

CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS MOLES DA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE E SUAS MELHORIAS COM ADIÇÃO DE CAL

V WORKSHOP – DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO NAS CONCESSÕES

Apresentação

Lélio A. T. Brito, MSc., CONCEPA

Equipe Colaboradora

Daniel Victorino, MSc, CONCEPA

Fábio Hirsch, MSc, CONCEPA

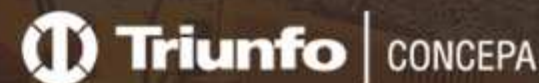
Jorge A. Pereira Ceratti, Prof. Dr.

Leonardo Andres Schmitt, mestrando PPGECC/UFRGS

Luiz Antônio Bressani, Prof. PhD

Thiago Vitorello, CONCEPA

Washington Peres Núñez, Prof. Dr. em Eng^a



Apresentação



Apresentação

BR-116/RS

Pista Simples – uma faixa por sentido –
Eldorado do Sul, Guaíba

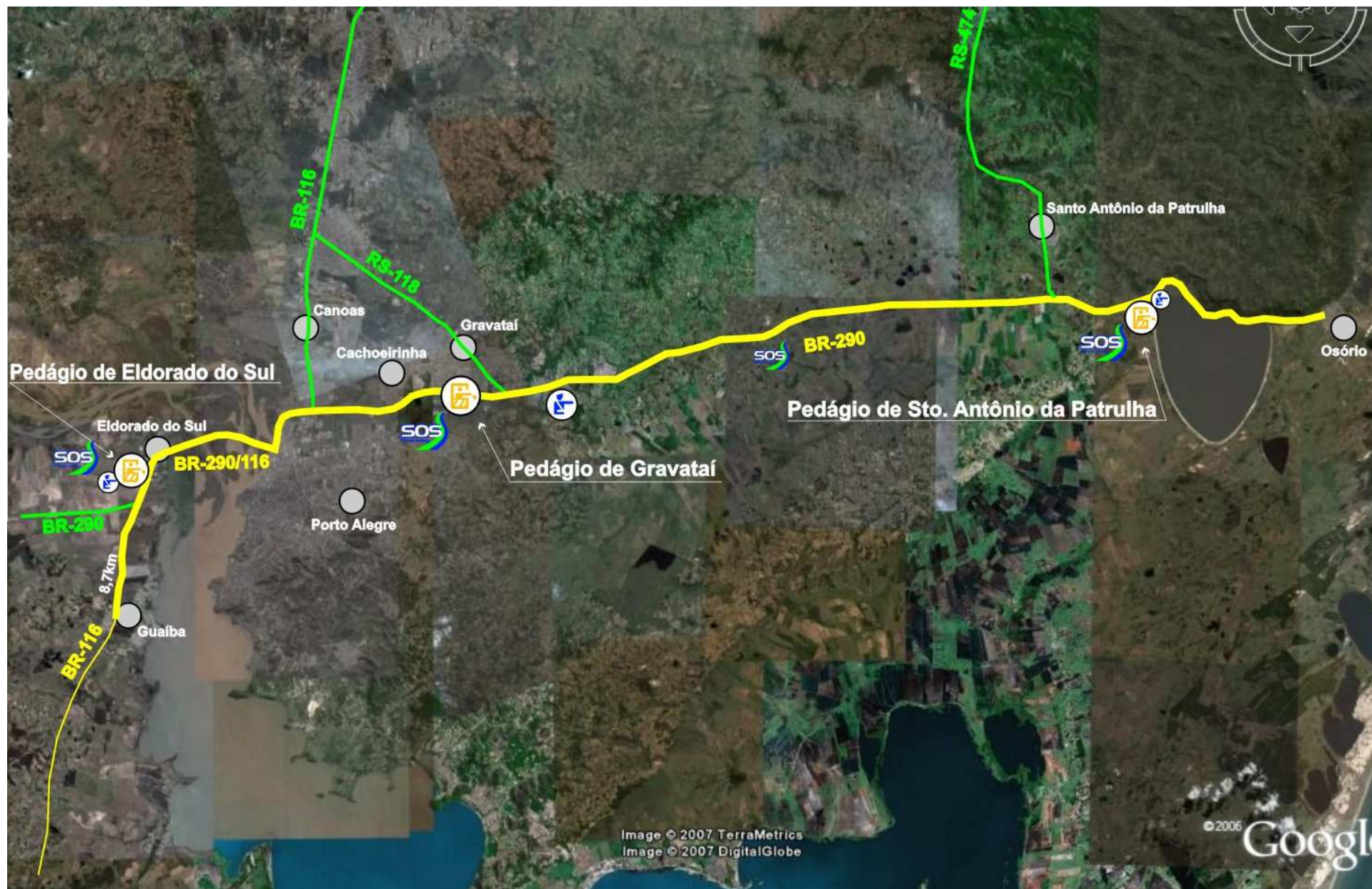
BR-290/BR-116/RS

Ponte sobre o Rio Guaíba – Pista Dupla com 3 Faixas – Porto Alegre, Eldorado do Sul

BR-290/RS

Freeway – km 0 ao 96,6 – Pista Dupla com 3 Faixas – Osório, Santo Antônio da Patrilha, Glorinha, Gravataí, Cachoeirinha e Porto Alegre







CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS MOLES DA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE E SUAS MELHORIAS COM ADIÇÃO DE CAL

- Pesquisa desenvolvida em 12 meses
- Executada pela S&T Engenharia
- Coordenação dos Profs. Jorge Ceratti e Washington Núñez
- Participação do Prof. Luiz Bressani e Eng. Leonardo Schimitt
- Apoio da Equipe de Engenharia da CONCEPA



DUPLICAÇÃO DA BR-116/RS (km 292 – km301)



Introdução

O estudo do subsolo permite definir a estratigrafia do terreno e uma estimar propriedades dos materiais.

A pesquisa foi desenvolvida visando:

- identificar tipos de materiais que ocorrem no traçado da BR-116/RS, próximo a Porto Alegre,
- determinar parâmetros de comportamento dos solos na condição natural e após modificação com cal.

Justificativa

Devido à presença de solos de baixa consistência na Região Metropolitana de Porto Alegre, ao longo da BR-116, é preciso caracterizá-los geotecnicamente.

O pacote sedimentar pode causar grandes recalques, comprometendo gravemente a estrutura do pavimento.

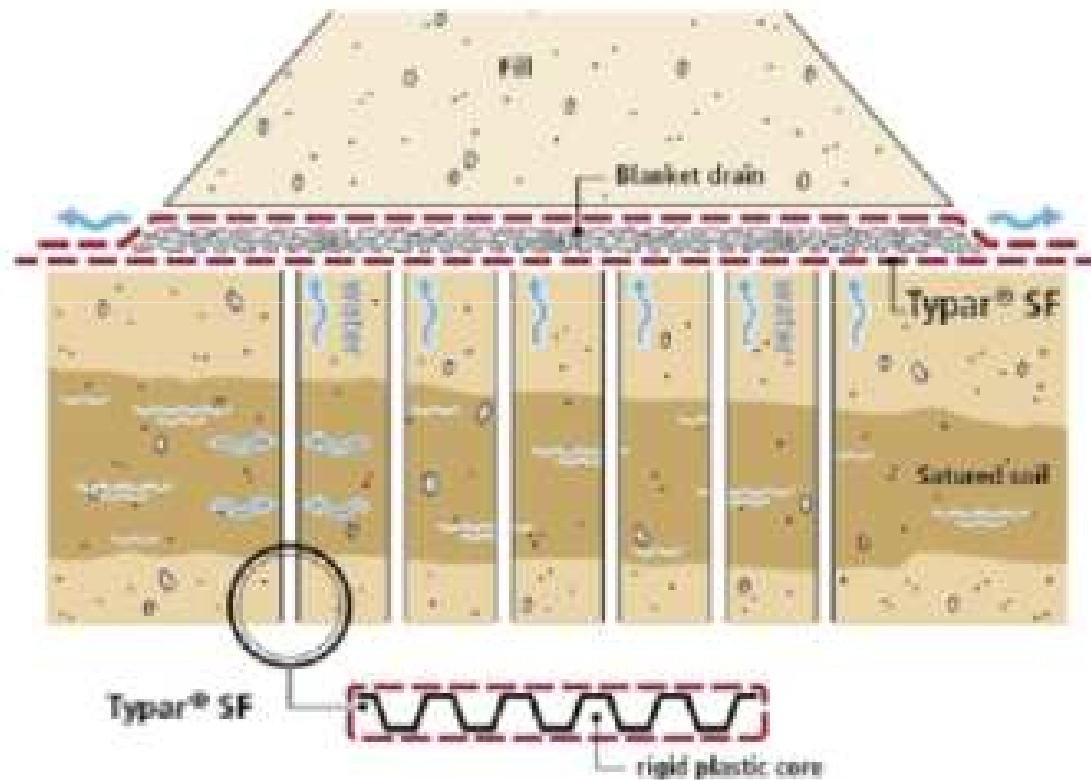
Formas de controlar os recalques em solos

Aterros estaqueados



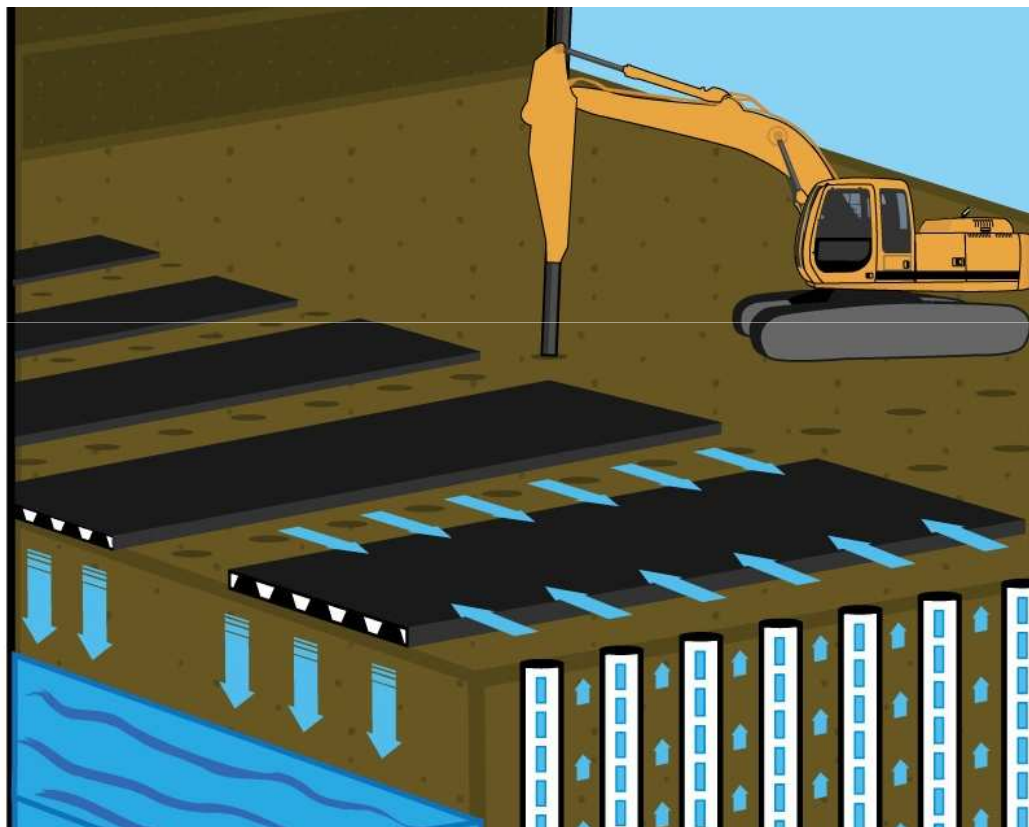
Formas de controlar os recalques em solos

Drenos verticais



Formas de controlar os recalques em solos

Drenos verticais



Formas de controlar os recalques em solos

Drenos verticais



Formas de controlar os recalques em solos

Melhoria do solo através da injeção de estabilizante (cal, cimento)



Formas de controlar os recalques em solos

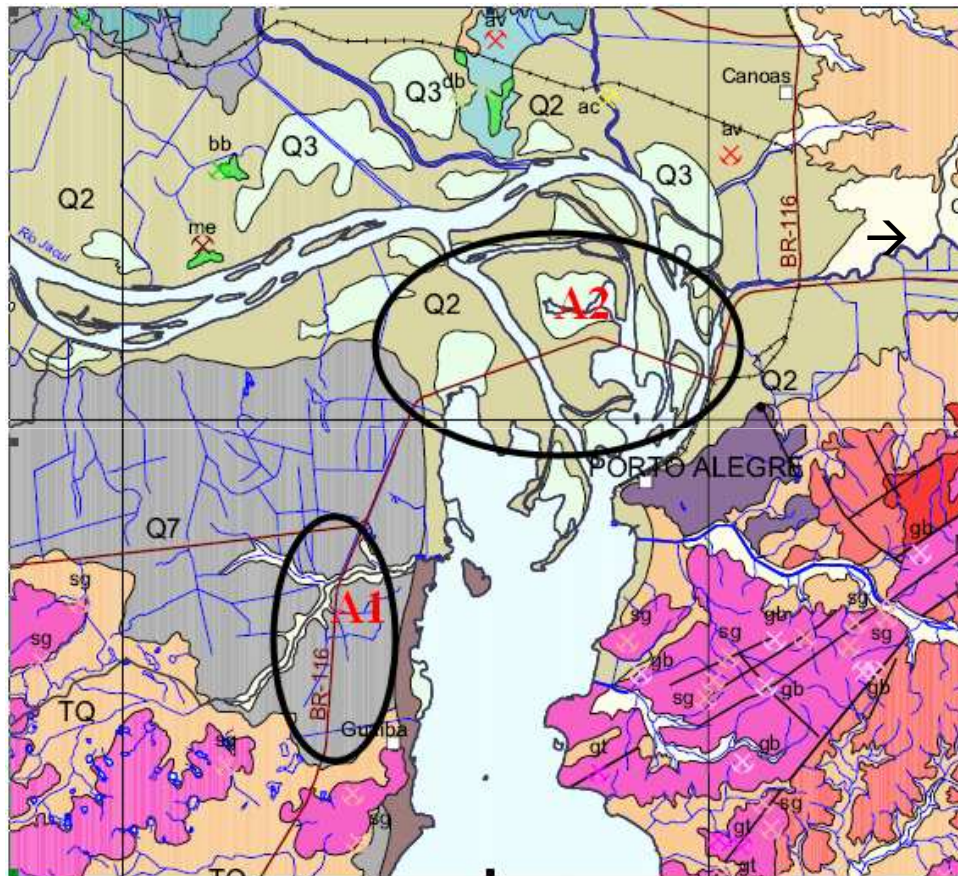
Melhoria do solo através da injeção de estabilizante (cal, cimento)



Objetivos

- estabelecer perfis longitudinais dos pacotes sedimentares de areias e argilas nas áreas estudadas;
- obter amostras indeformadas para determinar o comportamento do solo em laboratório;
- buscar alternativas, como a modificação com cal, para a melhoria ou controle do comportamento.

Áreas de estudo



- “A1”- BR-116, seqüência mista de areias finas e médias, depósitos siltico-argilosos com intercalações de argilas plásticas;
- “A2” - Ilhas do delta do Jacuí, depósitos de areias e argilas sobre os depósitos de planície lagunar.

Classificação dos solos (Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais, 2006).

Metodologia

- a) Estudar padrão de deposição das áreas, a partir da análise de fotos aéreas e imagens de satélite;
- b) obter amostras deformadas representativas do subsolo da região e realizar os ensaios de caracterização;
- c) estabelecer perfis longitudinais dos pacotes sedimentares de areias e argilas;

Metodologia2

- a) obter amostras indeformadas e realizar ensaios de laboratório para determinar parâmetros para análise de comportamento das futuras obras de engenharia;**
- b) avaliar efeitos da adição de cal na redução da plasticidade e da compressibilidade dos solos moles.**

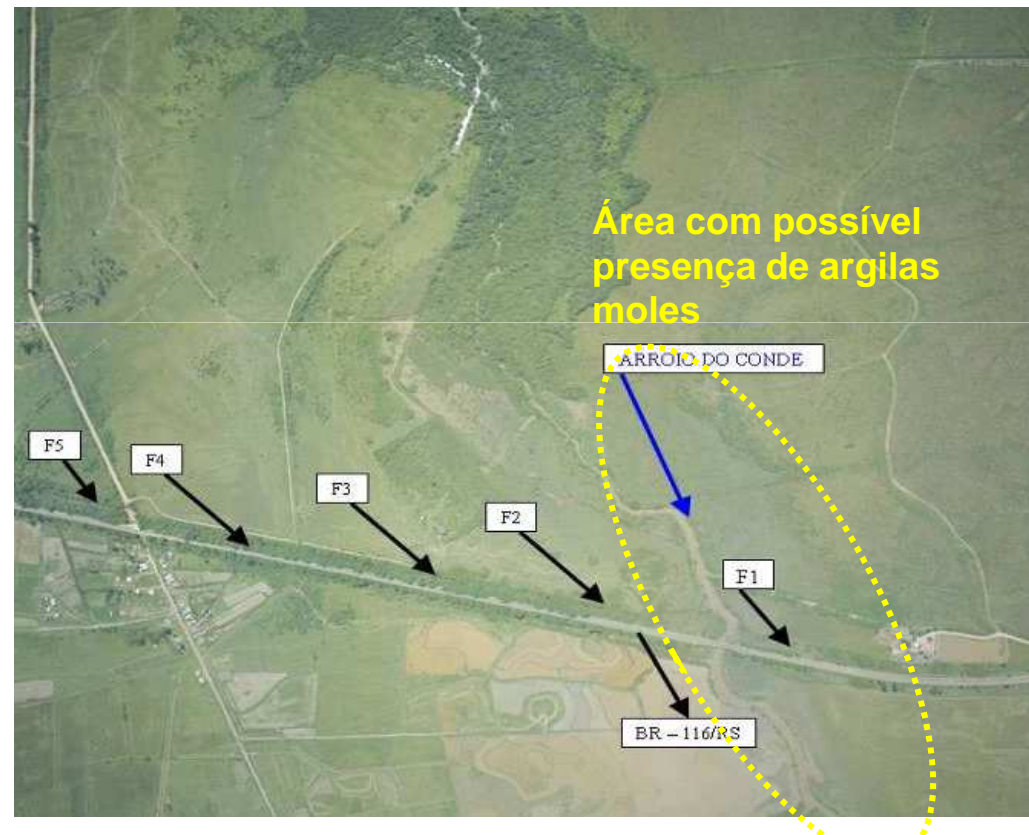
Estudo de fotos aéreas



Estudo de fotos aéreas



Locação dos furos de sondagens

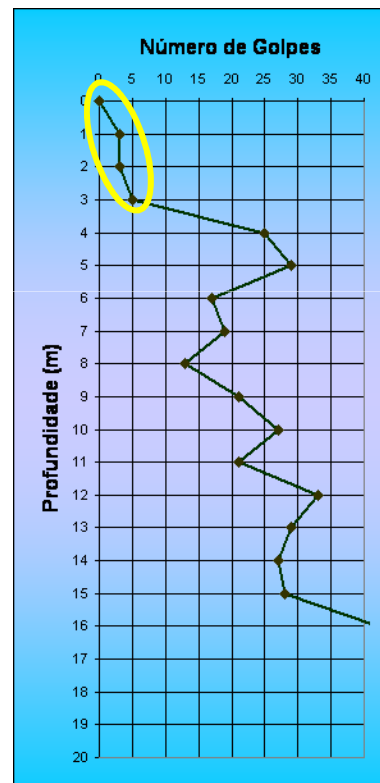


Sondagens SPT

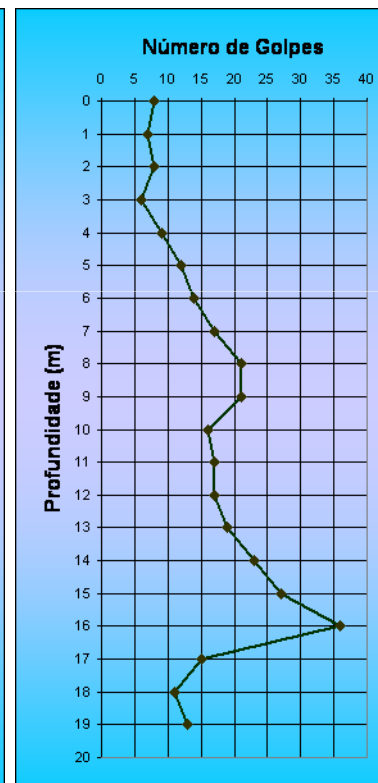


Furos

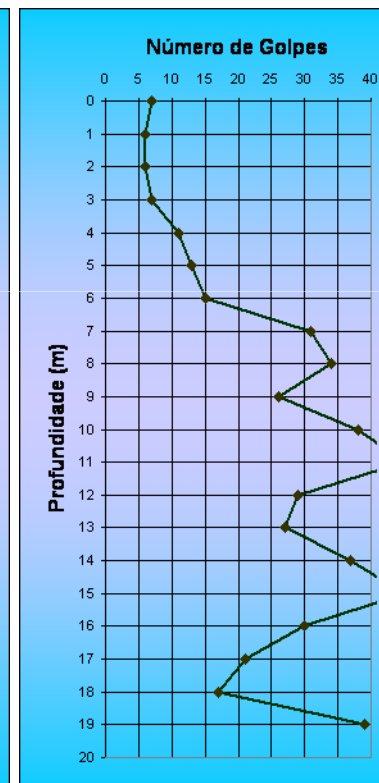
FURO 1



FURO 2

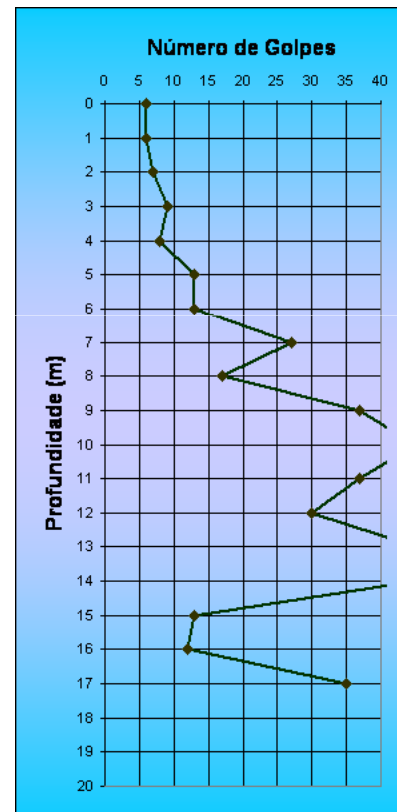


FURO 3

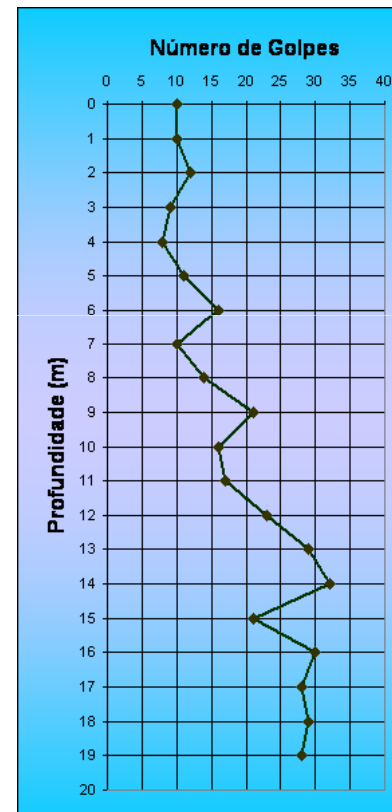


Furos

FURO 4



FURO 5



1ª e 2ª	2ª e 3ª	10	20	30	40	50	PRO	NÍVEL	COTA EM	Class.G	PERFIL LI	PROF. C/	(sondagem a percussão)
4	3						1	2,48				1,75	Argila arenosa, de consistência mole, de cor cinza e marrom.
3	3						2					2,80	Argila arenosa, de consistência mole, de cor cinza.
6	5						3					3,60	Argila arenosa, de consistência mole, de cor cinza e amarela.
20	25						4					5,40	Areia fina e média pouco argilosa, pouco compacta, de cor amarela.
20	29						5						Areia média a grossa, compacta, de cor cinza amarelada.
13	17						6						
15	19						7						
14	13						8					9,15	Areia média, medianamente compacta, de cor cinza.
15	21						9					10,00	Areia média, compacta, de cor amarela.
19	27						10						
							11					11,50	

Amostras coletadas nas sondagens – furo 1



Argila encontrada no Furo 1

Profundidade de 1,00 a 1,45 m



Resultados das sondagens

O material menos resistente, argila pouco arenosa com N_{SPT} de 3 a 5, foi encontrado no furo 1 até a profundidade de 3,60 metros.

Este foi o fator determinante na escolha deste local para obtenção de amostras indeformadas.

Coleta de Amostras indeformadas

Características do amostrador baseado em modelo internacional e desenvolvido por BERTUOL (2009).

- **Utilização de pré-furo na amostragem;**
- **Tubo amostrador de parede fina “espessura $< 2,5\%$ do diâmetro”, com diâmetro de 75 mm e comprimento de 1,06 metros;**
- **Tubo amostrador de latão;**
- **Pistão estacionário;**

Coleta de Amostras indeformadas

Características do amostrador baseado em modelo internacional e desenvolvido por BERTUOL (2009).

- **Parte inferior biselada com ângulo de 6°;**
- **Amostrador sem folga interna “diâmetro interno da parte biselada igual diâmetro interno do tubo”;**
- **Índice de área de 8,8% “relação entre o diâmetro interno da parte biselada e o máximo diâmetro externo do tubo”.**

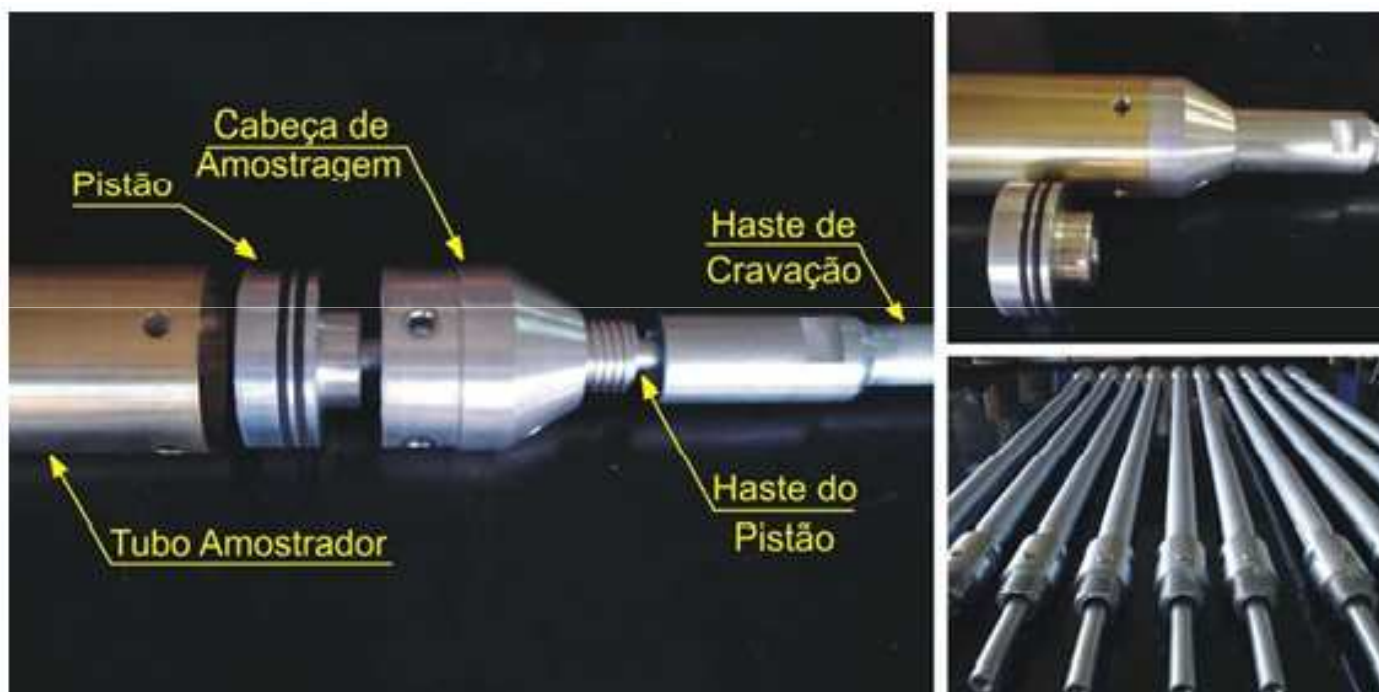
Coleta de Amostras indeformadas

Amostrador baseado em modelo internacional e desenvolvimento realizado por BERTUOL (2009).



Tubos de latão para retirada das amostras indeformadas (Bertuol,2009).

Coleta de Amostras indeformadas



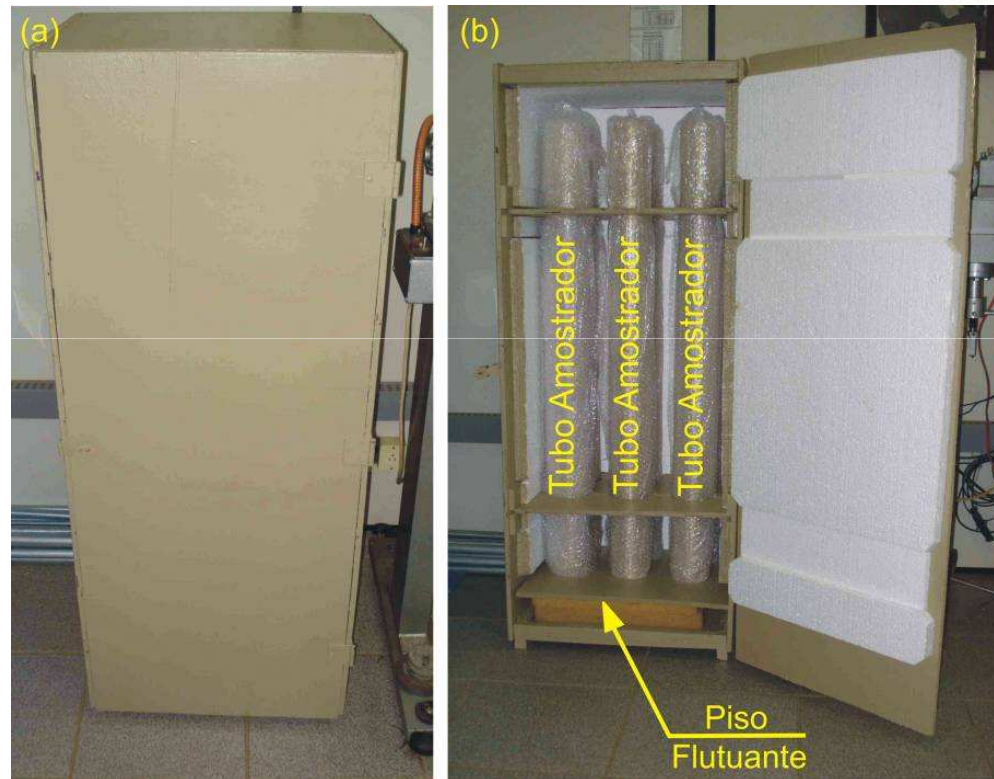
Conjunto construído para retirada de amostras indeformadas de boa qualidade (Bertuol, 2009).

Obtenção de Amostras indeformadas

Passos da amostragem



Obtenção de Amostras indeformadas



Transporte das amostras em caixa especial (Bertuol, 2009).

Efeito da adição de cal na plasticidade do solo

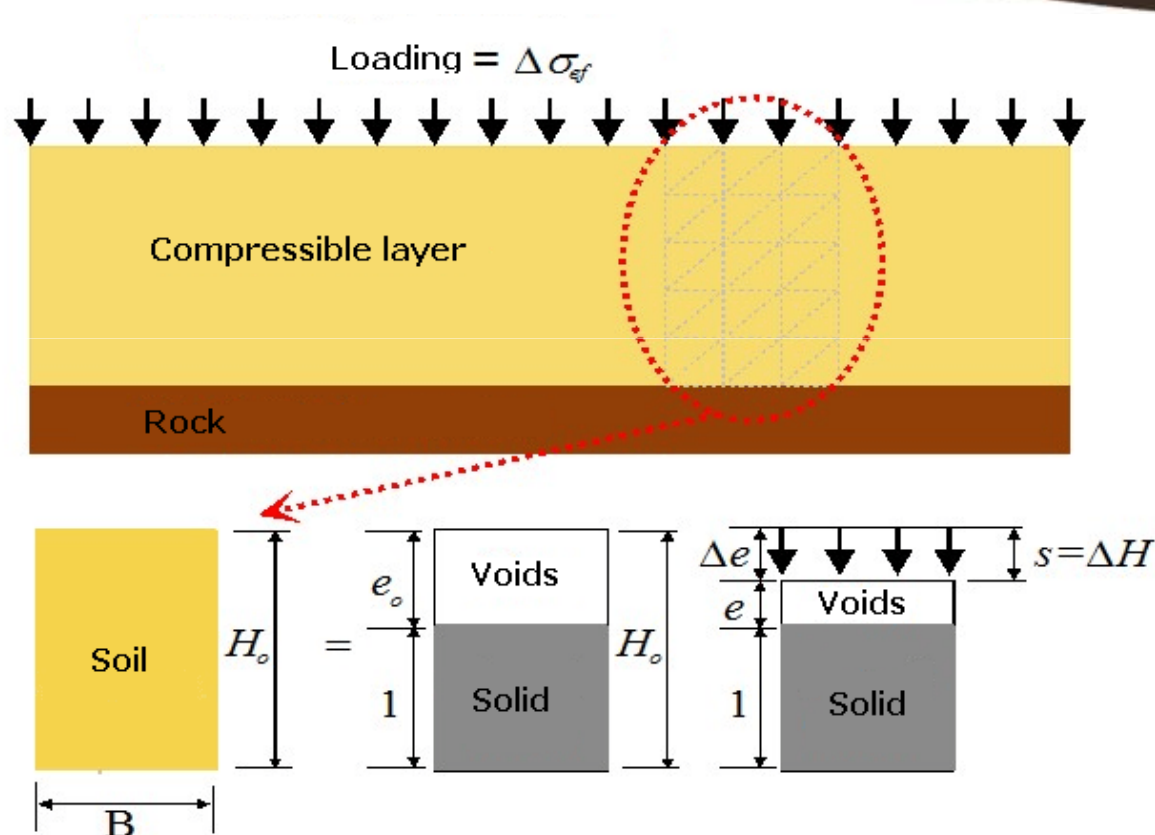
Determinação dos Índices Físicos

TEOR DE CAL (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)
0	68	22	31
1	68	23	47
3	63	36	27
5	49	31	18
7	43	29	14

A adição da cal reduz LL, aumenta LP, causando redução significativa do IP

Fundamentação do ensaio de adensamento

Próxima Etapa – Ensaio de Adensamento



Ensaio de adensamento



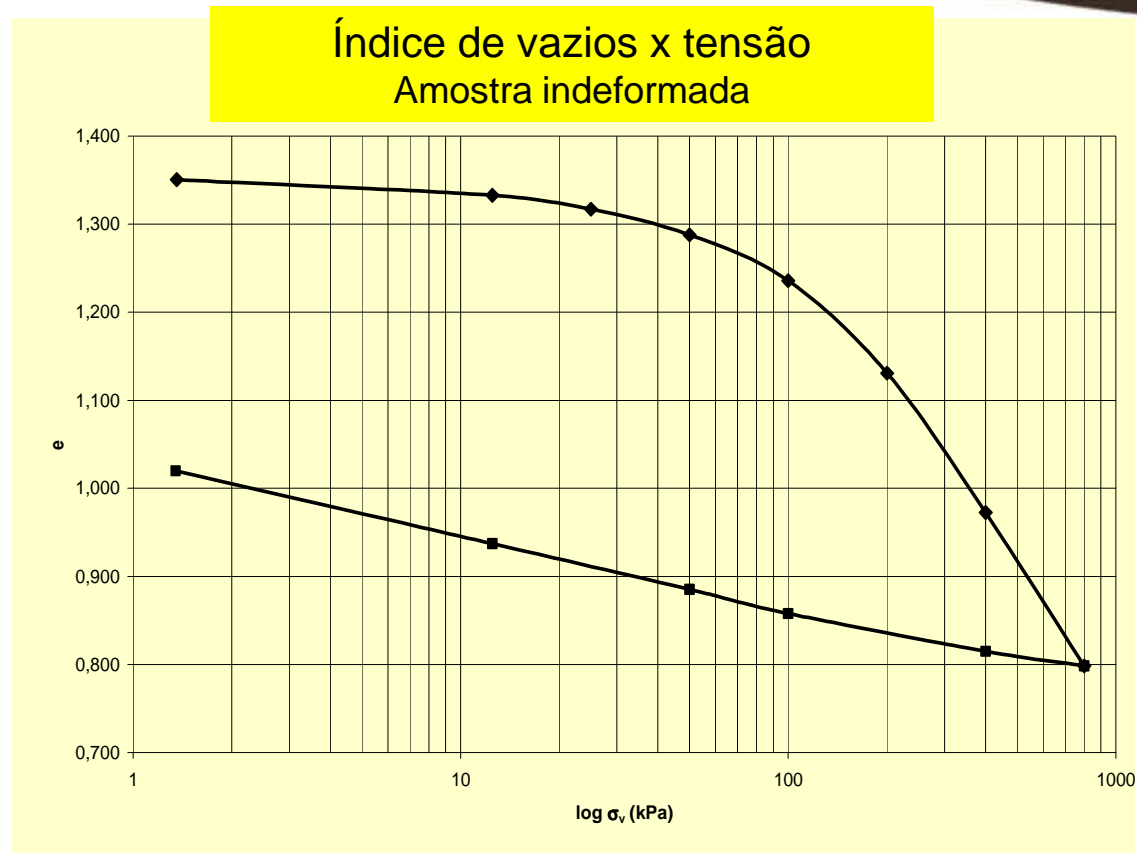
Ensaio de adensamento

Amostra após o ensaio



Ensaio de adensamento

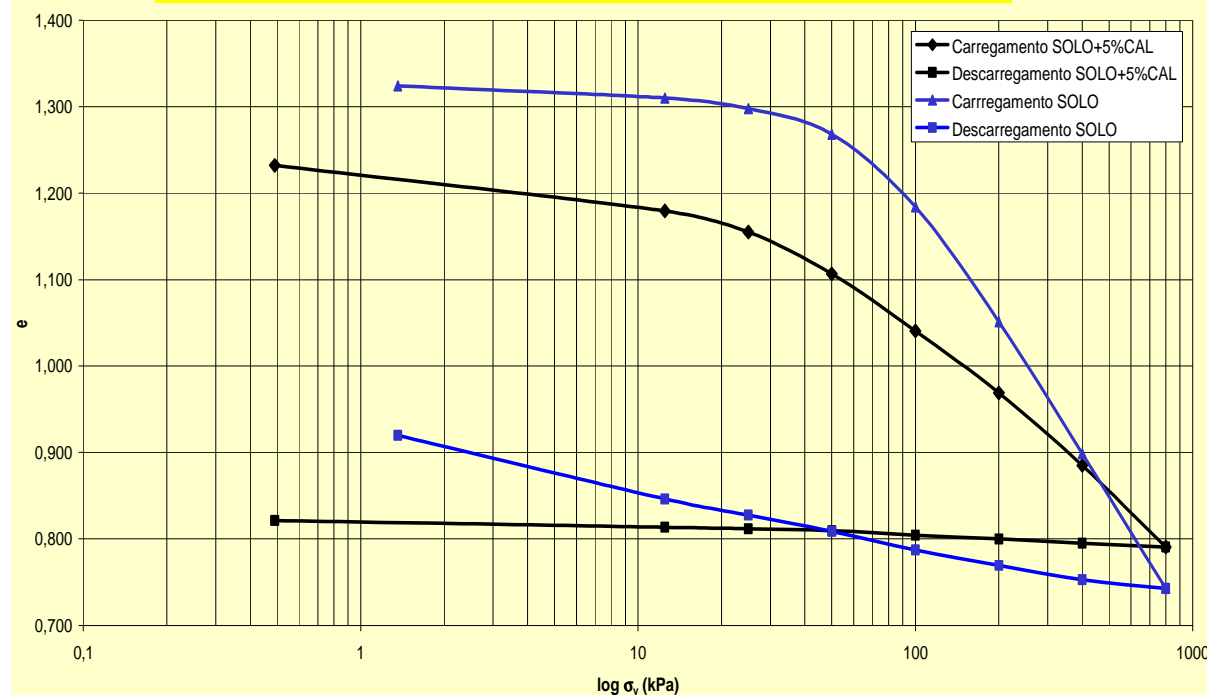
Curva de adensamento da amostra indeformada



Ensaio de adensamento

Comparação entre as curvas de adensamento

Índice de vazios x tensão
Amostra indeformada e solo +5% de cal



Resultados

- Através de fotos aéreas e imagens de satélite identificou-se um **possível ponto crítico, em torno do arroio do Conde**, o que foi confirmado com a execução dos ensaios do tipo SPT;
- Após verificação dos resultados das sondagens e a construção do amostrador, **extraíram-se amostras indeformadas** para realização de ensaios de laboratório;
- Na retirada deste material **esperava-se o encontro de um material de menor resistência** em camadas mais espessas, que não foi encontrado.

Resultados

- Salienta-se a **grande melhoria na trabalhabilidade do solo com pequenas porcentagens de cal**. Para a mistura de solo e 5% de cal, 1 hora de cura, o IP foi reduzido em 66%, tornando o solo mais friável e aumentando consideravelmente sua trabalhabilidade.
- O tempo de **cura não influencia na variação do índice de plasticidade** das misturas de solo com cal.

Resultados

- Diferença significativa nos ensaios de adensamento ocorreu com redução de 50% do índice de compressão (C_c), que foi reduzido de 0,51 em amostras indeformadas para 0,26 na amostra amolgada + 5% de cal. Isto representa uma **redução expressiva no recalque se o solo for misturado com a cal.**
- O coeficiente de permeabilidade (k) aumenta 6 vezes quando se incorpora 5% de cal ao solo, o que significa que **os recalques se processarão mais rapidamente quando o solo é modificado com cal.**

*Obrigado pela
atenção*

Agradecimentos

