Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

AESABESP 40 Anos
Associação dos Engenheiros da Sabesp

37ETC-07336
ANÁLISE DA DETERIORAÇÃO POR CLORETOS EM TETO DE RESERVATÓRIO DE ÁGUA

Engª. M.Sc. Rafaela Sebben Eckhardt

Eng. Esp. Cláudio Neves Ourives — Penetron Brasil
Téc. Edif. Fernando Silva Figueredo — Aegea Saneamento
Prof. M.Sc. Mateus Zanovello de Oliveira — Instituto Mauá de Tecnologia
Estudante Pedro Bina Augusto — Instituto Mauá de Tecnologia

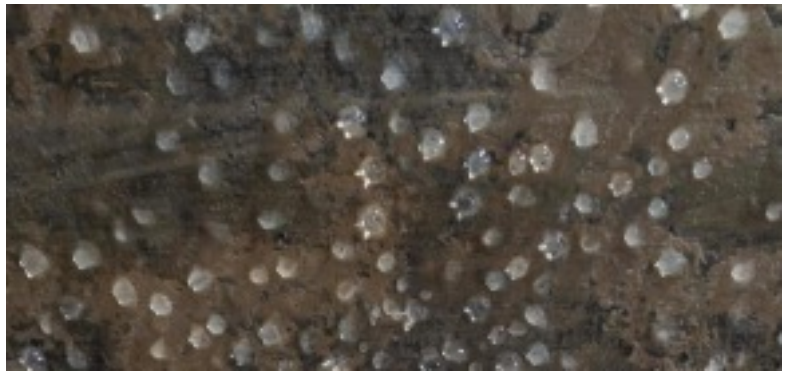


Corrosão de armaduras é a manifestação patológica mais comum em estruturas de concreto expostas a íons cloreto

Agressividade da condensação de água com cloro

A evaporação e posterior condensação geram uma solução com baixa concentração de cálcio

Promove a descalcificação da matriz cimentícia, acelerando a degradação e comprometendo a durabilidade estrutural



Dificuldade executiva do cobrimento



A solução proposta: **CONCRETO AUTOCICATRIZANTE**



ADITIVO

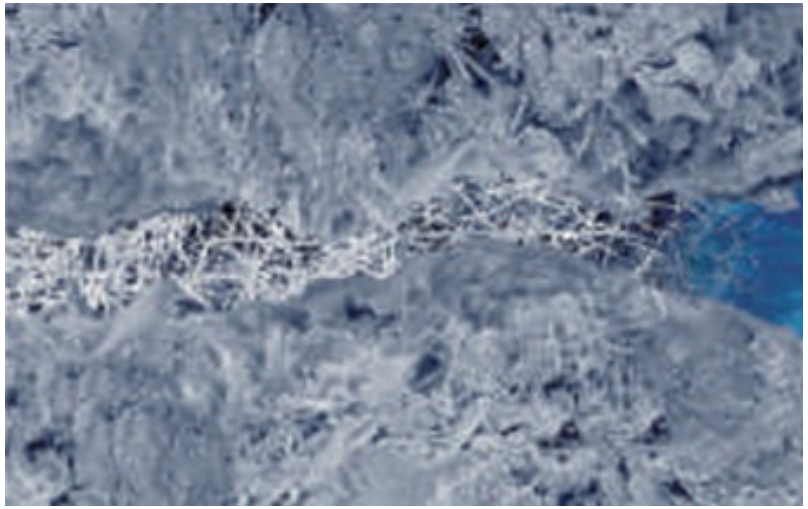


ARGAMASSA

Potencializa a colmatação natural de poros e fissuras passivas



Ocorre uma reação química com os compostos hidratados do cimento e a água



Há a precipitação de cristais insolúveis que vedam os vazios, bloqueando a entrada dos íons cloreto

Objetivo do estudo

Avaliar e comparar a eficiência de diferentes soluções de proteção e impermeabilização do concreto contra o ataque por cloretos

Simular as condições ambientais agressivas da zona gasosa de um reservatório de água

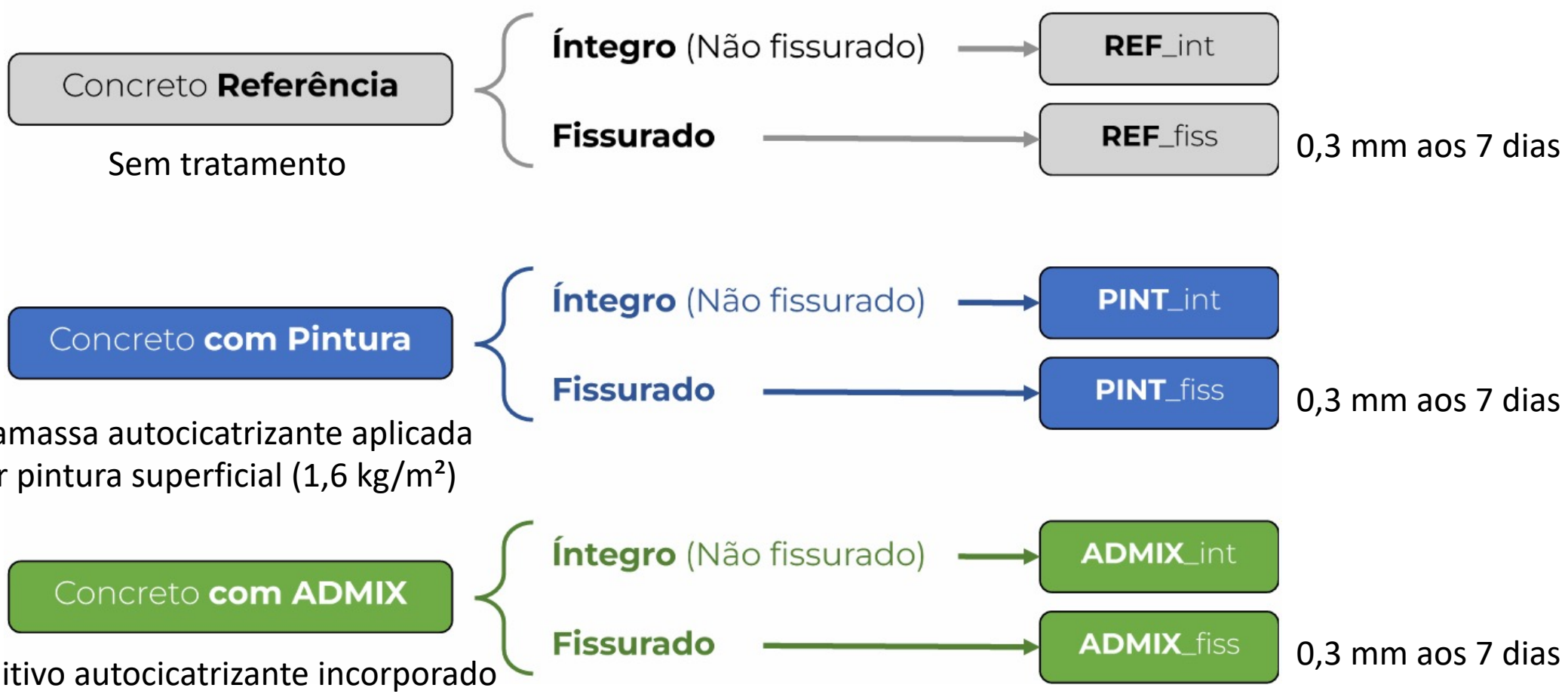
Duas abordagens comparadas:

- Aditivo autocicatrizante (incorporado na produção - simula estrutura nova)
- Argamassa autocicatrizante (aplicada na superfície - simula estrutura antiga/reabilitação)

Metodologia

Corpos de prova cilíndricos - 10 x 8 cm

4 CPs por variável



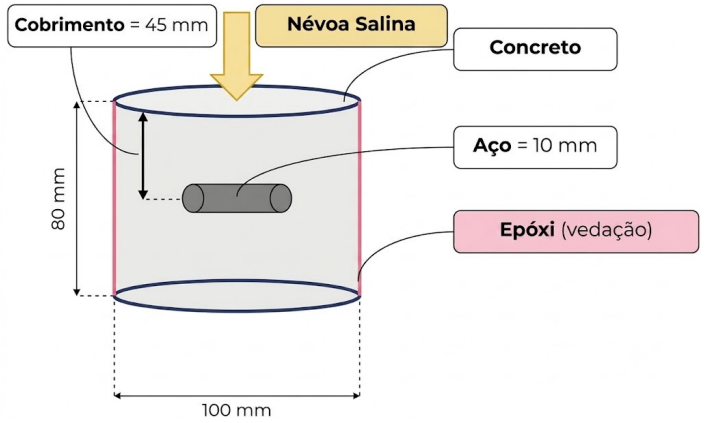
+ 3 CPs cilíndricos de 10 x 20 cm para ensaio de compressão axial

Metodologia - preparação

ABNT NBR 6118 e ABNT NBR 12655 - classe de agressividade ambiental IV (elevada)

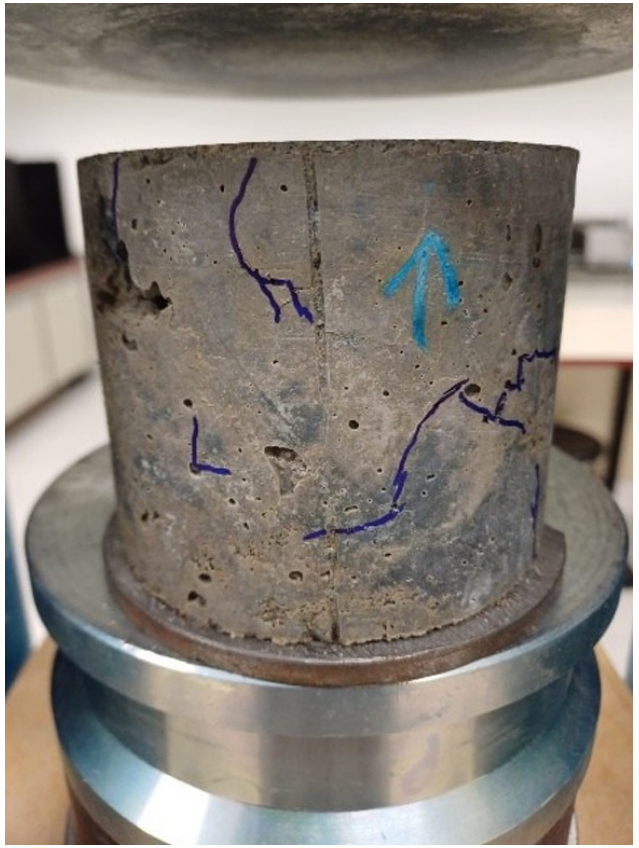
Materiais	Traço	Consumo (kg/m³)
CP III (Mizu)	1.00	375
Areia média	2.00	750
Brita 0	1.20	450
Brita 1	1.80	675
Água	0.45	169
Aditivo SP	0.60%	2.25

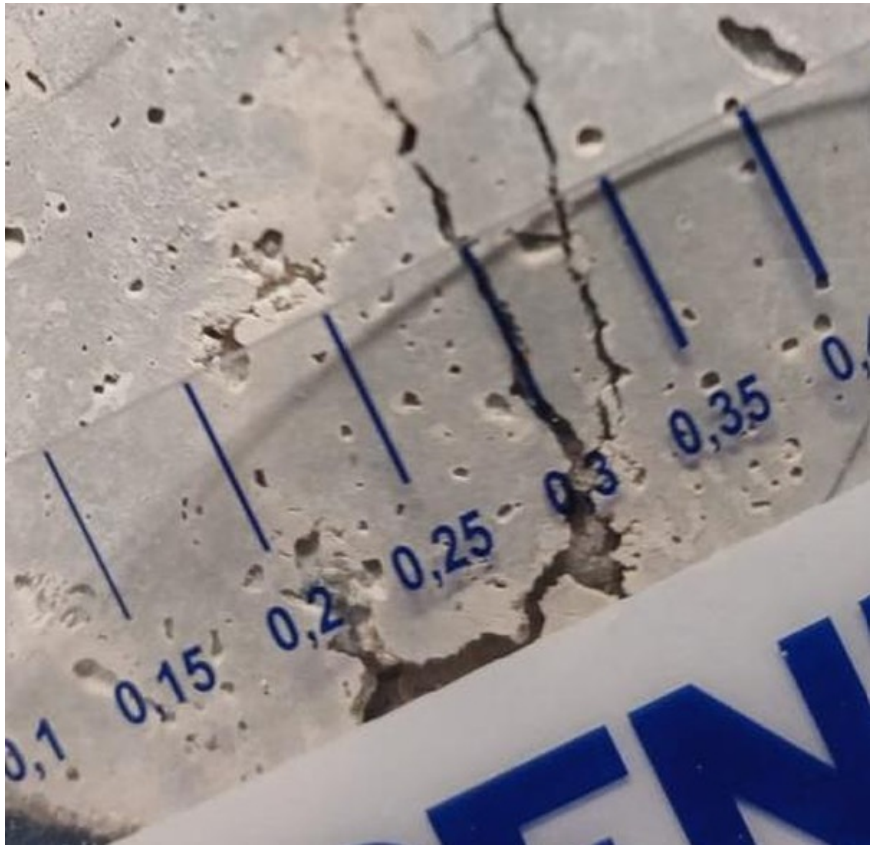




Armadura com barra de aço interna (10 mm) - cobrimento nominal de 4,5 cm

Metodologia – exposição





Indução da fissura – 7 dias

Aplicação da argamassa autocicatrizante – pós fissuração

Cura submersa em água por 28 dias para ativar os materiais

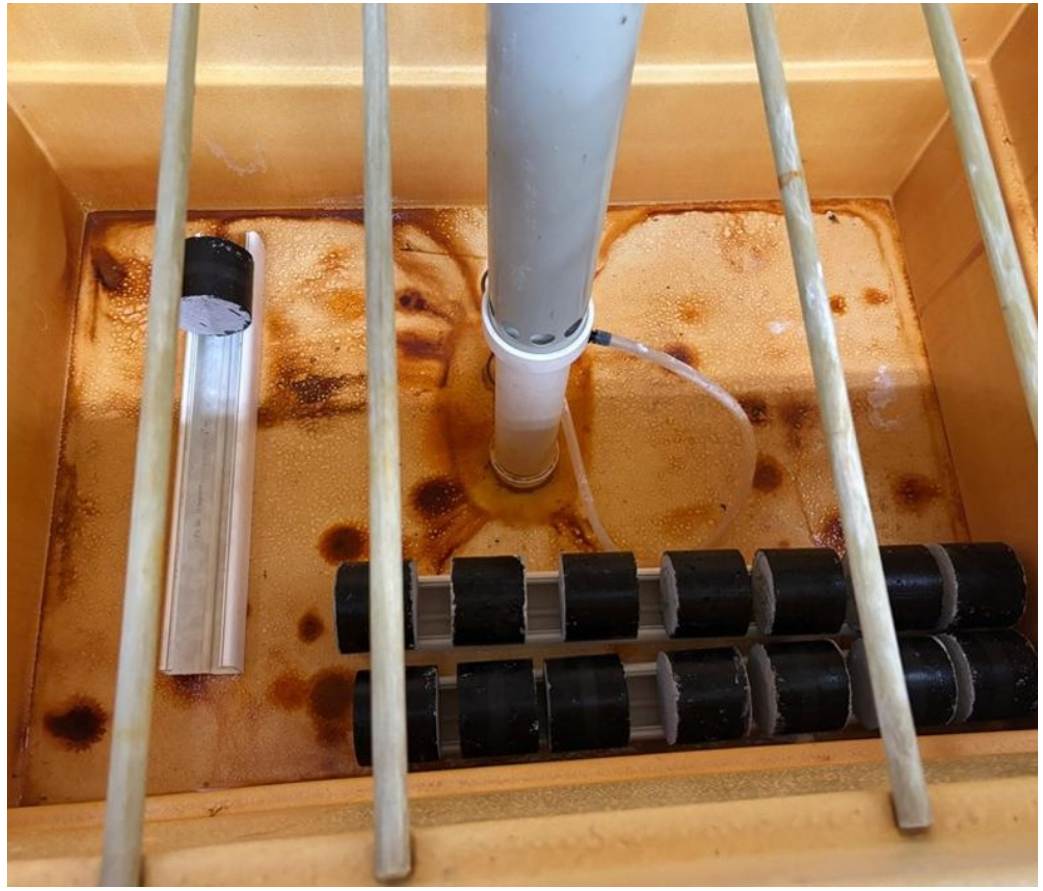
Metodologia – exposição

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

Fluxo unidirecional da névoa a partir do topo, com selagem lateral em resina epóxi



Exposição em câmara de névoa salina neutra (NaCl a 5%) por 60 ciclos

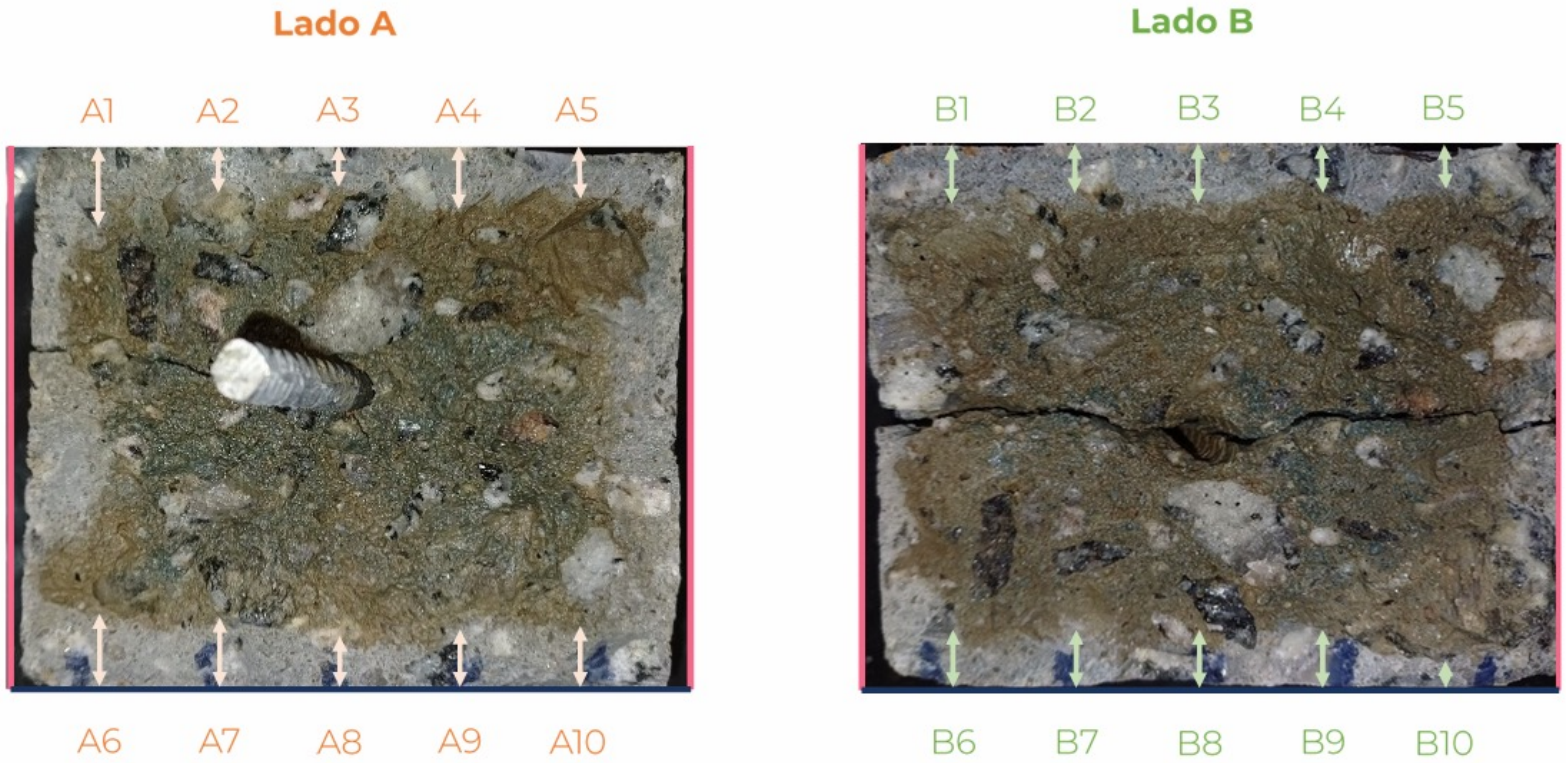


6 h de névoa salina ligada + 18 h do sistema fechado com redução da umidade relativa em 50%

NBR 17088:2023 - Corrosão por exposição à névoa salina - Métodos de ensaio

Metodologia - avaliação de cloretos

As amostras foram seccionadas verticalmente (lado A e lado B).



Método colorimétrico: aspersão de nitrato de prata ($AgNO_3$)

Coloração marrom: Região livre de cloretos (reação da prata com a hidroxila)

Coloração branca: Região contaminada por cloretos (formação de AgCl)

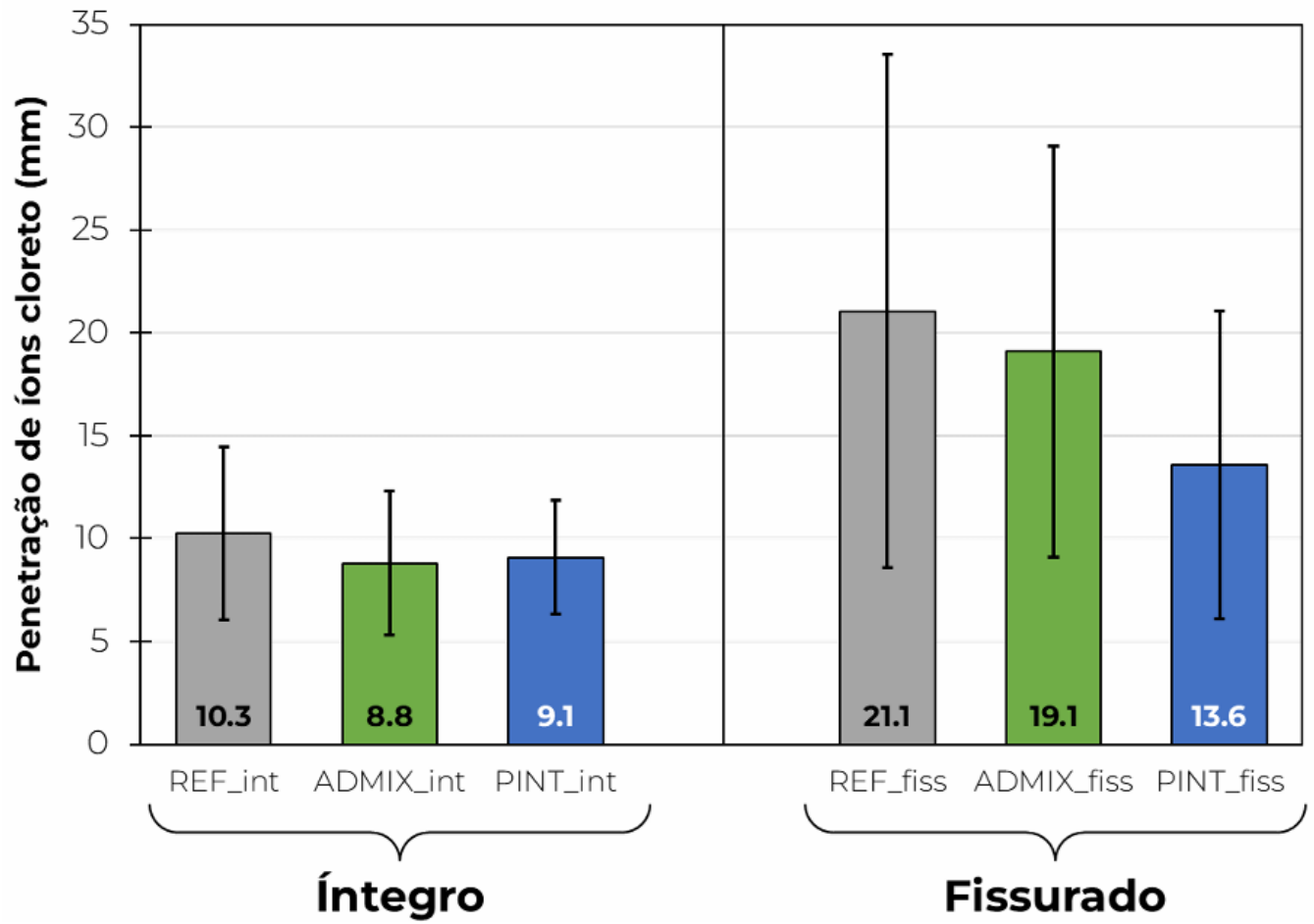
Foram realizadas 10 medições de profundidade por amostra (A1 a A10).

Resultados - resistência e integridade

A incorporação do aditivo não alterou o desempenho mecânico do concreto. Ambos mantiveram-se na classe de 40 MPa (média de 41,4 ± 2,8 MPa aos 28 dias)

Nenhum corpo de prova apresentou penetração superior ao cobrimento nominal (4,5 cm) – não foi observada nenhuma corrosão das armaduras em nenhuma das variáveis

Resultados - penetração de cloretos



Melhor desempenho alcançado com o **aditivo autocicatrizante**, com redução de **14%** na penetração de cloretos em relação à amostra de referência.

Melhor desempenho alcançado com a **argamassa autocicatrizante**, com redução de **36%** na penetração de cloretos em relação à amostra de referência.

Conclusões

Tanto o aditivo quanto a argamassa autocicatrizante são soluções eficazes para a proteção de zonas gasosas de reservatórios.

- **Aditivo:** Ideal para condições de concreto íntegro (obra nova).
- **Argamassa:** Ideal para condições de concreto fissurado (obra existente).

A escolha do sistema deve considerar o ciclo de vida e a integridade da obra, havendo potencial técnico na combinação de ambas as soluções para maximizar a proteção.



Aplicação

Após 2 anos de uso



Obrigado!

Rafaela Sebben Eckhardt

rafaela@penetron.com.br
(47) 99271-1879
@rafaaeck

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

AESABESP 40 Anos
Associação dos Engenheiros da Sabesp

Coautores

Cláudio Ourives
claudio@penetron.com.br
11 91733-8481

Fernando Figueredo
fernando.figueredo@aegea.com.br
11 91956-4828

Mateus Zanovello
mateus.oliveira@maua.br
11 99160-1722

Pedro Augusto