

Florianópolis SC
outubro
2013



XVII
COBREAP

Congresso
Brasileiro de
Engenharia de
Avaliações e
Perícias

Uso e ocupação sustentável do solo.

Promoção



ENTIDADE FEDERATIVA
NACIONAL

Realização



INTEGRIDADE ESTRUTURAL

Ensaios

Gilberto Adib Couri

É importante testar a estrutura?

CADA VEZ MAIS!

SEM ELA NÃO HÁ EDIFICAÇÃO

- **Dá forma à edificação**
- **“Tubulação” de maior calibre**
- **Custo mais alto**

Manifestações Patológicas

- **ESQUELETO = ESTRUTURA**
- **MUSCULATURA = ARMADURA**
- **PELE = REVESTIMENTO**
- **SISTEMA CIRCULATORIO, NERVOSO E DIGESTIVO = INSTALAÇÕES HIDROSANITÁRIAS E ELÉTRICAS**



Gilberto Adib Couri



ORIGEM DOS DANOS

➤ Danos Físicos

- Cargas Estáticas
- Impactos (cargas dinâmicas)
- Deformação incompatíveis (recalques)
- Dilatação
- Fissuras
- Retração plástica
- Abrasão
- Lixiviação
- Cavitação
- Erosão

➤ Danos Químicos

- Carbonatação
- Águas servidas sulfatadas (H_2SO_4)
- Águas salgadas (cloretos)
- Reação álcali-agregado
- Chuvas ácidas (H_2S - ácido sulfídrico)
- Produtos químicos
- Óleos e graxas orgânicos

➤ Danos Biológicos

- Bactérias
- Microrganismos
- Líquens
- Fungos

NORMA

NBR 6118/2007 (2013?)

Projeto de estruturas de concreto
Procedimento

FILOSOFIA BÁSICA (3 requisitos)

➤ Estabilidade

“5.1.2.1. Capacidade resistente

Consiste basicamente na segurança à ruptura.”

➤ Conformidade (Funcionais)

“5.1.2.2. Desempenho em serviço

Consiste na capacidade de a estrutura manter-se em condições plenas de utilização, não devendo apresentar danos que comprometam em parte ou totalmente o uso para o qual foi projetada.”

➤ Durabilidade

“5.1.2.3. Durabilidade

Consiste na capacidade de a estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e o contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto.”

LOCALIZAÇÃO DA EDIFICAÇÃO

A localização da obra é de suma importância na definição dos materiais e parâmetros a serem estabelecidos.



AGRESSIVIDADE AMBIENTAL

Pela NBR 6118 é a principal causa de deterioração da edificação ao longo do tempo.

“6.1 Exigências de durabilidade

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 suas segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período correspondente à sua vida útil.”

Tabela 6.1 - Classes de agressividade ambiental

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{1), 2)}	Pequeno
III	Forte	Marinha ¹⁾	Grande
		Industrial ^{1), 2)}	
IV	Muito forte	Industrial ^{1), 3)}	Elevado
		Respingos de maré	

¹⁾ Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

²⁾ Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.

³⁾ Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

NBR 6118

Agressividade Ambiental	$f_{ck \text{ mín}}$ (kN)	Fator (máx) água-cimento (em massa)	Cobrimento mín (mm)	
			viga pilar	laje
I	20	0,65	25	20
II	25	0,60	30	25
III	30	0,55	40	35
IV	40	0,45	50	45

ENSAIOS

Métodos Não Destrutivos
Métodos Destrutivos
(provocam danos à superfície)

Métodos Diretos
Métodos Indiretos



ANOMALIAS

Inspeção de Rotina (inicial)

Identifica e cadastra as anomalias existentes indicando as prováveis causas e o nível de “criticidade”, orientando a necessidade de testes complementares

Testes complementares

Adicionam informações que orientam o tipo de intervenção necessária

AVALIAÇÃO DA DETERIORAÇÃO

INSPEÇÃO INICIAL - Exame Visual



VERIFICAR

- Uniformidade da coloração
- Presença de pigmentação
- Manchas
- Eventuais fissuras
- Variação volumétrica



AVALIAÇÃO DA DETERIORAÇÃO

Exame à percussão

- Uniformidade sonora
- Eventualidade de som cavo



FISSURAS

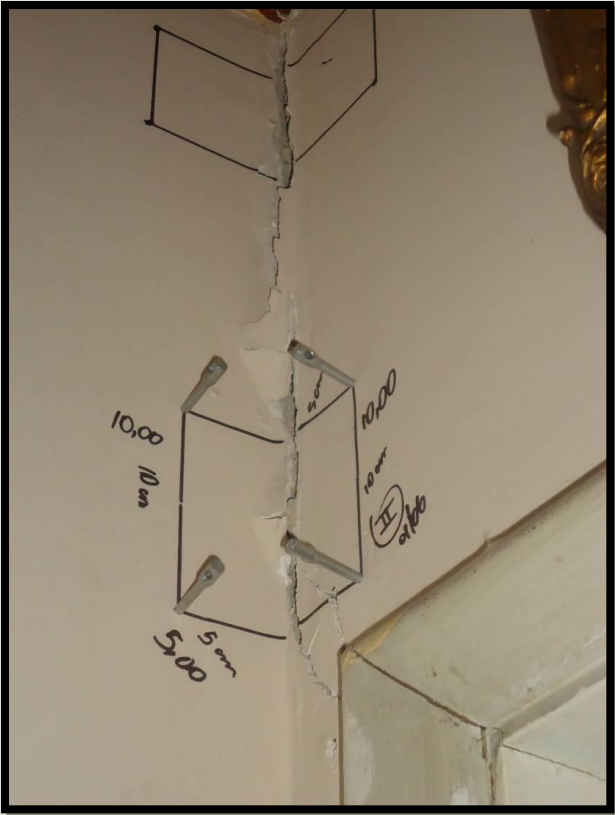
Instrumentação e Monitoramento



Testes com selos em gesso



CONTROLE DAS FISSURAS



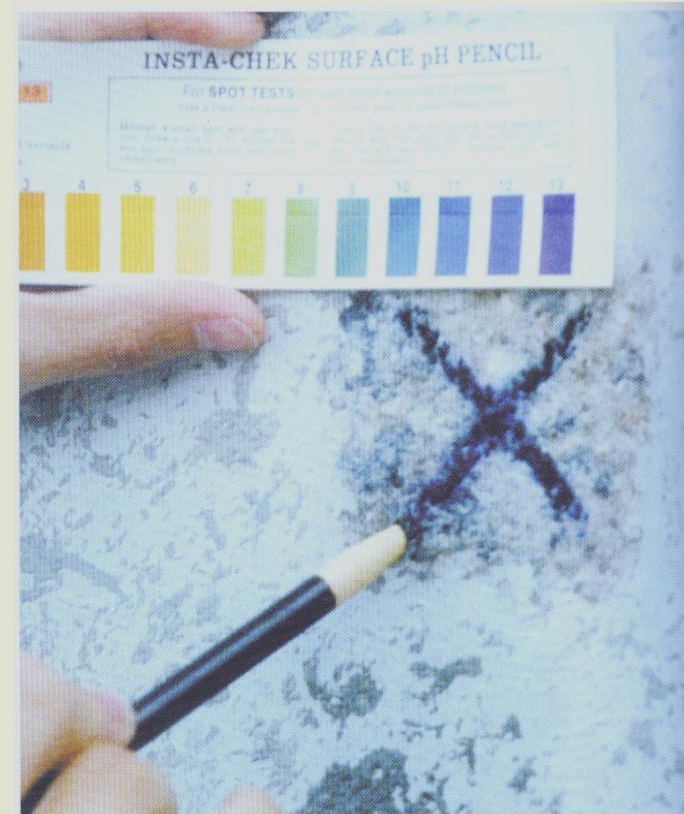
Identificação do cobrimento e da posição da armação



Determinação do pH superficial do concreto

ESCALA DE pH

1	Ácido
7	Neutro
9,5	Concreto Carbonatado
13,5	Concreto Novo
14	Alcalino



Um teste simples e sempre exigido é a verificação do pH do concreto antes de qualquer serviço de reparo.

Determinação do pH do concreto à profundidade da armação



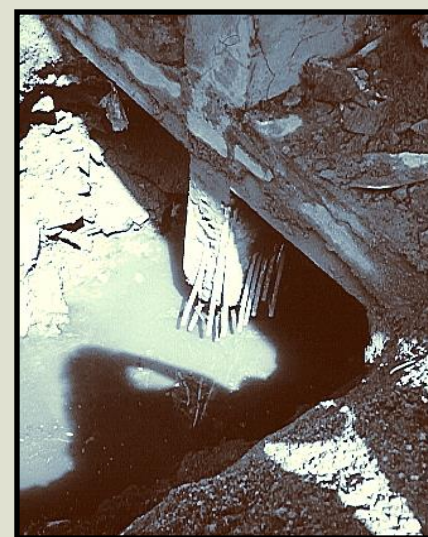
Coleta do material para testar o pH

Efluentes industriais ácidos



Degradação do concreto por ataque químico

Esgoto sanitário





ÁGUA DO MAR

Obras portuárias / expostas à atmosfera marinha (maresia)

- Agentes mais agressivos

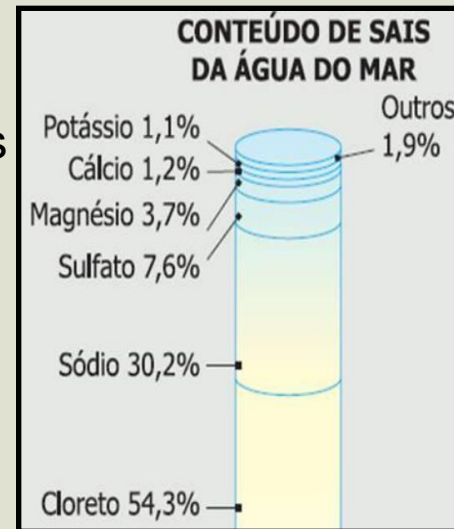
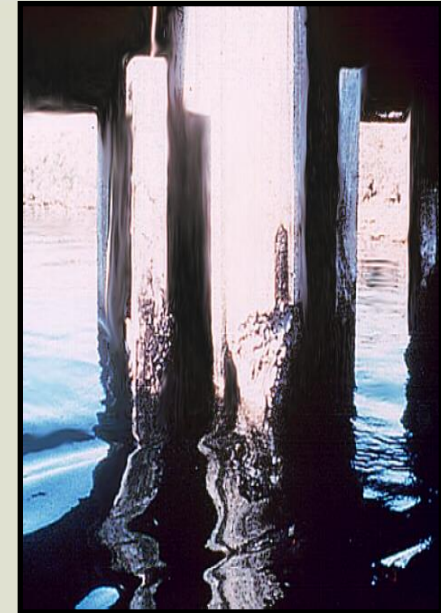
NaCl , CaSO_4 , MgCl , MgSO_4
(Sal de Candlot - Expansão 300%)

- Mecanismo de degradação

Molhagem - Entrada de sais

Secagem - Cristalização de sais anidros

Remolhagem - Formação de sais expansivos



Teores de cloretos/sulfatos totais



Extraem-se amostras pulverulentas de cerca de 50 g de concreto para testes laboratoriais

Teor de cloreto admissível em relação à massa de cimento

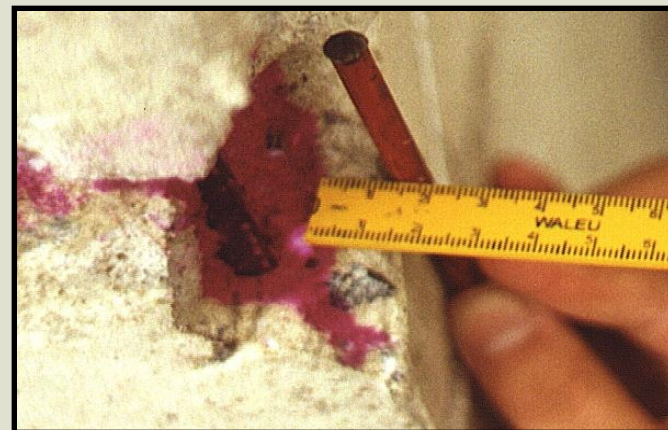
- EH -880,40 %
- BS-8110/850,20 - 0,40 %
- ACI-318/830,15-0,30-1,00 %

Determinação do avanço da frente de carbonatação por teste colorimétrico

Realização de testes com fenolftaleína

Cor

- rósea – concreto ok
- cor natural – carbonatado



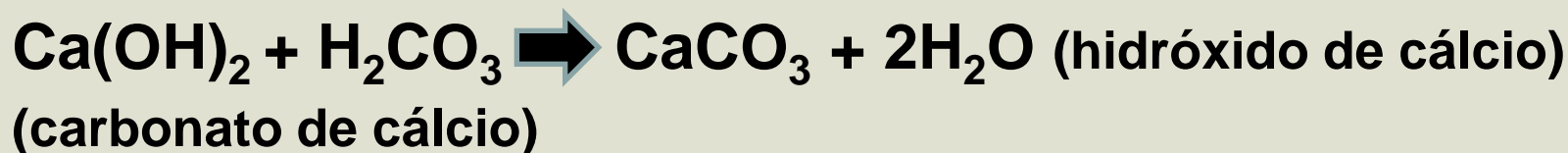
CARBONATAÇÃO

$P = k\sqrt{t}$, onde:

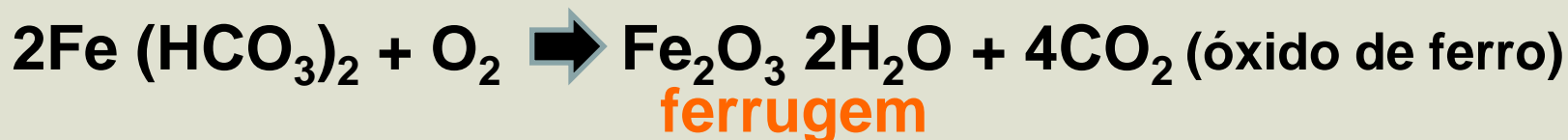
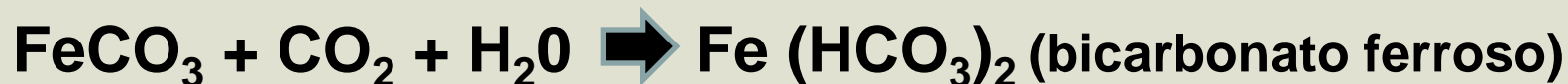
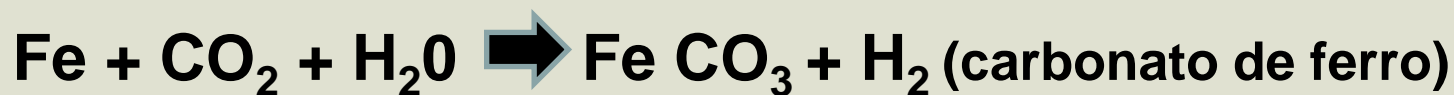
- k - fator que depende de:**
 - porosidade do concreto
 - espessura do cobrimento
 - velocidade de difusão de gases através do concreto
 - grau de agressividade da atmosfera que envolve o concreto
- k = 0,2% (concreto bem executado)**
- k = 0,5% (concreto razoável)**
- t = tempo em anos**



PROCESSO DE CARBONATAÇÃO DO CONCRETO



PROCESSO DE DETERIORAÇÃO DAS ARMADURAS



Verificação da Porosidade (absorção de água)

- Coloca-se água sobre a superfície do concreto (por exemplo, com a utilização de esponja saturada) para determinar a absorção
- Este procedimento deve ser efetuados em vários pontos da superfície a ser estudada

Absorção (%)	Classificação	Qualidade do Concreto (avaliação)
< 3,0	Baixa	Boa
3,0 a 5,0	Média	Média
> 5,0	Alta	Pobre

fonte CEB 192

Determinação do Potencial de Corrosão

☐ Medir a Diferença de Potencial (DDP)

Potencial de Corrosão
(mV)

Probabilidade de Corrosão
(%)

> -350 95

> -200 5

entre -200 e -350 Incerteza

fonte ACI



METODOLOGIA DO ENSAIO

- Para medir os potenciais de corrosão no concreto armado utiliza-se o conjunto semipilha CPV-4 com voltímetro digital.
- Consiste em um eletrodo de referência cobre-sulfato de cobre e de um voltímetro de alta resistência aparente.



Ensaio Indiretos para Avaliação da Resistência do Concreto

São chamados de indiretos, pois usam uma correlação empírica entre a propriedade medida e a resistência do concreto

Usados para estimar resistências em concretos prontos:

À compressão { Esclerometria
Cravação de Pinos
Retirada de Corpos de Prova

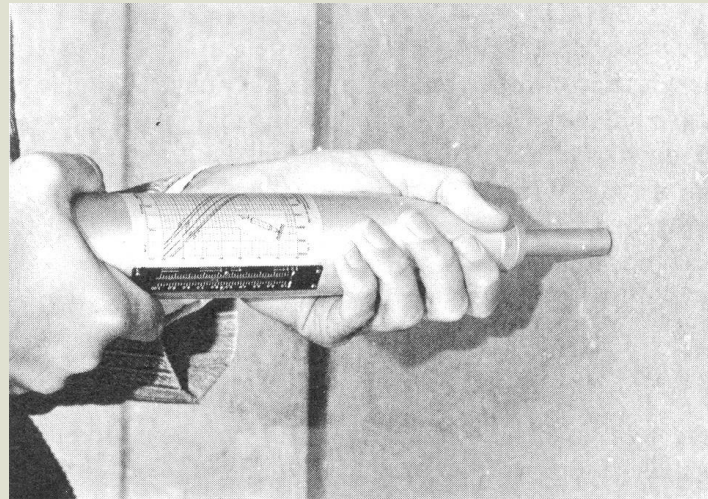
À tração { Compressão Diametral
Tração Direta (corpo de prova)

ESCLEROMETRIA

- ✓ Mede a dureza superficial do concreto, verificando a qualidade do mesmo.
- ✓ Índice esclerométrico - valor do impacto
- ✓ O esclerômetro mede a energia remanescente e pode ser operado na vertical e na horizontal, mas deve ser posicionado perpendicularmente à superfície do concreto, que deve estar limpa e seca
- ✓ Deve-se marcar uma malha de pontos onde serão efetuados os ensaios
- ✓ A energia de impacto é de cerca de 2,25 Nm

VANTAGENS DA ESCLEROMETRIA

- Baixo custo
- Simplicidade de execução
- N° de Ensaios $\left\{ \begin{array}{l} \text{mín} = 5 \\ \text{máx} = 16 \\ \text{recomendado} = 9 \text{ a } 10 \end{array} \right.$
- Experiência consolidada
- Rapidez de ensaio
- NBR 7584



ENSAIO DE PENETRAÇÃO DE PINOS

- ❖ Método Brasileiro para Determinação da Resistência do Concreto à Compressão (desenvolvido pelo Prof. Domingos Pontes Vieira)
- ❖ Cravam-se pinos metálicos no concreto com pistola e se mede o comprimento exposto do pino

Pinos lisos de aço com 55 mm de comprimento, inclusive cabeça, e 6,3 mm de bitola



EXTRAÇÃO DE CORPOS DE PROVA

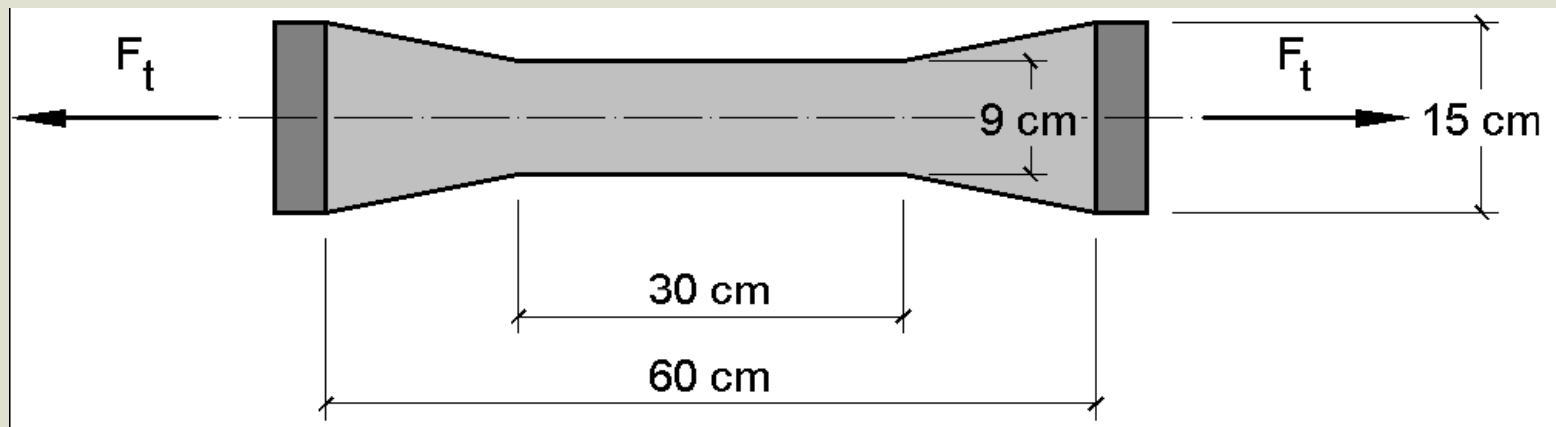
- ❖ Extraí-se a amostra, que é levada ao laboratório



Gilberto Adib Couri

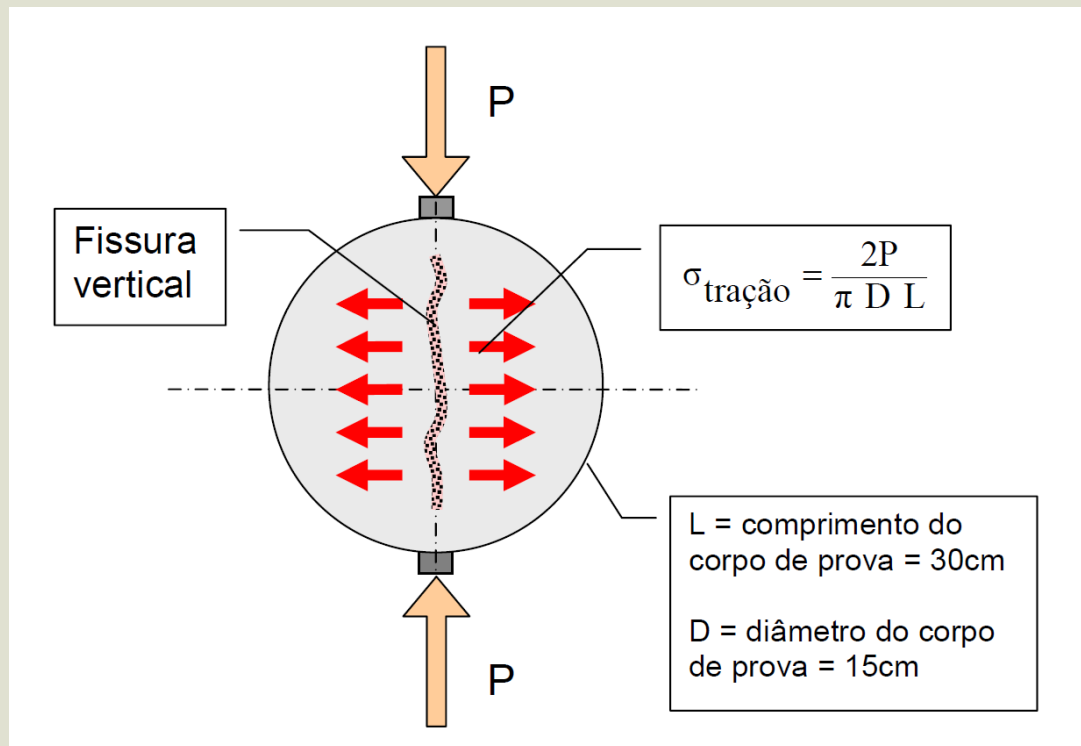
ENSAIO DE TRAÇÃO DIRETA

- É determinada aplicando-se tração axial, até a ruptura, em corpos-de-prova de concreto simples. A seção central é retangular, medindo 9cm por 15cm, e as extremidades são quadradas com 15cm de lado.



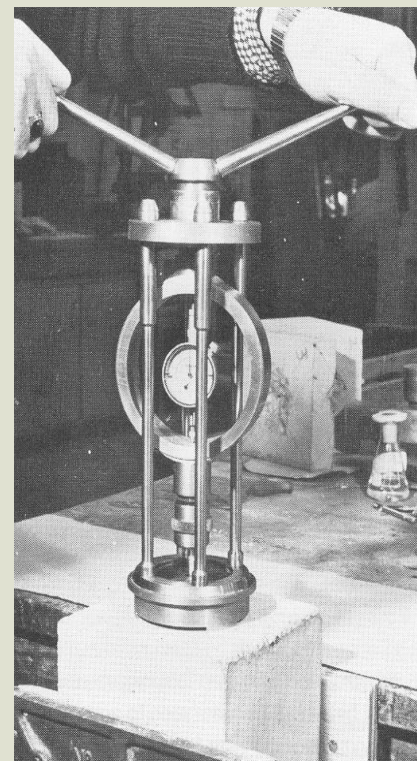
Compressão Diametral

Desenvolvido pelo Prof. Lobo Carneiro, determina a resistência à tração do concreto a partir da resistência à compressão diametral do corpo de prova.



TESTE DE ADERÊNCIA

- ▶ Cola-se uma pastilha de aço com epóxi, e se realiza o teste por arrancamento
- ▶ Assim se verifica se a superfície do concreto está “solta”, ocultando algum problema existente



ENSAIO DE ARRANCAMENTO

O ensaio tem 3 fases:

- Posicionamento do parafuso
- Montagem do sistema de reação
- Aplicação da carga para extrair o concreto



ULTRA SOM

Velocidade (m/s)	Qualidade do Concreto (avaliação)
> 4575	Excelente
3660 a 4575	Boa
3050 a 3660	Questionável
2135 a 3050	Fraco
< 2135	Muito Fraco

CEB 192

NBR 8802/2013

Velocidade da onda (m/s)	Qualidade do concreto
$V > 4500$	Excelente
$3500 < V < 4500$	Ótima
$3000 < V < 3500$	Bom
$2000 < V < 3000$	Regular
$V < 2000$	Ruim



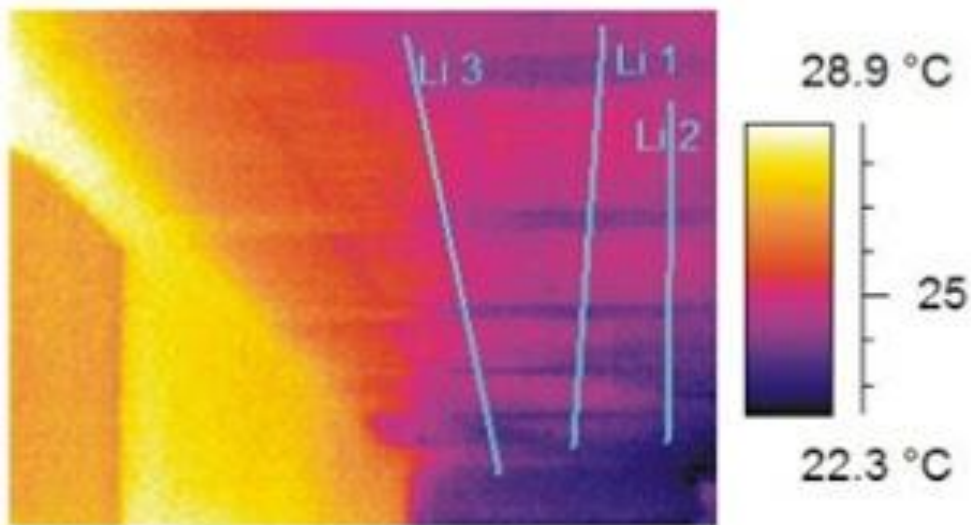
MATURIDADE (ASTM C 1074-98)

- Avalia a resistência do concreto em função dela ser maior quanto maior for o produto “temperatura x tempo”
- Estima a resistência do concreto a partir do seu histórico de tempo e temperatura
- Usado para cálculo do tempo para desmoldagem



TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA

- Localização fendas estruturais
- Detecção de vazios
- Defeitos em materiais construtivos



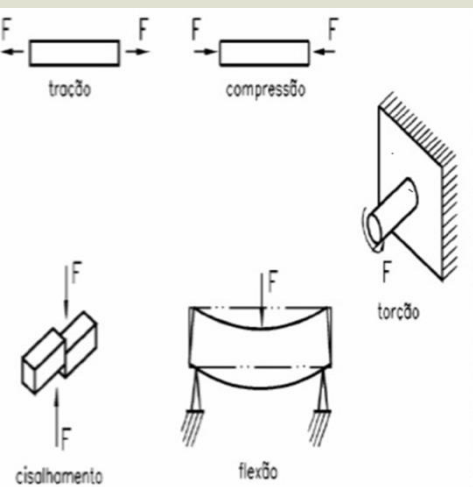
Pile Integrity Test



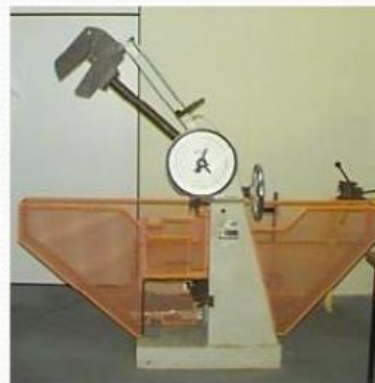
ENSAIOS DESTRUTIVOS

- Tração
- Flexão
- Torção
- Compressão
- Cisalhamento
- Dobramento
- Dureza
- Fadiga
- Impacto
- Fluência

- Deixam sinal ou marca na peça ou corpo de prova ensaiado
- Neste tipo de ensaio os corpos podem ou ficam inutilizados



Tração



Impacto



Flexão



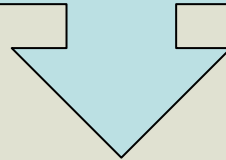
Dureza



Dobramento

DOS PROBLEMAS

Caracterizados os problemas



Quantificação e hierarquização em função da gravidade e urgência

OBRIGADO!

Gilberto Adib Couri

gilcouri@gmail.com

