

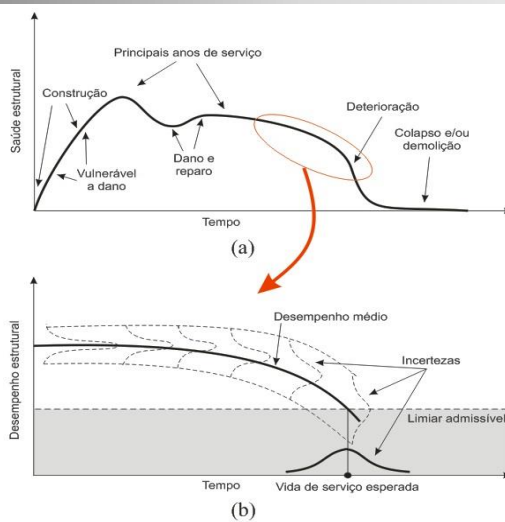
DIAGNÓSTICO: pesquisa de antecedentes, inspeção e estudo

Leila Cristina Meneghetti



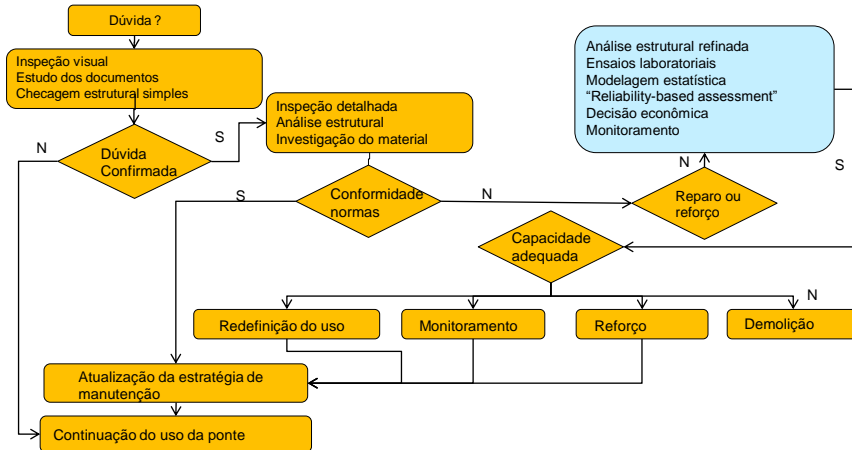
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica

Por que monitorar as estruturas?



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica

Quando monitorar?



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica

Métodos de avaliação

Analítico

Modelagem numérica

Modelagem física

Prova de carga

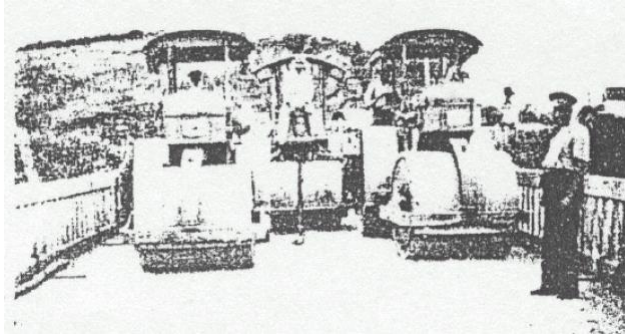
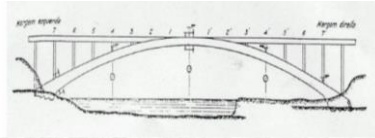
Prova de carga (NBR 9607:1986) - conjunto de atividades destinadas a analisar o desempenho de uma estrutura através da medição e controle de efeitos causados pela aplicação de ações externas de intensidade e natureza previamente estabelecidas



Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica

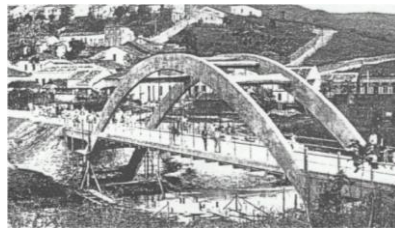
Prova de carga no Brasil

PONTE VICTOR KONDER
 Década de 1930
 Prof. Telêmaco

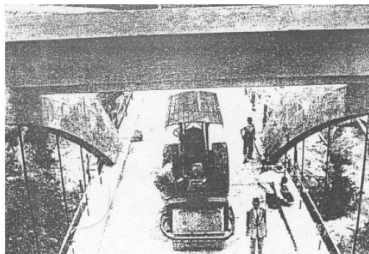


Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
 Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica

Prova de carga no Brasil

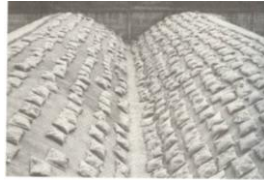


PONTE de LINDÓIA
 Década de 1930
 Prof. Telêmaco



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
 Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica

Carregamentos de prova



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica

Inspeção visual

Contato do profissional
com a estrutura



✓ Elaboração de uma ficha
de antecedentes

✓ Exame visual

✓ Cadastramento das
anomalias



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica

Principais técnicas de ensaios auxiliares no diagnóstico

- Geometria das peças
- Compacidade e homogeneidade do concreto
- Espessura carbonatada
- Quantidade de cloretos/sulfatos
- Extração de testemunhos
- Determinação da massa específica, permeabilidade, resistência mecânica
- Mapeamento do potencial elétrico
- Radiografia, gamagrafia
- Prova de carga.



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica

Extensometria elétrica
Extração de testemunhos
Arrancamento
Prova de carga

Ultrassom
Esclerometria
Radar

Resistência

Qualidade e compacidade

Caracterização geométrica

Caracterização físico-química

ENSAIOS

Pacométrie
Gamagrafia

Carbonatação
Permeabilidade a Cloretos
Reconstituição do traço



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica

Esclerometria

- Método não destrutivo que mede a dureza superficial do concreto, fornecendo elementos para a avaliação da qualidade do concreto endurecido.
- NBR 7584/82: Concreto Endurecido - Avaliação da Dureza Superficial Pelo Esclerômetro de Reflexão



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica

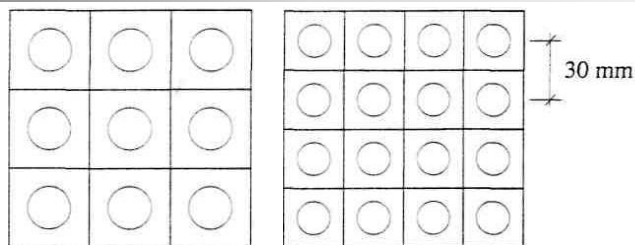
Campo de aplicação

- Verificação da uniformidade da dureza superficial do concreto
- Estimativa da resistência do concreto
- Comparação de concretos com um referencial
- Controle de qualidade em peças pré-moldadas, desformas etc.



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica

Técnica de execução do ensaio



Área de ensaio – 90mm x 90mm a 220mm x 220mm

Mínimo 9 e no máximo 16 impactos

Distância entres pontos de medição > 30mm

Distância entre ponto de medição e aresta > 50mm



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica

Procedimento de ensaio

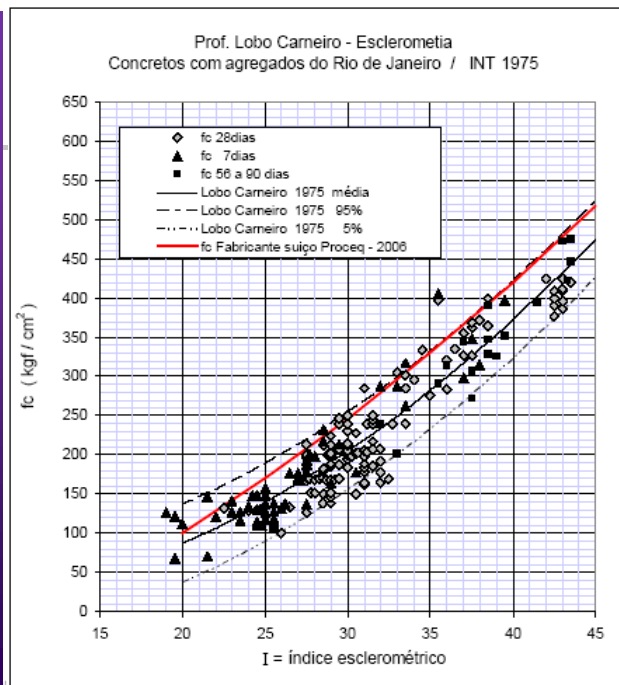


Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica

- Tipo de cimento e agregado empregado
- O estado da superfície a ser ensaiada
- Umidade da superfície
- Idade do concreto
- Operador do aparelho
- Esbeltez da peça estrutural
- Estado de tensões do concreto
- Consumo de cimento
- Massa específica do concreto
- Espessura carbonatada (variação até de 50% I.E.)
- Condições de cura da peça estrutural



Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica



Ultra-som

- A ultrassonografia é um método não destrutivo que mede a velocidade de propagação de uma onda ultrassônica no interior de um corpo.
- NBR-8802/85: Concreto Endurecido - Determinação da Velocidade de Propagação de Onda Ultra-Sônica



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica

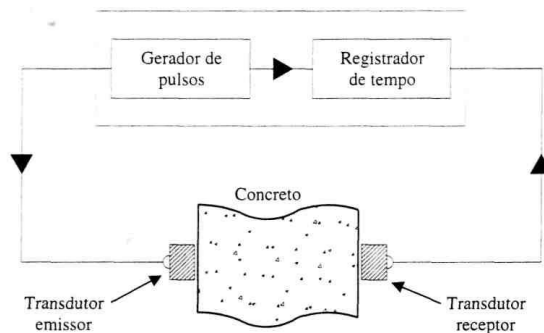
Ultrassom - funcionamento

$$V = \frac{d}{t}$$

V = velocidade de propagação (m/s)

L - menor distância obtida (m)

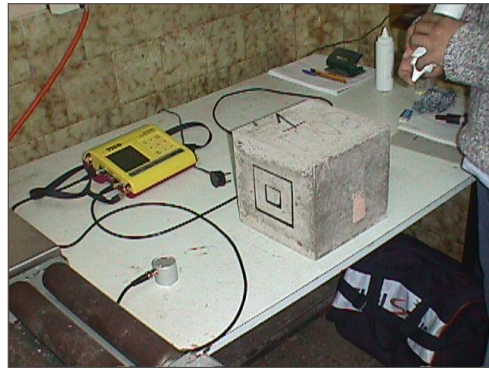
t = tempo efetivo de propagação (s)



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica

Técnica de ensaio

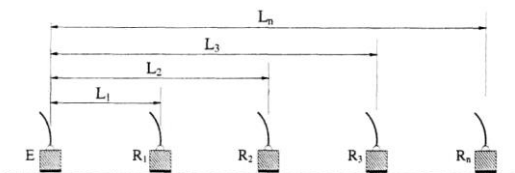
- Preparação da Superfície
- Calibração
- Acoplamento



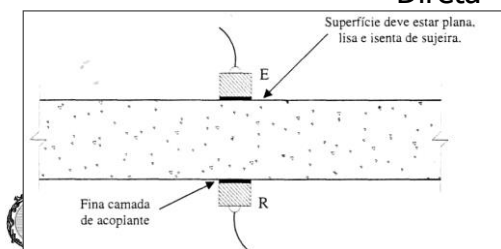
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica

Posicionamento dos transdutores

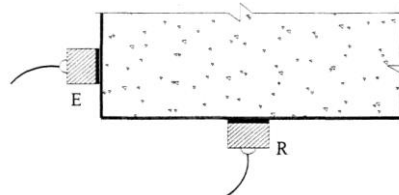
Indireta



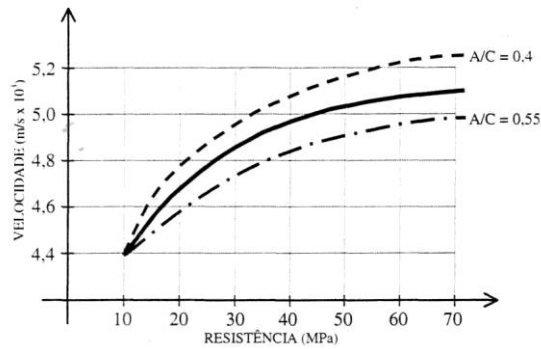
Direta



Semi-direta

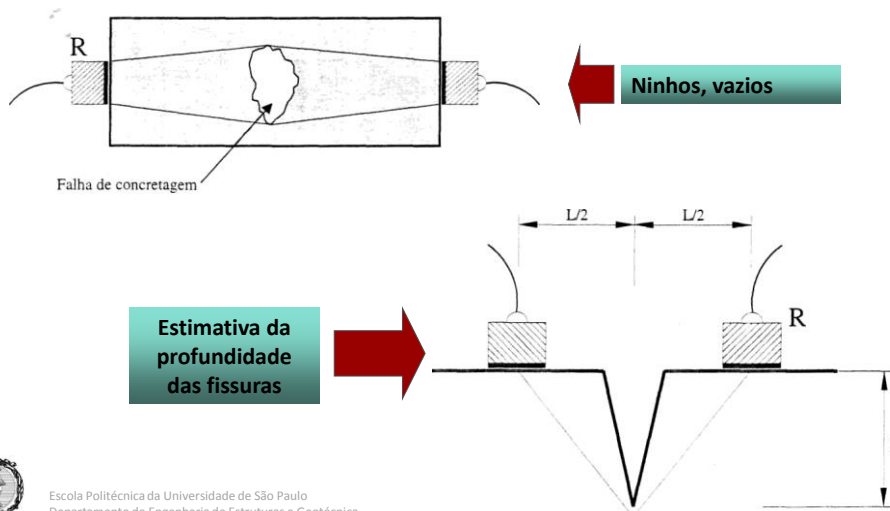


Análise dos resultados



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

Detecção de defeitos no concreto



Fatores influentes

- Idade do concreto
- Densidade do concreto
- Tipos de agregados
 - granito = 4190 m/s;
 - basalto = 4430 m/s;
 - ag. Leve = 3400 m/s;
 - Isopor = 2000 m/s
- Fator água-cimento
- Possível existência de armadura
- Tipo de adensamento do concreto.



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica

Gamagrafia

- É um dos mais conhecidos ensaios no qual se usam fontes radioativas para irradiar o concreto e obter uma imagem radiográfica indicando o posicionamento e a natureza dos elementos imersos no mesmo (armaduras, vazios, bainhas de concretagem etc)
- Não existe Norma Brasileira específica.



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica

Gamagrafia

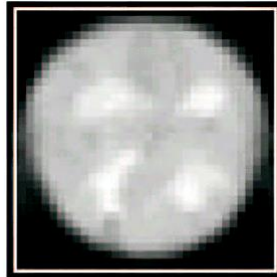


Figure 1. Tomographic image of a typical concrete sample used in Civil construction. The white regions show the stones distribution, using the FBP algorithm.

(Oliveira et al., 2004)

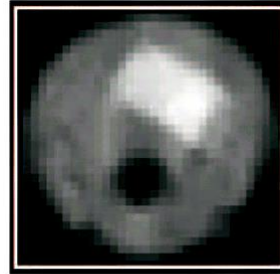
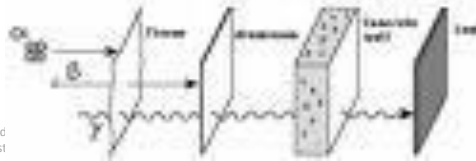


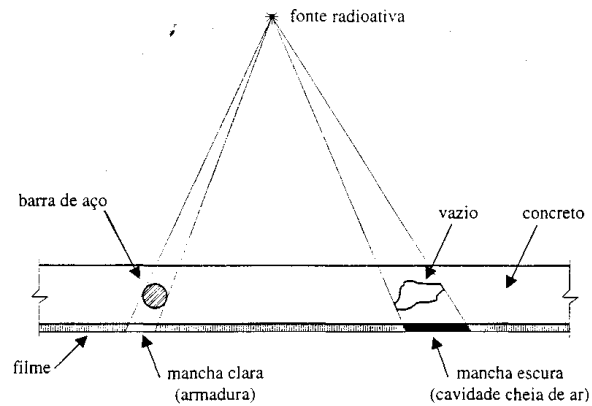
Figure 2. Tomographic image of a concrete sample showing stone(white) and one air voids(black), using the FBP algorithm.



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Estruturas



Técnica de ensaio



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica

Radar

- Informações obtidas através de sinais emitidos por uma antena de banda larga
- Não há normalização correspondente
- Funcionamento parecido ao da gamagrafia



Radar

- Campo de aplicação
 - Detecção e localização de barras de armadura e cabos de protensão
 - Medida da espessura das camadas de elementos de concreto e asfalto
 - Detecção de defeitos em estruturas de concreto e pavimentos
 - Localização de eletrodutos embutidos no concreto



Pacomtria

- É utilizado para determinar o cobrimento e a quantidade da armadura
- Não há norma Brasileira específica
- É utilizado na detecção de armaduras e permite estimar sua dimensão, cobrimento e orientação.



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica

Pacomtria

O equipamento emite um campo magnético capaz de rastrear mudanças. Quando o equipamento é posicionado sobre uma armadura, o campo sofre um aumento significativo e o sensor sonoro emite um ruído alto.



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica

Carbonatação

- Determinação da espessura carbonatada
- Não há normalização brasileira



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica

Técnica de ensaio

- Retirar uma camada superficial da espessura do revestimento e aspergir uma solução de fenolfetaleína
- Proceder as leituras da espessura carbonatada



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica

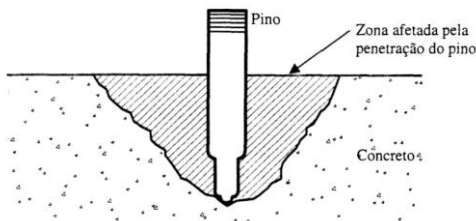
Penetração de pinos

- Mede a profundidade de penetração de um pino padrão no concreto
- Não existe norma brasileira aplicável. Pode-se tomar como referência a Norma Americana ASTM C803.
- Parâmetro de controle: profundidade de penetração (mm)



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica

Técnica de ensaio



É útil na avaliação da homogeneidade global do concreto na estrutura



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica

Arrancamento

- Estima a resistência à compressão ou verifica a qualidade do concreto de cobertura de uma peça qualquer. O ensaio pode ter várias formas mas basicamente consiste na medição de carga necessária para a extração de uma peça previamente fixada ou inserida no concreto.
- Não existe norma brasileira aplicável. Pode-se utilizar como referência a Norma Americana ASTM C-900.



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica

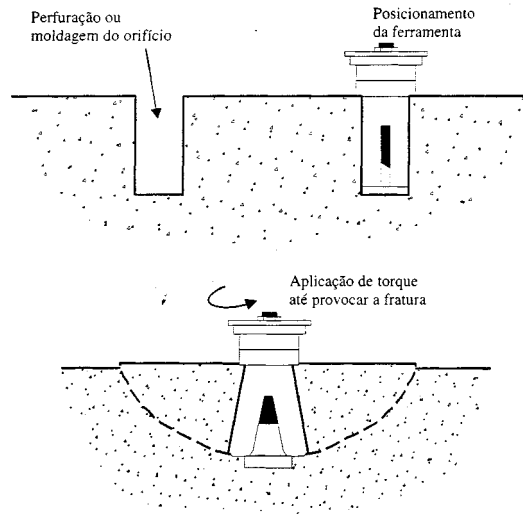
Princípio de funcionamento

- medição da resistência à fratura de uma superfície cônica de concreto mobilizada pela aplicação de um esforço de arrancamento num pino previamente fixado.
- LOK Test – pinos são fixados na fôrma
- CAPO Test ou SCOT – pinos são fixados depois do concreto endurecido



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica

SCOT



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica

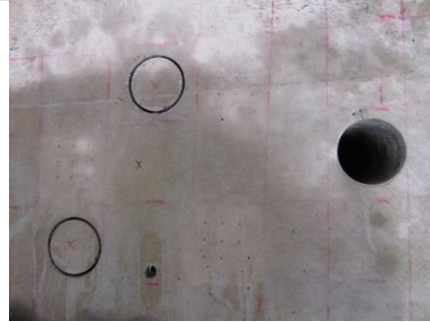
Extração de testemunhos de concreto

- Retirar amostras, usualmente cilíndricas para caracterizar mecânica, física e quimicamente
- NBR 7680/83 - Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto.



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica

Extração de corpos-de-prova



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica

Análise dos dados obtidos

- resistência à compressão simples
- resistência à compressão diametral
- módulo de deformação do concreto
- diagrama tensão-deformação

dimensões do CP
condições de contorno

micro fissuras originadas pela extração e ao corte do agregado graúdo



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica

Procedimento de ensaio

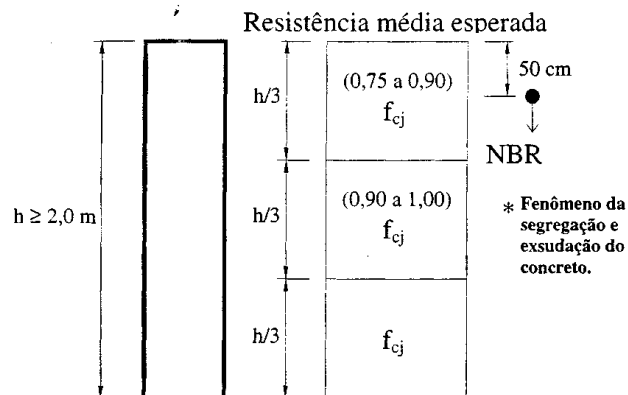
- Definição dos lotes
 - volume total de concreto < 100 m³
 - área construída < 500 m²
 - tempo de concretagem < 15 dias máximo
 - um pavimento
- Tamanho da amostra.
 - n = 6 para $\phi > 10$ cm
 - n = 10 para $\phi < 10$ cm



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica

Procedimento de ensaio

- Escolha dos pontos de extração




Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica

Estimativa da resistência do concreto

Relação h/d	Fator de correlação
2,00	1,00
1,75	0,97
1,50	0,93
1,25	0,89
1,00	0,83
0,75	0,70
0,50	0,50

Critério de aceitação

- $fck_{est} = 0,85$ da média dos resultados obtidos
- $fck_{est} = 0,89$ do menor valor obtido



Menor dos dois valores

$$fck_{est} > fck_{proj}$$

Extração de testemunho de aço (armadura)

- Retira-se um trecho de armadura para posterior caracterização mecânica
- Definição dos Lotes
 - por pavimentos
 - peças estruturais



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica

Cuidados na extração

- Cuidados com a estabilidade da estrutura;
- Não cortar os estribos;
- A barra de aço não deve sofrer danos;
- Pode-se usar maçarico para cortar a barra, desprezando ~ 5 cm de cada extremidade



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica

Ensaio possíveis

- Determinação da classe e categoria
- Tração
- Dobramento
- Espectometria
- Corrosão acelerada
- Análise química.



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica