



## II Seminário sobre Obras Emblemáticas

# Desafios na concretagem da cúpula do Teatro Digital.



**Nome**  
*Pedro Bilesky – PhD Engenharia*

*14/10/2016  
16 h 30 min*

# Intervenientes

- *Construtora: Brookfield Incorporações;*
- *Projeto arquitetônico: Kruchin Arquitetura;*
- *Projeto estrutural: NG Engenharia;*
- *Consultoria em tecnologia de concreto: PhD Engenharia;*
- *Empresa de serviços de concretagem: Supermix Concreto;*
- *Formas e escoramentos: Doka;*
- *Responsável pela projeção do concreto: Unicon;*
- *Responsável pela impermeabilização: Proassp;*
- *Responsável pela execução: Miaki;*
- *Controle Tecnológico: L. A. Falcão Bauer.*

# Grande desafio

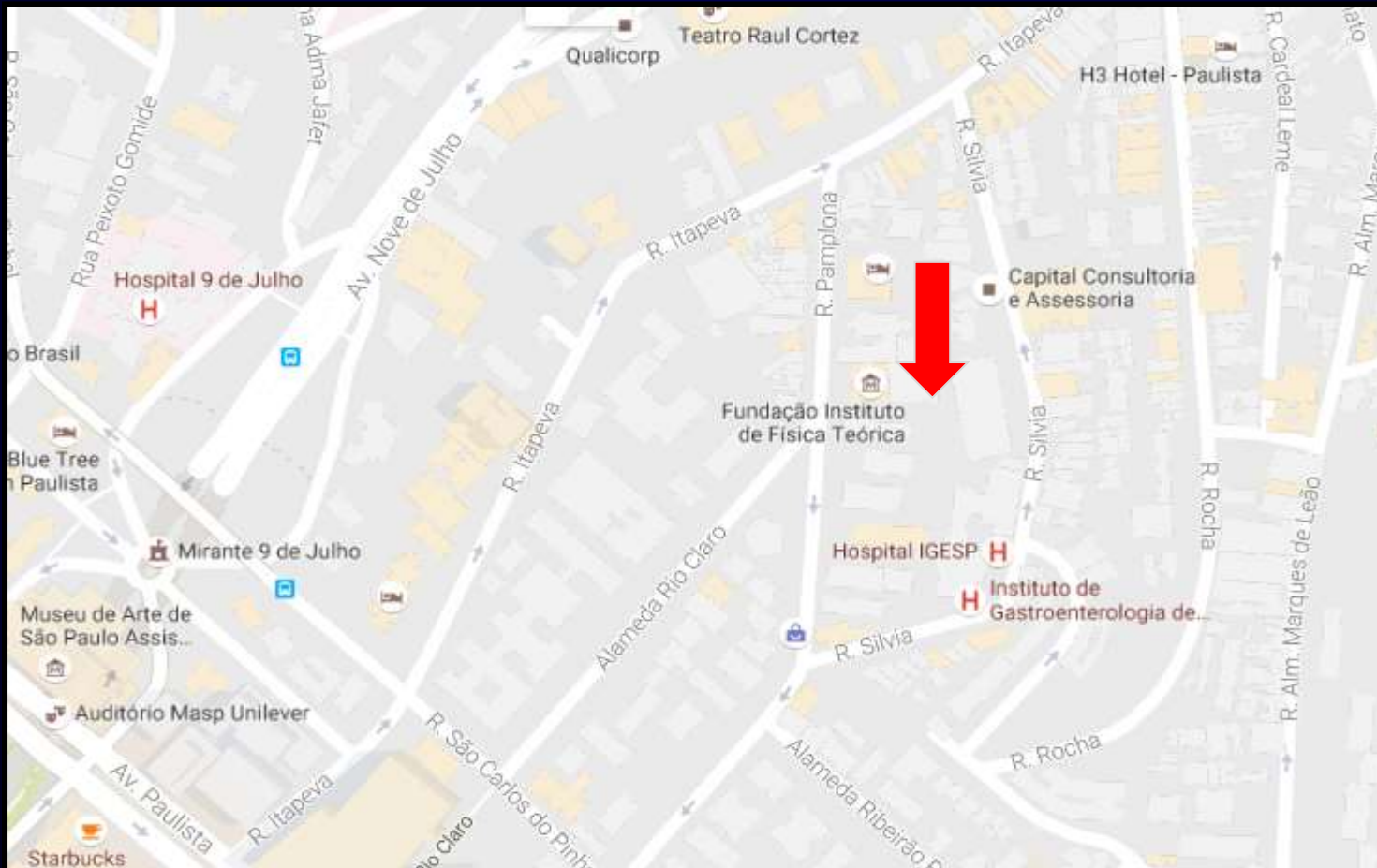
*Construção da cúpula do Teatro, em forma de casca, com dimensões de 21m de largura, 30m de comprimento e 17m de altura com espessuras variáveis de 60 a 20cm, utilizando concreto projetado, via úmida, no centro de São Paulo.*





# Principais dificuldades apuradas

- *Localização da obra, área de restrição:*



# Principais dificuldades apuradas

- *Inclinações diferenciada e juntas das formas:*





# Principais dificuldades apuradas

- *Alta taxa de armadura:*



# Premissas do estudo de dosagem

- Concreto projetado, via úmida ;
- $f_{ck} = 50,0 \text{ MPa}$ ;
- *Módulo de deformação,  $E_{cs} = 33,6 \text{ GPa}$ ;*
- *Abatimento: De 150 a 200 mm;*
- *Agregado graúdo com diâmetro máximo de 9,5 mm;*
- *Adição de microssílica, coibir possível reatividade;*
- *Fibras de polipropileno, reduzir a retração.*

# Traço de concreto utilizado

- Consumo de cimento: 377 kg/m<sup>3</sup>;
- Consumo de microssílica: 34 kg/m<sup>3</sup>;
- Água/cimento: 0,50;
- Água/aglomerantes: 0,45;
- Abatimento: De 150 a 200mm;
- Resistência à compressão: 80,0 MPa;
- Módulo de deformação,  $E_{cs} = 39,0$  GPa.



# Protótipo em escala real



# Protótipo em escala real - Após a desforma





# Aplicação do concreto

- Os dois pilares de sustentação (laterais) foram preenchidos inicialmente com concreto bombeado.





# Aplicação do concreto

- Aspecto do concreto aplicado, após a desforma:



# Estratégia de aplicação do projetado

- O bombeamento do concreto foi feito do nível da rua Silvia e lançado inicialmente a 4 pavimentos acima, nível da Rua Pamplona.



# Aplicação do concreto projetado

- Aspecto final do concreto projetado aplicado sobre o concreto moldado.





# Aplicação do concreto projetado



# Aplicação do concreto projetado





# Aplicação do concreto projetado





# Aplicação do concreto projetado



# Aplicação do concreto projetado





# Aplicação do concreto projetado





# Aplicação do concreto projetado





# Aplicação do concreto projetado



# Aplicação do concreto projetado

- Os trabalhos iniciaram-se em 29.03 e foram concluídos dia 23.04.2016;
- Foram utilizados um total de 355 m<sup>3</sup> de concreto;
- 42 m<sup>3</sup> lançados normalmente;
- 313 m<sup>3</sup> foram projetados;
- Estimaram-se as perdas em 15 m<sup>3</sup>.



# Acabamento interno - Liso



# Acabamento externo - Rugoso e irregular





# Controle tecnológico

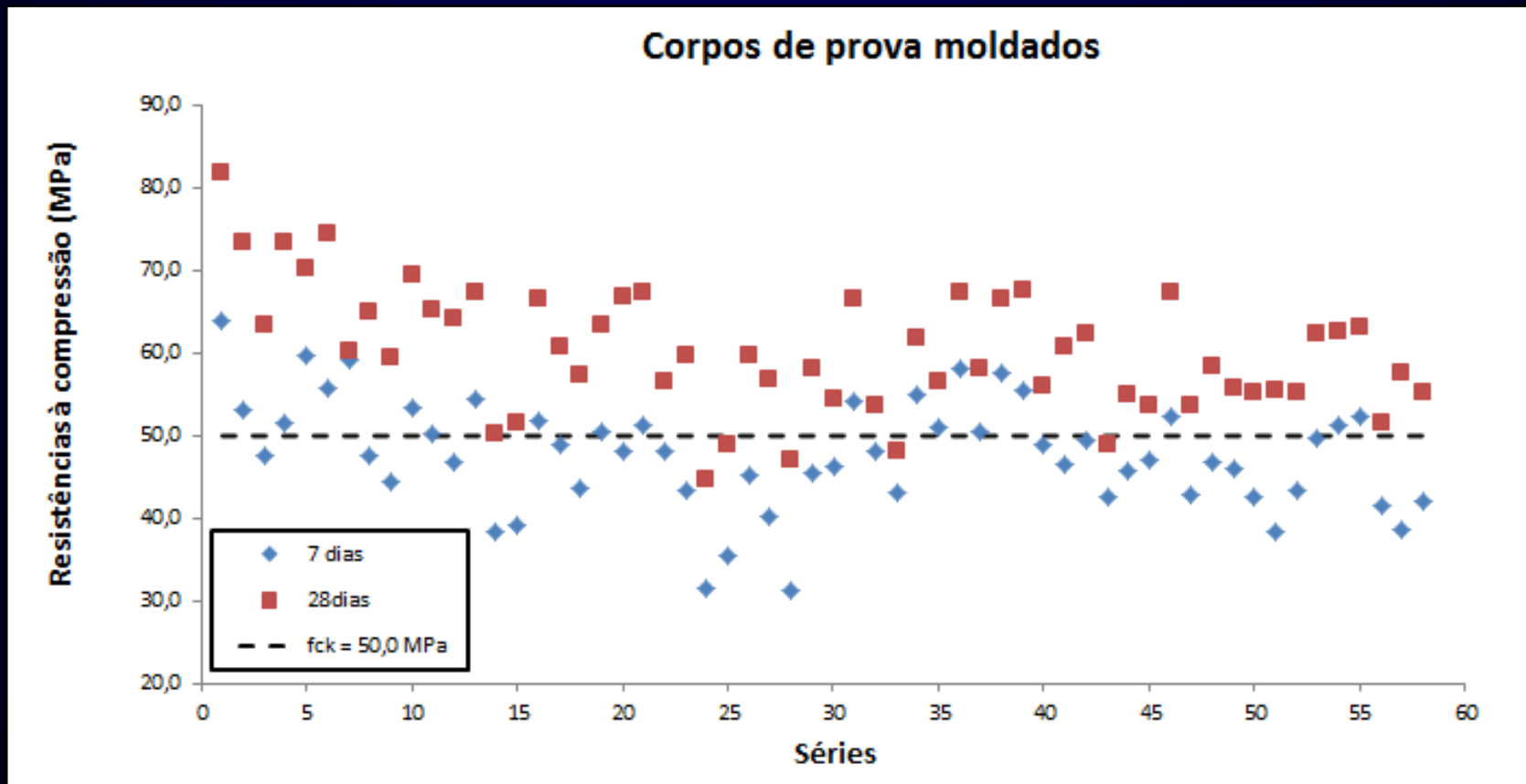
- Procedimentos:





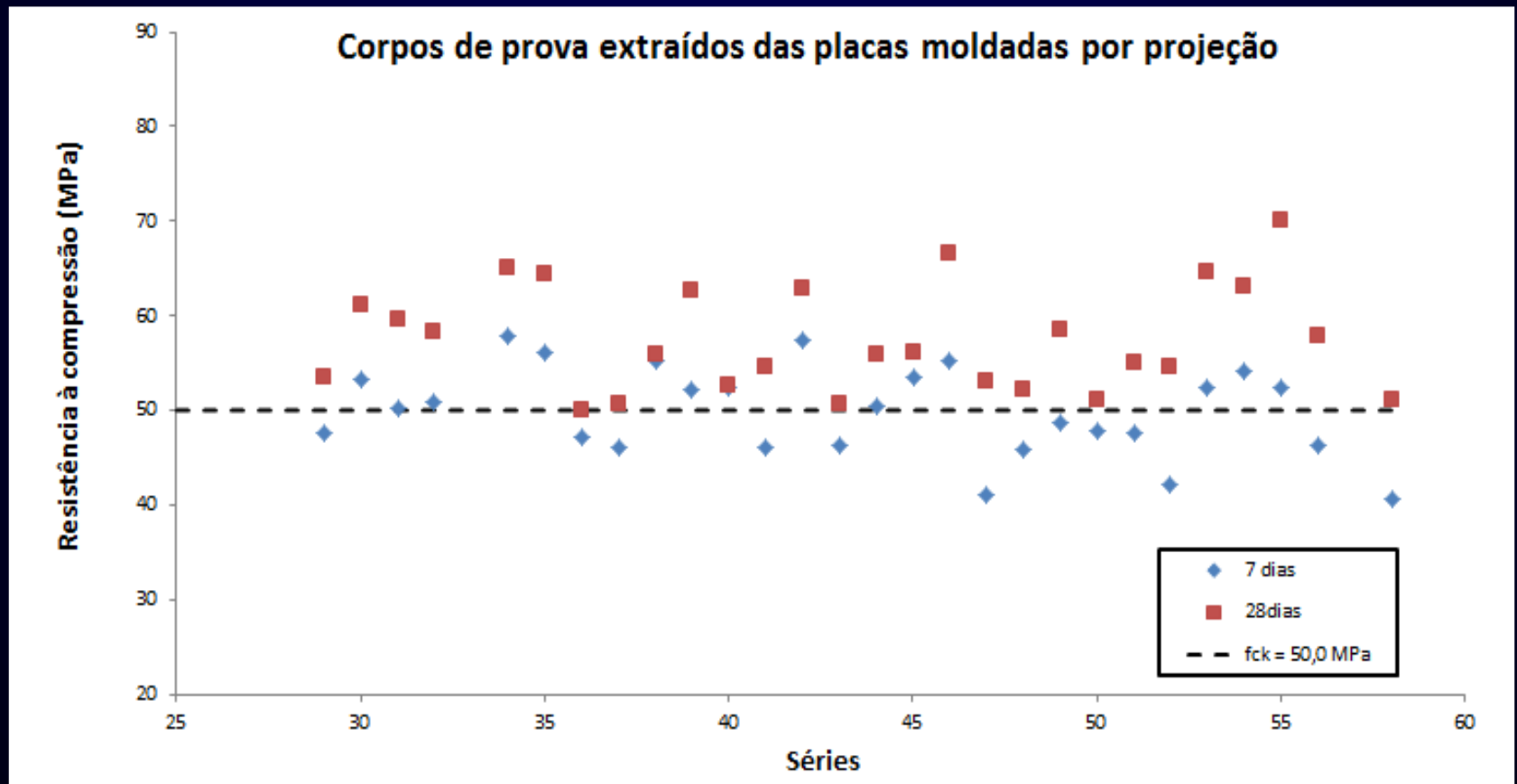
# Controle tecnológico

- Resistência à compressão, corpos de prova moldados:



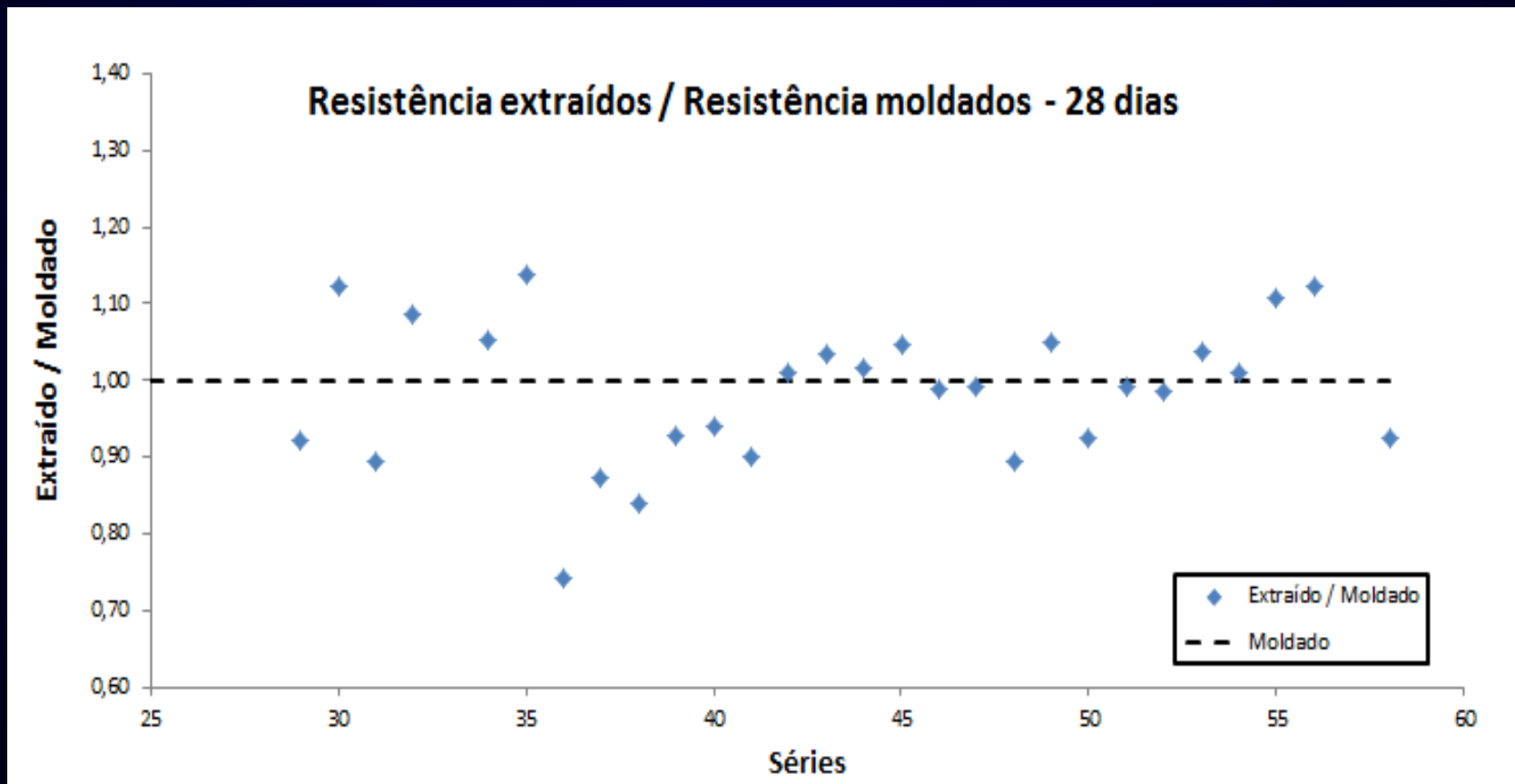
# Controle tecnológico

- Resistência à compressão, placas moldadas:



# Controle tecnológico

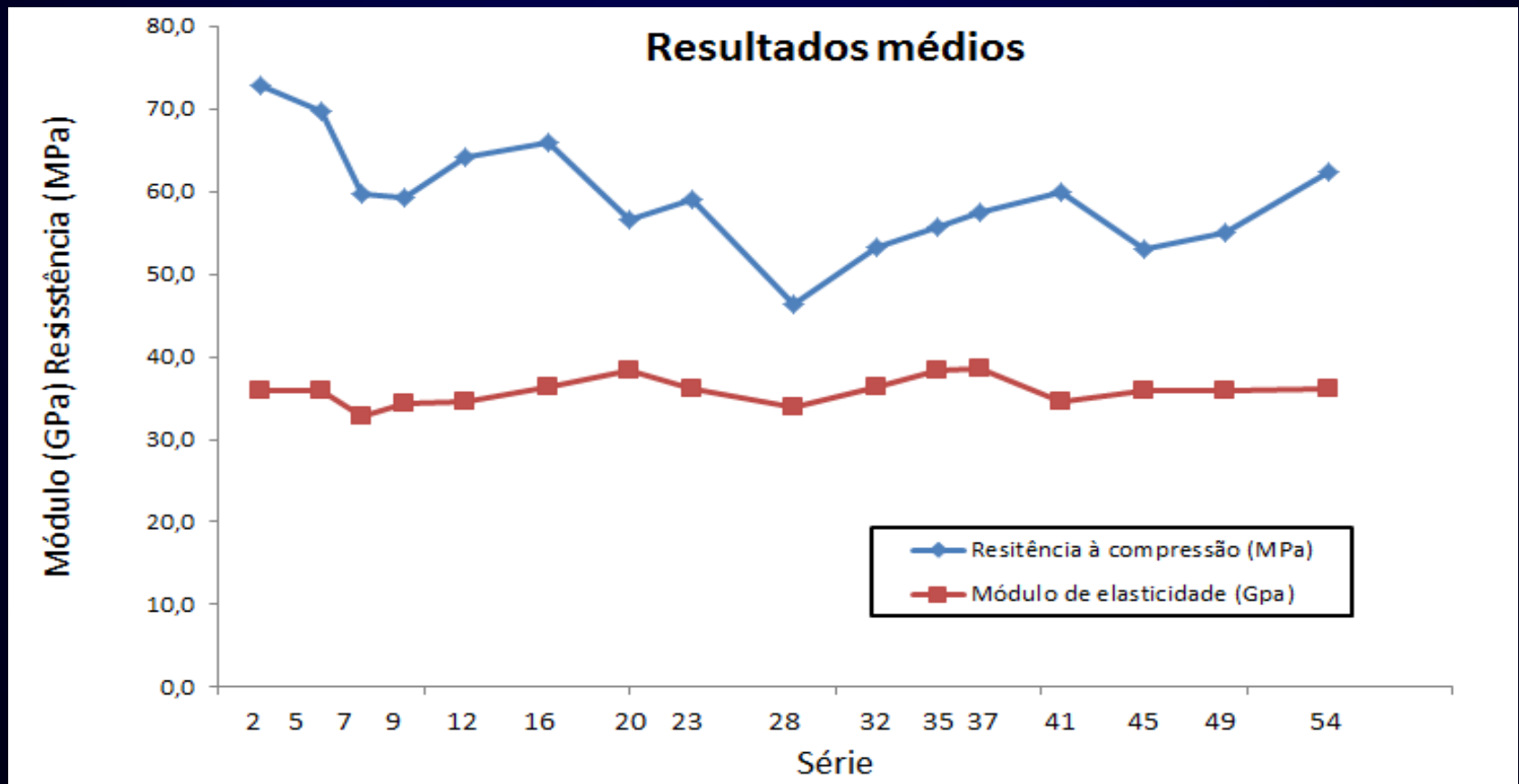
- Resistência dos Extraídos / Moldados:





# Controle tecnológico

- Módulo de elasticidade:



# Estágio atual da obra (13.10.2016)



**OBRIQADO!!!**