

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

Execução e controlo de qualidade de soluções de tratamento de solos através de Deep Mixing

Artur Peixoto
Geo-Rumo, Tecnologia de Fundações, S.A.
artur.peixoto@georumo.pt

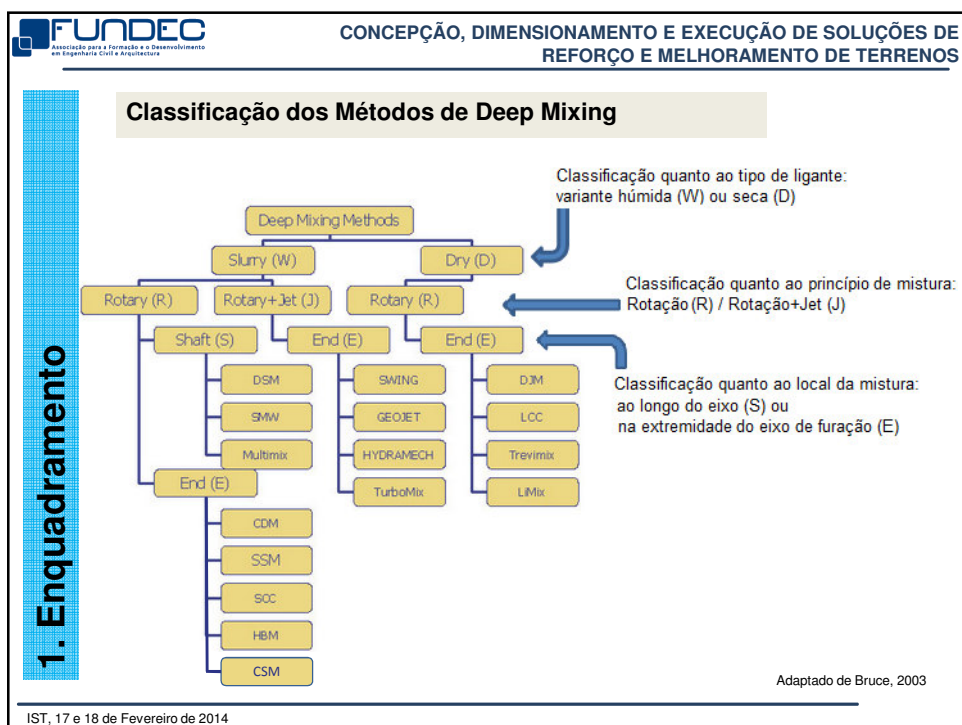


IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

ÍNDICE

1. Enquadramento do Deep Mixing nas soluções de melhoramento de terrenos
2. Descrição da técnica de Deep Mixing
3. Cutter Soil Mixing
4. Procedimentos de execução
5. Controlo de qualidade
6. Exemplos de Aplicação

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014





CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

2. Técnica de Deep Mixing

Deep Soil Mixing (DSM)

- Técnica de estabilização profunda de solos através da sua mistura *In situ* com ligantes (geralmente cimento ou cal)
- **Princípio Básico:** Melhoria das características intrínsecas do solo relacionadas com a capacidade resistente, a deformabilidade e a permeabilidade
- Surgiu nos EUA (década de 50), países Nórdicos e Japão (década de 70), estando atualmente difundida um pouco por todo o mundo

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

2. Técnica de Deep Mixing

Deep Soil Mixing (DSM)



Solo Original



Ligante (cemento)



Água

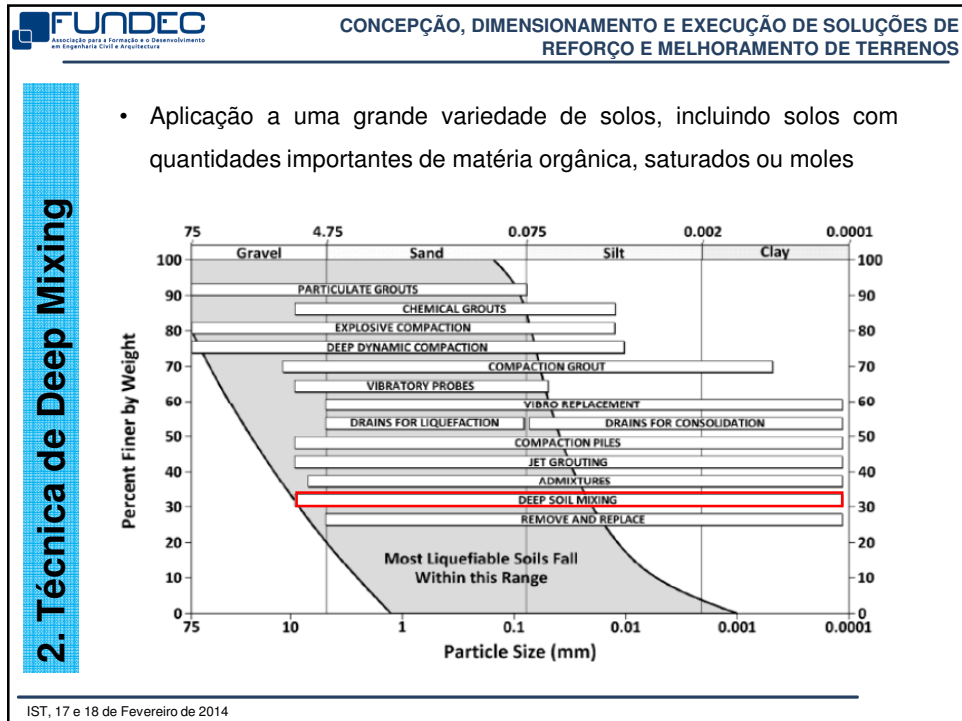


→



Ferramenta de Mistura Solo Cimentado

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



FUNDEC
Associação para a Formação e o Desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

2. Técnica de Deep Mixing

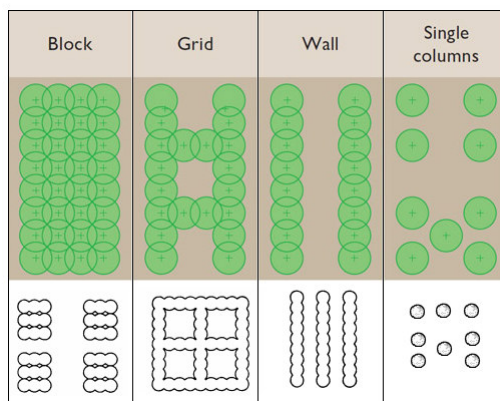
Deep Soil Mixing (DSM)

Tipo de solo	Adequabilidade em obras geotécnicas	Adequabilidade em obras ambientais
• areias • siltes • Argilas • lodos • matéria orgânica	Mais eficiente Menos eficiente	Indiferente

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

2. Técnica de Deep Mixing

- Diferentes geometrias de tratamento através da variação da disposição das colunas: colunas isoladas, dispostas em grelha, dispostas em bloco, etc.



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

2. Técnica de Deep Mixing

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

Deep Soil Mixing

Wet mixing (variante húmida)

- recomendado para argilas moles, siltes e areias finas com baixo teor de água, embora possa ser aplicado numa vasta gama de solos (desde solos moles até rochas brandas);
- a uniformização da mistura solo-ligante é mais fácil.



Dry Mixing (variante seca)

- recomendado para solos moles com elevados teor de água;
- permite alcançar maiores resistências mecânicas com menores quantidades de ligante.



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

2. Técnica de Deep Mixing



CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

Fatores que afetam a resistência do solo tratado

↓

- teor de siltes e argila
- homogeneidade
- teor de humidade
- nível freático

↓

- quantidade de cimento
- quantidade de bentonite
- relação a/c
- composição da calda

? Volume de determinada calda para uma suficiente
fluidificação e homogeneização ?

Ensaios prévios e controle qualidade durante a execução

2. Técnica de Deep Mixing



CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

Fatores que afetam as propriedades do solo tratado

I – Características do ligante	- Tipo e qualidade do ligante - Água e aditivos utilizados na mistura
II – Características e condições do solo de origem (particularmente importante em solos argilosos)	- Propriedades químicas e mineralógicas do solo - Teor em matéria orgânica - Teor em água - pH da água do solo
III – Condição de mistura	- Qualidade da mistura - Tempo de mistura - Quantidade de ligante
IV – Condições de Cura	- Temperatura - Tempo de cura - Humidade - Molhagem/secagem, gelo/degelo, etc.

Adaptado de Terashi, 1997

2. Técnica de Deep Mixing



CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

2. Técnica de Deep Mixing



CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

2. Técnica de Deep Mixing



CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

DSM – Características técnicas

	Experiência Nórdica	Experiência Japonesa
Nº de ferramentas de Corte	1	1 ou 2
Diâmetro das colunas	0,4 m a 1 m	0,8 m a 1,3 m
Profundidade máxima de tratamento	25 m	33 m
Pressão de injeção do ligante	400 a 800 kPa	< 300 kPa
Quantidade de Ligante	100 kg/m³ a 250 kg/m³	100 kg/m³ a 250 kg/m³

EN 14679, 2005

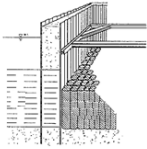
IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

2. Técnica de Deep Mixing



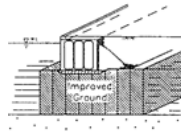
CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

Aplicações da técnica DSM



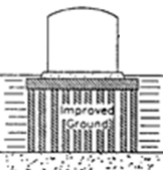
Estabilidade de terrenos

- Estruturas de contenção
- Estabilidade de taludes
- Controlo de deslizamentos



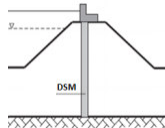
Aplicações costeiras e marítimas

- Estruturas em cais
- Quebra-mares
- Portos



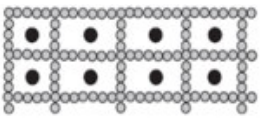
Fundações e estruturas

- Tanques e torres
- Estruturas subterrâneas
- Estabilização de aterros
- Pilares e encontros de pontes



Controlo da Percolação

- Reabilitação de Barragens
- Cortinas de impermeabilização



Mitigação do potencial de Liquefação

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

FUNDEC
Associação para a formação e o desenvolvimento
em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

2. Técnica de Deep Mixing

DSM – Equipamentos – Métodos

Sistema de eixos verticais baseado na tecnologia a trado
SMW / SCM



Sistema de eixos horizontais baseado na tecnologia cutter
CSM



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

FUNDEC
Associação para a formação e o desenvolvimento
em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

2. Técnica de Deep Mixing

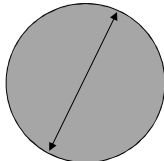
Single Column Mixing (SCM)





Cabeça de rotação única
Ex. MB 55-F
Binário Max. 56 kNm
Veloc. Max. 85 rpm

Dimensão da coluna:
Diâmetro até 1000 mm



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



Associação para a Formação e o Desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

2. Técnica de Deep Mixing

Single Column Mixing (SCM)



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



Associação para a Formação e o Desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

2. Técnica de Deep Mixing

Single Column Mixing (SCM)



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

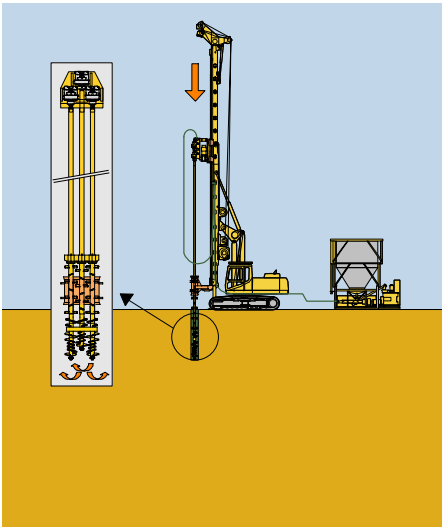


Associação para a Formação e o Desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitetura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

2. Técnica de Deep Mixing

Soil Mixing Wall (SMW)



- Pré-escavação
- Rotação contínua e descida da ferramenta de mistura bombando calda de cimento
- Ajuste do caudal e quantidade de calda para obter uma mistura homogênea
(objetivo teórico: preenchimento dos vazios com calda de cimento)



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

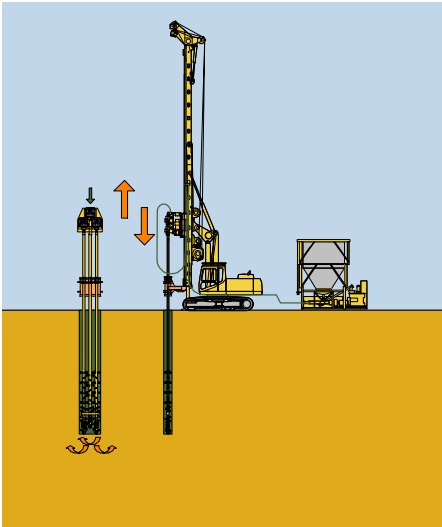


Associação para a Formação e o Desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitetura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

2. Técnica de Deep Mixing

Soil Mixing Wall (SMW)



- Após atingir a profundidade desejada, retirar a ferramenta mantendo a rotação.
- Sucessivas subidas e descidas garante uma mistura homogênea.



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

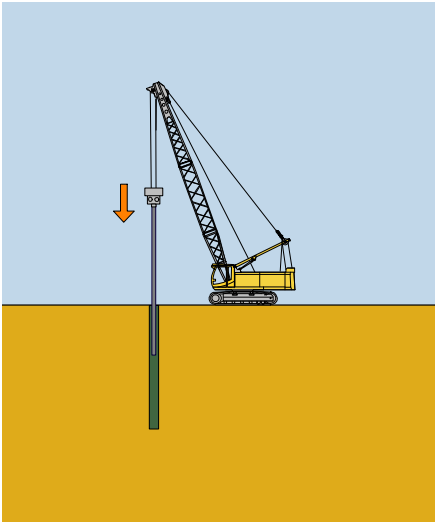


Associação para a Formação e o Desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

2. Técnica de Deep Mixing

Soil Mixing Wall (SMW)



Muro de suporte

Colocação de perfis metálicos (dimensão e afastamento de acordo com o Projeto de Execução)

Utilização de um pequeno vibrador (se necessário)



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



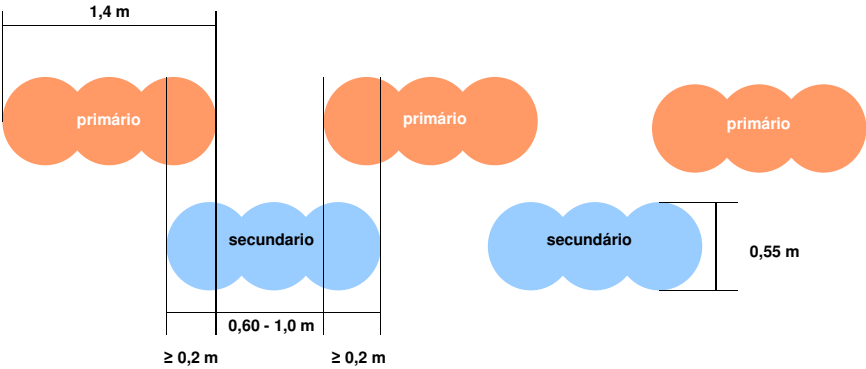
Associação para a Formação e o Desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

2. Técnica de Deep Mixing

Soil Mixing Wall (SMW)

Processo construtivo



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



Associação para a Formação e o Desenvolvimento
em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

2. Técnica de Deep Mixing

Soil Mixing Wall (SMW)



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



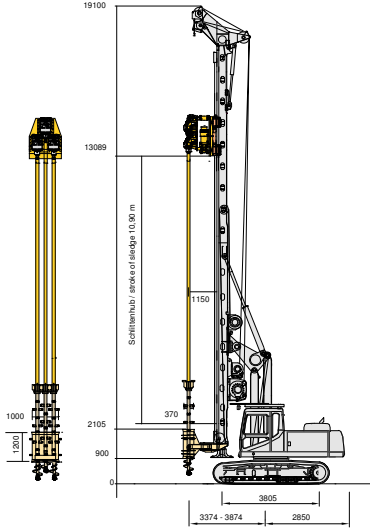
Associação para a Formação e o Desenvolvimento
em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

2. Técnica de Deep Mixing

Soil Mixing Wall (SMW)





IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



Associação para a formação e o desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

2. Técnica de Deep Mixing

Soil Mixing Wall (SMW)




IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



Associação para a formação e o desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

2. Técnica de Deep Mixing

Soil Mixing Wall (SMW)



Cabeça tripla tipo 1:
2 x 24 kNm
1 x 10 kNm

Dimensão do painel:
Dia. 370mm
Largura 1000mm

Cabeça tripla tipo 2:
2 x 50 kNm
1 x 20 kNm

Dimensão do painel:
Dia. 550mm
Largura 1400mm

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

2. Técnica de Deep Mixing

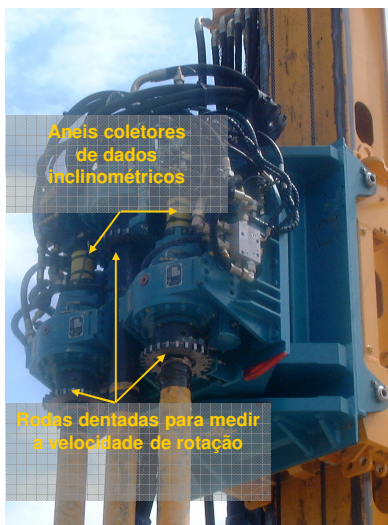
Soil Mixing Wall (SMW)



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

2. Técnica de Deep Mixing

Soil Mixing Wall (SMW)



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

2. Técnica de Deep Mixing



FUNDEC
Associação para a formação e o Desenvolvimento
em Engenharia Civil e Arquitectura

**CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS**

Soil Mixing Wall (SMW)




IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

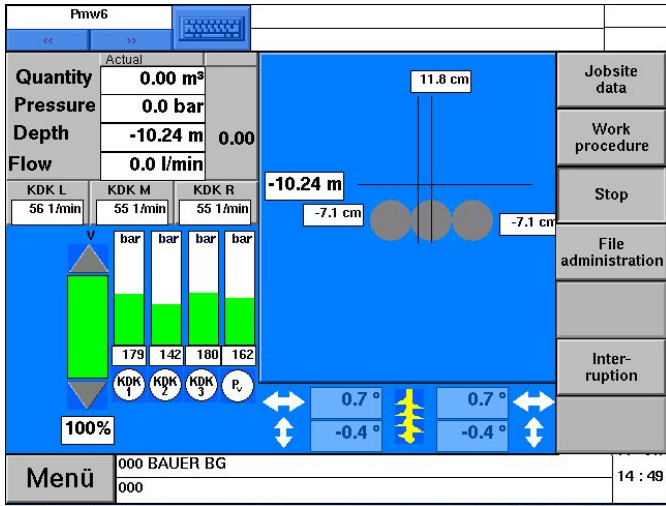
2. Técnica de Deep Mixing



FUNDEC
Associação para a formação e o Desenvolvimento
em Engenharia Civil e Arquitectura

**CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS**

Soil Mixing Wall (SMW)



Pmw6

Quantity: Actual 0.00 m³
 Pressure: 0.0 bar
 Depth: -10.24 m
 Flow: 0.0 l/min

KDK L: 56 l/min
 KDK M: 55 l/min
 KDK R: 55 l/min

179 bar, 142 bar, 180 bar, 162 bar
 KDK 1, KDK 2, KDK 3, P_v

100%

000 BAUER BG
 000

14 : 49

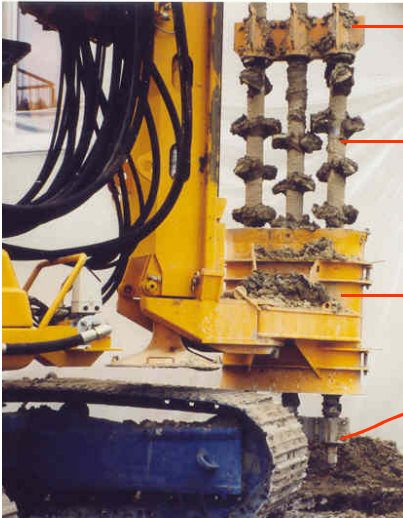
IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

2. Técnica de Deep Mixing



CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

Soil Mixing Wall (SMW)



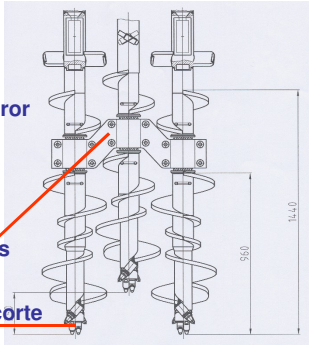
Guia superior deslizante

Pás de mistura entre guias

Guia inferior

Guia de rolamentos

Trado de corte



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

2. Técnica de Deep Mixing



CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

Soil Mixing Wall (SMW)




IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

16



Associação para a formação e o Desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

2. Técnica de Deep Mixing

Soil Mixing Wall (SMW)



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



Associação para a formação e o Desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

3. Cutter Soil Mixing

Origem da tecnologia

.... é uma combinação

da tecnologia de hidrofresa com rotação em eixos horizontais



e

do convencional sistema Soil Mixing com rotação em eixos verticais



5 UNIDADES DE MISTURA - JAPÃO

CABEÇA TRIPLA ALEMANHA

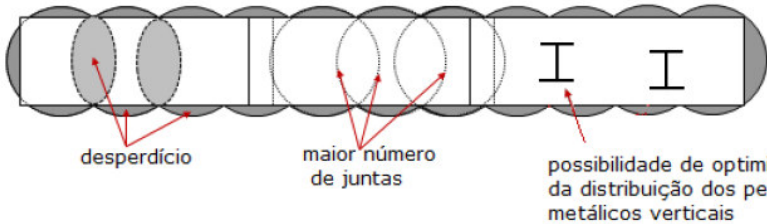
IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

3. Cutter Soil Mixing



CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

Vantagens



desperdício

maior número de juntas

possibilidade de otimização da distribuição dos perfis metálicos verticais

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

3. Cutter Soil Mixing

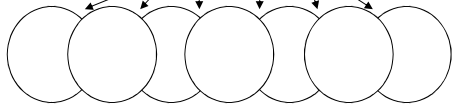


CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

Vantagens

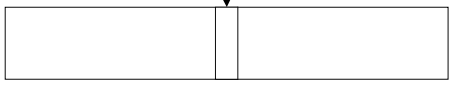
SECANT COLUMN WALL

Várias juntas



CSM WALL

Uma junta



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



Associação para a formação e o desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

3. Cutter Soil Mixing

Principais equipamentos

- Equipamento base de rastros com torre
- Vara Kelly
- Cabeça de corte e mistura (cutter)
- Central de fabrico de caldas
- Compressor

Equipamentos complementares

- Grua
- Pequena giratória ou retroescavadora
- Vibrador

Equipamentos especiais

- Sistema suspenso

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



Associação para a formação e o desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

3. Cutter Soil Mixing

Equipamento Bauer Serie RG



RG 16
prof. max. = 15 m



RG 19
prof. max. = 18 m



RG 23/25
prof. max. = 35 m

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

FUNDEC
Associação para a formação e o Desenvolvimento
em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

3. Cutter Soil Mixing

Equipamento Bauer Serie BG

BG 15
prof. max. = 12,5 m

BG 24
prof. max. = 24 m

BG 28
prof. max. = 34 m

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

FUNDEC
Associação para a formação e o Desenvolvimento
em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

3. Cutter Soil Mixing

Vara kelly

Kelly circular
ø 368 mm
secção única
profundidade até 24 m

Kelly rectangular
600 x 340 mm
secções de 11 m
profundidade até 35 m

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

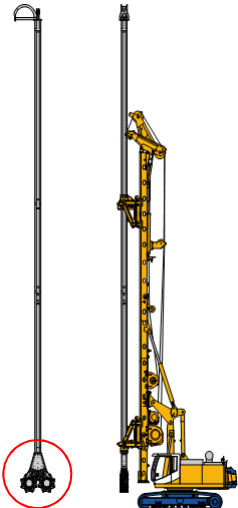


Associação para a formação e o desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

3. Cutter Soil Mixing

Cabeça de corte e mistura (cutter)



	BCM 5	BCM 10
Binário	0 - 57 kNm	0 - 100 kNm
Rotação	0 - 40 rpm	0 - 35 rpm
Altura	2,35 m	2,8 m
Largura do painel	2,4 m	2,8 m
Espessura do painel	500 - 1000 mm	640 - 1200 mm
Peso	5100 kg	7400 kg



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



Associação para a formação e o desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

3. Cutter Soil Mixing

Cabeça de corte e mistura (cutter)



TIPO 1

Suporte de 4 dentes

Maior eficiência na mistura

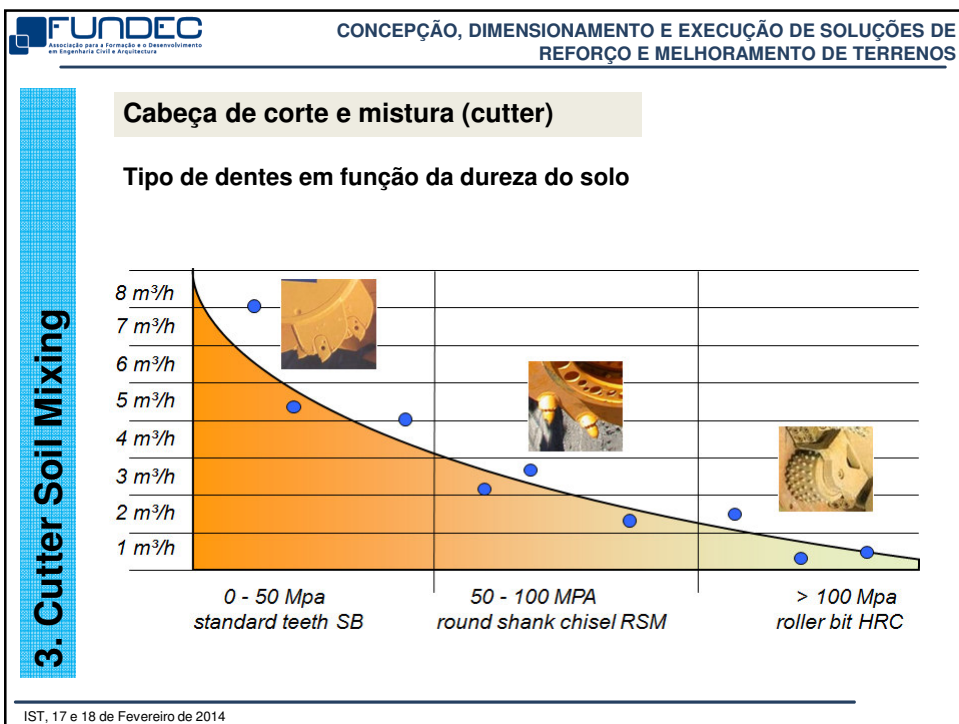


TIPO 2

Suporte de 3 dentes

Maior capacidade de corte

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



3. Cutter Soil Mixing

Central de fabrico de caldas, bomba de caldas e compressor



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

3. Cutter Soil Mixing

Sistema suspenso

- Profundidades entre 30 - 80 m
- Corpo maciço em aço
- Controlo de estabilidade direccional através de elementos de correção - Flaps



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

FUNDEC
Associação para a formação e o desenvolvimento
em Engenharia Civil e Arquitectura

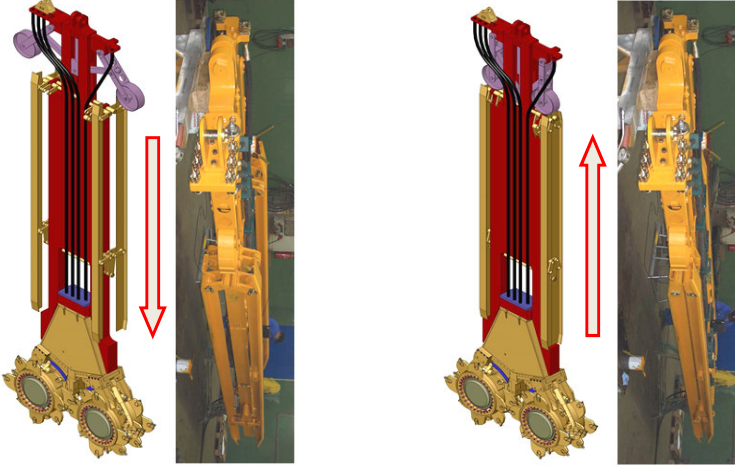
CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

3. Cutter Soil Mixing

Sistema suspenso

Flaps abertos em descendente

Flaps retraídos em ascendente



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

FUNDEC
Associação para a formação e o desenvolvimento
em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

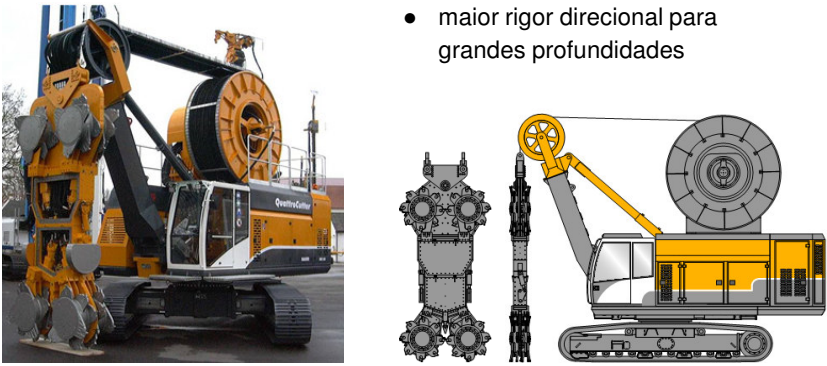
3. Cutter Soil Mixing

Sistema suspenso - QuattroCutter

Bauer MBG 24 com QuattroCutter – prof. max. 80 m

Duas cabeças de mistura sobrepostas

- mistura mais homogénea
- maior rigor direcional para grandes profundidades



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

Sistema suspenso - SideCutter

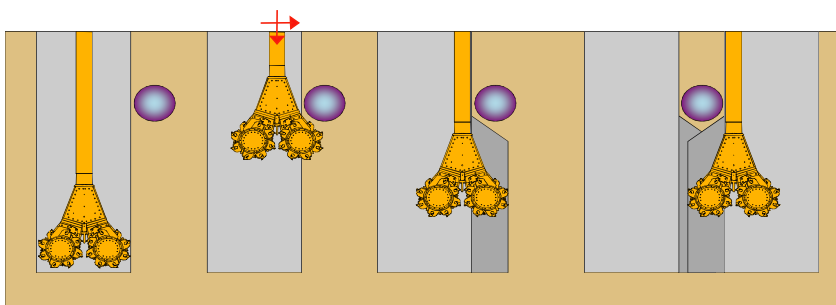
SideCutter – prof. max. 60 m, largura de trabalho 4.50 m



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

Vantagens

Possibilidade de se desviar de infraestruturas enterradas



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

3. Cutter Soil Mixing



CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

Vantagens

Possibilidade de se desviar de infraestruturas enterradas



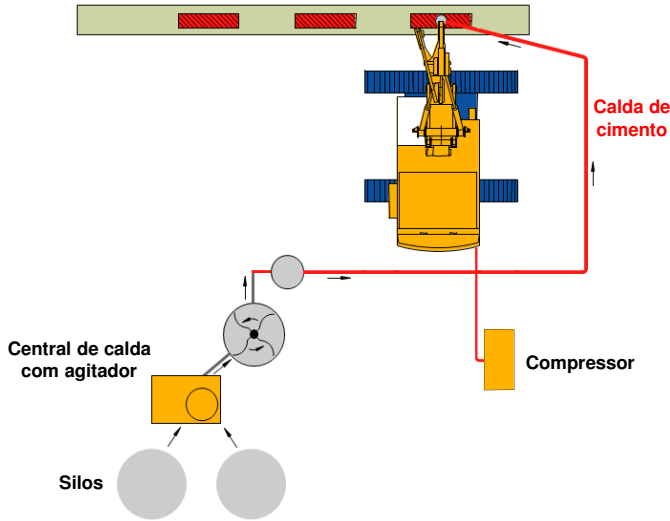
IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

4. Procedimento de execução



CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

Sistema de uma fase - Estaleiro



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



Associação para a formação e o desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

4. Procedimentos de execução

Sistema de uma fase

- Pré-escavação



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



Associação para a formação e o desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

4. Procedimentos de execução

Sistema de uma fase

- Pré-escavação
- Descida e mistura em descendente



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



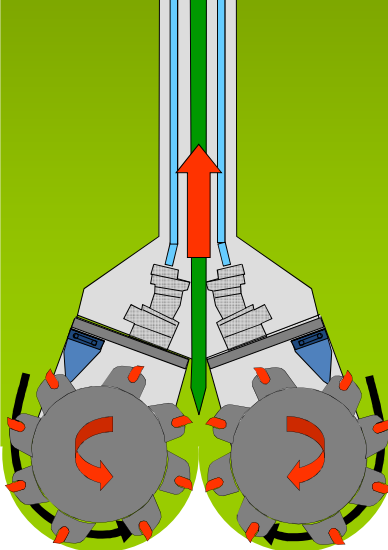
Associação para a Formação e o Desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

4. Procedimentos de execução

Sistema de uma fase

- Pré-escavação
- Descida e mistura em descendente
- Refluxo do material excedente
- Mistura e homogeneização durante a extração



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



Associação para a Formação e o Desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

4. Procedimentos de execução

Sistema de uma fase

- Pré-escavação
- Descida e mistura em descendente
- Refluxo do material excedente
- Mistura e homogeneização durante a extração
- Extração completa



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

4. Procedimentos de execução
Sistema de uma fase

- Pré-escavação
- Descida e mistura em descendente
- Refluxo do material excedente
- Mistura e homogeneização durante a extração
- Extração completa
- Recolha de amostra do solo tratado



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

4. Procedimentos de execução
Sistema de uma fase

- Pré-escavação
- Descida e mistura em descendente
- Refluxo do material excedente
- Mistura e homogeneização durante a extração
- Extração completa
- Recolha de amostra do solo tratado
- Instalação de armadura por peso próprio com guincho auxiliar



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

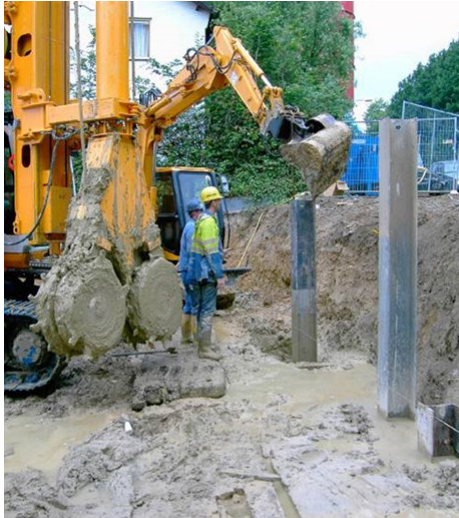


CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

4. Procedimentos de execução

Sistema de uma fase

- Pré-escavação
- Descida e mistura em descendente
- Refluxo do material excedente
- Mistura e homogeneização durante a extração
- Extração completa
- Recolha de amostra do solo tratado
- Instalação de armadura por cravação estática com auxílio de equipamento



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

4. Procedimentos de execução

Sistema de uma fase

- Pré-escavação
- Descida e mistura em descendente
- Refluxo do material excedente
- Mistura e homogeneização durante a extração
- Extração completa
- Recolha de amostra do solo tratado
- Instalação de armadura assistida com pequeno vibrador



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

4. Procedimentos de execução



CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

Alternativa: Sistema de duas fases

suspensão bentonite → para escavação e pré-mistura

ou calda pouco rica em cimento

suspensão cimento →

mistura com a massa solo-bentonite durante a extração

Aconselhável para:

- grandes profundidades
- difíceis condições de solo
- solo seco

Vantagens:

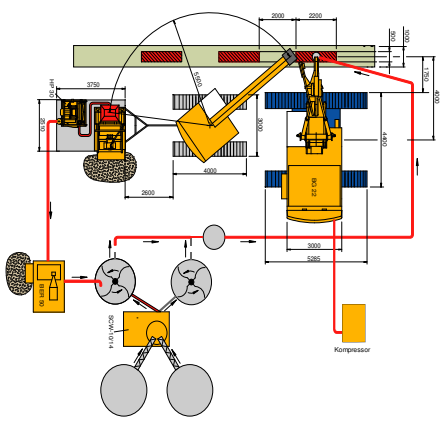
- permite interrupções do trabalho sem problemas
- menos desgaste do cutter
- refluxo pode ser parcialmente reutilizado

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

Sistema de duas fases



Mistura de lamas bentoníticas e bombagem para o furo



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

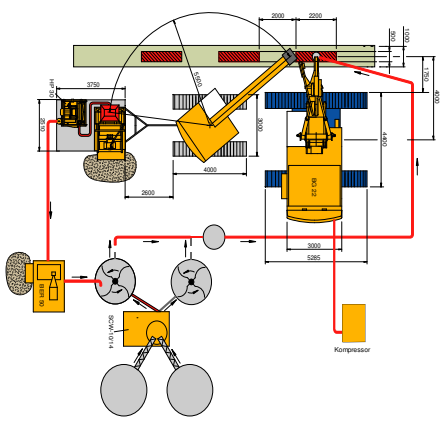


Associação para a formação e o desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

4. Procedimentos de execução

Sistema de duas fases



Fluidificação do solo em descendente e preenchimento com lamas bentoníticas



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

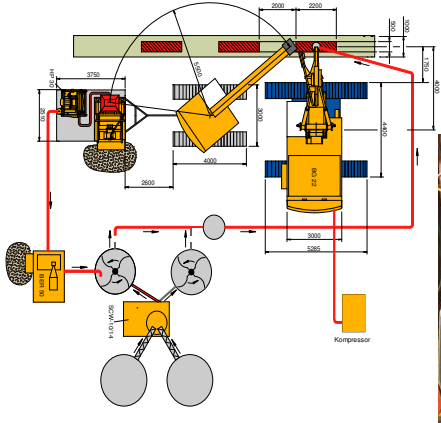


Associação para a formação e o desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

4. Procedimentos de execução

Sistema de duas fases



Carregamento da unidade de pré-limpeza do refluxo solo-bentonite com uma mini-giratória



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

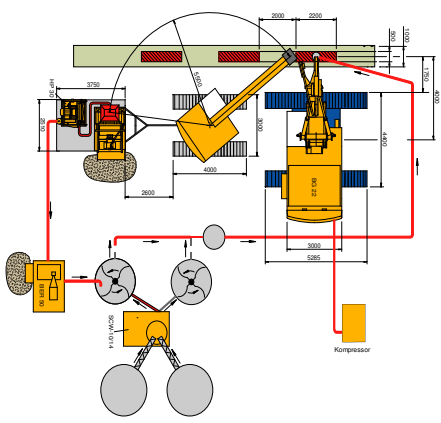


Associação para a formação e o desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

4. Procedimentos de execução

Sistema de duas fases



Separação do solo e bentonite com desarenador



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

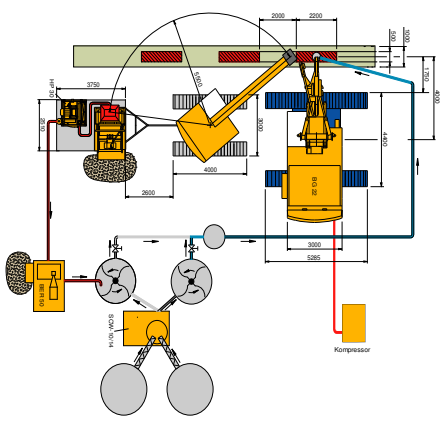


Associação para a formação e o desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

4. Procedimentos de execução

Sistema de duas fases



Bombagem e mistura da calda de cimento durante a extração da ferramenta



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

5. Controlo de qualidade

Durante a execução dos trabalhos

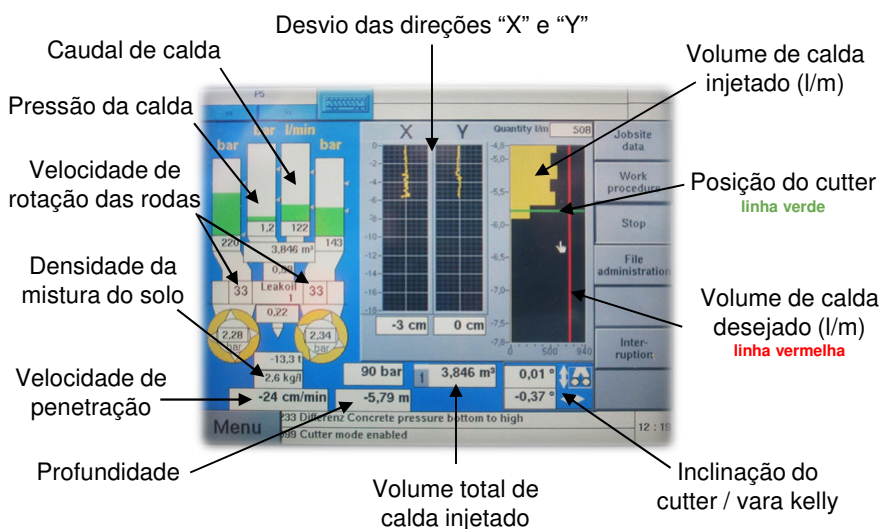
Os equipamentos de CSM dispõem de um conjunto de instrumentos que permitem ao operador, em tempo real, obter toda a informação necessária para monitorizar e controlar a qualidade da produção



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

5. Controlo de qualidade

Durante a execução dos trabalhos



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



Associação para a formação e o desenvolvimento
em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

5. Controlo de qualidade

Durante a execução dos trabalhos



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



Associação para a formação e o desenvolvimento
em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

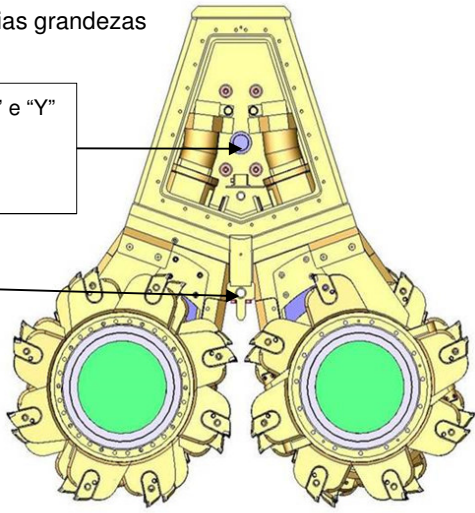
5. Controlo de qualidade

Durante a execução dos trabalhos

Medição em tempo real de várias grandezas através de sensores

- verticalidade nas direções "X" e "Y"
- binário (pressão hidráulica)
- velocidade de rotação
- caudal e pressão da calda

- pressões neutras externas



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



Associação para a Formação e o Desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

5. Controlo de qualidade

Durante a execução dos trabalhos

Observação do refluxo




IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



Associação para a Formação e o Desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

5. Controlo de qualidade

Durante a execução dos trabalhos

Observação do refluxo




- Refluxo muito espesso
- Mistura heterogénea
- Baixa trabalhabilidade

➔

- Necessidade de alteração das propriedades da calda e dos parâmetros de tratamento

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



Associação para a Formação e o Desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

5. Controlo de qualidade

Durante a execução dos trabalhos

Observação do refluxo

Alteração das propriedades da calda ➔



- Fluidificação correta
- Mistura homogénea

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



Associação para a Formação e o Desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

5. Controlo de qualidade

Após a execução dos trabalhos

Análise dos dados de produção ao longo do tempo – **B-Tronic**

Profundidade

Caudal de calda

Volume de calda

V. Rotação

Esq. e Dir.

Direção

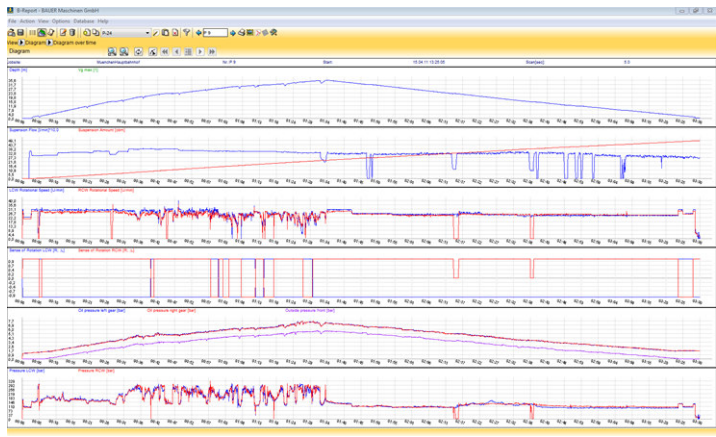
Esq. e Dir.

Pressão hidr.

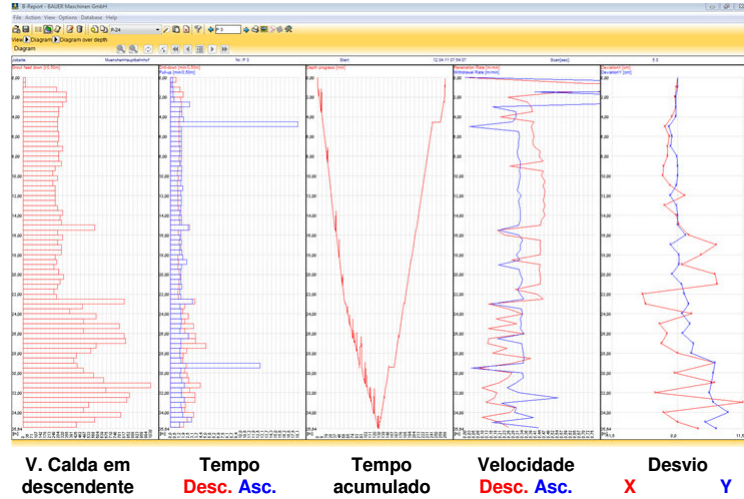
Esq., Dir. e Ext.

Binário

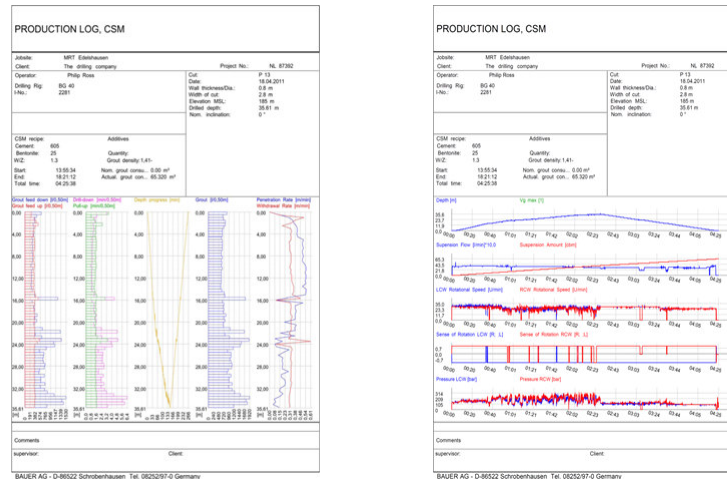
Esq. e Dir.



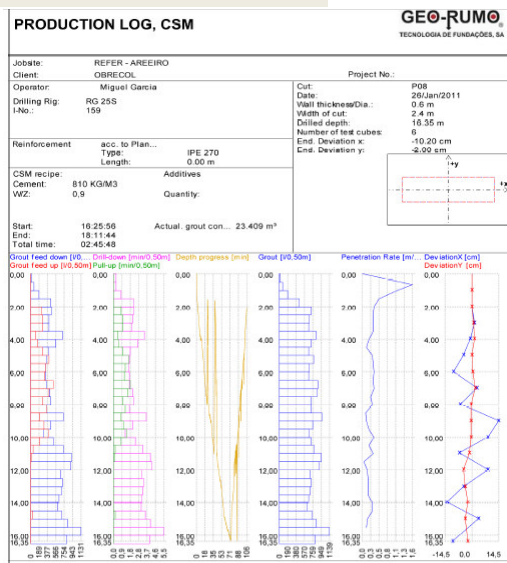
IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

Após a execução dos trabalhos
Análise dos dados de produção em profundidade – B-Tronic


IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

Após a execução dos trabalhos
Possibilidade de emissão de relatórios para arquivo – B-Report


IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

Após a execução dos trabalhos
5. Controlo de qualidade


IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

Após a execução dos trabalhos

Relatórios de ensaios de compressão simples às amostras recolhidas

5. Controlo de qualidade

RESISTÊNCIA EM COMPRESSÃO

Resumo do ensaio: 15/11/2008

Local: REFER - AREIRO

Operador: Miguel Garcia

Drilling Rig: RG 255

I-No.: 159

CSM recipe: Cement: 0.9 Additives: Quantity:

Start: 16:25:56 Actual grout con.: 23.409 m³

End: 18:11:44

Total time: 02:45:48

Grout feed down (m) Grout feed up (m) Penetration Rate (m/min)

RESISTÊNCIA EM COMPRESSÃO

Resumo do ensaio: 15/11/2008

Local: REFER - AREIRO

Operador: Miguel Garcia

Drilling Rig: RG 255

I-No.: 159

CSM recipe: Cement: 0.9 Additives: Quantity:

Start: 16:25:56 Actual grout con.: 23.409 m³

End: 18:11:44

Total time: 02:45:48

Grout feed down (m) Grout feed up (m) Penetration Rate (m/min)

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



Associação para a formação e o desenvolvimento
em Engenharia Civil e Arquitectura

**CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS**

6. Exemplos de Aplicação

**Dados do fabricante Bauer
Trabalhos executados entre 2003 e 2010**

Empresa	País	m2	
Bauer Maschinen	Alemanha	2.086	
Murakami Gumi	Japão	6.263	
DK Com	Japão	2.845	
Injectosond	Itália	3.000	
Hoffman Groep	Alemanha/Holanda	32.395	
Vipp	Itália	23.815	
Hazama	Japão	20.842	
Dolomiti Rocce	Itália	32.070	
Kagima	Japão	1.400	
Wagstaff Piling	Austrália	16.100	
Icop	Itália	15.500	
Solitech	Belgica	36.620	3º
Gaia	Canadá	29.500	
Matarresse	Itália	15.000	
Sicos	Itália	22.000	
Technos	Japão	20.566	
Aoyamakiki	Japão	8.309	
Astaldi	Itália	50.000	2º
Franki	Belgica	2.000	
Bilfinger+Berger	Alemanha	10.000	
Malcom	USA	10.350	
Civil Work	Nova Zelândia	7.750	
Lameire	Belgica	7.442	
PS Mitsubishi	Japão	150	
Georumo	Portugal	63.585	1º

PAÍSES

	m2	
Alemanha	44.481	5º
Japão	60.375	3º
Itália	161.385	1º
Austrália	16.100	7º
Belgica	46.062	4º
Canada	29.500	6º
USA	10.350	8º
N Zelandia	7.750	9º
Portugal	63.585	2º

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



Associação para a formação e o desenvolvimento
em Engenharia Civil e Arquitectura

**CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS**

6. Exemplos de Aplicação

Auto-estrada do Marão - A4 / IP4 - Amarante / Vila Real

**Auto Estrada
do Marão, S.A.**



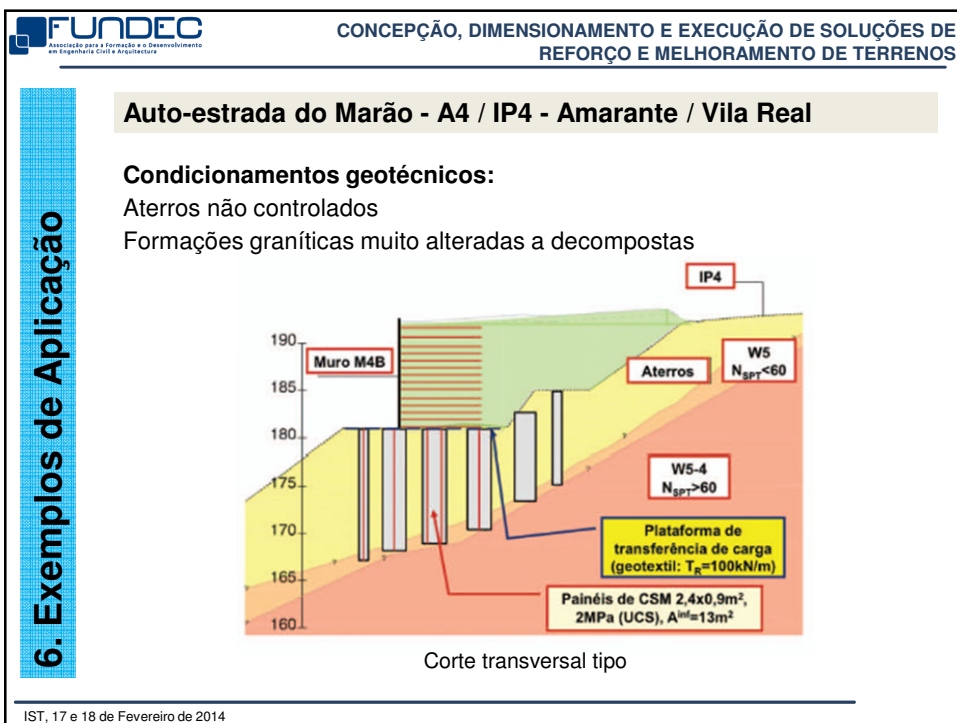
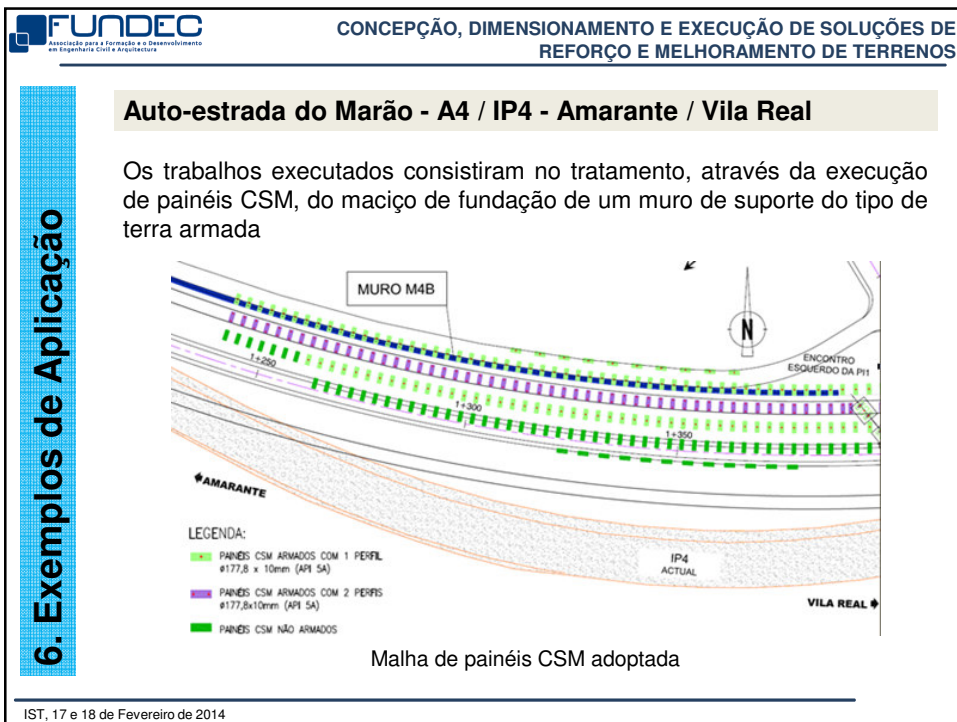
Construtores do Tónel do Marão, A.C.E.





Fotografia da zona onde foi realizado o tratamento do maciço de fundação do muro de suporte de terra armada

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



6. Exemplos de Aplicação



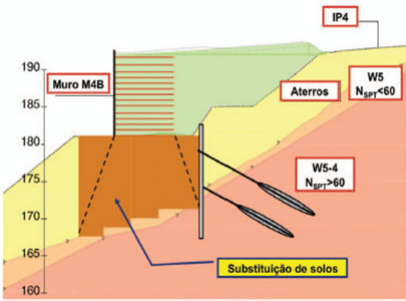
CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

Auto-estrada do Marão - A4 / IP4 - Amarante / Vila Real

Período de execução: Setembro a Outubro de 2009

Principais quantidades:

- 4203 m³ de solo tratado
- 1939 ml de perfil tubular N80 - 177,8 x 10 mm




IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

6. Exemplos de Aplicação



CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

Auto-estrada do Marão - A4 / IP4 - Amarante / Vila Real

Recolha de amostras frescas de solo-cimento:

- determinação da resistência à rotura por compressão simples
- determinação do módulo de deformabilidade




IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

6. Exemplos de Aplicação



CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

Auto-estrada do Marão - A4 / IP4 - Amarante / Vila Real

Caroteamento de painéis CSM:

- determinação da resistência à rotura por compressão simples
- determinação do módulo de deformabilidade



Valores médios obtidos aos **28 dias**:

- resistência à rotura por compressão simples - **7,7 MPa**
- módulo de deformabilidade - **4,8 GPa**

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

Colégio Pedro Arrupe – Parque das Nações



ALVES RIBEIRO



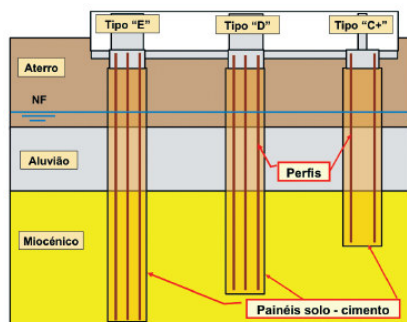
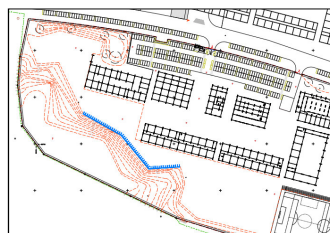
JETSJ
geotecnia



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

Colégio Pedro Arrupe – Parque das Nações
Condiçionamentos Geotécnicos:

- Antigas fundações e depósitos de aterro no subsolo
- Aluvião lodosa
- Miocénico



Execução de fundações através de painéis de CSM com introdução de perfis metálicos HEB e de estacas cravadas

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

Colégio Pedro Arrupe – Parque das Nações

Período de execução: 2 meses

Principais quantidades:

- 3900 m³ CSM;
- 540 m³ de Jet;
- 1800 ml estacas cravadas;
- 218000 kg de perfis HEB120 e HEB160.



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

6. Exemplos de Aplicação

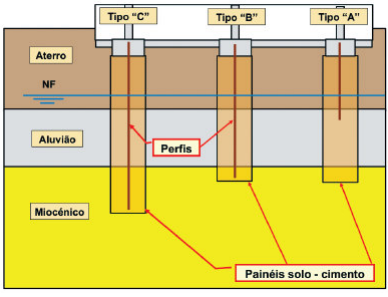


CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

Colégio Pedro Arrupe – Parque das Nações

Recolha de amostras frescas dos painéis de solo-cimento:

- Resistência à Compressão Simples – **3MPa aos 28 dias**
- Módulo de deformabilidade – **0,8 GPa aos 28 dias**




IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

6. Exemplos de Aplicação



CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

Edifício Industrial - Fréjus (França)

S.C.I. M.R.J.

Planetude
Ingenierie

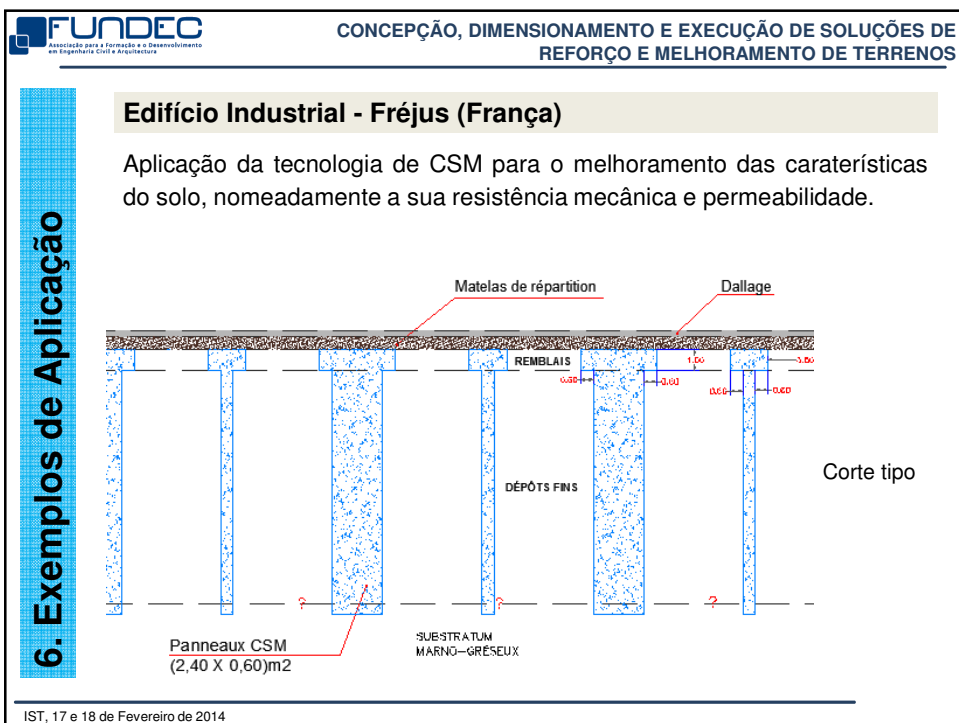
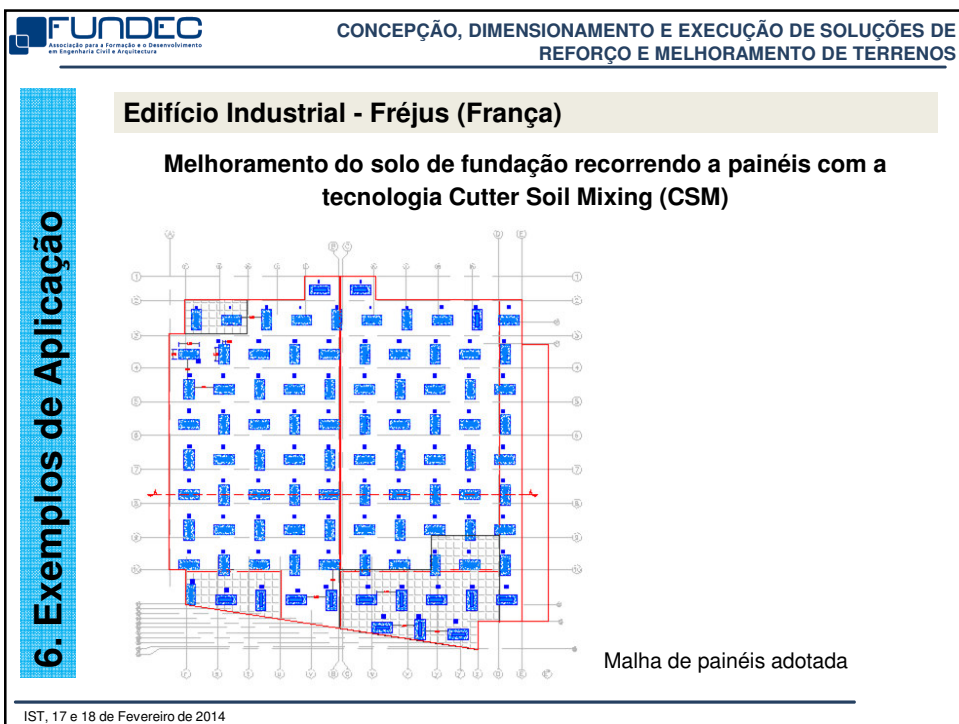


TECNOLOGIA DE FUNDACÕES, SA



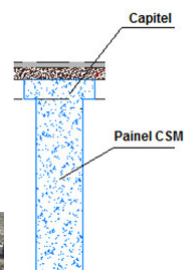
Fotografia da fachada do edifício

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



6. Exemplos de Aplicação
Edifício Industrial - Fréjus (França)

Execução de **capitéis** constituídos pelo refluxo resultante da execução dos painéis de CSM de modo a facilitar o encaminhamento das cargas para os painéis.



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

6. Exemplos de Aplicação
Edifício Industrial - Fréjus (França)
Condicionamentos geotécnicos

		Aterros	Solos coluvionares	Margas e Grés
	[kN/m³]	19	17	21
E	[kPa]	10000	5000	170000
c _{ref}	[kPa]	0	5	10
f	[°]	25	22	35

Painéis com comprimento médio de 5 m, garantindo 50 cm de encastramento em Margas.



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

6. Exemplos de Aplicação



CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

Edifício Industrial - Fréjus (França)

Recolha de amostras frescas dos painéis CSM executados:

- resistência à rotura por compressão simples (7 dias) - **6,5 MPa**




IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

6. Exemplos de Aplicação



CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

Parque de estacionamento Futurlagos - Lagos

Estrutura provisória de suporte da escavação do parque subterrâneo



- Proximidade ao canal de acesso à marina de Lagos
- Proximidade direta de arruamentos, do edifício do Tribunal e da muralha da Fortaleza de Lagos

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



Associação para a formação e o desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS



CONSTRUÇÕES



IRMÃOS CAVACO, S.A.



engenharia engenharia

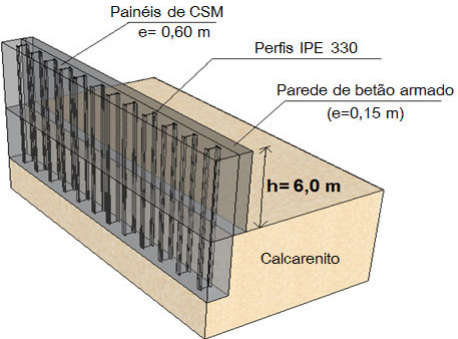


Projectistas e Consultores de Engenharia Civil, Lda.



TECNOLOGIA DE FUNDAÇÕES, SA

Parque de estacionamento Futurlagos - Lagos



**Garantia de estabilidade
em fase provisória**

**Elemento de
impermeabilização**

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

6. Exemplos de Aplicação



Associação para a formação e o desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS



CONSTRUÇÕES



IRMÃOS CAVACO, S.A.



engenharia engenharia



Projectistas e Consultores de Engenharia Civil, Lda.



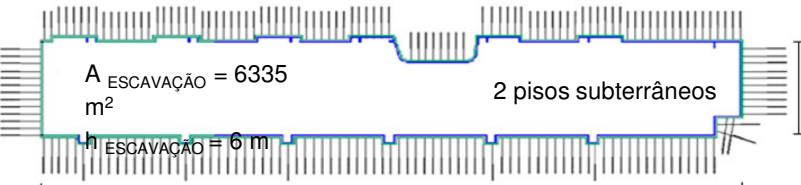
TECNOLOGIA DE FUNDAÇÕES, SA

Parque de estacionamento Futurlagos - Lagos

Prospecção e
ensaios in-situ







Período de execução: 5 meses

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

6. Exemplos de Aplicação

6. Exemplos de Aplicação



CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

Parque de estacionamento Futurlagos - Lagos

Principais quantidades:

- 262 painéis de CSM: 6500 m³ de solo tratado
- 1944 ml de ancoragens provisórias de 600
- 480 toneladas de perfis metálicos IPE 330




IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

6. Exemplos de Aplicação



CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

Parque de estacionamento Futurlagos - Lagos

Controlo dos parâmetros de execução:

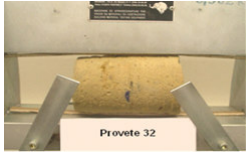
Ensaaios de compressão uniaxial

Ensaaios de compressão diametral

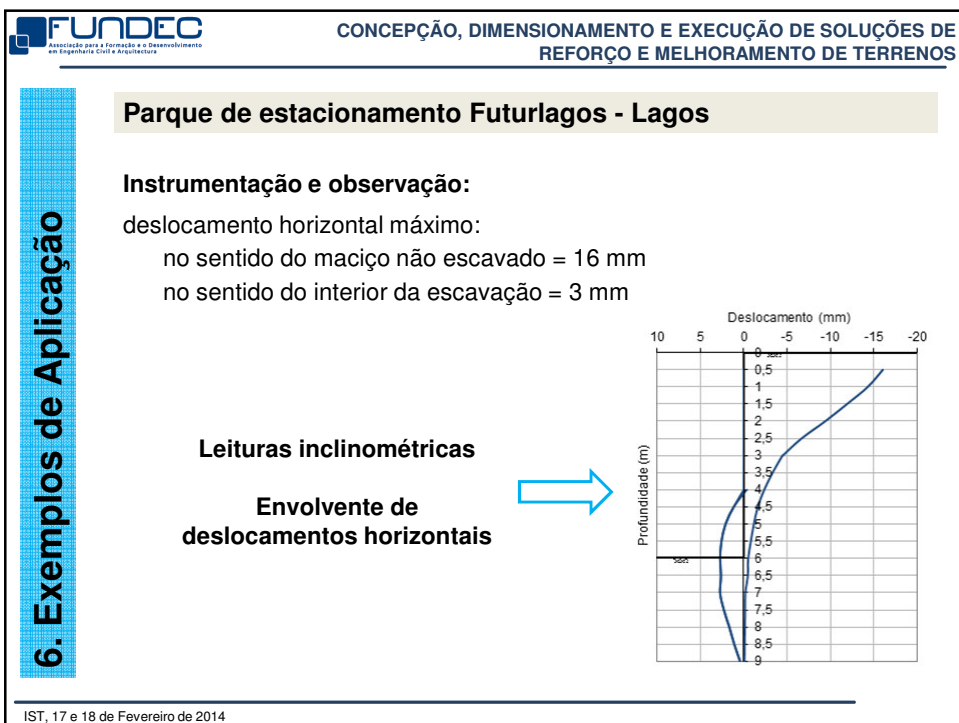
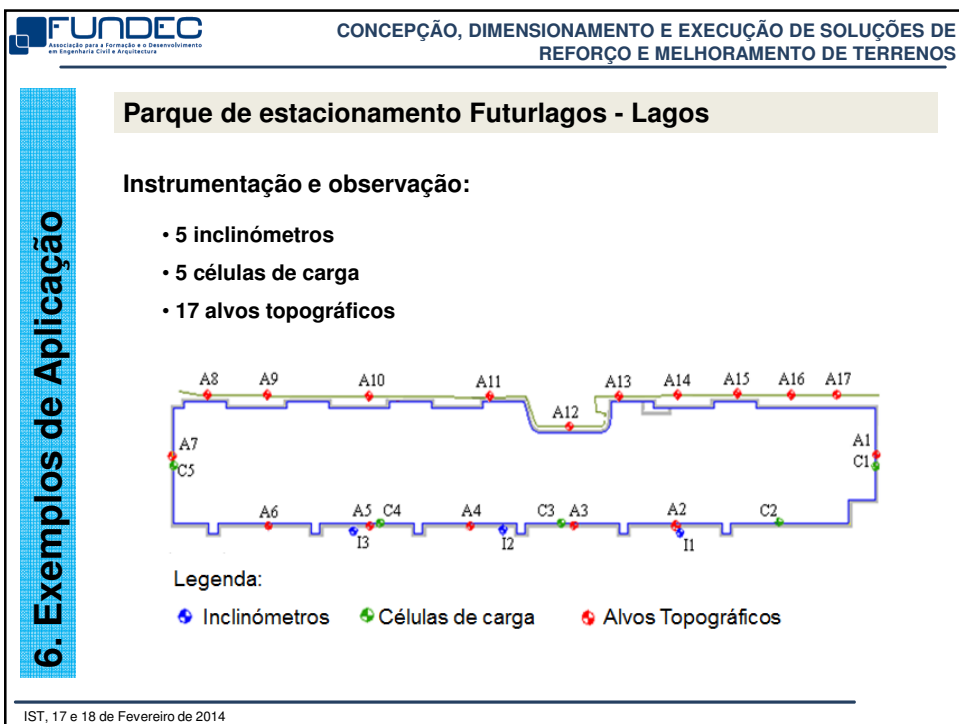
36 provetes de solo tratado ensaiados

	Valores médios
Resistência à compressão	3,1 MPa
Resistência à tração	0,3 MPa
Módulo de elasticidade	2,9 GPa





IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



Parque de estacionamento Futurlagos - Lagos
Considerações sobre a execução da obra:

- deslocamentos horizontais e verticais da cortina globalmente pequenos
- garantida a função de impermeabilização da cortina
- bom comportamento nas várias fases de escavação em termos de estabilidade e de controlo de deformações



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

Résidence May Flower – Antibes (França)


TECNOLOGIA DE FUNDAÇÕES, SA



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

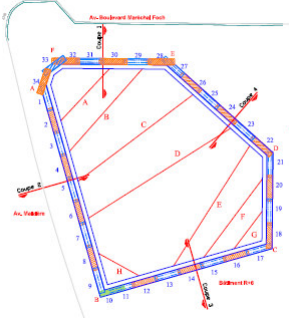
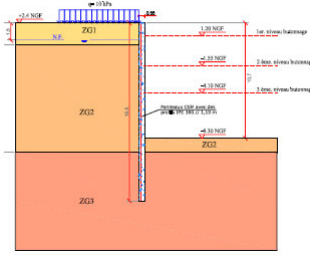


Associação para a Formação e o Desenvolvimento
em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

6. Exemplos de Aplicação

Résidence May Flower – Antibes (França)

- Área de escavação: 317m²
- Altura máxima de escavação: 11m
- Proximidade direta de arruamentos e edifícios (R+6 e R+8)
- 3 Níveis de escoras :Aplicação de Pré-esforço no 2º e 3º Níveis de escoramento

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



Associação para a Formação e o Desenvolvimento
em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

6. Exemplos de Aplicação

Résidence May Flower – Antibes (França)






IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

Résidence May Flower – Antibes (França)

Recolha de amostras frescas dos painéis de solo-cimento:

- Resistência à Compressão Simples – **8 MPa aos 28 dias**

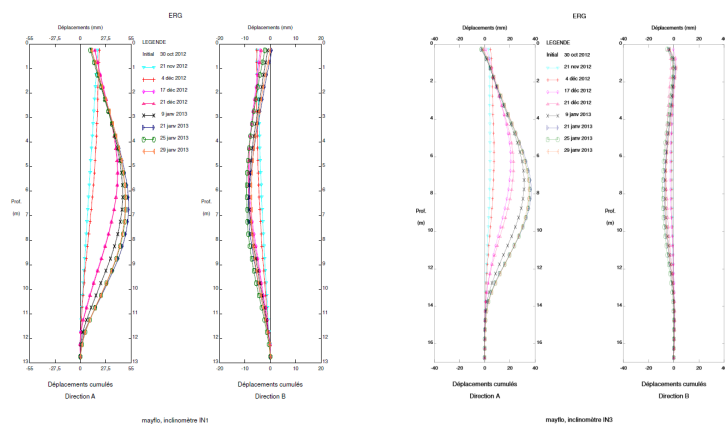


IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

FUNDEC
Associação para a Formação e o Desenvolvimento
em Engenharia Civil e Arquitetura

Résidence May Flower – Antibes (França)

Acompanhamento dos deslocamentos da parede através de inclinómetros:



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



Associação para a formação e o desenvolvimento
em Engenharia Civil e Arquitectura

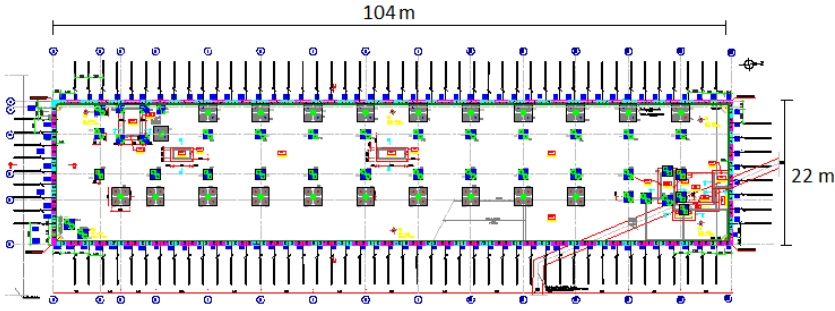
CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

6. Exemplos de Aplicação

Edifício sede do Grupo Azinor – Parque das Nações







Cortina periférica em painéis CSM, ancorados provisoriamente

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



Associação para a formação e o desenvolvimento
em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

6. Exemplos de Aplicação

Edifício sede do Grupo Azinor – Parque das Nações

Condiçionamentos Geotécnicos

- Aterros
- Lodos
- Argilas e arenitos desagregados
- Calcareenitos e Arenitos (Miocénico)

Existência do nível freático a 4,40 metros

Período de execução: 3 meses



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

6. Exemplos de Aplicação

Edifício sede do Grupo Azinor – Parque das Nações

Ensaio De Compressão Simples

Resistência à compressão simples
dos painéis nos lodos (28 dias) —————> valor médio de 4 MPa

Resistência à compressão simples
dos painéis no aterra (28 dias) $\longrightarrow$ valor médio de 5,8 MPa

Modulo de deformabilidade $\longrightarrow$ valor médio de 0,85 MPa

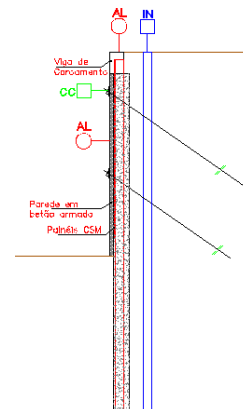
IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

6. Exemplos de Aplicação

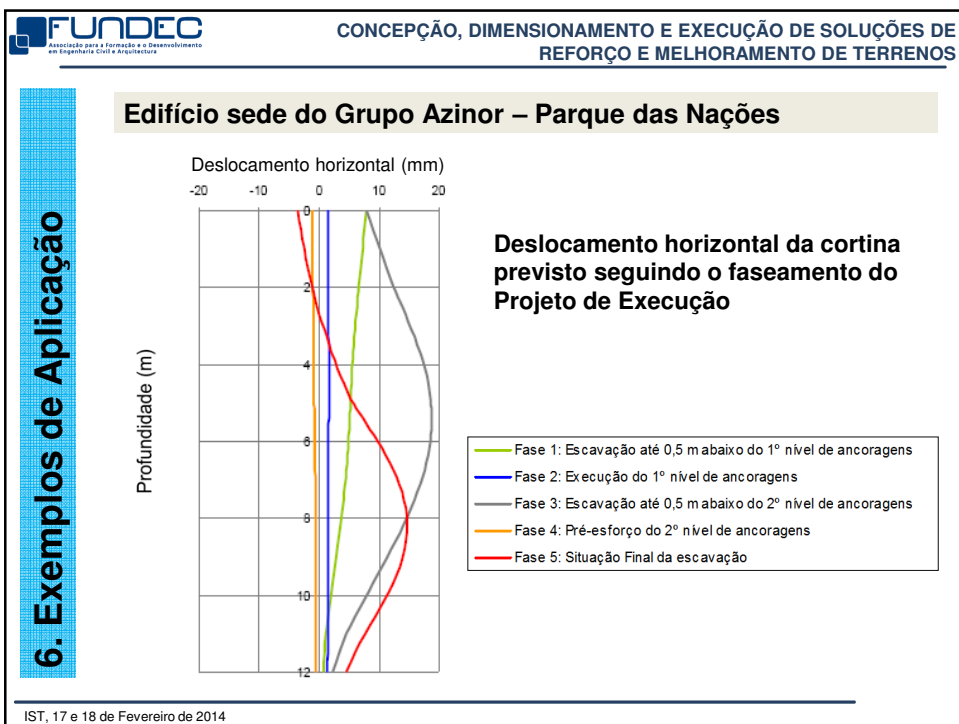
Edifício sede do Grupo Azinor – Parque das Nações

Instrumentação e observação:

- 4 inclinómetros
- 32 Alvos topográficos instalados na estrutura de contenção em dois níveis
- 3 Alvos topográficos instalados no Edifício Havana, localizado na proximidade da obra
- 4 Células de carga



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014







Associação para a formação e o Desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

6. Exemplos de Aplicação

Edifício sede do Grupo Azinor – Parque das Nações




IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



Associação para a formação e o Desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

6. Exemplos de Aplicação

Edifício sede do Grupo Azinor – Parque das Nações

Considerações finais sobre esta obra:

- Os deslocamentos da estrutura de contenção atingiram valores significativamente superiores aos expectáveis devido ao faseamento de escavação adotado diferir do preconizado em projeto.
- No final e através da instrumentação verificou-se que as medidas de contingência aplicadas permitiram garantir a segurança da estrutura até à fase final de escavação, tendo sido possível a recuperação do deslocamento máximo registado no topo da cortina de:
- **58,9 mm para 26,8 mm.**

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

6. Exemplos de Aplicação



CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

Aterro de alargamento da auto-estrada A8 - Loures







Localização da obra

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

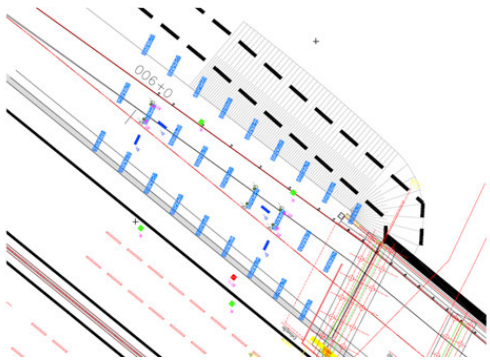
6. Exemplos de Aplicação



CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

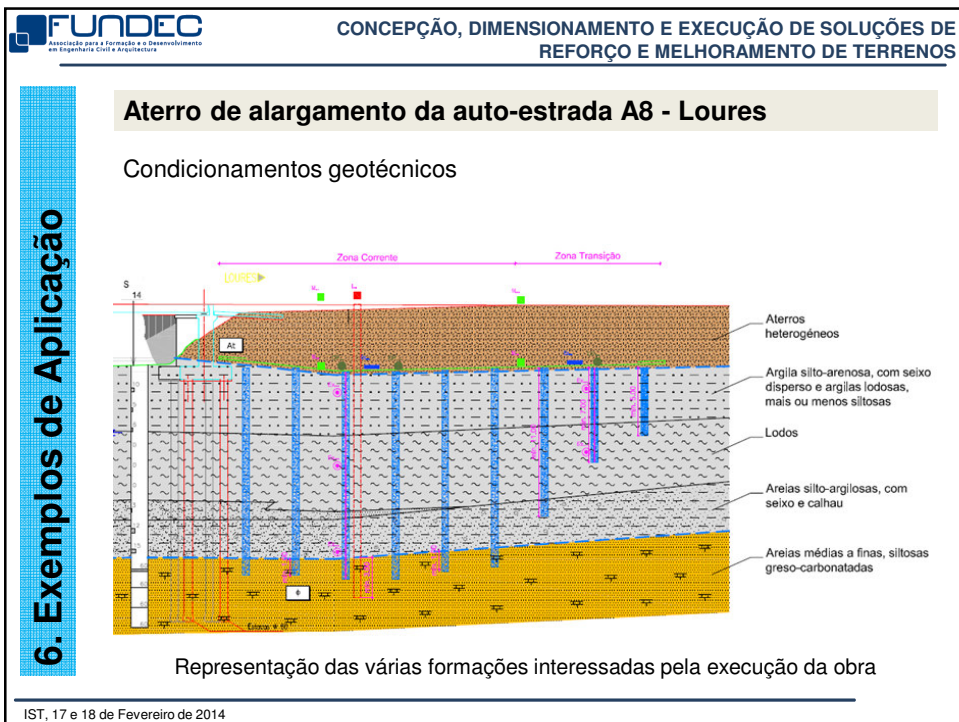
Aterro de alargamento da auto-estrada A8 - Loures

Solução de fundação indireta, recorrendo à execução de painéis de solo-cimento, materializados através da tecnologia CSM, para execução do aterro de alargamento da plataforma da auto-estrada A8, na zona de transição com uma obra de arte.



Malha de painéis CSM adoptada

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014





Associação para a Formação e o Desenvolvimento
em Engenharia Civil e Arquitectura

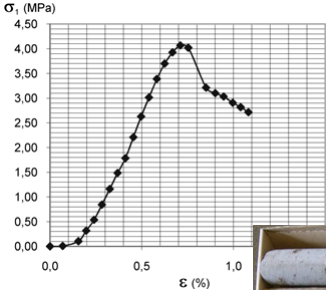
CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

6. Exemplos de Aplicação

Aterro de alargamento da auto-estrada A8 - Loures

Caroteamento dos painéis CSM para:

- determinação da resistência à rotura por compressão simples - 3 a 4 MPa
- determinação do módulo de deformabilidade - 0,8 a 1 GPa






IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



Associação para a Formação e o Desenvolvimento
em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

6. Exemplos de Aplicação

Aterro de alargamento da auto-estrada A8 - Loures

Celulas de carga de corda vibrante

Evolução da tensão efetivamente transmitida aos painéis CSM durante e após a execução do aterro




IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



Associação para a formação e o desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

6. Exemplos de Aplicação

Aterro de alargamento da auto-estrada A8 - Loures

Valores da pressão obtidos através das células de carga de corda vibrante

Data	14 Julho 2010		17 Setembro 2010	
Leitura	0		1	
Observações	Instalação (Leitura de referência)		1ª leitura	
Célula	Célula 1	Célula 2	Célula 1	Célula 2
T [µm]	330,6	320,4	331,7	321,2
t [°C]	36,1	36,9	25,8	25,6
Pressão	[kg/cm²]	15,79	16,59	16,68
	[kPa]	1548,7	1627,2	1635,9
D Pressão	[kg/cm²]	0,00	0,00	1,13
	[kPa]	0,00	0,00	110,55
				96,89

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



Associação para a formação e o desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

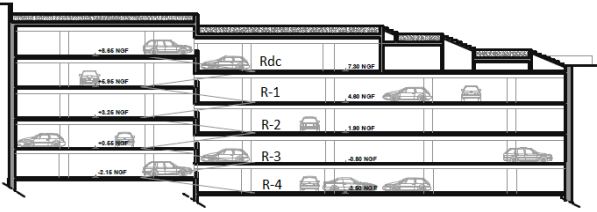
6. Exemplos de Aplicação

PARQUE SUBTERRÂNEO “SAINT NICOLAS” – CANNES

Dono de Obra:  Alexandre Barbosa Borges, S.A.

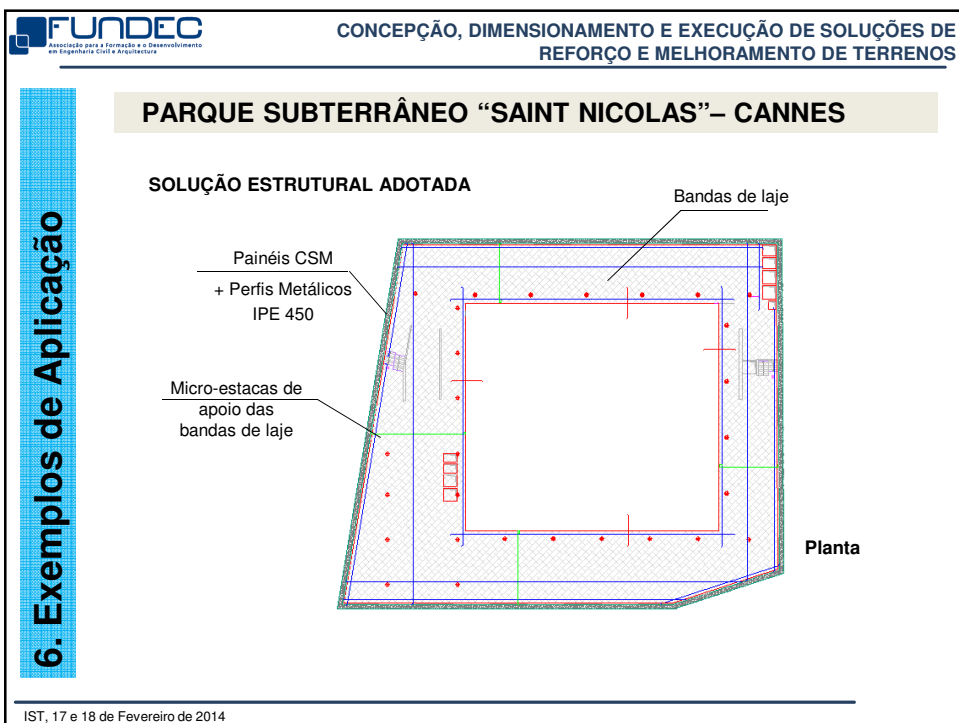
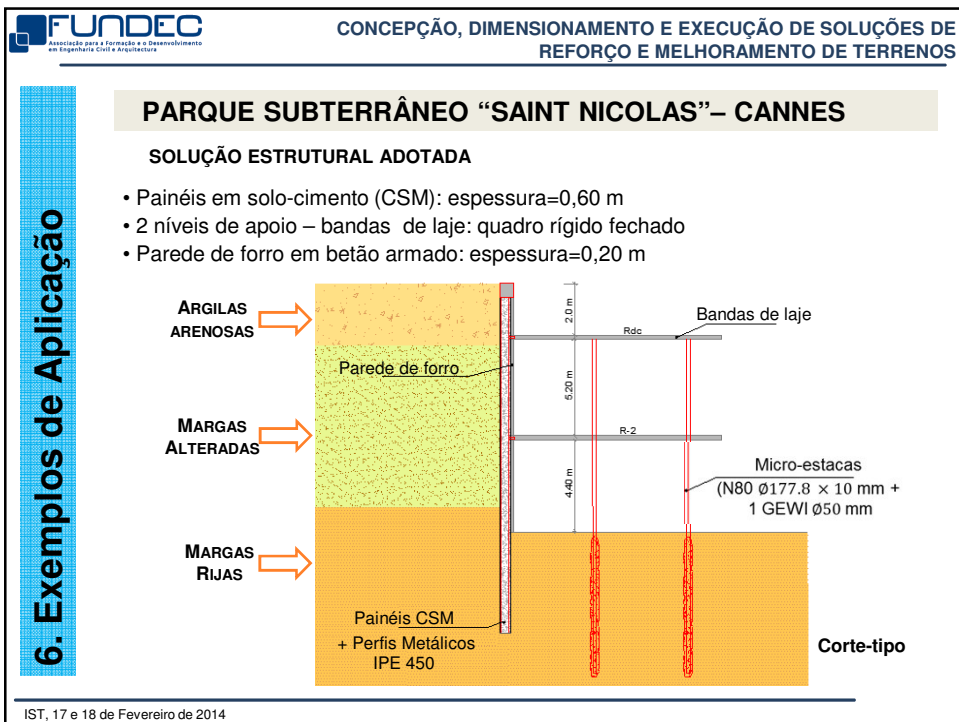
Empreiteiro Geral:  Alexandre Barbosa Borges, S.A.

Projectista:  **GEO-RUMO**
TECNOLOGIA DE FUNDACÕES, SA



- ✓ Profundidade de escavação: 12 metros
- ✓ Área de escavação: 2640 m²
- ✓ Período de execução: 5 meses

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



6. Exemplos de Aplicação



CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

PARQUE SUBTERRÂNEO “SAINT NICOLAS” – CANNES

Principais Quantidades

- 95 painéis de CSM: 1983 m³ de solo tratado
- 2562 ml de perfis metálicos IPE 450 (S 275)
- 589 ml de micro-estacas N80 ϕ 177,8x10 mm
- 589 ml de varões GEWI ϕ 50 mm colocados no interior das micro-estacas





IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

6. Exemplos de Aplicação



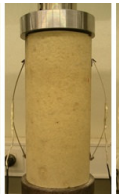
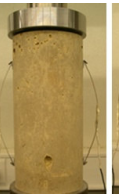
CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

PARQUE SUBTERRÂNEO “SAINT NICOLAS” – CANNES

CONTROLO DOS PARÂMETROS DE EXECUÇÃO

Ensaio de
compressão uniaxial

	Valores médios de Resistência à compressão (Mpa)			
	3 dias	7 dias	14 dias	28 dias
Série I	4,4	6,5	8,4	-
Série II	-	2,5	4,5	8,0
Série III	-	2,5	4,5	-
Série IV	-	2,5	6,0	-


IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



Associação para a formação e o desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

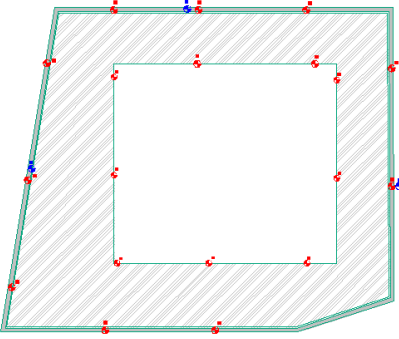
CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

6. Exemplos de Aplicação

PARQUE SUBTERRÂNEO “SAINT NICOLAS” – CANNES

INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO

- 3 inclinómetros
- 19 alvos topográficos
- deslocamentos horizontais inferiores aos limites estabelecidos até à fase final de escavação






Inclinómetros

Alvos Topográficos

	Deslocamentos horizontais
Critério de alerta	No topo da cortina: 10 mm
	Ao longo da altura: 20 mm
Critério de alarme	No topo da cortina: 15 mm
	Ao longo da altura: 30 mm

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



Associação para a formação e o desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

6. Exemplos de Aplicação

PARQUE SUBTERRÂNEO “SAINT NICOLAS” – CANNES

- bom comportamento nas várias fases de escavação em termos de estabilidade e de controlo de deformações;
- solução vantajosa relativamente a soluções de travamento tradicionais:
 - incorporação de elementos da estrutura definitiva
 - dispensa a utilização do subsolo vizinho




IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

6. Exemplos de Aplicação



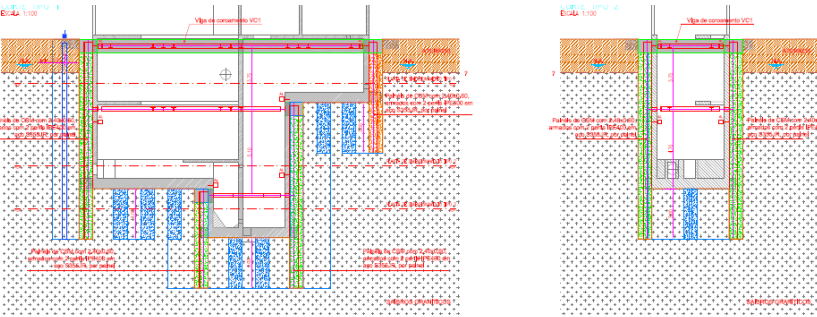
CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

INTERCEPTOR DO RIO AVE - GUIMARÃES

Dono de Obra: ÁGUAS DO NORDESTE, S.A.

Empreiteiro Geral: **dst**

Projectista: **JEYSJ** geotecnia



Corte transversal e longitudinal da estrutura de contenção da estação elevatória

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

6. Exemplos de Aplicação



CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

INTERCEPTOR DO RIO AVE - GUIMARÃES

ESTRUTURA DE CONTENÇÃO PERIFÉRICA ATRAVÉS DA EXECUÇÃO DE PAINÉIS CSM ARMADOS COM PERFIS METÁLICOS IPE400




IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



FUNDEC

Associação para a formação e o Desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

6. Exemplos de Aplicação

INTERCEPTOR DO RIO AVE - GUIMARÃES

Condicionamentos Geotécnicos:

- Camada superficial de terra vegetal
- Saibros graníticos, de grão médio a grosseiro, resultantes da alteração do maciço granítico em profundidade.

Período de execução: Setembro a Outubro de 2009



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



FUNDEC

Associação para a formação e o Desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

6. Exemplos de Aplicação

INTERCEPTOR DO RIO AVE - GUIMARÃES

Principais Quantidades:

- 749 m³ de solo tratado
- 73 toneladas de perfis metálicos IPE400




IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

6. Exemplos de Aplicação



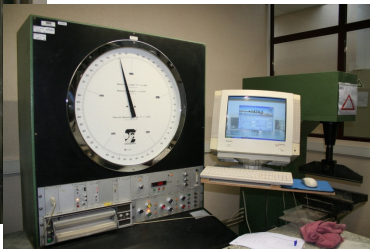
CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

INTERCEPTOR DO RIO AVE - GUIMARÃES

INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO

Recolha de amostras frescas de solo-cimento:

- determinação da resistência à rotura por compressão simples
4,8 a 8,7 Mpa

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

6. Exemplos de Aplicação



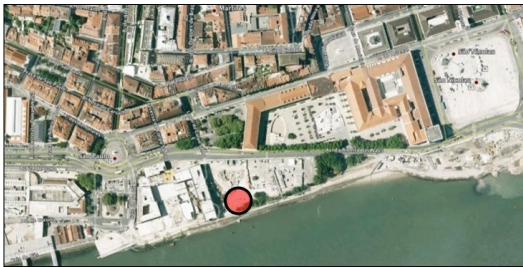
CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

Intercetor Terreiro do Paço - Cais do Sodré - LISBOA

Dono de Obra: 

Empreiteiro Geral: 

Projectista: 



Estrutura de contenção e fundações para execução do Intercetor

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

6. Exemplos de Aplicação



**CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS**

Intercetor Terreiro do Paço - Cais do Sodré - LISBOA

Condicionamentos Geotécnicos

Depósitos de aterro quer antigos (terramoto de 1755) quer recentes ("perré" de protecção contra as vagas)

Aluviões modernas

Miocénico

- Proximidade da obra com a frente marítima
- Profundidades elevadas (28 ml)
- Obstáculos enterrados

Período de execução: 5meses

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



**CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS**

Intercetor Terreiro do Paço - Cais do Sodré - LISBOA

SOLUÇÃO ESTRUTURAL ADOPTADA

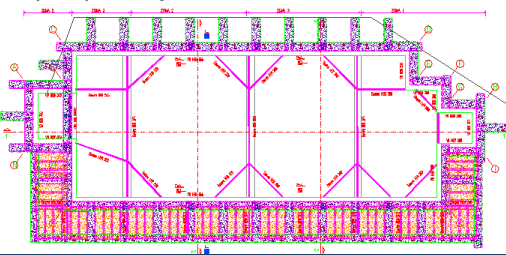
Estrutura de contenção:

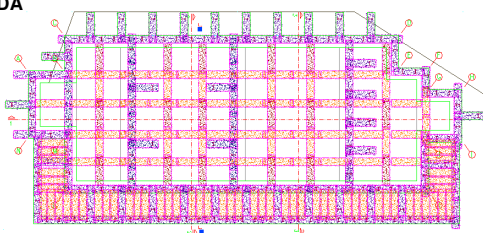
Painéis CSM armados
(2,40 x 0,60) m²

Fundações:

Painéis CSM (2,40 x 0,60) m².

Ficha de 16 m abaixo do fundo de escavação
para penetração no substrato Miocénico





- Contrafortes** ao longo do perímetro da contenção para incremento da rigidez
- Travamento por meio de **escoramento metálico**

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



Associação para a formação e o desenvolvimento
em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

6. Exemplos de Aplicação

Intercetor Terreiro do Paço - Cais do Sodré - LISBOA




Principais quantidades

- 5822 m³ de solo tratado (CSM)
- 198 574 kg perfis metálicos verticais IPE 300



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



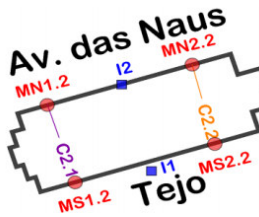
Associação para a formação e o desenvolvimento
em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

6. Exemplos de Aplicação

Intercetor Terreiro do Paço - Cais do Sodré - LISBOA

INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO

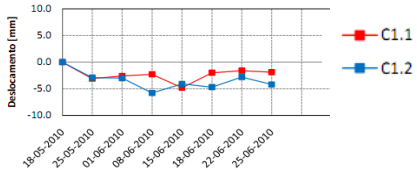


- 64 alvos topográficos distribuídos em 4 níveis
- 2 Inclínómetros

• Deslocamentos globalmente pequenos ao longo da execução da obra

Controlo dos parâmetros de execução:

- Resistência à Compressão Simples – **6 MPa** aos 28 dias
- Módulo de Deformabilidade – **0,95 Gpa** aos 28 dias



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



Associação para a Formação e o Desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

6. Exemplos de Aplicação

Linha Cintura Areeiro-Oriente - LISBOA

Dono de Obra: 

Empreiteiro Geral: 

Projectista:  /  TECNOLOGIA DE FUNDAÇÕES, SA

Descrição da *Solução Adoptada – CSM*

Cortina constituída por **Painéis de Cutter Soil Mixing armados** com perfis metálicos verticais, prevendo-se um **capeamento em betão armado** de 0,20 m de espessura e vigas de distribuição para **ancoragens as definitivas**.

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



Associação para a Formação e o Desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

6. Exemplos de Aplicação

Linha Cintura Areeiro-Oriente - LISBOA

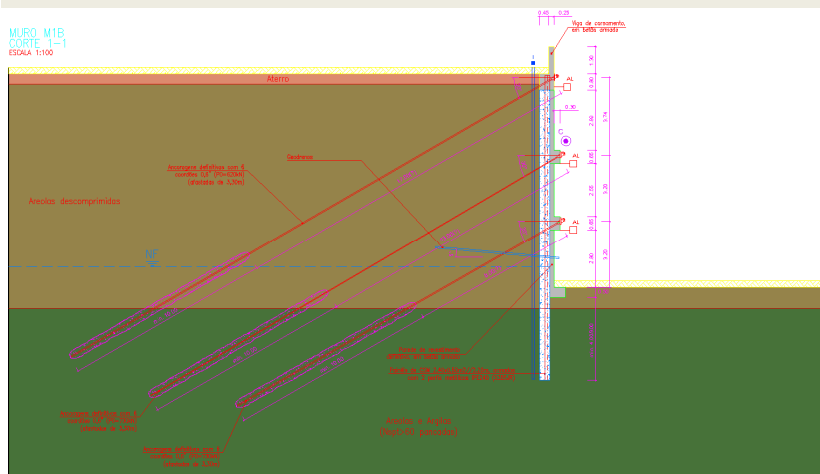
Estrutura de Contenção – Painéis de Cutter Soil Mixing:

- Painéis CSM de 0,55 m** de espessura:
Resistência Compressão Simples do solo-cimento 4MPa
Módulo de Deformabilidade de 1GPa;
- Perfis Metálicos Verticais **IPE 240 em Aço S355 JR**;
- Ancoragens definitivas: Pré-esforço até **730 KN** afastadas **3,30 m**;
- 1 a 3 níveis de ancoragens;
- Capeamento em betão armado** (C30/37 XC4; Aço A500 NR-SD) com 0,20 m de espessura;
- Vigas de distribuição** (0,20+0,30)x0,65 m² para as ancoragens.

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

6. Exemplos de Aplicação

Linha Cintura Areeiro-Oriente - LISBOA



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

6. Exemplos de Aplicação

Linha Cintura Areeiro-Oriente - LISBOA



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



Associação para a formação e o desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

6. Exemplos de Aplicação

Linha Cintura Areeiro-Oriente - LISBOA




IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



Associação para a formação e o desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

6. Exemplos de Aplicação

Linha Cintura Areeiro-Oriente - LISBOA



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



Associação para a formação e o Desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

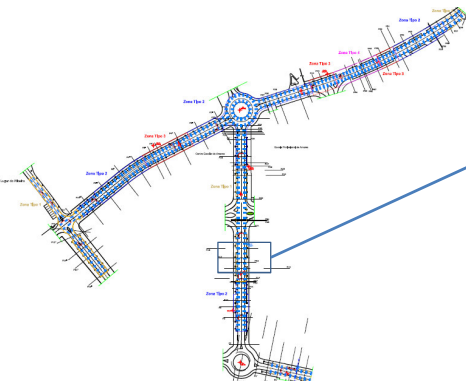
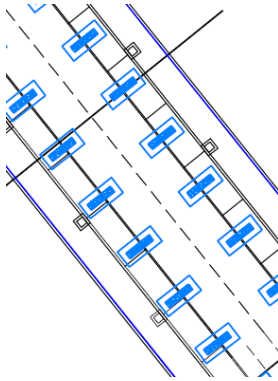
6. Exemplos de Aplicação

CIRCULAR DO COMPLEXO ESCOLAR DE AMARES – BRAGA

Dono de Obra: Câmara Municipal de Amares

Empreiteiro Geral:  /  Alexandre Barbosa Borges, S.A.

Projectista:  TECNOLOGIA DE FUNDAÇÕES, SA

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014
ÁREA DE INTERVENÇÃO
PORMENOR



Associação para a formação e o Desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

6. Exemplos de Aplicação

CIRCULAR DO COMPLEXO ESCOLAR DE AMARES – BRAGA

Condicionalismos Geotécnicos

- Aterros heterogéneos e solos de cobertura;
- Solos arenosos, com contaminação orgânica, cor castanho escuro;
- Solo residual do granito, cor castanho-alaranjado;
- Granito biotítico, com rara moscovite de tendência porfiróide, de grão médio a fino.



Necessidade de tratamento dos aterros heterogéneos e solos arenosos com fracas características de resistência, deformabilidade e elevadas percentagens de matéria orgânica.

PRINCIPAIS QUANTIDADES

3 373,3 m³ solo tratado

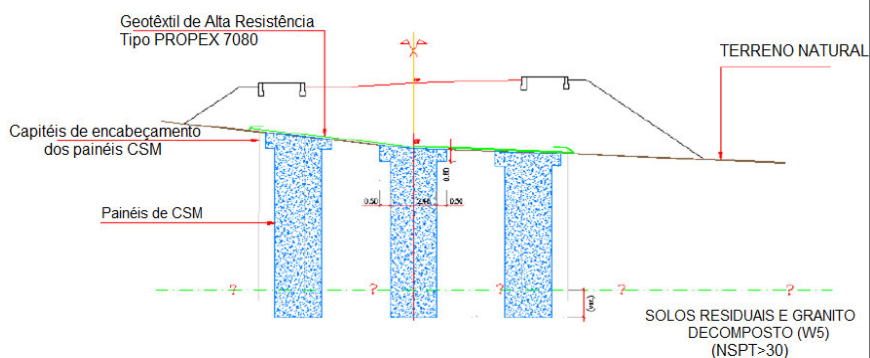
IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

6. Exemplos de Aplicação

CIRCULAR DO COMPLEXO ESCOLAR DE AMARES – BRAGA

SOLUÇÃO ADOPTADA

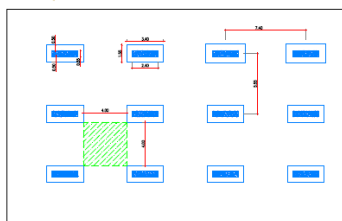
MALHA DE PAINÉIS ADOPTADA EM CADA ZONA-TIPO, DEFINIDA EM FUNÇÃO DA ALTURA FINAL DO ATERRO (ALTURA DOS ATERROS VARIÁVEL ENTRE 1,0 m e 4,6 m)



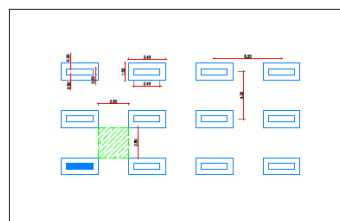
IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

CIRCULAR DO COMPLEXO ESCOLAR DE AMARES – BRAGA

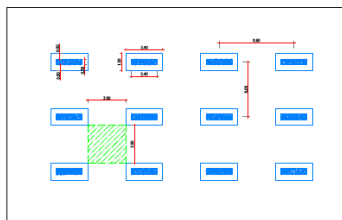
6. Exemplos de Aplicação



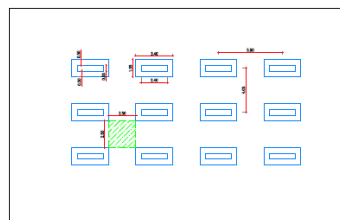
Zona Tipo 3



Zona Tipe 2



Zona Tipe 4

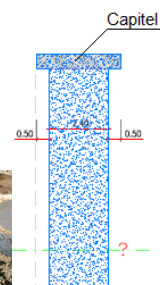


IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

6. Exemplos de Aplicação

CIRCULAR DO COMPLEXO ESCOLAR DE AMARES – BRAGA

- Execução de **capitéis** constituídos pelo refluxo resultante da execução dos painéis de CSM de modo a facilitar o encaminhamento das cargas para os painéis.



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

6. Exemplos de Aplicação

CIRCULAR DO COMPLEXO ESCOLAR DE AMARES – BRAGA



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



Associação para a Formação e o Desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

6. Exemplos de Aplicação

CIRCULAR DO COMPLEXO ESCOLAR DE AMARES – BRAGA

Recolha de amostras dos painéis CSM executados:

- resistência à rotura por compressão simples (aos 7 dias): **4,5 Mpa** (valor médio).

↓

- Valor da resistência à compressão exigido em projecto : **4,0 Mpa**.

PRINCIPAIS QUANTIDADES

3 373,3 m³ solo tratado



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



Associação para a Formação e o Desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE
REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

OBRIGADO PELA ATENÇÃO



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014