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

- **INTRODUÇÂO (PH+VC)**
- **CONCEITOS (PH)**
- **ASPECTOS RELEVANTES DE PROJETO (PH)**
- **ASPECTOS RELEVANTES DE EXECUÇÂO (PH)**
- **CONTROLE E ACEITAÇÂO**
- **TEMAS PARA PESQUISA (VC)**
- **AS ATIVIDADES DO CT-901 (VC)**

Encontro Técnico
AESABESP
Congresso Nacional
de Saneamento e
Meio Ambiente

2

Conceitos

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

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

3

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*

4

Mecanismos de Deterioração e Envelhecimento

Aço / Armadura

- ✓ corrosão por carbonatação
- ✓ corrosão por cloretos

Concreto

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

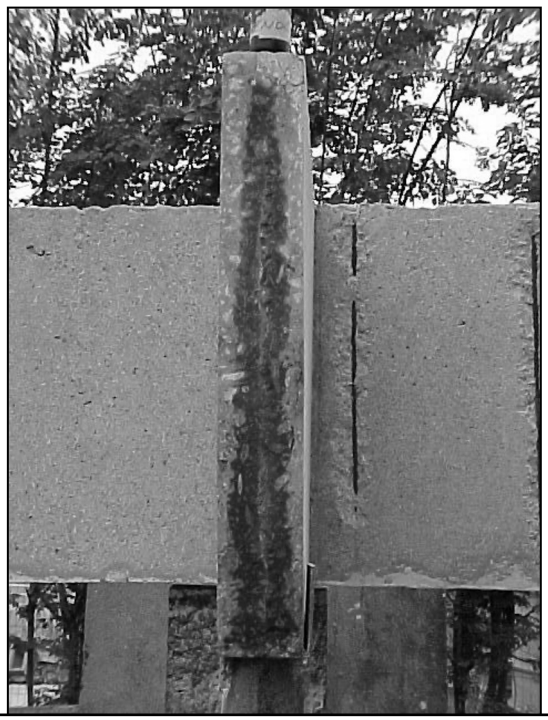
Estrutura

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

5

Aço →

Corrosão por carbonatação



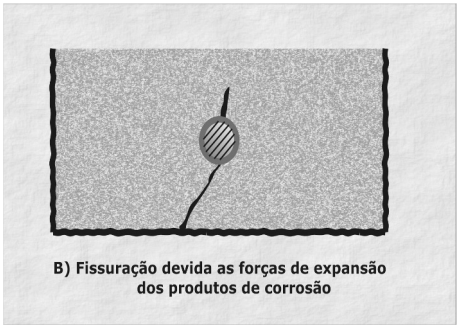
6

Aço →
Corrosão por cloretos

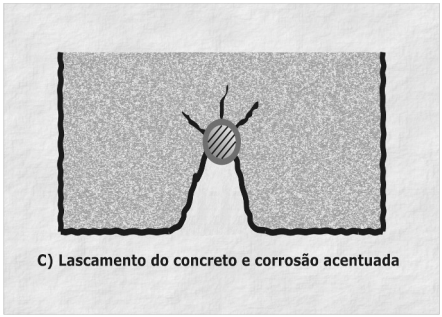
7

8

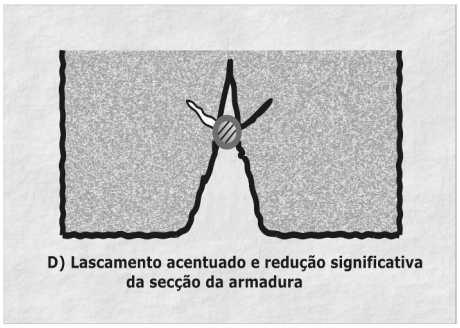
A) Penetração de agentes agressivos por difusão, absorção ou permeabilidade



B) Fissuração devida as forças de expansão dos produtos de corrosão



C) Lascamento do concreto e corrosão acentuada



D) Lascamento acentuado e redução significativa da secção da armadura

9

10

11

12

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

Cobertura do Prédio da FAU-USP

Edifício da Engenharia Civil POLI.USP

13

Concreto → *Lixiviação* *(chuva ácida)*

14

MASP Museu de Arte São Paulo 1968

15

16

17

Ação de Sulfatos

- $Na_2SO_4 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaSO_4 + 2NaOH$

  Lixiviação

- $CaSO_4 + H_2O \rightarrow CaSO_4.2H_2O$

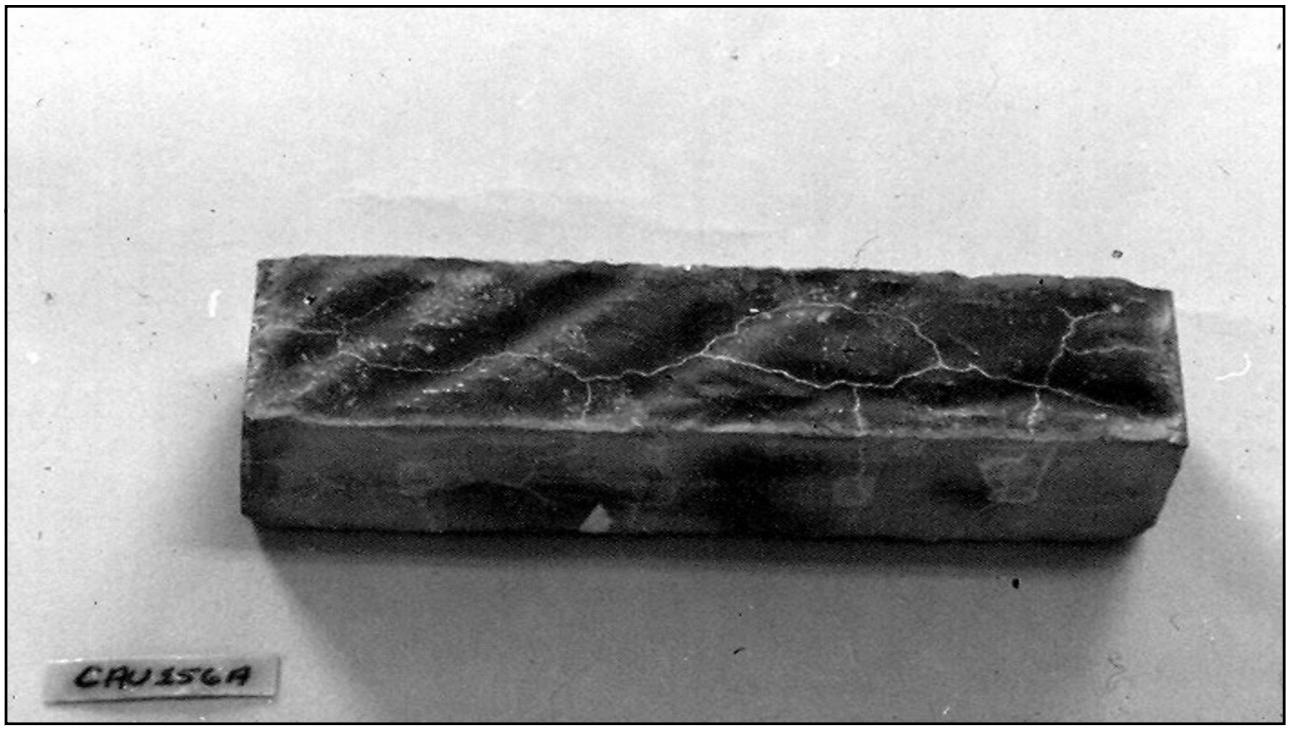
  Expansão

- $3CaSO_4 + C_3A.nH_2O \rightarrow C_3A.3CaSO_4.32H_2O$

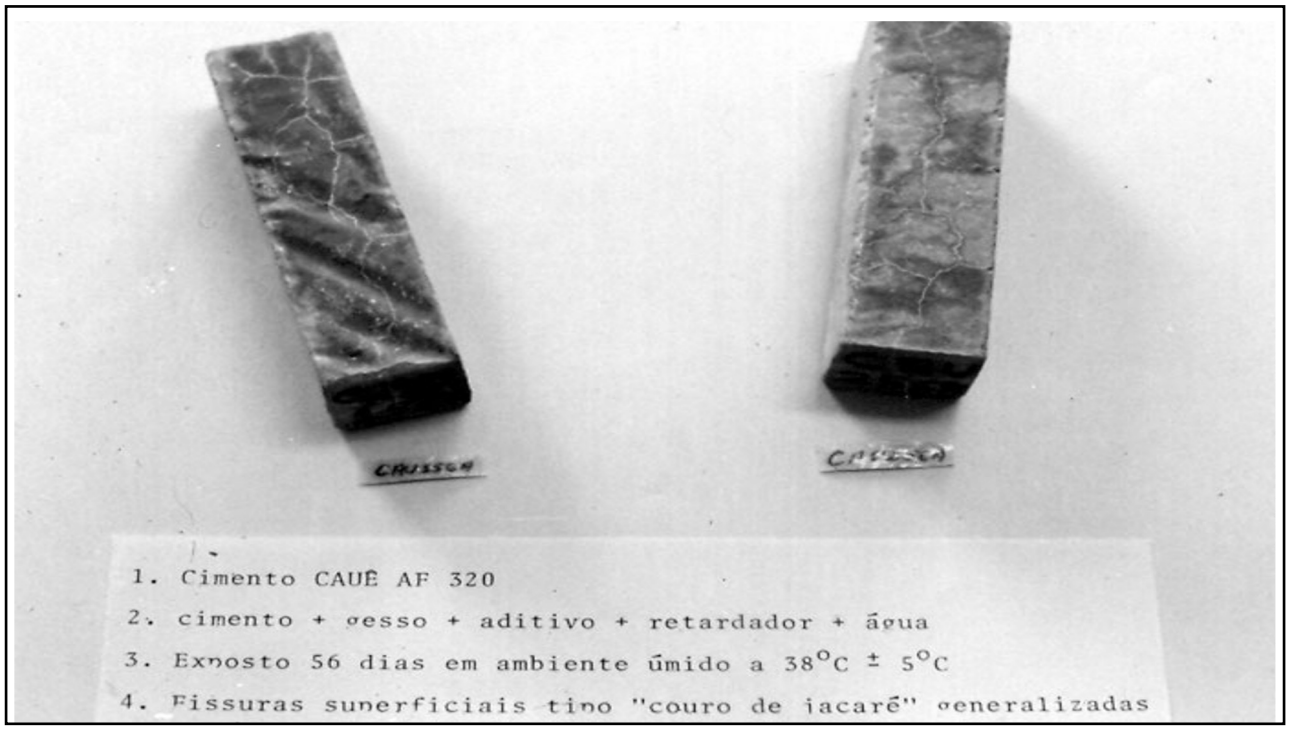
  74 150 715

  Expansão

18


CAU15GA

19


1. Cimento CAUÊ AF 320
2. cimento + gesso + aditivo + retardador + água
3. Exposto 56 dias em ambiente úmido a 38°C ± 5°C
4. Fissuras superficiais tipo "couro de jacaré" generalizadas

20

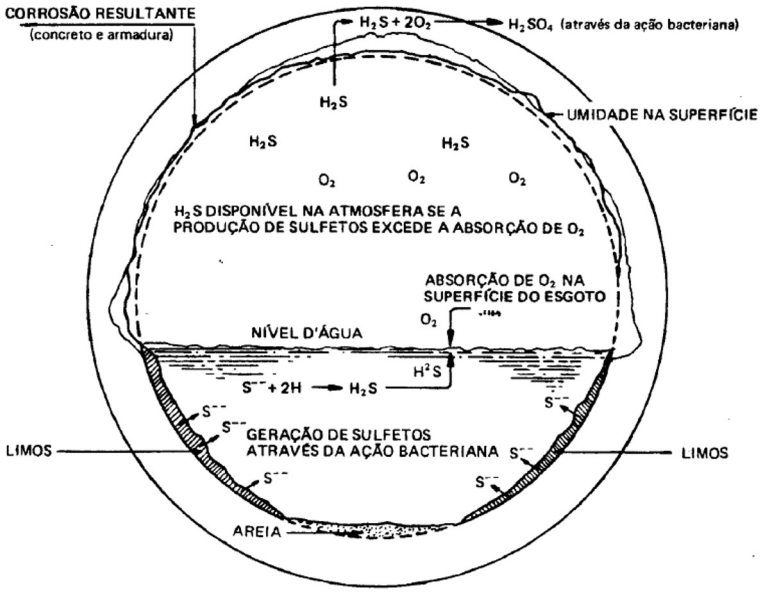
21

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 5 a 20 anos para que o ataque se manifeste de forma severa);
- Pode gerar movimentações globais da estrutura;

22

Galerias de Esgoto Sulfatos externos



23

24

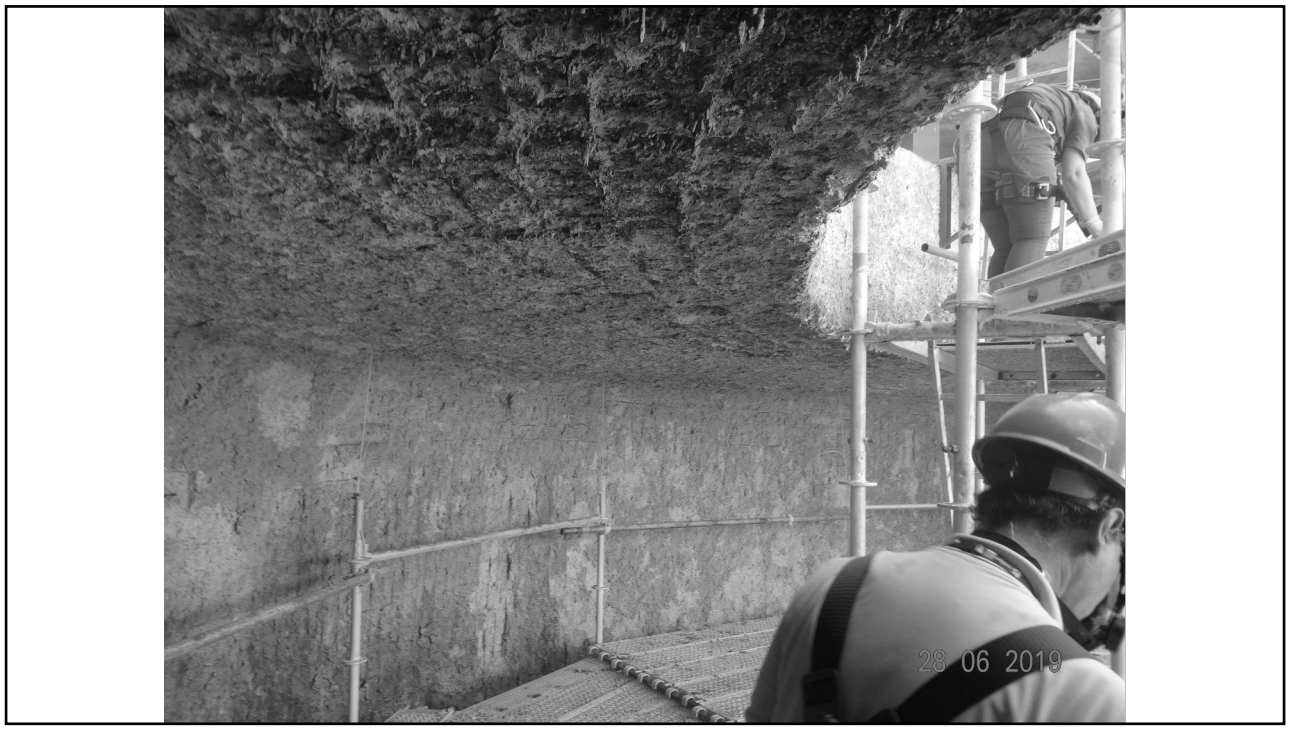
25

26

27

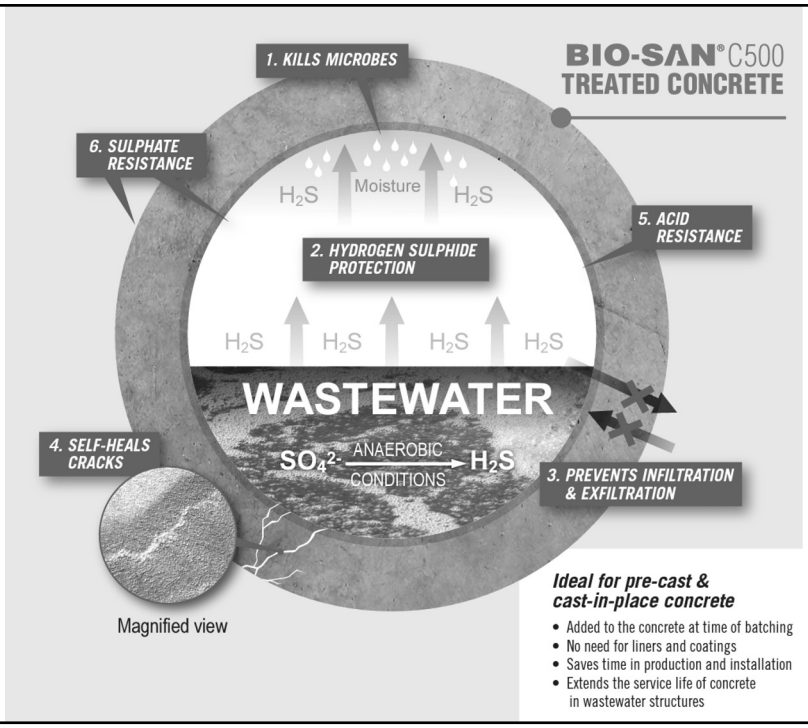
28

29



30

XYPEX



31

constituídos principalmente por resinas de epóxi, poliuretano, furânicas, fenólicas ou de poliéster. Os inorgânicos são principalmente à base de cimento ou outros sistemas minerais.

As principais características típicas encontradas nos sistemas minerais e orgânicos estão demonstradas na tabela 3.

4. Risco de osmose em revestimentos orgânicos

Figura 3 – **Ataque de ácido sulfúrico biogênico**

Um das principais diferenças entre os sistemas orgânicos e inorgânicos diz respeito a difusão de vapor de água. Normalmente, os revestimentos inorgânicos são considerados abertos à difusão de água enquanto os orgânicos fechados à difusão de vapor de água. Por esta característica, devem-se tomar cuidados especiais na da utilização de revestimentos orgânicos em estruturas de saneamento, devido ao grande risco da ocorrência do fenômeno de osmose. Sabe-se que o movimento da água

Para um revestimento protetor ser considerado permeável ao vapor, este deve possuir um valor S_D (steam diffusion) menor que 5,0 metros em camada de ar, conforme os critérios preconizados na norma para revestimentos para proteção de superfícies de concreto EN 1504-2:2004. Caso o revestimento apresente um valor S_D maior que 50 metros de camada de ar, este é considerado impermeável à difusão de vapor e pode apresentar patologias de bolhas e desplacamentos, como mostrado na Figura 5. Para

Encontro Técnico AESABESP
Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

32

Referências Critérios de Classificação

Concentração de sulfato > 3.000 mg/kg no solo
> 600 mg/l SO_4 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

33

NBR 6118:2014 & NBR 12655:2015
"qualidade do cobrimento"

Tabela 4 Requisitos para concreto exposto a soluções contendo sulfatos

Condições de esposição em função da agresividade	**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 SO_4 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.

34

Reação álcali-agregado AAR → reatividade agregados

Reações com Peróxido de Hidrogênio → H_2O_2 agua oxigenada

Delayed Ettringite Formation DEF → temperatura

35

36

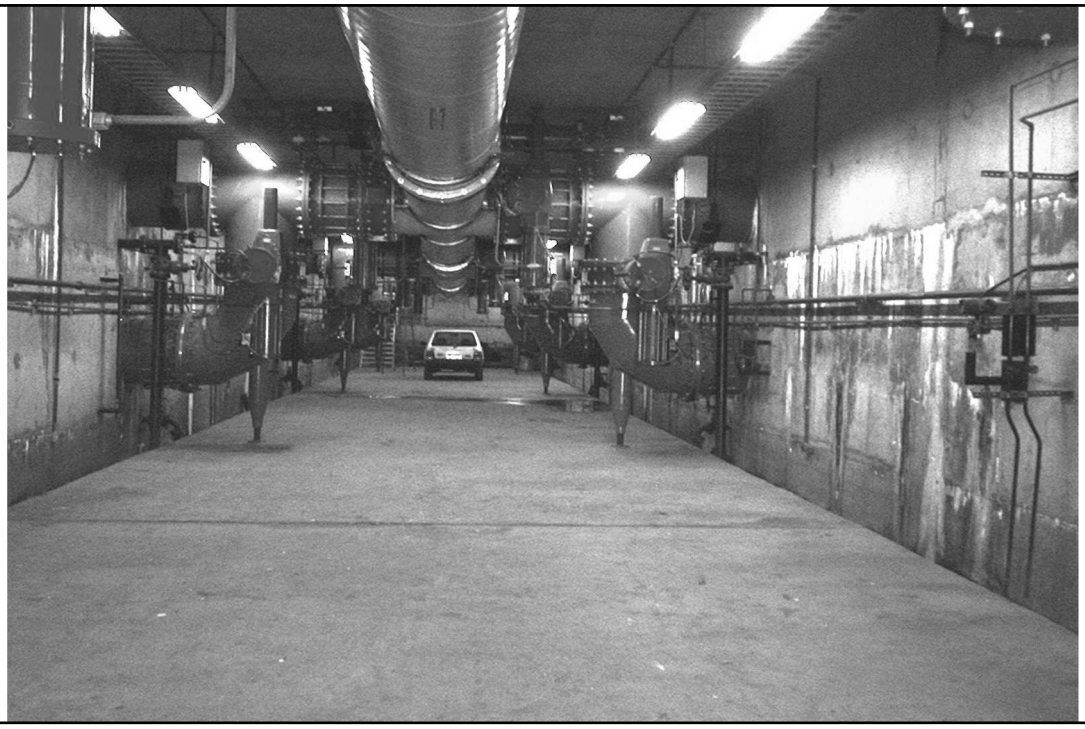
Concreto é “impermeável”

PROBLEMÃO

“quase insolúvel”

ESTANQUEIDADE!

37



38

39

Ingresso de gases e fluidos

mecanismos de transporte

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

40

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

41

Permeabilidade do concreto ao O_2

***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

42

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

43

Frente de Carbonatação

***fib*(CEB-FIP) Model Code 90**

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

$e_{CO2,t}$ = profundidade carbonatada em m

t = tempo de exposição ao CO_2 com HR = 65% ou idade do concreto em s

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

44

Difusibilidade de íons Cloreto

***fib*(CEB-FIP) Model Code 90**

$$D_{Cl} = 10^{-10}\ para \cdot CPI\ \&\ CPII, f_{ck} = 20MPa$$
$$D_{Cl} = 3*10^{-11}\ para \cdot CPIII\ \&\ CPIV, f_{ck} = 20MPa$$
$$D_{Cl} = 10^{-11}\ para \cdot CPI\ \&\ CPII, f_{ck} = 50MPa$$
$$D_{Cl} = 3*10^{-12}\ para \cdot CPIII\ \&\ CPIV, f_{ck} = 50MPa$$

D_{Cl} = coeficiente de difusão de íons cloreto em m²/s

45

Capilaridade à Água

***fib*(CEB-FIP) Model Code 90**

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

w_t = água absorvida em m³/m²

t = tempo de absorção de água em s

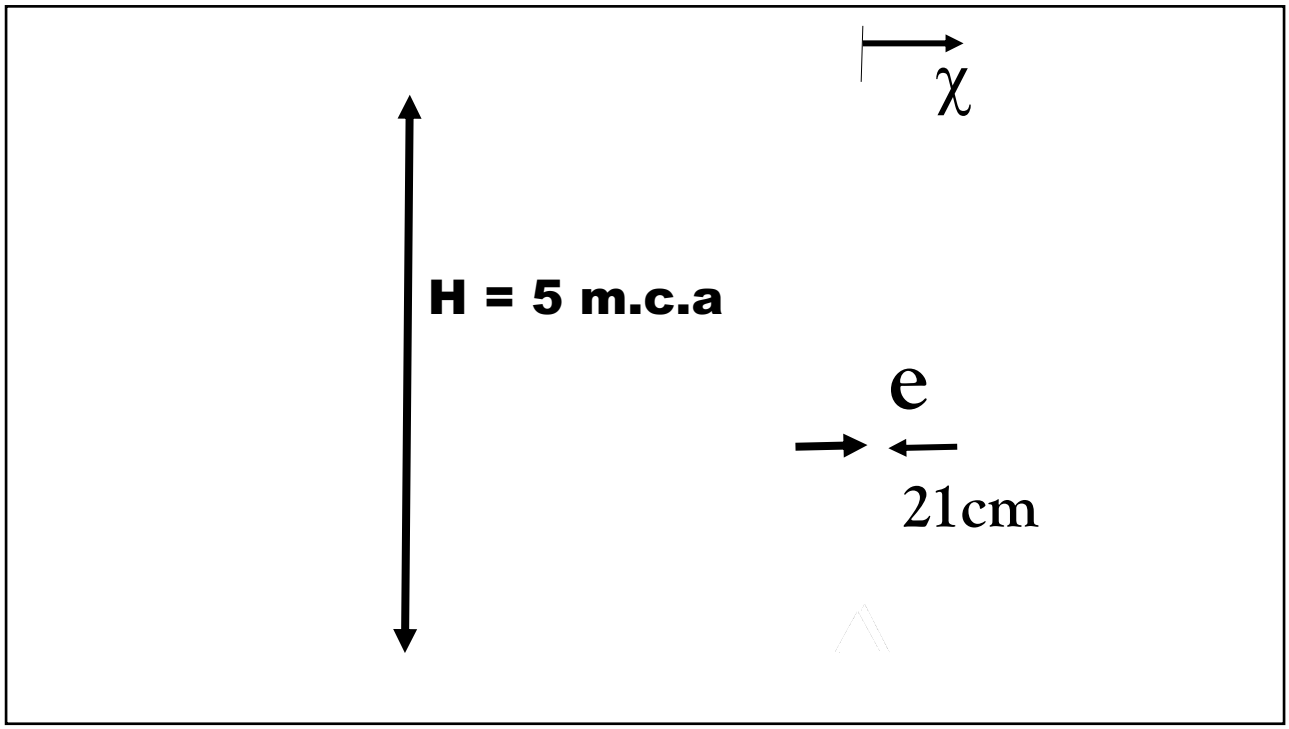
46

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

47

Permeabilidade ??

48



49

Lei de Darcy

permeabilidade
(gradiente de pressão)

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

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 pemeabilidade do concreto em cm/s

50

Lei de Darcy

permeabilidade
(gradiente de pressão)

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

$$\Rightarrow xdx = H \bullet k \bullet dt$$

$$\Rightarrow \int_0^e xdx = \int_0^t H \bullet k \bullet dt$$

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

51

Concreto

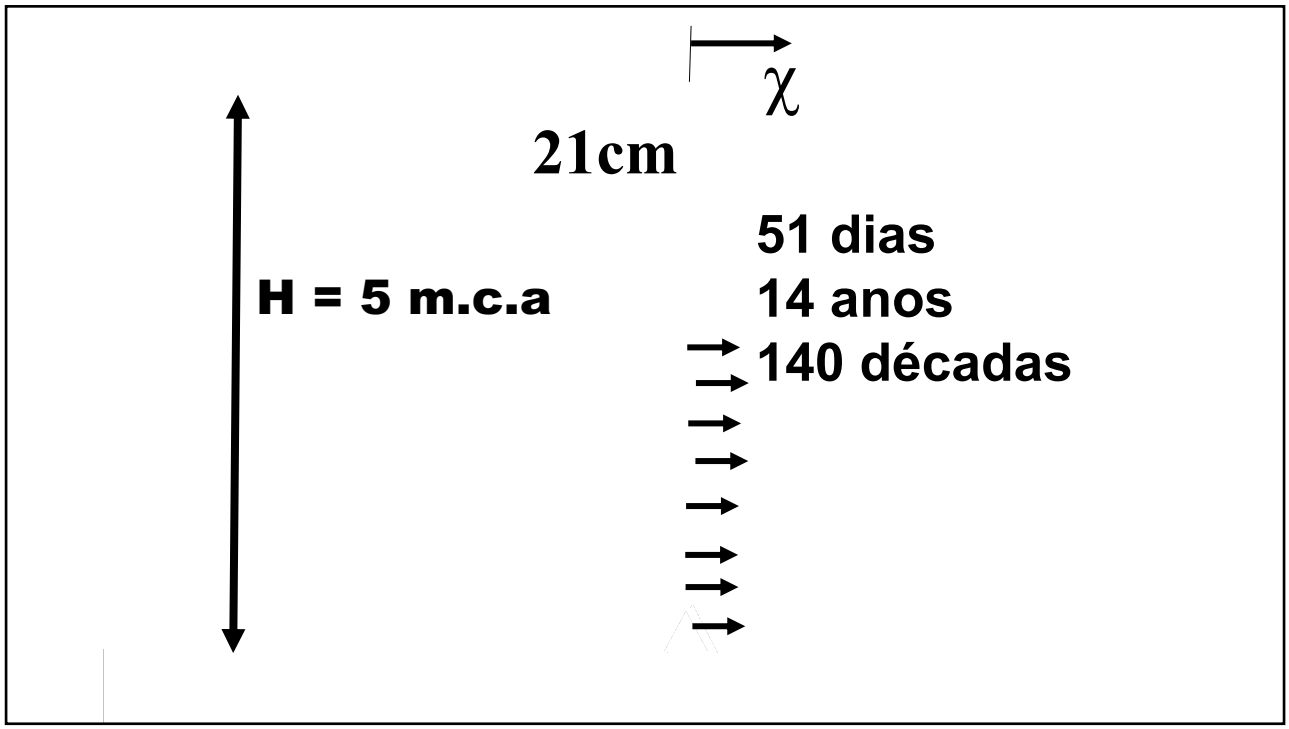
(lei de Darcy) permeabilidade
(gradiente de pressão)

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

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

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

52



53

CONCRETO é “impermeável”

difícil → estanqueidade pois depende:

100% do projetista

100% do construtor

54

Recomendações ao Projetista estrutural

55

Inserir aquí as referencias bibliográficas corretas:
ACI 350
COPASA
Revista CONCRETO

56

Encontro Técnico AESABESP
Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

57

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 Rüsch.

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

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 causa 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 texto 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-

Encontro Técnico AESABESP
Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

58

não 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, utlizada 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 freqüente 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 w90=0,15mm, 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 < 7ϕ

Encontro Técnico AESABESP Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

59

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 $w/(k_w\beta)$

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

where $k_w = 76 \times 10^{-6}$ in.^{2}/kip (11×10^{-6} mm^2/N) for members subject to flexure and 100×10^{-6} in.^{2}/kip (14.5×10^{-6} mm^2/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

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

for s/d_c between 1 and 2.

American Concrete Institute – Copyrighted © Material – www.concrete.org
ACI Collection Licensed to: Paulo Helene

ntro Técnico SABESP esso Nacional eamento e mbiente

60

COPASA | 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.

Técnico AESABESP

61

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

Encontro Técnico AESABESP Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

62

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;

Encontro Técnico AESABESP Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

63

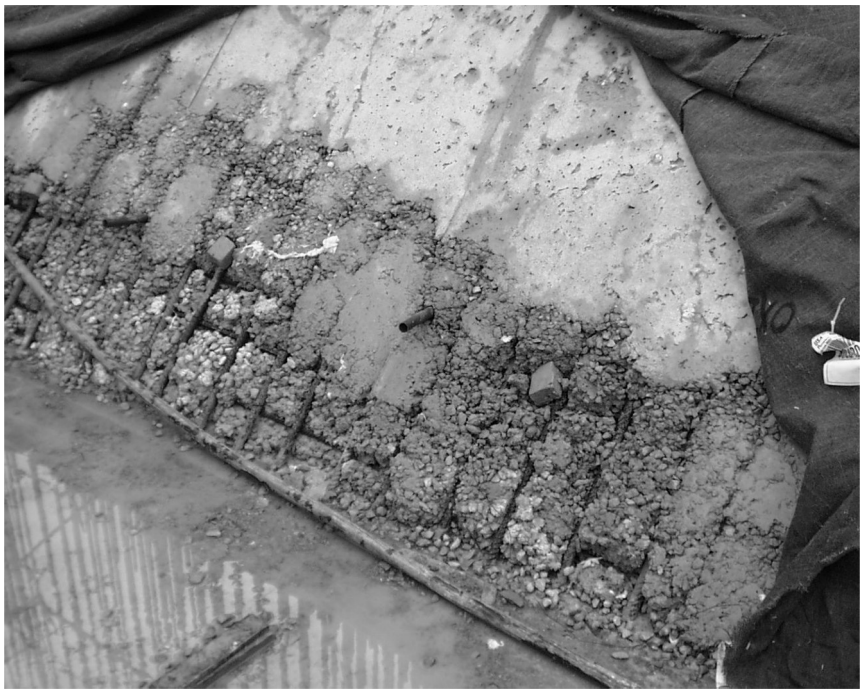
4.3.5.19 O posicionamento das juntas de concretagem deve ser indicado no projeto e deve estar compatível com o detalhamento da armação. Em paredes de reservatórios em concreto, a primeira junta de concretagem horizontal deve ser indicada "no mínimo" 25 cm acima do topo do chanfro ou mísula projetado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

Encontro Técnico AESABESP Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

64

65



66

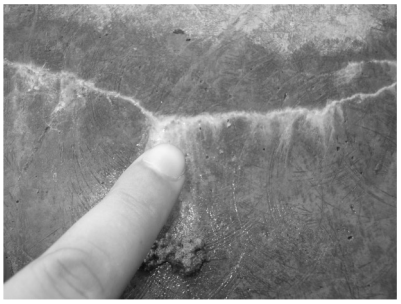
Recomendações ao

Construtor

67

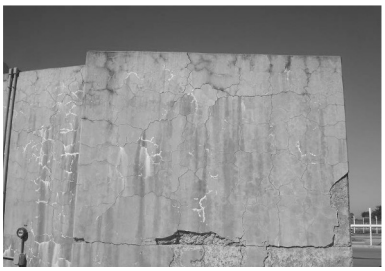
68

Por que ocorre isso?

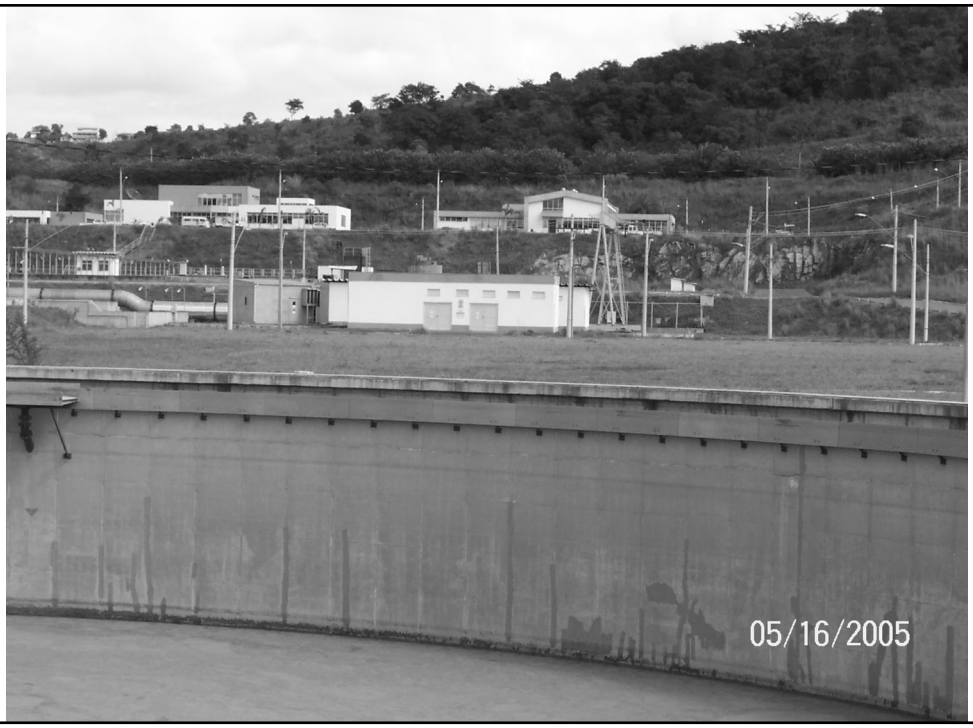


69

Por que ocorre isso?



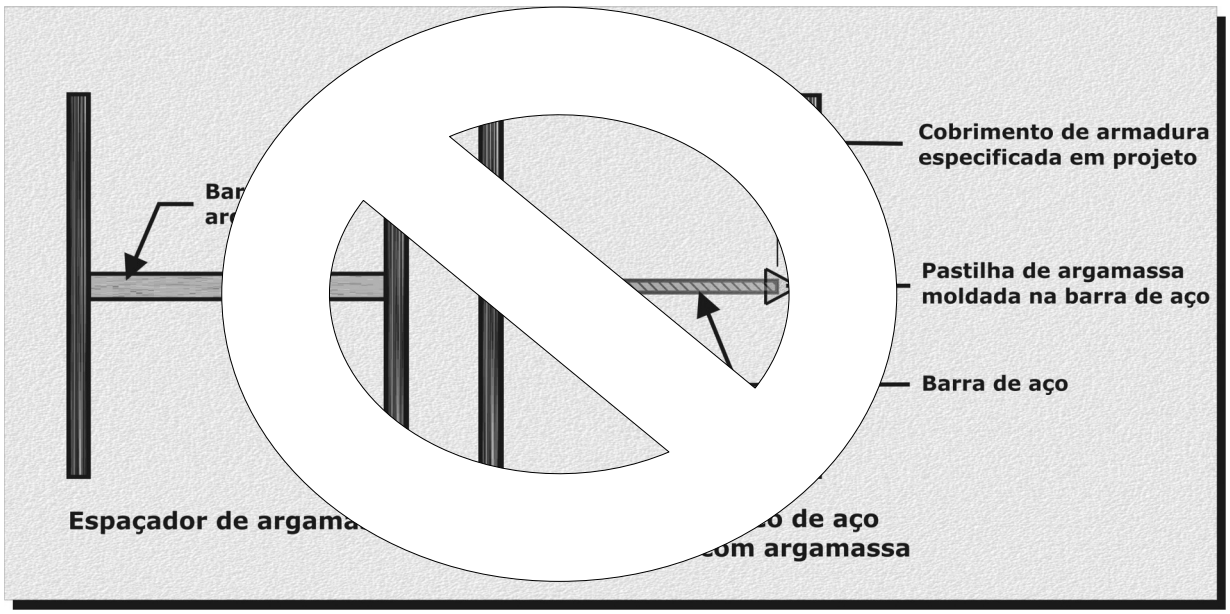
70



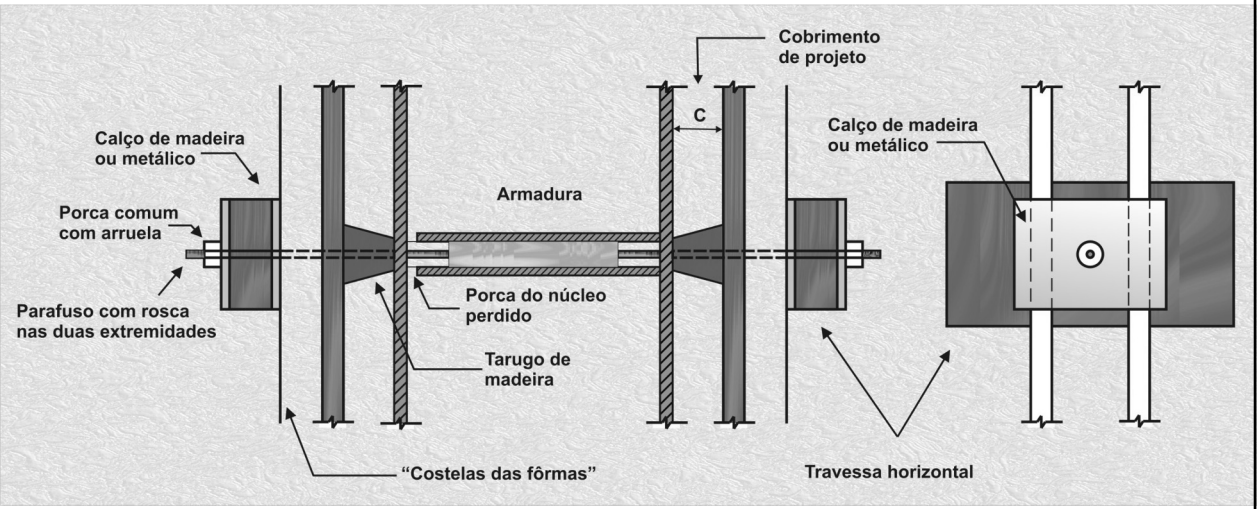
71

72

73


Cobrimento de armadura
especificada em projeto
Pastilha de argamassa
moldada na barra de aço
Barra de aço

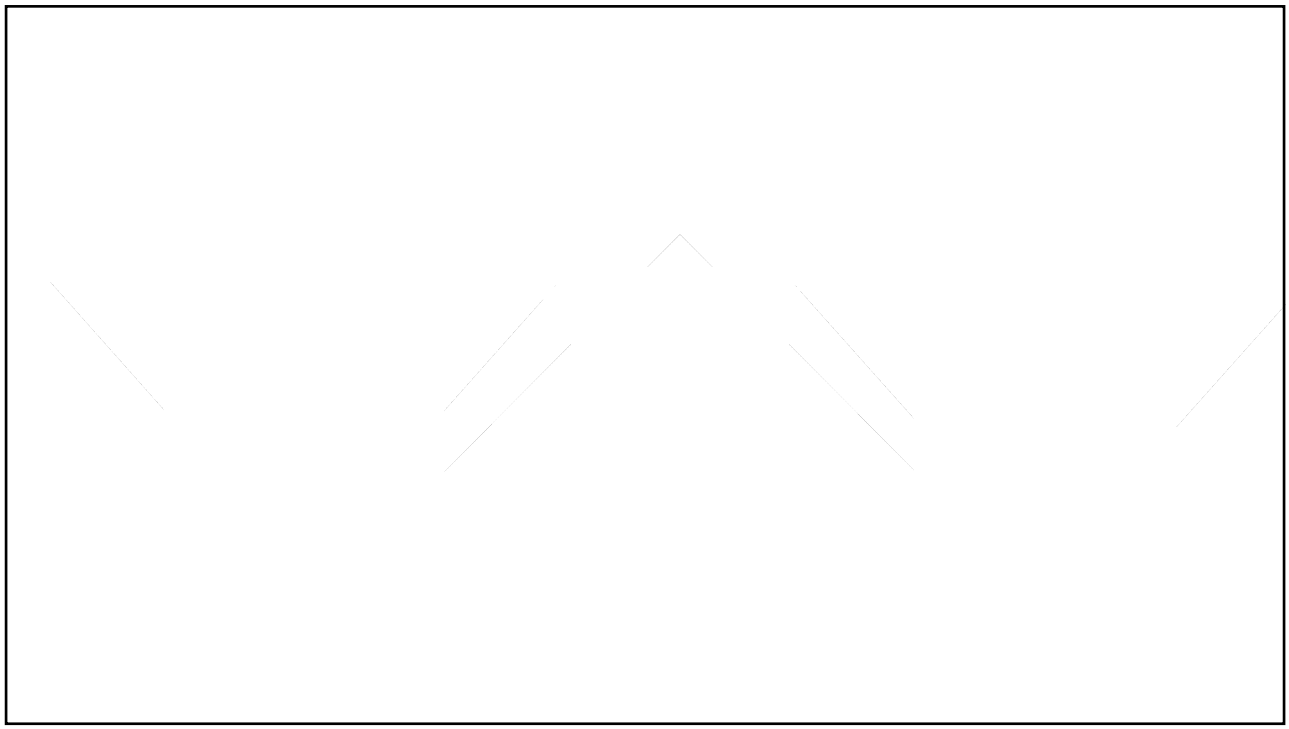
74



Tensor de núcleo perdido

75

76



77

Proteção contra Corrosão!

78

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.

COPASA

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

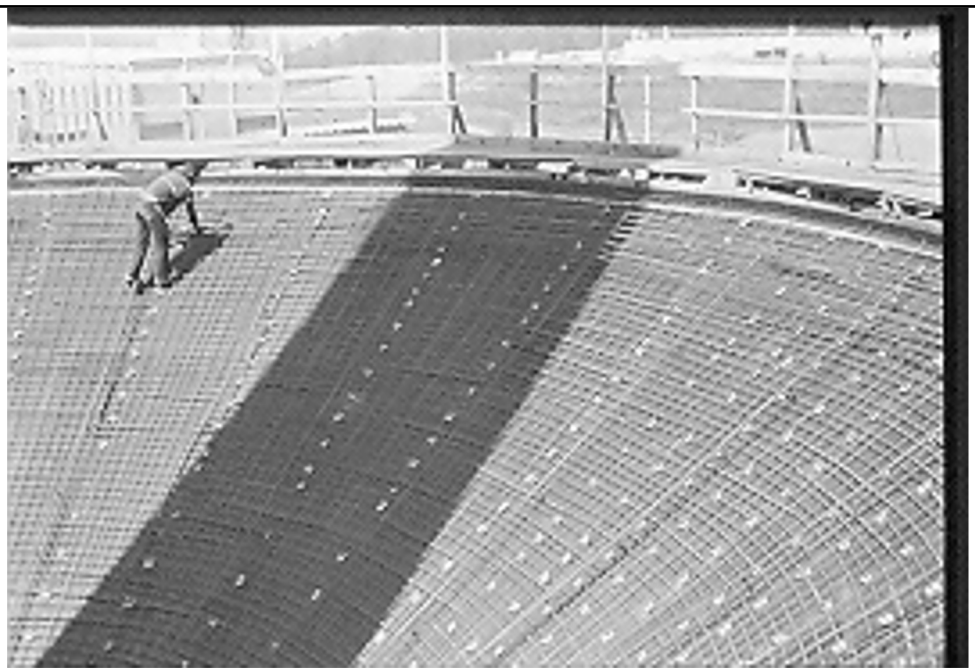
N.°: T.175/3
Aprov.: 30/05/18
Subst.: T.175/2
Pag.: 57/65

7.13 Peças embutidas

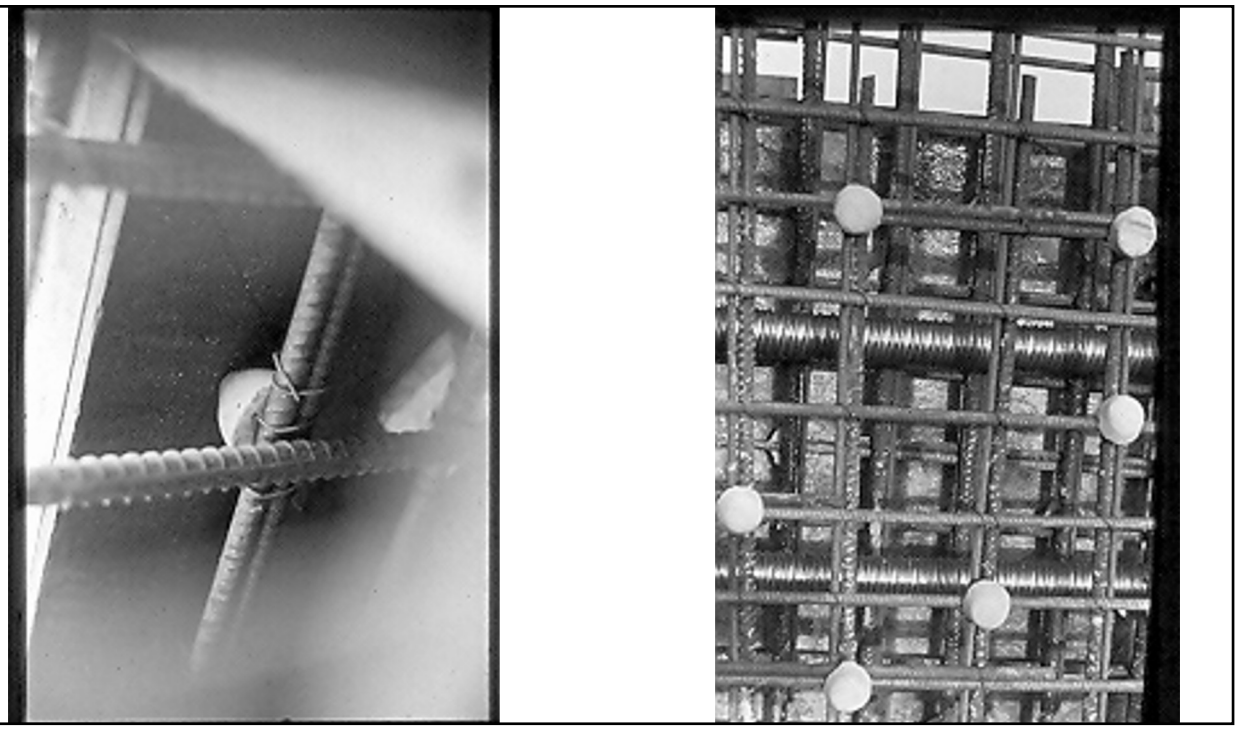
7.13.1 As ancoragens, as tubulações ou as juntas de vedação devem estar convenientemente firmes à forma ou à armadura, para não se deslocarem na concretagem.

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

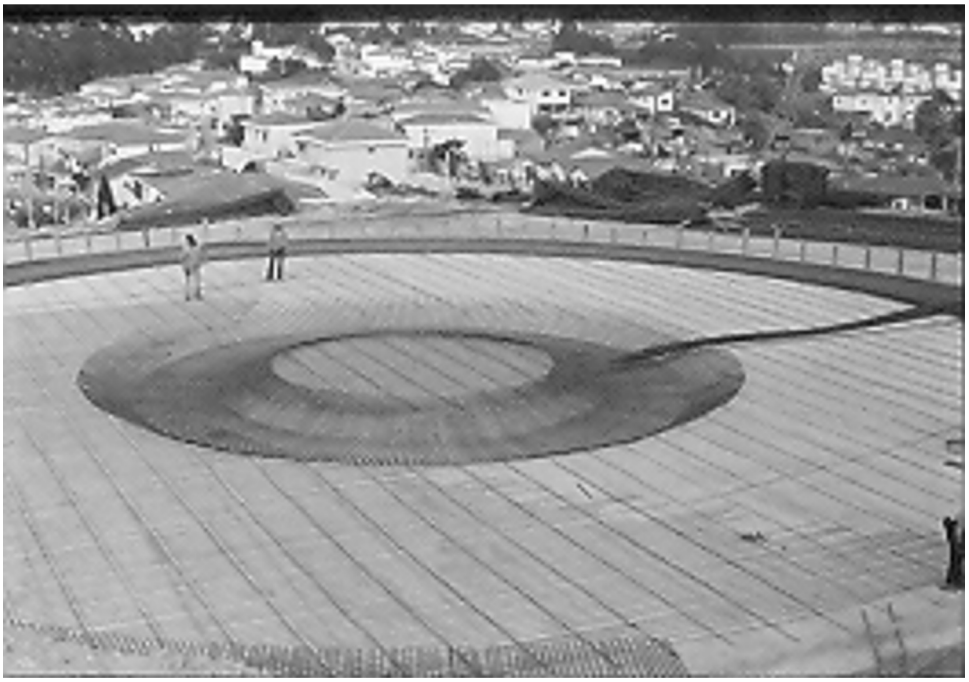
79



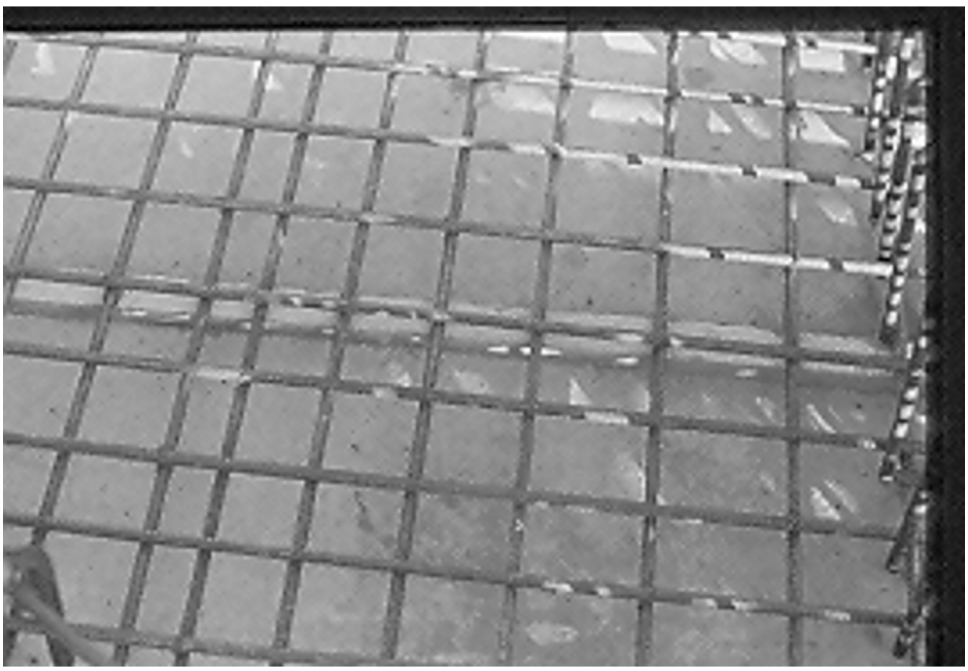
80



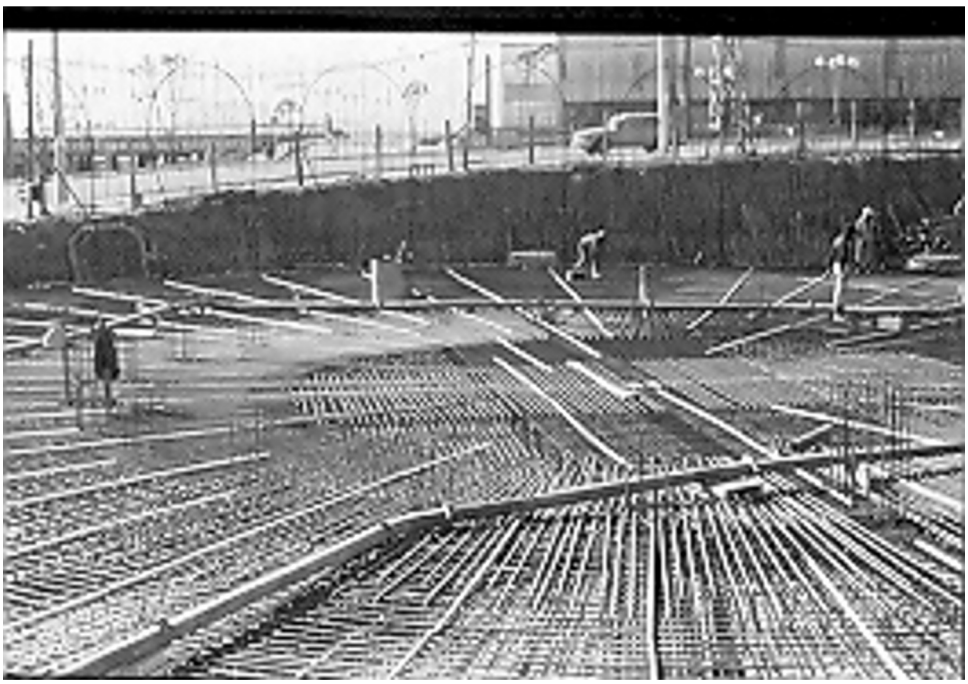
81



82



83



84

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 ≤ 18ºC.

7) Temperatura ideal no lançamento do concreto = 15ºC.

10) Formas de madeira mantidas até que a temperatura do concreto fique mais baixa, ficando apenas 15ºC acima da temperatura do ambiente.

Encontro Técnico AESABESP Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

85

Cura: etapa 1

86

Cura

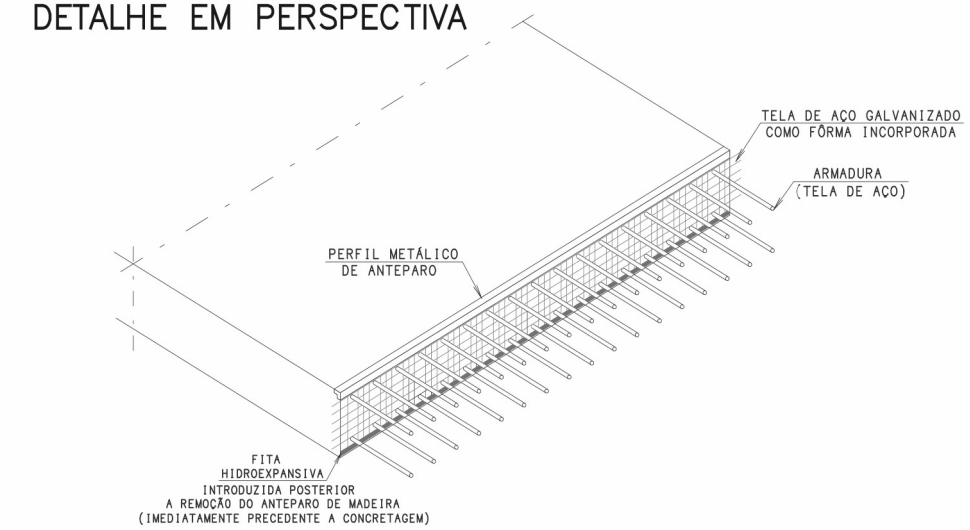
87

Cura: etapa 2

88

Juntas de concretagem

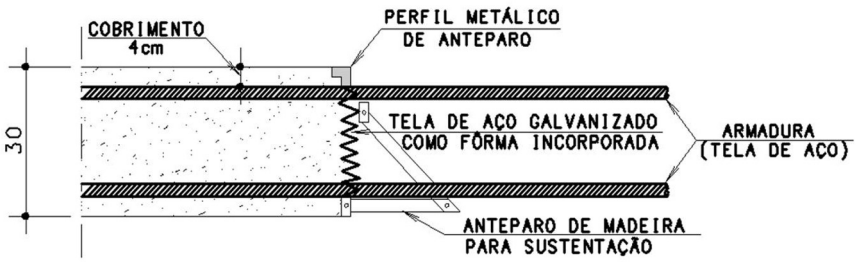
DETALHE EM PERSPECTIVA



89

Juntas de concretagem

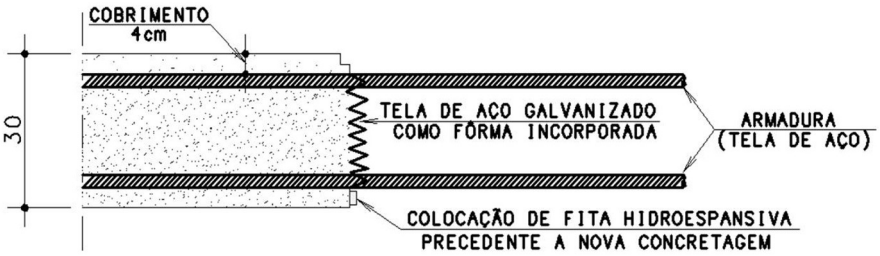
CORTE LOGITUDINAL
S/ESCALA



90

Juntas de concretagem

CORTE LOGITUDINAL APÓS REMOÇÃO DO ANTEPARO
S/ESCALA



91

Juntas de concretagem

Créditos: Antônio Carlos Zorzi

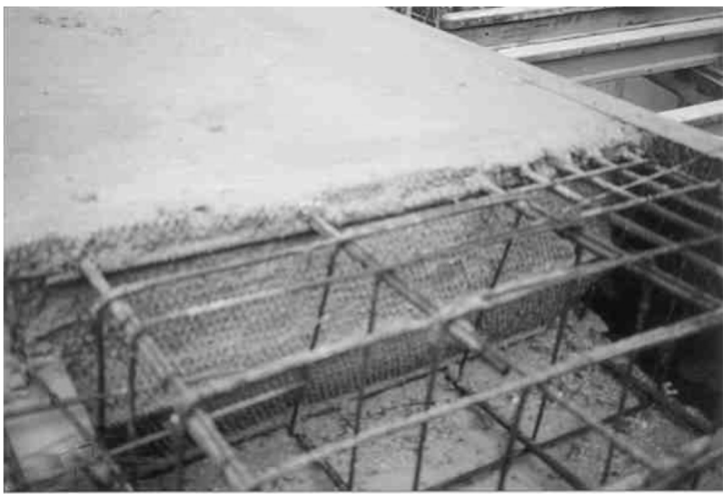
92

Juntas de concretagem

Créditos: Antônio Carlos Zorzi

93

Juntas de concretagem



Créditos: Antônio Carlos Zorzi

94

Procedimento correto

E se chover durante a concretagem?

Obrigatório proteção provisória ...

95

Controle do Concreto fresco e endurecido

c) no concreto fresco devem ser realizados os seguintes ensaios:

– consistência	NBR NM 67;
– tempo de pega	NBR NM 9;

COPASA

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

N.°: 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;

Encontro Técnico AESABESP Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

97

Verificação da Estanqueidade

PhD Educacional

98

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.°: 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

99

CONCLUINDO

projetar e construir obras de saneamento duráveis depende:

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

100

Obrigado

Encontro Técnico AESABESP
Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

101