

 **Encontro Técnico
AESABESP**
Congresso Nacional
de Saneamento e
Meio Ambiente

**DURABILIDADE DAS ESTRUTURAS DE
CONCRETO PARA SANEAMENTO**

Paulo Helene
Vinicius Caruso
Instituto Brasileiro do Concreto - IBRACON

1


IBRACON

SUMÁRIO

- **INTRODUÇÃO (VC)**
- **CONCEITOS (PH)**
- **ASPECTOS RELEVANTES DE PROJETO (PH)**
- **ASPECTOS RELEVANTES DE EXECUÇÃO (PH)**
- **CONTROLE E ACEITAÇÃO (PH)**
- **AS ATIVIDADES DO CT-901 (VC)**
- **TEMAS PARA PESQUISA (VC)**

 **Encontro Técnico
AESABESP**
Congresso Nacional
de Saneamento e
Meio Ambiente

2

Introdução

| | | |
|--|---|--|
| Região Norte Água: 57% Esgoto: 10% Perdas: 55% | Região Nordeste Água: 74% Esgoto: 28% Perdas: 46% | Região Sudeste Água: 91% Esgoto: 79% Perdas: 34% |
| Região Sul Água: 90% Esgoto: 45% Perdas: 37% | Região Centro-oeste Água: 89% Esgoto: 53% Perdas: 36% | |

Fonte: Abcon e KPMG (2020)



3

Introdução



| Estado | Água (%) | Esgoto (%) |
|--------|----------|------------|
| RR | 46 | 5 |
| AP | 34 | 7 |
| PA | 79 | 26 |
| MA | 56 | 14 |
| CE | 76 | 14 |
| RN | 59 | 25 |
| PB | 87 | 24 |
| PE | 74 | 36 |
| BA | 80 | 27 |
| GO | 74 | 21 |
| MS | 87 | 25 |
| MT | 82 | 39 |
| TO | 82 | 39 |
| PI | 81 | 55 |
| ES | 81 | 55 |
| MG | 82 | 72 |
| RJ | 90 | 65 |
| SP | 82 | 72 |
| PR | 96 | 90 |
| SC | 90 | 65 |
| RS | 89 | 24 |
| AC | 81 | 10 |
| RO | 49 | 5 |
| AM | 81 | 10 |
| MT | 88 | 32 |
| GO | 99 | 85 |
| MS | 89 | 52 |
| SP | 86 | 47 |
| PR | 94 | 71 |
| RS | 86 | 32 |

Fonte: SNIS (2018); PLANSA/S; Trata Brasil; Bloomberg



4



Introdução

Para universalizar o saneamento (água e esgoto) até 2033, conforme preconiza o Novo Marco Legal (Lei 14.033/2020), são necessários investimentos (CAPEX) da ordem de:

- **R\$ 24,3 bilhões** para Estações de Tratamento de Água (ETA)
- **R\$ 174 milhões** para Estações Elevatórias de Água Bruta (EEAB) e Estações Elevatórias de Água Tratada (EEAT)
- **R\$ 9,6 bilhões** para Reservatórios de Água Tratada
- **R\$ 56,5 bilhões** para Estações de Tratamento de Esgoto (ETE)
- **R\$ 1,1 bilhão** para Estações Elevatórias de Esgoto (EEE)

Fonte: adaptado de Abcon e KPMG (2020)



5



Introdução

Isto significa, entre outras ações:

- **Projetos** de Engenharia
- **Obras**
- **Materiais:** CONCRETO, AÇO, FÔRMAS

Quantos m³ de concreto serão lançados?
 Quantos kgf de aço CA-50, CA-60, CP-190 deverão ser produzidos?
 E m² de fôrmas de madeira, metálicas, escoramentos?



6

Conceitos

As estruturas devem ser adequadas para sua correta utilização durante a vida útil de projeto VUP

- ✓ Seguras
- ✓ Funcionais
- ✓ Suportar incêndio
- ✓ Duráveis
- ✓ Bonitas
- ✓ Sustentáveis

7

Estruturas de Concreto

Conceitos

- ✓ **Envelhecimento natural** *previsto; não incomoda*
- ✓ **Envelhecimento precoce** *não previsto; caro*
- ✓ **Durabilidade** *vida útil > 50 anos; 100 anos*
- ✓ **Projeto de manutenção** *projetar e realizar*

8

Mecanismos de Deterioração e Envelhecimento

Aço / Armadura

- ✓ corrosão por carbonatação
- ✓ corrosão por cloretos

Concreto

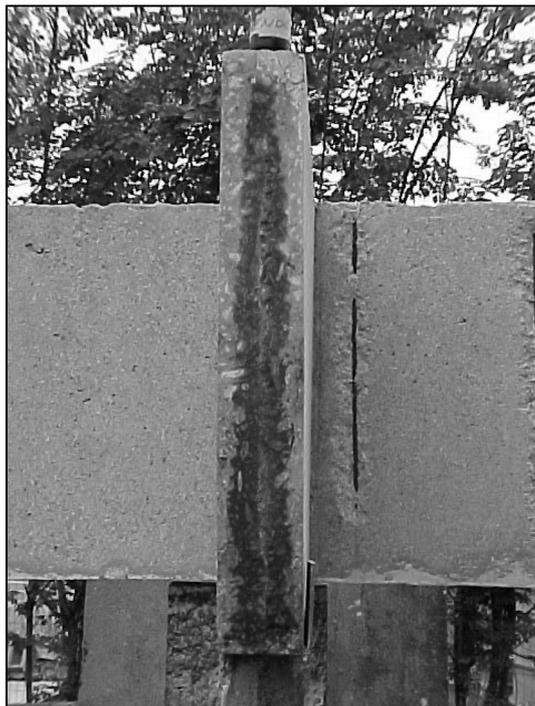
- ✓ lixiviação → água, chuva ácida e ácidos
- ✓ expansão → sulfatos externos, DEF e AAR
- ✓ sujeira ácida → fungos, fuligem, poeira

Estrutura

- ✓ ações mecânicas, movimentos térmicos, impactos, ações cíclicas, retração, fluência e relaxação, ... fator humano

9

Aço →
Corrosão por
carbonatação



10

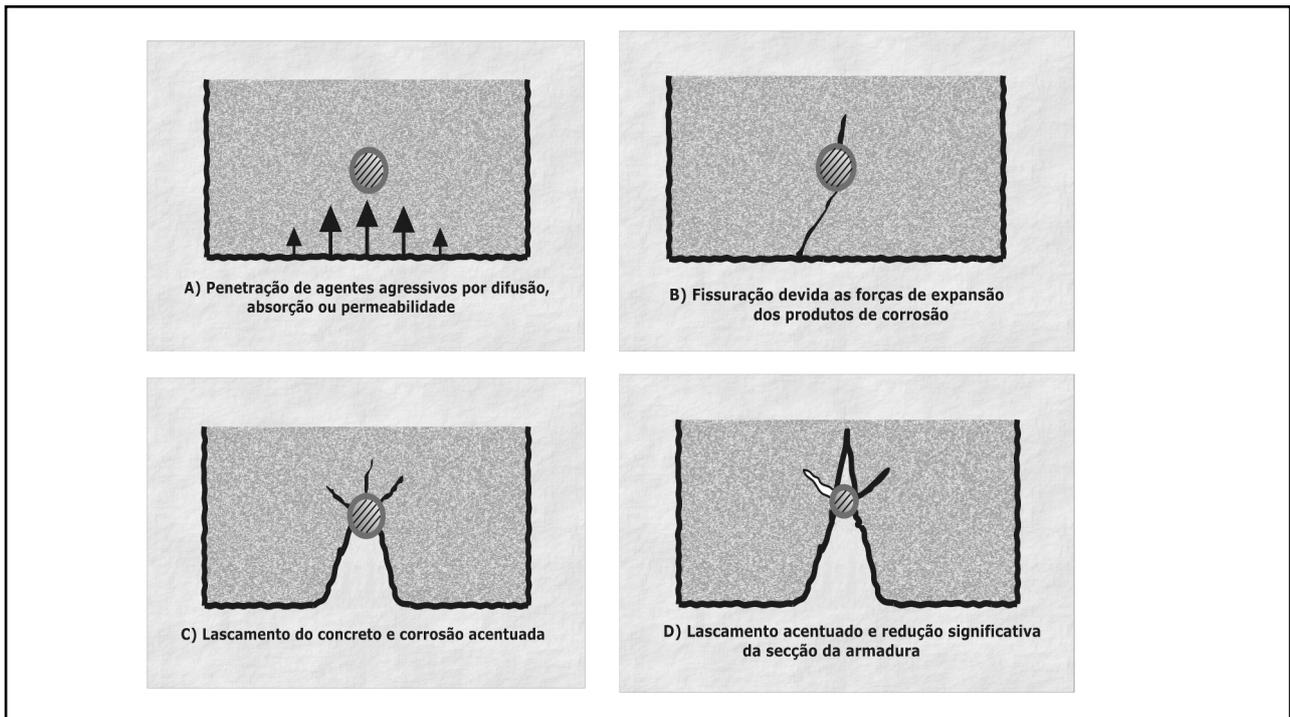
**Aço →
Corrosão por
cloretos**



11



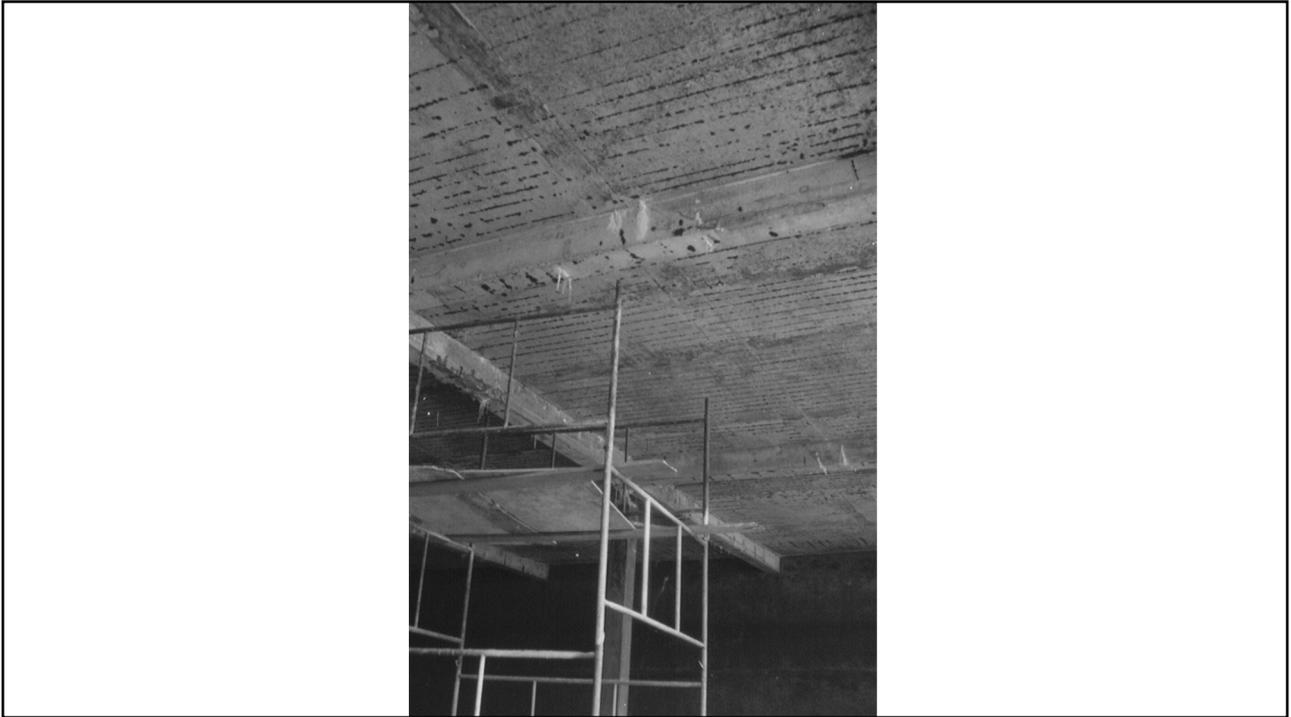
12



13



14



15



16

Concreto → *Lixiviação* (*água de chuva*)



**Cobertura do
Prédio da FAU-USP**



**Edifício da
Engenharia Civil
POLI.USP**

17



Concreto → *Lixiviação* (*chuva ácida*)

18



Lina Bo Bardi

MASP Museu de Arte São Paulo 1968

19



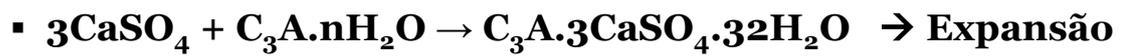
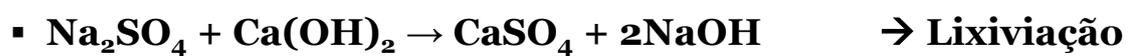
Concreto → Lixiviação (água ácida)

20



21

Ação de Sulfatos



74

150

715

22



23



24



25

Ataque por Sulfatos externos

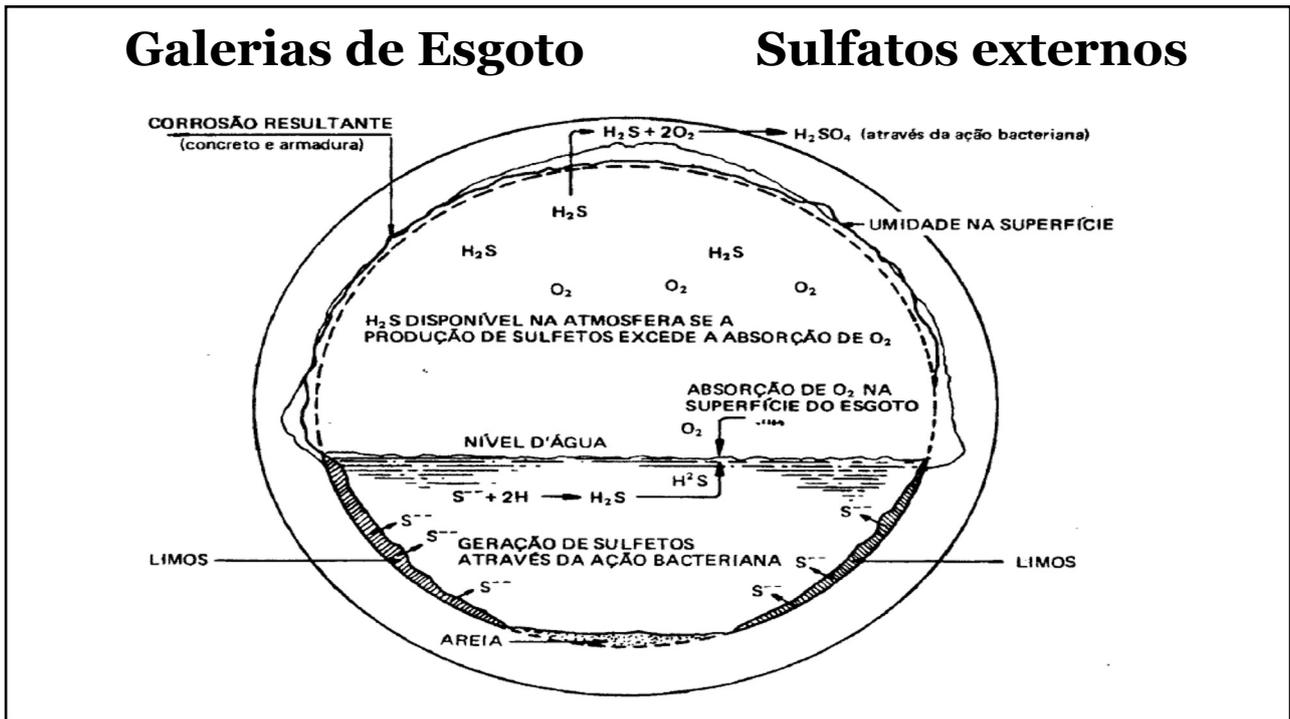
- Reação químicas na qual íons sulfato (SO_4) **oriundos do ambiente circundante** reagem com aluminatos do cimento, formando compostos expansivos (etringita+gesso) que absorvem água, gerando tensões internas que fissuram o concreto.
- O ataque desagrega a superfície do concreto, tornando-a friável;
- A velocidade de ataque é normalmente lenta (pode necessitar mais de 5 anos para que o ataque se manifeste de forma severa);
- Pode gerar movimentações globais da estrutura;



26

Galerias de Esgoto

Sulfatos externos



27



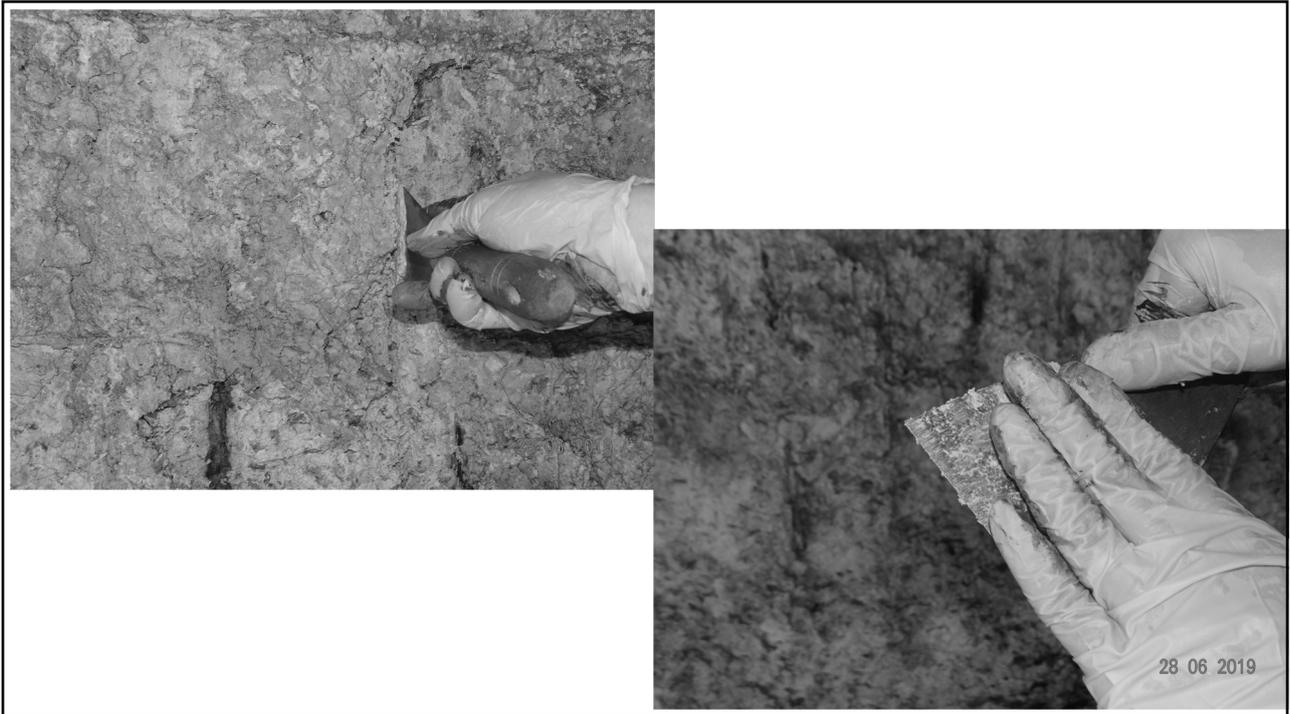
28



29



30



31



32



33



34

XYPEX

BIO-SAN® C500 TREATED CONCRETE

1. **KILLS MICROBES**

2. **HYDROGEN SULPHIDE PROTECTION**

3. **PREVENTS INFILTRATION & EXFILTRATION**

4. **SELF-HEALS CRACKS**

5. **ACID RESISTANCE**

6. **SULPHATE RESISTANCE**

WASTEWATER

SO_4^{2-} ANAEROBIC CONDITIONS \rightarrow H_2S

Magnified view

Ideal for pre-cast & cast-in-place concrete

- Added to the concrete at time of batching
- No need for liners and coatings
- Saves time in production and installation
- Extends the service life of concrete in wastewater structures

35

Encontro Técnico
AESABESP
Congresso Nacional
de Saneamento e
Meio Ambiente

Figura 3 - Ataque de ácido sulfúrico biogênico

36

Referências Critérios de Classificação

Concentração de sulfato > 3.000 mg/kg no solo
> 600 mg/l SO₄ na água

ACI 201.2R-9 Guide to Durable Concrete

| Agressividade | Sulfato (SO ₄) na água (ppm) | Recomendação |
|---------------|--|--|
| Nível 0 | 0 – 150 | Sem limites especificados |
| Nível 1 | 150 – 1500 | Relação a/c máxima = 0,50 Cimento = Moderada resistência a sulfatos |
| Nível 2 | 1500 – 10.000 | Relação a/c máxima = 0,45 Cimento = Alta resistência a sulfatos |
| Nível 3 | > 10.000 | Relação a/c máxima = 0,40 Cimento = Alta resistência a sulfatos + pozolana ou escória |

37

NBR 6118:2014 & NBR 12655:2015 “qualidade do cobrimento”

Tabela 4 Requisitos para concreto exposto a soluções contendo sulfatos

| Condições de exposição em função da agressividade | Sulfato solúvel em água (SO ₄) presente no solo % em massa | Sulfato solúvel (SO ₄) presente na água ppm | Máxima relação água/cimento, em massa, para concreto com agregado normal ^a | Mínimo f_{ck} (para concreto com agregado normal ou leve) MPa |
|---|--|---|---|---|
| Fraca | 0,00 a 0,10 | 0 a 150 | Conforme Tabela 2 | Conforme Tabela 2 |
| Moderada ^b | 0,10 a 0,20 | 150 a 1500 | 0,50 | 35 |
| Severa ^c | > 0,20 | > 1500 | 0,45 | 40 |

(a) Baixa relação água/cimento ou elevada resistência podem ser necessárias para a obtenção de baixa difusibilidade do concreto ou proteção contra corrosão da armadura ou proteção a processos de congelamento e degelo.

(b) A água do mar é considerada para efeito do ataque de sulfatos como condição de agressividade moderada, embora o seu conteúdo de SO₄ seja acima de 1500 ppm, devido ao fato de que a etringita é solubilizada na presença de cloretos.

(c) Para condições severas de agressividade, devem ser obrigatoriamente usados cimentos resistentes a sulfatos.

38

Reação álcali-agregado AAR → reatividade agregados

Reações com Peróxido de Hidrogênio → H_2O_2 água oxigenada

Delayed Ettringite Formation DEF → temperatura

39

**impermeabilidade do concreto
versus
estanqueidade da estrutura**



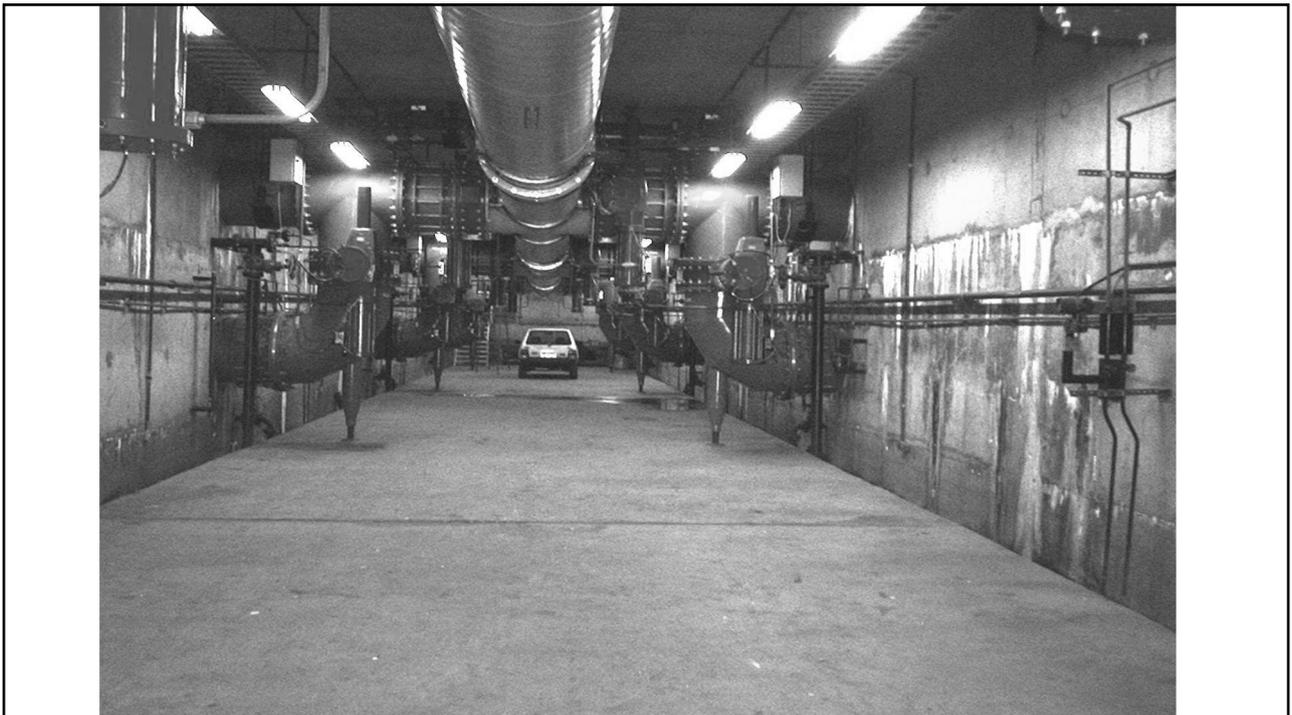
40

Concreto é “impermeável”

PROBLEMA
“quase insolúvel”

ESTANQUEIDADE!

41



42



43

Ingresso de gases e fluidos *mecanismos de transporte*

- **Permeabilidade**
- **Capilaridade**
- **Difusibilidade**
- **Migração**
- **Convecção**

44

Permeabilidade do concreto à água

fib(CEB-FIP) Model Code 90

$$k_w = 10^{-(10+0.07*f_{ck})}$$

k_w = coeficiente de permeabilidade à água,
conforme lei de Darcy, em m/s

f_{ck} = resistência característica do concreto à
compressão aos 28 dias, em MPa

45

Permeabilidade do concreto ao O₂

fib(CEB-FIP) Model Code 90

$$k_g = 10^{-(14+0.05*f_{ck})}$$

k_g = coeficiente de permeabilidade ao gás
oxigênio, em m²

f_{ck} = resistência característica do concreto à
compressão aos 28 dias, em MPa

46

Difusibilidade da água no concreto

fib(CEB-FIP) Model Code 90

$$D_w = \frac{10^{-8}}{f_{ck}}$$

D_w = coeficiente de difusão à água, em m²/s

f_{ck} = resistência característica do concreto à compressão aos 28 dias, em MPa

47

Frente de Carbonatação

fib(CEB-FIP) Model Code 90

$$e_{CO_2,t} = 4 * \sqrt{10^{-(12,5+0,05*f_{ck})}} * \sqrt{t}$$

$e_{CO_2,t}$ = profundidade carbonatada em m

t = tempo de exposição ao CO₂ com HR = 65% ou idade do concreto em s

f_{ck} = resistência característica do concreto à compressão aos 28 dias, em MPa

48

Difusibilidade de íons Cloreto

fib(CEB-FIP) Model Code 90

$$D_{Cl} = 10^{-10} \text{ para } \cdot \text{CPI} \& \text{CPII}, f_{ck} = 20 \text{MPa}$$

$$D_{Cl} = 3 * 10^{-11} \text{ para } \cdot \text{CPIII} \& \text{CPIV}, f_{ck} = 20 \text{MPa}$$

$$D_{Cl} = 10^{-11} \text{ para } \cdot \text{CPI} \& \text{CPII}, f_{ck} = 50 \text{MPa}$$

$$D_{Cl} = 3 * 10^{-12} \text{ para } \cdot \text{CPIII} \& \text{CPIV}, f_{ck} = 50 \text{MPa}$$

D_{Cl} = coeficiente de difusão de íons cloreto em m^2/s

49

Capilaridade à Água

fib(CEB-FIP) Model Code 90

$$w = 10^{-(4+0.02*f_{ck})} * \sqrt{t}$$

w_t = água absorvida em m^3/m^2

t = tempo de absorção de água em s

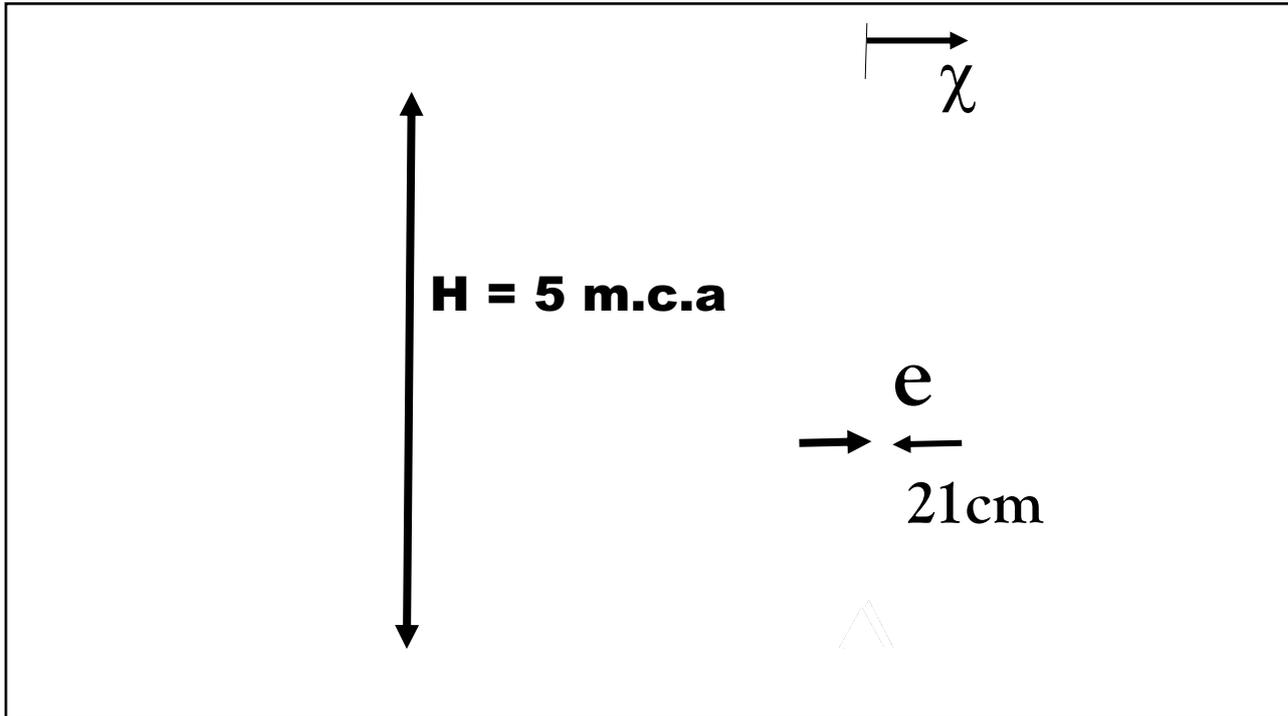
50

| propriedade | 20 MPa | 50 MPa |
|--|--------------------------------------|--|
| coeficiente de permeabilidade à água k_w (cm/s) | $4 \cdot 10^{-10}$ | $300 \cdot 10^{-10}$ |
| carbonatação em 50 anos e_{CO_2} (mm) | 52 | 2 |
| coeficiente de difusão de cloretos D_{Cl} (m^2/s) | $1 \cdot 10^{-10}$ | $10 \cdot 10^{-10}$ |
| absorção capilar de água em 24h w (dm^3/m^2) | $40 \cdot 10^{-5}$ | $4 \cdot 10^{-5}$ |

51



52



53

Lei de Darcy
permeabilidade
(gradiente de pressão)

$$V = \frac{Q}{S} = k_w \cdot \frac{H}{x}$$

V → velocidade de percolação de água em cm/s
Q → vazão de água em cm³/s
S → área da superfície confinada por onde percola a água em cm²
H → pressão da água de contacto em cm.c.a
x → espessura de concreto percolada pela água em cm
k_w → coeficiente de permeabilidade do concreto em cm/s

54

Lei de Darcy

permeabilidade
(gradiente de pressão)

$$V = \frac{Q}{S} = k \cdot \frac{H}{x} \quad \Rightarrow \quad \frac{dx}{dt} = \frac{k \cdot H}{x}$$

$$\Rightarrow \quad x dx = H \cdot k \cdot dt$$

$$\Rightarrow \quad \int_0^e x dx = \int_0^t H \cdot k \cdot dt$$

$$\Rightarrow \quad t = \frac{e^2}{2 \cdot H \cdot k}$$

55

Concreto

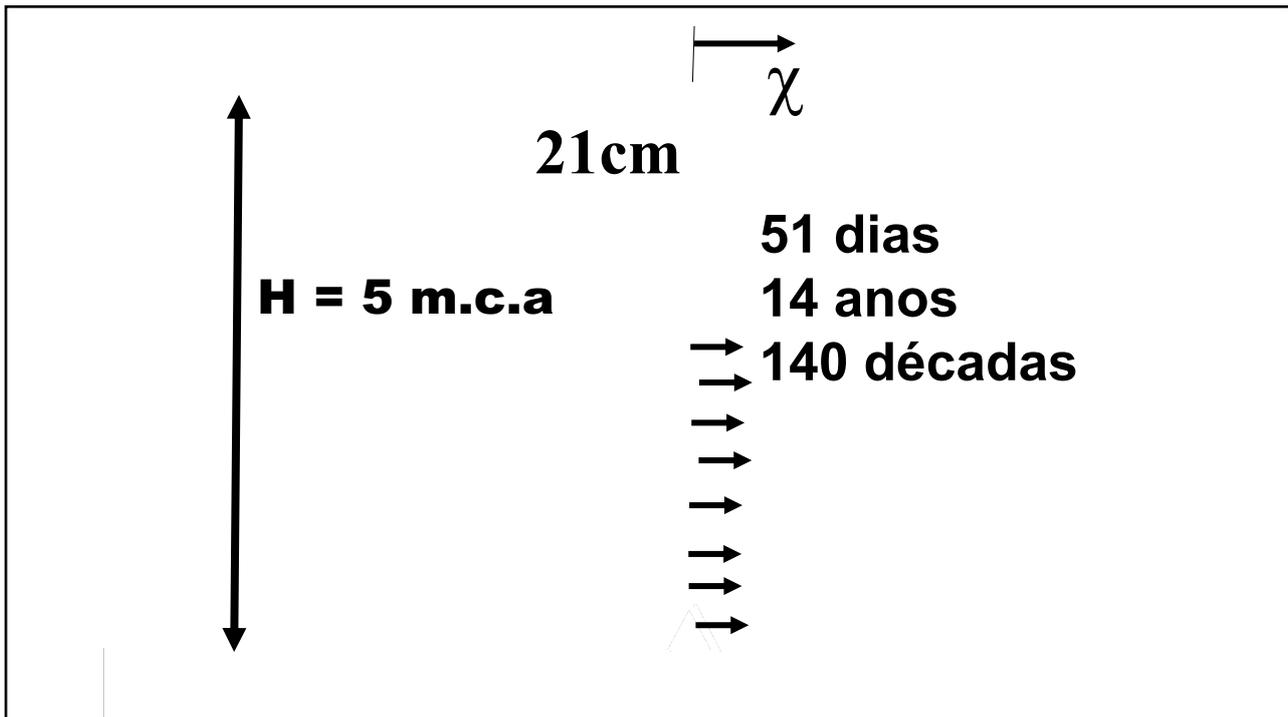
(Lei de Darcy) permeabilidade
(gradiente de pressão)

$$f_{ck} = 20 \text{ MPa} \Rightarrow \frac{a}{c} = 0,75 \Rightarrow k = 10^{-9} \text{ cm/s}$$

$$f_{ck} = 40 \text{ MPa} \Rightarrow \frac{a}{c} = 0,45 \Rightarrow k = 10^{-11} \text{ cm/s}$$

$$f_{ck} = 60 \text{ MPa} \Rightarrow \frac{a}{c} = 0,35 \Rightarrow k = 10^{-13} \text{ cm/s}$$

56



57

CONCRETO é “impermeável”
 difícil → estanqueidade pois depende:
 100% do projetista
 100% do construtor

58

Recomendações ao Projetista estrutural

59

ACI 350 EUROCODE 2

- ✓ Para coluna de água de até 3 m a espessura mínima de laje deve ser > 30 cm, podendo chegar a > 67 cm para 10 mca.
- ✓ Para ser considerada estanque



60

4.1.10 Minimum reinforcement

4.1.10.1 Flexural members—Where flexural reinforcement is required by analysis, the minimum reinforcement ratio ρ should be at least the greater of $3\sqrt{f'_c}/f_y$ and $200/f_y$ in inch-pound units ($0.25\sqrt{f'_c}/f_y$ and $1.4/f_y$ in SI units). A smaller amount of reinforcement may be used if, at every section, the area of tensile reinforcement provided is at least one-third greater than that required by analysis.

4.1.10.2 Direct tension members—For nonprestressed structural elements in regions of direct tension exceeding 100 psi (0.7 MPa), the minimum reinforcement ratio ρ_g should not be less than $5\sqrt{f'_c}/f_y$ ($0.42\sqrt{f'_c}/f_y$). A smaller amount of reinforcement may be used if the area of tensile reinforcement provided is at least one-third greater than that required by analysis. The minimum reinforcement ratio for regions of significant tension stress is based on equating the cracking strength of plain concrete to f_y . The direct tension cracking strength is taken equal to two-thirds the modulus of rupture, $7.5\sqrt{f'_c}$ in inch-pound units ($(5/8)\sqrt{f'_c}$ in SI units). This requirement is intended to prevent abrupt strength changes when cracking occurs.

4.1.11 Serviceability recommendations: concrete structure

4.1.11.1 General—Concrete portions of the elevated tank should conform to this guide to provide adequate performance at service loads. The following should be considered:

Equations (4.1.11.2a) and (4.1.11.2b) are not specifically intended for members subject to direct tension; for these members, it is recommended to limit calculated crack width w to 0.013 in. (0.33 mm) using Eq. (4.1.11.2a). Equation (4.1.11.2a) is the Gergely-Lutz expression that was developed for flexural members and was the basis for distribution of flexural reinforcement in prior to the ACI 318-99 edition using the z_c factor. Numerically, z_c is equal to $w/(k_w\beta)$

$$w = k_w\beta f_s \sqrt[3]{d_c} A \tag{4.1.11.2a}$$

where $k_w = 76 \times 10^{-6} \text{ in.}^2/\text{kip}$ ($11 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{N}$) for members subject to flexure and $100 \times 10^{-6} \text{ in.}^2/\text{kip}$ ($14.5 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{N}$) for members subject to direct tension, and $\beta = 1.2$ for members subject to flexure and 1.0 for members subject to direct tension (Fig. 4.1.11.2).

The direct tension limit is based on the following crack width equation (Eq. (4.1.11.2b)) for direct tension given in ACI 224.2R

$$w = 0.138 f_s d_c \sqrt{1 + \left(\frac{s}{4d_c}\right)^2} \approx 0.10 f_s \sqrt[3]{d_c} A \tag{4.1.11.2b}$$

for s/d_c between 1 and 2.



4. Omissão dos projetos

Algumas circunstâncias, relatadas a seguir, dificultam a incorporação de adequadas armaduras de retração à prática de projeto de reservatórios, canais e piscinas, apesar dos severos danos que sua deficiência provoca – como já salientavam, há mais de 30 anos, os Professores Fritz Leonhardt e Huber Rüschi.

A primeira dificuldade é o desconhecimento por grande parte dos engenheiros da existência desses severos danos de que fala a literatura técnica. Realmente, são danos que não ocorrem à época da construção ou im-

de retração: Isso não é mais armadura de pele! Parecem mais "costelas de dinossauros"! Como aceitá-las, tão desproporcionais?!!

A terceira dificuldade é que os engenheiros de estruturas, quando defrontados com esses tipos de danos, costumam transferir a culpa de seus males para os vícios da prática construtiva. Imaginam que o problema bem que poderia ser resolvido na área da tecnologia, extraprojeto, através de dosagens e curas adequadas. Na verdade, o fenômeno da retração hidráulica começará sempre após a cura, não importa quão demorada e eficiente ela seja.

A quarta e última dificuldade aqui listada é que a exigência da armadura de retração é uma exigência nova e inédita nos textos de nossa Norma (item 17.3.5.2.2). É natural que ocorram questionamentos como, por exemplo: "Se é tão importante, por que só agora?" "O que há de errado em manter a prática anterior?"

A melhor ação para superar essas dificuldades é a de conscientizar os engenheiros da ocorrência das fissuras danosas nos reservatórios e assemelhados, que comprometem sua estanqueidade, em decorrência dos fenômenos da retração e da eficácia de uma armação ade-



nao ocorrem a época da construção ou imediatamente após a obra ser entregue ao uso, mas sim após decorridos, geralmente, alguns meses, quando os engenheiros já se afastaram e alimentam a falsa imagem de que tudo está bem em suas construções, e não há defeitos a registrar.

A segunda dificuldade é que os engenheiros associam essa armação àquela outra que a Norma e a literatura costumam designar de "armadura de pele". Essa armadura, utilizada nas faces das vigas altas, tem função bem distinta da armadura de retração. De fato, a armadura de pele pretende evitar a ocorrência do fenômeno designado em Portugal por "arborização das trincas", isto é, pretende evitar que as múltiplas fissuras existentes ao nível das armações longitudinais, na face inferior das vigas, se juntem mais acima para formar fissuras em menor número e, desconfortavelmente, mais abertas.

Essa armadura de pele, recomendada em nossa Norma, é de apenas 0,10% da seção da viga, em cada face (item 17.3.5.2.3). É natural que cause assombro que essa pseudo "armadura de pele", de repente, para controlar a fissuração devido à retração, necessite ser 5 vezes maior. Ocorre-me a respeito que um colega

quada no controle dessa fissuração.

5. Conclusões

Os efeitos da retração são causa frequente de fissuração em paredes e lajes de fundo de reservatórios, piscinas e canais, com prejuízo de sua condição de estanqueidade.

As taxas de armação necessárias para controle dessa fissuração em paredes até 30cm de espessura é de pelo menos 1%. Esse valor refere-se a uma abertura de fissura $w_{90}=0,15\text{mm}$, a qual se colmata pela carbonatação do cimento, mantendo-se estanque. ♦

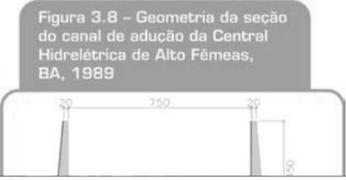
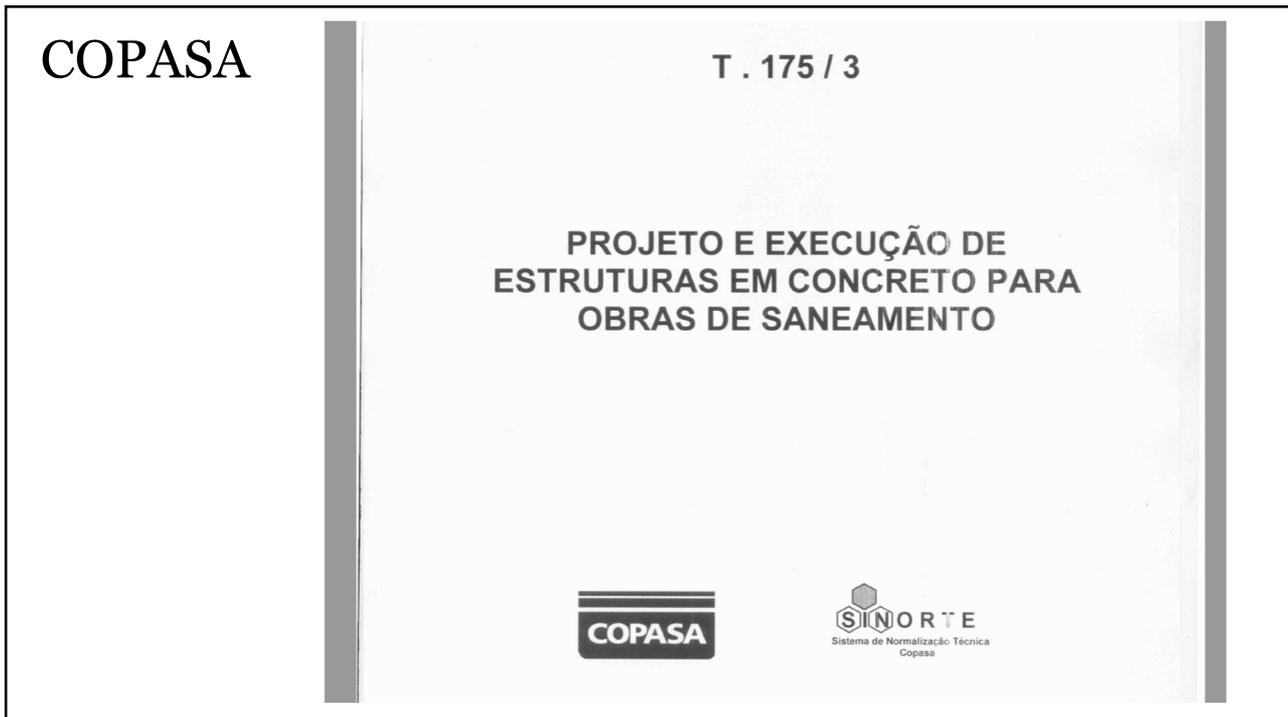


Figura 3.8 – Geometria da seção do canal de adução da Central Hidrelétrica de Alto Fêmeas, BA, 1989

Prof. Laranjeiras:
...em paredes usar taxa de armadura mínima de 1,3 % com espaçamento $< 7\phi$





65

| | | |
|---|---|--------------------------------|
|  | Projeto e Execução de Estruturas em Concreto para Obras de Saneamento | Subst.: T.175/2 Pag.: 10/65 |
|---|---|--------------------------------|

momentaneamente, acarretam não somente um elevado custo financeiro, como impacto político-social e prejuízos para o meio ambiente.

4.2.3 Ao se projetar estas estruturas, além da necessidade de atendimento aos Estados Limites Último Definido pela NBR 6118/2007, deve-se ter especial atenção nas verificações dos Estados Limites de Serviço.

4.2.4 As estruturas de concreto devem ser projetadas e construídas de modo que, sob as condições ambientais previstas na época do projeto, e quando utilizadas conforme preconizado em projeto, conservem sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período correspondente à sua vida útil.

4.3 Condições específicas

4.3.1 Classe de agressividade e qualidade do concreto

4.3.1.1 A unidade a ser projetada deverá ser classificada, quanto ao grau de agressividade do ambiente em que será inserida, de acordo com a Tabela 1, sendo esta classificação informada no projeto.



66



4.3.4 Disposições especiais de projeto

4.3.4.1 Para efeito da verificação do estado de fissuração do concreto, devem ser tomados os seguintes limites de abertura para estruturas hidráulicas:

- a) para as solicitações de utilização que acarretam tração em toda a seção:
 - no concreto aparente ou revestido: 0,15 mm;
- b) para as demais solicitações:
 - no concreto aparente: 0,15 mm;
 - no concreto com revestimento: 0,2 mm.

4.3.5 Aspectos construtivos



67

4.3.2.2 Os valores dos seus cobrimentos devem ser informados em todos os desenhos de armação e atenderem aos valores especificados na Tabela 3.

Tabela 3 - Cobrimento da Armadura

| Estrutura | Componente ou elemento | Cobrimento Nominal |
|---|--|--------------------|
| Classe III - Unidade para Tratamento de Água | Laje de Fundo | 3,5 cm |
| | Paredes, vigas e pilares | 4,0 cm |
| | Vigas superiores e face inferior da laje de cobertura. | 4,5 cm |
| Classe IV - Unidade para Tratamento de Esgoto | Lajes superiores | 4,5 cm |
| | Paredes, vigas e pilares e a laje inferior em contato com o terreno. | 5,0 cm |

4.3.3 Ações e cargas a considerar

4.3.3.1 Para efeito de dimensionamento da estrutura devem ser usadas as seguintes massas específicas:

- a) Água, esgoto bruto 1,00 t/m³;



68



4.3.5.19 O posicionamento das juntas de concretagem deve ser indicado no projeto e deve estar compatível com o detalhamento da armação. Em paredes de reservatórios em concreto, a primeira junta de concretagem horizontal deve ser indicada “no mínimo” 25 cm acima do topo do chanfro ou mísula projetado entre a laje de fundo e a parede.

4.3.5.20 O projeto deve registrar a recomendação para que a segunda etapa de concretagem seja iniciada após 48h, no mínimo, do término da concretagem da primeira etapa. Além das recomendações usuais de limpeza e tratamento da junta previamente à continuação da concretagem, pode ser previsto dispositivos mata juntas de impermeabilização, preferencialmente do tipo selante hidro expansivo (usado conforme instruções do fabricante), devido à maior facilidade de aplicação.





71

Recomendações ao Construtor

72



73

Por que ocorre isso?

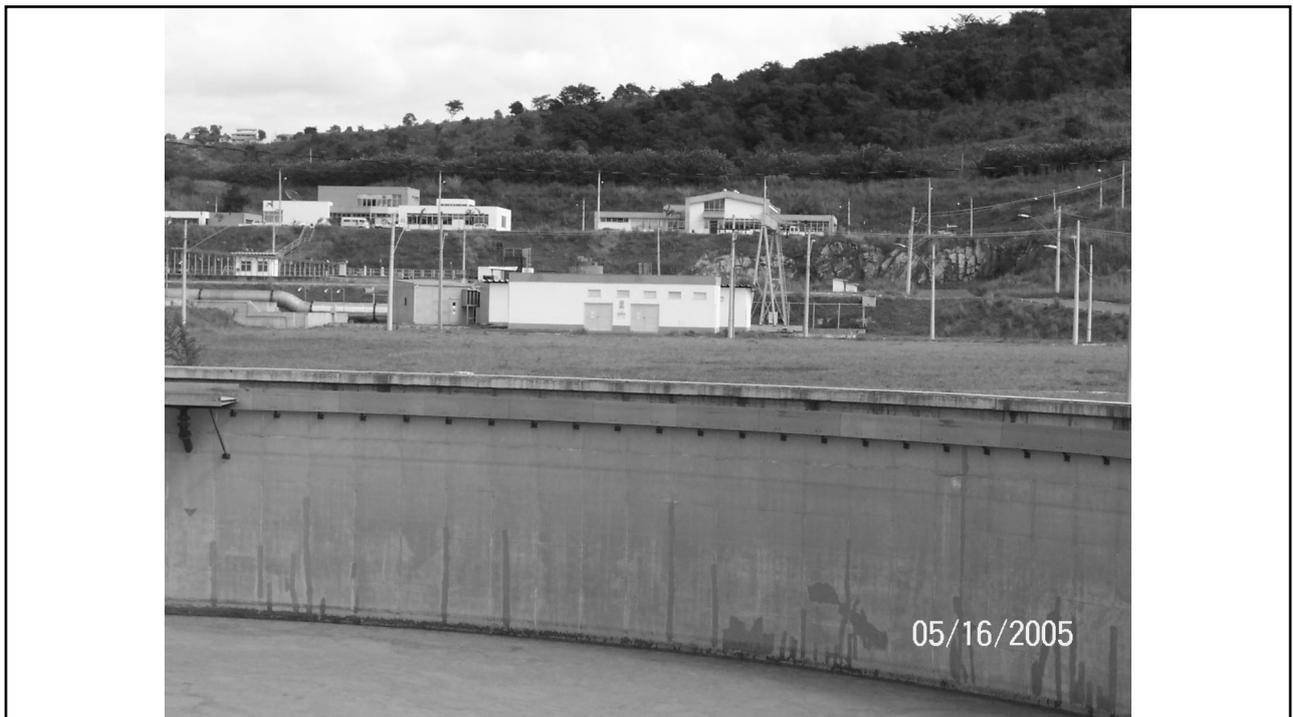


74

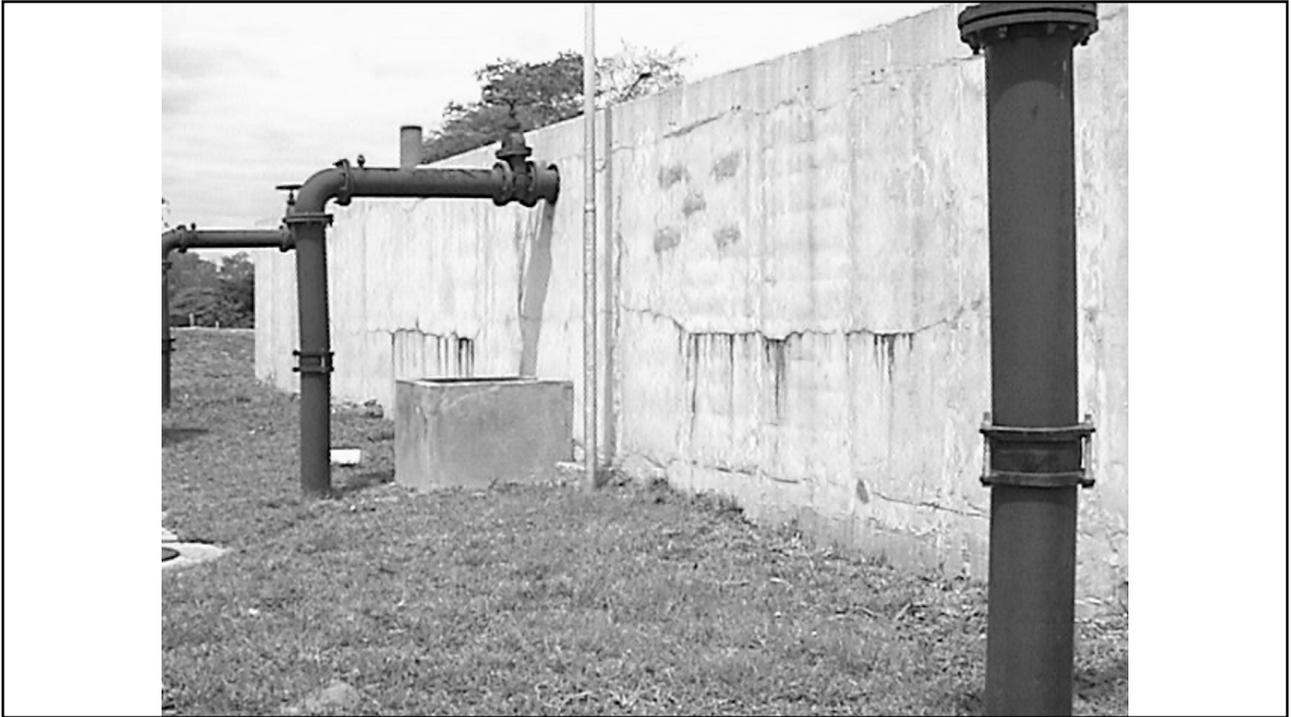
Por que ocorre isso?



75



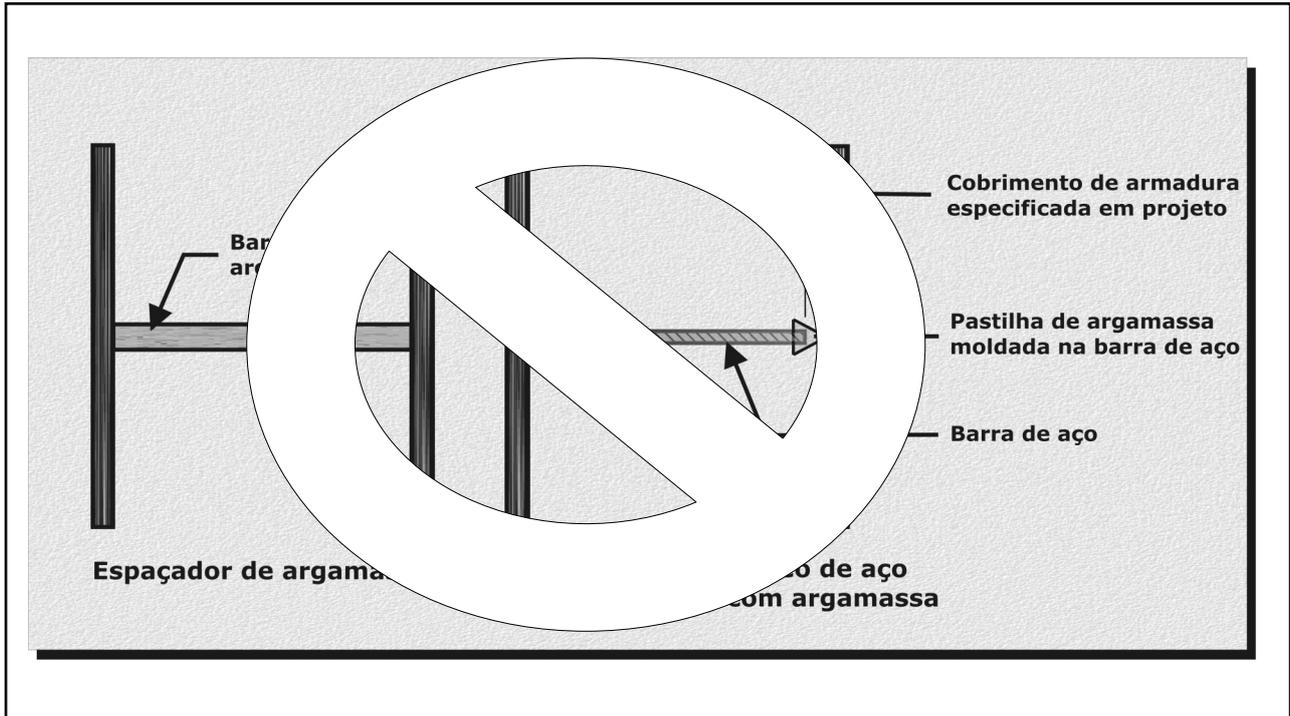
76



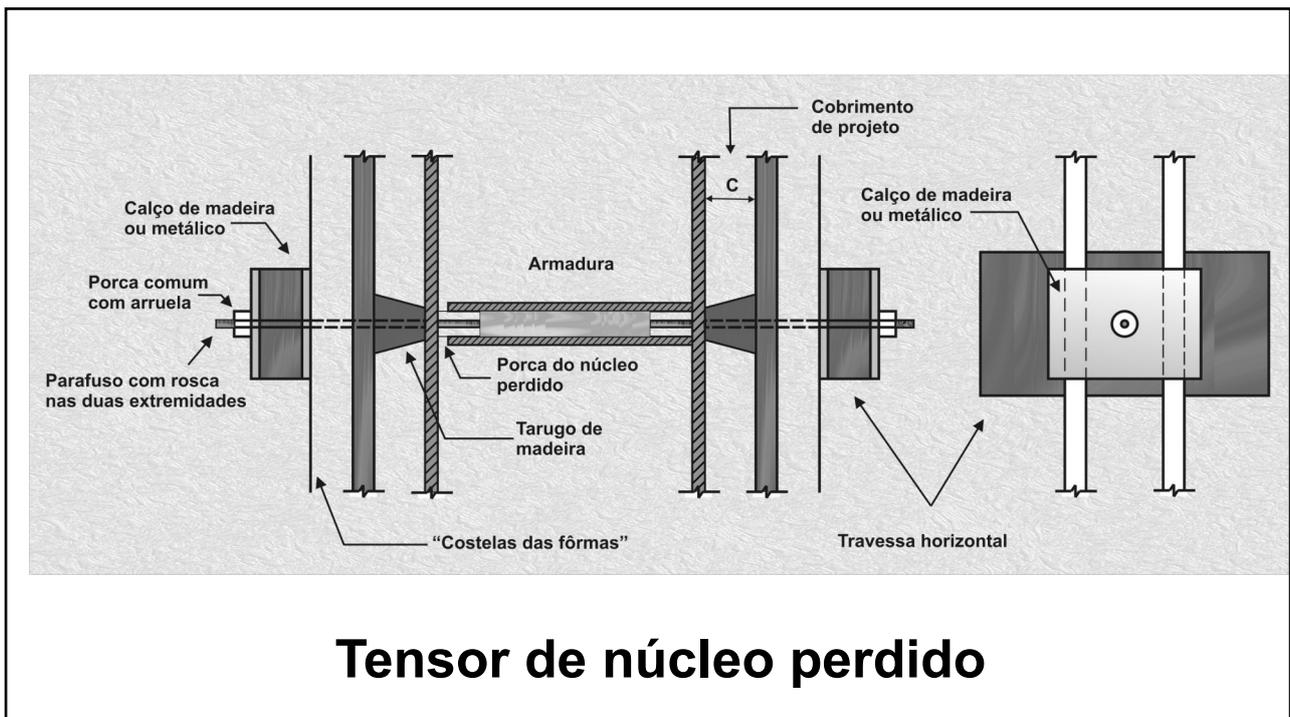
77



78



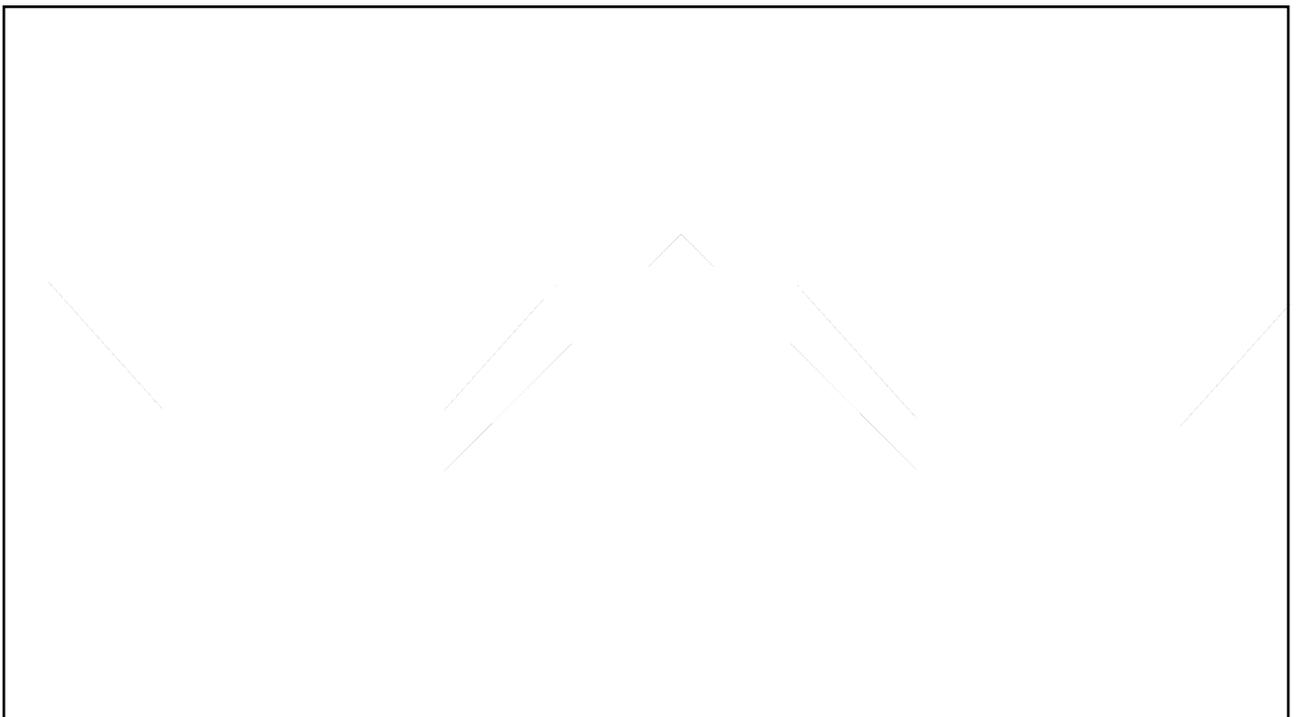
79



80



81



82

Proteção contra Corrosão!

83

7.12 Pastilha, calços, espaçadores e separadores

7.12.1 Merece especial atenção a colocação de pastilhas, calços, espaçadores e separadores necessários para manter a armadura em posição.

7.12.2 As pastilhas, calços, espaçadores e separadores preferentemente, devem ser de plástico rígido, de superfície áspera e fixados às barras da armadura por pressão.

7.12.3 As pastilhas de argamassa forte de cimento e areia, mesmo que capazes de resistir ao esmagamento devido ao peso da armadura, não devem ser utilizadas.

Nota: As pastilhas de argamassa têm-se mostrado um ponto fraco por onde se inicia a corrosão do concreto e da armadura nas obras de saneamento, pois:

- a) não se adaptam à forma da barra da armadura e, via de regra, se esmagam ou se trincam;
- b) têm superfície lisa, às vezes com película, que dificulta a aderência ao concreto;
- c) quando no concreto ocorre a retração ou contração por queda de temperatura, deforma-se criando uma linha de percolação e propiciando o ataque da armadura pelos agentes agressivos.



NORMA TÉCNICA

Projeto e Execução de Estruturas em Concreto para Obras de Saneamento

N.º: T.175/3
Aprov.: 30/05/18
Subst.: T.175/2
Pag.: 57/65

7.13 Peças embutidas

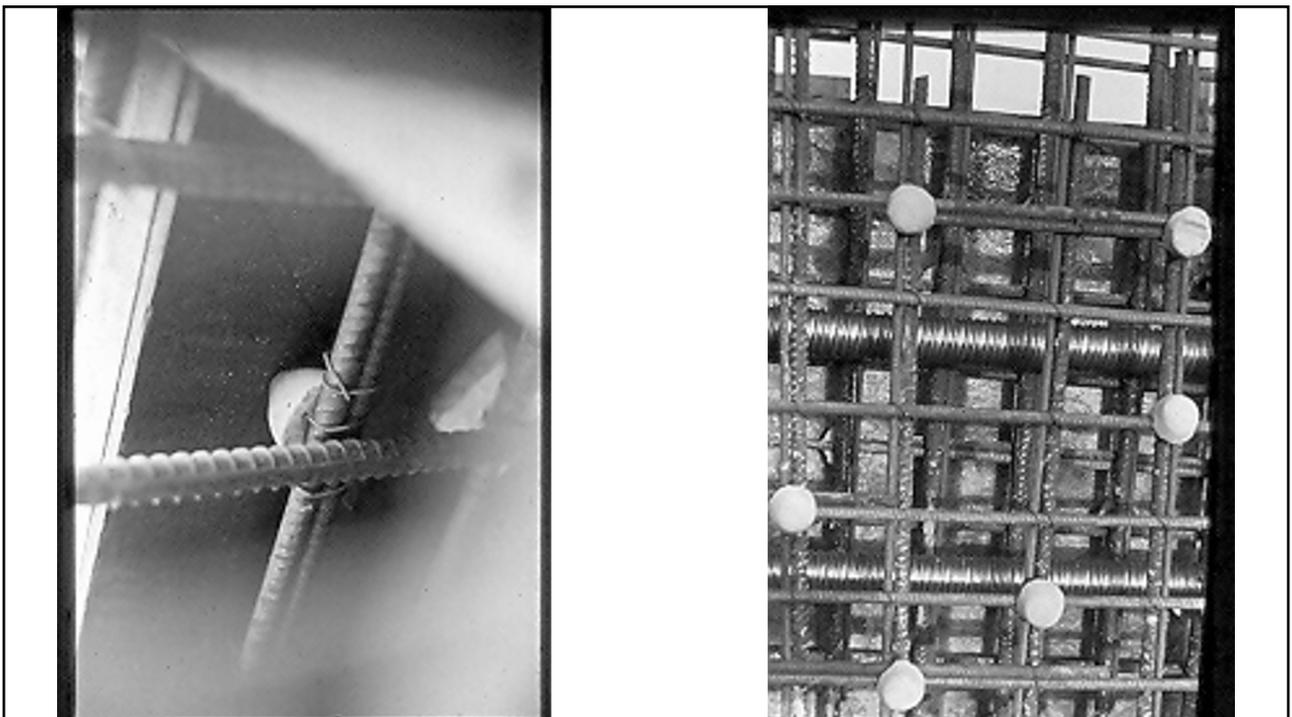
7.13.1 As ancoragens, as tubulações ou as juntas de vedação devem estar convenientemente firmes à forma ou à armadura, para não se deslocarem na concretagem.

7.13.2 Devem ser limpas de graxa, óleo e poeira para garantia de boa aderência ao

84



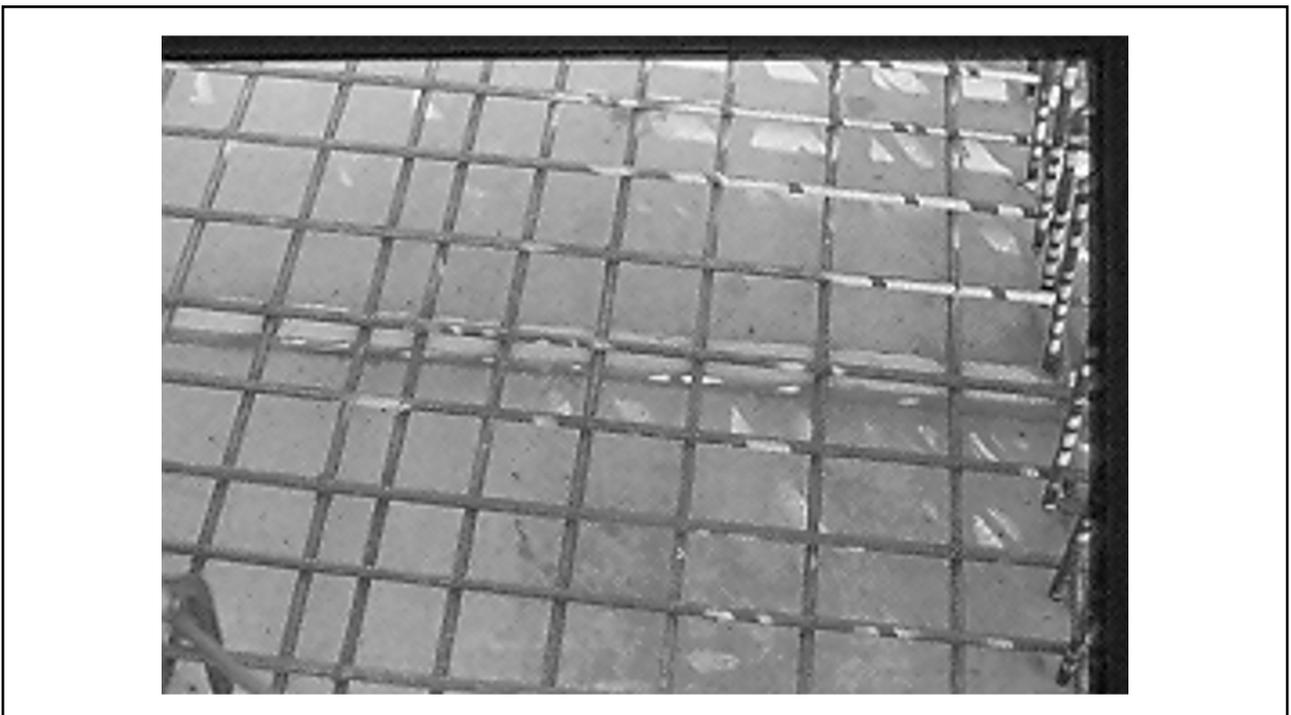
85



86



87



88



89



Concretagem paredes

- 1) Concretagem de madrugada : antes da 5h , terminando antes das 9h.
- 2) Concreto com cimento de baixo teor de C3A (4%)
- 3) Cinza volante, sílica ativa, metacaulim, escória alto forno
- 5) Concreto com gelo em flocos
- 6) Temperatura de lançamento do concreto $\leq 18^{\circ}\text{C}$.
- 7) Temperatura ideal no lançamento do concreto = 15°C .
- 10) Formas de madeira mantidas até que a temperatura do concreto fique mais baixa, ficando apenas 15°C acima da temperatura do ambiente.

90

Cura: etapa 1



91

Cura



92

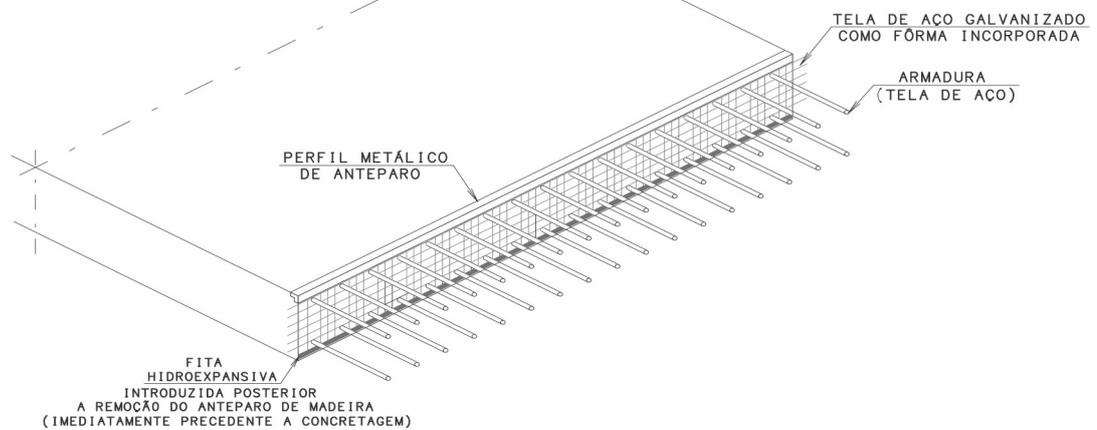
Cura: etapa 2



93

Juntas de concretagem

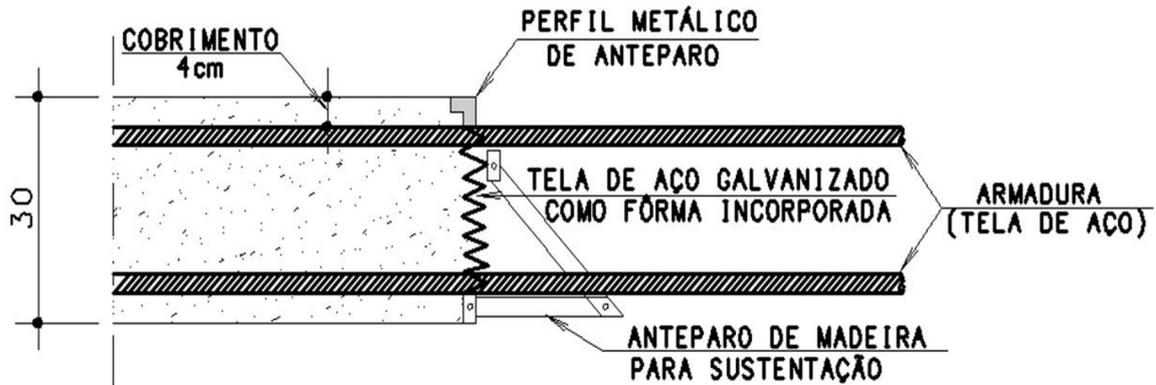
DETALHE EM PERSPECTIVA



94

Juntas de concretagem

CORTE LOGITUDINAL
S/ESCALA



95

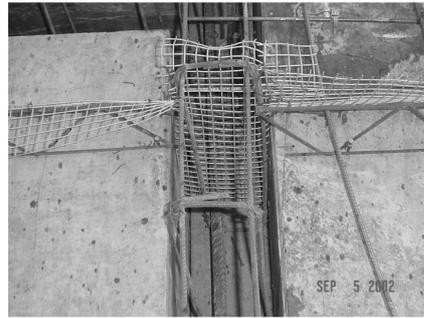
Juntas de concretagem

CORTE LOGITUDINAL APÓS REMOÇÃO DO ANTEPARO
S/ESCALA



96

Juntas de concretagem



Créditos: Antônio Carlos Zorzi

97

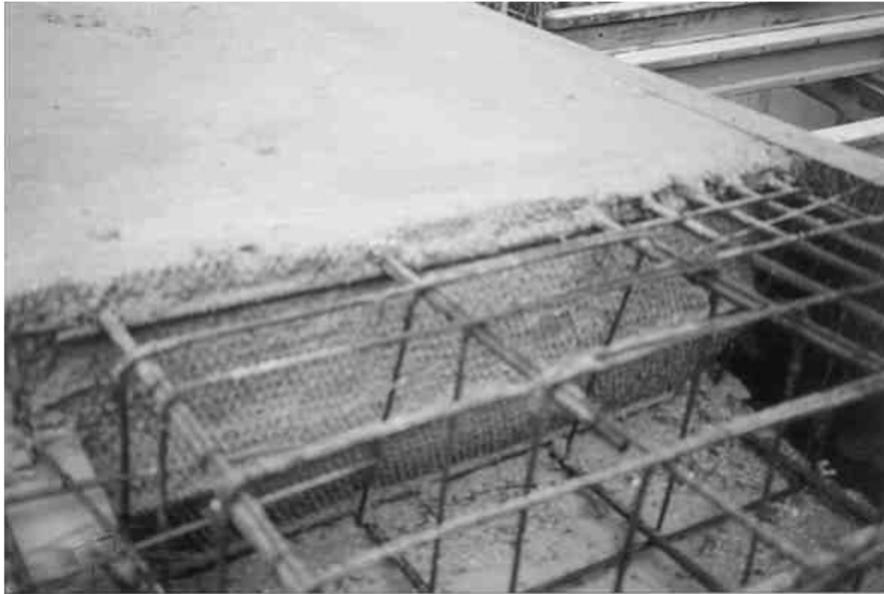
Juntas de concretagem



Créditos: Antônio Carlos Zorzi

98

Juntas de concretagem



99

Procedimento correto

E se chover durante a concretagem?



Obrigatório proteção provisória ...

100

Controle do Concreto fresco e endurecido



101

- ...agem de cura adequada ao indicado pelo fabricante,
- c) no concreto fresco devem ser realizados os seguintes ensaios:
- consistência NBR NM 67;
 - tempo de pega NBR NM 9;



NORMA TÉCNICA
 Projeto e Execução de Estruturas em
 Concreto para Obras de Saneamento

N.º: T.175/3
 Aprov.: 30/05/18
 Subst.: T.175/2
 Pag.: 26/65

- tempo de manutenção de trabalhabilidade Procedimento
 - massa específica NBR 9833;
 - teor de ar incorporado NBR 9833;
 - exsudação ASTM-C 232;
 - perda de abatimento NBR 10342;
- d) no concreto endurecido devem ser realizados os seguintes ensaios:
- massa específica NBR 9778;
 - resistência à compressão axial NBR 5739;
 - resistência à tração por compressão diametral NBR 7222;
 - resistência à tração na flexão NBR 12142;
 - variações de comprimento NBR 8490;



102

Dosagem do Concreto Estanque ACI 350

5.3.2.2 — When a concrete production facility does not have field strength test records current within 1 year for calculation of standard deviation meeting requirements of 5.3.1.1 or 5.3.1.2, required average strength f_{cr}' shall be determined from Table 5.3.2.2 and documentation of average strength shall be in accordance with requirements of 5.3.3.

TABLE 5.3.2.2 — REQUIRED AVERAGE COMPRESSIVE STRENGTH WHEN DATA ARE NOT AVAILABLE TO ESTABLISH A STANDARD DEVIATION

| Specified compressive strength f_c' , psi | Required average compressive strength f_{cr}' , psi |
|---|---|
| 4000 to 5000 | $f_c' + 1200$ |
| Over 5000 | $1.10f_c' + 700$ |

$$f_{ck} = 35 \text{ MPa}$$

$$f_{cm} > 43 \text{ MPa}$$

$$\text{NBR 6118 } f_{cm} > 42 \text{ MPa}$$

$$f_{ck} = 50 \text{ MPa}$$

$$f_{cm} > 60 \text{ MPa}$$

$$\text{NBR 6118 } f_{cm} > 57 \text{ MPa}$$

103

Verificação da Estanqueidade

104

10.3 **Recomendações a serem observadas no carregamento inicial de tanques e reservatórios**

10.3.1 Encher os compartimentos, ou o reservatório, lenta e regularmente, de modo que os níveis máximos previstos sejam atingidos em 24 horas ou mais;

10.3.2 Manter os compartimentos em carga máxima durante 8(oito) dias, no mínimo;

10.3.3 No caso de compartimentos em bateria, enchê-los simultaneamente para que não haja sensíveis diferenças de nível entre os mesmos;

COPASA

NORMA TÉCNICA
Projeto e Execução de Estruturas em Concreto para Obras de Saneamento

N.º: T.175/3
Aprov.: 30/05/18
Subst.: T.175/2
Pag.: 65/65

10.3.4 No caso de compartimentos em bateria com níveis de operação diferentes, deve-se enchê-los simultaneamente ao nível máximo que cada um pode comportar, a fim de submeter toda a área de fundação ao carregamento máximo;

10.3.4 Esvaziar os compartimentos de modo alternado e inopinado, de modo a se verificar o comportamento das paredes intermediárias.

10.4 Constatações de vazamentos

10.4.1 Os vazamentos somente devem ser considerados 8(oito) dias após o enchimento da estrutura, no mínimo;

10.4.2 No caso de reservatórios de água, estes vazamentos não devem ser superiores a 250 cm³/dia/m² de superfície de contato da água com a estrutura;

10.5 Aceitação da obra

10.5.1 A estrutura será aceita quando atender o item 16 da NBR 6118 e os itens 10.1, 10.2, 10.3 e 10.4 desta Norma.

Encontro Técnico
AESABESP
Congresso Nacional
de Saneamento e
Meio Ambiente

105

CONCLUINDO

projetar e construir obras de saneamento duráveis depende:

- ✓ especificação;
- ✓ projeto;
- ✓ preço unitário;
- ✓ dosagem / controle;
- ✓ conscientização da direção da construtora;
- ✓ treinamento dos operários;
- ✓ fiscalização

106



As atividades do CT-901

CT 901 – Comitê IBRACON de Aplicações do Concreto para Obras de Saneamento Básico

Missão: Estudar as particularidades das estruturas de concreto armado e protendido aplicadas ao saneamento básico, tanto no que se refere aos materiais propriamente ditos quanto às suas aplicações estruturais. Com base nisto, estabelecer critérios de projeto, execução, operação e manutenção que visem a durabilidade.

Objetivos:

1. Elaborar Práticas Recomendadas para serem publicadas pelo IBRACON, dentro de seu escopo.
2. Preparar o texto-base de uma Norma Técnica sobre o assunto a ser encaminhada para a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).
3. Promover a integração do setor de estruturas de concreto/materiais de construção com o setor de saneamento que se relaciona diretamente com a Engenharia Civil (projetistas, construtores, etc.)
4. Organizar atividades que interajam com o CT-801 (Comitê IBRACON de Atividades Estudantis), de modo a oferecer, já no ambiente escolar, visão holística das áreas – vide item 3.



107



Temas para Pesquisa

Colegas que participam do CT-901 (Saneamento IBRACON) recomendam, por exemplo:

- Quantificação da contribuição dos cristalizantes para a durabilidade do concreto;
- Quantificação da eficiência dos materiais, principalmente cimento, frente à agressividade do meio;
- Verificação da suficiência do cristalizante biogênico (é suficiente para dispensar a proteção com membranas flexíveis?)
- Reavaliação dos valores de cobertura das armaduras para estruturas de saneamento.



108



Obrigado

