

# Controle da resistência à compressão do concreto: Análise comparativa entre os procedimentos propostos pela ABNT e ACI

*Autores:*

**Ricardo Boni**

*PhD Engenharia*

**Carlos Britz**

*Programa de Educação Continuada PECE da POLI USP, PhD Engenharia*

**Paulo Helene**

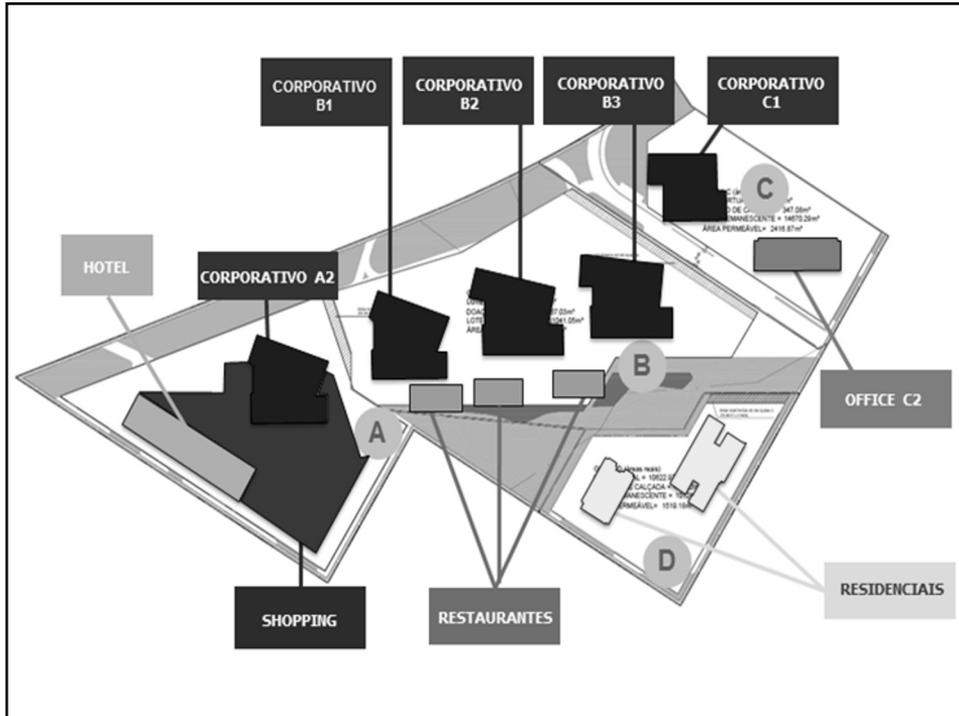
*Professor Titular da Escola Politécnica da USP, PhD Engenharia*

**Setembro 2017**

1



2



3



4



5

## **Central Dosadora de Concreto**

- ✓ **Central Dosadora Estacionária localizada em Canteiro de Obras;**
- ✓ **Produziu concreto única e exclusivamente para o empreendimento em questão;**
- ✓ **Sistema de Carregamento Automatizado;**
- ✓ **Provida de 1 Ponto de Carga coberto;**
- ✓ **Capacidade de Produção de 70m<sup>3</sup>/hora;**
- ✓ **Baias de Agregados cobertas;**
- ✓ **Balanças e Hidrômetros aferidos mensalmente;**
- ✓ **Disponibilidade de 6 caminhões betoneira;**

6



7

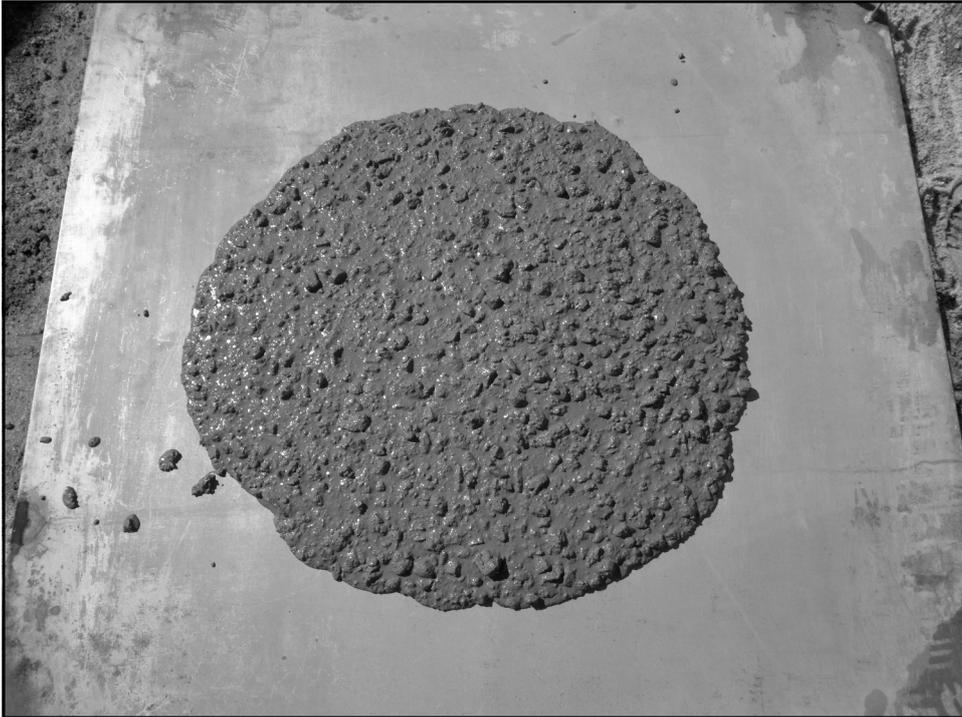
## Traço de Concreto

- ✓ Definido após realização de um extenso estudo de dosagem racional e experimental;
- ✓  $f_{ck} \geq 40\text{MPa}$ ;
- ✓ Concreto autoadensável: classe de espalhamento *SF2*;
- ✓ Execução de evento de concretagem protótipo.

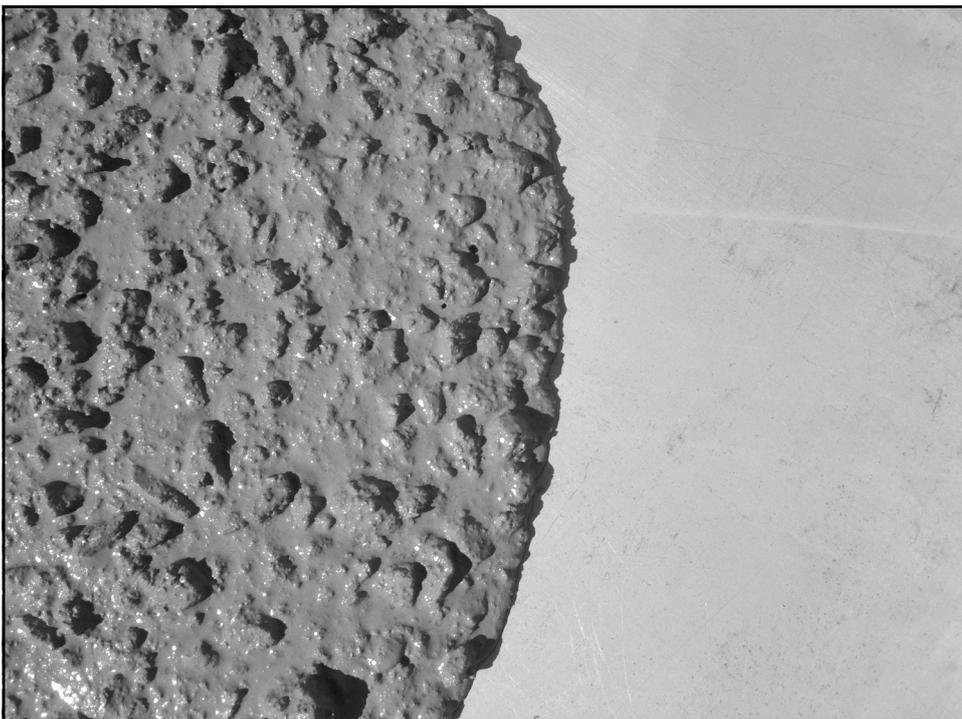
**Tabela: Traço de concreto em massa, materiais secos, para  $1\text{m}^3$  de concreto**

Insumos do traço do concreto	$f_{ck}$ 40MPa
cimento (CP III-40-RS)	380kg
silica ativa	20kg
água	180kg
areia fina natural	364kg
areia artificial, areia de brita	546kg
brita 0 (dimensões de 4,5mm a 9,5mm)	279kg
brita 1 (dimensões de 9,5mm a 19mm)	651kg
aditivo polifuncional, 0,6% em massa de cimento	2,3kg
aditivo superplastificante, 1,2% em massa de cimento	4,6kg

8



9



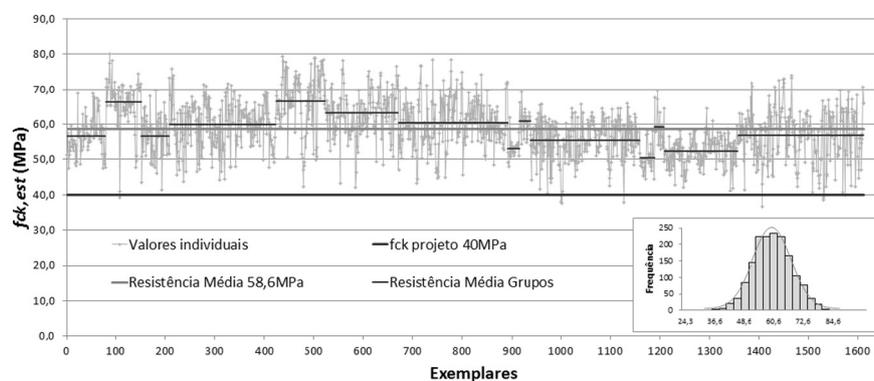
10

## Plano de Controle Tecnológico

- ✓ Controle de resistência à compressão aos 28 dias de idade por amostragem total de acordo com a norma ABNT NBR 12655:2015 “*Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento*”;
- ✓ Realizado durante 2 anos e 9 meses por laboratório acreditado pelo INMETRO pertencente à rede Brasileira de laboratório de Ensaio (RBLE);
- ✓ Laboratoristas qualificados e certificados pelo IBRACON através do Núcleo de Qualificação e Certificação de Pessoal.

11

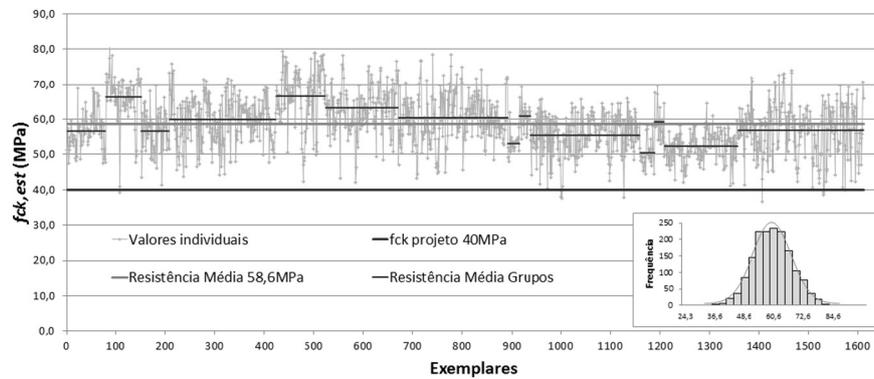
## Controle tecnológico realizado em obra à luz da ABNT 12655



- ✓ Total de 1.611 resultados de resistência à compressão aos 28 dias de idade;
- ✓ 11 resultados não conformes (abaixo de 40MPa), ou seja, 0,7%;
- ✓ Média = 58,6MPa; Desvio Padrão = 6,6MPa, Coef. De Variação = 11,2%;

12

## Controle tecnológico realizado em obra à luz da ABNT 12655



- ✓ Total de 1.611 resultados de resistência à compressão aos 28 dias de idade;  $f_{ck} = 47 \text{ MPa}$
- ✓ 11 resultados não conformes (abaixo de 40MPa), ou seja, 0,7%;
- ✓ Média = 58,6MPa; Desvio Padrão = 6,6MPa, Coef. De Variação = 11,2%;

13

## ACI 318-14 “Building Code Requirements for Structural Concrete”

Quanto à amostragem, o ACI 318 no item 26.12 “Concrete evaluation and acceptance” recomenda como critérios mínimos:

- ✓ um exemplar por dia de concretagem;
- ✓ um exemplar para cada 115m<sup>3</sup> de concreto produzido;
- ✓ um exemplar para cada 465m<sup>2</sup> de área superficial para lajes ou paredes;
- ✓ o controle para volumes inferiores a 38m<sup>3</sup> é dispensado, desde que exista carta de traço aprovada.

14

## ACI 318

O valor da resistência à compressão de cada um dos exemplares é determinado pela média aritmética simples dos resultados obtidos;

Caso os valores individuais dos corpos de prova irmãos difiram de mais de 8%, os resultados são considerados inadequados, conforme ASTM C39-16b "*Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*";

O ACI 318, assim como a ABNT NBR 12655 e a norma europeia EN-206:2013 também considera que de cada betonada moldada é obtido apenas 1(um) valor de resistência à compressão.

15

## ACI 318

O ACI 318 prescreve os seguintes critérios de aceitação e conformidade:

- ✓ para  $f_{ck} \leq 35\text{MPa}$ , nenhum resultado individual deve ser inferior a  $f_{ck} - 3,5\text{MPa}$ ;
- ✓ para  $f_{ck} > 35\text{MPa}$  (caso em questão), nenhum resultado individual pode ser inferior a  $0,9 \cdot f_{ck}$ ;
- ✓ a média móvel de quaisquer 3(três) resultados consecutivos deve ser igual ou superior a resistência característica definida em projeto ( $f_{ck}$ ).

16

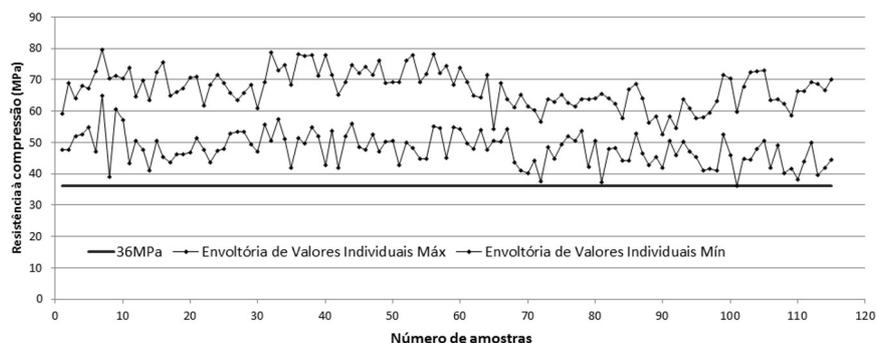
## Análise comparativa entre os métodos de controle propostos pela ABNT e ACI

Considerando o critério mínimo de amostragem proposto pelo ACI de um exemplar a cada  $115\text{m}^3$  de concreto (ou seja, uma moldagem de corpos de prova a cada 14 caminhões betoneira de  $8\text{m}^3$ ) foram determinadas as envoltórias dos valores individuais e da média móvel de 3(três) resultados consecutivos.

17

## Análise comparativa entre os métodos de controle propostos pela ABNT e ACI

Envoltória dos Valores Individuais de Resistência à Compressão

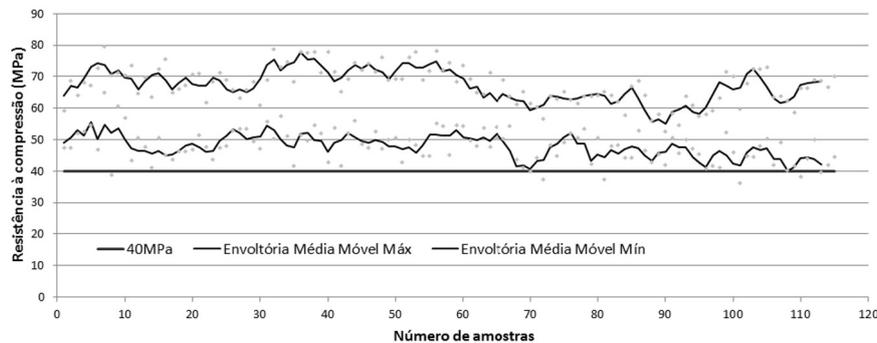


Critério de aceitação:  $\geq 0,9 \cdot f_{ck} = 36\text{MPa}$

18

## Análise comparativa entre os métodos de controle propostos pela ABNT e ACI

Envoltória da média móvel de 3 resultados consecutivos



Critério de aceitação:  $\geq fck = 40\text{MPa}$

19

## Conclusões

- ✓ O critério ABNT identificou 11 mixers no conformes. O critério ACI aceitou a 100%, o sea, zero no conformidad
- ✓ O controle tecnológico de resistência à compressão do concreto por amostragem total preconizado pela ABNT 12655 é muito rigoroso, seguro e oneroso;
- ✓ A metodologia de controle prescrita pelo ACI 318 é mais branda, quando comparada aos critérios da norma brasileira.

20

## Conclusões

- ✓ Os critérios de aceitação e conformidade preconizados pela ABNT NBR 12655 são exigentes e caberia flexibilizar o valor de resultados individuais dentro de uma margem de até  $0,9 \cdot f_{ck}$
- ✓ Por outro lado, o critério de amostragem adotado no Brasil se coloca a favor da segurança e, apesar de oneroso, deve ser mantido como está.

21

**OBRIGADO !**  
**MUCHAS GRACIAS !**

22