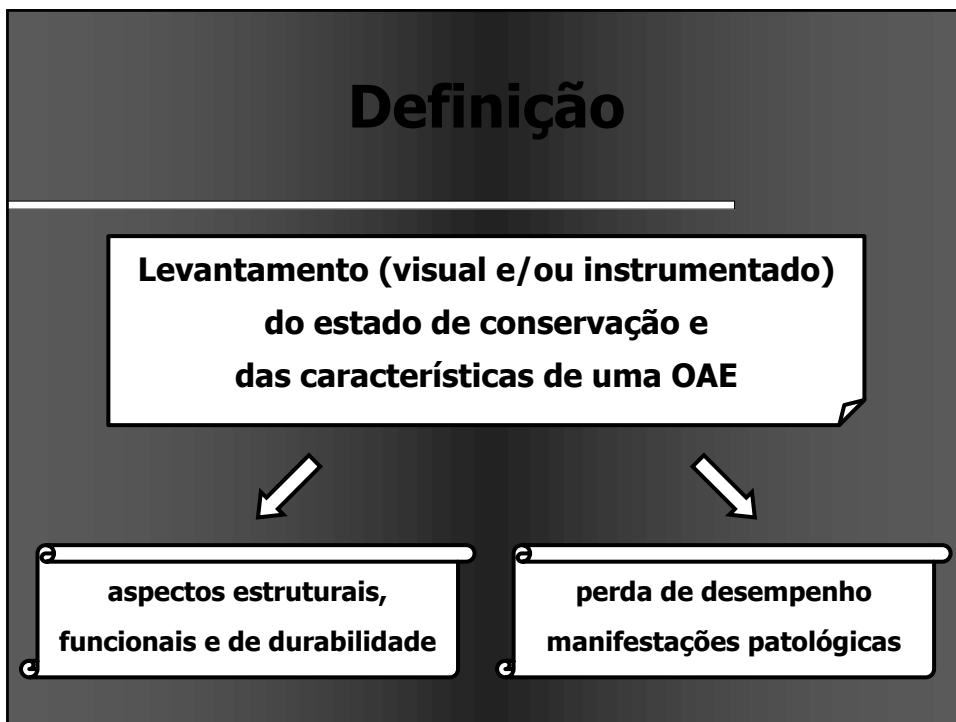




1



2

Objetivos

**Cadastramento das OAEs de uma rodovia,
conhecimento e monitoramento da
evolução das anomalias para dar suporte
a uma política de manutenção
(preventiva e corretiva)**

3

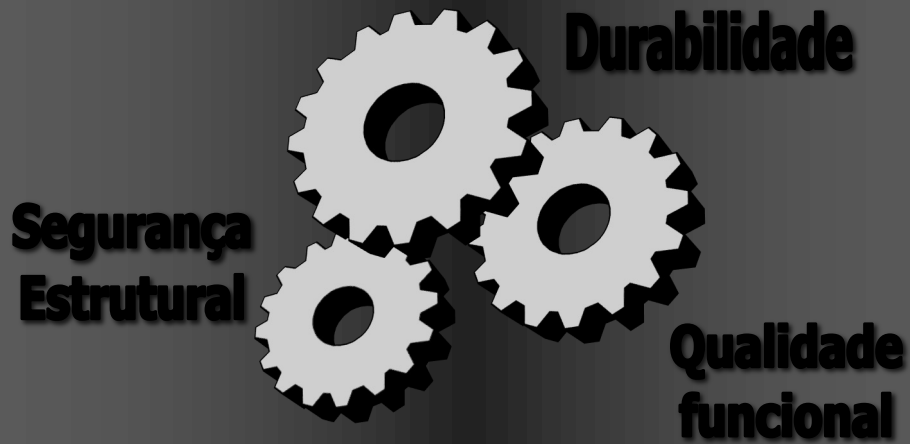
Importância

**Correção de problemas patológicos,
restabelecimento do desempenho
estrutural, funcional e de durabilidade**

**Manutenção da funcionalidade,
prevenção de acidentes e redução
dos custos de manutenção**

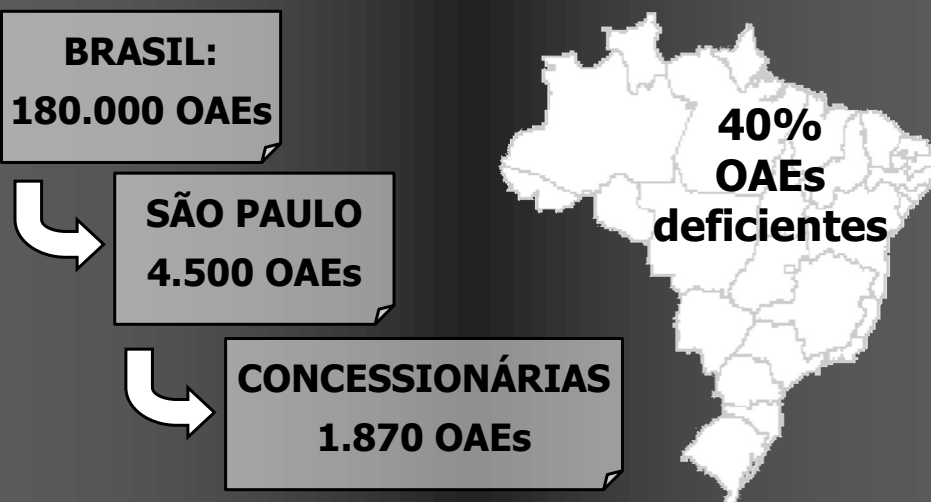
4

Requisitos de desempenho



5

Quadro nacional



6

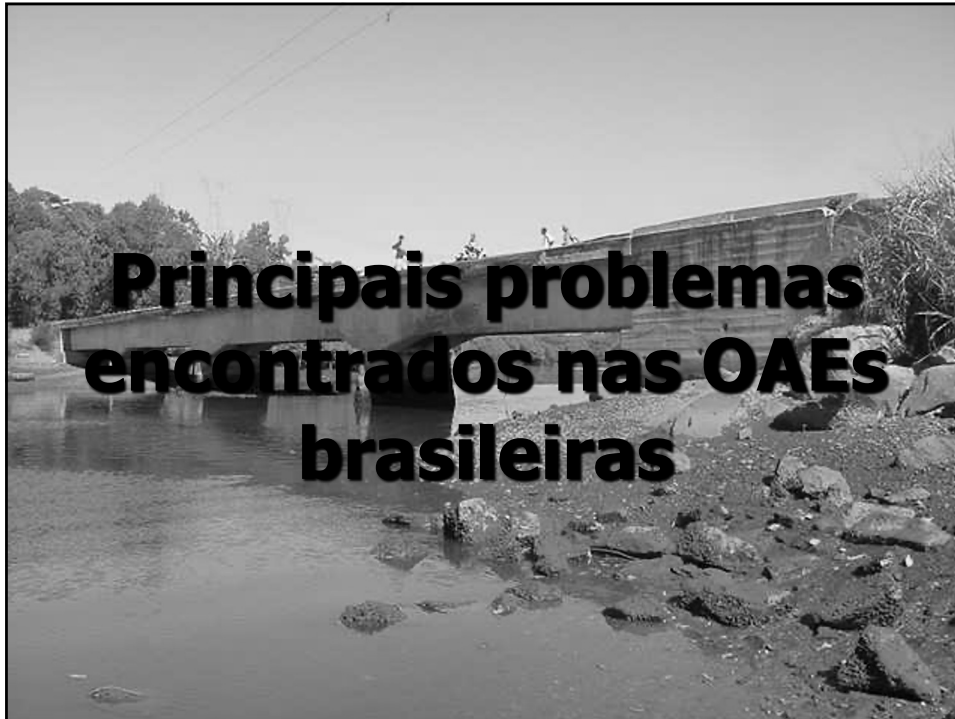


7

Acidentes em OAEs

- Ponte Anhangüera (2002)
 - Choque de veículo;
- Rio D'Ouro (2001)
 - Colapso das fundações;
- Linha Vermelha (2001)
 - Incêndio;
- Viaduto Aricanduva (2000)
 - Ruína parcial de apoio;
- Ponte do Jaguaré (2000)
 - Instabilidade do aterro de encontro;
- Viaduto Mofarrej (2000)
 - Incêndio
- Viaduto Tatuapé (1995-1999)
 - Três episódios de incêndio
- Ponte dos Remédios (1997)
 - Corrosão dos cabos de protensão


8



9

Juntas do tabuleiro

- Vedação danificada ou inexistente, cantos quebrados:
 - Infiltração de água, lixiviação do concreto, corrosão das armaduras.



10

Drenagem de pista ineficiente, ausência de pingadeiras

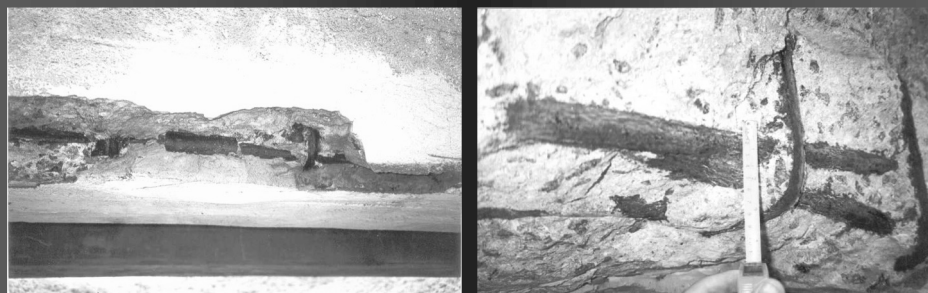
- Manchas de escurimento, infiltrações e lixiviação do concreto



11

Corrosão de armaduras

- Carbonatação, penetração de íons cloreto, lixiviação do concreto, umidade excessiva, cobrimento deficiente.



12

Aparelhos de apoio

- Deterioração, esmagamento ou obstrução
 - restrição à deformação da estrutura, esforços adicionais, fissuração, esmagamento do concreto



13

Problemas estruturais

- Fissuração do pavimento e dos elementos estruturais, afundamento da pista, acúmulo de água sobre o tabuleiro
- Detalhamento inadequado, deficiência de armaduras, perda de protensão, fluência do concreto
 - fissuração do tabuleiro, deformações excessivas
- Passagem de cargas não previstas em projeto (cargas especiais ou mais críticas que o trem-tipo de projeto)
 - comprometimento da capacidade portante da estrutura: fissuração, deformações permanentes excessivas, escoamento das armaduras
- Choque de veículos ou embarcações
 - instabilidade do tabuleiro e destruição parcial da meso ou superestrutura

14

Movimentação dos terraplenos dos encontros

- Trincas nas estruturas de contenção, esforço horizontal na mesoestrutura



15

Encontros

- Inexistência de revestimento de proteção dos taludes dos encontros e deficiência de drenagem dos encontros
 - erosão pela ação das águas pluviais, instabilidade dos taludes
- Recalque dos terraplenos dos encontros e perda de solo confinado sob cortinas e muros de ala
 - desnível do pavimento no acesso à obra
- Ausência de contenções nos pés dos taludes dos encontros junto ao curso d'água
 - carreamento de solo e exposição das fundações da obra

16

Gabarito vertical

- “Afogamento” durante enchentes.



17

Incidência

- Instabilidade do terrapleno: 30%
- Erosão de taludes: 56%
- Obra “afogada”: 17%
- Fissuras em longarinas:
 - Concreto armado: 17%
 - Concreto protendido: 4%
- Vedação de juntas deficiente: 18%
- Drenagem ineficaz de pista: 58%
- Corrosão de armaduras: 13%
- Ausência de pingadeiras: 52%
- Umidade / eflorescência: 37%
- Aparelho de apoio deteriorado: 18%
- Ninhos de concretagem: 45%

18



19

Normalização Nacional

- ABNT: NBR - 9452 (1986)
 - Vistoria de pontes e viadutos de concreto
- DNER: PRO OA 49 - 78 (1978)
 - Vistoria de pontes e viadutos de concreto armado e protendido
- DER: ET00.000.000.0.C21 / 002 (1999)
 - Controle das condições estruturais, funcionais e de durabilidade das obras-de-arte-especiais
- DERSA: ET C01/007 (1995)
 - Especificação técnica para inspeção e avaliação estrutural / funcional de obras-de-arte-especiais de concreto armado e protendido

20

Normalização Internacional

- AASHTO (EUA-1999)
 - Manual for maintenance and inspection of bridges
- ACI (EUA-1996)
 - Guide for making a condition survey of concrete in service
- FHWA (EUA-1993)
 - Bridge inspection and rehabilitation
- MERCOSUL
 - Ainda não há projeto de norma
- CEB (UE-1989)
 - Diagnosis and assessment of concrete structures
- CEB (UE-1998)
 - Strategies for testing and assessment of concrete structures
- FIP (UE-1988)
 - Inspection and maintenance of reinforced and prestressed concrete structures (1988)
- ATEP (Espanha-1992)
 - Recomendaciones para la conservación de puentes pretensados

21

Aspectos abordados

- **Estruturais**
 - deformações, instabilidade, fissuração, vibração, ruína local, choque de veículos ou embarcações, recalque de terraplenos.
- **Durabilidade**
 - corrosão das armaduras, fissuração, destacamento do concreto, ataque ao concreto, erosão de taludes.
- **Funcionais**
 - drenagem de pista e taludes, trem-tipo, geometria (traçado, gabarito horizontal e vertical, declividade, sobrelevação), segurança ao usuário, sinalização.

22

Elementos estruturais

- **Superestrutura**
 - Vigas longarinas, vigas transversinas, lajes.
- **Mesoestrutura**
 - Pilares, vigas de travamento, vigas travessas, aparelhos de apoio.
- **Infra-estrutura**
 - Fundações, terraplenos, proteção.

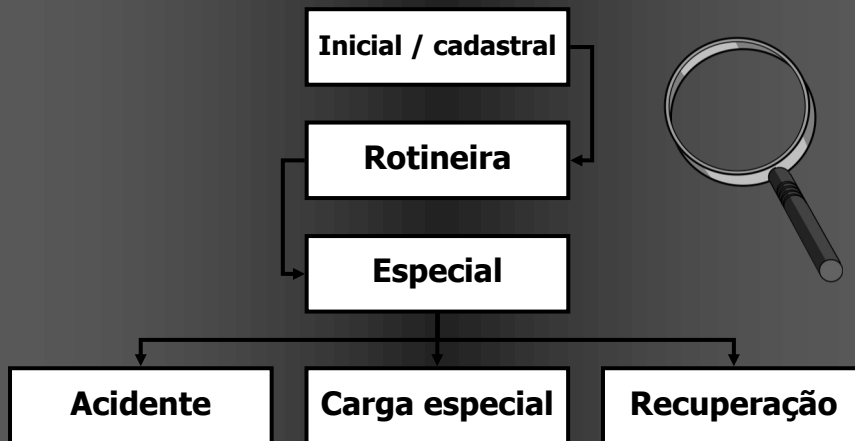
23

Elementos acessórios

- Pavimento
- Drenagem de pista
- Drenagem dos taludes dos encontros
- Barreiras de segurança: guarda-corpo/rodas
- Proteção superficial dos taludes
- Utilidades de concessionárias
- Sinalização horizontal e vertical
- Iluminação superior e inferior
- Obstáculos reguladores de gabarito
- Entorno

24

Tipos de inspeção



25

Inspeção inicial / cadastral

- Conhecimento do problema
- Levantamento cadastral:
 - Geometria, dispositivos, entorno.
- Quadro patológico geral
- Inspeção visual
- Periodicidade:
 - A cada 10 anos.
- Análises e relatório:
 - Descrição da estrutura, dispositivos e entorno;
 - Desenhos cotados;
 - Parecer geral de especialista;
 - Aspectos funcionais, estruturais e de durabilidade;
 - Relatório fotográfico.

26

Inspeção rotineira

- Monitoramento do estado da estrutura
- Acompanhamento do desempenho de intervenções:
 - Reparos, substituição de aparelhos de apoio, recapeamento, etc.
- Novas ocorrências:
 - Patologia → inspeção especial.
- Inspeção visual e/ou instrumentada
- Periodicidade:
 - Anual.
- Análises e relatório:
 - Evolução dos quadros identificados;
 - Aspectos funcionais, estruturais e de durabilidade;
 - Relatório fotográfico simplificado.

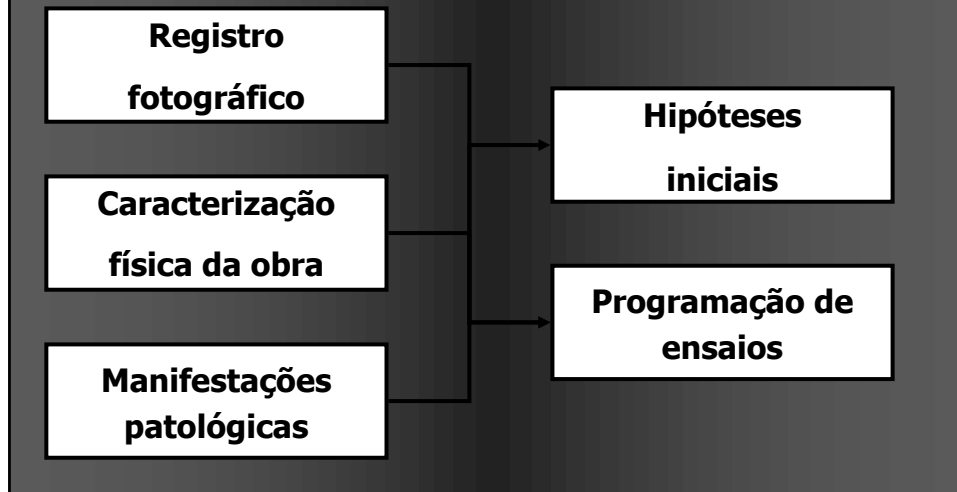
27

Vistoria especial

- Diagnóstico de um problema específico:
 - Acidente
 - Corrosão de armaduras
 - Fissuração
 - Ataque ao concreto
- Identificação de:
 - Causas, mecanismos e agentes;
 - Extensão e gravidade.
- Prognóstico e alternativas de intervenção
- Inspeção visual e instrumentada
- Periodicidade:
 - Eventual.
- Ensaios e análises
- Critérios de julgamento
- Análises e relatório:
 - Diagnóstico e prognóstico;
 - Discussão aprofundada;
 - Relatório fotográfico detalhado.

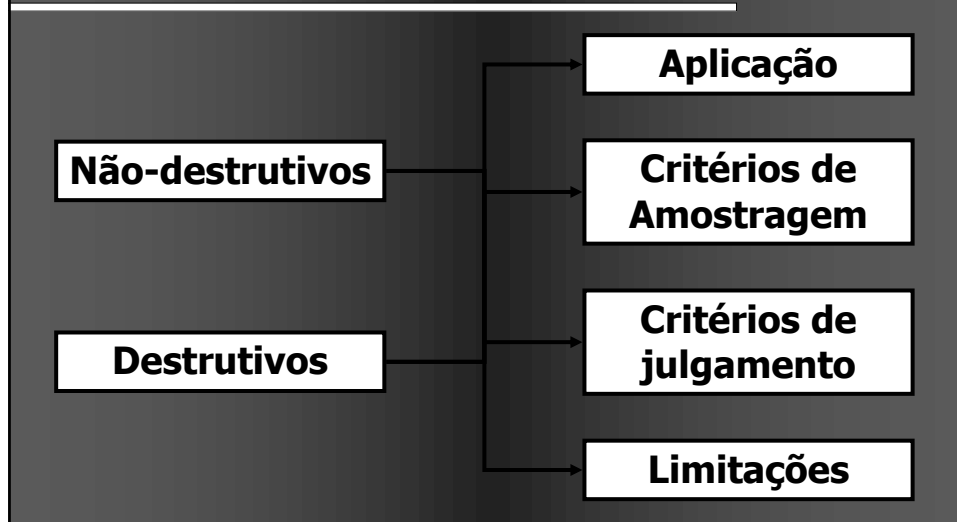
28

Inspeção visual



29

Ensaio para avaliação das estruturas de concreto



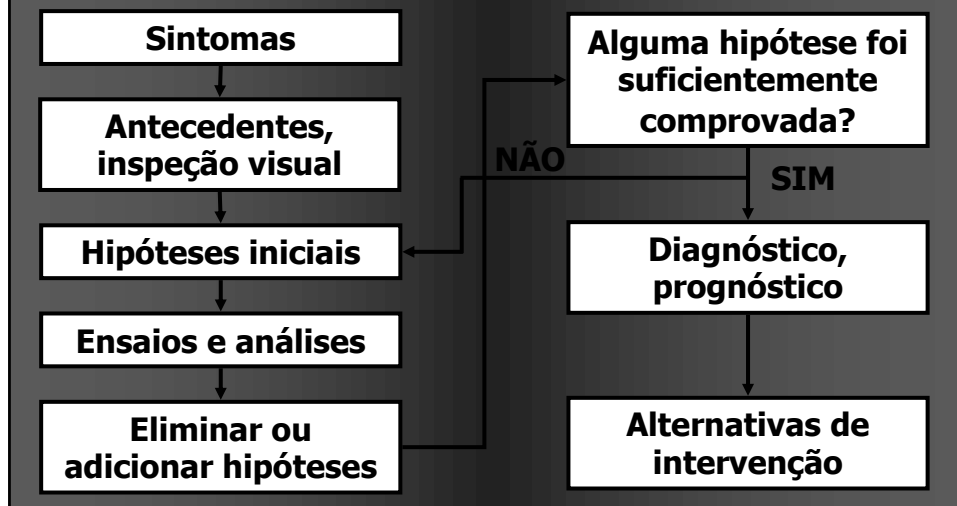
30

Ensaio para avaliação das estruturas de concreto



31

Metodologia de inspeção



32

Ensaio para avaliação das estruturas de concreto

- Prova de carga
- Esclerometria;
- Ultra-som;
- Eco-impacto;
- Radar;
- Mapeamento de fissuras;
- Extração de testemunho:
 - Concreto, aço, pavimento.
- Pacometria;
- Carbonatação;
- Perfil de cloretos;
- Potencial de corrosão;
- Resistividade elétrica;
- Corrente de corrosão;
- Reconstituição de traço;
- Análise petrográfica.

33

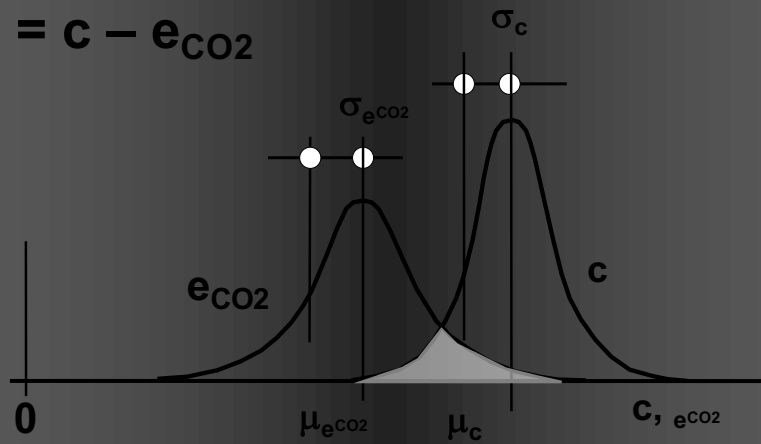
Análise dos resultados

- Critérios de julgamento: bibliografia
- Métodos estatísticos:
 - Suporte a decisão \Rightarrow Teoria da confiabilidade
- Sistema de notas ou níveis de deterioração
- Sistemas mistos:
 - Grau de deterioração;
 - Relevância estrutural;
 - Extensão;

34

Método estatístico

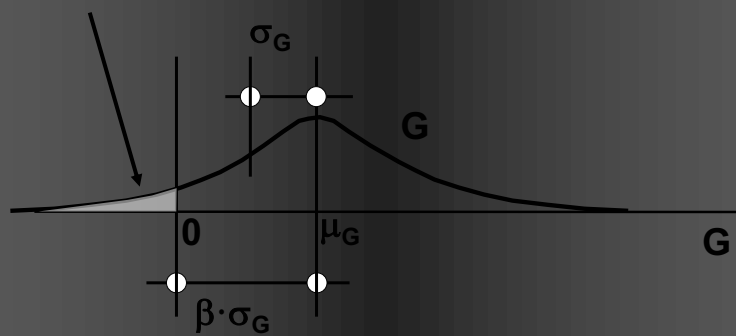
$$G = c - e_{CO_2}$$



35

Método estatístico

$$P_{falha} = P(G \leq 0)$$



36

Relatório

- Observações visuais;
- Registro fotográfico;
- Metodologia de inspeção;
- Critérios de amostragem e de julgamento;
- Resultados, análise e discussão;
- Diagnóstico, prognóstico, alternativas de intervenção

37



38

Antecedentes

- Concreto armado ($f_{ck} = 18 \text{ MPa}$; $a/c = 0,7$);
- Ambiente marinho
- Reparo executado há 5 anos
- Corrosão de armaduras

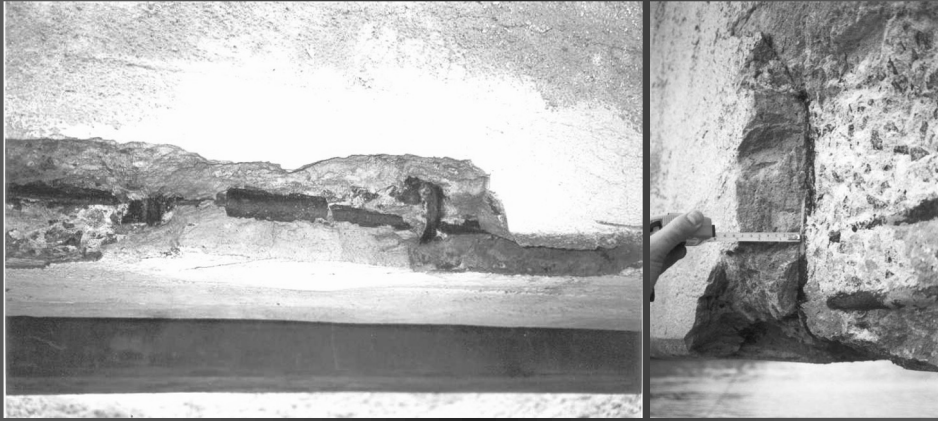
39

Inspeção visual



40

Inspeção visual



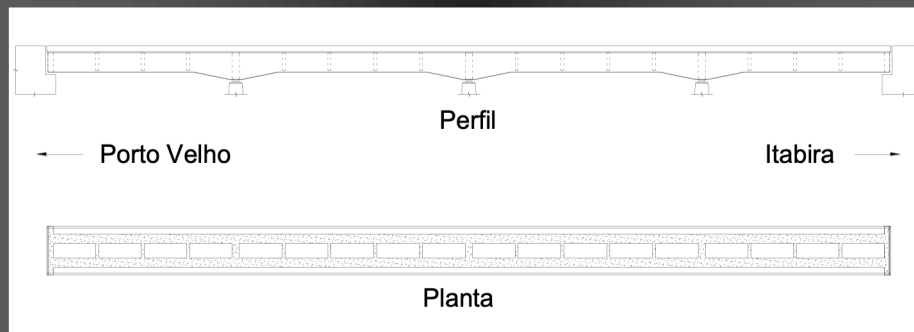
41

Inspeção visual



42

Levantamento cadastral



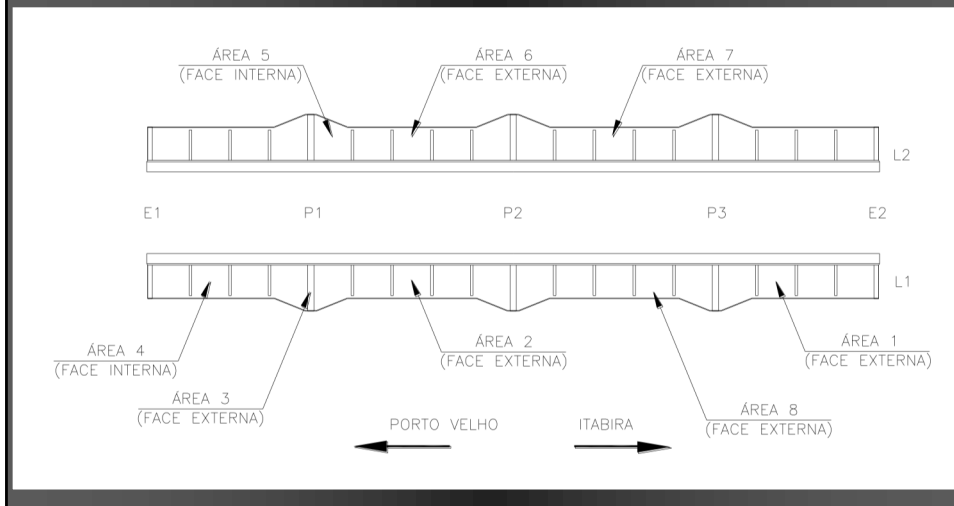
43

Planejamento de ensaios, seleção das áreas de estudo

- Cobrimento;
- Cloretos;
- Carbonatação;
- Potencial;
- Resistividade;
- i_{CORR} ;
- $\Delta\Phi$;
- Esclerometria, extração de testemunho de concreto;
- Absorção e porosidade do concreto;
- Reconstituição de traço do concreto
- Caracterização do ambiente;

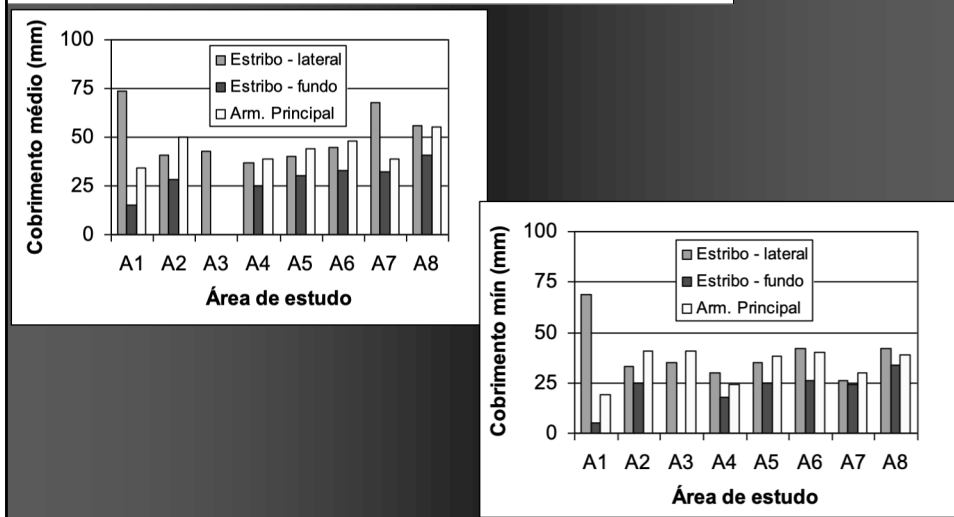
44

Seleção das áreas de estudo



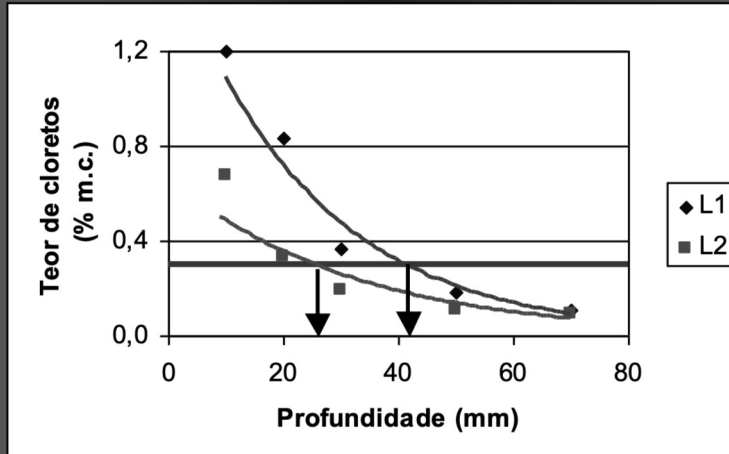
45

Cobrimento



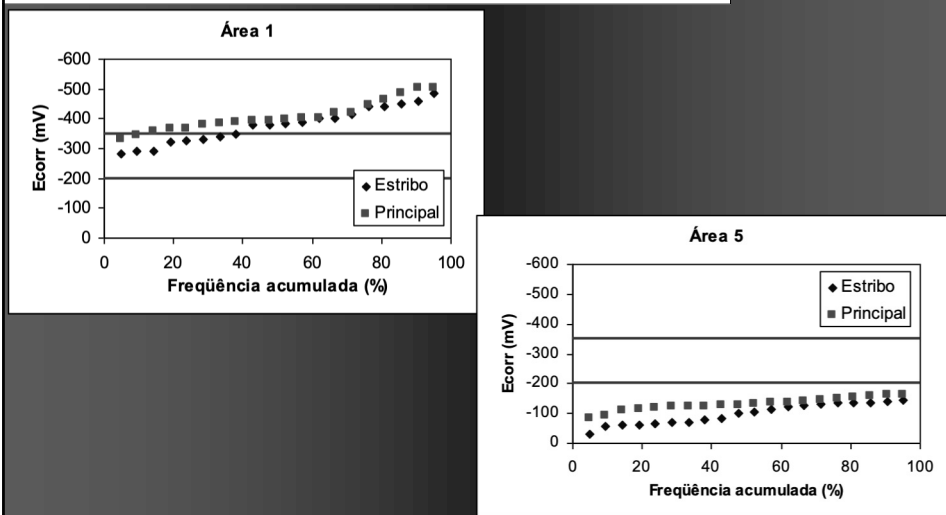
46

Perfil de cloretos

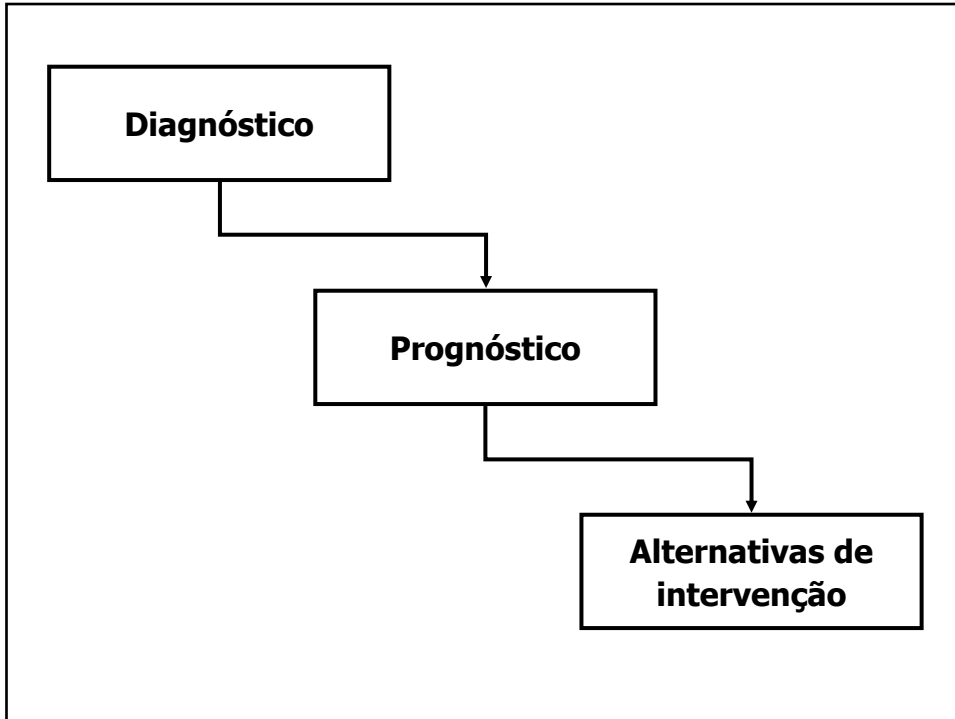


47

Potencial



48



49



50