




**edificação
+ SEGURA**

PROGRAMA NACIONAL
DE REDUÇÃO DE RISCOS
E AUMENTO DA VIDA ÚTIL
DE ESTRUTURAS DE
EDIFICAÇÕES

Curso de capacitação em inspeção de estruturas de concreto - 2014 -

Módulo 6. Reabilitação de Estruturas de Concreto.

Aula 6.1: Corrosão de Armaduras, Ninhos e Impermeabilização: alternativas de intervenção corretiva.

Prof. Paulo Helene. PhD Engenharia




ABESC
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA
DE ENGENHARIA E
CONSULTORIA
ESTRUTURAL



ibts
Instituto Brasileiro
de telas soldadas

Patrocínio:



ICZ
Instituto de Metais
Não Ferrosos



weber
SAINT-GOBAIN


produtos
quartzolit

Coordenação:




NGI
Núcleo de
Gestão e
Inovação


1




ABECE
ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA DE
ENGENHARIA E
CONSULTORIA
ESTRUTURAL



**ALCONPAT
BRASIL**




IBRACON




**edificação
+ SEGURA**

PROGRAMA NACIONAL
DE REDUÇÃO DE RISCOS
E AUMENTO DA VIDA ÚTIL
DE ESTRUTURAS DE
EDIFICAÇÕES



NGI
Núcleo de
Gestão e
Inovação

Corrosão de Armaduras, Ninhos e Impermeabilização: alternativas de intervenção corretiva.



PhD
Engenharia

"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

Paulo Helene

*Diretor PhD Engenharia
Presidente de Honor ALCONPAT
Prof. Titular Universidade de São Paulo USP
Member fib(CEB-FIP) Service Life of Concrete Structures
Diretor e Conselheiro Permanente Instituto Brasileiro do Concreto IBRACON*

Centro Britânico

17 de Setembro de 2014

São Paulo

2



EDIFÍCIO “VILANOVA ARTIGAS”

**Projeto e especificação técnica dos serviços de reabilitação
da estrutura de concreto armado da FAU.USP**



"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

Paulo Helene
*Diretor PhD Engenharia
Prof. Titular Universidade de São Paulo*

Carlos Brites
*Diretor PhD Engenharia
Doutor em Ciências dos Materiais pela POLI-USP*

3



4

Fachada



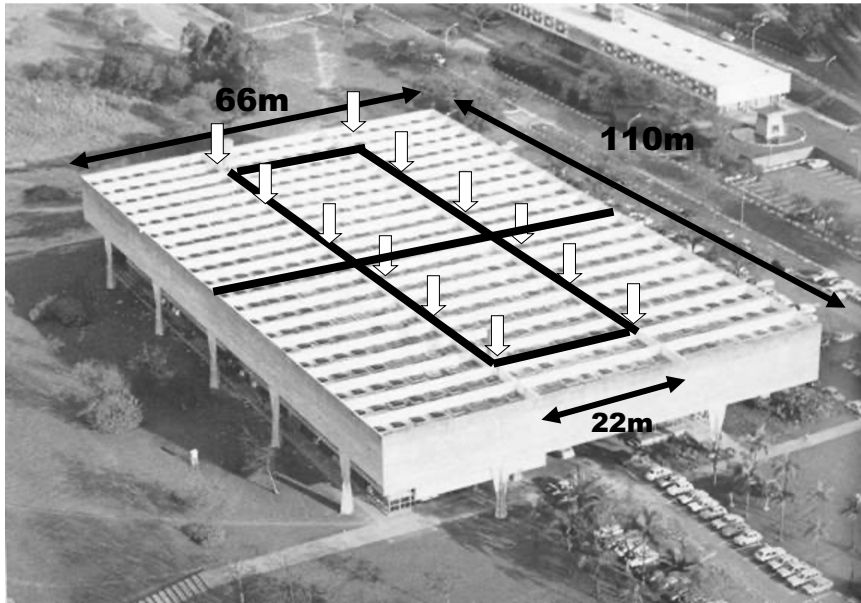
direitos reservados PhD 2013

5

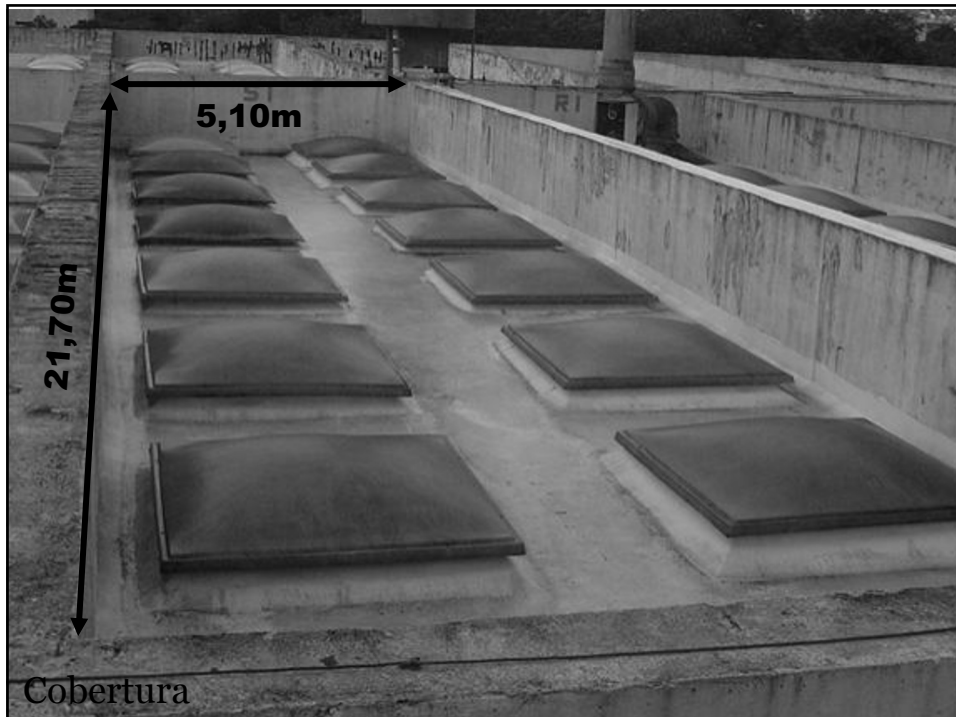


6

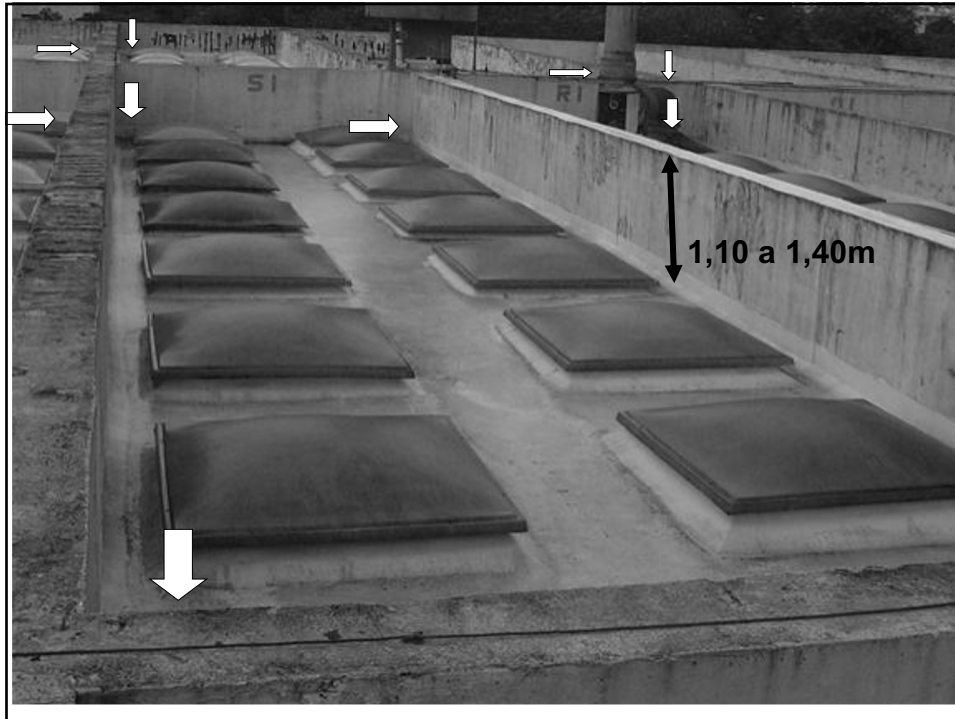
Edifício Sede da FAU.USP, em São Paulo, 1969



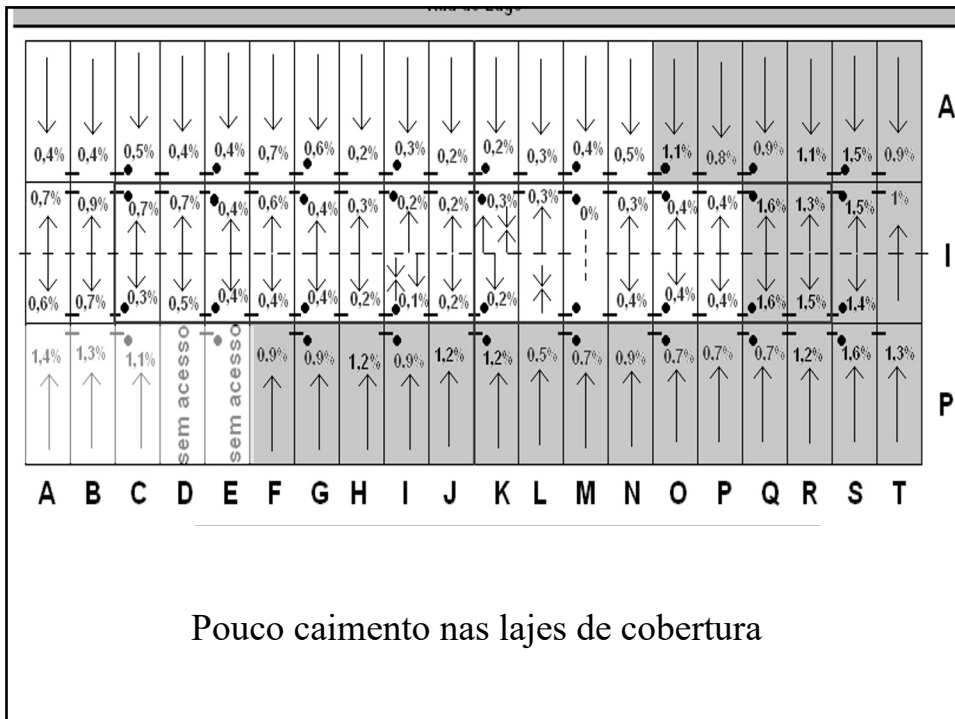
7



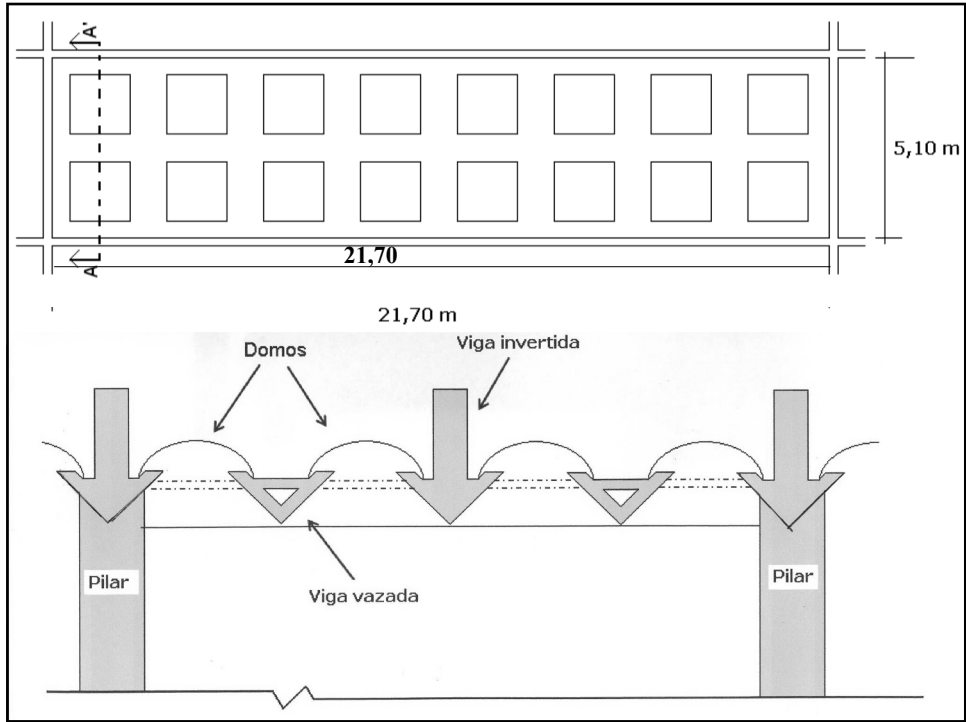
8



9



10



11



12

Problemas Observados

13

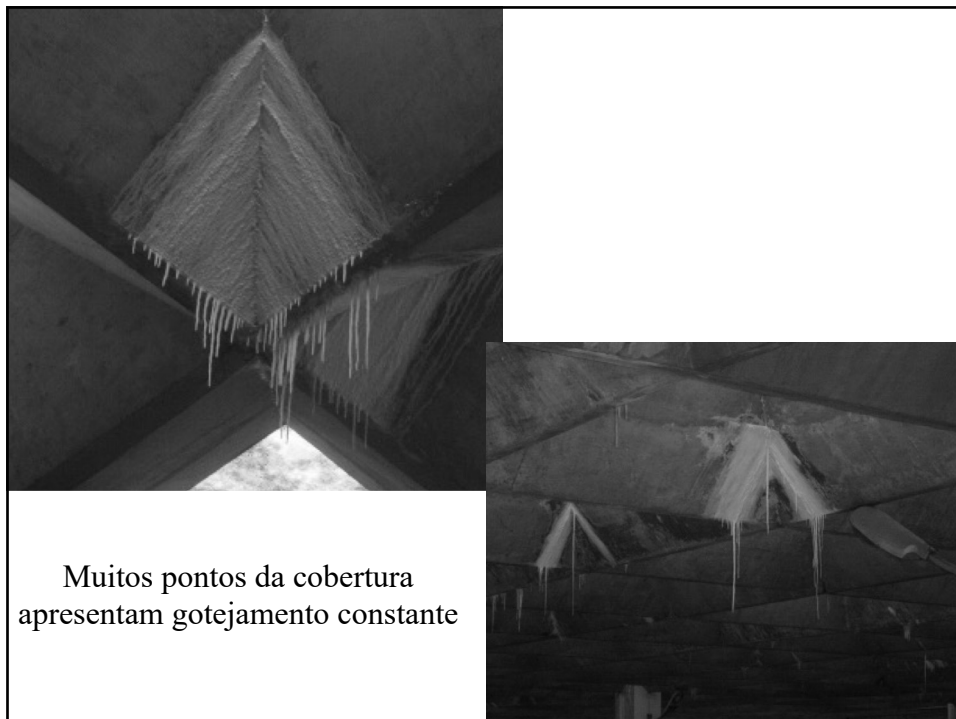


14

✓ Ocorrência generalizada de eflorescências e estalactites na face inferior da laje estrutural de cobertura



15



16



17

✓ Em pontos isolados da face inferior da laje de cobertura (teto) existe a ocorrência de corrosão de armaduras



18



19



20



21

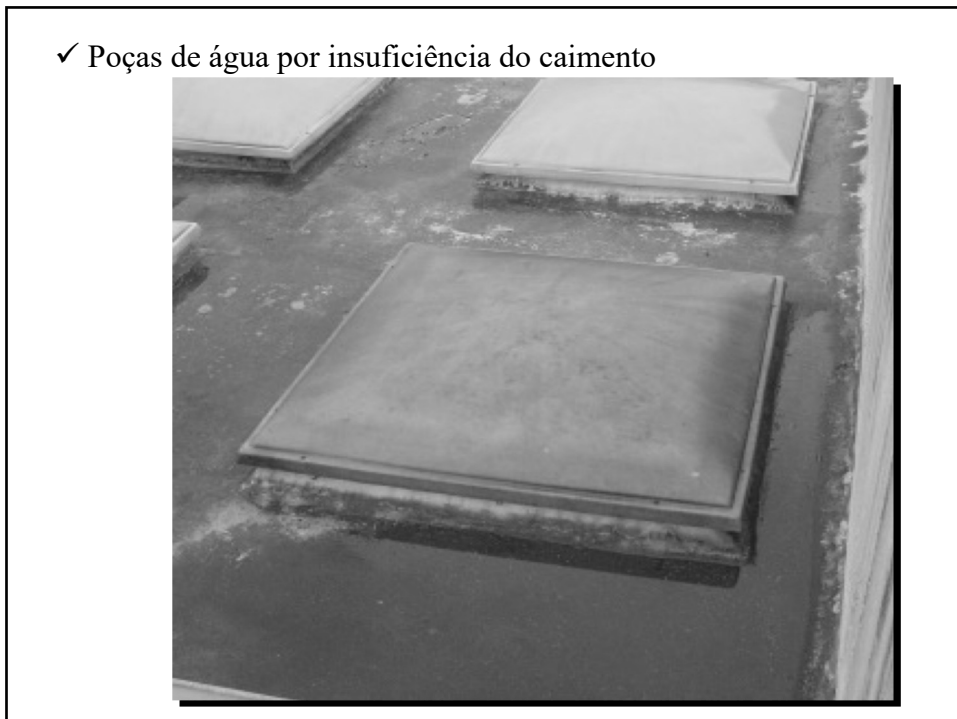
✓ Colapso do sistema de impermeabilização atual



22



23



24



25

✓ Corrosão de
armaduras nas vigas
estruturais invertidas



26



Corrosão nas vigas invertidas

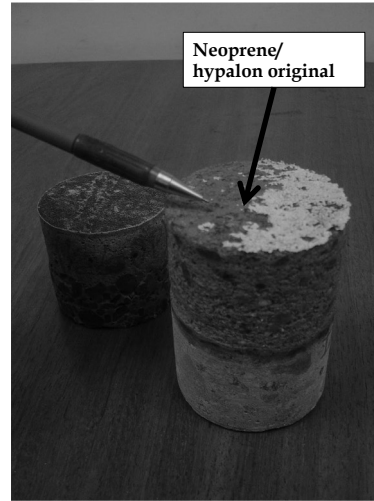
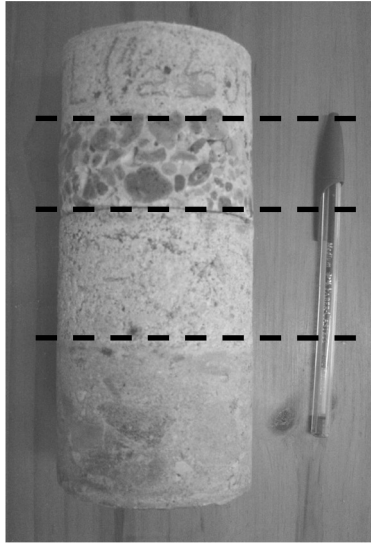
27

✓ Estribos rompidos por corrosão



28

Inspeção (face superior)



sobreposição de camadas

29

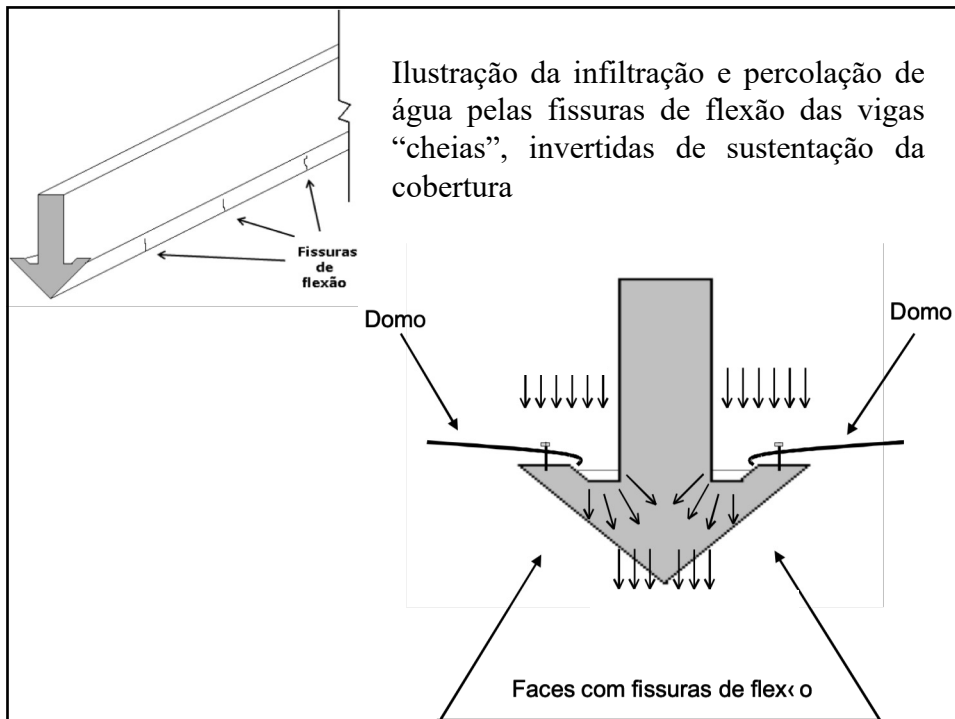
Diagnostico & Prognóstico

**mecanismos de infiltração de
água pluvial na cobertura**

30



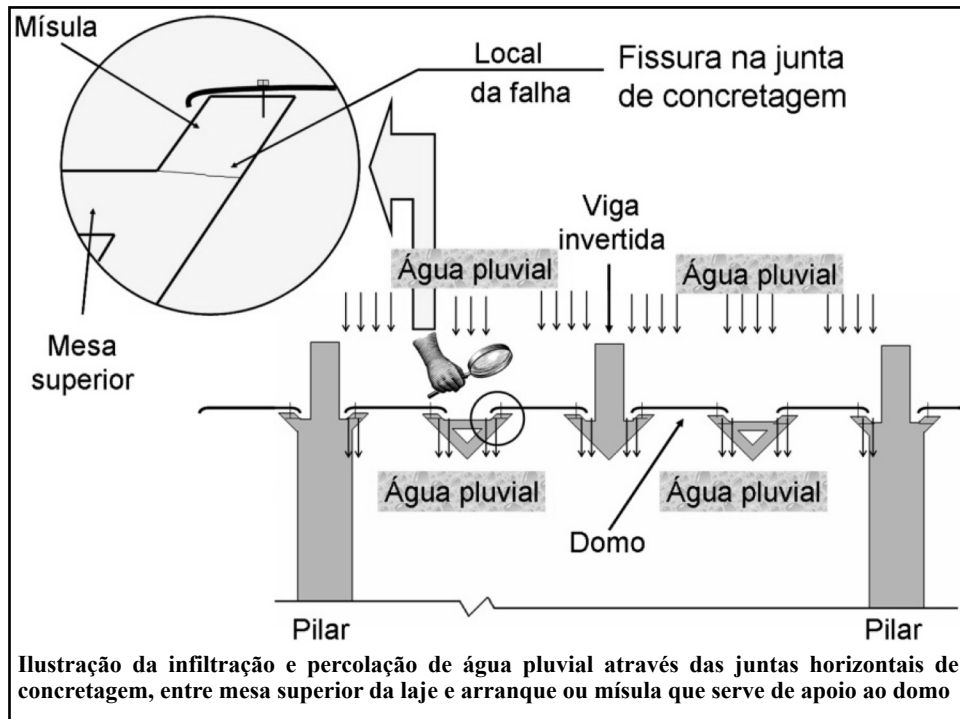
31



32



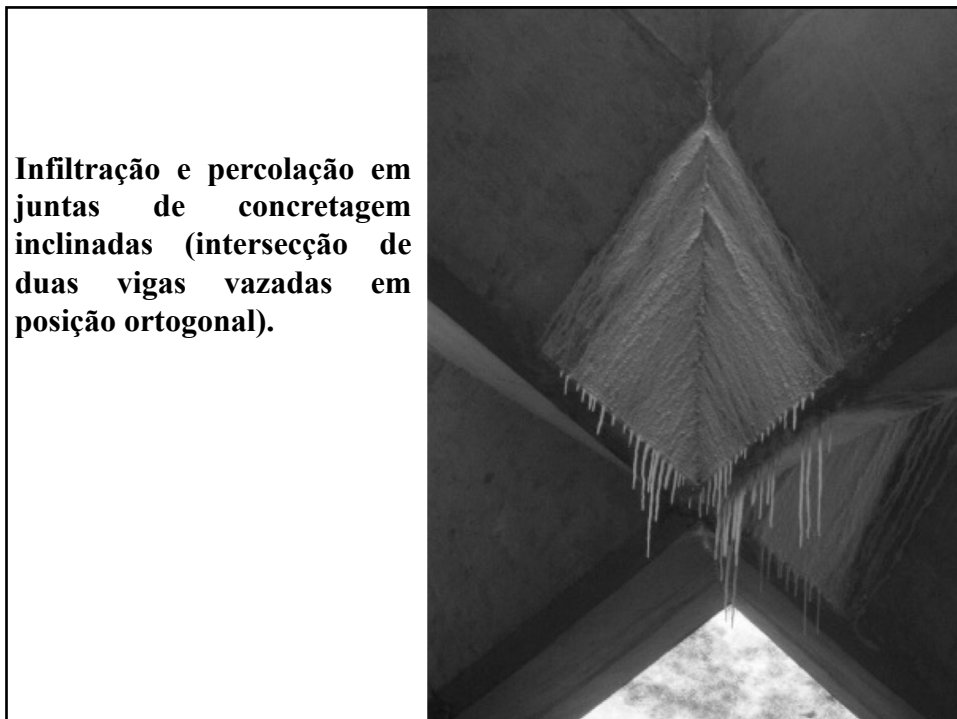
33



34



35



36



37



38

Conceituação

(intervenção em estruturas de concreto)

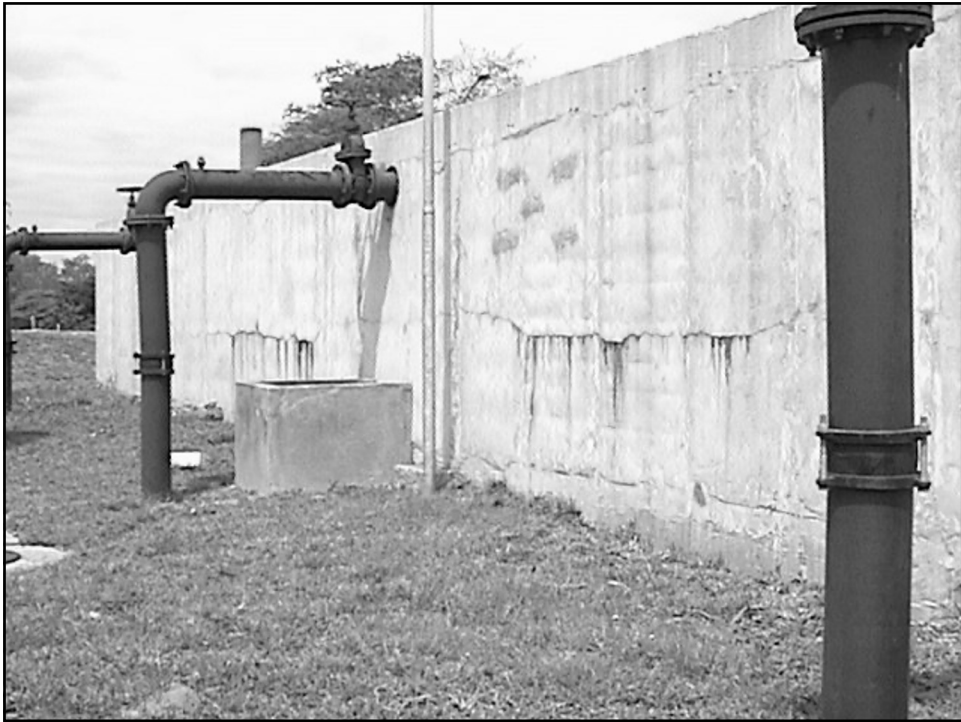
39



40



41



42

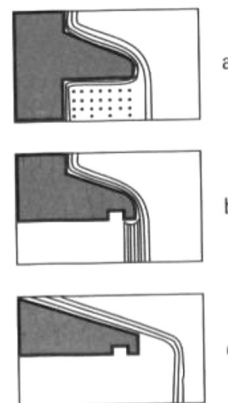
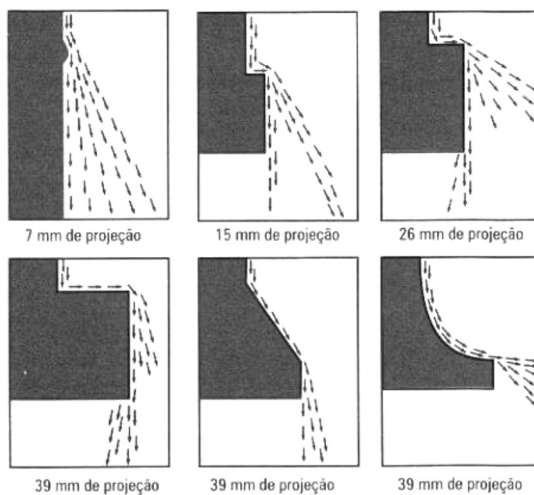
vida útil

Um concreto bem especificado, um fornecimento correto e uma execução adequada é suficiente para garantir vida útil?

não é somente isso...

43

Arquitetura planejada



cornijas, beirais,
pingadeiras ...

Uemoto, 2005 apud Couper, 1974

44

Edifício Martinelli



**84 anos de idade,
(1929), vida útil ?**

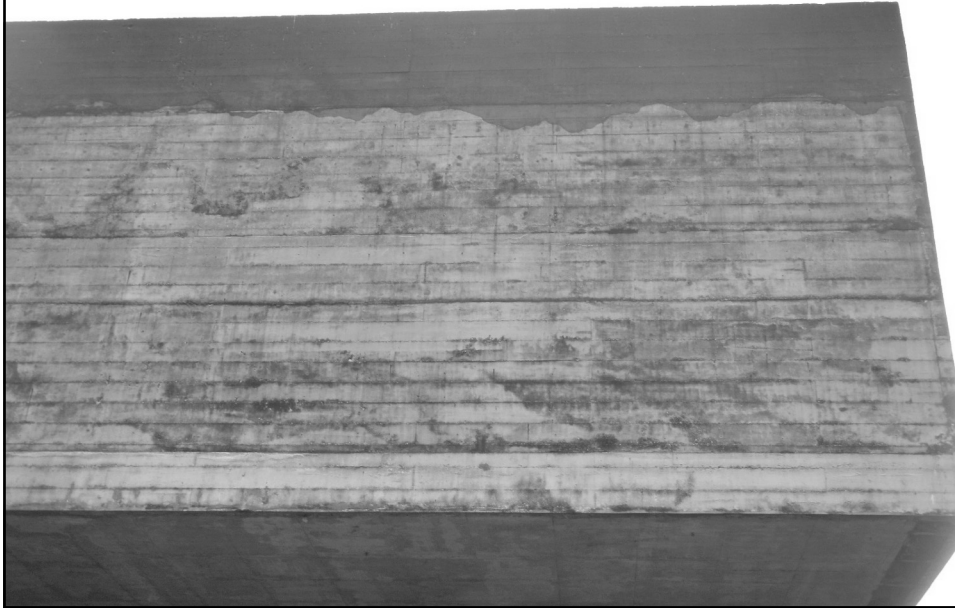


45



46

ABNT NBR 6118:2007, item 7.2.4 ?



47

Arquitetura planejada (norma)

ABNT NBR 6118:2007, item 7.2.4:

“Todos os topos de platibandas e paredes devem ser protegidos por chapins. Todos os beirais devem ter pingadeiras e os encontros a diferentes níveis devem ser protegidos por rufos”

de quem é a responsabilidade?

48

O problema não é somente estético...



40 anos de idade...

49

O problema não é somente estético...



risco de vida (não é a útil)

50

Visão sistêmica da vida útil



51

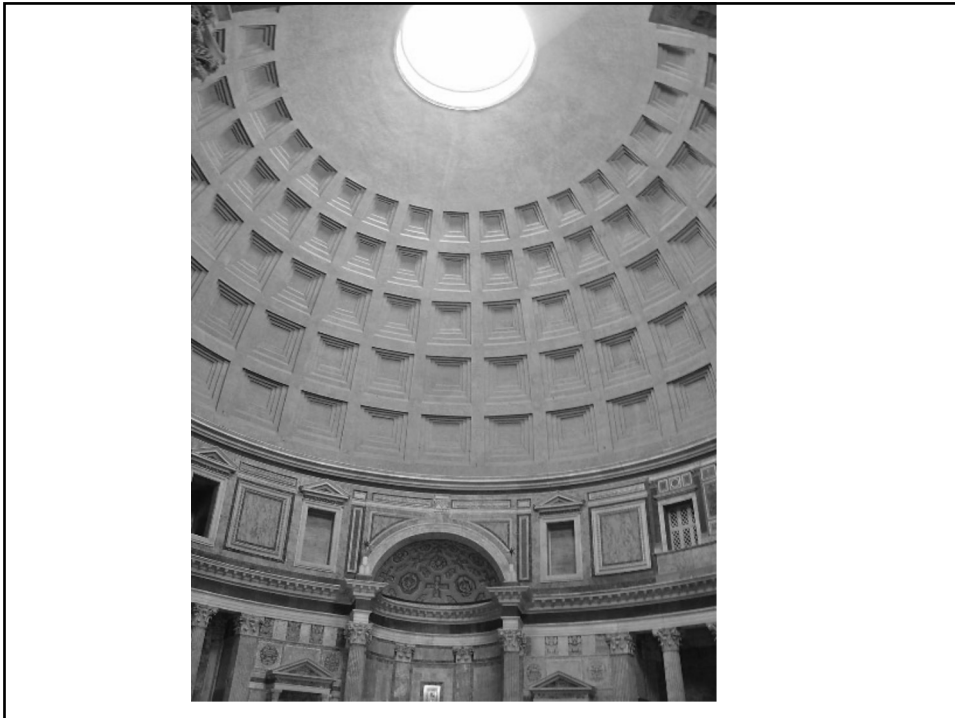
**Não existe material de
construção mais
durável que o concreto!
Somente algumas rochas
têm a mesma durabilidade**

52

Panteão
de
Roma



53



54



55

Cúpula do Panteão de Roma
Século II dC → Diâmetro de **44m**



56

Conceitos

- ✓ Impermeabilidade é diferente de estanqueidade
- ✓ Material é diferente de estrutura

57

Conceitos

- ✓ Não existe panacéia universal nem solução “definitiva”. A solução definitiva é saber conviver com o problema.
- ✓ Deve ser implementado um programa de manutenção permanente da cobertura

58

Solução Corretiva

- **Acessos / Segurança**
- **Estanqueidade juntas**
- **Proteção**
- **Reabilitar a estrutura**
- **Estanqueidade lajes**

59

**acessibilidade,
segurança e
proteção contra
descargas
elétricas**

60



61



62



63



64



65



66



67



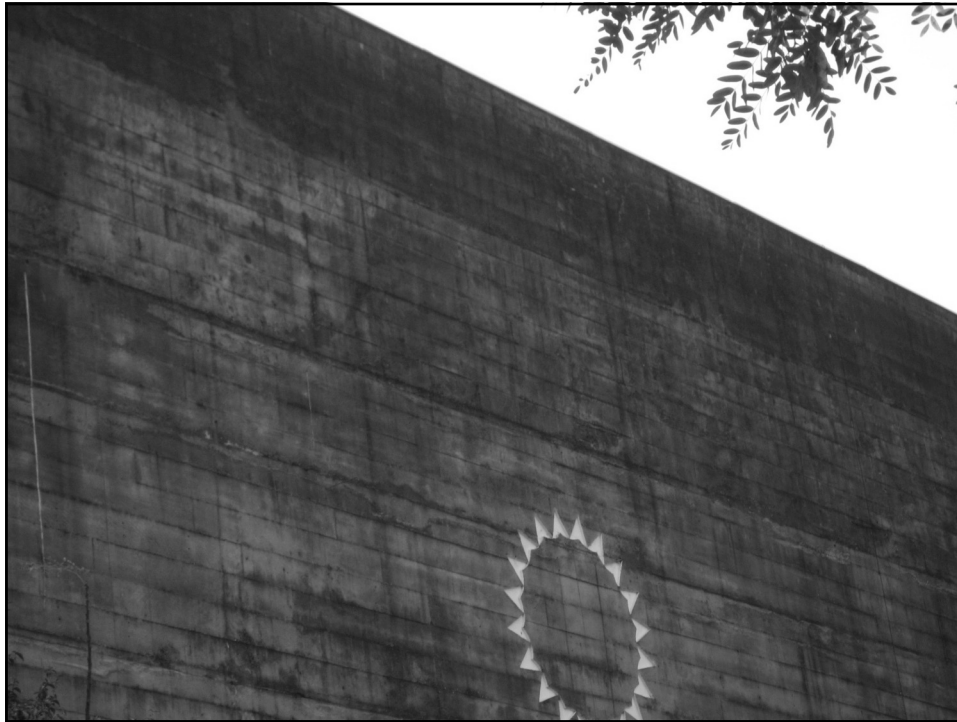
68



69



70

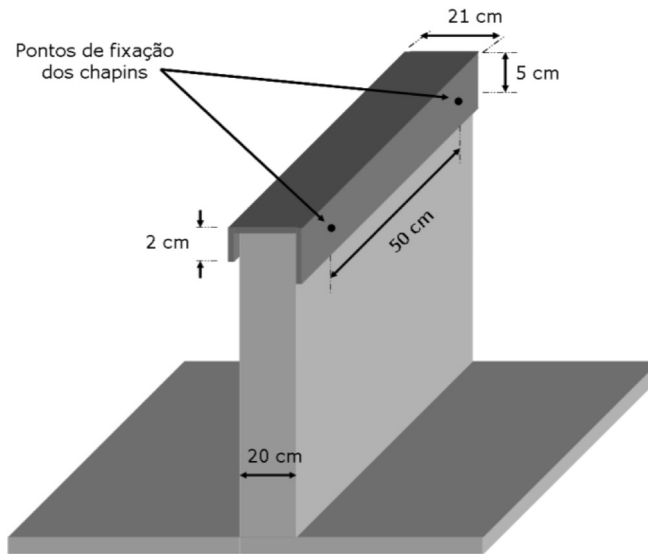


71

Estanqueidade de Juntas de Dilatação

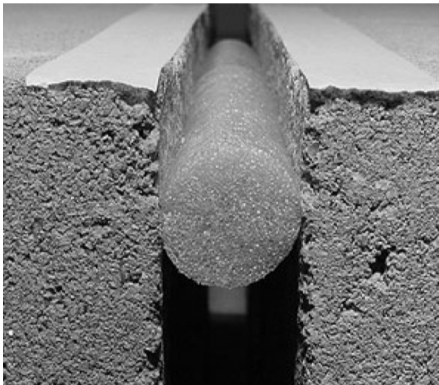
72

- Fornecimento e colocação de chapins de alumínio na face superior de todas as vigas invertidas e na viga (platibanda) de periferia

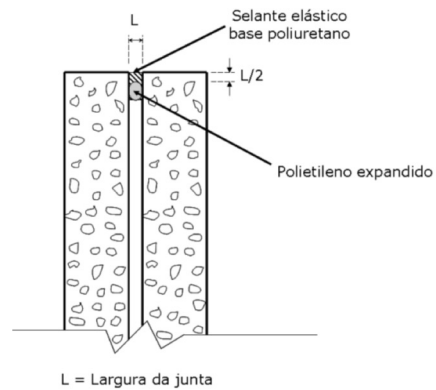


73

- Limpeza por escovamento das juntas de dilatação
- Instalação de tarucel
- Preenchimento com selante base poliuretano

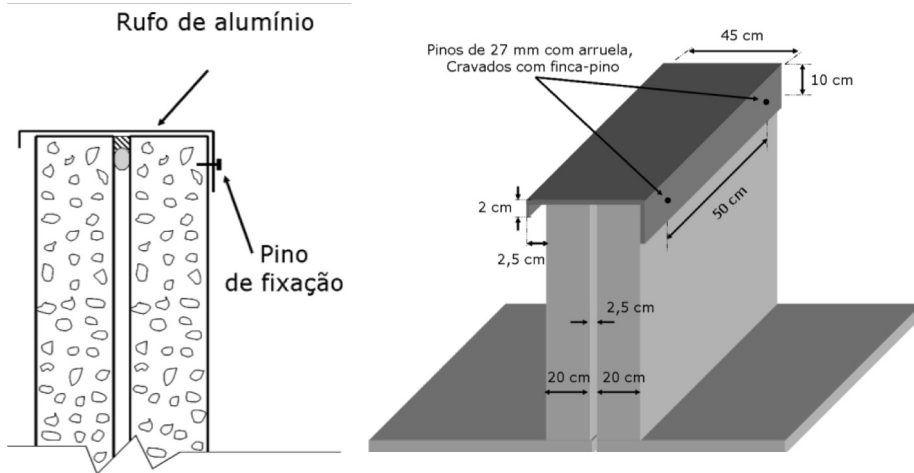


Exemplo de berço de polietileno expandido



74

Fornecimento e colocação de chapim de proteção a base de alumínio espessura de 2,5mm



75

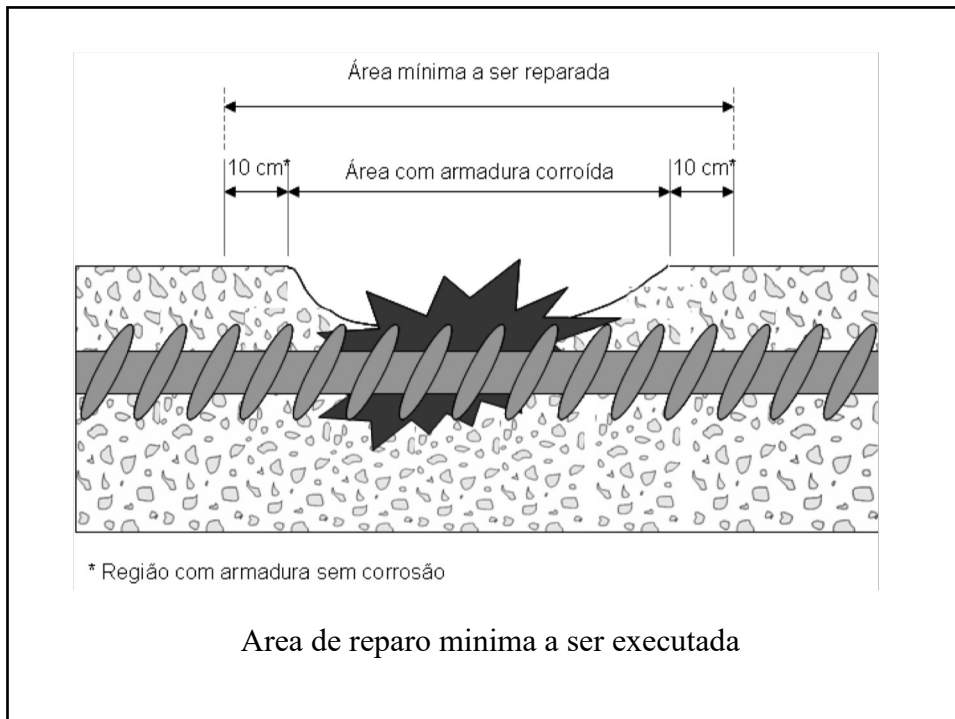
Recuperação estrutural das vigas

76

Corrosão nas vigas invertidas

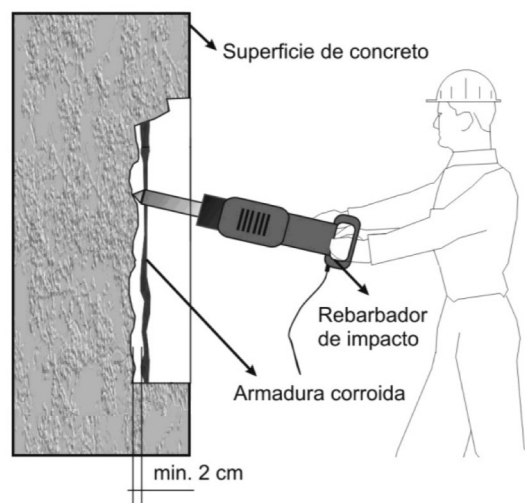


77



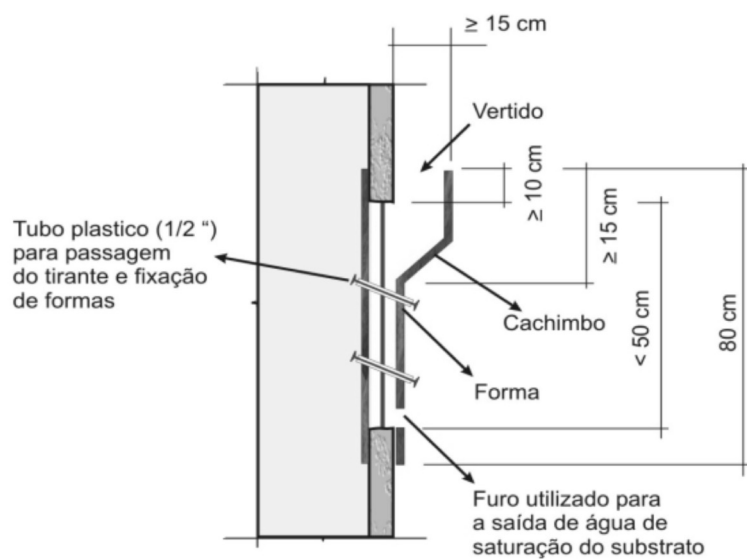
78

-- Escarificação do concreto contaminado, com martetele eletromecânico



79

Preenchimento com graute ou argamassa de alta resistência



Fôrmas tipo cachimbo

80

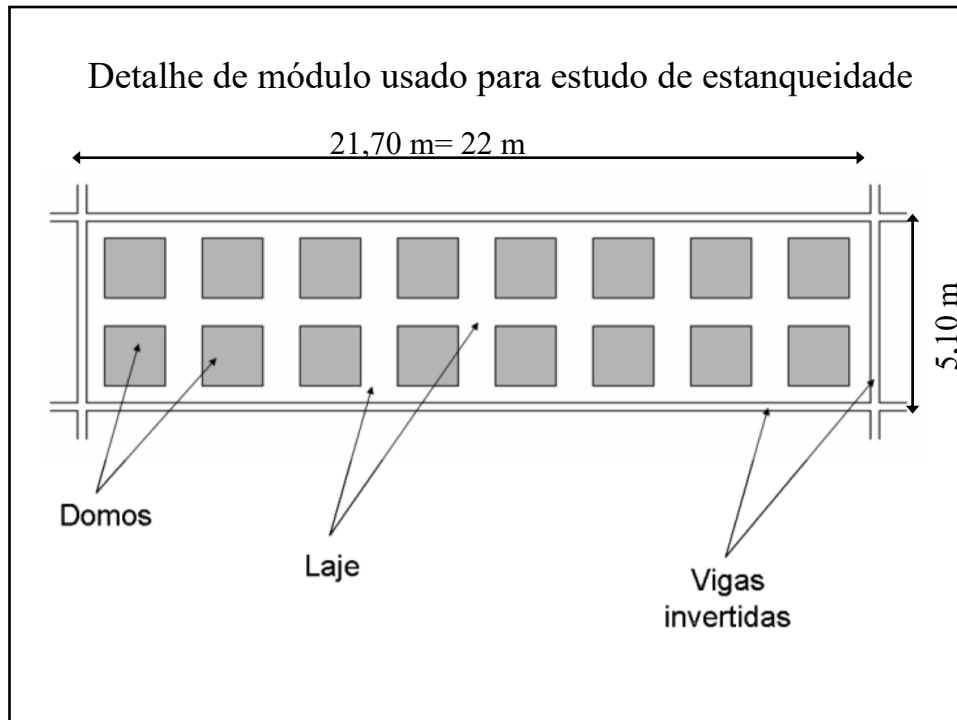
Alternativas para obter Estanqueidade Lajes

- **Silicato de sódio**
- **Manta PVC**
- **Poliuréia**

81

Impermeabilização da laje Silicato de sódio


82



83

Alternativa com silicato de sódio

- Retirada de todas as camadas de revestimento inclusive a argamassa de regularização original;
- Preparação da superfície;

Rugosidade da superfície recém-escarificada, devendo ser lixada

84

Alternativas

melhoria estrutura

Silicato de Sódio



85

Alternativa com silicato de sódio

Aplicação de acetato de cálcio diluída a 10%, 24 horas antes da aplicação do silicato de sódio



86

Alternativa com silicato de sódio

Aplicação do silicato de sódio em reparo preparado ao mesmo tempo em que é aplicado na laje de cobertura.



87

Alternativa com silicato de sódio



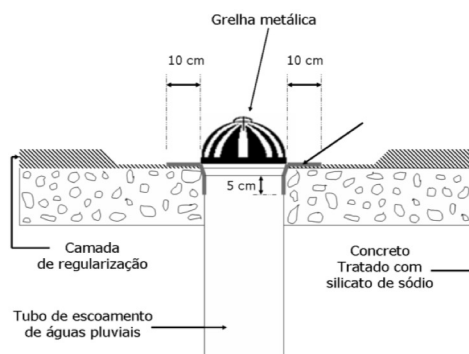
Hidratação de laje de concreto após aplicação do silicato de sódio

88

Alternativa com silicato de sódio

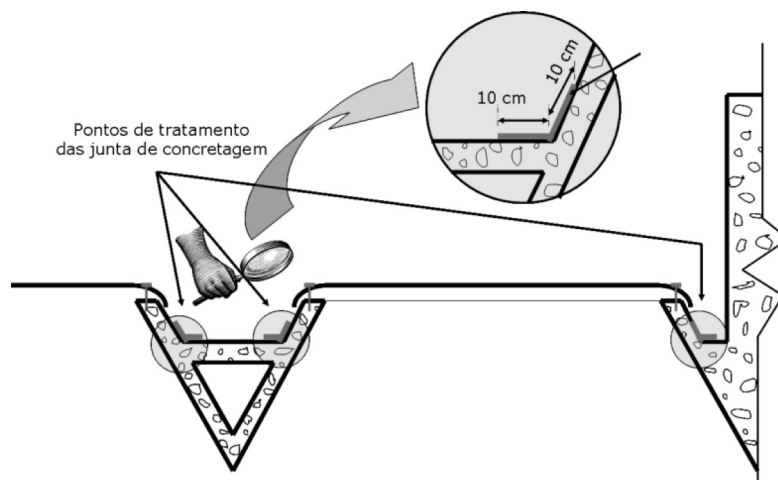
- Fechamento dos reparos localizado;
- Aplicação do silicato de sódio sobre o reparo;
- Tratamento dos ralos;
(selante autonivelante de poliuretano bicomponente)

- Aplicação de argamassa de cimento;
- Cura úmida por aspersão de água



89

Alternativa com silicato de sódio



Tratamento das juntas de concretagem com poliuretano

90

Impermeabilização da laje Manta PVC

91

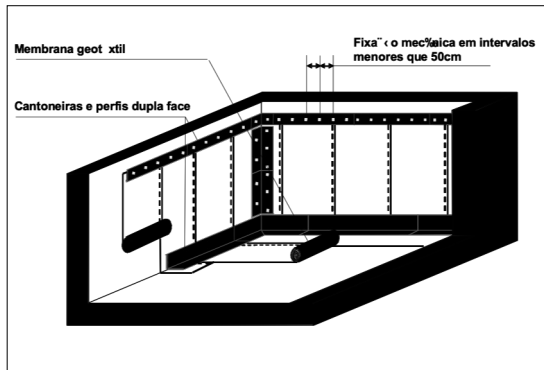
Recuperação e proteção inicial das vigas estruturais



92

Alternativa com manta de PVC

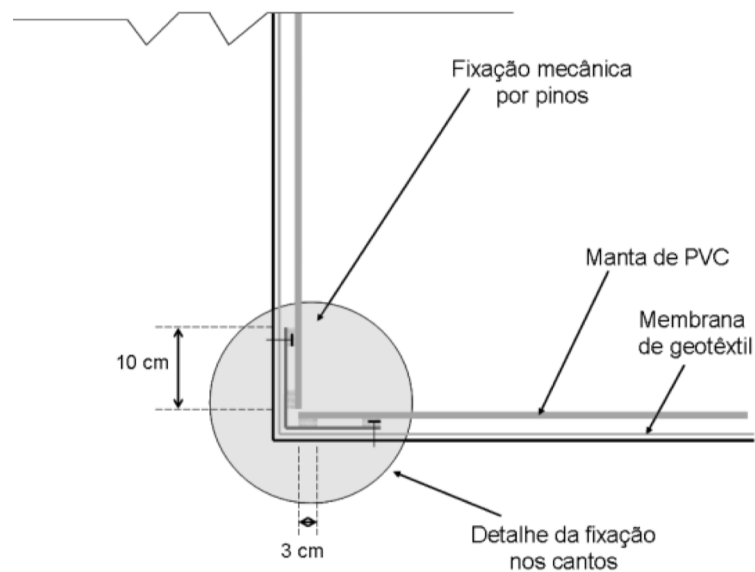
Fornecimento e aplicação da manta de PVC



- Geotêxtil de 150g/m², 3mm
- fixações mecânicas,
- perfil metálico com dupla-face (alumínio e PVC) e
- manta de PVC reforçada com malha de poliéster na espessura de mínima de 1,2mm.

93

Detalhe da fixação da manta de PVC nos cantos em 90°.



94



95



96

Alternativas

sistema não aderente

manta de PVC reforçada com malha de poliéster na
espessura de mínima de 1,2mm



97



98



99

Revestimento Poliuréia

sistema elastomérico de alta espessura
($>1,5\text{mm}$), à base de poliuréia pura isento
de solventes.

sistema aderente

100

Alternativa com revestimento base poliurea

- Regularização da superfície;**
- Cura úmida por aspersão de água;**
- Limpeza do substrato.**

101

Alternativa com revestimento base poliuréia



Air Less bi-componente” de pressão
mínima de 3.500 psi e temperatura
mínima de 75°C

102

Manutenção preventiva

103

Manutenção preventiva

- ✓ **Reparos estruturais** → Realizar reparos a cada 5 anos. Admite-se que eventualmente 5% das áreas reparadas apresente algum tipo de reincidência ou que surjam novos pontos.
- ✓ **Juntas de dilatação** → pequenos reparos a cada 5 anos. Renovação a cada 15 anos.
- ✓ **Sistema de proteção superficial da face inferior de laje** → Renovação a cada 5 anos.

104

Manutenção preventiva

- ✓ **Sistema de impermeabilização com revestimento de poliuréia** → deve ser realizada limpeza semanal e renovação a cada 15 anos.
- ✓ A água empoçada deve ser rotineiramente direcionada para os ralos, e pulverizado cal para matar insetos. (FAU.USP)
- ✓ **Sistema duplo de proteção superficial da empena perimetral** → deve ser realizada limpeza anual e renovação do verniz à base de resina acrílica 100% pura a cada 5 anos.

105

Manutenção preventiva

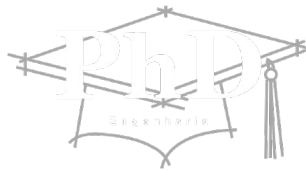
Manual de Utilização, Inspeção e Manutenção com base nas prescrições das normalizações nacionais :

ABNT NBR 5674 - Manutenção de edificações – Procedimento

ABNT NBR 14037 - Manual de operação, uso e manutenção das edificações – Conteúdo e recomendações para elaboração e apresentação

106

OBRIGADO!



"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

www.concretophd.com.br
www.phd.eng.br

11-2501-4822 / 23
11-7881-4014