

DIAGNÓSTICO, ENSAIOS PARA DIAGNÓSTICO E TIPOS DE INTERVENÇÃO

Prof. Bernardo F Tutikian

Desempenho das Construções

Tabela C.5 – Vida Útil de Projeto mínima e superior (VUP)*

Sistema	VUP anos		
	Mínimo	Intermediário	Superior
Estrutura	≥ 50	≥63	≥ 75
Pisos internos	≥ 13	≥17	≥ 20
Vedação vertical externa	≥ 40	≥50	≥ 60
Vedação vertical interna	≥ 20	≥25	≥ 30
Cobertura	≥ 20	≥25	≥ 30
Hidrossanitário	≥ 20	≥25	≥ 30

* Considerando periodicidade e processos de manutenção segundo a ABNT NBR 5674 e especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção entregue ao usuário elaborado em atendimento à ABNT NBR 14037.

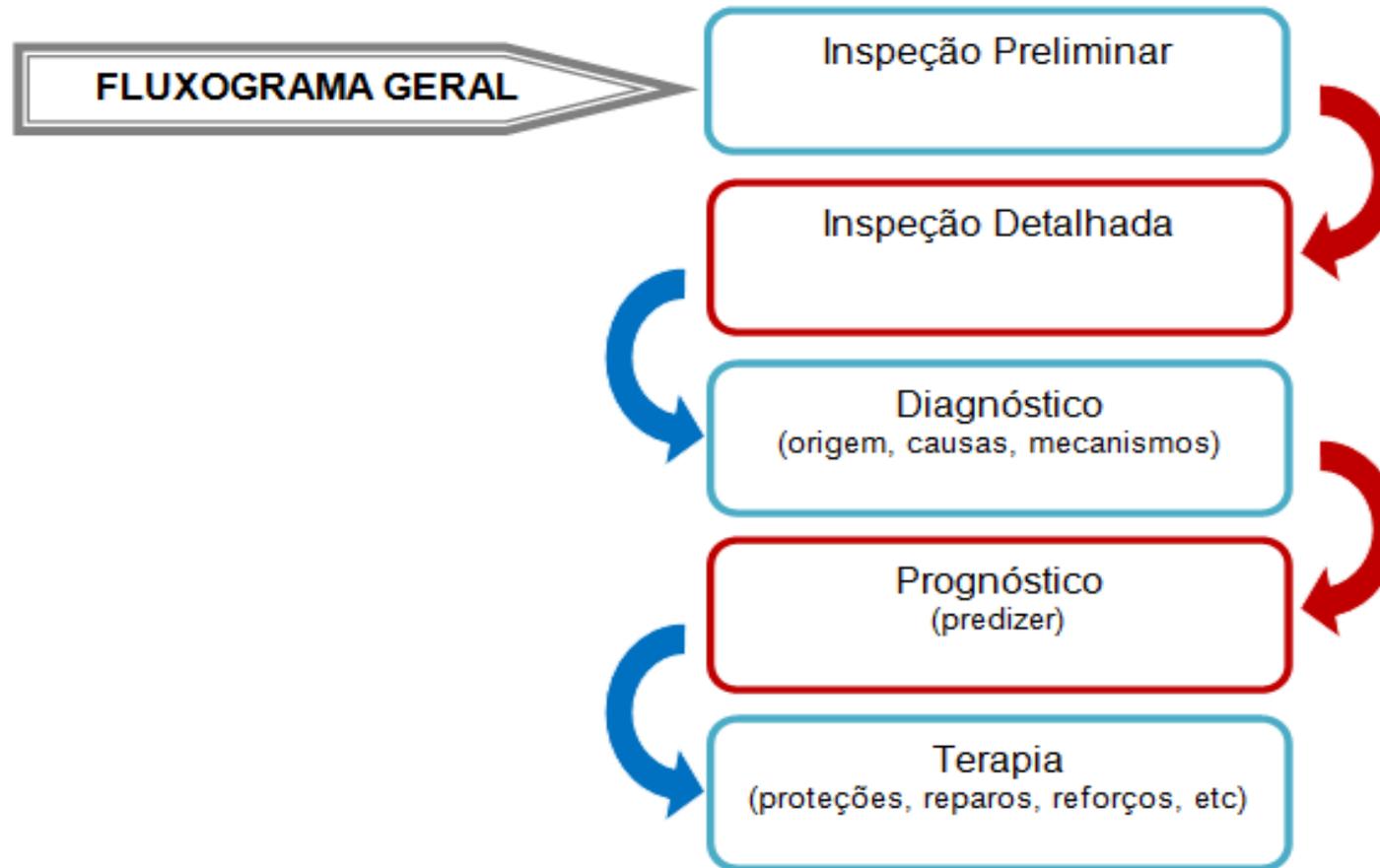
Problemas patológicos

- Quando uma edificação fica “doente”, ou apresenta algum problema em sua integridade, podem surgir sinais externos, sintomas, indicando que algo não está correto;
- Algumas vezes esses sinais externos demoram a aparecer e outras podem ser imperceptíveis à maioria dos leigos.

Problemas patológicos

- A sintomatologia se preocupa em estudar estes sinais com o objetivo de diagnosticar aquela manifestação ou problema patológico.

Problemas patológicos



Fluxograma dos passos para interpretar e analisar problemas patológicos nas edificações (Andrade, 1992).

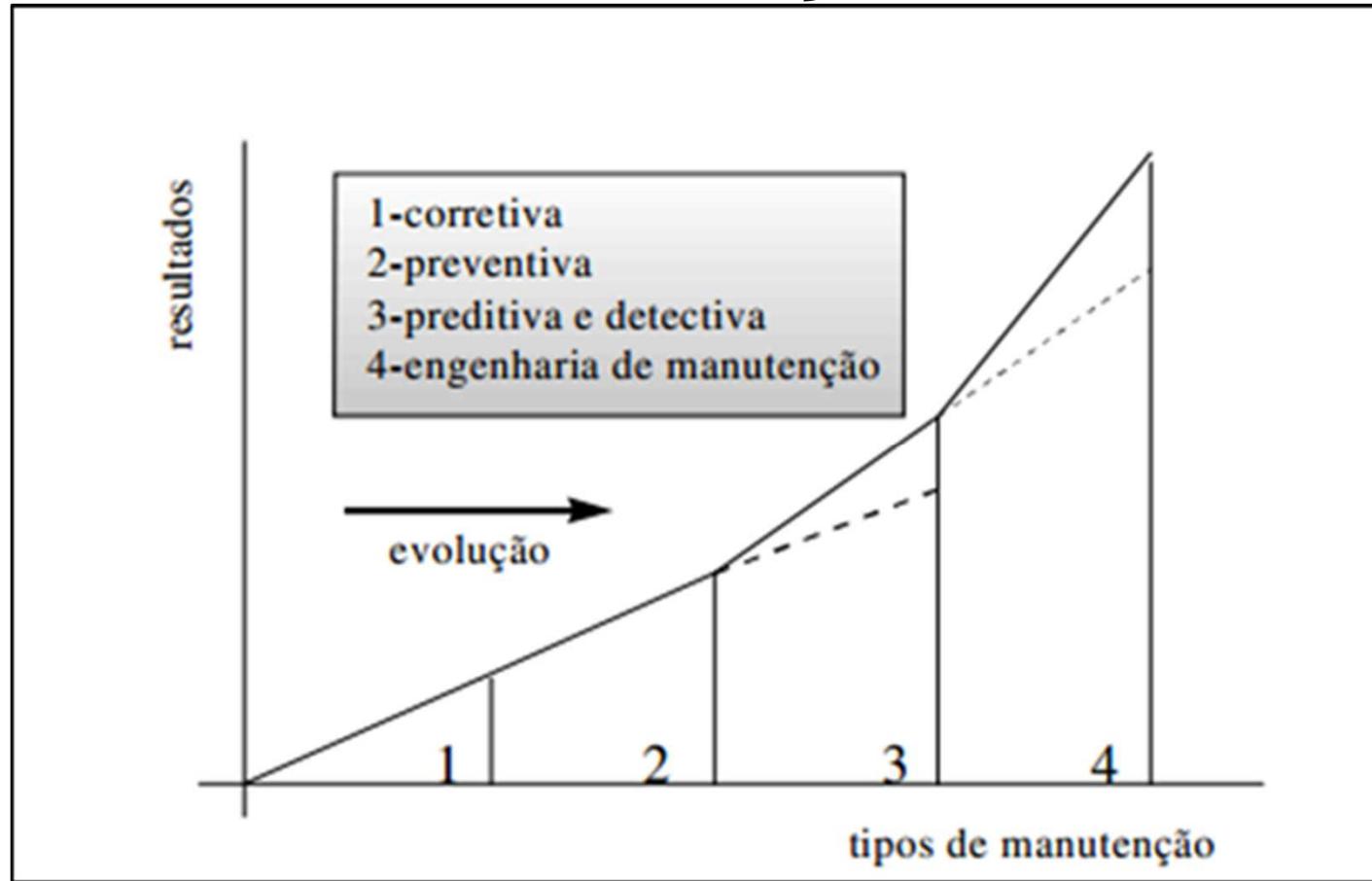
Manutenção

- É importante frisar que a inspeção das estruturas é uma parte importante, mas apenas uma parte da manutenção das edificações;
- As inspeções, programadas ou não, auxiliam na identificação dos problemas, porém, após, deve-se intervir no elemento danificado.

Manutenção

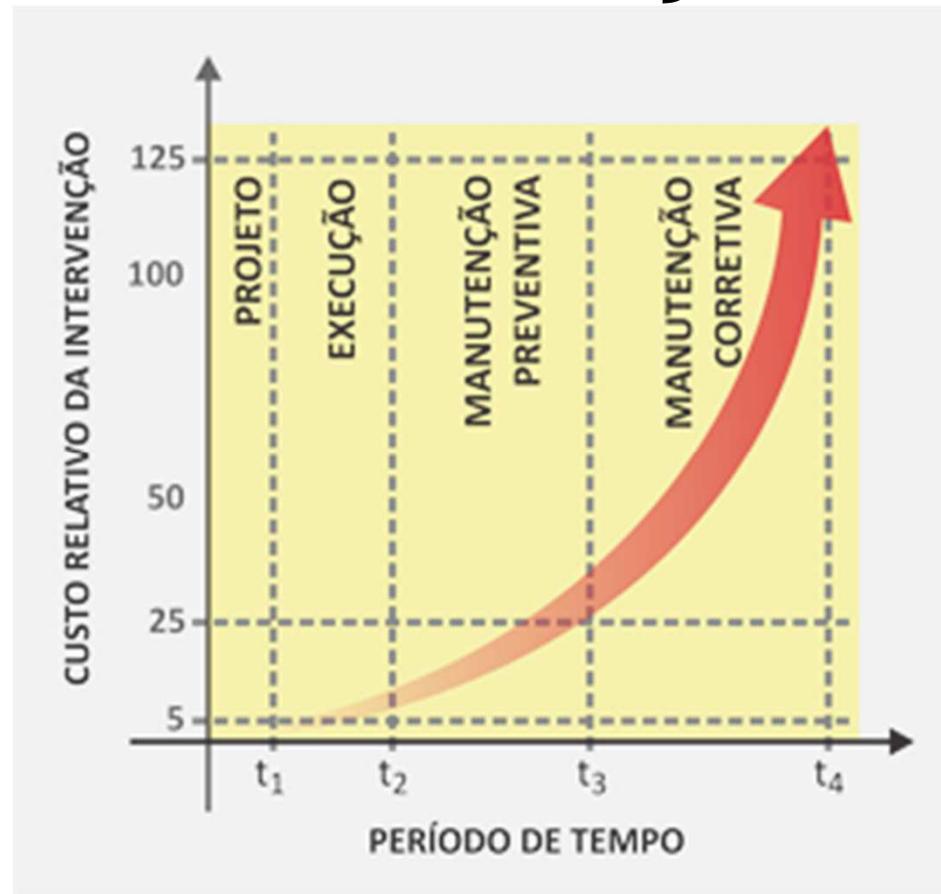
- **Manutenção corretiva** - recupera determinado dano
- **Manutenção preventiva** - mantém o desempenho das estruturas
- **Manutenção preditiva ou detectiva** - acompanha através de instrumentação o desempenho da estrutura
- **Engenharia de manutenção** – é forma mais eficiente de garantir o desempenho e vida útil das estruturas, diminuindo a possibilidade de falhas

Manutenção



Tipos de manutenção (Kardec e Nascif, 2001).

Manutenção



Lei de Sitter (1984).

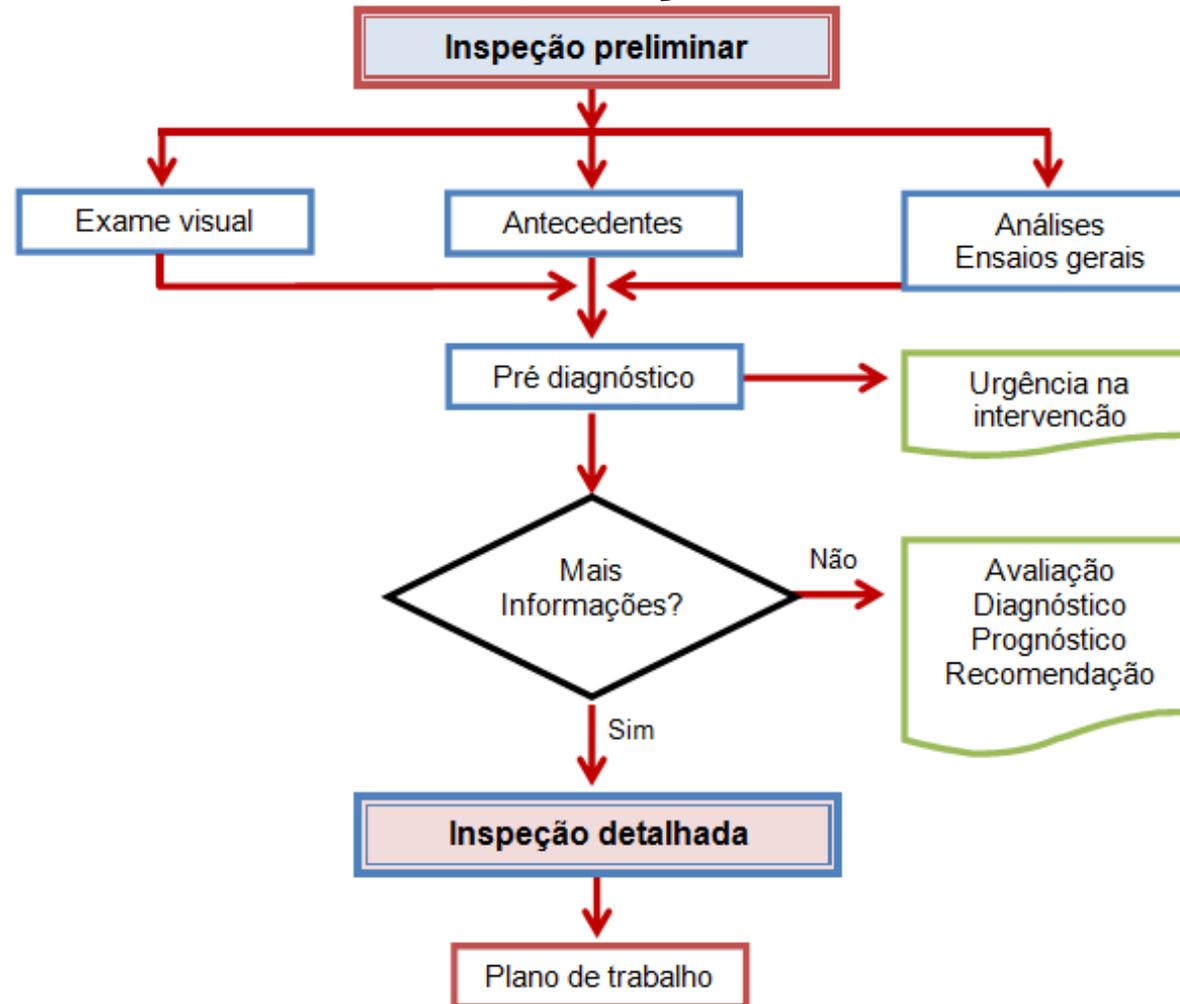
Resumindo....

Para que a enfermidade seja perfeita e completamente entendida (diagnosticada), é necessário que se conheça suas formas de manifestação (sintomas), os processos de surgimento (mecanismos), os agentes desencadeadores desses processos (causas) e em que etapa da vida da estrutura teve origem o problema

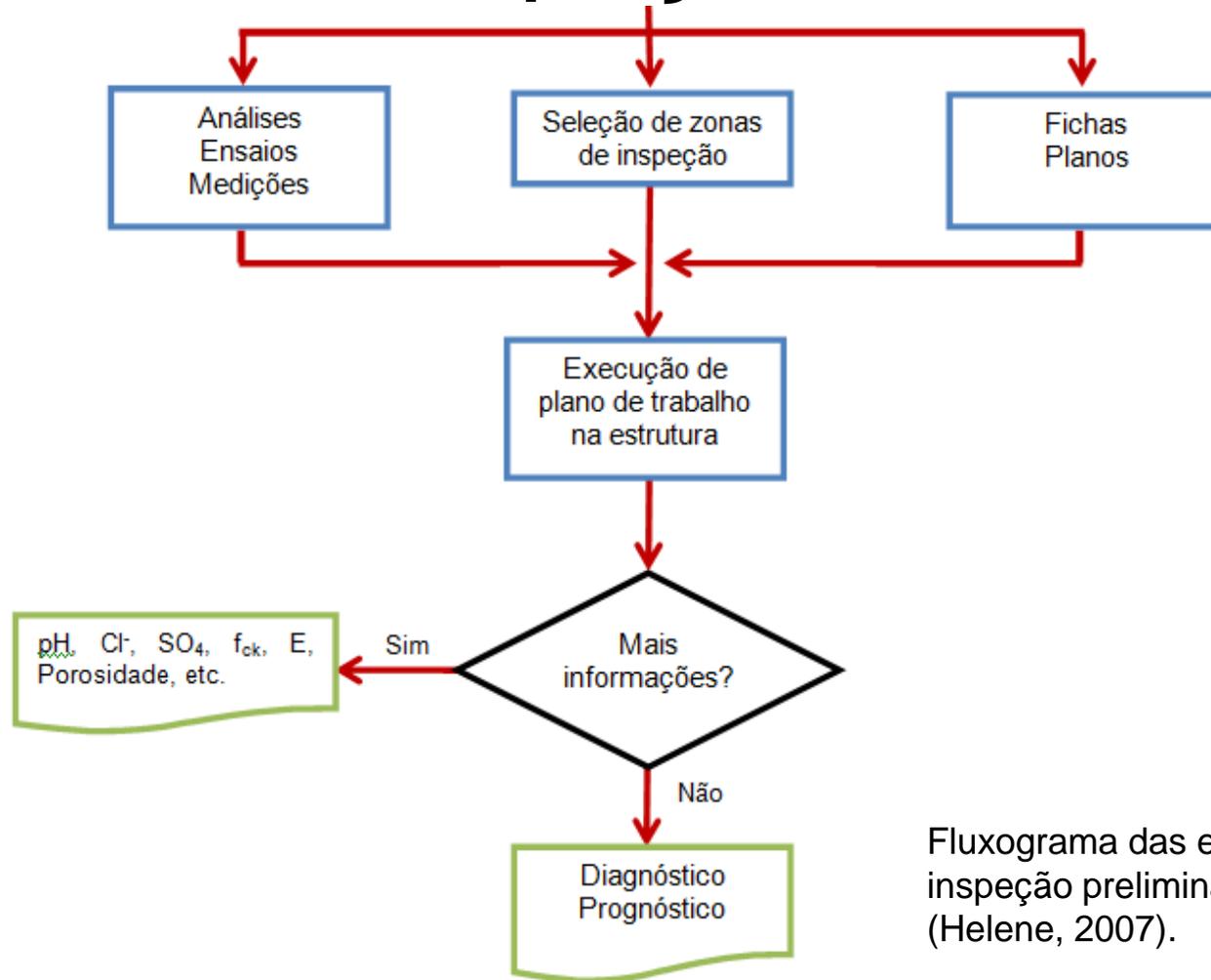
Inspeção

- É uma atividade técnica especializada que abrange a coleta de elementos, de projeto e de construção, o exame minucioso da construção, a elaboração de relatórios, a avaliação do estado da obra e as recomendações, que podem ser de nova vistoria, de obras de manutenção, de recuperação, de reforço ou de reabilitação da estrutura (Helene, 2007).

Inspeção



Inspeção



Fluxograma das etapas de uma inspeção preliminar e detalhada (Helene, 2007).

Inspeção detalhada

- Segundo Helene (1993), a partir da inspeção preliminar, pode ser necessária uma averiguação mais criteriosa da estrutura;
- Isto vai depender da natureza das anomalias apresentadas e da experiência do analista;
- É recomendável que sejam abordados nesta investigação mais detalhada o que segue:

Inspeção detalhada

- ✓ fichas, croquis e planos de levantamento de danos;
- ✓ plano de amostras;
- ✓ tabela de tipificação dos danos;
- ✓ técnicas de ensaio/medição/analises adequadas;
- ✓ regiões onde deverão ser realizados ensaios;
- ✓ planificação de materiais e equipamentos.

Inspeção detalhada

a) no concreto

- ❖ Resistividade;
- ❖ Avaliação da dureza superficial da estrutura, através da **esclerometria**;
- ❖ Determinação da velocidade de propagação da onda de **ultrassom**;
- ❖ Profundidade de carbonatação;
- ❖ Penetração de cloretos;
- ❖ Resistência à compressão;
- ❖ Porosidade.

Inspeção detalhada

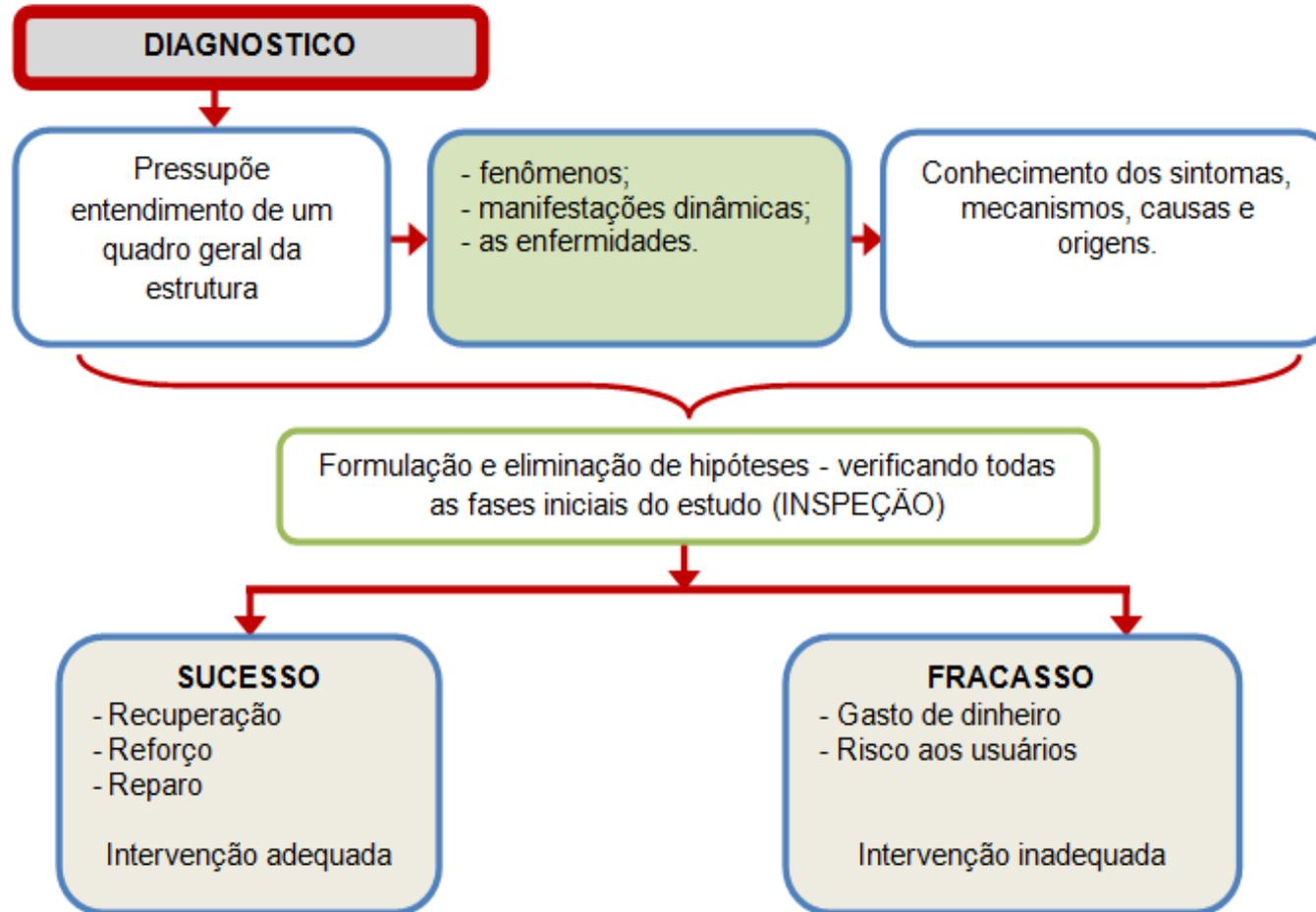
b) na armadura

- ❖ Localização e espessura de cobrimento, através da **pacometria**;
- ❖ Perda de diâmetro e seu limite elástico;
- ❖ Medição de potenciais de corrosão;
- ❖ Medição da velocidade de corrosão.

Diagnóstico

- Dá-se o nome de diagnóstico do problema patológico, todo o processo de entendimento e explicação científica dos fenômenos ocorridos e seus respectivos desenvolvimentos de uma construção onde ocorrem manifestações patológicas.

Diagnóstico



Esboço das etapas e da importância de um diagnóstico nas estruturas com manifestações patológicas.

Diagnóstico

- Salienda-se que os dados devem ser colhidos ordenadamente, até que seja possível realizar o diagnóstico;
- A colheita desordenada e excessiva de dados pode criar dificuldades e, até mesmo, desviar o patologista do caminho certo;
- A etapa de inspeção é crucial para a formulação de um bom parecer técnico da estrutura.

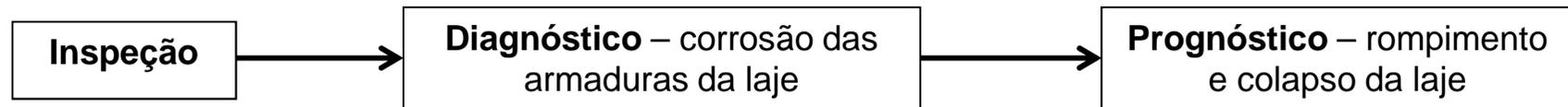
Prognóstico

- Depois de estabelecido o diagnóstico da enfermidade em questão, passa-se para a definição da conduta a ser seguida, isto é, a escolha da medida adotada para o caso;
- Porém, antes que se tome qualquer atitude, é necessário que seja feito um levantamento das hipóteses de evolução do problema, isto é, o prognóstico do caso.

Prognóstico

- Este estudo é importante, não só para casos simples de diagnósticos e reparos evidentes, mas, principalmente, para problemas complexos, difíceis de serem solucionados, pois, em diversos casos, percebe-se que a possibilidade de resolução é praticamente remota, devendo-se desenvolver medidas apenas de controle da situação, isto é, para que não venha a piorar.

Prognóstico



Exemplo de diagnóstico e prognóstico da parte inferior de uma laje em concreto armado
(Acervo de Bernardo Tutikian).

Prognóstico

- Estabelecido o prognóstico, parte-se para a tomada de decisão sobre o que fazer, analisando-se as possíveis alternativas de intervenção frente aos problemas patológicos;
- Esta fase exigirá do profissional tamanha sensibilidade e criatividade, além de vasto conhecimento no assunto.

Prognóstico



Deterioração de edificação em Havana, Cuba (Acervo de Diego Schneider).

Prognóstico

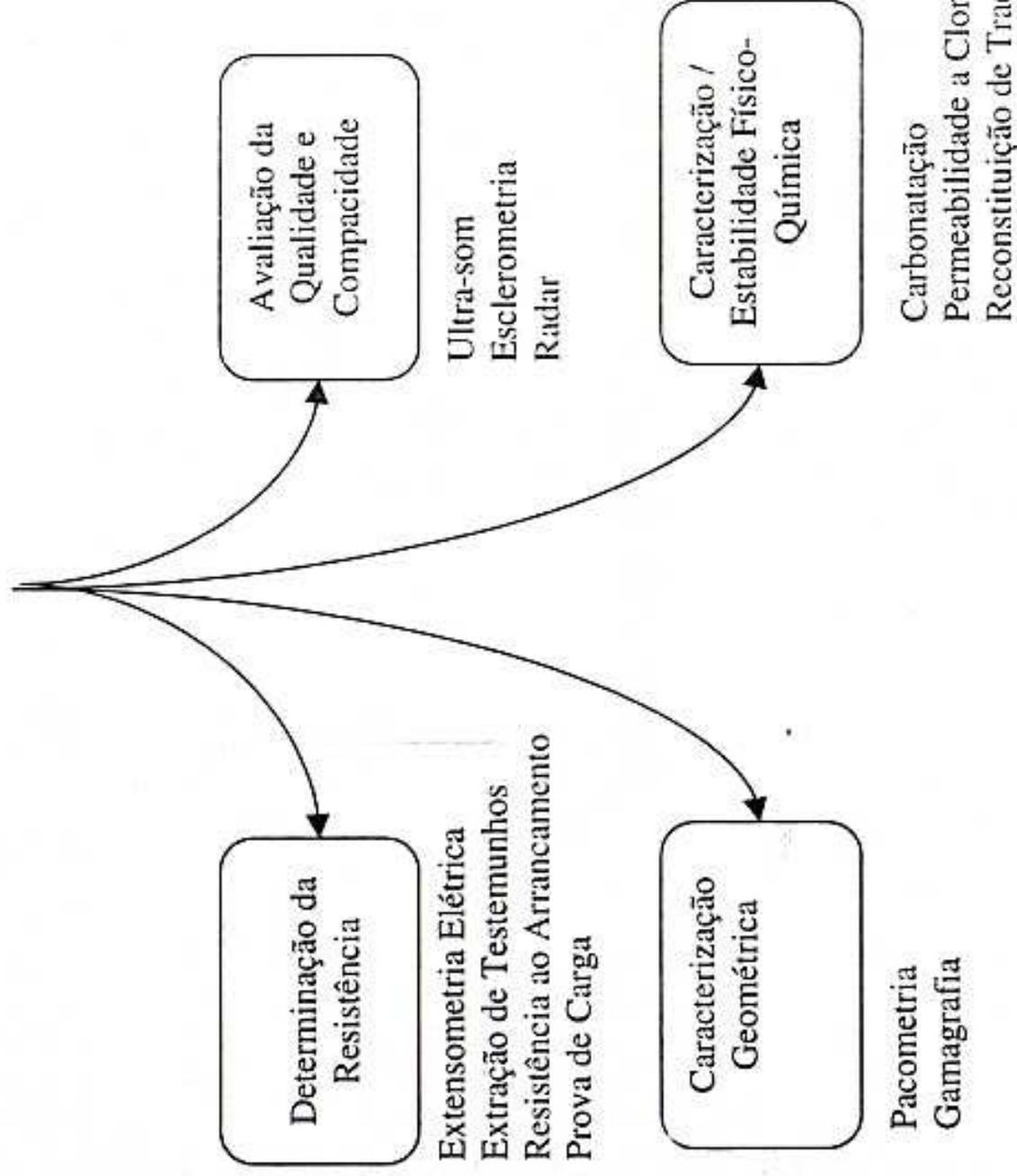
- Em função do prognóstico, o especialista define o objetivo da intervenção, que poderá ser:
 - Erradicar a enfermidade;
 - Impedir ou controlar sua evolução;
 - Não intervir.
- E, no caso da não intervenção, o patologista deve estimar o tempo de vida da estrutura, limitar sua utilização e, quando necessário, indicar a demolição, sendo que esta é deve ser a última alternativa.

Prognóstico

- Em função do prognóstico, o especialista define o objetivo da intervenção, que poderá ser:
 - Erradicar a enfermidade;
 - Impedir ou controlar sua evolução;
 - Não intervir.
- E, no caso da não intervenção, o patologista deve estimar o tempo de vida da estrutura, limitar sua utilização e, quando necessário, indicar a demolição, sendo que esta é deve ser a última alternativa.

ENSAIOS PARA DIAGNÓSTICO

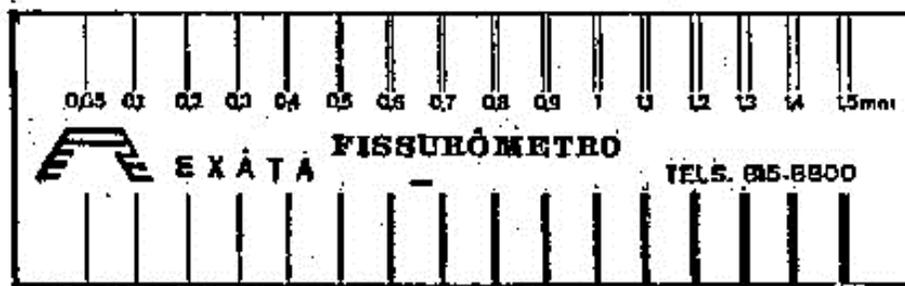
ENSAIOS DE AVALIAÇÃO



Fissurômetros

Permitem determinar a abertura da fissura

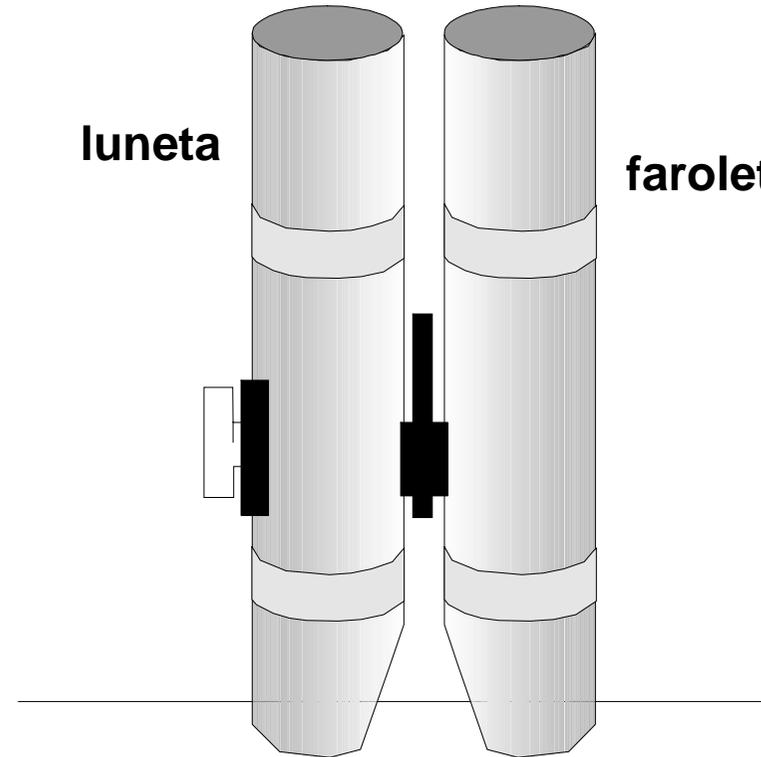
régua graduada



fissurômetro ótico
(*maior precisão*)

luneta

farolete



Ensaaios de Avaliação

- Ensaaios não destrutivos
- Semi-Destrutivos
- Durabilidade
- Comportamento estrutural

Ensaaios não destrutivos

- Resistência ao arrancamento
- Escleometria
- Ultra-som
- Gamagrafia
- Pacometria
- Extensiometria elétrica
- Entre outros...

Ensaio de arrancamento de película de pintura

ASTM D 4541-Pull Off Strength of coatings using Portable Adhesion Tester

Elcometer



Carmona Filho, 2012

Ensaio de arrancamento de revestimentos argamassados

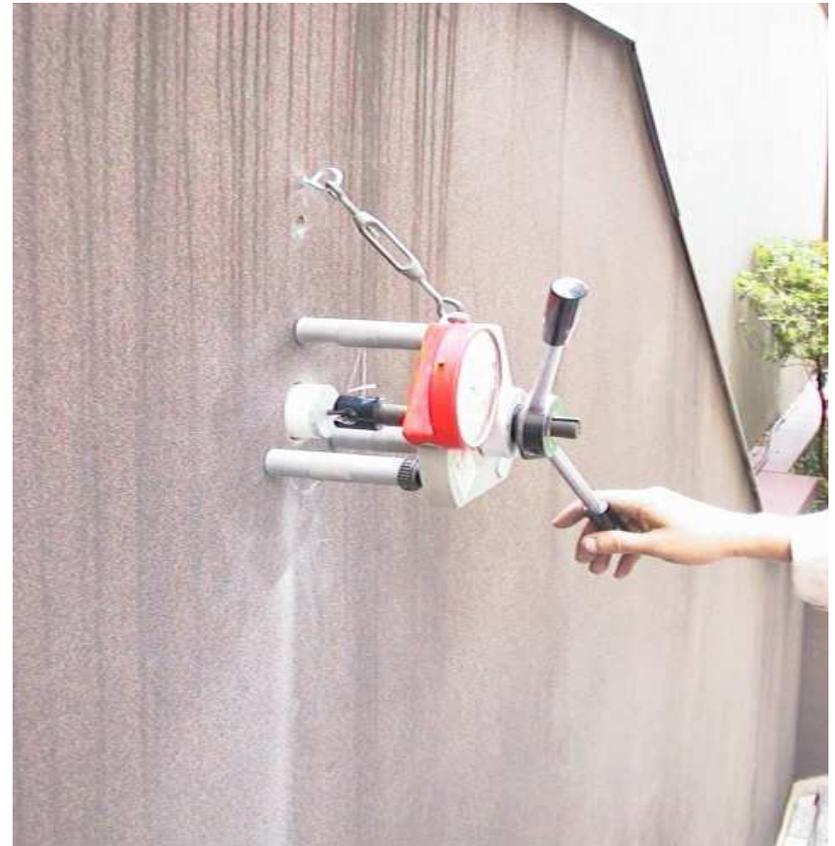
Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas -
Determinação da resistência de aderência à tração

**ABNT NBR
13528:2010**



Ensaio de arrancamento de revestimentos argamassados

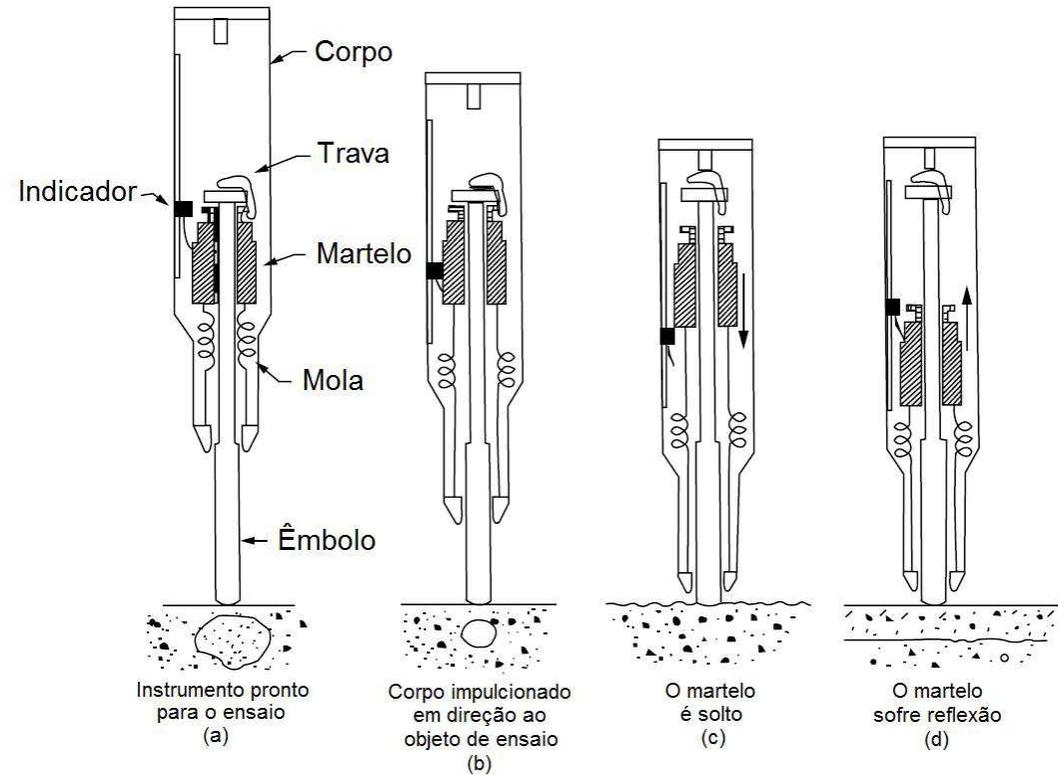
Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração
ABNT NBR 13528:2010



Esclerometria

- É um método não destrutivo que mede a dureza superficial do concreto;
- **ABNT NBR 7584:2012** - Concreto endurecido — Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão — Método de ensaio.

Escleometria



Esclerometria

- O princípio de funcionamento é baseado na ação de uma massa (martelo) que, ao ser impulsionada por uma mola, se choca através de uma haste com a superfície de ensaio;
- O aparelho então registra a energia remanescente (recuo do martelo).

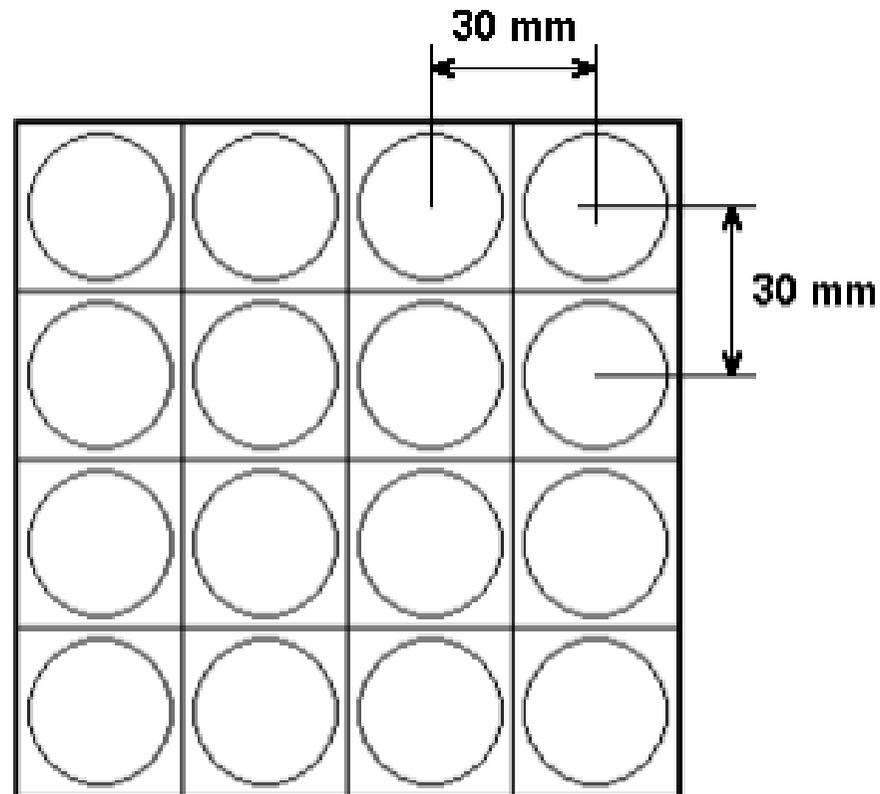
Esclerometria

- Ensaio muito bom para **estimar** a resistência do concreto (**comparativo**);
- Controle de qualidade em peças pré-moldadas, desfôrmas, verificação de uniformidade da dureza superficial...

Escleometria

- Técnica de execução do ensaio:
 - a) Seleção das zonas de ensaio
 - b) Preparação e delimitação da área de ensaio
 - c) Determinação do número de impactos
 - d) Posicionamento do escleômetro durante o ensaio

Escleometria



16 impactos

Ultrassom

- A ultrassonografia é um método não destrutivo que mede a velocidade de propagação de uma onda ultrassônica no interior de um corpo;
- Este dado pode então ser usado para estimar a compacidade e a homogeneidade do mesmo.

Ultrassom

- **ABNT NBR 8802:2012** - Concreto endurecido — Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica.

Ultrassom

- O gerador de pulsos contido no aparelho excita um transdutor, dito emissor, que produz as ondas ultra-sônicas que então são transmitidas ao concreto;
- Outro transdutor é usado como receptor, para controlar o tempo decorrido entre a emissão e recepção;

Ultrassom

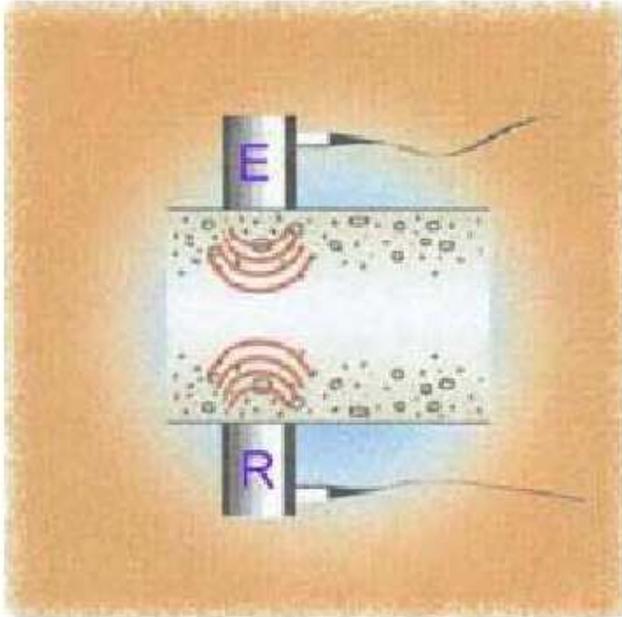
$$V = L / t$$

V- velocidade de propagação (m/s)

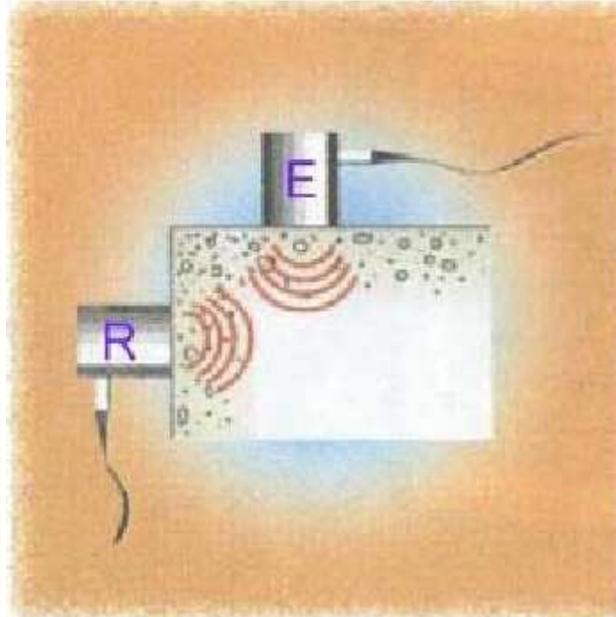
L – distância percorrida (m)

t – tempo de propagação (s)

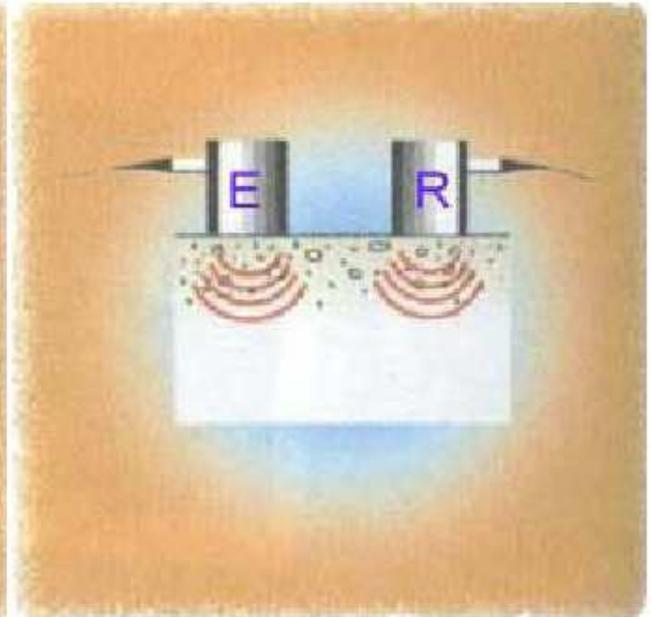
Ultrassom



transmissão direta



transmissão semidireta



transmissão indireta

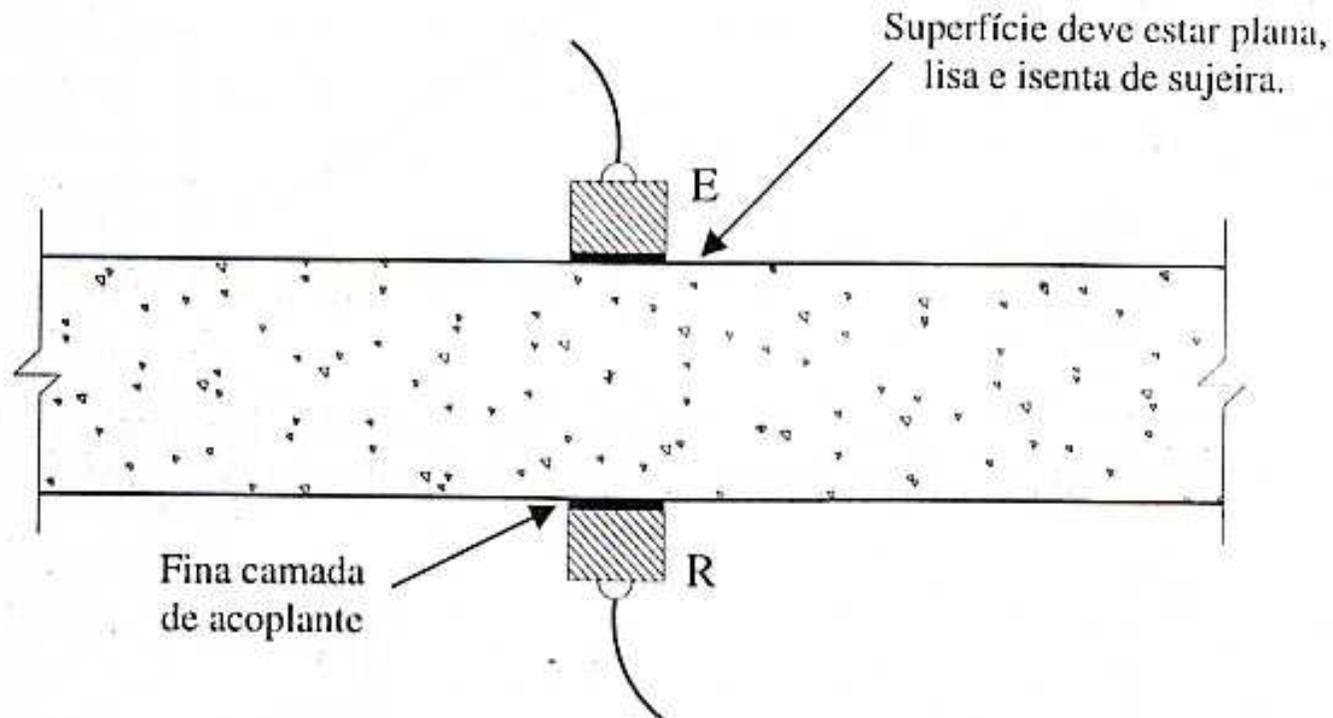
Rodrigues, 2003

Ultrassom

- Técnica de execução do ensaio:
 - a) Preparação da superfície
 - b) Calibração
 - c) Acoplamento
 - d) Posicionamento dos transdutores

Ultrassom

Transmissão direta: é o tipo de posicionamento mais recomendado, no qual os transdutores se posicionam em faces opostas do elemento sob ensaio.



Ultrassom

- Técnica de execução do ensaio:
 - e) Verificação da confiabilidade
 - f) Medição do tempo de propagação de onda

Ultrassom

Velocidade propagação linear (m/s)	> 4500	3600 à 4500	3000 à 3600	2100 à 3000	< 2100
Qualidade do concreto	excelente	bom	aceitável	má	muito má

Cánovas, 1988

Caso Incêndio - FENAC

- Ver caso FENAC

Potencial de corrosão

- Ver Fabrício

Gamagrafia

- O ensaio de gamagrafia utiliza fontes radioativas para irradiar o concreto o obter uma imagem radiográfica indicando o posicionamento e a natureza dos elementos imersos no mesmo (armaduras, vazios, bainhas de concretagem...);
- Não há norma brasileira para este ensaio;

Gamagrafia

- Um dos maiores obstáculos para o uso da gamagrafia é a aparelhagem, que em geral é bastante complexa e volumosa;

Gamagrafia

- De um lado do concreto é instalada a fonte de radiação gama e do outro é colocada a chapa radiográfica;
- A radiação atravessa a peça de concreto e impressiona a chapa sensível, deixando marcas que dependem da natureza e densidade dos materiais que se encontram no interior do concreto;

Gamagrafia

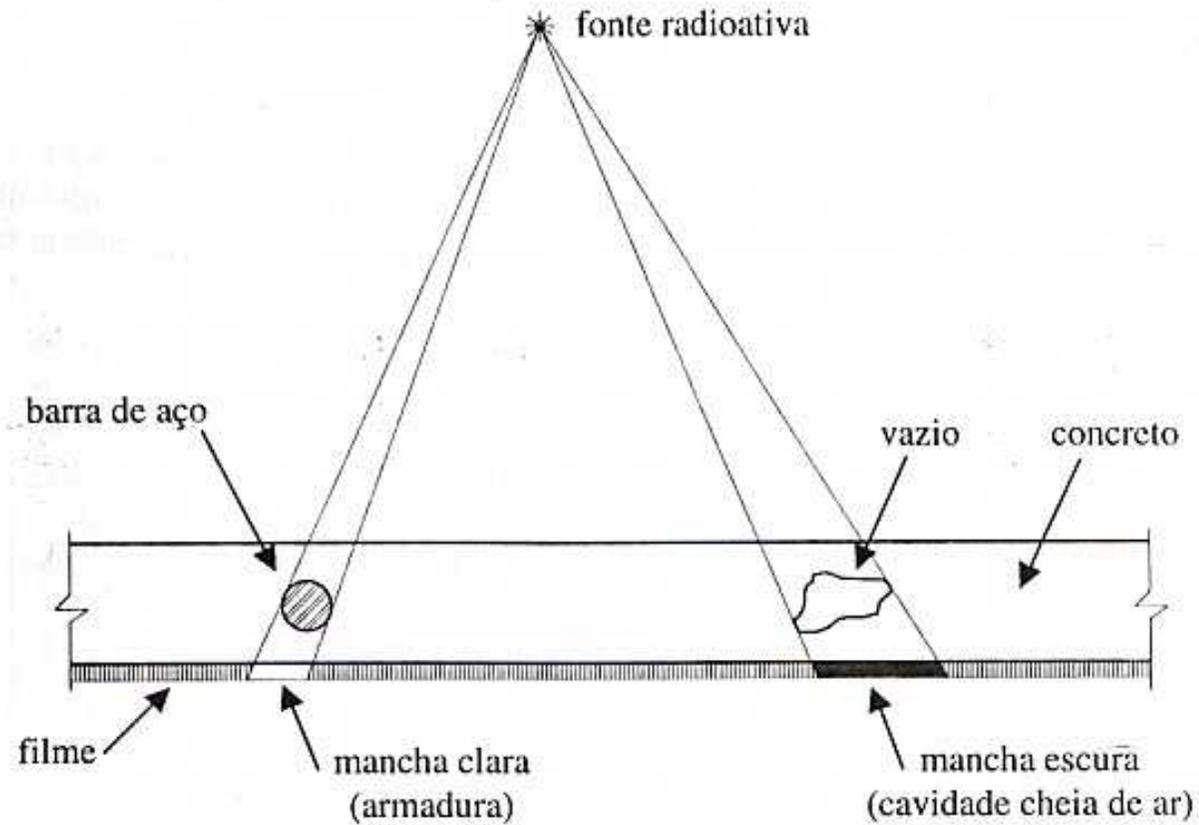


Figura 5.1 Croquis do funcionamento de um ensaio de gamagrafia

Pacometria

- O ensaio de pacometria é usado para determinar o cobrimento e a quantidade de armadura;
- Não há norma brasileira;
- É utilizado na detecção de armaduras e permite estimar sua dimensão, cobrimento e orientação, o que pode ser útil na realização de vistorias em peças estruturais;

Pacometria



Extensiometria elétrica

- A extensiometria elétrica é um ensaio não destrutivo de instrumentalização de estruturas que permite medir variações dimensionais do sensor, as quais podem ser ajustadas para indicar a deformação específica da superfície sobre o qual o sensor havia sido instalado;

Extensimetria elétrica

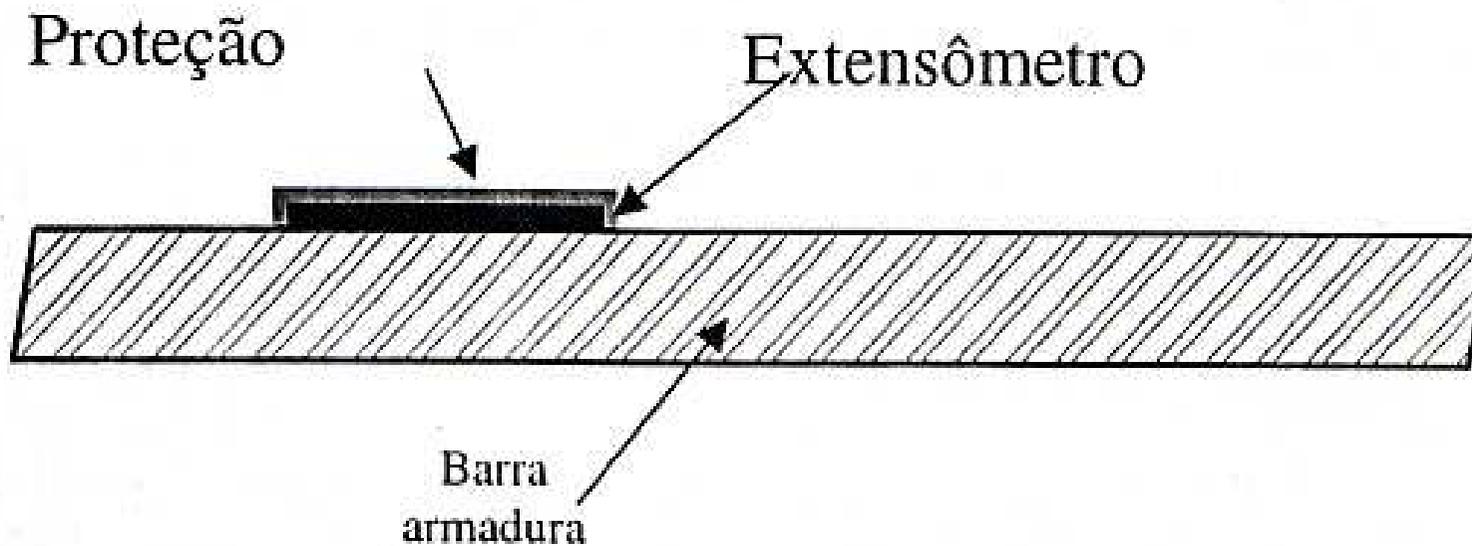


Figura 7.4 - Detalhe da proteção mecânica sendo aplicada a um extensômetro.

Ensaaios semi-destrutivos

- Penetração de pinos
- Arrancamento
- Extração de testemunhos de concreto ou de aço

Penetração de pinos

- A penetração de pinos se constitui em um ensaio semi-destrutivo no qual se procura medir a profundidade de penetração de um pino padrão no concreto;
- Não há norma brasileira, mas pode-se utilizar a ASTM C803;

Penetração de pinos

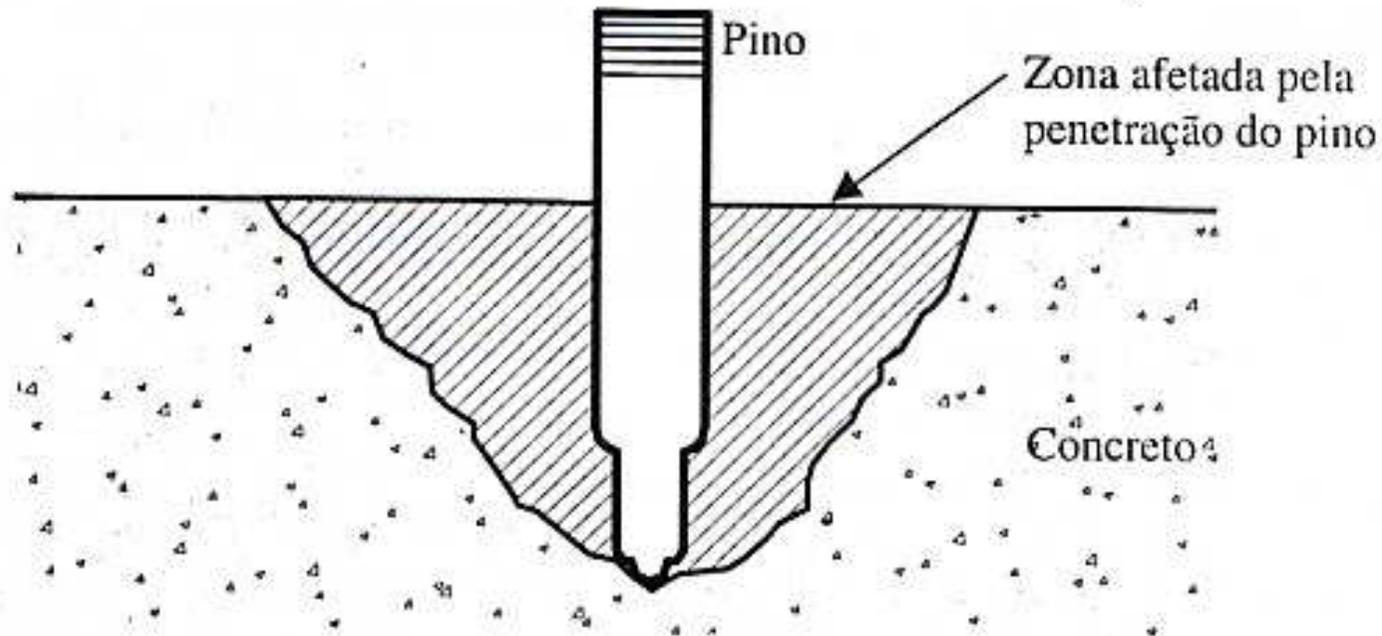


Figura 8.1 - Exemplo de Penetração de Pinos.

Arrancamento

- O ensaio de arrancamento é um ensaio semi-destrutivo utilizado para estimar a resistência à compressão ou verificar a qualidade do concreto de cobertura de uma peça qualquer;
- Não há norma brasileira, mas pode-se utilizar a ASTM C900;

Arrancamento

- A resistência ao arrancamento pode ser entendida como o quociente entre a força de arrancamento e a área teórica lateral do tronco de cone de concreto arrancado;

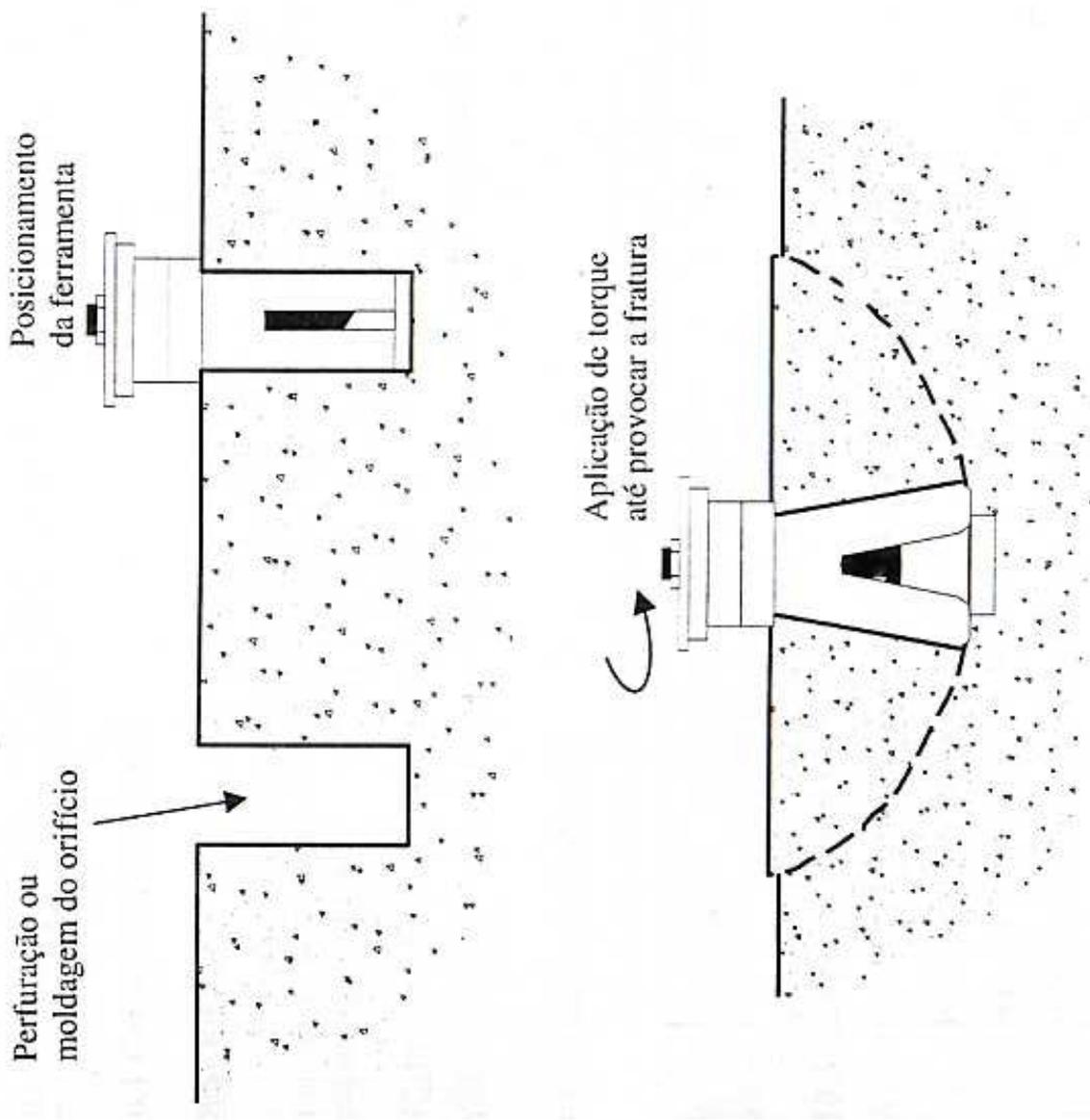


Figura 9.1 - Procedimento de Ensaio ESCOT com uso de luva expansora para provocar o arrancamento do concreto.

Extração de testemunhos de concreto

- O ensaio consiste em usar equipamento de extração para retirar amostras de concreto, usualmente cilíndricas, as quais podem ser usadas para a caracterização mecânica ou físico-química do material;
- A norma brasileira para este ensaio é a NBR 7680;

Extração de testemunhos de concreto



Extração de testemunhos de concreto

