até 0,5% de sulfatos (água dura).

Caso ocorra durante a estação chuvosa uma turbidez excessiva, deverá ser providenciada uma decantação ou filtração da água destinada ao amassamento.

*A água poderá ser adicionada de duas maneiras:*

*a) Como líquido — refrigerado ou não*

*b) Como sólido — gelo em escamas.*

*O volume de escamas individuais deverá ser suficientemente pequeno a ponto de permitir sua fragmentação e rápida mistura acompanhados de liquefação, num tempo igual ou inferior ao tempo de amassamento especificado adiante.*

*A água presente nos agregados deverá ser considerada nas dosagens, devendo portanto ser determinada a umidade dos agregados com frequência a ser estabelecida pelo Laboratório de Concreto.*

### **2.3.5. ADITIVOS**

**2.3.5.1.** *Substâncias empregadas no preparo do concreto.*

*Serão empregadas no preparo do concreto substâncias de ação química, física ou combinada, em dosagens bem definidas, que se caracterizarão pelas seguintes propriedades isoladas, ou concomitantes que atuarão no concreto, produzindo:*

- Incorporação do ar*
- Redução de água de amassamento*
- Retardamento de pega*
- Aceleração de pega*
- Plastificação*
- Densificação*

#### **Impermeabilização**

*Estas propriedades poderão se manifestar na fase plástica ou após o endurecimento do concreto e serão definidas nesta*

*Especificação conforme o aditivo. Os aditivos devem ser de uma marca e qualidade reconhecidas, testados e aprovados pelo Laboratório de Concreto. Os aditivos deverão ser usados consoante as recomendações do seu fabricante.*

*Os aditivos serão dosados mecanicamente em peso e adicionados à água de amassamento, a fim de garantir uma distribuição homogênea pelo traço. O emprego dos aditivos ficará a critério da Fiscalização e conforme as exigências indicadas nos desenhos executivos e nas especificações. No concreto tipo massa, porém, deverá ser empregado um aditivo de incorporação de ar, em caráter obrigatório.*

**2.3.5.2.** *Aditivos considerados nesta especificação.*

*Para finalidade destas especificações serão considerados apenas os seguintes aditivos:*

**a) Incorporador de ar**

*Este aditivo será adicionado ao concreto antes ou durante a mistura somente para fins de incorporar o ar.*

*O efeito do aditivo será avaliado no confronto dos resultados obtidos no "Concreto Teste" com aqueles obtidos no "Concreto Referência". O "Concreto Teste", nesse confronto, deverá satisfazer às seguintes exigências:*

| PROPRIEDADES                                   |   | LIMITES     | OBS.                     |
|--|---|-------------|--------------------------|
| Ar incorporado                                 | % | 6 ± 0,5     | do "Concreto Referência" |
| Resistência à compressão aos 2 e 28 dias (mín) | % | 90          |                          |
| Resistência à flexão aos 2 e 28 dias (mín)     | % | 90          |                          |
| Bleeding (aumento) (máx)                       | % | 2           |                          |
| Tempo de início de pega                        | h | 1:15 h:min. |                          |
| Início e fim (diferença) da pega (máx)         |   |             |                          |

Tanto o "Concreto Teste" como "Referência" terão as seguintes proporções de materiais:

| MATERIAL           | TRAÇO EM PESO  |
|--------------------|--|
| Areia natural      | 2,49   |
| Cascalho 1         | 2,17   |
| Cascalho 2         | 2,17   |
| Cimento Portland   | 1,00   |
| Água               | Necessária para se obter "Slump" = 5 cm ± 0,5                              |
| Incorporador de ar | Necessário para incorporar no concreto "Teste" e de "Referência": 6 ± 0,5% |

A granulometria dos agregados será:

| PENEIRA | PORCENTAGENS RETIDAS INDIVIDUAIS |      |       |
|---------|----------------------------------|------|-------|
|         | C-2                              | C-1  | AREIA |
| 1 1/2"  | 2 1                              | —    | —     |
| 1"      | 63 5                             | —    | —     |
| 3/4"    | 33 3                             | 5 1  | —     |
| 1/2"    | 2 1                              | 33 3 | —     |
| 3/8"    | —                                | 24 2 | —     |
| N.º 4   | —                                | 34 3 | 3 1   |
| 8       | —                                | 4 1  | 10 1  |
| 16      | —                                | —    | 12 1  |
| 30      | —                                | —    | 22 2  |
| 50      | —                                | —    | 38 3  |
| 100     | —                                | —    | 15 1  |

O aditivo padrão no concreto "Referência" será uma solução de resina vinsol (da Hércules, Powder-Co) neutralizada. Esta neutralização deverá ser feita tratando-se 100 partes de resina

vinsol com 9 a 15 partes de NaOH em peso. Em solução aquosa, a relação de água para resina vinsol não deve exceder a 12:1 em peso.

**b) Retardador de pega**

Este aditivo retardará a pega do concreto. Seu efeito será avaliado pelo confronto dos resultados obtidos entre o "Concreto Teste" com aditivo e "Concreto Controle" sem aditivo especificado pelo Laboratório de Concreto.

| TEMPO DE PEGA |      | DESVIO DOS RESULTADOS<br>EM RELAÇÃO AO "CONCRETO<br>CONTROLE" |
|---------------|------|---|
| INICIAL       | máx. | + 3 horas   |
|               | mín. | + 1 hora  |
| FINAL         | máx. | + 3 horas   |
|               | mín. | —   |

*Resistência à compressão % do controle (mín.)*

|          |    |
|----------|----|
| 3 dias   | 90 |
| 7 dias   | 90 |
| 28 dias  | 90 |
| 180 dias | 90 |
| 360 dias | 90 |

*Resistência à flexão % do controle (mín.)*

|         |    |
|---------|----|
| 3 dias  | 90 |
| 7 dias  | 90 |
| 28 dias | 90 |

*Resistência à aderência % do controle*

|         |    |
|---------|----|
| 28 dias | 90 |
|---------|----|

*Bleeding aumento s/controle % do peso da água de mistura (máx.)* 5

**c) Redutor de água**

Este aditivo reduz a quantidade de água de amassamento requerida para produzir um concreto de uma dada consistência. Seu efeito será avaliado pelo confronto dos resultados obtidos no "Concreto Teste" com aditivo e "Concreto Controle" sem aditivo.

*Especificações*

*Limites*

*Propriedades*

|  |     |
|--|-----|
| <i>Consumo de água % do controle (máx.)</i>          | 95  |
| <i>Tempo de pega — Desvio do Controle</i>            |     |
| <i>Inicial (h) máx.</i>                              | ± 1 |
| <i>Final (h) máx.</i>                                | ± 1 |
| <i>Resistência à compressão % do controle (mín.)</i> |     |
| 3 dias   | 110 |
| 7 dias   | 110 |
| 28 dias  | 110 |
| 180 dias   | 100 |
| 360 dias   | 100 |

|  |     |
|--|-----|
| <i>Resistência à flexão % de controle (mín.)</i>                               |     |
| 3 dias   | 100 |
| 7 dias   | 100 |
| 28 dias  | 100 |
| <i>Resistência à aderência % do controle</i>                                   |     |
| 28 dias  | 100 |
| <i>Bleeding aumento sobre o controle — % do peso de água de mistura (máx.)</i> | 5   |

## **2.4. PREPARO DO CONCRETO**

### **2.4.1. EQUIPAMENTO DE RESFRIAMENTO**

*A fim de reduzir a temperatura de hidratação, está previsto o resfriamento dos agregados e da água. Parte da água será adicionada como gelo sob forma de escamas.*

*Na base de estudos preliminares foi fixada a temperatura máxima de lançamento do concreto, às formas, em 7°C. Especialmente durante a fase inicial da obra, será estritamente necessária a supervisão permanente, pela Fiscalização, do processo de resfriamento e, mediante ensaios de Laboratório e observações no campo, examinar detalhadamente os efeitos desse processo sobre as estruturas concretadas. Na base dessas observações o processo de resfriamento deverá ser ajustado e melhorado, a fim de satisfazer às condições especificadas no item 2.2.7 da presente especificação.*

### **2.4.2. EQUIPAMENTO DE MISTURA.**

#### **2.4.2.1. Preparação do concreto**

*O concreto será preparado em centrais de concreto de funcionamento automático ou semi-automático que garanta a medição e o proporcionamento exato dos ingredientes e a mistura íntima dos mesmos, de maneira que o concreto sempre e sob qualquer circunstância corresponderá às exigências das presentes Especificações e do projeto.*

*As quantidades de cimento, areia e agregados graúdos, em qualquer classe de mistura, deverão ser adicionados em peso. A quantidade de água será medida optativamente em volume. As centrais de concreto funcionarão sob inspeção permanente do Laboratório de Concreto e deverão satisfazer as seguintes exigências:*

- a) Serão equipadas com dispositivos de fácil ajustagem para compensar as variações de teor de umidade dos agregados e dos pesos dos ingredientes;*
- b) A imprecisão da pesagem dos ingredientes não deverá exceder a 1%, para mais ou para menos, dos pesos determinados para os traços;*
- c) As balanças serão equipadas com dispositivos que indiquem os pesos durante todo o ciclo de carregamento das mesmas, de zero até a carga completa. Pelo menos mensalmente o equipamento de pesagem deverá ser inspecionado e testado e caso necessário ajustado;*
- d) As centrais serão equipadas de dispositivos que indiquem exatamente o volume de água adicionada a cada traço. Os dispositivos de adicionamento de água deverão ser periodicamente inspecionados quanto à sua estanqueidade;*
- e) Dispositivos mecânicos devem ser usados para a medição e adicionamento de aditivos, com funcionamento tal que proporcionamentos errados serão eliminados;*

- f) Os dispositivos de descarga das betoneiras deverão eliminar efetivamente qualquer possibilidade de segregação. Se a capacidade da betoneira não corresponde exatamente ao tamanho dos recipientes de transporte, de maneira que apenas cargas completas de betoneiras serão descarregadas aos recipientes, é indispensável dotar a central de um silo de concreto, que recebe, das betoneiras, o concreto misturado. O silo, por sua vez, descarrega o concreto em volumes variáveis, nos recipientes usados para o transporte ao local de lançamento;
- g) Recomenda-se o uso de betoneiras de mistura forçada por garantirem um concreto mais homogêneo.  
Caso se opte por uma betoneira de mistura a gravidade, deve-se, porém, respeitar os seguintes tempos mínimos de amassamento:

| CAPACIDADE DA BETONEIRA DE MISTURA POR GRAVIDADE |                     | TEMPO DE AMASSAMENTO |
|--|---------------------|----------------------|
| 1 jarda cúbica ou menor                          | 0,75 m <sup>3</sup> | 1 1/4 minutos        |
| 2 jardas cúbicas                                 | 1,50 m <sup>3</sup> | 1 1/2 minutos        |
| 3 jardas cúbicas                                 | 2,25 m <sup>3</sup> | 2 minutos            |
| 4 jardas cúbicas                                 | 3,00 m <sup>3</sup> | 2 1/2 minutos        |

Cada betoneira será equipada com uma aparelhagem automática de sinalização que indique e assegure o tempo de mistura exigido. Ficando constada a insuficiência do tempo de amassamento especificado para se obter uma dissolução completa do gelo em escamas, este será aumentado convenientemente.

A água deverá ser adicionada no início, durante e no fim da operação de mesclagem.

## 2.5. TRANSPORTE E LANÇAMENTO DO CONCRETO

### 2.5.1. TRANSPORTE

2.5.1.1. Transporte do concreto das centrais ao local de lançamento. O transporte do concreto das centrais ao local de lançamento será feito dentro do menor prazo possível e por meios que evitem a segregação de materiais e a perda de parte dos ingredientes, especialmente de água ou nata de cimento.

Todo concreto, em princípio, deverá ser lançado às formas dentro do prazo máximo de 45 minutos depois do amassamento.

Em se tratando de concreto com aditivo retardador de pega, este prazo será dilatado, não ultrapassando, porém, o tempo correspondente ao início de pega a ser determinado pelo Laboratório de Concreto.

2.5.1.2. Método de transporte

O método de transporte normalmente usado na obra será o transporte em caçambas, em cima de carretas. Os métodos e meios de carregar e descarregar as caçambas devem ser tais que seja evitado o perigo de segregação.

As caçambas devem ser equipadas de dispositivos que permitam a descarga parcial, em pequenas quantidades. A descarga deverá ser controlada de tal maneira que se evite desalinhamentos nas formas.

Ao chegar no local de concretagem não deverá haver uma acumulação excessiva de agregados graúdos no fundo da caçamba, nem devem aparecer "poças" de água na superfície do concreto. Em casos em que se observar uma perda considerável de consistência (slump) durante o transporte (mais de 2 cm), recomenda-se o emprego de betoneiras sobre caminhões (truck mixers) e assim o amassamento durante o transporte.

2.5.1.3. *Inclinação das calhas*

Quando o concreto for levado por calhas para dentro das formas, a inclinação das mesmas será tal que permita a mobilidade do concreto de menor "slump" empregado. Tais calhas serão dotadas em suas extremidades inferiores de um anteparo, para evitar a segregação.

Correias transportadoras poderão ser usadas, desde que se evite, pelo emprego de funis, a segregação que possa ocorrer principalmente nos pontos de transferência e de descarga. Para evitar a perda de argamassa, a correia deverá ser equipada de um "raspador" instalado na extremidade de descarga da mesma, que limpa a correia quando volta.

Calhas e correias maiores de 6,0 m deverão ser protegidas contra a influência secante do sol e do vento.

2.5.1.4. *Transporte pneumáticos ou por bombeamento*

No caso de emprego de métodos de transporte pneumáticos ou por bombeamento, deverão ser observadas as instruções do fornecedor do equipamento e eventuais especificações adicionais.

2.5.1.5. *Descarga das caçambas*

Na descarga das caçambas o concreto deve cair rápida e verticalmente de uma altura suficiente, para formar um cone uniforme e sem apresentar sinais de segregação; caso, por condições especiais do local, a altura da queda for tão grande que se notar segregação no concreto descarregado, um funil deverá ser empregado para o lançamento.

2.5.2. **LANÇAMENTO**

2.5.2.1. *Início de concretagem*

O Empreiteiro deverá comunicar previamente o início de qualquer concretagem que, salvo decisão em contrário, em casos excepcionais, só poderá ser realizada após a inspeção e aprovação por parte da Fiscalização. Após a aprovação do início da concretagem, nenhum trabalho será executado dentro ou acima das formas, com exceção da relavagem e da concretagem propriamente ditas.

2.5.2.2. *Concretagem sobre superfície de rocha*

A superfície rochosa sobre que se proceder a concretagem deve satisfazer às exigências da "Especificação Geral para Escavações em Rocha", da THEMAG, n.º A4-11.124. Para prepará-la para a concretagem, a superfície será submetida a uma acurada limpeza. Fragmentos de rocha soltos, concreto endurecido, sujeira, graxas e quaisquer outros materiais estranhos serão removidos. A limpeza será feita manualmente com alavancas e picaretas e terminada com uma lavagem por jato de água e ar comprimido.

*Imediatamente antes do início da concretagem, será feita uma limpeza com jato de ar comprimido (relavagem).*

*A água eventualmente acumulada nas poças existentes na rocha deverá ser removida. A superfície da rocha então deverá ser coberta, em áreas limitadas e de acordo com o progresso da concretagem, por uma camada fina de argamassa de cerca de 1 cm de espessura, de maneira que o concreto seja lançado sobre a argamassa ainda não endurecida. A relação areia-cimento desta argamassa será igual à do próprio concreto. Para garantir uma boa penetração da argamassa em todas as irregularidades da superfície, ela será espalhada e esfregada uniformemente sobre a rocha usando-se vassouras duras.*

### **2.5.2.3. Concretagem de estruturas maciças**

*A altura das camadas de concretagem (lances) nos concretos maciços será determinada em cada caso pela Projetista. Nos demais tipos quando não houver indicação em contrário, esta altura pode ser determinada pelas conveniências da Fiscalização, nunca ultrapassando porém 2,25 m.*

*Cuidado especial será dispensado no tratamento das juntas horizontais entre dois lances sucessivos. A superfície do concreto endurecido será tratada convenientemente por um dos processos descritos em seguida:*

#### **a) Jateamento de areia (úmida)**

*Este processo será aplicado pouco antes de lançamento da camada seguinte e após ocorrida a pega.*

*Cuidados especiais devem ser tomados para não danificar "mata-juntas" ou peças embutidas pelo jato de areia. O efeito abrasivo do jato deverá remover toda a nata de cimento, seguindo-se acurada lavagem a água sob pressão deixando a superfície limpa isenta de sujeiras de qualquer espécie e com aparência de concreto recém-fraturado.*

#### **b) Jateamento com água sob alta pressão**

*Jato de água sob pressão de 400 kg/cm<sup>2</sup>. Este processo combina o efeito abrasivo e de remoção da nata e demais sujeiras simultaneamente. Deve ser aplicado após o concreto estar bastante endurecido ( ≥ 72 horas) de preferência pouco antes do início da nova concretagem.*

*A aplicação de jateamento, logo após o lançamento do concreto, pode resultar numa remoção inadequada de argamassa, entre os grãos de agregado graúdo. Se ocorrer esse defeito, será necessária a aplicação de uma camada fina de argamassa sobre o concreto endurecido, imediatamente antes do lançamento da nova camada, de acordo com o que ficou especificado no item 2.5.2.2., para o lançamento de concreto sobre superfícies de rocha.*

*Sob condições favoráveis, com uma superfície bem tratada e limpa, e vibração bastante cuidadosa da nova camada, a aplicação da camada de argamassa pode ser eliminada. Desde que, porém, essas condições dependem de precauções e supervisão rígidas, as exigências correspondentes deverão ser fixadas pelo Laboratório na base de ensaios, cujos resultados deverão ser submetidos à aprovação dos Projetistas.*

*A escolha do processo adequado do tratamento de junta se*

baseará nos ensaios de Laboratório de Concreto visando melhor aderência e impermeabilidade das juntas.

**c) Início do lançamento de concreto**

O lançamento de concreto iniciará-se à junto à face jusante do bloco com uma camada de 0,5 m de espessura e 4,0 m a 6,0 m de largura, em todo o comprimento do bloco.

Este procedimento será repetido, porém, em camadas de menor largura, até atingir a altura total do lance, ou seja, o topo da forma. Obter-se-á assim um talude de concreto plástico, o qual será sempre mantido colocando-se concreto fresco primeiramente ao longo do pé desse talude e depois subindo-o, lançando as camadas seguintes em forma de "escada" até atingir o topo do lance. A direção do "talude" deverá ser sempre longitudinal, nunca transversal em relação ao eixo da barragem. "Taludes" ou interrupções de concretagem no sentido transversal não são permitidas. Caso se observar uma secagem prematura das superfícies dos "taludes", as mesmas deverão ser cobertas por anagem molhada, até o sub-lance seguinte.

Ao longo das faces em contato com água, de montante e jusante dos blocos, onde indicado no desenho, será usado concreto "tipo face", numa faixa de no mínimo 2,00 m de largura, procedendo-se, então, a mudança para o concreto "tipo núcleo".

Atenção especial deverá ser prestada à exigência de que sempre se lance concreto fresco contra concreto ainda suficientemente plástico, evitando-se assim a ocorrência de "juntas frias". Se a velocidade de concretagem não for suficiente para satisfazer esta exigência, será necessário o emprego de um aditivo retardador de pega. Em última instância, um lance de concretagem de 2,25 m poderá ser dividido em três camadas de concretagem de 0,75 m ou duas camadas de 1,125 m. Neste caso, então, a superfície de cada uma destas camadas será tratada conforme especificado no início deste item. Entre o fim e o início do lançamento de dois lances de concretagem subseqüentes deverá decorrer o prazo mínimo de 72 horas.

Durante a concretagem toda água que se acumular na superfície da camada anterior, já endurecida, será removida, de modo que o concreto fresco seja lançado sobre áreas saturadas de umidade com superfície seca.

Em caso de chuvas fortes, qualquer concretagem deve ser interrompida, quando a água começar a lavar cimento, e argamassa da superfície do concreto recém-lançado e/ou, quando não se conseguir mais remover de uma maneira eficiente, a água que se acumular sobre as áreas nas quais o concreto deverá ser lançado.

Se, por qualquer motivo, uma concretagem sofrer uma interrupção, o "talude" existente no lugar de interrupção deverá ser alinhado uniformemente e achatado a um na vertical e para quatro na horizontal. Após uma interrupção, a concretagem poderá ser continuada sem precauções especiais, se o intervalo de parada for suficientemente curto para ainda permitir a penetração do vibrador no concreto lançado antes

da interrupção (revibração), de maneira que o procedimento normal de vibração assegure uma ligação íntima dos concretos lançados antes e depois da interrupção, ao longo do contato entre os dois.

Caso a interrupção se prolongar além da possibilidade de revibrar o concreto lançado antes da interrupção, a junta de concretagem que assim se formar no lugar de interrupção será considerada e tratada como junta entre dois lances subseqüentes, conforme descrito no início deste item.

Para evitar uma secagem rápida de superfície do concreto recém lançado, especialmente sob forte insolação ou em ambientes de ar muito quente, recomenda-se o emprego de geradores de neblina de água, diretamente sobre essas superfícies.

#### 2.5.2.4. Concretagem de estruturas delgadas

As exigências, quanto ao tratamento de juntas, correspondem às do item 2.5.2.3. destas Especificações. Onde não houver juntas de construção no topo de paredes e colunas, a concretagem será interrompida por 1 a 2 horas aproximadamente, ao se atingir o topo destas estruturas e antes de continuar a concretagem da laje superior, a fim de evitar trincas devidas ao assentamento inicial do concreto. A concretagem deverá ser confirmada pouco antes do concreto lançado antes da interrupção atingir o limite de revibração.

O concreto de estruturas esbeltas deverá ser o mais seco possível, porém tão plástico que ainda seja possível uma boa vibração.

O concreto de lajes deverá ser lançado com pequeno excesso de espessura, o qual será retirado pelo sarrafeamento. Nunca será aplicada argamassa sobre o concreto para facilitar o acabamento. A desempenagem deverá ser iniciada somente quando toda a água da superfície tiver desaparecido e quando o concreto começar a "puxar". Se o concreto for desempenado antes de "puxar", e ainda coberto de água, a camada superficial ficará fraca e com tendência de destacar-se.

Em formas com muita armação deverão ser tomadas precauções para evitar a segregação. Se a forma for profunda, o concreto das camadas mais baixas deverá ser lançado por intermédio de funis.

#### 2.5.2.5. Concretagem de galerias e túneis.

O esquema de concretagem dependerá das condições locais e das dimensões do túnel. Caso o esquema de concretagem não for indicado nos desenhos, o Empreiteiro deverá propor o mesmo, e submeter a sua solução proposta à aprovação pela Fiscalização. Em todo caso, o trabalho deverá ser executado com o máximo de segurança.

Antes de iniciar a concretagem num determinado trecho de um túnel, a escavação deverá estar completamente terminada.

O concreto de galerias e túneis deverá ser lançado após a rocha ter sido cuidadosamente lavada com jatos de água e de ar comprimido e todas as fissuras terem sido calafetadas com argamassa de cimento. A limpeza da rocha deverá satisfazer as exigências da "Especificação Geral para Escavações em Rocha", A4-11.124, da THEMAG.

O trecho a ser concretado deverá ser drenado de tal maneira a se evitar qualquer acumulação de água. Caso necessário, bicas de

água no teto ou nas paredes do túnel deverão ser captadas e drenadas por meio de tubos ou chapas onduladas metálicas. Nenhum concreto deverá ser lançado em áreas onde há água corrente. Onde for necessário, serão inclusive colocados drenos permanentes, a fim de aliviar a pressão d'água e que serão indicados nos desenhos. O fundo poderá ser drenado mediante tubulações de drenagem ou trincheiras cheias de brita. Todos os drenos temporários e trincheiras, depois de terminada a concretagem, devem ser injetados de argamassa de cimento. Caso necessário, a Fiscalização poderá determinar o tratamento da rocha por argamassa lançada a jato (gunite) antes da concretagem do revestimento definitivo.

Para facilitar a perfuração para injeções, convém marcar nas formas os lugares adequados para os furos, entre as barras de armação.

As marcações deverão ficar visíveis na superfície do concreto, depois de retiradas as formas.

Juntas verticais, nas interrupções da concretagem, deverão ser executadas mediante emprego de formas. A superfície da junta, depois de retiradas as formas, deverá ser tratada por jato de areia ou jato de água (alíneas a e b do item 2.5.2.3 desta Especificação).

Deverão ser completamente retirados os escoramentos de madeira, se houver, do trecho do túnel a ser concretado. Caso for necessário, manter o escoramento durante a concretagem, as partes do escoramento que ficarem embutidas no concreto deverão ser de aço.

Os métodos e equipamentos empregados para a concretagem devem garantir o lançamento uniforme e suave do concreto, às formas, sem impactos fortes que resultariam em segregação.

Atenção especial deverá ser prestada à concretagem da abóbada, devido ao transporte uniforme e à descarga suave do concreto, o equipamento indicado para a concretagem é uma instalação de bombeamento. A boca de descarga da tubulação de bombeamento deve sempre ficar submersa cada 1 metro dentro do concreto fresco lançado, para evitar a sua segregação.

Aberturas temporárias devem ser previstas nas formas das paredes e da abóbada, para inspeção do lançamento e vibração do concreto. Caso se observar dificuldades em encher lugares de difícil alcance, estes deverão ser marcados para facilitar a sua injeção posterior.

Formas deslizantes poderão ser empregadas na concretagem do fundo de um túnel, depois de uma vibração cuidadosa. Em caso nenhum deverá ser usada argamassa ou pó de cimento para facilitar o acabamento da superfície. O acabamento deverá ser iniciado depois de desaparecida a água de exsudação.

#### 2.5.2.6. Argamassa e concreto lançado a jato pneumático (gunite).

A argamassa será composta de cimento, água, areia e um aditivo de aceleração de pega. O fator água/cimento pode variar  $\pm 10\%$  em torno de 0,55, e a relação, por peso, de cimento/areia, deve ser entre 1:3 e 1:4.5. Para engrossar a mistura, no caso de um revestimento mais grosso, poderá ser adicionada ainda brita de 3/16" a 3/8", na seguinte relação: areia 55-65%, brita 35-45%, do peso. Os materiais deverão corresponder às qualidades

especificadas nesta Especificação. A proporção definitiva da mistura deverá ser indicada pelo Laboratório.

A resistência mínima à compressão, com 28 dias de idade, deverá ser 350 kg/cm<sup>2</sup>.

O revestimento será executado na espessura indicada, sem ou com armação, de acordo com os desenhos. A espessura mínima nas peças com armação será de 10 cm. A armação deverá ser segurada por chumbadores.

As superfícies de rocha que forem revestidas serão limpas, conforme especificado nos itens 2.5.2.2 e 2.5.2.5 desta Especificação, e na "Especificação Geral para Escavação em Rocha" — A4-11.124, da THEMAG.

A pressão de ar na bomba deverá ser no mínimo 6 atmosferas e a da água no mínimo 35% acima da pressão de ar, medidas no bico de descarga. A velocidade do jato pode variar entre 150 e 200 m/s. Não se admitirá a reaplicação de argamassa ou concreto caído durante o lançamento.

## 2.6. VIBRAÇÃO

O concreto deverá ser vibrado para atingir a maior densidade possível e ficar livre de "ninhas" de pedras ou bolhas de ar e em bom contato com as formas e materiais embutidos. A vibração deverá ser procedida por meio de vibradores pneumáticos ou elétricos, de imersão ou de forma, conforme o caso, e de dimensões apropriadas para o tamanho da peça que estiver sendo concretada. Em estruturas de concreto tipo massa, os vibradores devem ser do tipo pesado de imersão, a ser operado por dois operadores. O vibrador será mantido na massa de concreto até que apareça a nata na superfície, momento em que deverá ser retirado e mudado de posição. Os vibradores de imersão devem trabalhar com frequência mínima de 7.000 ciclos por minuto, quando submersos no concreto. A frequência será periodicamente verificada por meio de tacômetros.

Na consolidação de cada camada, o vibrador deverá penetrar verticalmente alguns centímetros na camada anterior, que ainda deve estar plástica para produzir um contato íntimo. O vibrador deverá ser colocado na camada a ser consolidada em intervalos uniformes e regulares, de 3 a 6 vezes o diâmetro da agulha vibratória. Sinais de vibração em excesso, manifestados pela aparência, na superfície de uma camada de argamassa muito mole, praticamente livre de agregado graúdo, indica a necessidade de uma redução da plasticidade (redução do "slump") do concreto fresco, ao invés de reduzir o tempo de vibração.

Haverá no mínimo três vibradores 4" (min.) funcionando concomitantemente, por equipe de concretagem, nas estruturas de grande dimensões. Nas estruturas de pequenas dimensões, o número e o tamanho dos vibradores serão determinados pela Fiscalização, de acordo com a prática comum.

## 2.7. CURA E PRECAUÇÕES ESPECIAIS

Além de precauções especiais a serem eventualmente especificadas pelo Laboratório de Concreto e pela Fiscalização, deverão ser observadas as seguintes exigências mínimas:

Todas as superfícies de concreto expostas ao ar livre deverão ser mantidas úmidas por aproximadamente 21 dias após o lançamento. Nos lugares onde não for possível o cobrimento do concreto por areia úmida, anagem molhada ou material semelhante, as superfícies de concreto deverão ser permanentemente irrigadas por meio de mangueiras, tubulações fixas perfuradas ("sprinklers") ou dispositivos semelhantes. A água usada para a cura deverá ser limpa e as formas de madeira que permaneçam no local deverão ser mantidas úmidas até o final da cura, para evitar a abertura de juntas e o conseqüente secamento local do concreto.

A critério da Fiscalização ou com sua aprovação, poderá ser empregada a cura química ou de membrana.

*Em superfícies de elementos estruturais dentro de edifícios, como lajes, paredes e pilares, é suficiente manter as formas no lugar durante pelo menos quatro dias. Nas camadas superficiais de uma concretagem, deve-se evitar qualquer tráfego de pessoas ou equipamento durante a fase inicial de endurecimento. Quando houver necessidade de se caminhar sobre o concreto fresco, o mesmo será coberto com tábuas.*

*Precauções especiais deverão ser adotadas para evitar trincas nas estruturas causadas pelo emprego de explosivos em lugares adjacentes. Tais precauções serão determinadas por Consultores, na base de ensaios sísmicos, e deverão ser rigorosamente observadas. (Ver também a "Especificação Geral para Escavação em Rocha" — A4-11.124, da THEMAG.*

## 2.8. SEGUNDO ESTÁGIO DE CONCRETAGEM

*Após a instalação e inspeção de alinhamentos, níveis e tolerâncias de guias de comportas e outros elementos a serem embutidos, será executada a concretagem do segundo estágio, tomando-se cuidados especiais para evitar-se eventuais deslocamentos dos dispositivos embutidos.*

*O diâmetro máximo dos agregados do concreto será fixado em função das folgas existentes e, a critério da Fiscalização, serão empregados aditivos com a finalidade de reduzir a retração do concreto.*

*Para a segunda fase de concretagem dos blocos de turbina, deverão ser observadas as especificações e instruções dadas pelo fornecedor das turbinas.*

*Antes da instalação das peças a serem embutidas, todas as superfícies de concreto, em contato com o segundo estágio, serão inteiramente apicoadas ou tratadas com jatos de areia, a fim de assegurar a máxima aderência.*

*Todas as superfícies deverão ser mantidas molhadas pelo menos durante 24 horas, antes da colocação do concreto secundário.*

## 2.9. FORMAS

*As formas, tanto de madeira como de aço, devem ser suficientemente resistentes e rígidas, para suportarem a pressão do concreto fresco, e ficarem, sem deformações excessivas, nas posições corretas. As tolerâncias máximas para a deformação ou o desvio de formas a mais ou menos das dimensões fixadas nos desenhos, salvo nos lugares onde for prescrito o acabamento de tipo F2 (item 2.10, destas), são indicadas na tabela n.º 9. As formas devem ser suficientemente estanques, para evitar a perda de nata de cimento, e, antes do lançamento do concreto, serão pintadas, em sua face interior, de óleo mineral adequado, a fim de impedir a aderência do concreto à mesma. Todas as formas devem ser bem limpas, livres de incrustações e quaisquer materiais estranhos.*

*A superfície das formas deverá ser preparada de acordo com o grau de acabamento especificado nos desenhos.*

*Em formas de acesso difícil ao seu interior deverão ser providenciadas aberturas, suficientes em tamanho e número para inspeção e limpeza, e, caso necessário, acesso de equipamento e pessoal. Com o enchimento da forma, de concreto, as aberturas serão fechadas mediante tampas pré-fabricadas.*

*A retirada das formas obedecerá, caso não houver outras instruções da Fiscalização, os prazos estabelecidos pelas normas cabíveis da ABNT.*

*As formas deverão ser removidas o mais rápido possível, a fim de possibilitar reparos da superfície do concreto eventualmente necessários, ainda numa fase inicial de endurecimento. Na determinação dos prazos mínimos para a remoção das formas deverão ser consideradas as exigências referentes à resistência mínima necessária, aos requisitos térmicos e às necessidades do processo de cura (ver capítulos correspondentes desta Especificação e estudos das características e influências térmicas).*

*Nas estruturas da Casa de Força, salvo instruções contrárias nos desenhos, todos os cantos vivos deverão ser chanfrados 3 cm, inclusive as juntas de dilatação.*

**TABELA N.º 9 — IRREGULARIDADES TOLERADAS EM SUPERFÍCIES DE CONCRETO**

| SUPERFÍCIES FORMADAS |    | ACABAMENTO      |     |            |                 |     |     |
|----------------------|----|-----------------|-----|------------|-----------------|-----|-----|
|                      |    | Irregularidades |     |            | Superf. Desemp. |     |     |
|                      |    | F1              | F2  | F3         | M1              | M2  | M3  |
| Depressões           | cm | 2,5             | —   | —          | —               | —   | —   |
| Graduais             | cm | —               | 1,0 | 0,5        | —               | —   | —   |
| Abruptas             | cm | —               | 0,5 | 0,5 ou 0,3 | —               | —   | —   |
| Todas as Superfícies | —  | —               | —   | —          | 1,0             | 0,5 | 0,2 |

### 2.10. ACABAMENTOS E REPAROS SUPERFICIAIS

O acabamento das superfícies de concreto corresponderá aos seguintes tipos pré-fixados e indicados nos desenhos:

#### **Acabamento F<sub>1</sub>**

As superfícies ficam sem acabamento especial, como formados pelo emprego de painéis de aço ou de tábuas comuns de madeira plainada, com juntas tipo encaixe, salvo o reparo de irregularidades excessivas, "ninhos" ou outros defeitos, e o enchimento dos furos deixados pelas âncoras dos painéis de formas.

#### **Acabamento F<sub>2</sub>**

As superfícies ficam sem acabamento especial, como formados pelo emprego de painéis de aço, ou de madeira forrada de chapas metálicas, ou de madeira compensada com juntas regulares vertical e horizontalmente bem alinhadas, ou de tábuas de madeira de primeira qualidade, bem plainadas, de largura uniforme, com juntas tipo macho e fêmea alinhadas em sentido absolutamente horizontal ou vertical. "Ninhos" ou quaisquer defeitos da superfície de concreto, bem como os furos deixados pelas âncoras dos painéis de formas deverão ser cuidadosamente reparados e enchidos.

#### **Acabamento F<sub>3</sub>**

Este acabamento é necessário em superfícies que exigem um alinhamento e regularidade superficial essenciais para prevenir contra os efeitos destrutivos da ação das águas em velocidade.

Tais superfícies são encontradas em tubos de sucção, descarregadores de fundo ou de superfície, túneis, etc.

As formas devem ser robustas e suficientemente rígidas para manter-se no alinhamento prescrito. Qualquer material poderá ser empregado para sua construção, ou tal como tábuas com mata-juntas ou com encaixes, compensado, chapas de aço, outros, desde que produzam uma superfície lisa requerida.

As formas curvas são construídas de tiras de madeira, formando superfícies lisas e estanques, sendo depois aparadas e lixadas até formar a curvatura requerida.

#### **Acabamento M<sub>1</sub>**

Acabamento por sarrafeamento em nível ou inclinação indicadas nos desenhos, com adensamento superficial. Em superfícies inclinadas ou curvadas, formas deslizantes podem ser empregadas para esse tipo de acabamento.

#### **Acabamento M<sub>2</sub>**

Acabamento M<sub>1</sub> com acabamento final de desempenadeira. Irregularidades superficiais deverão ser eliminadas previamente.

#### **Acabamento M<sub>3</sub>**

Este acabamento feito com a colher de pedreiro é usado no interior de lajes de pisos

dos edifícios (excetuando-se aqueles que receberão um revestimento adicional) nos topos de parapeitos, nos portais dos túneis e vertedouros e nos patamares e pisos das escadas.

O desempenamento com a colher deve ser iniciado logo depois do concreto começar a "puxar", isto é, após o desaparecimento da película superficial d'água (bleeding) e apresentando o concreto já uma certa tenacidade. Se iniciado antes, o acabamento resulta pouco durável; se muito depois, o concreto não mais apresenta a trabalhabilidade adequada. O desempenamento com a colher deve produzir uma superfície densa e livre de marcas, ondulações ou outros defeitos de superfície. Quanto aos acabamentos tipo  $M_1$ ,  $M_2$  e  $M_3$ , deverão ser observados também os trechos cabíveis do item 2.5.2.4 destas.

#### **Reparos superficiais**

Defeitos nas superfícies de concreto deverão ser consertados imediatamente após a remoção das formas. As áreas defeituosas serão cortadas por meio de ferramentas pneumáticas e remoldadas, empregando-se o mesmo traço do concreto original. Antes de se proceder ao reparo, a superfície do corte será bem limpa e molhada, coberta por uma camada fina de argamassa, com relação areia-cimento correspondente à do próprio concreto.

#### **Acabamento de reparos com esmeril**

Este reparo especial de superfície com esmeril é necessário onde há saliências, rugosidades, sobreposições de concretos secundários e primários, asperezas em superfícies que resultaram da remoção do concreto com rompedores, etc. É executado onde, por motivos hidráulicos, são necessárias superfícies lisas e uniformes.

O procedimento é o seguinte: As formas são retiradas enquanto o concreto ainda é verde, isto é, entre 12 e 24 horas após o seu lançamento. Imediatamente após a remoção das formas, são obturados todos os orifícios dos tensores das formas ou locais de concreto poroso, depressões, etc. Completadas estas operações, a superfície é limpa com jatos de água a alta velocidade e, enquanto a superfície ainda for úmida, aplica-se uma argamassa plástica, consistindo de 1:1 ou 1:1,5 partes de cimento e areia, respectivamente de granulometria n.º 16. Alisando essa argamassa na superfície e depois polindo a mesma com um rebolo de "carborundum" n.º 60, é aplicada argamassa adicional até que todas as depressões da superfície sejam preenchidas sem excesso de argamassa.

O alisamento continua até o material tornar-se endurecido. Em seguida cura-se durante 7 dias a superfície e dá-se o polimento final com um rebolo (esmeril) n.º 50 ou 60 ou um disco abrasivo flexível. Completa-se o tratamento com mais um período de cura durante 14 dias.

#### **Acabamento de reparos com sacaria**

Este reparo de superfície é necessário algumas vezes para obter aspecto agradável ou igualar a coloração das superfícies de concretos secundários ou reparos com os concretos previamente lançados.

A argamassa de 1:2 de cimento e areia, passando na peneira n.º 16, é aplicada sobre a superfície de concreto enquanto esta ainda estiver úmida. Caso contrário, a superfície deverá ser molhada abundantemente. A consistência da argamassa é de uma pasta plástica.

Poderá ser empregado, em parte, cimento branco para se obter uma coloração uniforme. A argamassa é distribuída e alisada (esfregada) sobre toda a superfície com sacaria de aniagem, preenchendo todas as cavidades. Enquanto ainda plástica, é aplicada uma demão de mistura seca (cimento e areia nas proporções acima), continuando a operação de alisamento.

Elimina-se assim o material em excesso, obtendo-se uma superfície lisa e uniforme.

Completa-se o acabamento com cura.

No caso de aplicação de "epoxi" para ligação entre as camadas de concreto novo e velho, serão seguidas as especificações dos fabricantes destes produtos.

## 2.11. MATERIAIS E PEÇAS EMBUTIDAS

Conforme indicado nos desenhos, os materiais a serem embutidos no concreto, tais como encanamentos, eletrodutos, dispositivos de fixação para instalações posteriores, chumbadores, etc. deverão ser colocados nas formas e fixados rigidamente para não serem deslocados durante a concretagem. As peças a serem embutidas deverão ser limpas e livres de graxa, pintura, ferrugem ou outros materiais estranhos.

As tubulações embutidas só poderão atravessar as juntas de contração ou dilatação por intermédio de conexões do tipo de dilatação, salvo indicação diferente nos desenhos.

Tubulações embutidas deverão ser, em suas extremidades, tampadas, e suas emendas protegidas, de maneira que se evite a penetração de nata de cimento e o conseqüente entupimento.

Tubulações de água e ar, embutidas no concreto, que servirem somente para fins de construção, serão injetadas com argamassa de cimento ou enchidas de concreto, uma vez desnecessárias.

Cuidados especiais deverão ser observados relativamente à precisão e tolerância requeridas para cada peça.

Todas as peças metálicas expostas deverão estar livres de cimento e respingos de concreto, principalmente as roscas dos parafusos, que deverão ser convenientemente protegidas durante os trabalhos de concretagem.

## ANEXO 1

Na fixação da resistência mínima para as condições particulares das estruturas, dos materiais e das condições de carregamento de Ilha Solteira, deve-se analisar as seguintes influências no Laboratório de Análises de Materiais:

**a) Influência do fator tempo no valor da resistência e das deformações.**

Para cada pré-história de carregamento obtém-se um valor para resistência e deformação final.

**b) Influência do comportamento elasto-plástico.**

Esta influência não é captada apenas pela determinação do Módulo de elasticidade, pois, mesmo para carregamentos pequenos, já se observam deformações permanentes.

**c) Influência da variação da estrutura física e química.**

A variação da estrutura física é provocada pelo secamento do material e cristalização dos gels. A variação da estrutura química é causada pelo processamento da reação entre os diversos componentes do concreto no decorrer do tempo.

**d) Influência do estado de tensão.**

Esta influência pode atingir valores bastante elevados e é parcialmente explicada pela envoltória de Mohr.

A figura n.º 1 dá indicações sobre a tendência geral.

O estado de tensão em cada ponto também é influenciado pela heterogeneidade relativa do material ensaiado, devendo-se respeitar uma relação empírica que considera para a largura do corpo de prova como sendo sempre o triplo do agregado máximo. Portanto, quando for desaconselhável ensaiar em corpos de prova cilíndricos ou prismáticos de tamanho padrão, recorre-se a fatores de correção experimentais que consideram esta influência.

**e) Influência do carregamento.**

É de grande importância determinar experimentalmente as faixas em que se movimenta esta influência. Sempre é possível observar um valor que reduz a resistência a um mínimo,

conhecido como "Resistência sob carga constante" e é obtida pelo carregamento contínuo máximo.

Na figura abaixo a curva da esquerda representa a linha tensão deformação do ensaio rápido convencional no qual se obtém a tensão máxima em aproximadamente 10 minutos.

Interrompendo o ensaio ligeiramente abaixo do valor anterior e mantendo a tensão constante, observa-se uma ruptura após um tempo maior com uma deformação também maior.

Existe, porém, uma tensão mínima abaixo da qual o material só rompe após tempo infinito, representado pela tensão  $R_{\min.}$ , que é a resistência sob carga constante obtida pelo carregamento contínuo máximo e que tem duração de alguns dias para os concretos convencionais, conforme a fig. 2.

Como atualmente não existe nenhuma teoria geral de Resistência dos Materiais, representamos todos estes efeitos por coeficientes empírico-práticos incidentes sobre o ensaio convencional de ruptura de corpos de prova cilíndricos 15 x 30, e adota-se na presente Especificação:

$\sigma_{RK} = \sigma_{CK} (1-tv)$  e  $\bar{\sigma}_{CK} = \bar{\sigma}_{CK} q = \sigma_{CK} qp$   
valendo as mesmas relações para  $\sigma_{RK}$

onde:

$\sigma_{RK}$  Tensão mínima de ruptura de R% das amostras constituídas por corpos de prova cilíndricos de dimensões  $\phi$  a x b (para b = 2a) com agregado integral de  $\phi$  máx. = C na idade de K dias sob carregamento contínuo máximo.

$\bar{\sigma}_{CK}$  Tensão média de ruptura de R% das amostras constituídas por corpos de prova cilíndricos de dimensões  $\phi$  a x b (para b = 2a) com agregado integral de  $\phi$  máx. = C na idade de K dias sob carregamento contínuo máximo.

t - Confiança para universo de 30 amostras

v - Coeficiente de variação

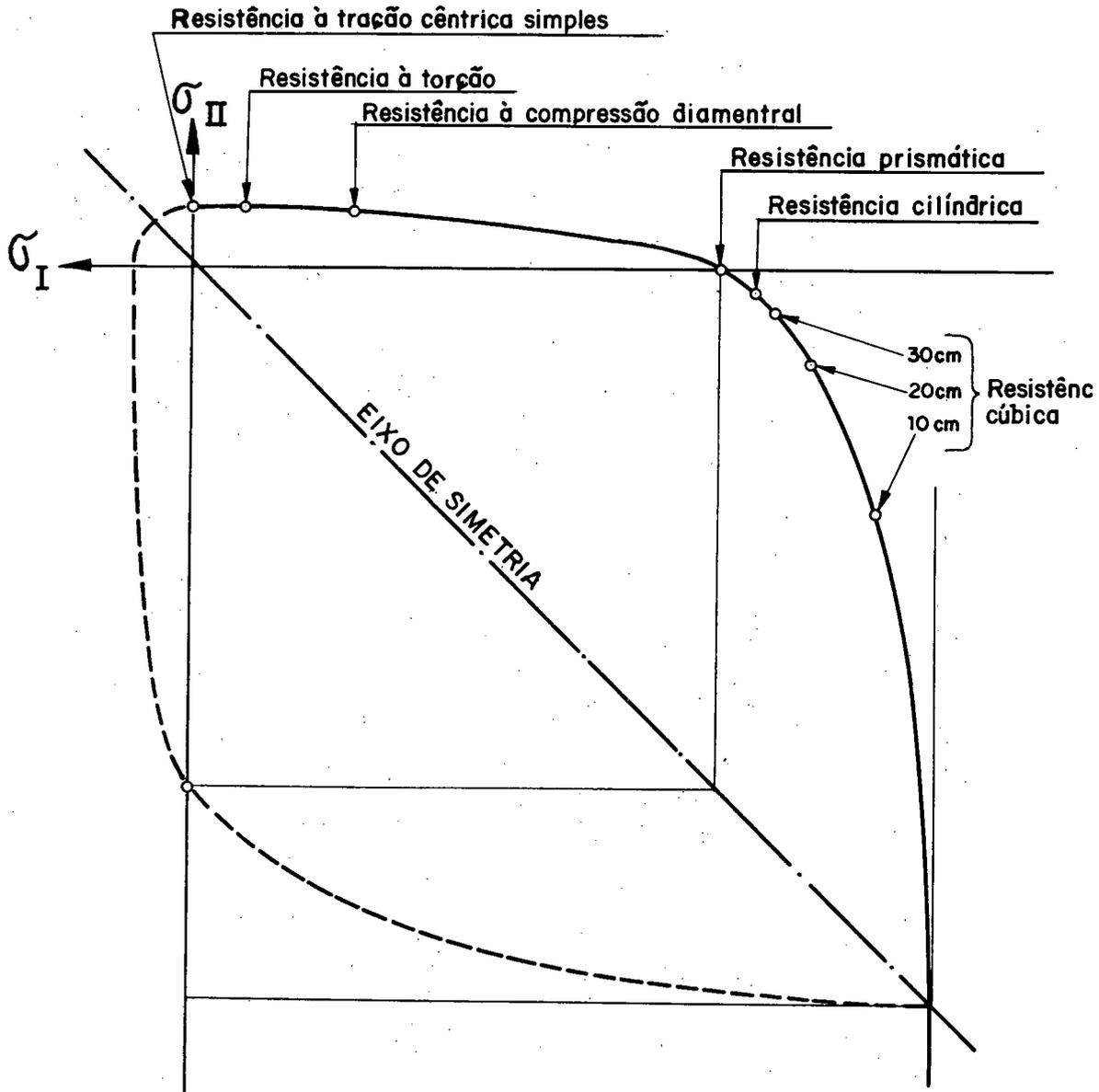
k - Idade do ensaio em dias

q - Fator tamanho do agregado, capta as influências do estado de tensão, item d

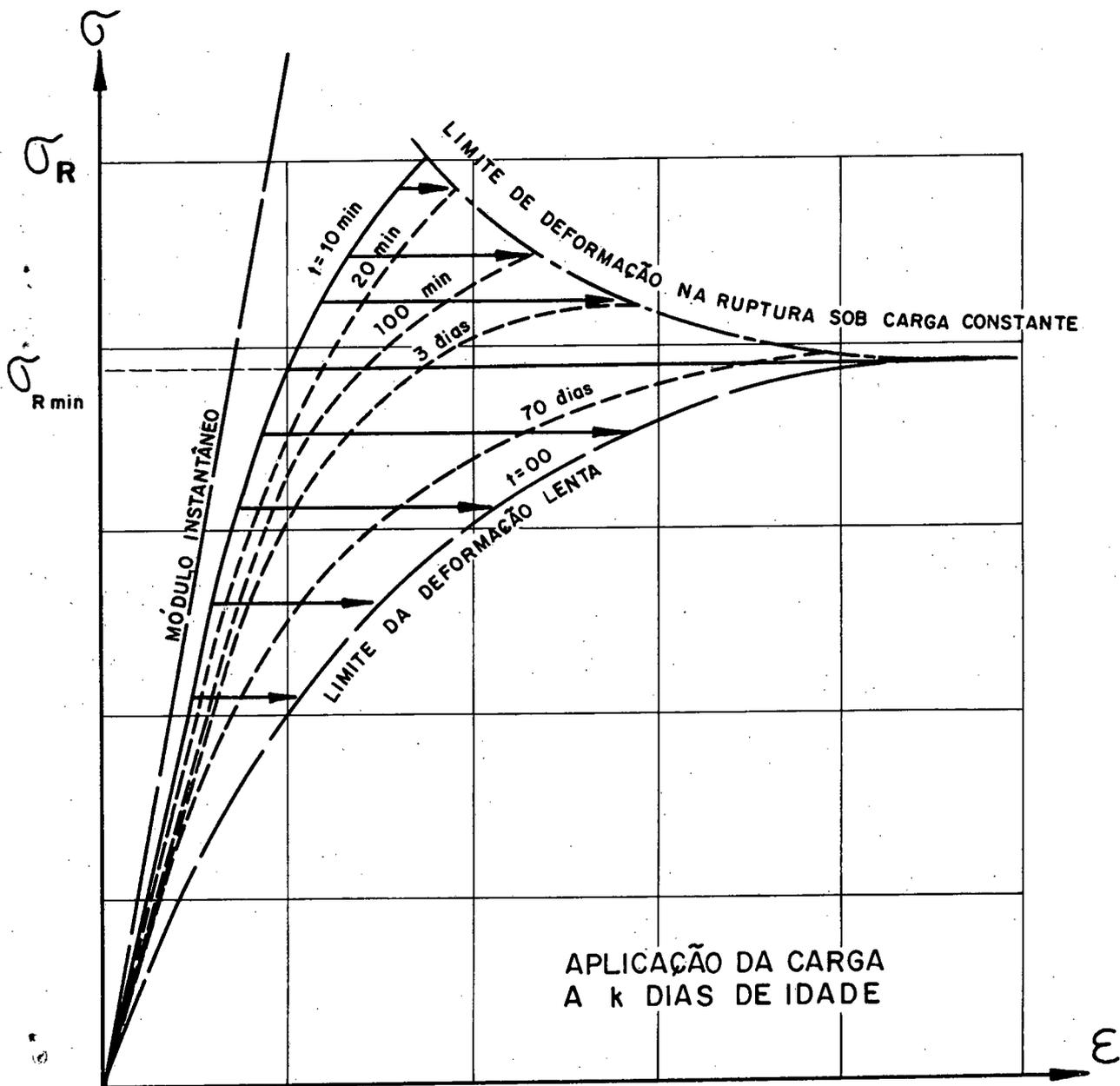
p - Fator velocidade do carregamento capta as influências especificadas nos itens a, b, e.

A tabela n.º 5 resume os parâmetros acima caracterizados para os diversos tipos de concretos objetos desta Especificação.

**DIAGRAMA INDICATIVO SOBRE A INFLUÊNCIA DO ESTADO DE TENSÃO**



**DIAGRAMA INDICATIVO SOBRE A INFLUÊNCIA DO CARREGAMENTO  
 NA RESISTÊNCIA E DEFORMAÇÃO FINAL DO CONCRETO**



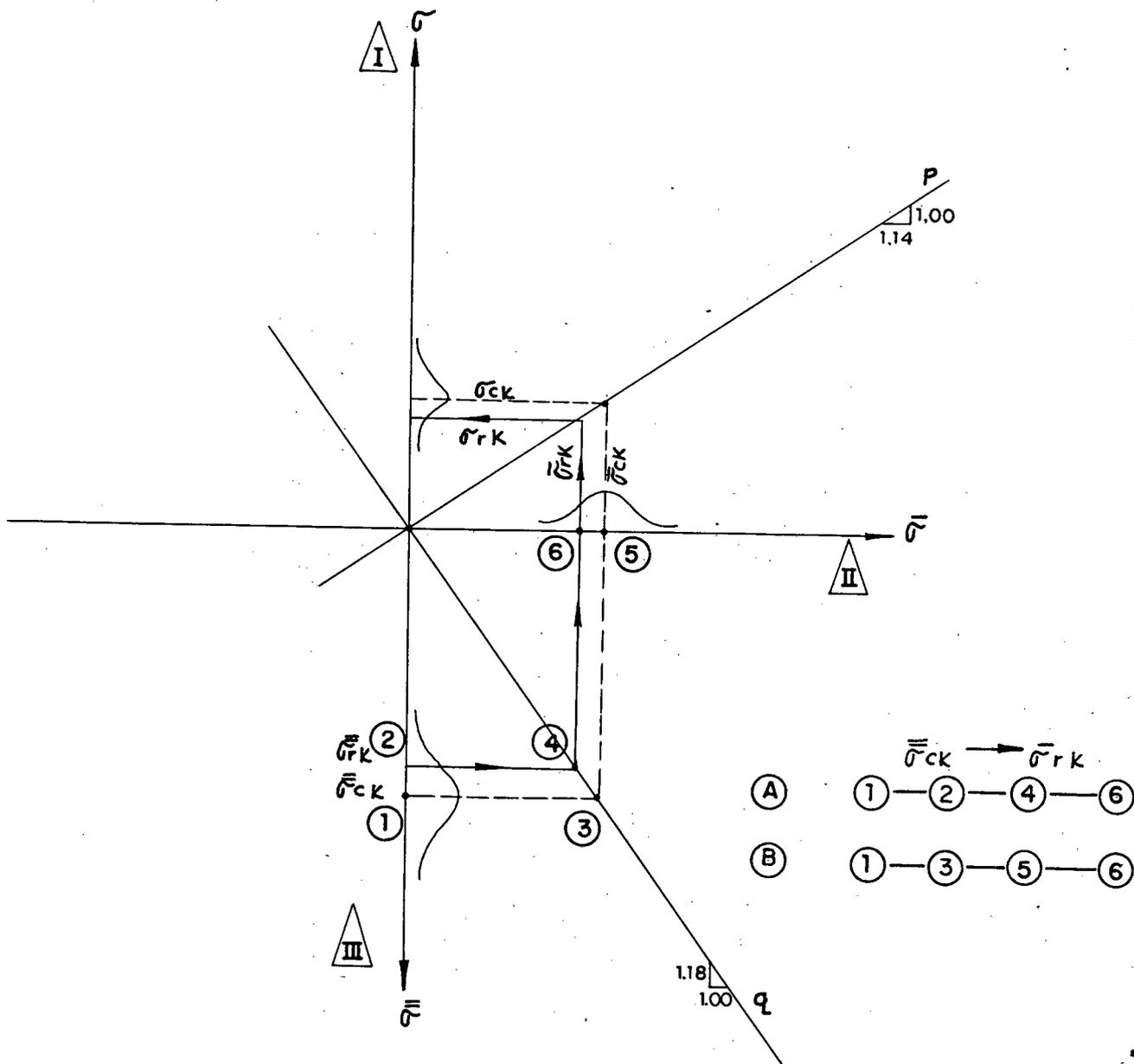
$\sigma_R$  = Tensão de ruptura no ensaio convencional

$\sigma_{R \text{ min.}}$  = Tensão mínima da ruptura sob carregamento contínuo máximo

— Carregamento rápido e constante

- - - Carregamento lento com ruptura após tempo  $t$ .

**DIAGRAMA INDICATIVO DAS TENSÕES DE RUPTURA, SUAS RELAÇÕES E REPRESENTAÇÕES APROXIMADAS DAS GAUSSIANAS**



- I** Tensões do concreto integral sob carregamento contínuo máximo, curado "in situ"
- II** Tensões do concreto integral sob carregamento rápido, curado em câmara úmida
- III** Tensões do concreto peneirado ( $\phi$  máx.  $\leq 38$  mm) sob carregamento rápido curado em câmara úmida

*Este relatório baseou-se em apontamentos do Engenheiro **Elvio Marcus Sguizzardi** e outros, compilados pelo Engenheiro **Francisco Assis Cesari**. Foi preparado pelo Encarregado Técnico **Sérgio Gehre Ferreira** e revisado pelo Engenheiro **Níveo Aurélio Villa**.*