

Ensaaios de Placa em Solos Colapsíveis com Monitoramento da sucção

MESA Redonda ABMS-SPG
Instrumentações Aplicadas em Fundações:
Práticas Atuais e Tendências

Marcos Massao Futai

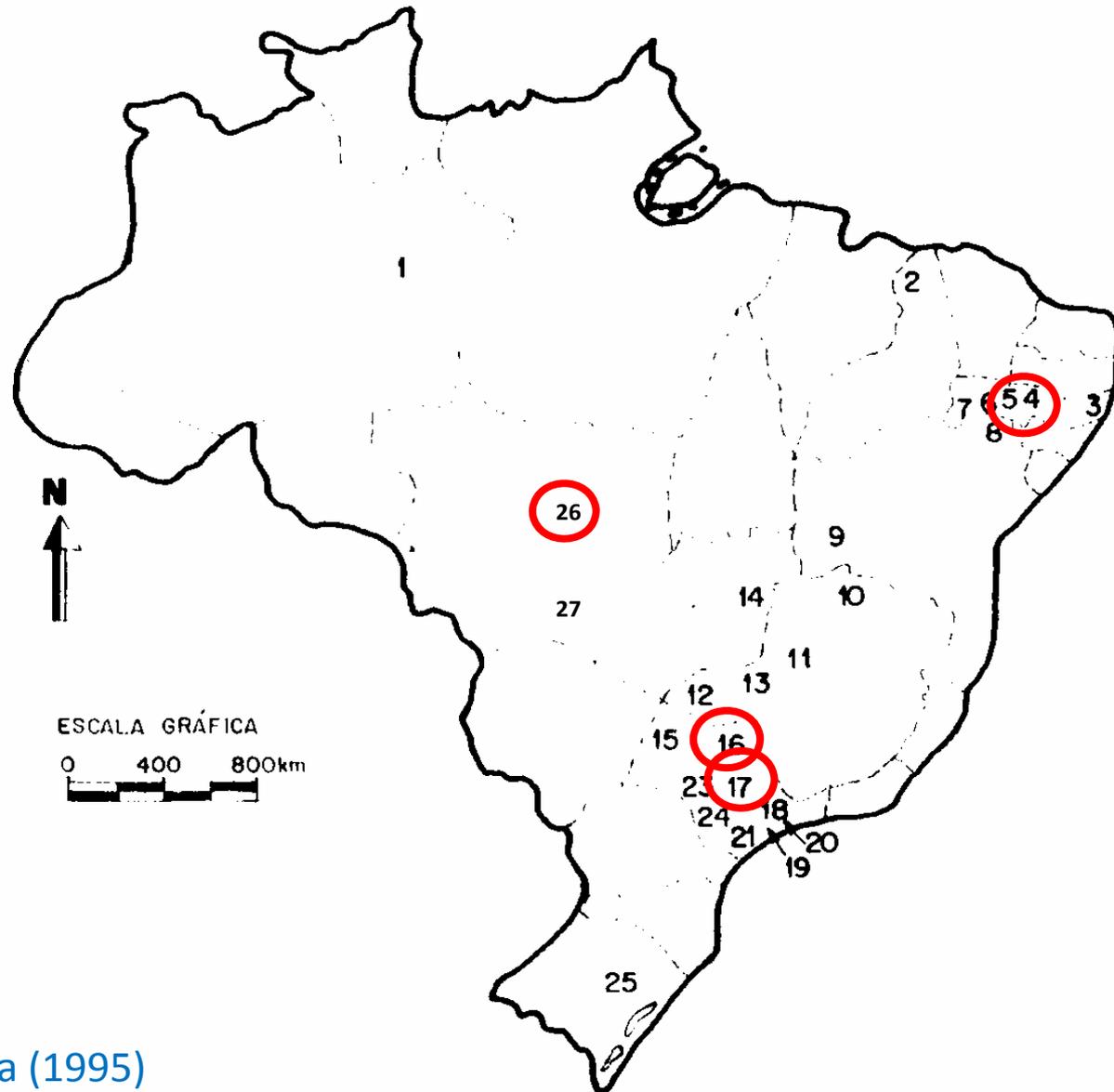
26 de Janeiro de 2011



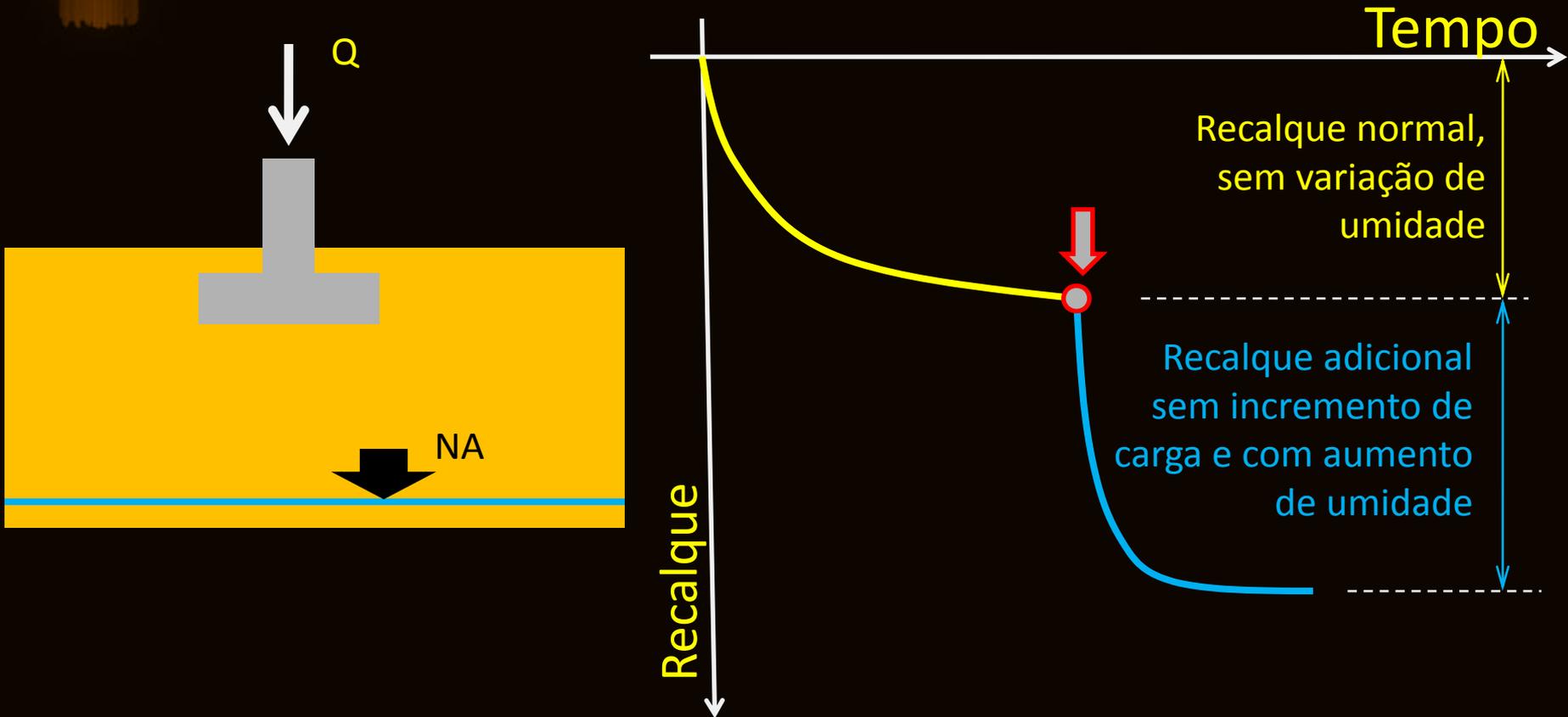
Motivação

- Grande ocorrência de solos colapsíveis em todo Brasil;
- Necessidade de se conhecer as magnitudes de recalques por colapso e estudar soluções.

Ocorrência de solos colapsíveis no Brasil

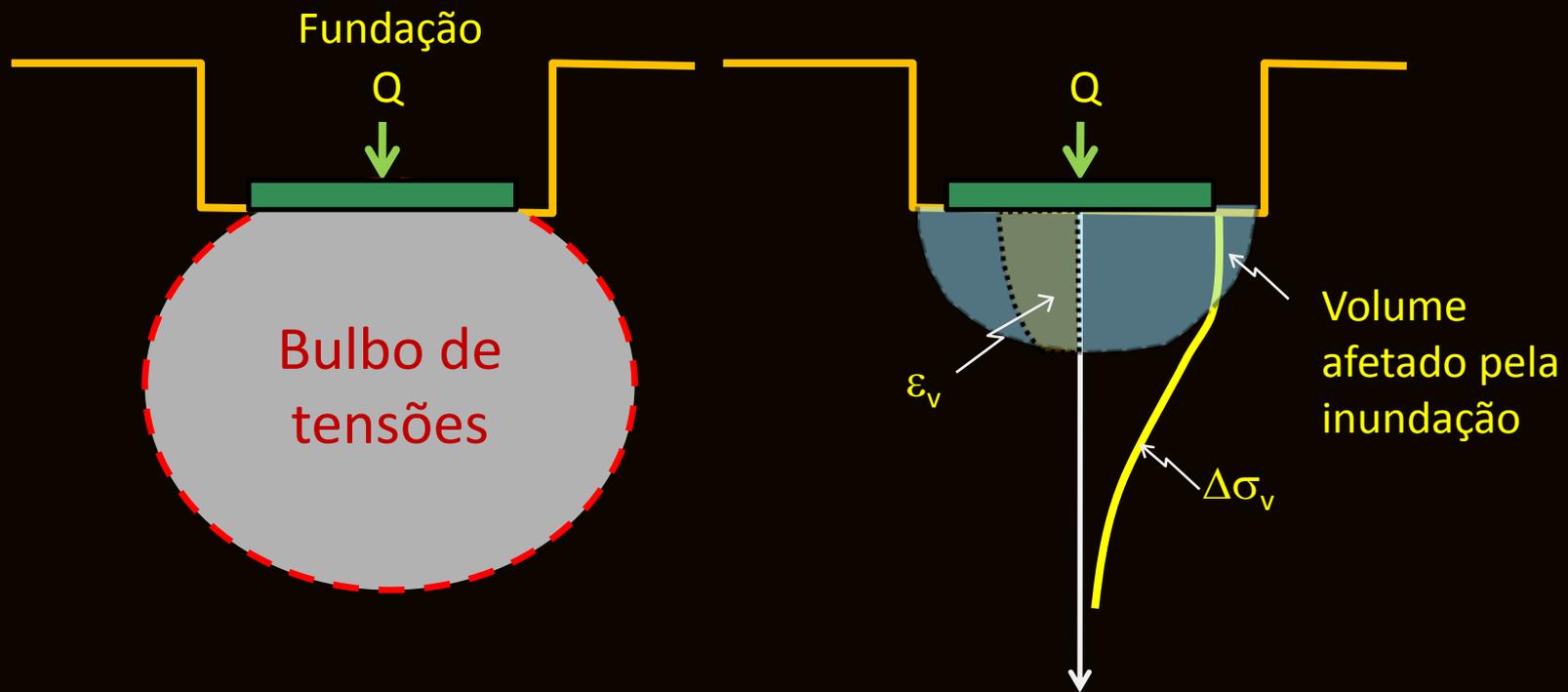


Recalque decorrente de colapso



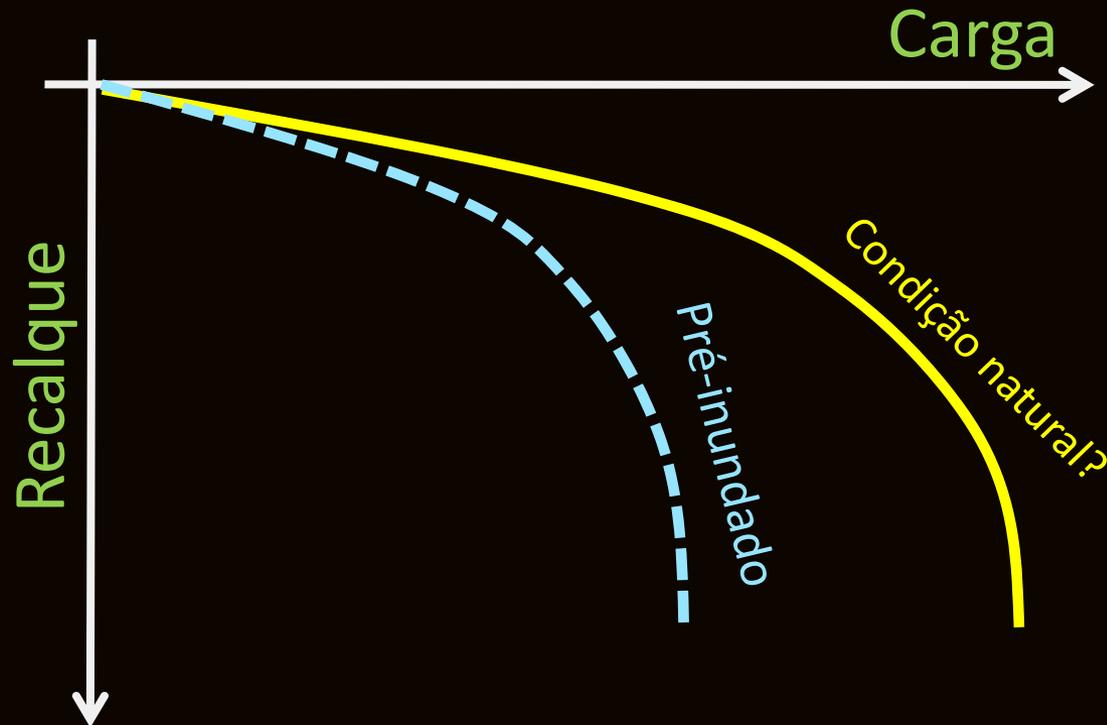
- Causas do colapso: infiltração, elevação do NA, ruptura de tubulação, vazamentos de reservatórios

Colapso de fundações superficiais



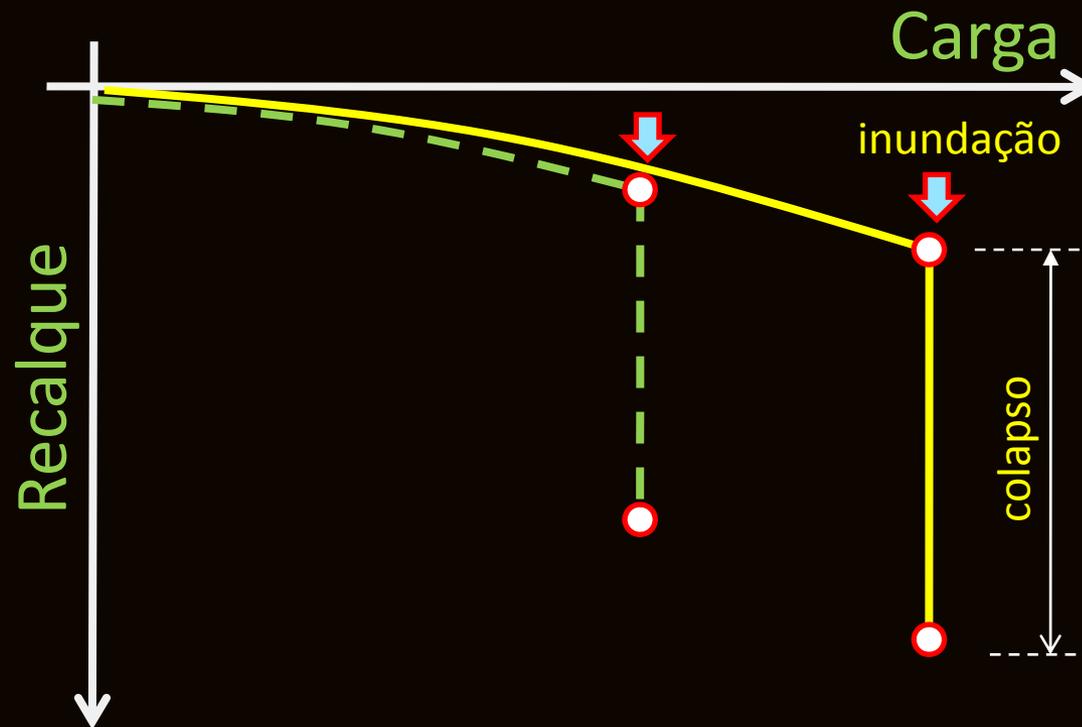
Metodologias de ensaios de placa em solos colapsíveis: Comparação entre ensaio natural e pré-inundado

- Ensaio convencional com o terreno na condição natural;
- Ensaio de placa com inundação prévia.



Metodologias de ensaios de placa em solos colapsíveis

- Ensaios inundados em diferentes níveis de tensão



Instrumentação

- Convencionais: carga (célula de carga), deslocamento (extensômetros);
- Sucção: tensiômetros (Conciani, 1997; Costa 1999, Futai, 2010)
- Umidade: TRD (Conciani, 1997; Costa 1999)
- Frente de umedecimento (Souza Neto, 2004)





Níveis de sucção

- Região tropical e sub-tropical – clima úmido: sucções baixas
- Exemplo: Inferior a 50kPa (Conciani, 1997, Cintra, 2004, Futai, 2010)
- Região semi-árida: sucções muito elevadas
- Exemplo: Maior que 10MPa (Ferreira, 1995; Souza Neto, 2004)

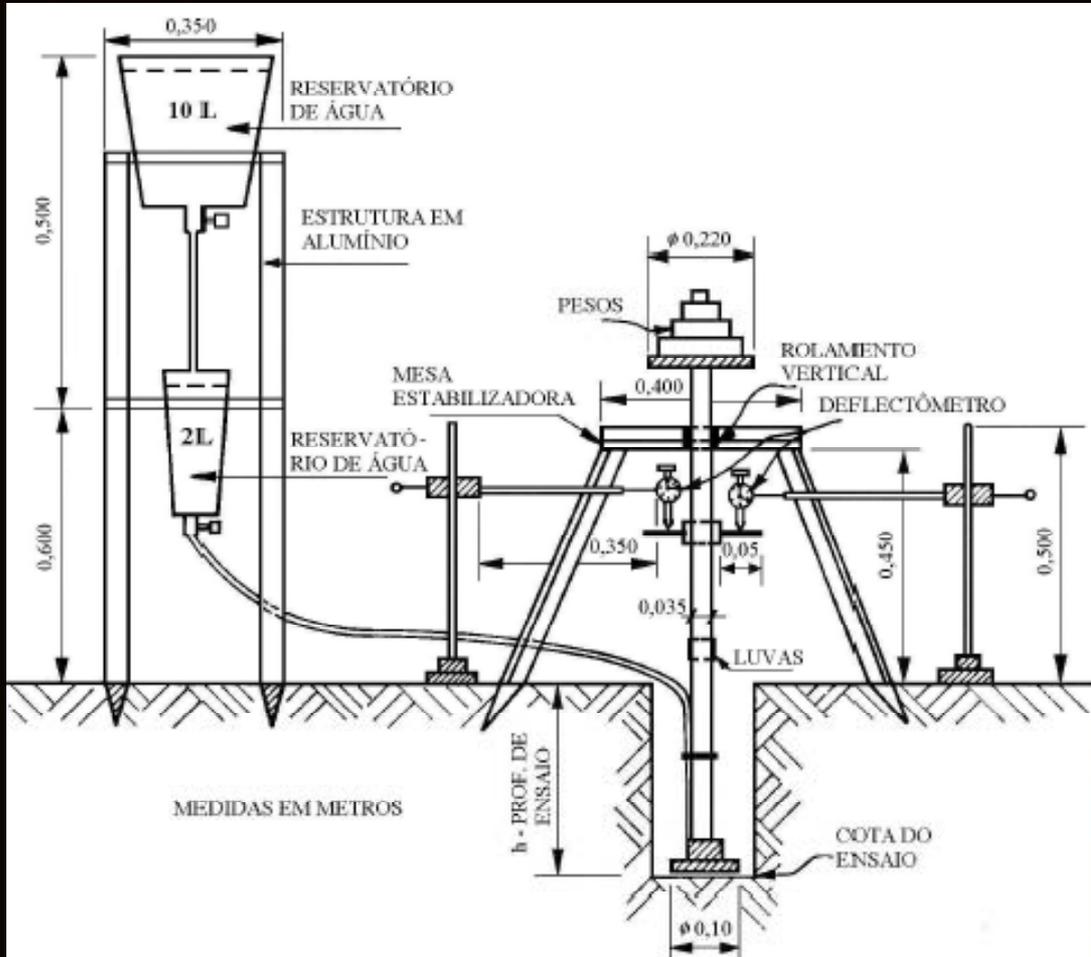


Tipos de ensaios de placa em solos colapsíveis

- Utilizando o sistema convencional com placa de 80cm de diâmetro
- Com placas de pequeno diâmetros:
Expansocolapsometro (Ferreira e Lacerda, 1993 e Souza Neto, Coutinho e Lacerda, 2005).

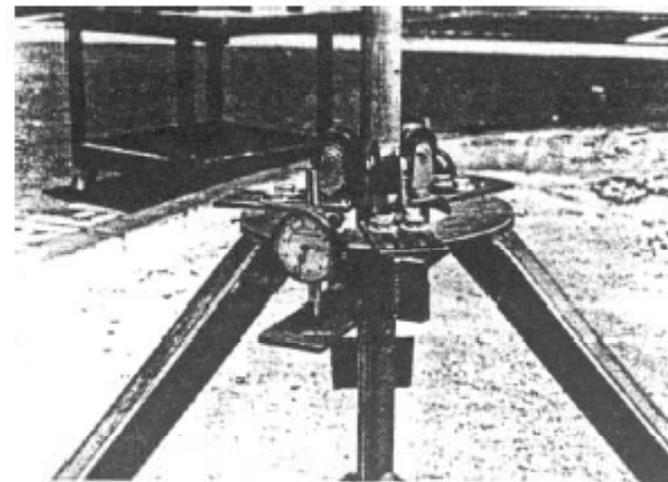
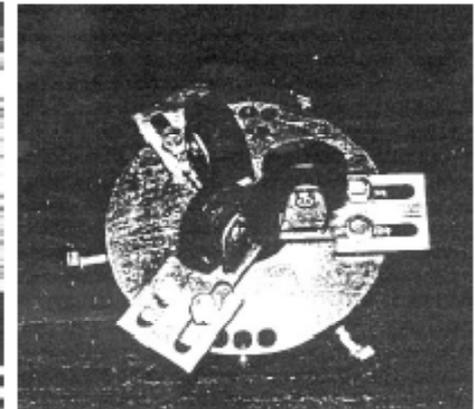
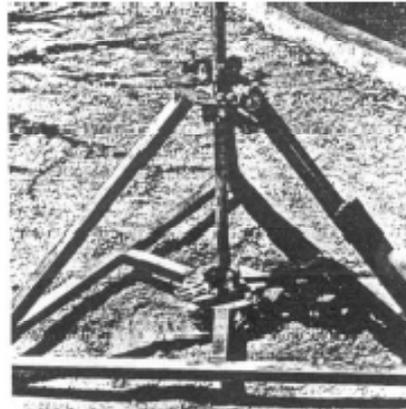
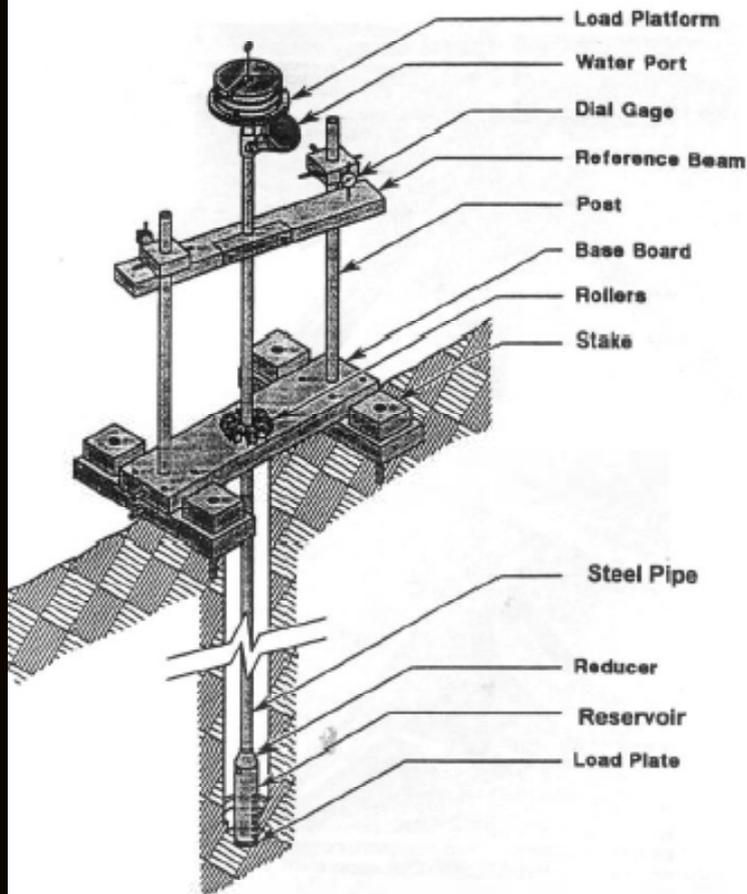
Expanso Colapsômetro

(Ferreira e Lacerda, 1993)



Down Hole Collapse test

(Mahmoud et al, 1995)



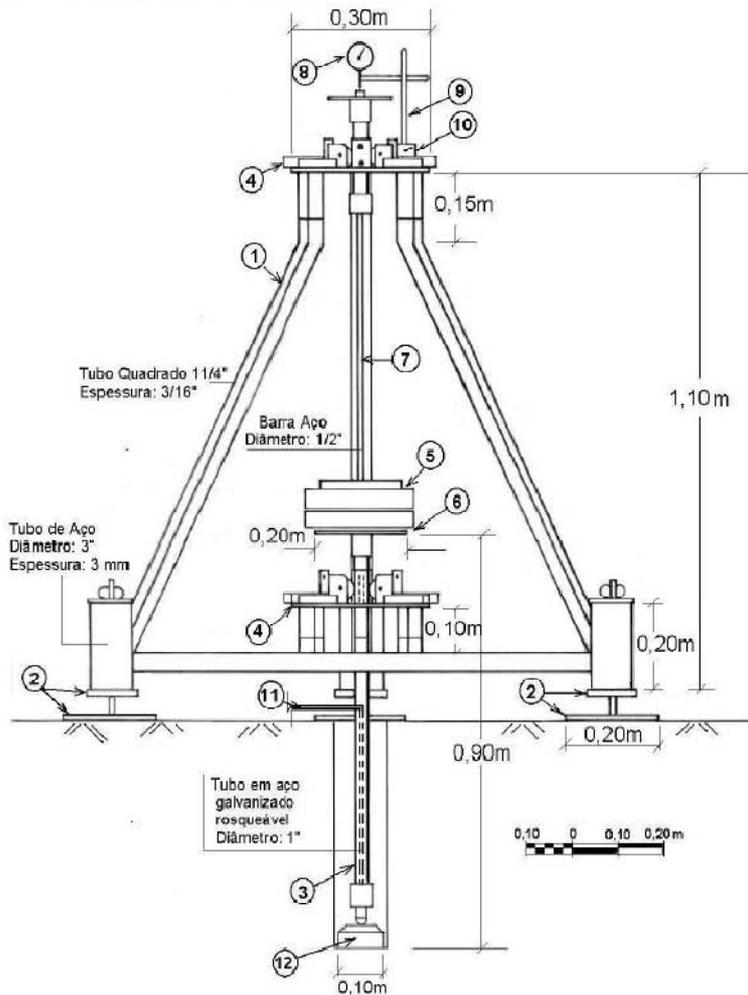
(a)

(b)

(c)

(d)

Expanso colapsômetro (Souza Neto, 2004)



(a)



(b)



(c)

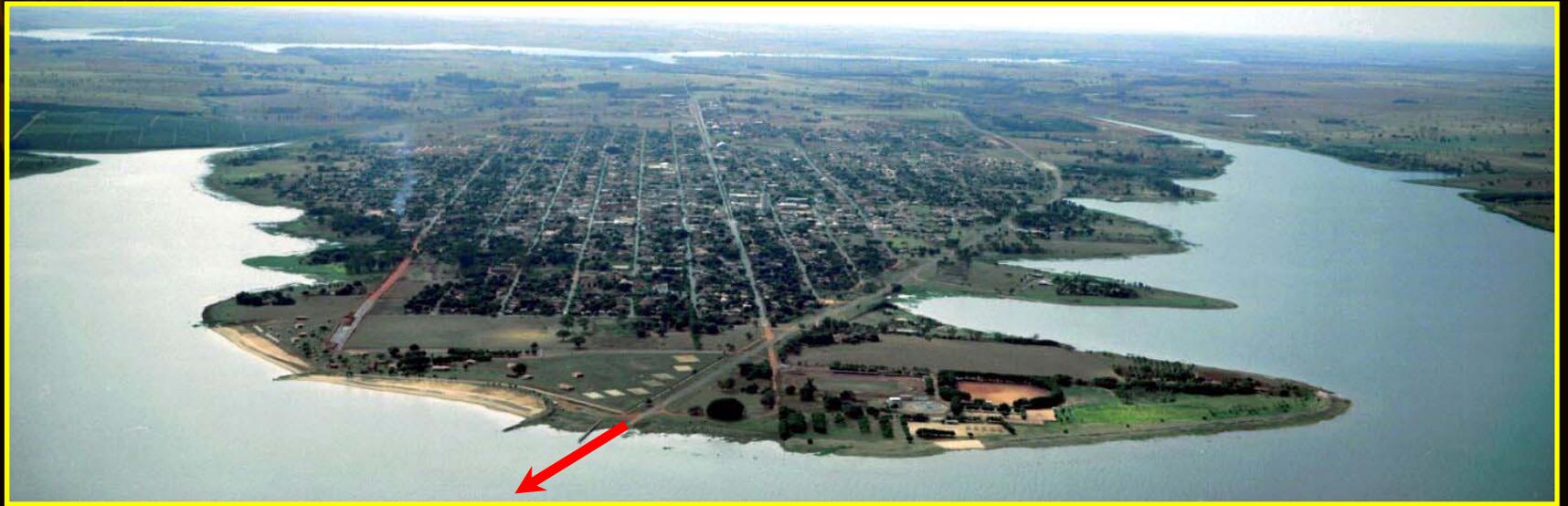


(d)



Exemplos de problemas e danos causados por colapso

Pereira Barreto – UH Três Irmãos



Ponte Novo Oriente



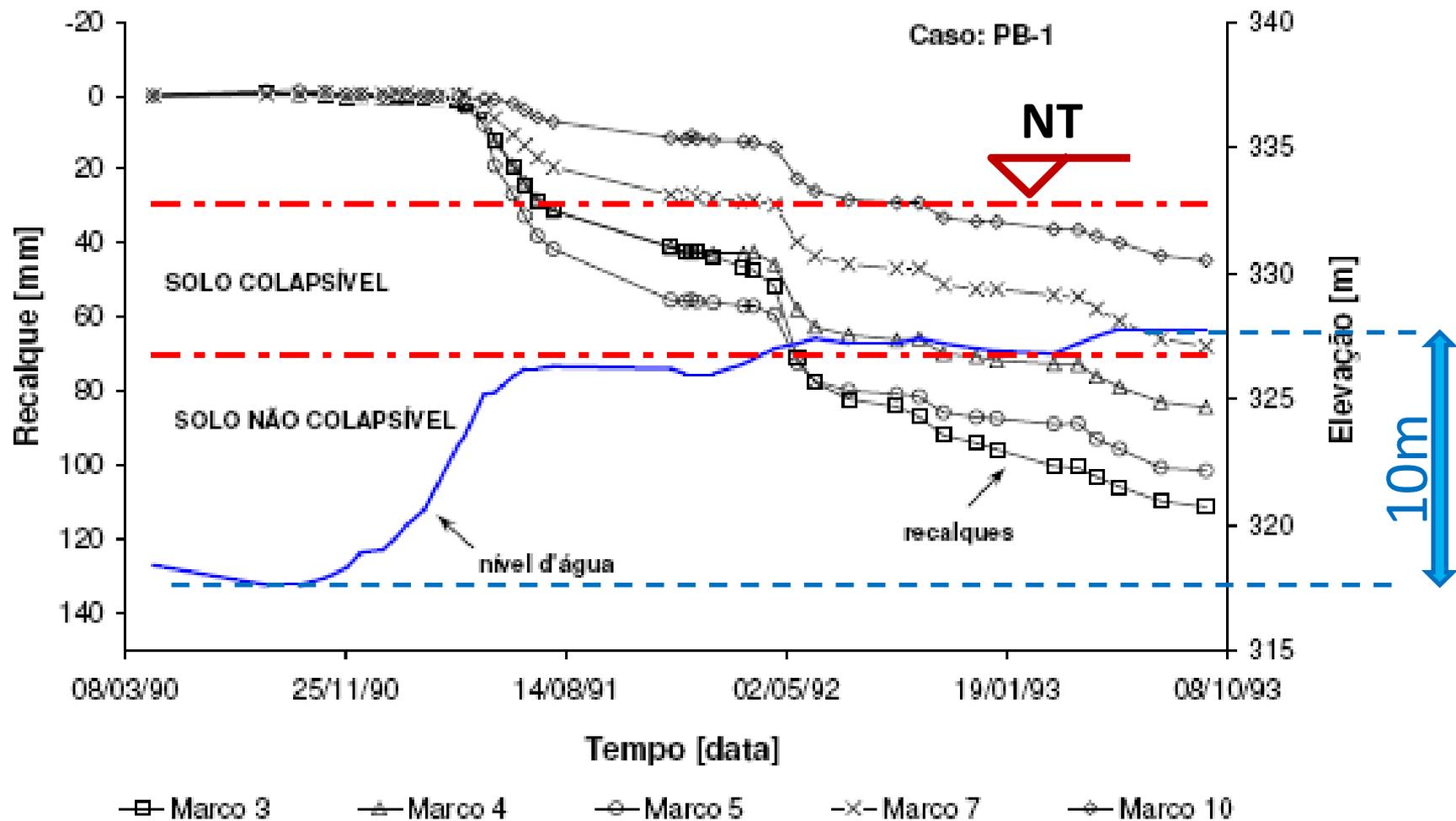
Danos de construções à beira do lago



Pereira Barreto – UH Três Irmãos

Rodrigues (2007)

Marcos instalados em residências





(b) Fissura em diagonal estendendo-se ao piso



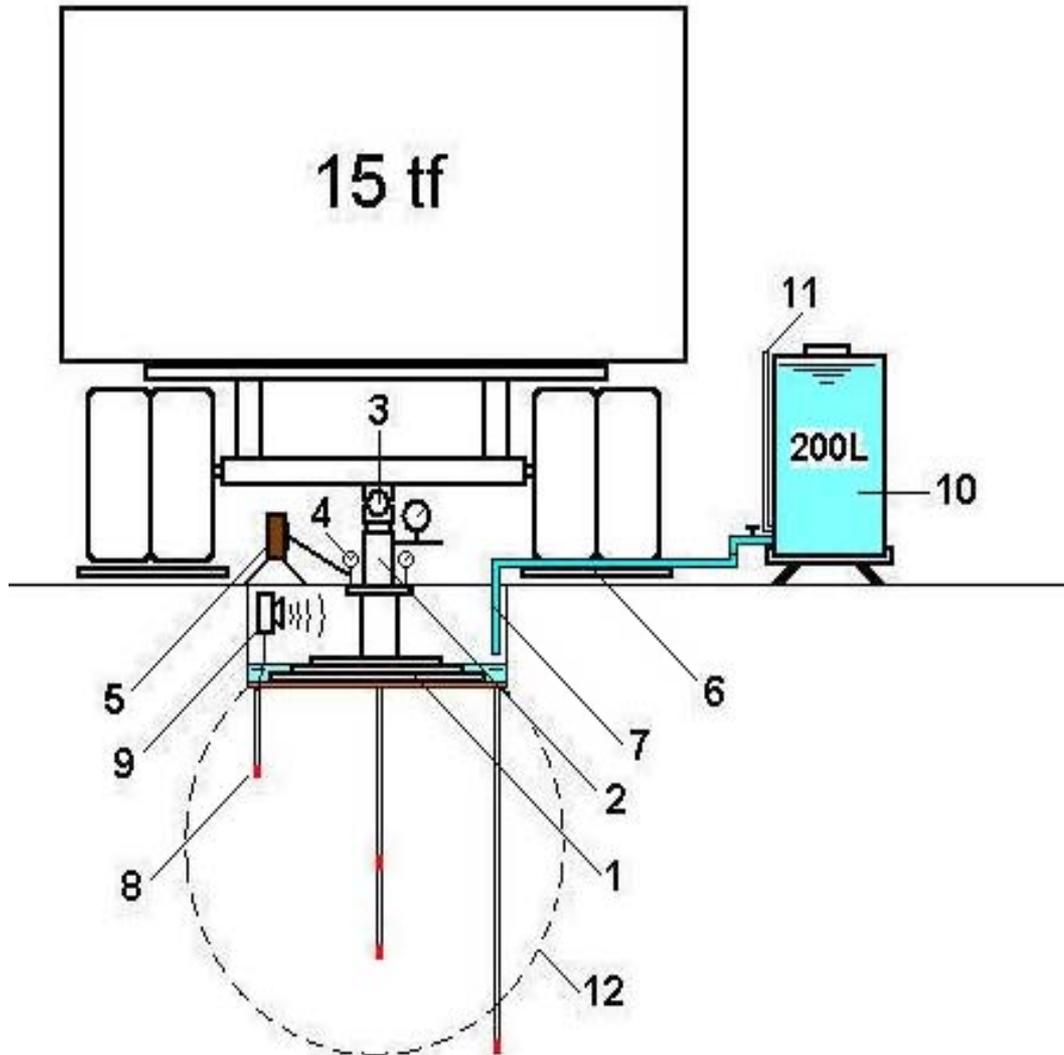
(c) Fissuras no teto vista do interior de uma sala.

Pequenos danos: fissuras em edificações

Petrolândia (Souza Neto, 2004)

PROVA DE CARGA EM PLACA

Em solos muito secos
(Sousa Neto, 2004)



DESCRIÇÃO:

1. Conjunto de placas
2. Macaco Hidráulico
3. Rótula
4. Extensômetro
5. Viga de referência
6. Prancha de Madeira
7. Mangueira de água
8. **Sensor elétrico**
9. **Sistema de alarme**
10. Reservatório de água
11. Mangueira de nível
12. Bulbo de tensões

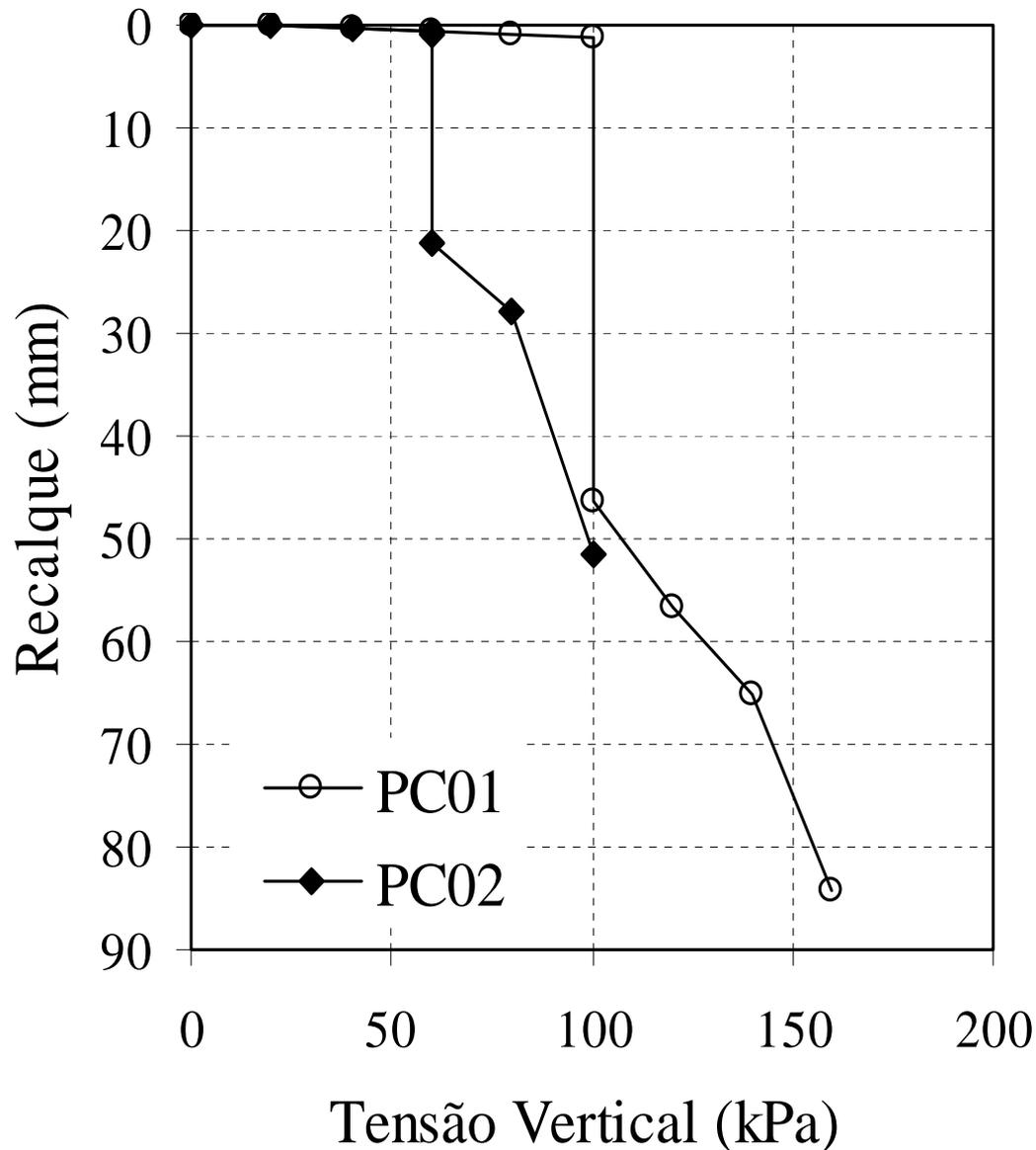
PROVA DE CARGA EM PLACA

Souza Neto (2004)



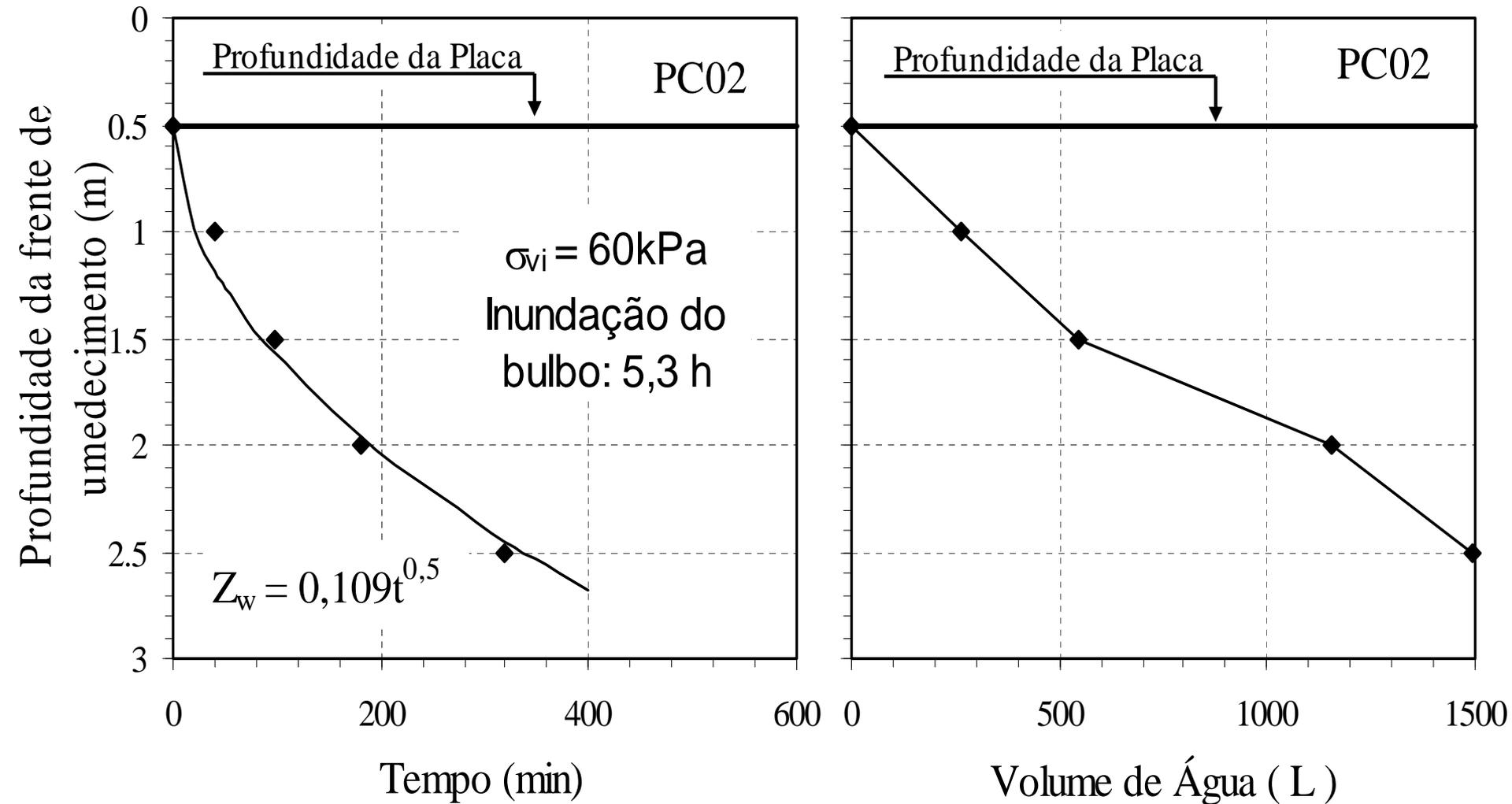
PROVAS DE CARGA

(Souza Neto, Coutinho e Lacerda, 2005)



Monitoramento do Avanço da Frente de Umedecimento

(Souza Neto, Coutinho e Lacerda, 2005)



Rondonópolis – Colapso de Silos de Soja

Colapsos de grande magnitude (Conciani, 1997 e Futai, 1997)

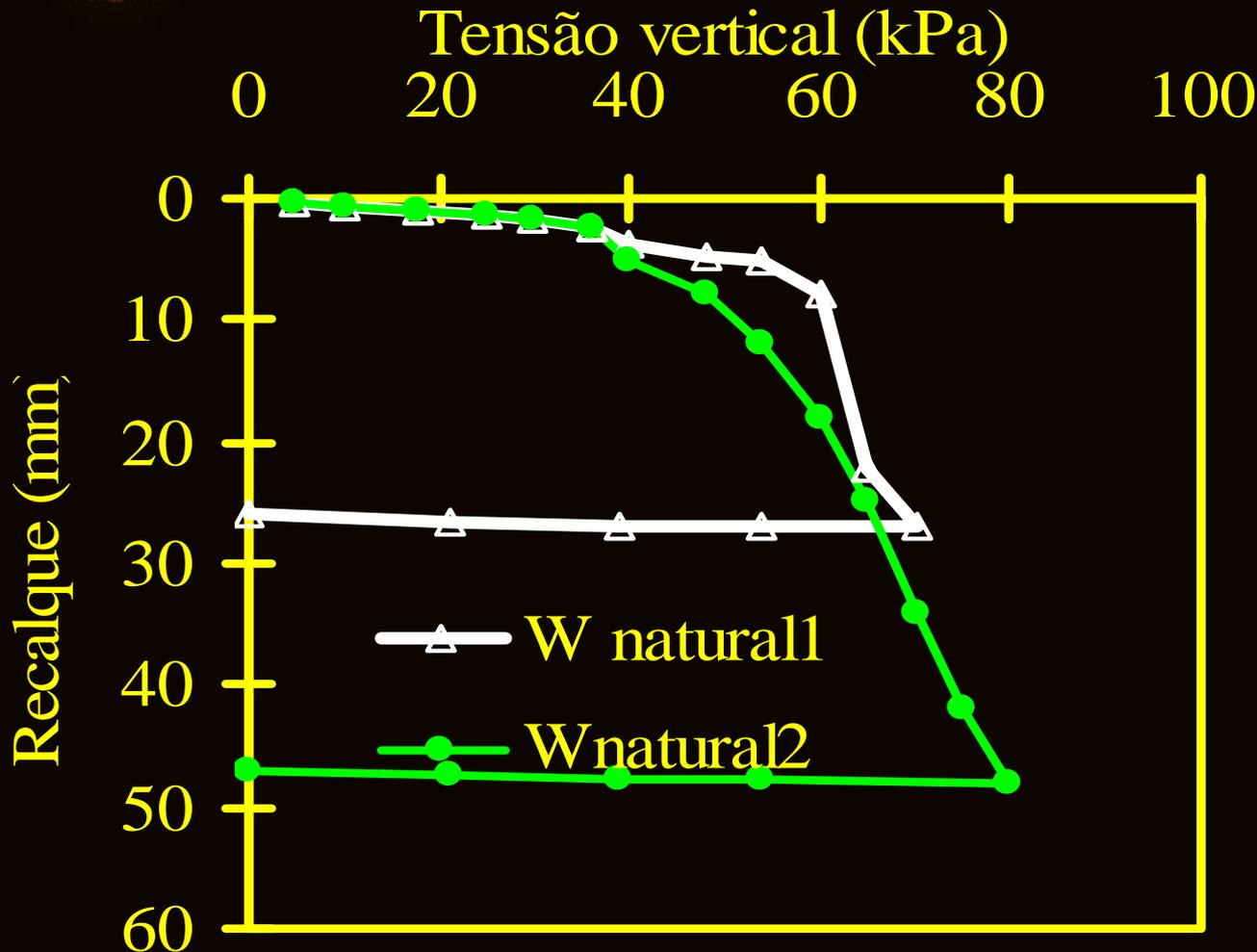


Ensaio de placa com instrumentação do solo: tensiômetro e TDR (Conciani, 1997)



Provas de carga na condição natural

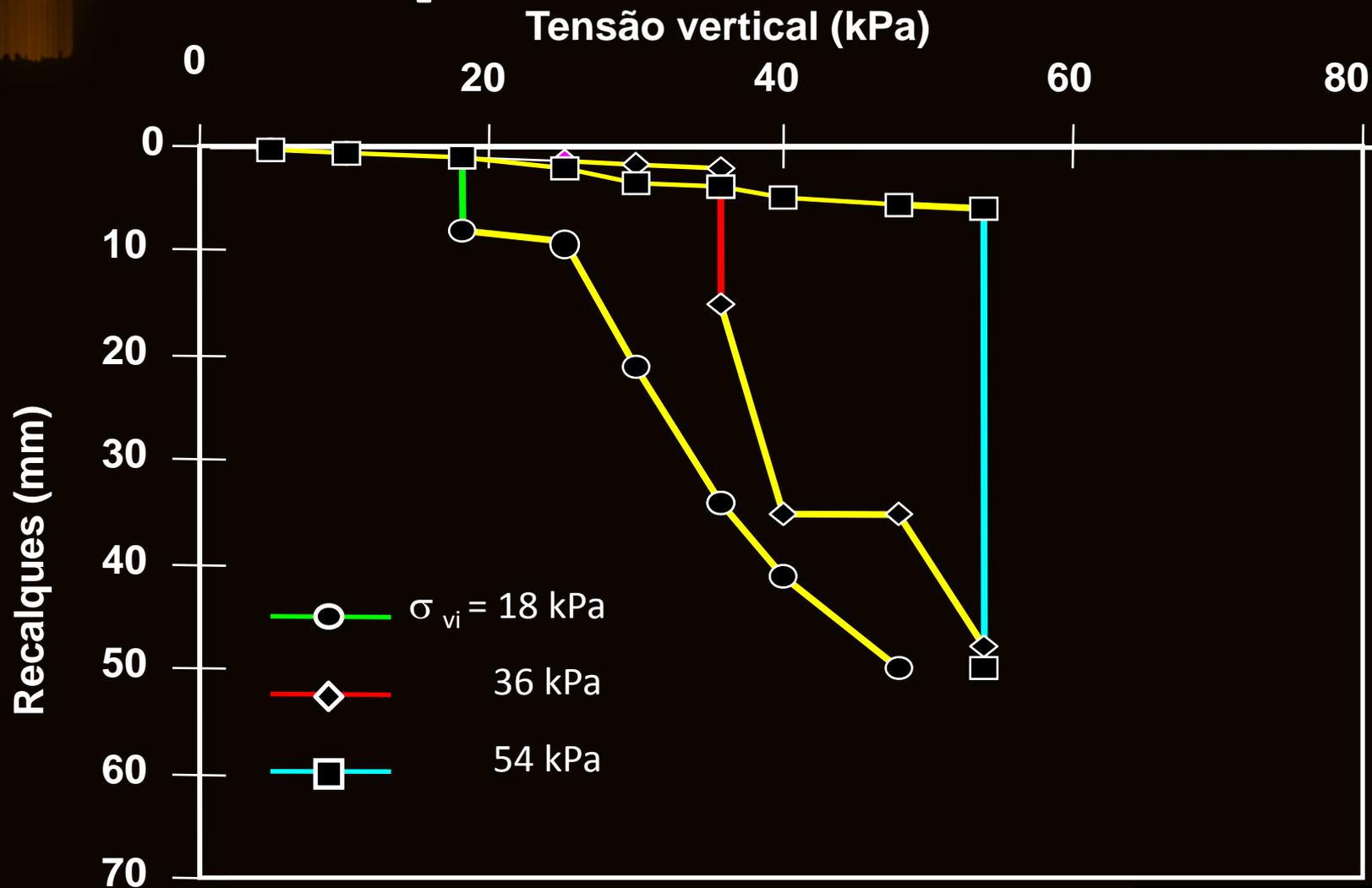
(Conciani, 1997)



Estado natural
Ensaio 1
 $s=12$ a 35 kPa

Ensaio 2
 $s=5$ a 15 kPa

Resultados de provas de carga em placa (Conciani, 1997)



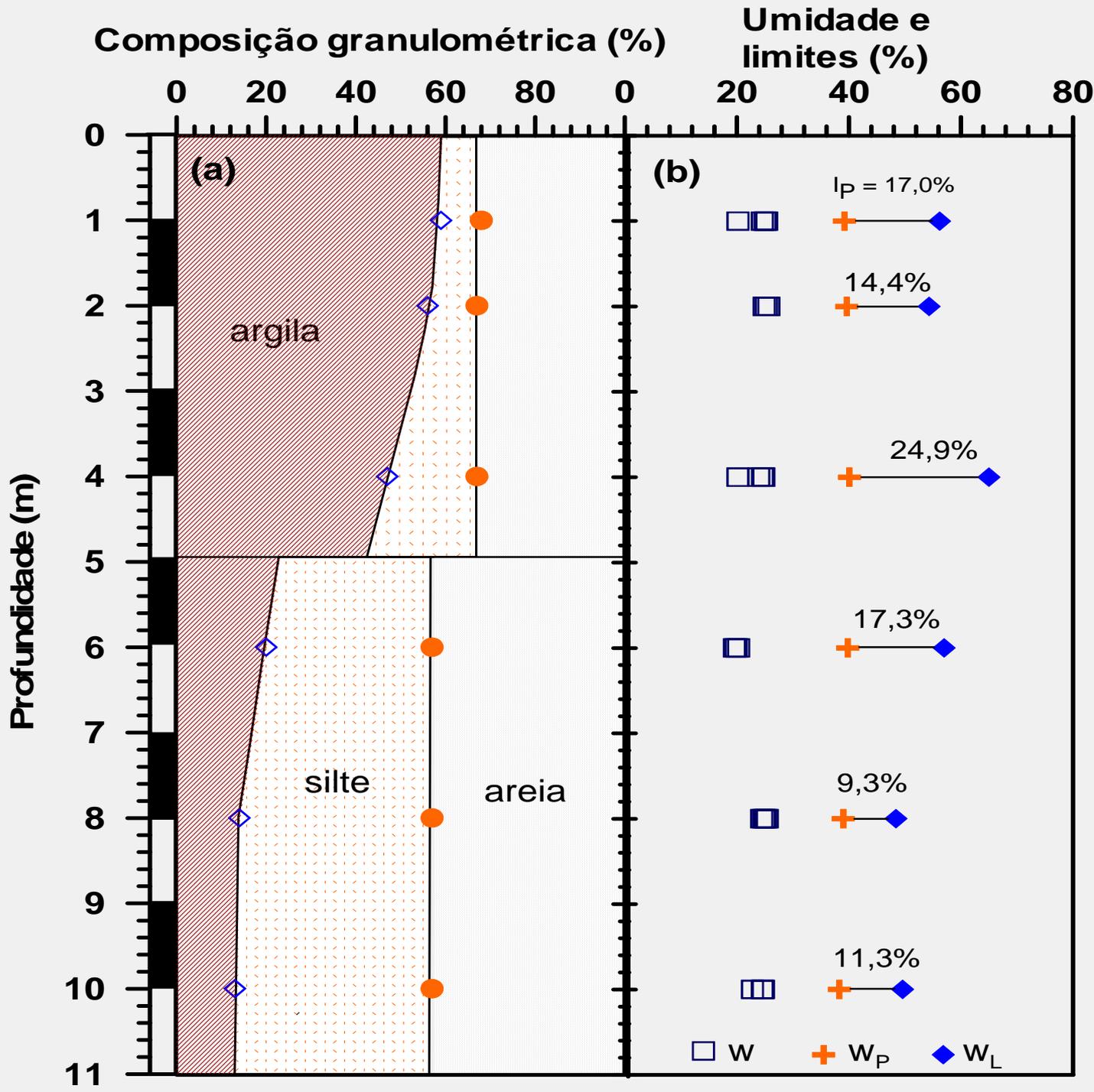
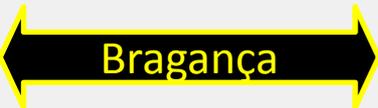


Ensaio de placa especiais em solos colapsíveis com monitoramento da sucção

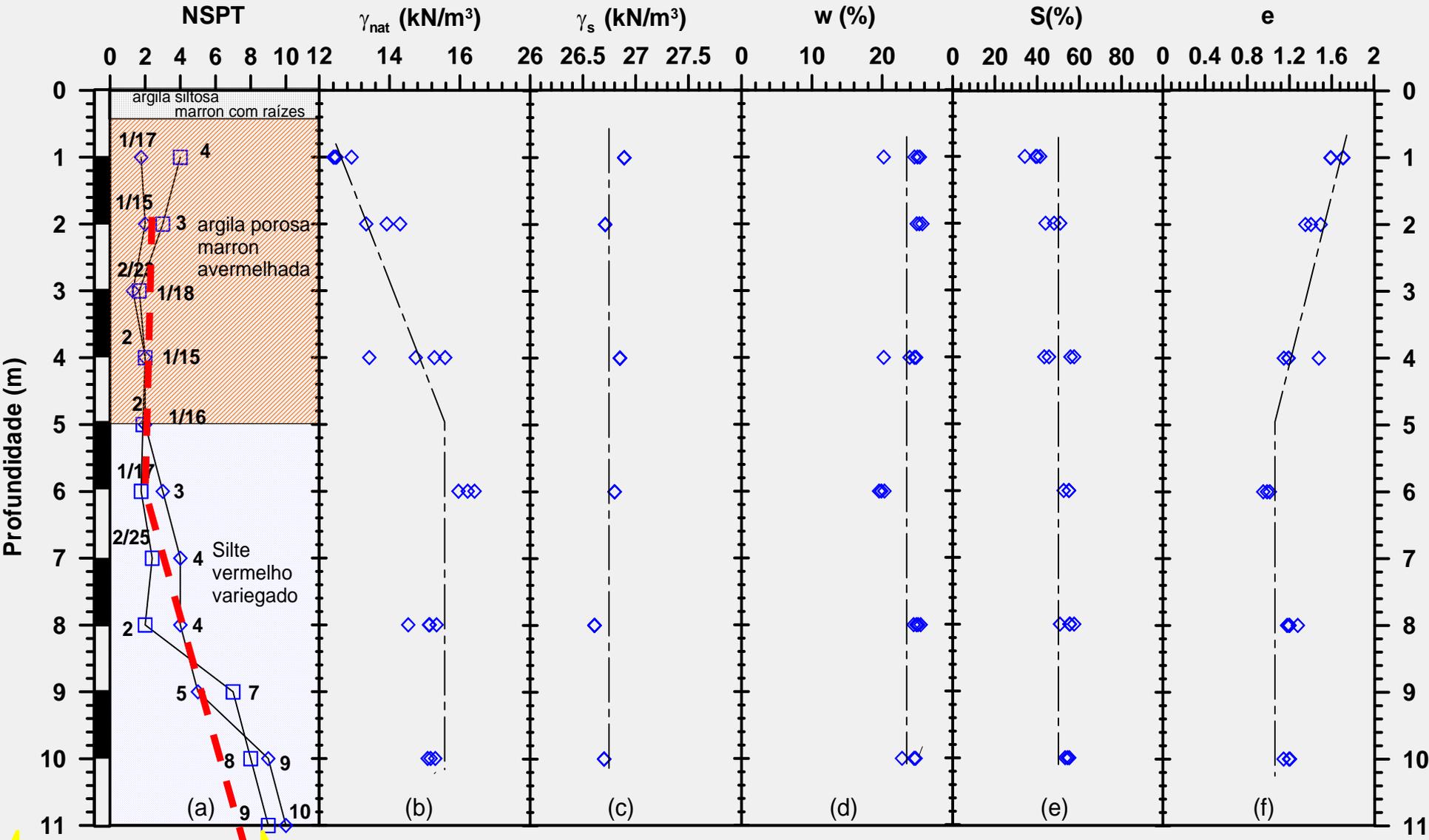
- Bragança Paulista – Interior de São Paulo
- Futai e Suzuki (2010)



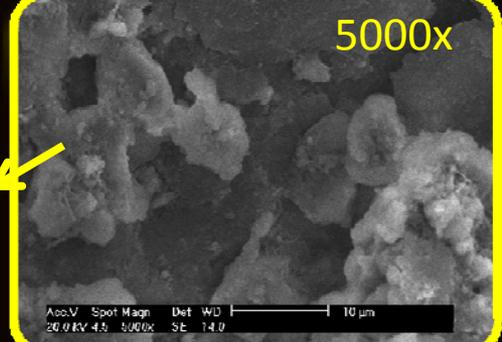
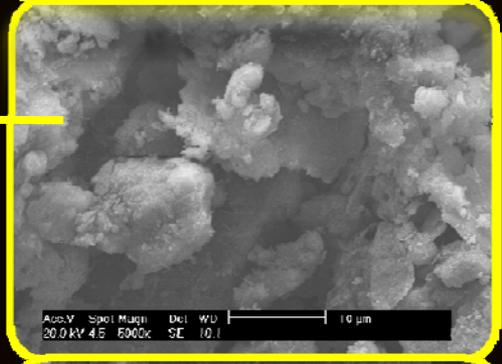
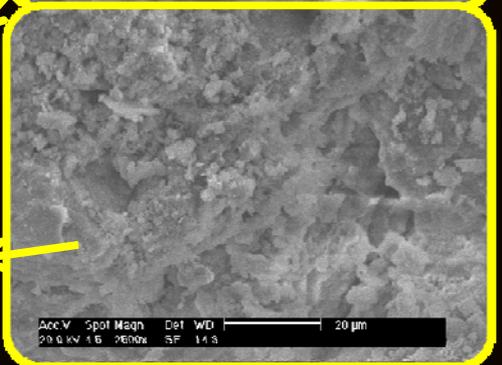
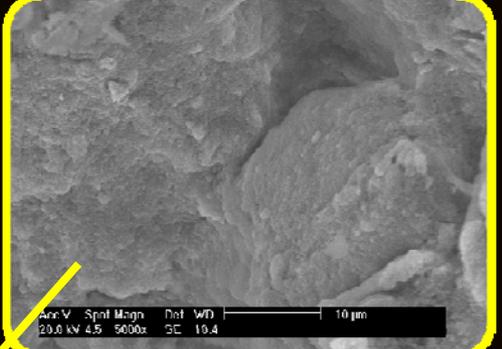
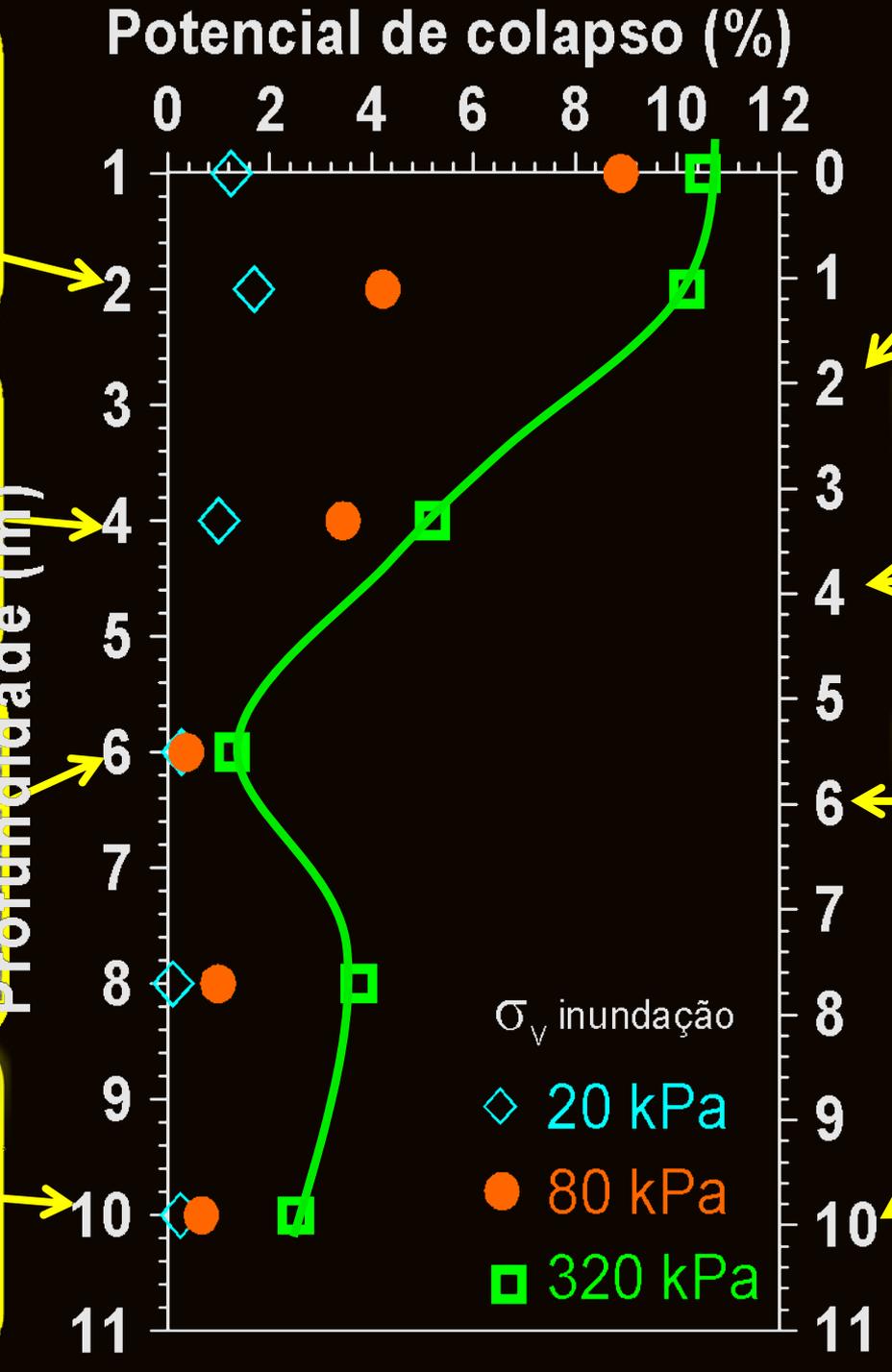
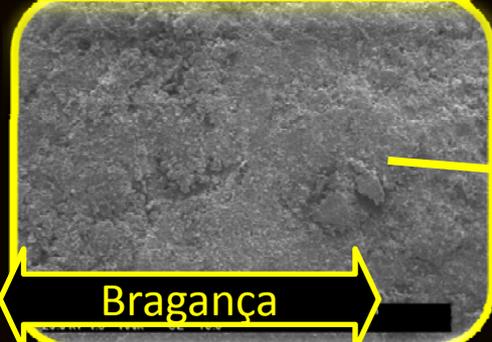
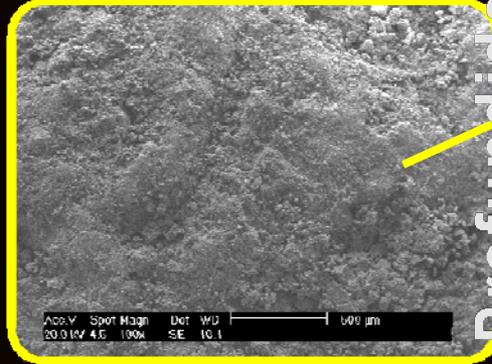
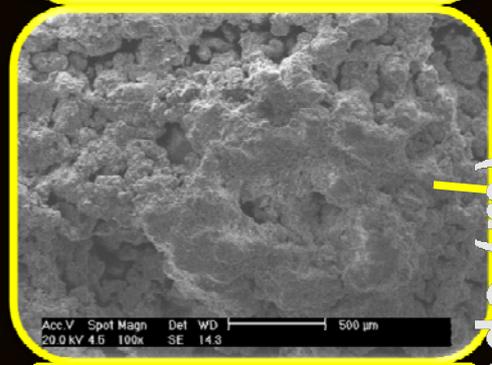
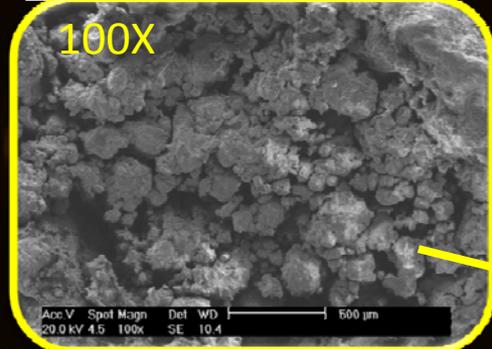
Características do solo



Características do solo



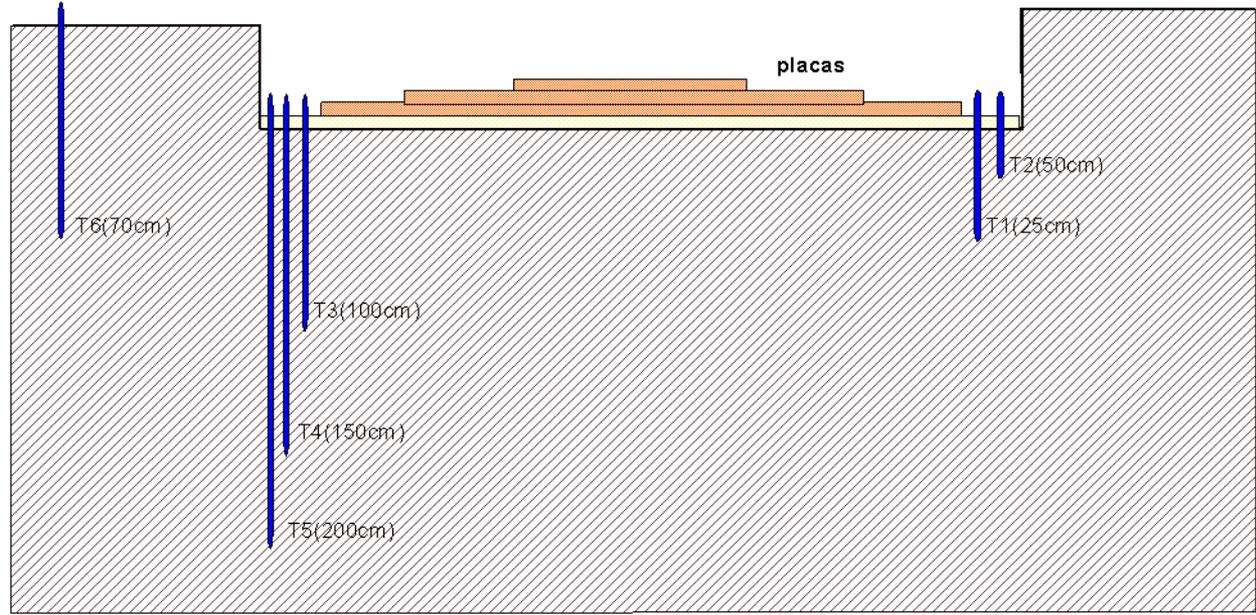
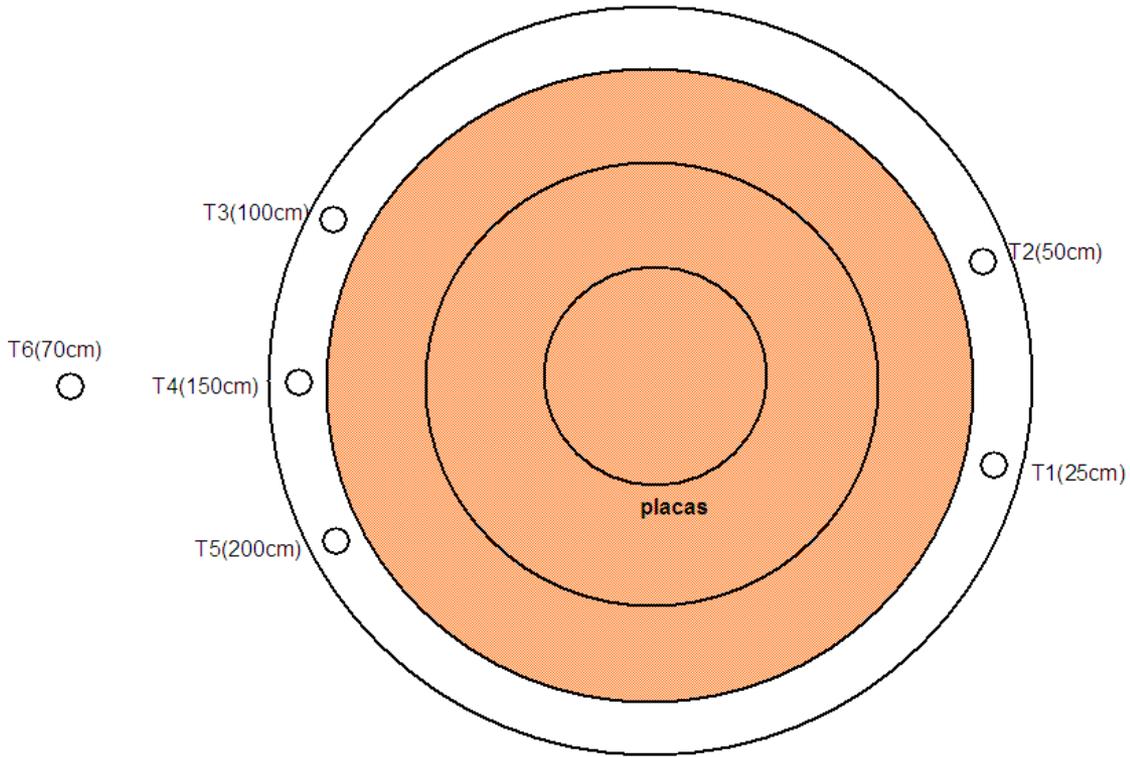
Bragança



Profundidade (m)

Bragança

Esquema de montagem do ensaio de placa



Detalhe dos tensiômetros



Bragança

Manômetros para medição da sucção



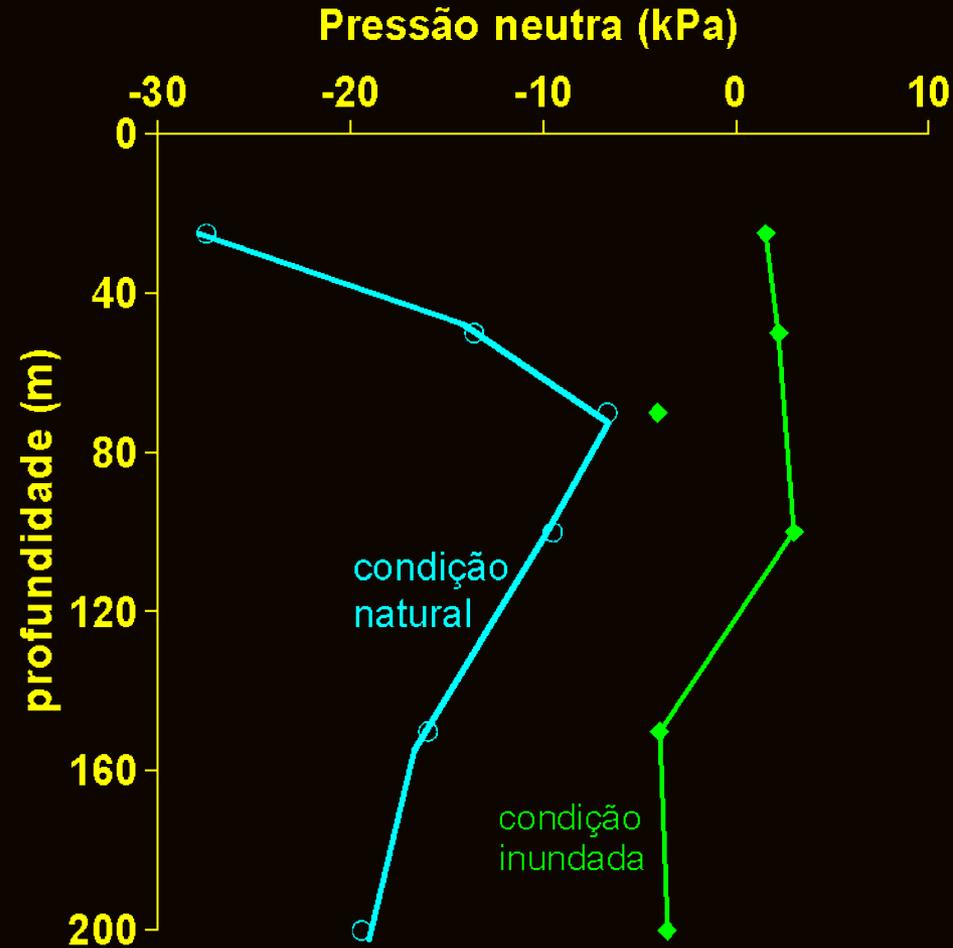
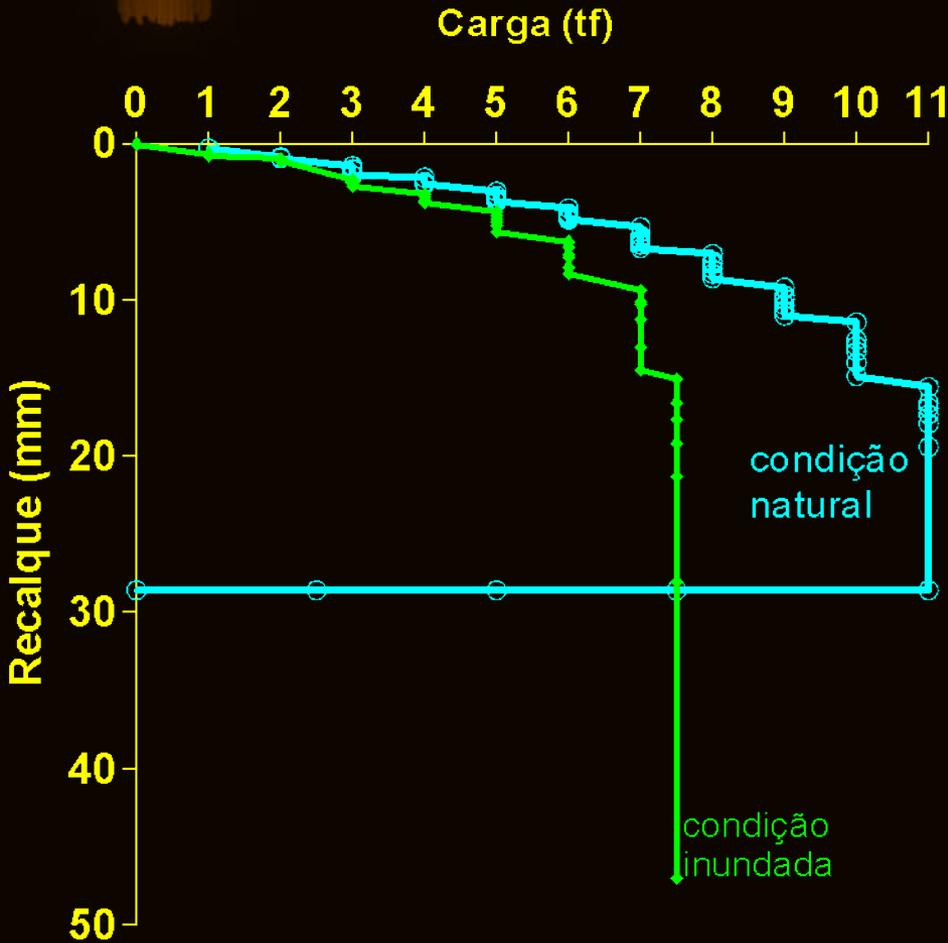
Montagem do ensaio



Bragança

Ensaio de Placa PR-01 a e b

PR-1



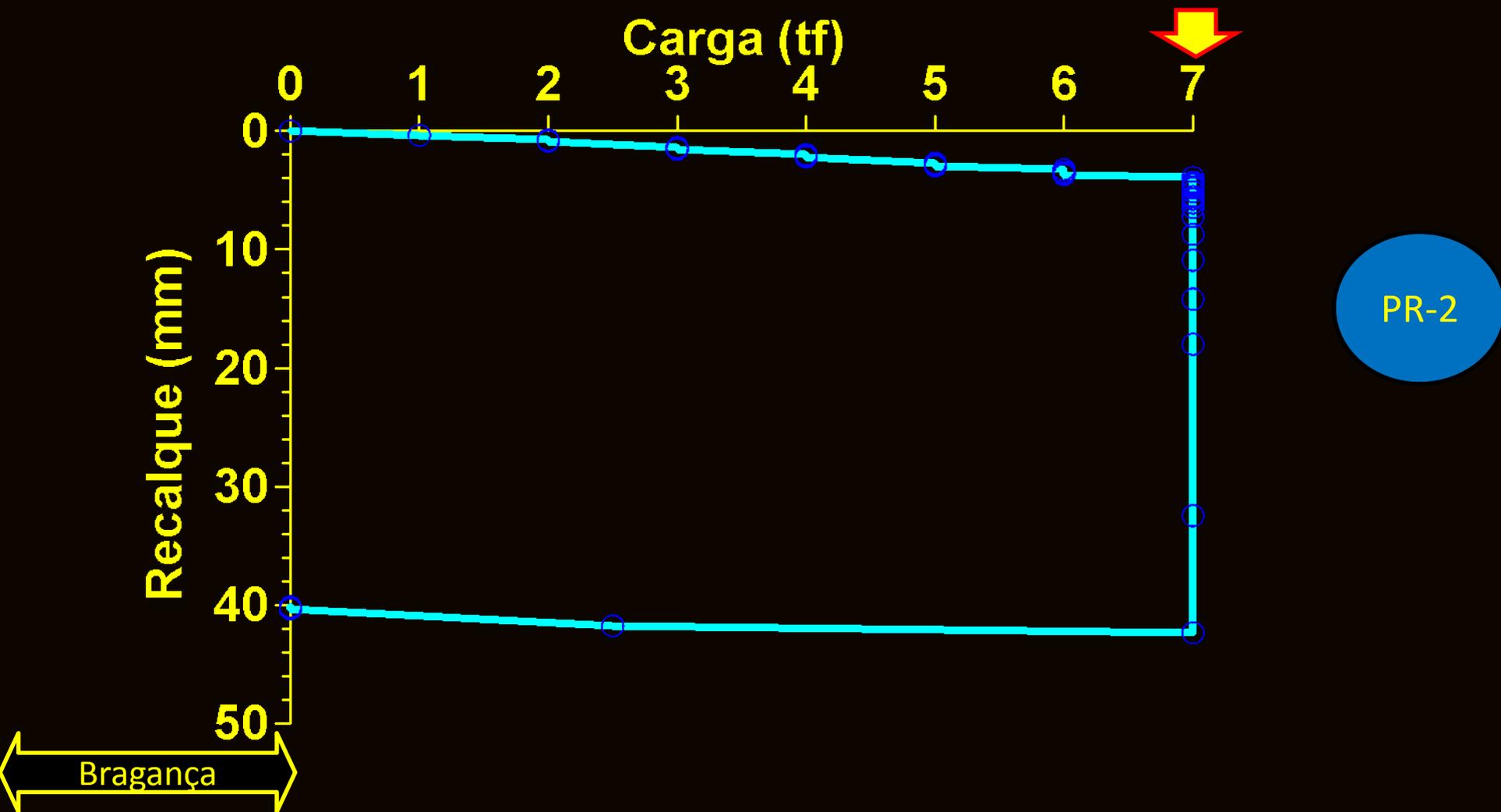
(a) Prova de carga PR-01

Bragança

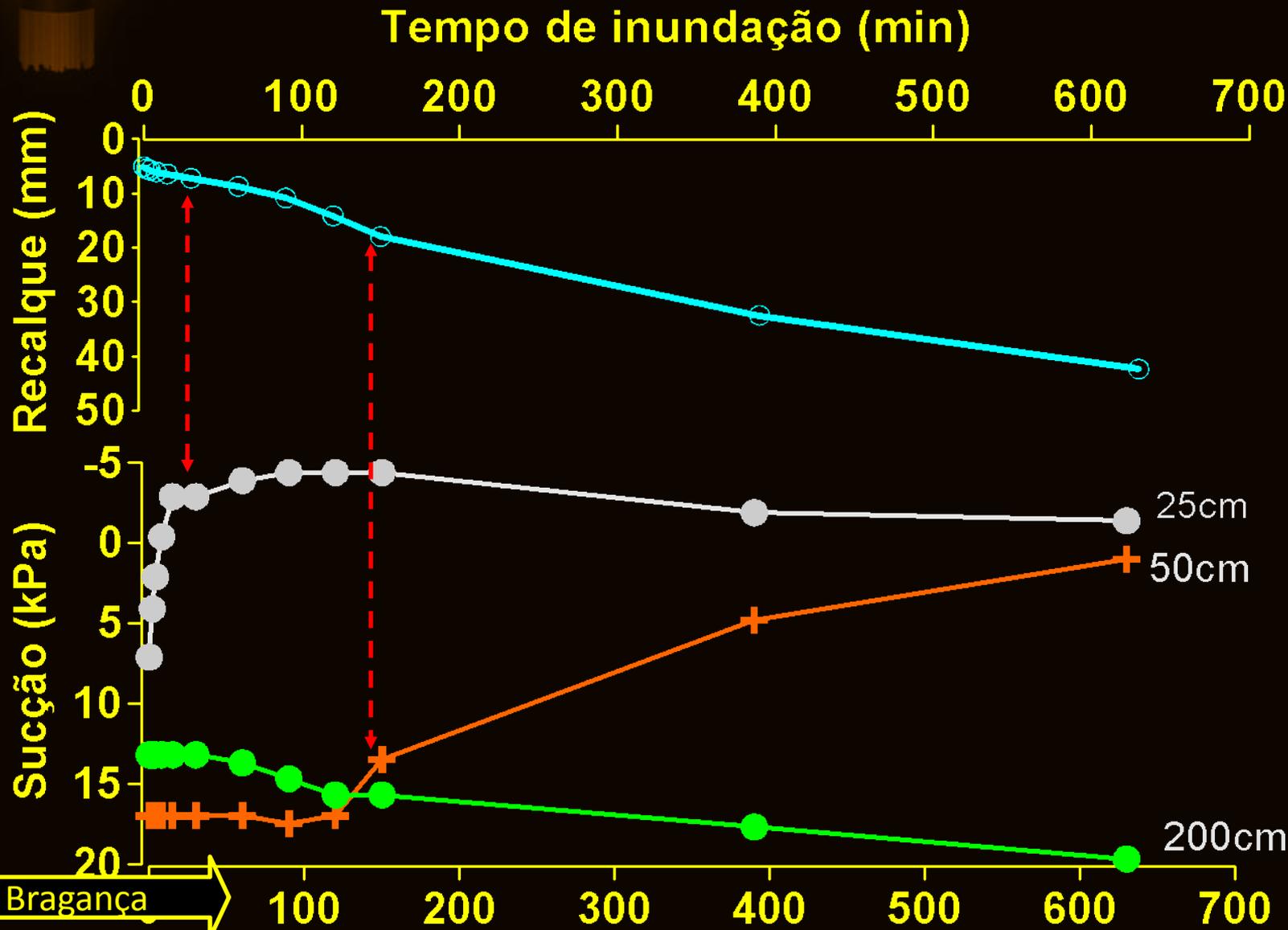
(b) Perfil de pressão neutra

PR-02 Colapso induzido por inundação

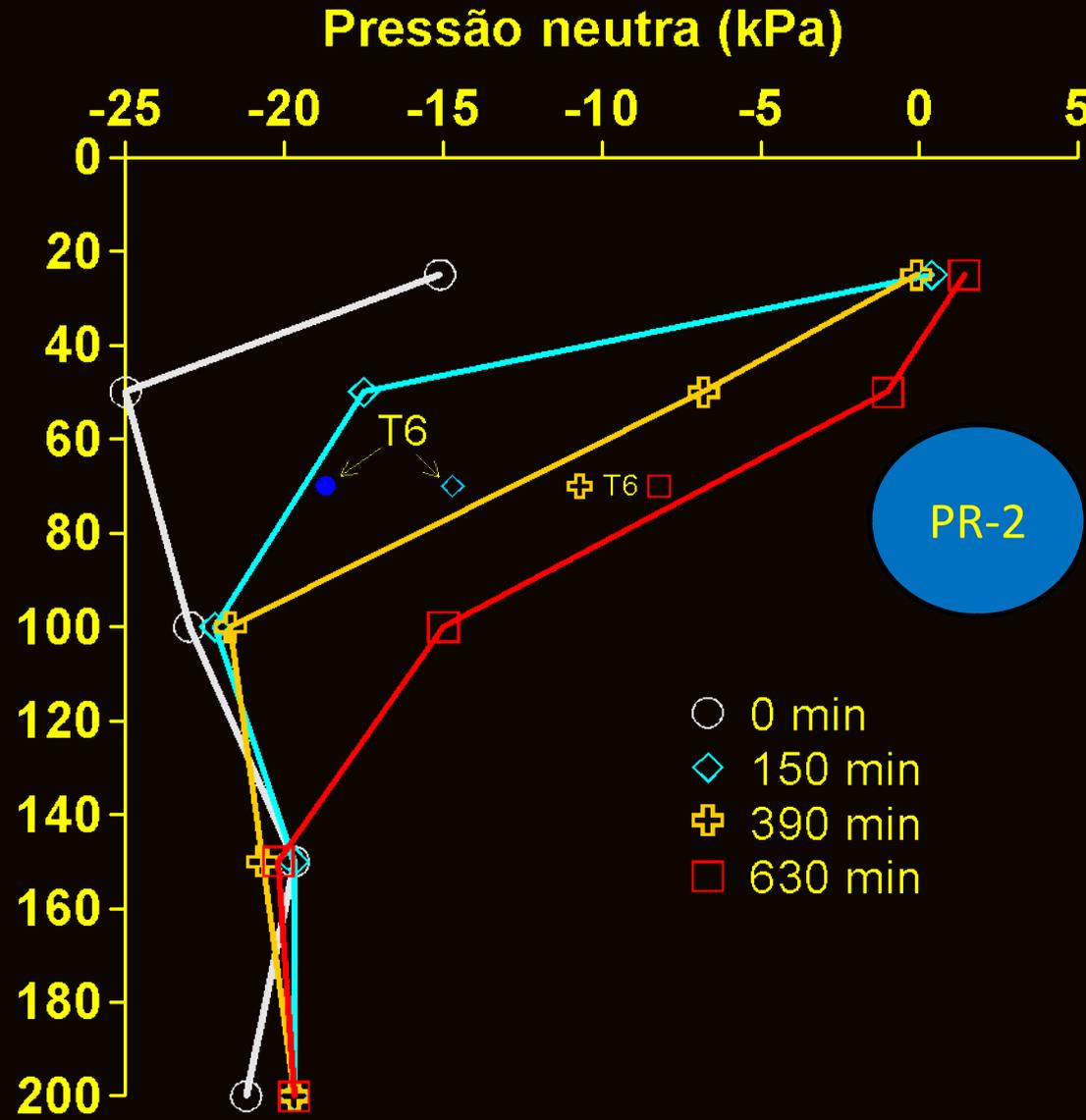
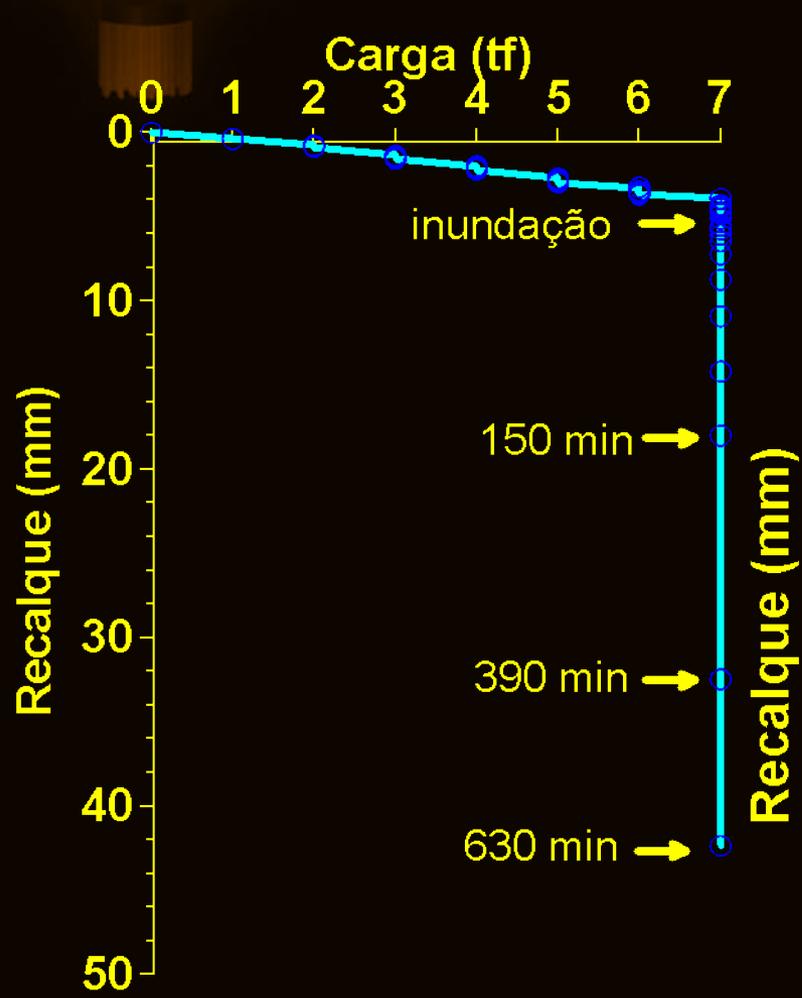
Inundado

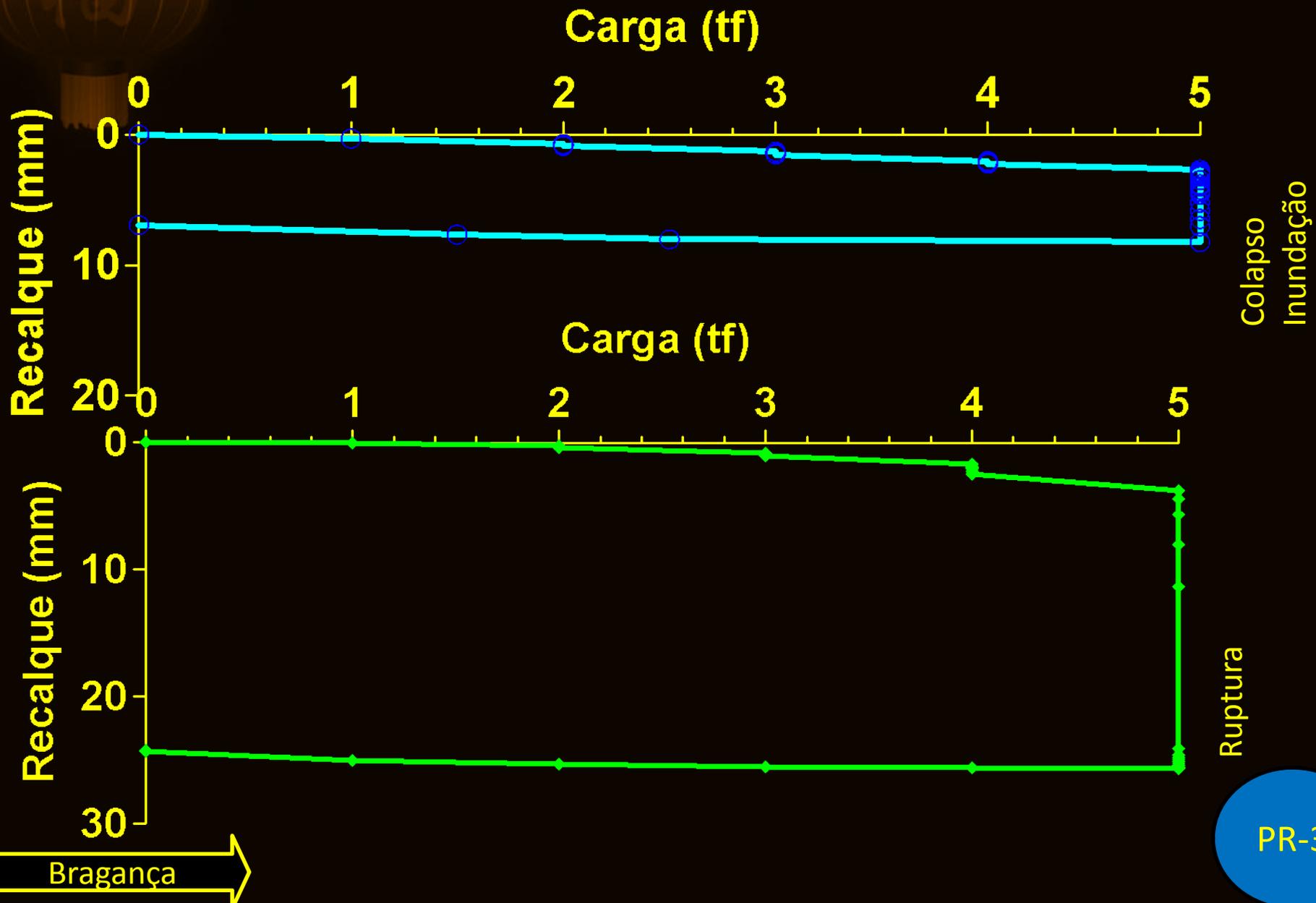


O que ocorre durante o colapso



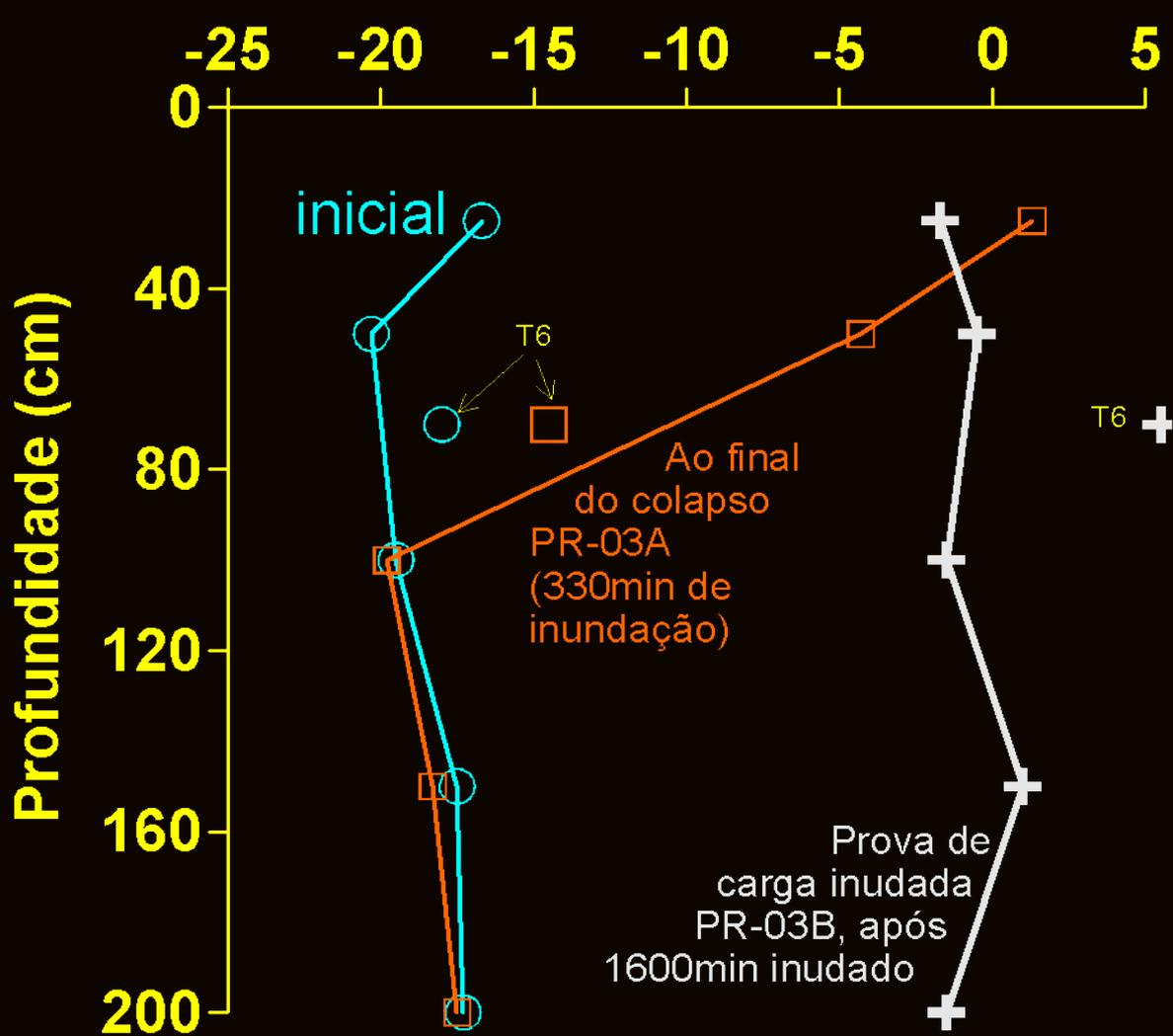
Infiltração



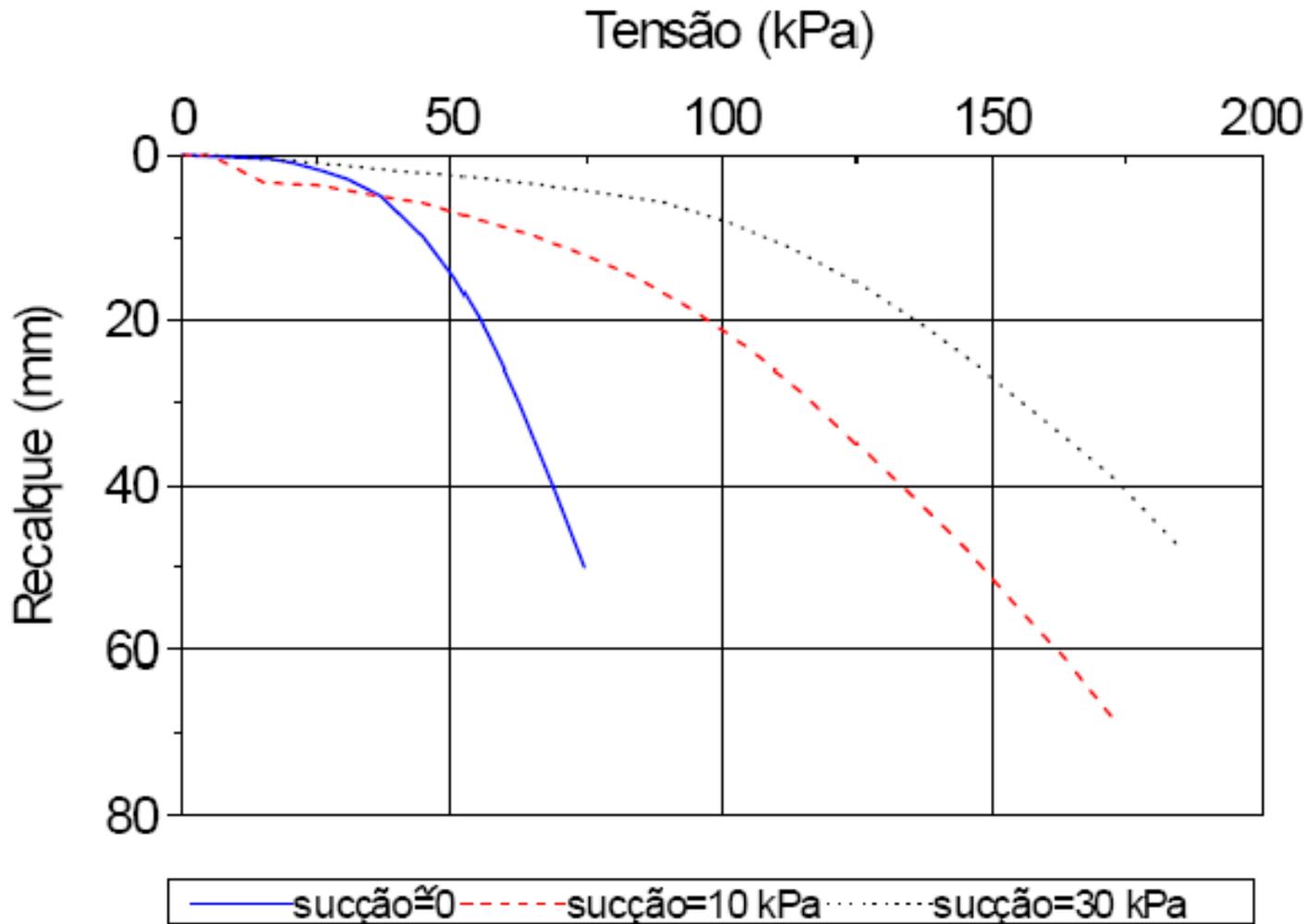




Pressão neutra (kPa)



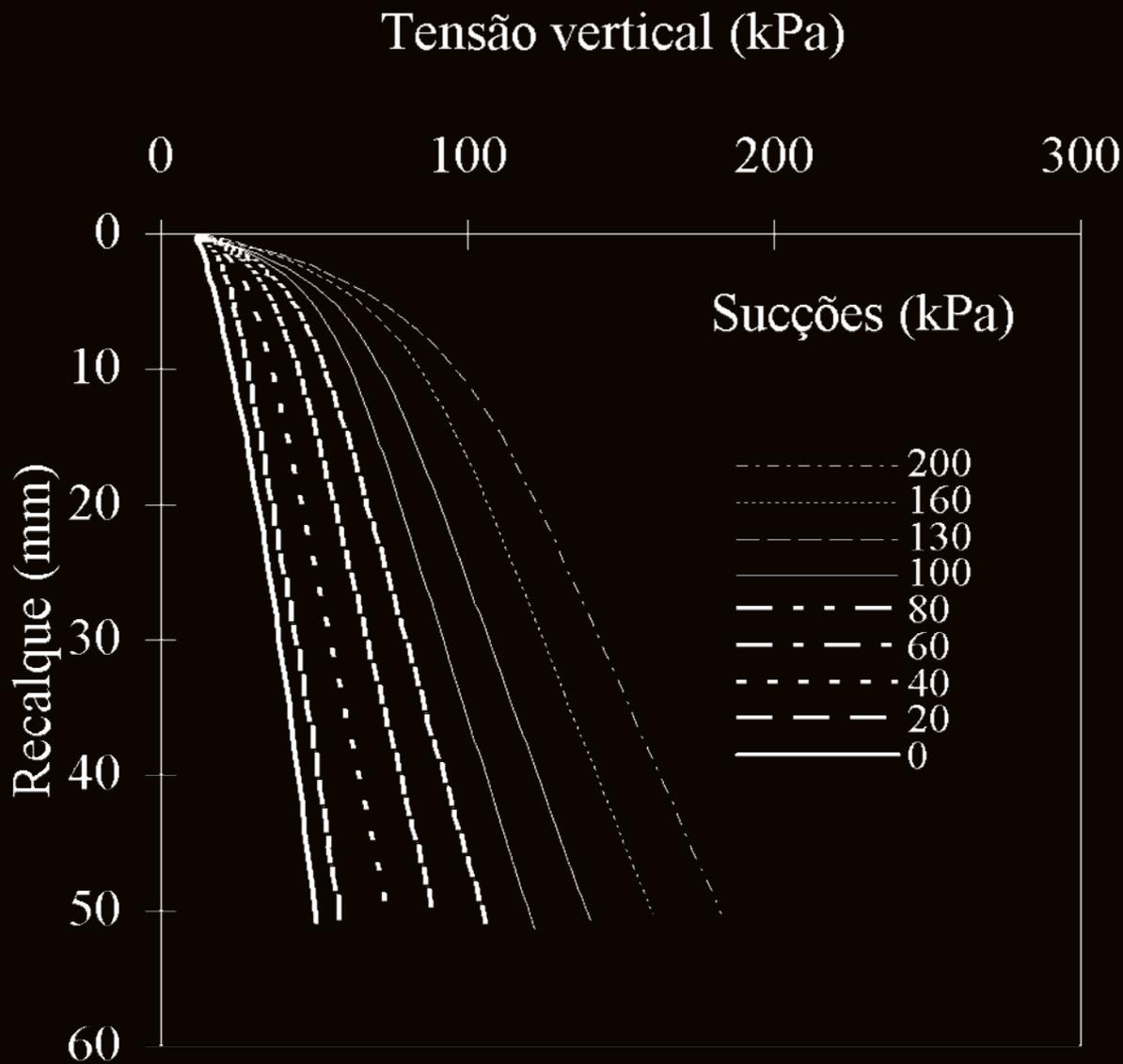
Capacidade de carga em função da sucção – Prova de carga - São Carlos (Costa, 1999)



Tensiômetro
e TDR

Previsão numérica por MEF

Capacidade de carga de solos colapsíveis





Conclusões

- Os resultados de ensaios em placa em solos não-saturados depende da sucção (capacidade de carga);
- A magnitude do colapso depende da sucção e do nível de tensão;
- No caso dos solos colapsíveis, a instrumentação do solo por meio de tensiômetros ou sensores de umidade, podem fornecer informações importantes.



Obrigado