



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





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)





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

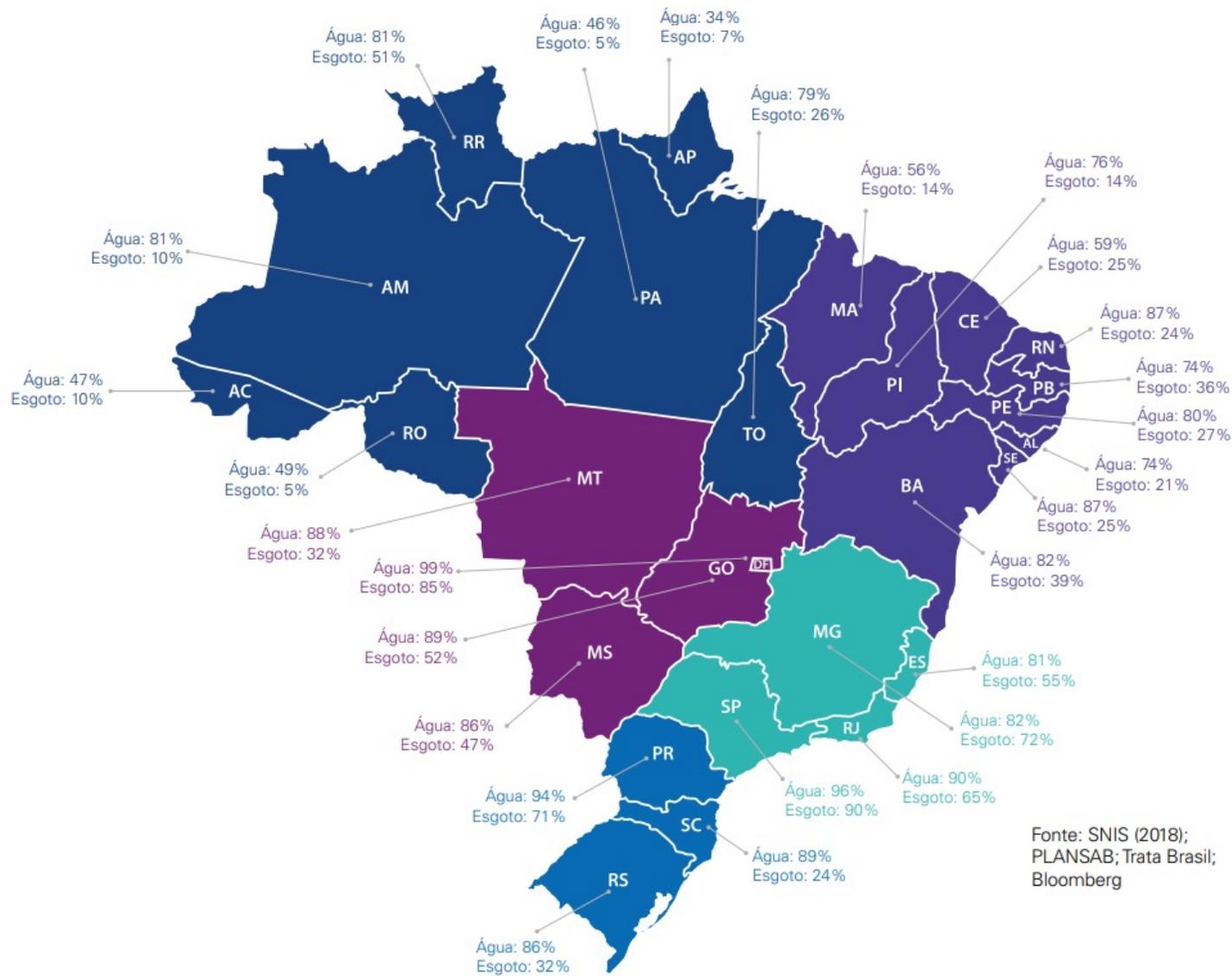
- 🚰 Água: 89%
- 🏠 Esgoto: 53%
- 💧 Perdas: 36%

Fonte: Abcon e KPMG (2020)





Introdução



Fonte: SNIS (2018);
PLANSAB; Trata Brasil;
Bloomberg

Fonte: Abcon e KPMG (2020)



IBRAÇON





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)





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?



Conceitos

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

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

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*

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

Aço →
Corrosão por
carbonatação

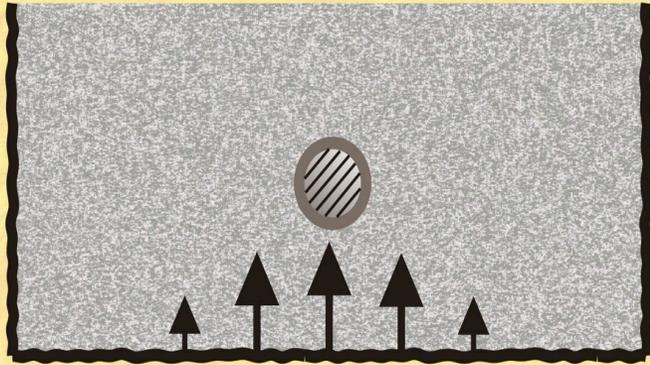


Aço →
Corrosão por
cloretos

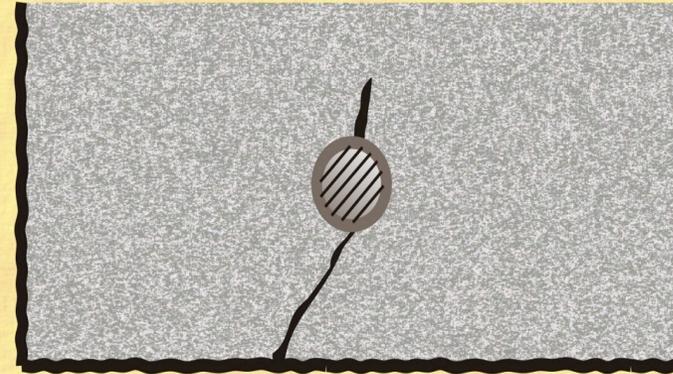


TÍTULO DO PROJETO (Cálculo 20 - hold)

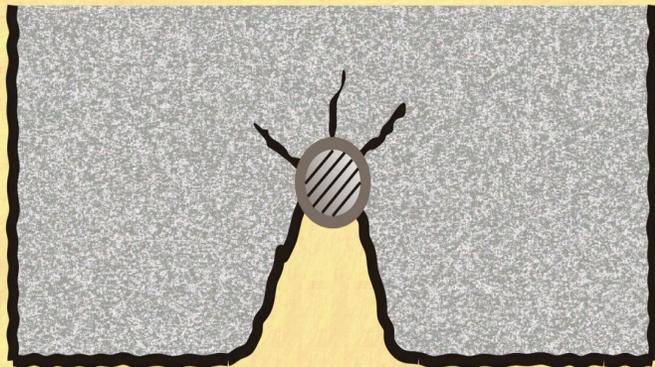




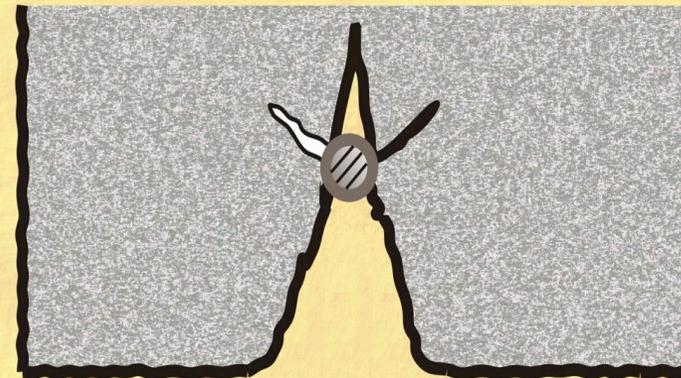
A) Penetração de agentes agressivos por difusão, absorção ou permeabilidade



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







Concreto → *Lixiviação* (água de chuva)



**Cobertura do
Prédio da FAU-USP**



**Edifício da
Engenharia Civil
POLI.USP**



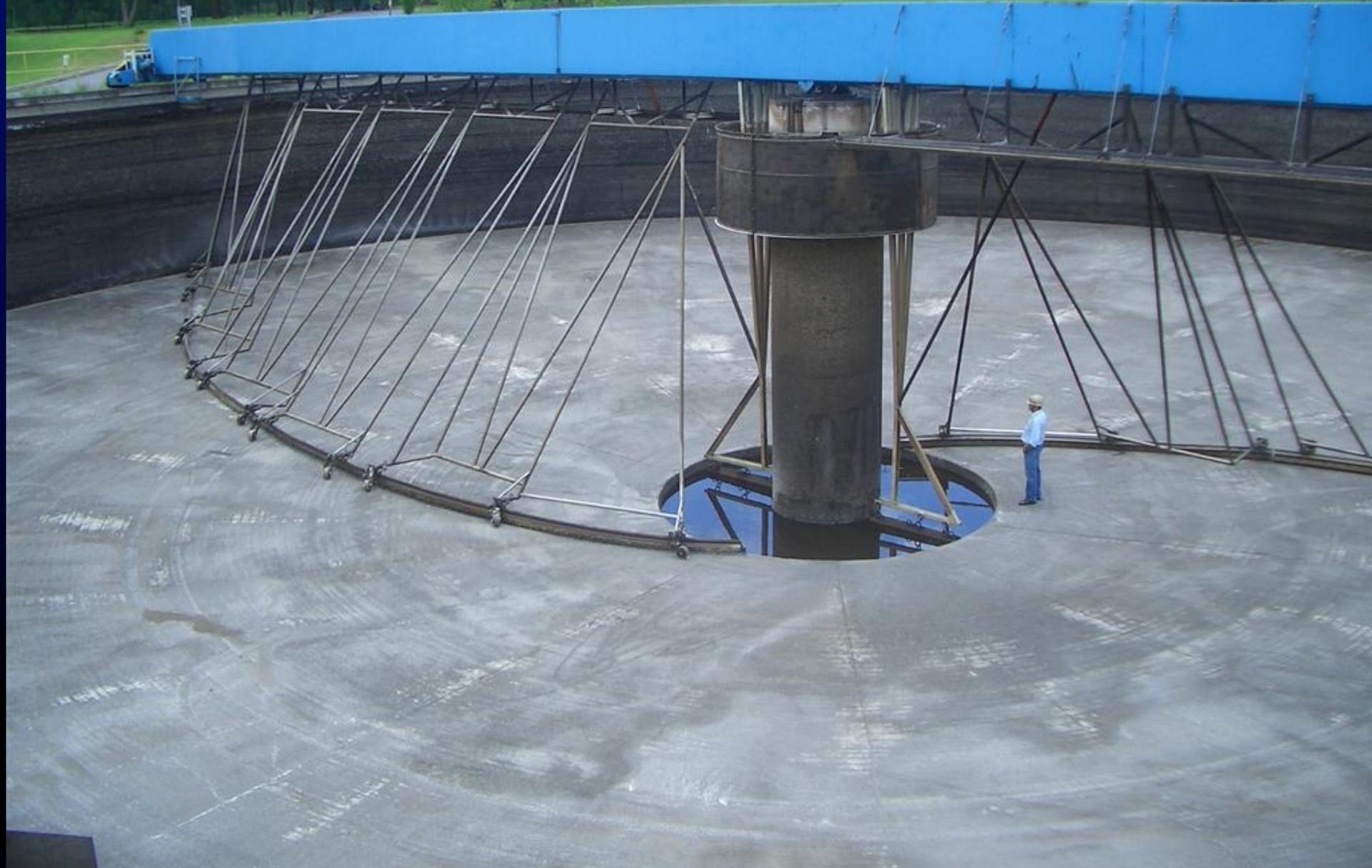
Concreto → ***Lixiviação*** (chuva ácida)



Lina Bo Bardi

MASP Museu de Arte São Paulo 1968

Concreto → *Lixiviação* (água ácida)



Concreto → *Lixiviação* (água ácida)



Ação de Sulfatos

- $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaSO}_4 + 2\text{NaOH}$ → **Lixiviação**
- $\text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ → **Expansão**
- $3\text{CaSO}_4 + \text{C}_3\text{A} \cdot n\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_3\text{A} \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$ → **Expansão**

74

150

715



CAU 156A



CAUÊ



CAUÊ

1. Cimento CAUÊ AF 320
2. cimento + gesso + aditivo + retardador + água
3. Exposto 56 dias em ambiente úmido a $38^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
4. Fissuras superficiais tipo "couro de jacaré" generalizadas

CAU 156A

Ataque por Sulfatos externos

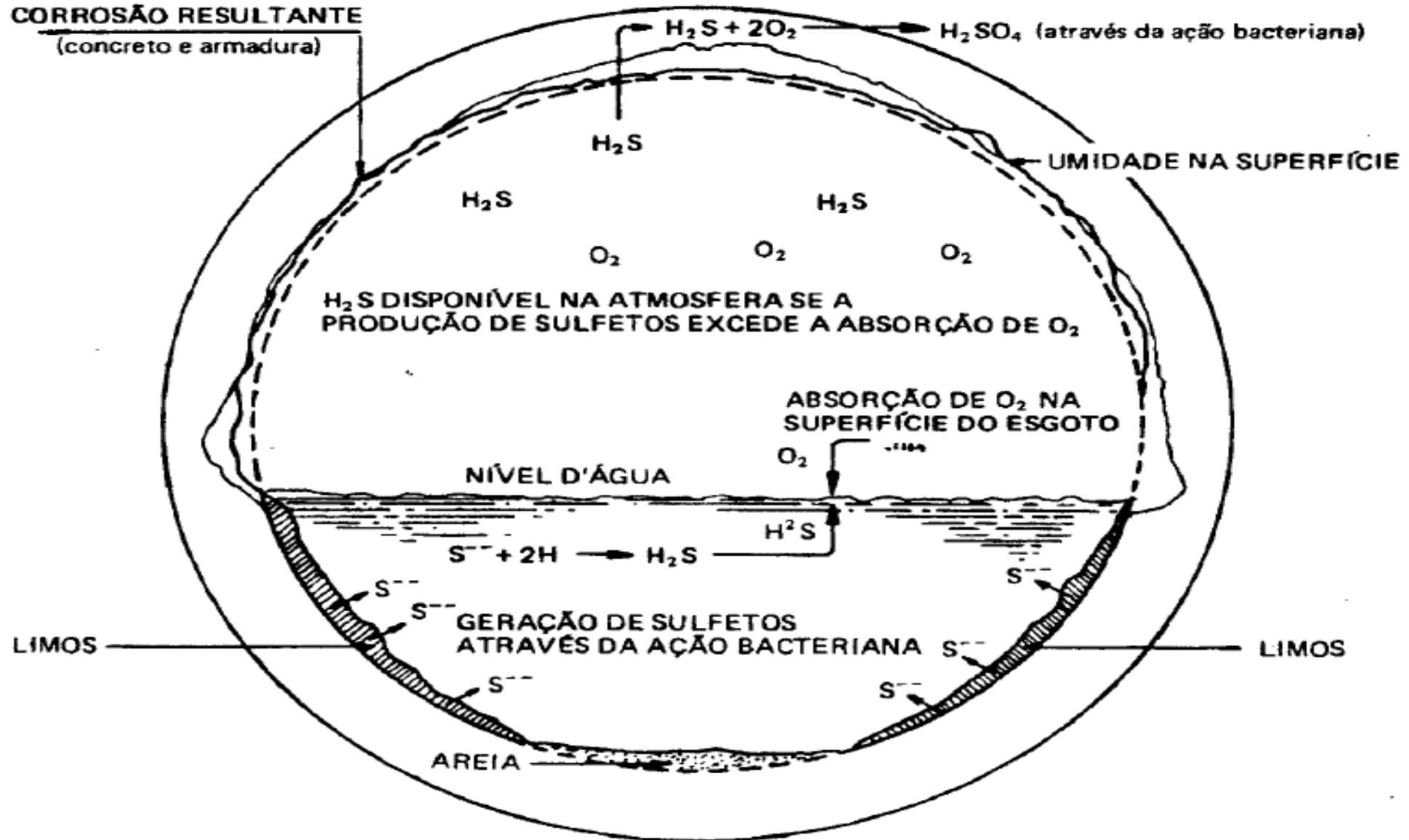
- Reação químicas na qual íons sulfato (SO_4) **oriundos do ambiente circundante** reagem com aluminatos do cimento, formando compostos expansivos (etringita+gesso) que absorvem água, gerando tensões internas que fissuram o concreto.
- O ataque desagrega a superfície do concreto, tornando-a friável;
- 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;



Galerias de Esgoto

Sulfatos externos

CORROSÃO RESULTANTE
(concreto e armadura)





28 06 2019

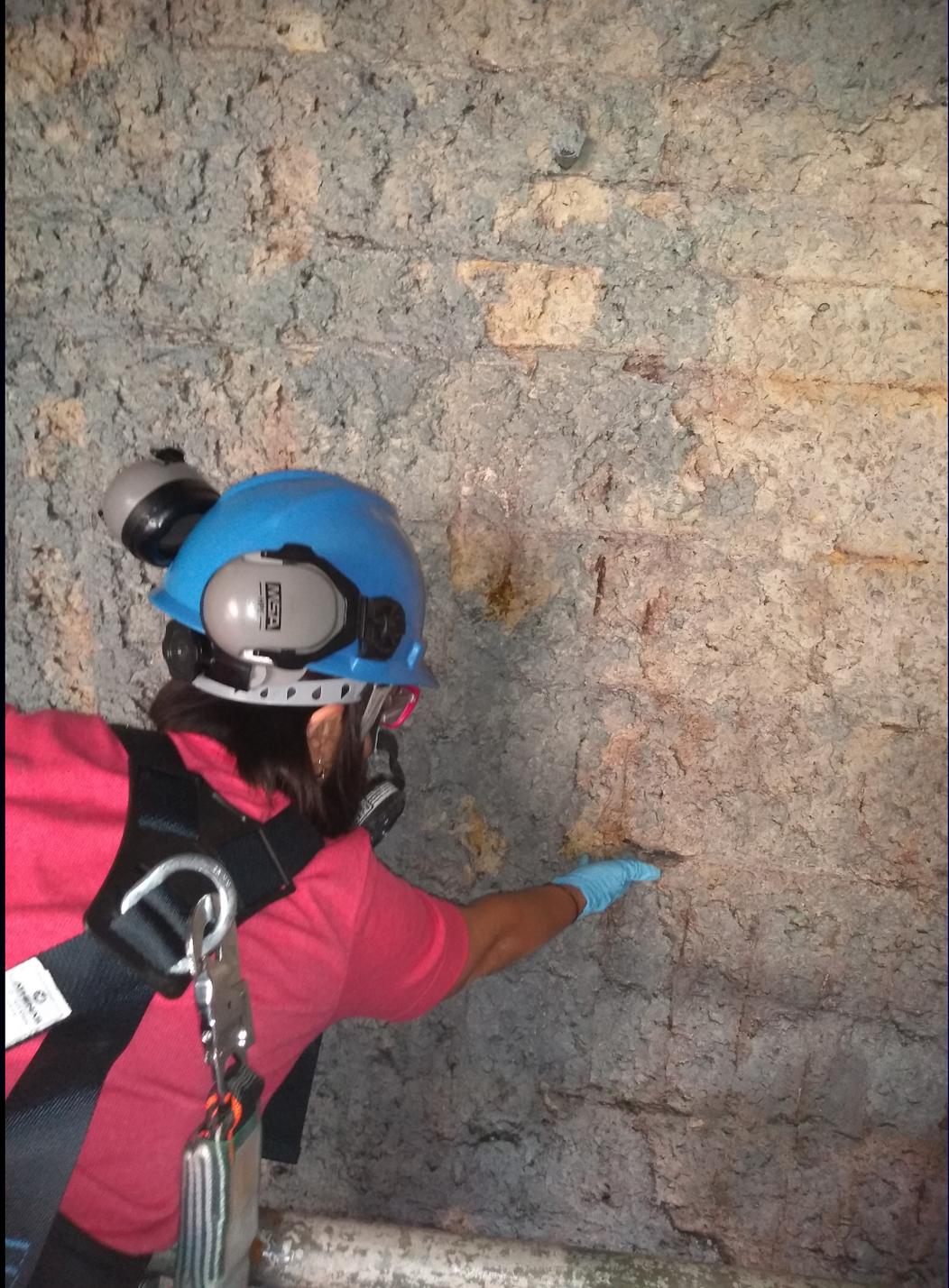


20 10 2019



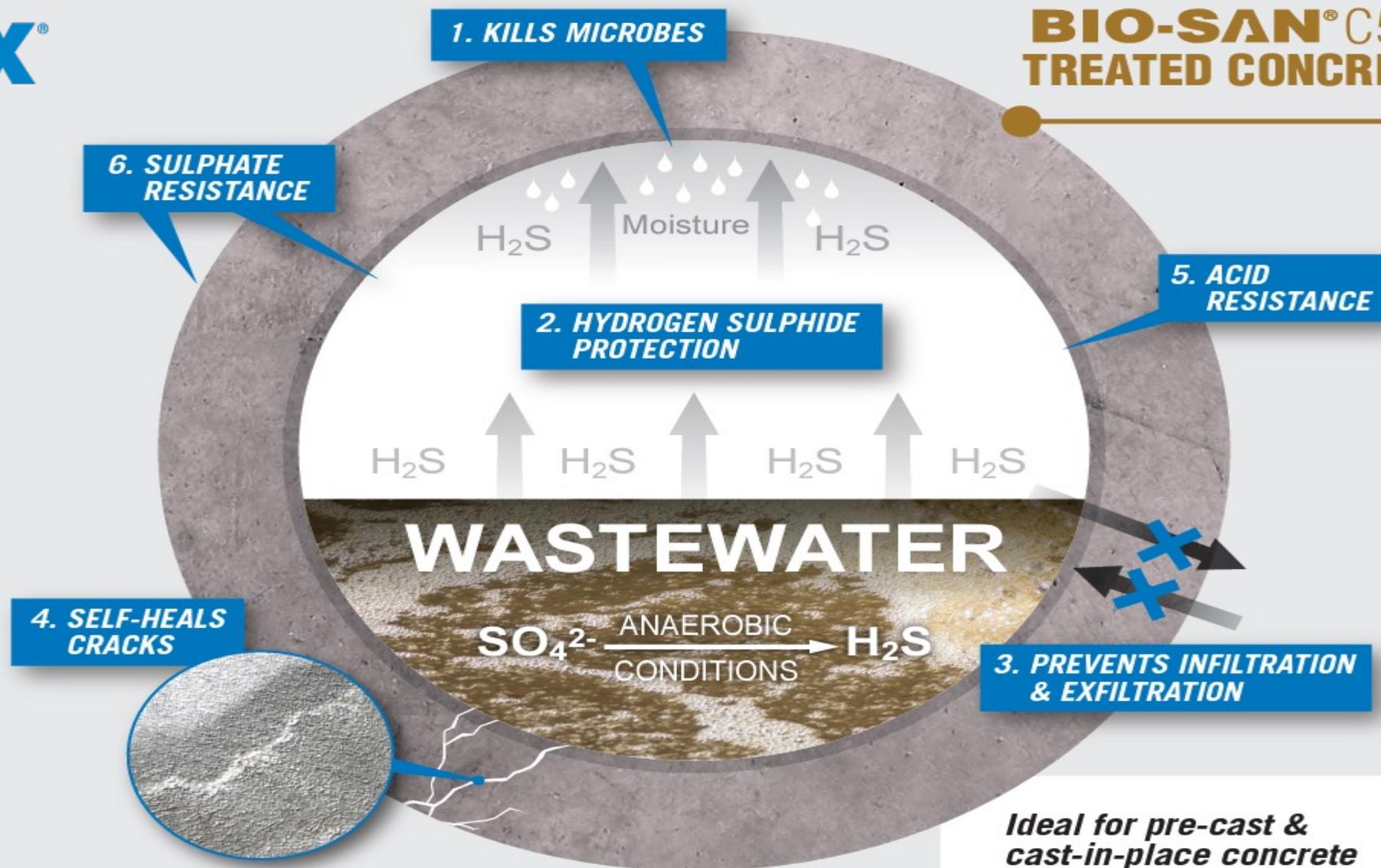
28 06 2019











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



Figura 3 – Ataque de ácido sulfúrico biogênico

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

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.

Reação álcali-agregado AAR → reatividade agregados

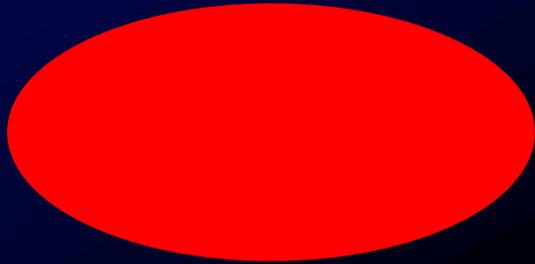
Reações com Peróxido de Hidrogênio → H_2O_2 água oxigenada

Delayed Ettringite Formation DEF → temperatura

**impermeabilidade do concreto
versus
estanqueidade da estrutura**



Concreto é “impermeável”



PROBLEMAÃO
“quase insolúvel”

ESTANQUEIDADE!



60-TQ-5217-B



89 9 12

Ingresso de gases e fluidos

mecanismos de transporte

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

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

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

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

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

Difusibilidade de íons Cloreto

fib(CEB-FIP) Model Code 90

$$D_{cl} = 10^{-10} \text{ para } \cdot CPI \& CP II, f_{ck} = 20 MPa$$

$$D_{cl} = 3 * 10^{-11} \text{ para } \cdot CP III \& CP IV, f_{ck} = 20 MPa$$

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

$$D_{cl} = 3 * 10^{-12} \text{ para } \cdot CP III \& CP IV, f_{ck} = 50 MPa$$

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

Capilaridade à Água

fib(CEB-FIP) Model Code 90

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

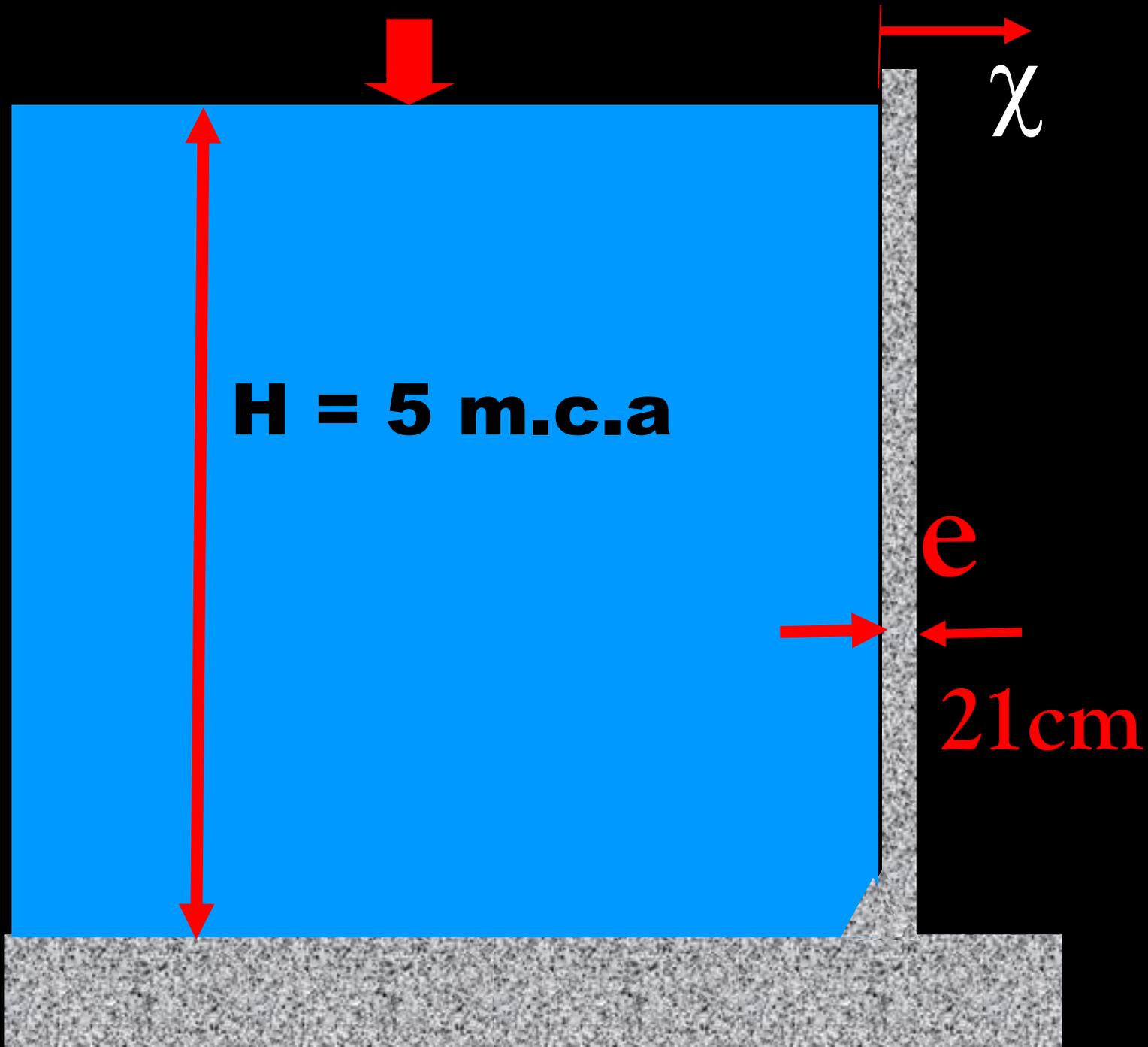
w_t = água absorvida em m^3/m^2

t = tempo de absorção de água em s

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 (m ² /s) D_{Cl}	$1 * 10^{-10}$	$10 * 10^{-10}$
absorção capilar de água em 24h (dm ³ /m ²) w	$40 * 10^{-5}$	$4 * 10^{-5}$

Permeabilidad ??





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 permeabilidade do concreto em cm/s

Lei de Darcy

permeabilidade
(gradiente de pressão)

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

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

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

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

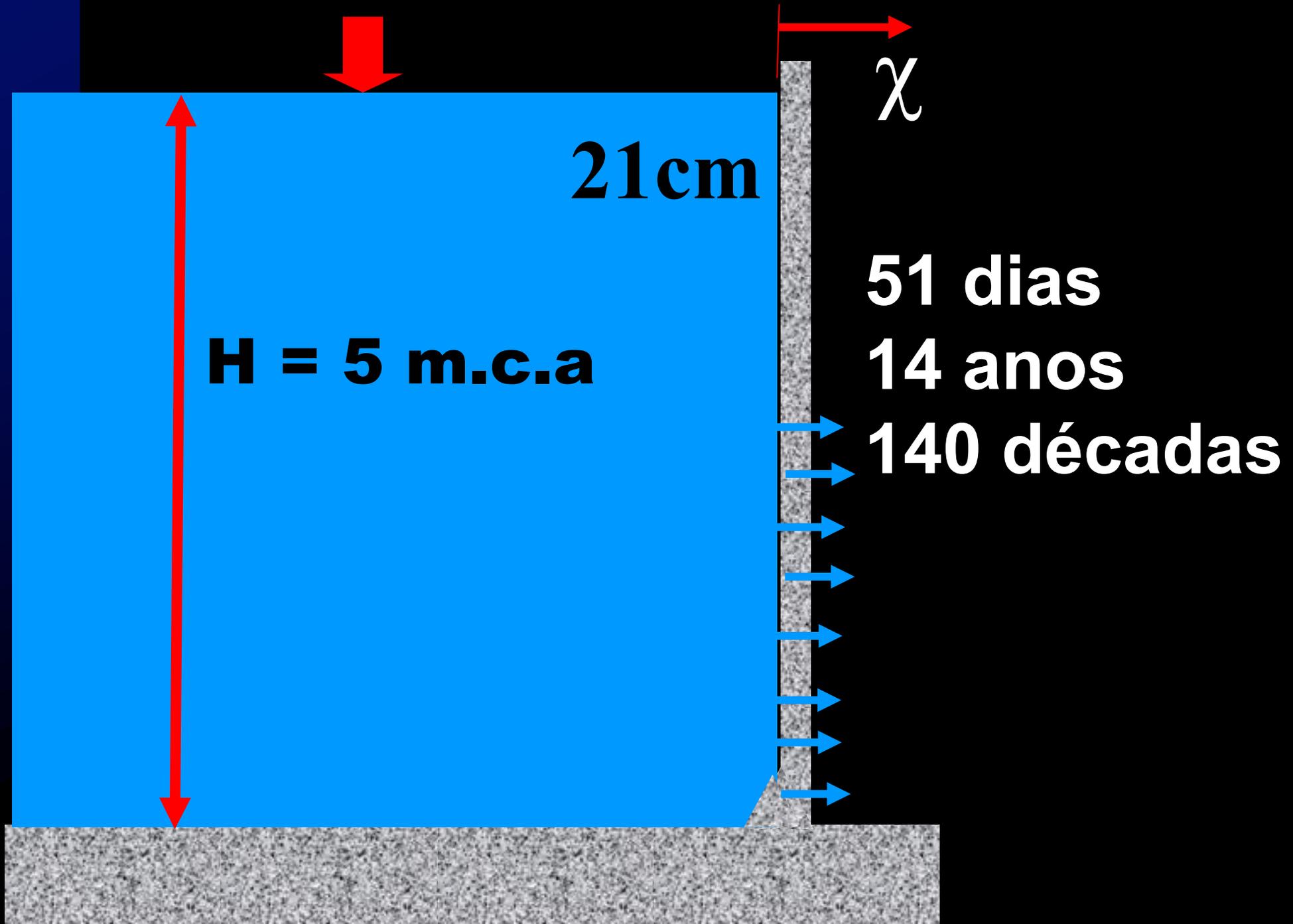
Concreto

(lei de Darcy) permeabilidade
(gradiente de pressão)

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

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

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



CONCRETO é “impermeável”

difícil → estanqueidade pois depende:

100% do projetista

100% do construtor

Recomendações ao

Projetista

estrutural

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

CODE REQUIREMENTS FOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING CONCRETE STRUCTURES (ACI 350-06) AND COMMENTARY

REPORTED BY ACI COMMITTEE 350

The code portion of this document covers the structural design, materials selection, and construction of environmental engineering concrete structures. Such structures are used for conveying, storing, or treating liquid or other materials such as solid waste. They include ancillary structures for dams, spillways, and channels.

They are subject to uniquely different loadings, more severe exposure conditions, and more restrictive serviceability requirements than non-environmental building structures.

Loadings include normal dead and live loads and vibrating equipment or hydrodynamic forces. Exposures include concentrated chemicals, alternate wetting and drying, and freezing and thawing of saturated concrete. Serviceability requirements include liquid-tightness or gas-tightness.

Typical structures include conveyance, storage, and treatment structures.

Proper design, materials, and construction of environmental engineering concrete structures are required to produce serviceable concrete that is dense, durable, nearly impermeable, and resistant to chemicals, with limited deflections and cracking. Leakage must be controlled to minimize contamination of ground water or the environment, to minimize loss of product or infiltration, and to promote durability.

This code presents new material as well as modified portions of the ACI 318-02 Building Code that are applicable to environmental engineering concrete structures.

Because ACI 350-06 is written as a legal document, it may be adopted by reference in a general building code or in regulations governing the design and construction of environmental engineering concrete structures. Thus, it cannot present background details or suggestions for carrying out its requirements or intent. It is the function of the commentary to fill this need.

ACI 350-06 was adopted as a standard of the American Concrete Institute on July 3, 2006 to supersede ACI 350/350R-01 in accordance with the Institute's standardization procedure.

ACI Committee Reports, Guides, and Commentaries are intended for guidance in planning, designing, executing, and inspecting construction. This Commentary is intended for the use of individuals who are competent to evaluate the significance and limitations of its content and recommendations and who will accept responsibility for the application of the material it contains. The American Concrete Institute disclaims any and all responsibility for the stated principles. The Institute shall not be liable for any loss or

damage arising therefrom. Reference to this commentary shall not be made in contract documents. If items found in this Commentary are desired by the Architect/Engineer to be a part of the contract documents, they shall be restated in mandatory language for incorporation by the Architect/Engineer.

Copyright © 2006, American Concrete Institute.

All rights reserved including rights of reproduction and use in any form or by any means, including the making of copies by any photo process, or by any electronic or mechanical device, printed or written or oral, or recording for sound or visual reproduction or for use in any knowledge or retrieval system or device, unless permission in writing is obtained from the copyright proprietors.

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 $w/(k_w\beta)$

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

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**

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

for s/d_c between 1 and 2.



CONCRETO

& Construções



IBRACON
Instituto Brasileiro do Concreto

Ano XXXIV | Nº 47
Jul. • Ago. • Set. | 2007
ISSN 1809-7197
www.ibracon.org.br

ATIVIDADES
INTERNACIONAIS



IBRACON participa
da 4ª ACI Spring
Convention

ARTIGO CIENTÍFICO



Reologia de
concretos: técnicas
de caracterização

PONTES DE CONCRETO



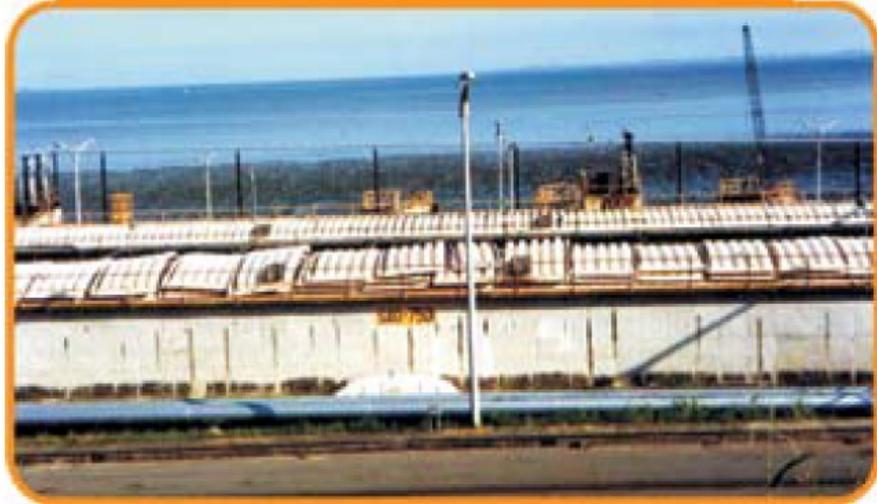
Ponte sobre o Canal
de Itajuá, Cabo Frio



OBRAS DE CONCRETO PARA O SANEAMENTO AMBIENTAL: CUIDANDO DO MEIO AMBIENTE E DA SAÚDE PÚBLICA.

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





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 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 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 epoca 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

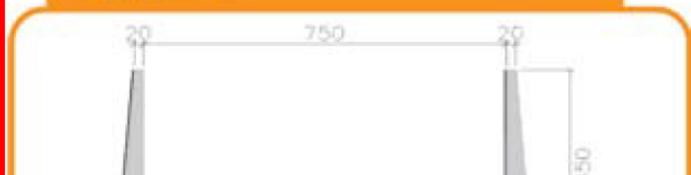
quada no controle dessa fissuração.

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 $< 7\phi$

COPASA

T . 175 / 3

**PROJETO E EXECUÇÃO DE
ESTRUTURAS EM CONCRETO PARA
OBRAS DE SANEAMENTO**





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.





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

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;



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.







Recomendações ao Construtor



Por que ocorre isso?



Por que ocorre isso?



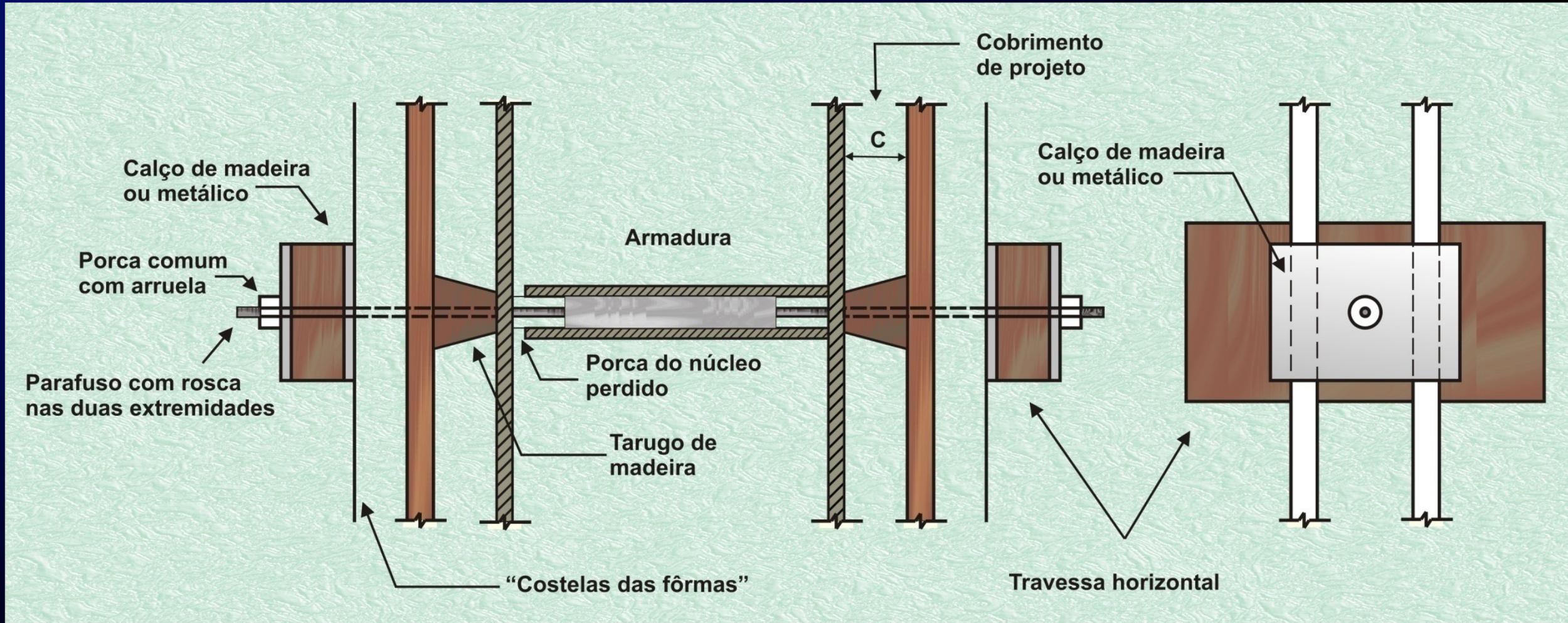


05/16/2005

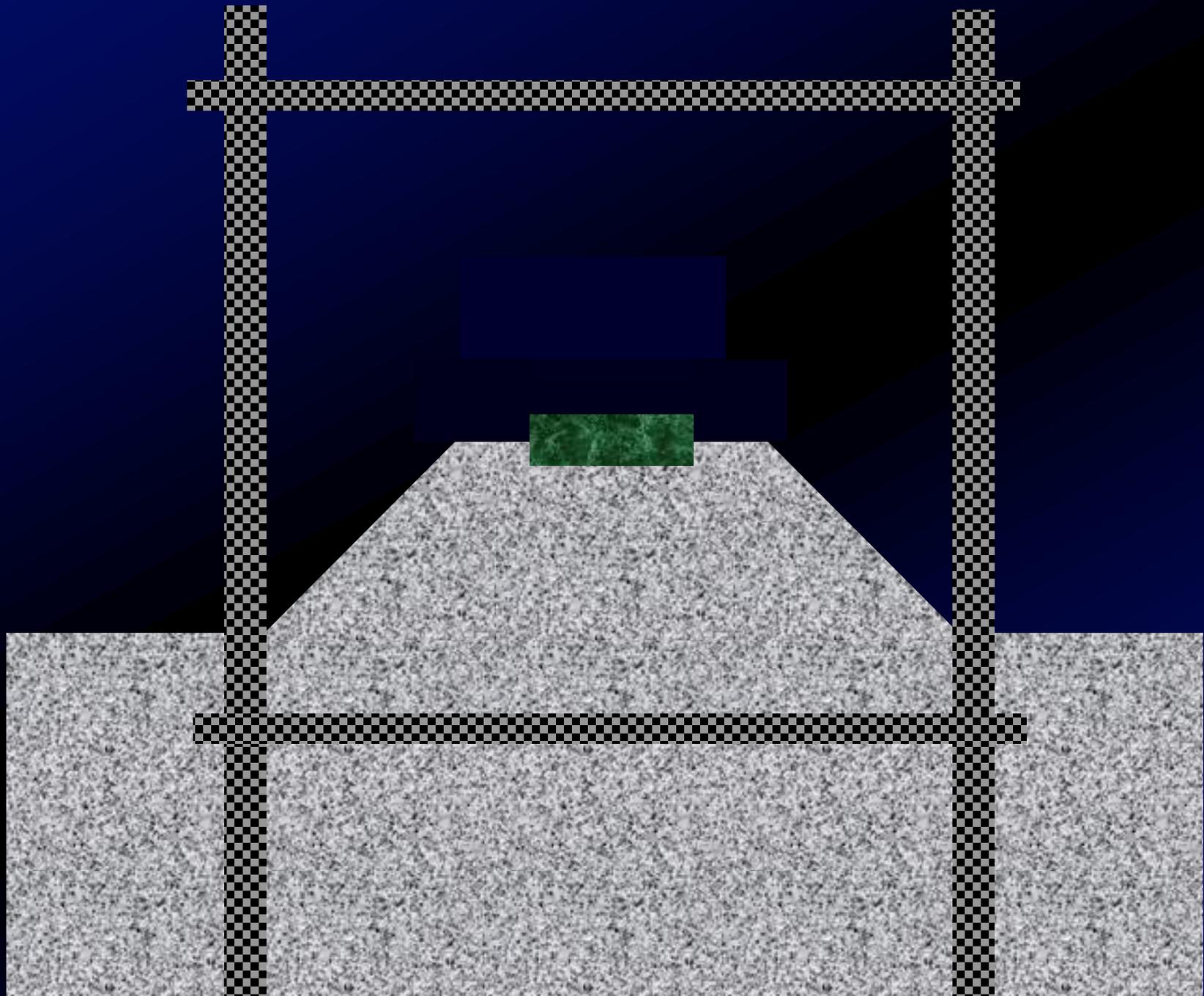


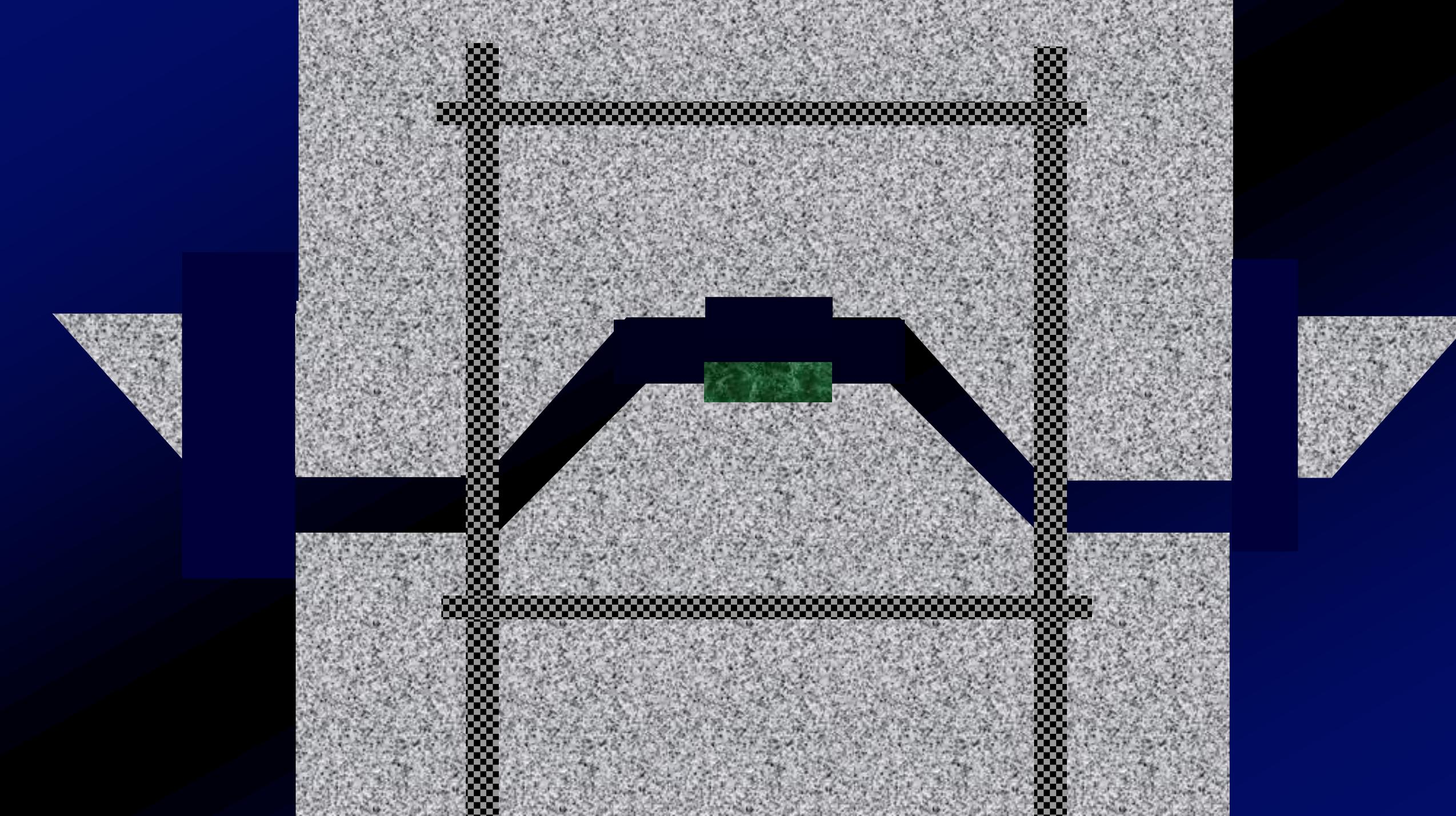


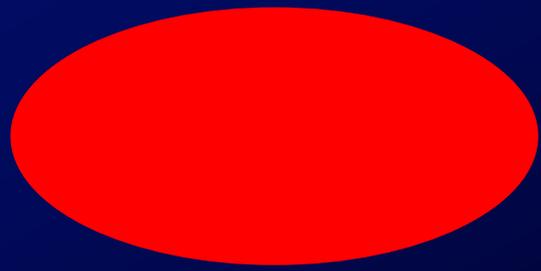




Tensor de núcleo perdido







Proteção contra Corrosão!

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

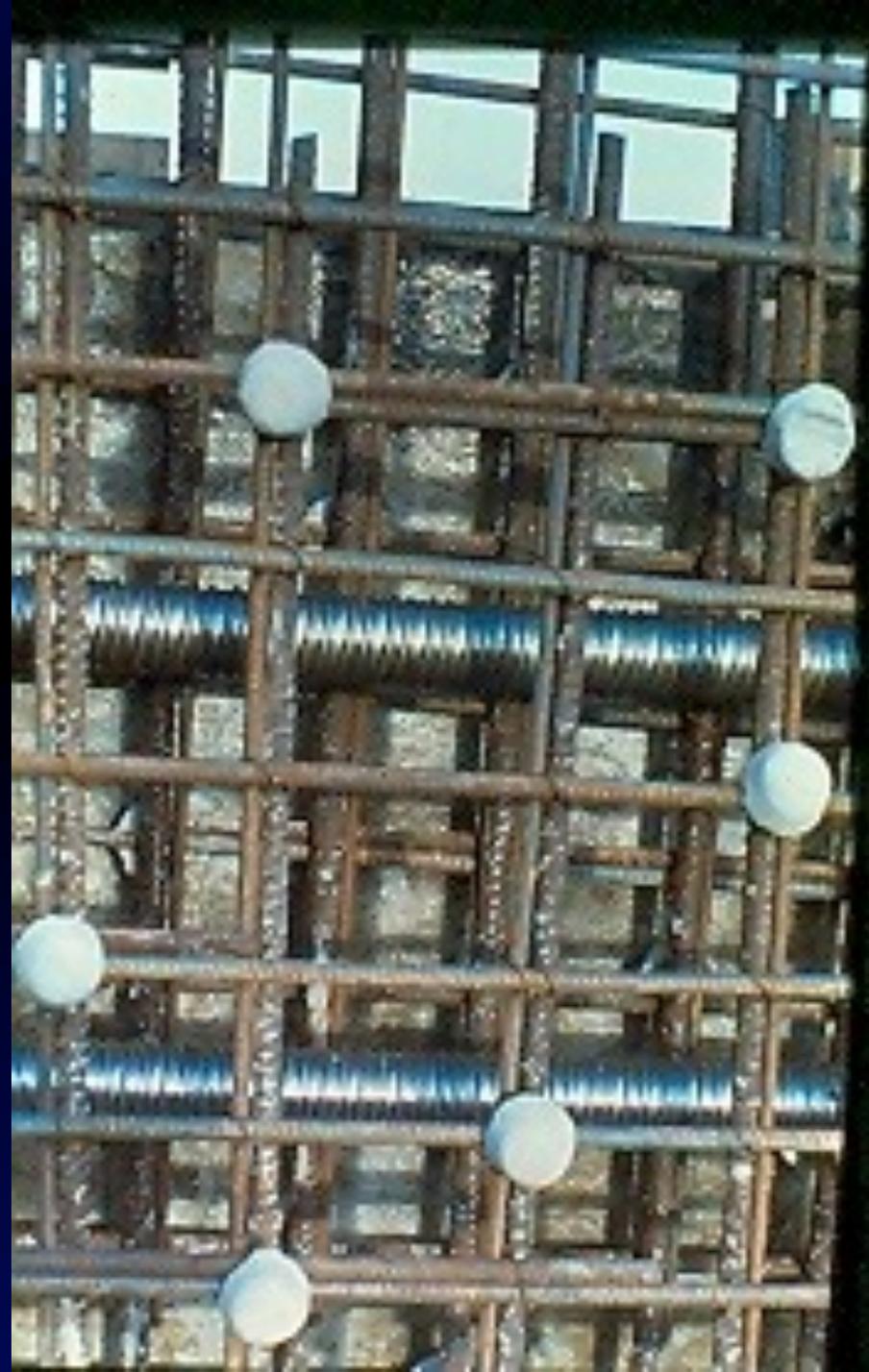
N.º: T.175/3
Aprov.: 30/05/18
Subst.: T.175/2
Pag.: 57/65

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













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

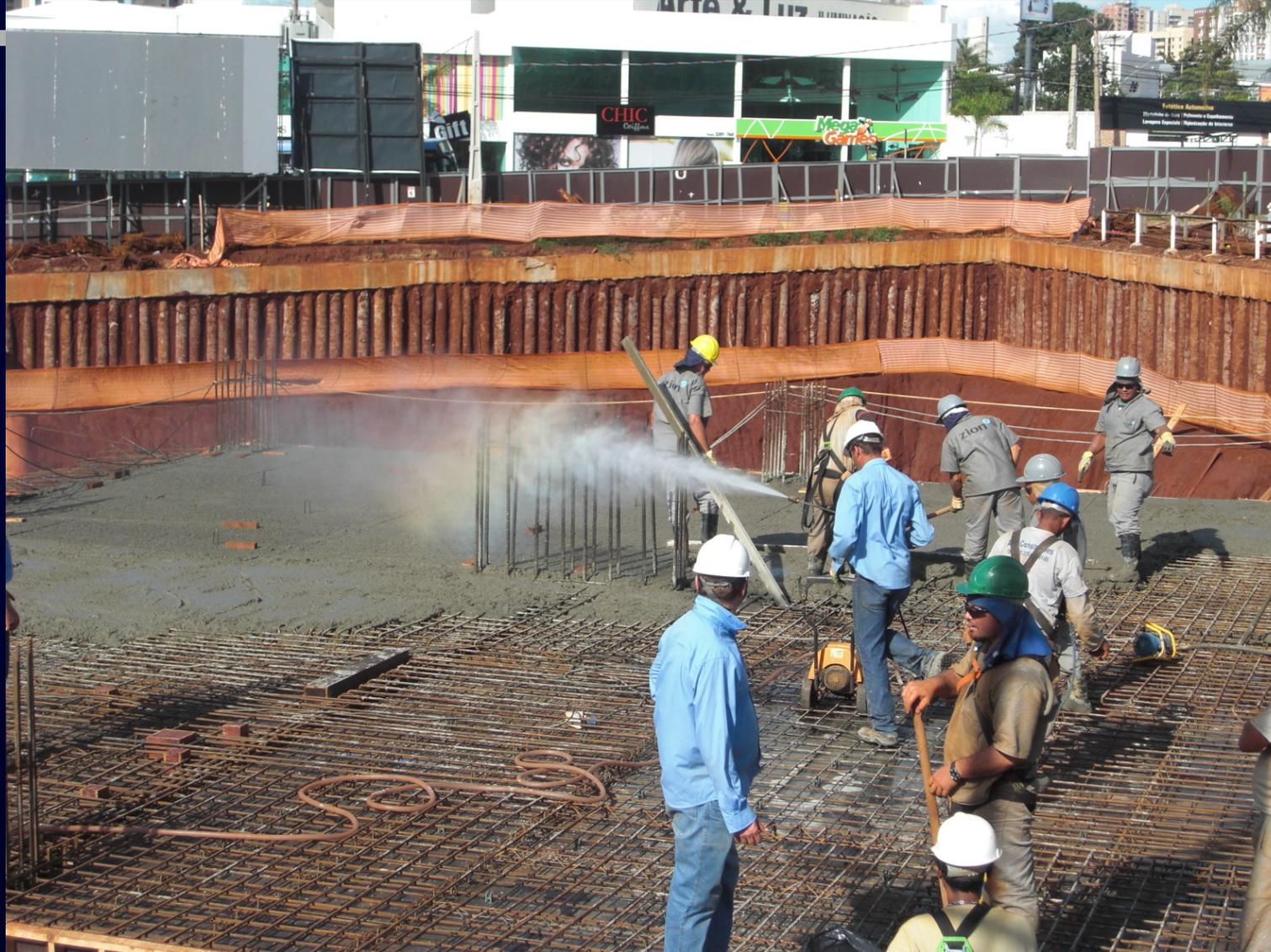
5) Concreto com gelo em flocos

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.

Cura: etapa 1



Cura

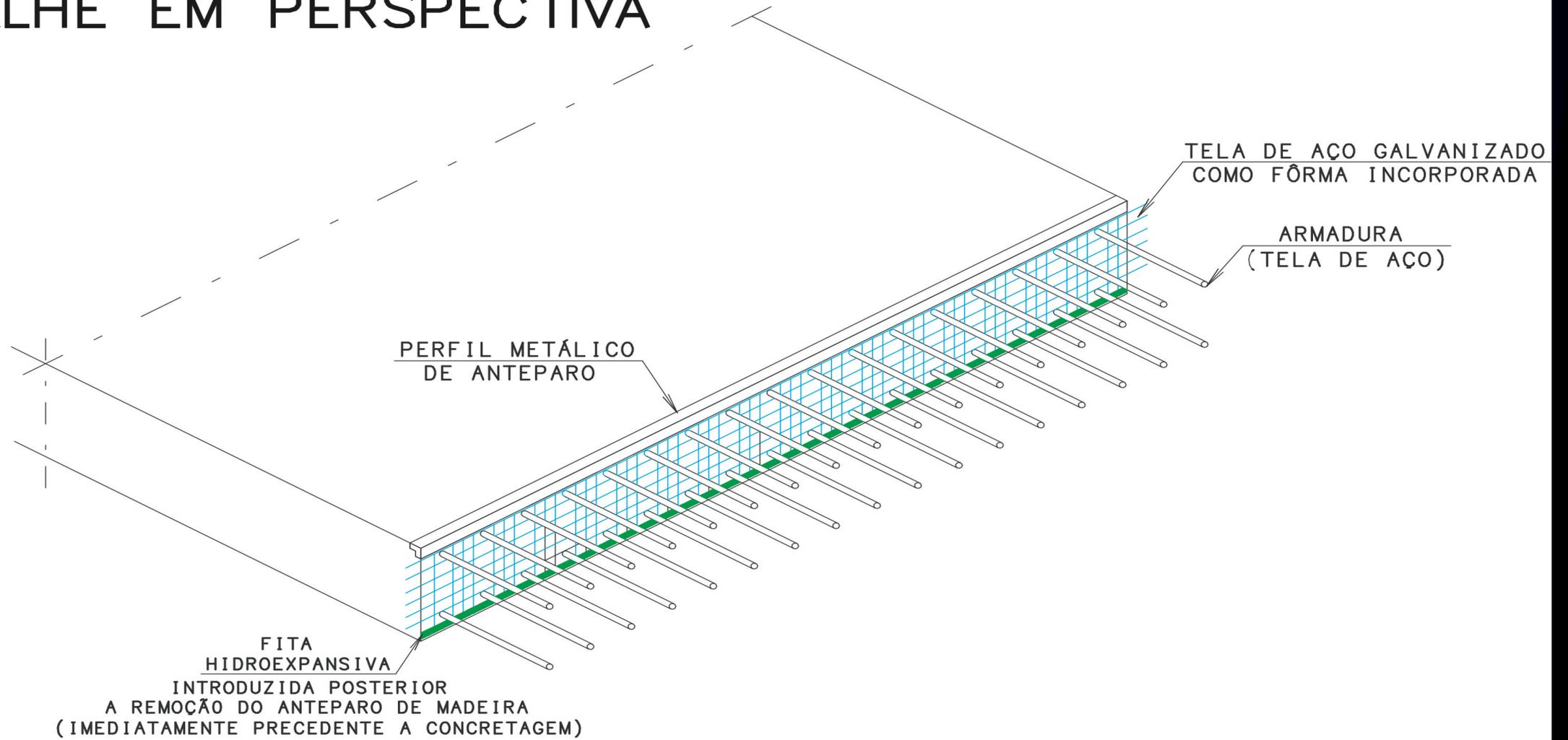


Cura: etapa 2



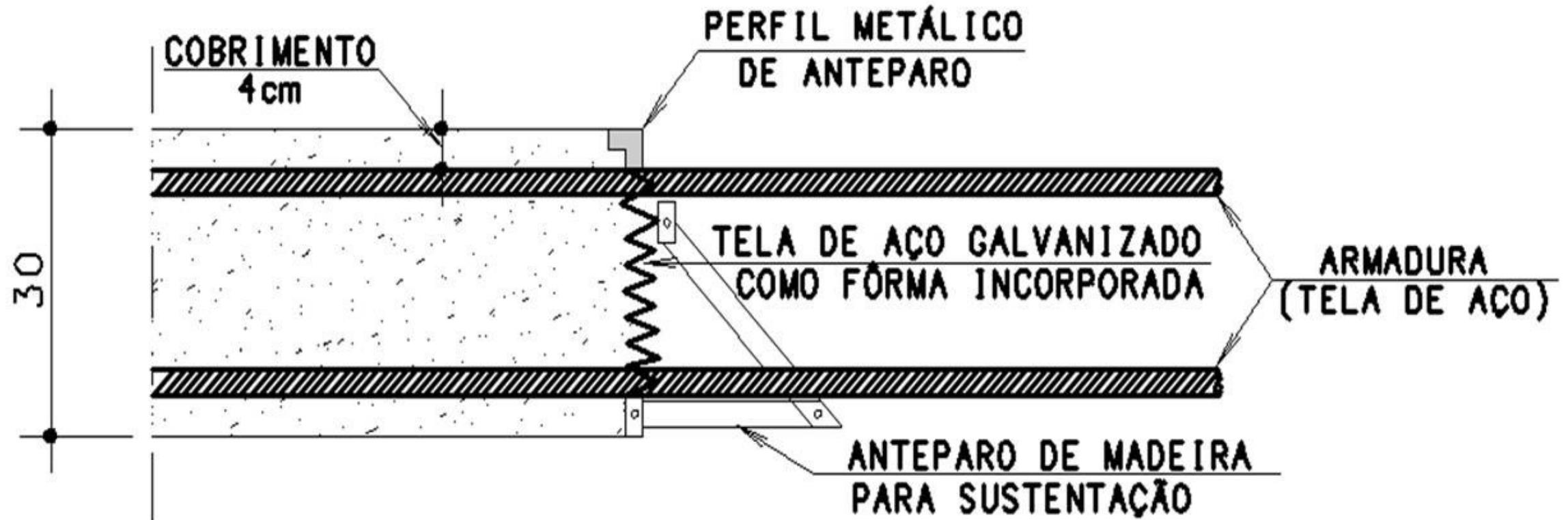
Juntas de concretagem

DETALHE EM PERSPECTIVA



Juntas de concretagem

CORTE LOGITUDINAL
S/ESCALA

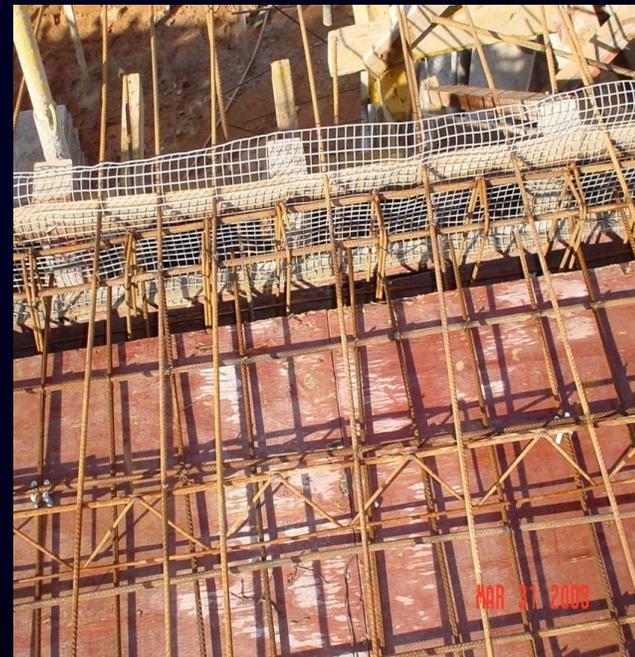


Juntas de concretagem

CORTE LOGITUDINAL APÓS REMOÇÃO DO ANTEPARO
S/ESCALA



Juntas de concretagem



Créditos: Antônio Carlos Zorzi

Juntas de concretagem



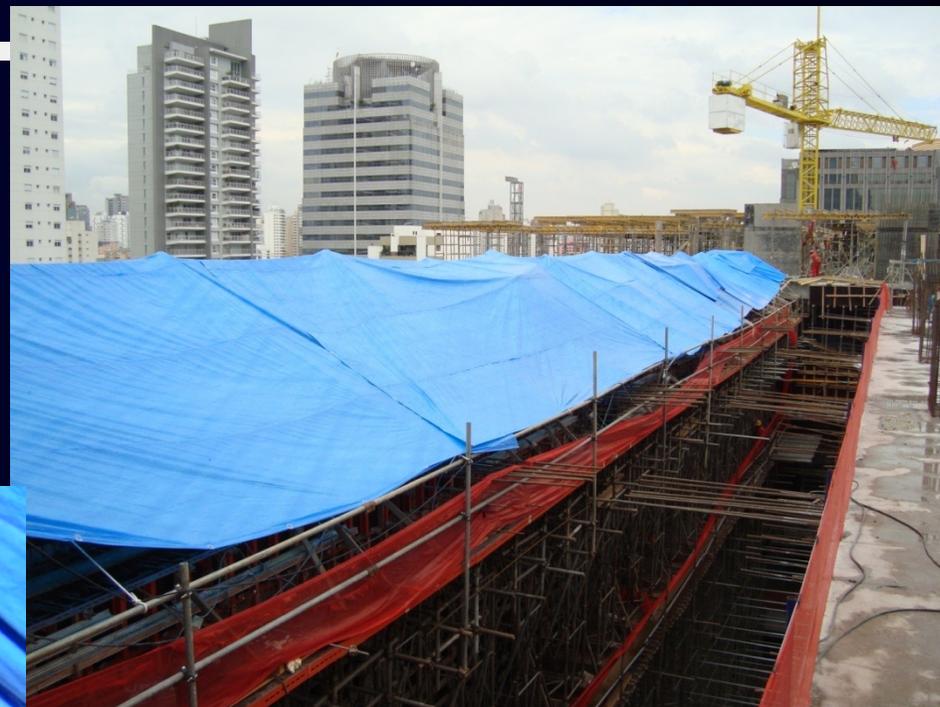
Créditos: Antônio Carlos Zorzi

Juntas de concretagem



Procedimento correto

E se chover durante a concretagem?



Obrigatório proteção provisória ...

Controle do Concreto fresco e endurecido



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

- consistência
- tempo de pega

NBR NM 67;
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
- massa específica
- teor de ar incorporado
- exsudação
- perda de abatimento

Procedimento

NBR 9833;
NBR 9833;
ASTM-C 232;
NBR 10342;

d) no concreto endurecido devem ser realizados os seguintes ensaios:

- massa específica
- resistência à compressão axial
- resistência à tração por compressão diametral
- resistência à tração na flexão
- variações de comprimento

NBR 9778;
NBR 5739;
NBR 7222;
NBR 12142;
NBR 8490;



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	$1.10f_c' + 700$

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

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

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

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

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

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

Verificação da Estanqueidade



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;



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.

CONCLUINDO

projetar e construir obras de saneamento duráveis depende:

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



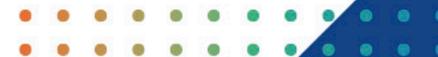
As atividades do CT-901

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.





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 cobrimento das armaduras para estruturas de saneamento.



Obrigado

