

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

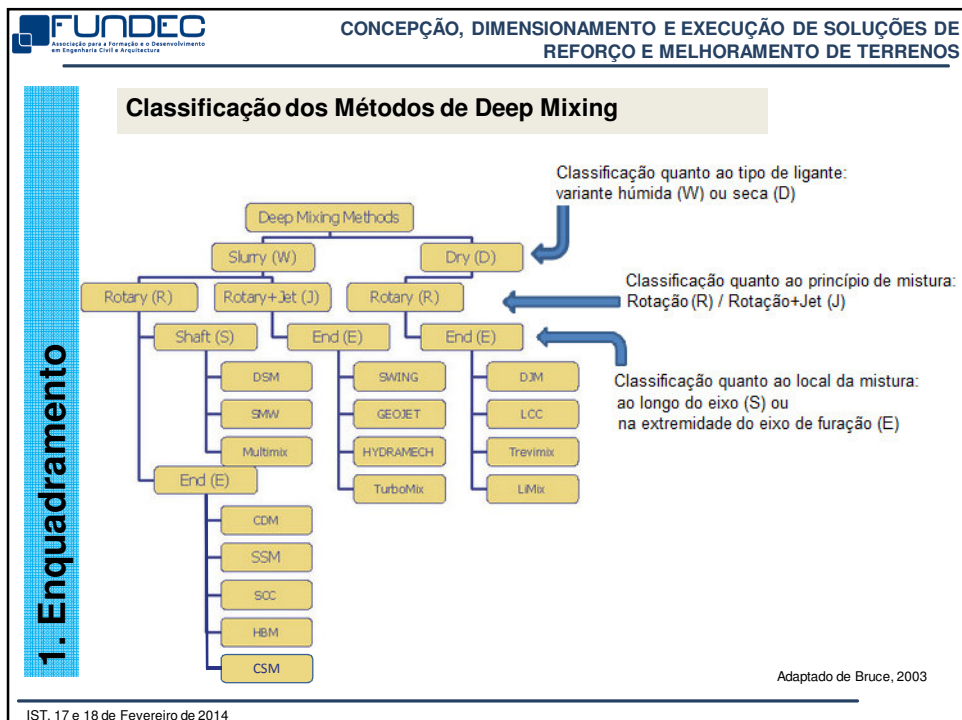
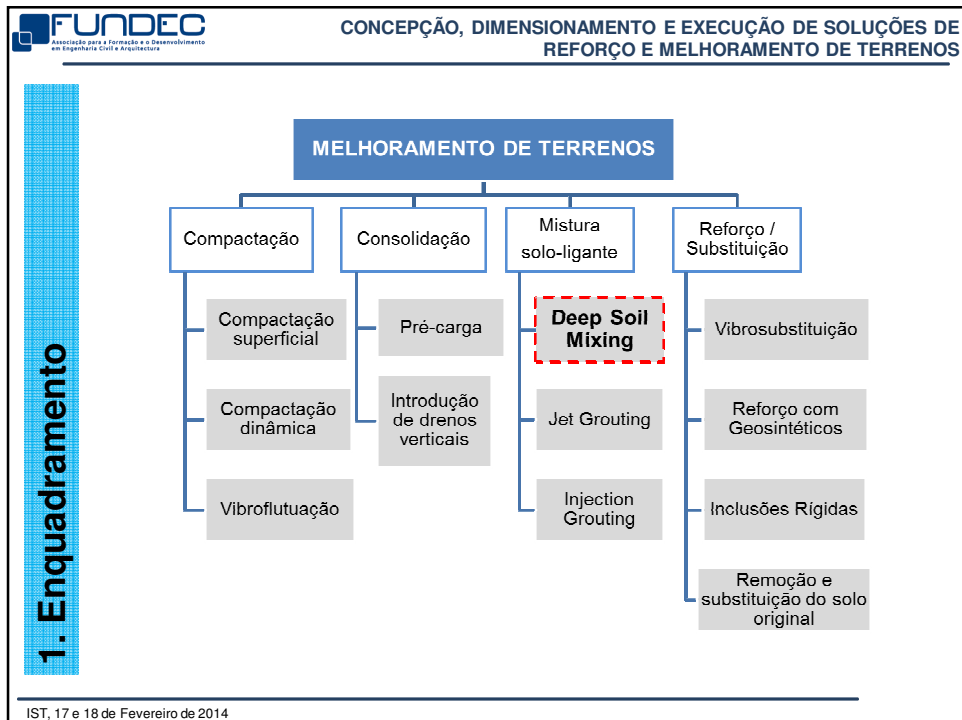


IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

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



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

2. Técnica de Deep Mixing

Deep Soil Mixing (DSM)

 Solo
Original

 Ligante
(cimento)

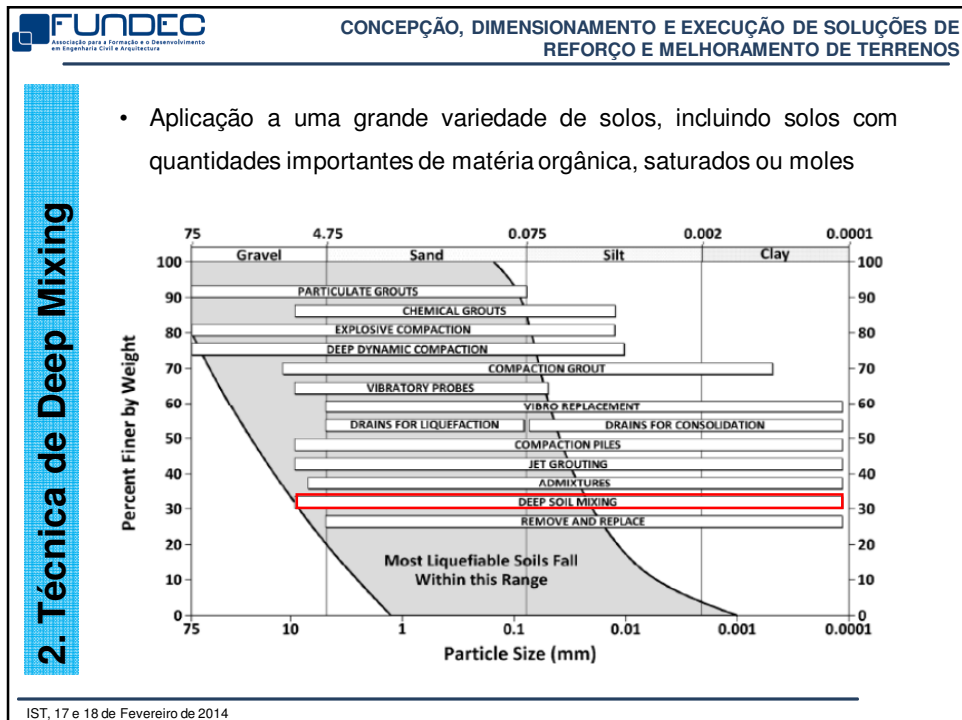

Água



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

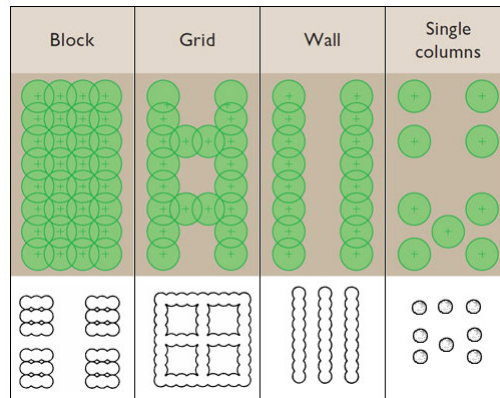
2. Técnica de Deep Mixing

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

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

Tipo de solo e composição da calda



- 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 ?

Ensaio prévio e controle qualidade durante a execução

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 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

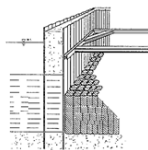
IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

DSM – Características técnicas

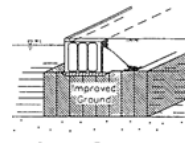
	Experiência Nórdica	Experiência Japonesa
Nº de ferramentas de Corte	1	1 ou 2
Diâmetro das colunas	0,4 m a 1 m	0,8 m a 1,3 m
Profundidade máxima de tratamento	25 m	33 m
Pressão de injeção do ligante	400 a 800 kPa	< 300 kPa
Quantidade de Ligante	100 kg/m ³ a 250 kg/m ³	100 kg/m ³ a 250 kg/m ³

EN 14679, 2005

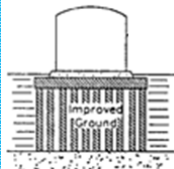
IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

Aplicações da técnica DSM

Estabilidade de terrenos

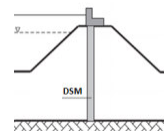
- Estruturas de contenção
- Estabilidade de taludes
- Controlo de deslizamentos


Aplicações costeiras e marítimas

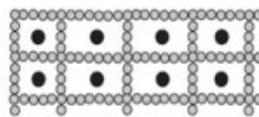
- Estruturas em cais
- Quebra-mares
- Portos


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

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

3. Cutter Soil Mixing

Origem da tecnologia

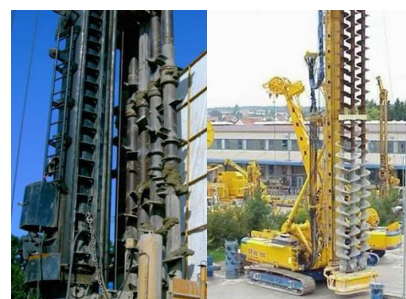
... é uma combinação

da tecnologia de hidrofresa com
rotação em eixos horizontais



e

do convencional sistema Soil Mixing
com rotação em eixos verticais



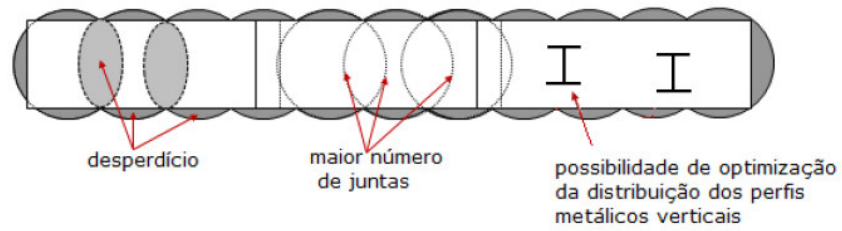
5 UNIDADES DE
MISTURA - JAPÃO

CABEÇA TRIPLA
ALEMANHA

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

3. Cutter Soil Mixing

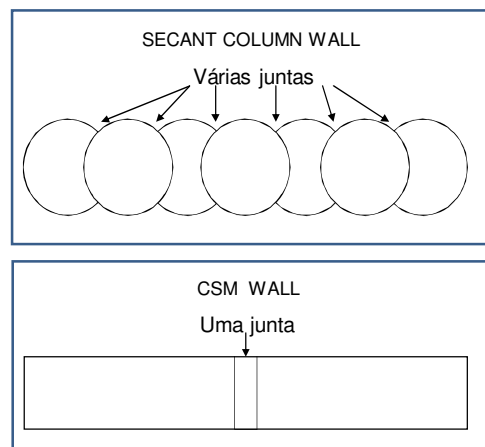
Vantagens



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

3. Cutter Soil Mixing

Vantagens



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

Principais equipamentos

- Equipamento base de rastos 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

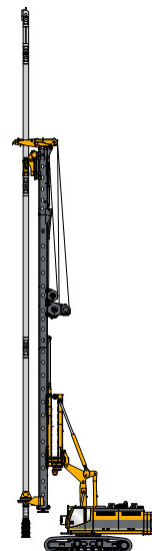
Equipamento Bauer Serie RG



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

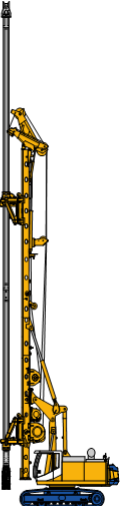
3. Cutter Soil Mixing

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

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

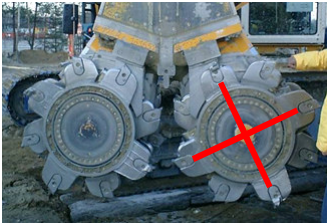
3. Cutter Soil Mixing

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

Cabeça de corte e mistura (cutter)



TIPO 1

Suporte de 4 dentes

Maior eficiência na mistura



TIPO 2

Suporte de 3 dentes

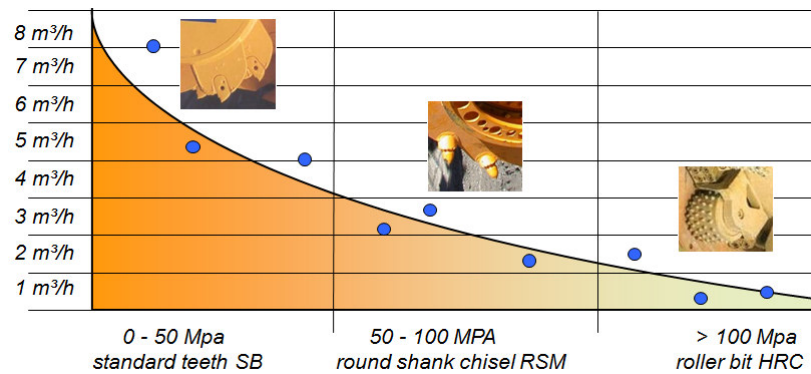
Maior capacidade de corte

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

3. Cutter Soil Mixing

Cabeça de corte e mistura (cutter)

Tipo de dentes em função da dureza do solo

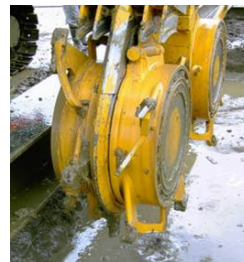


IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

3. Cutter Soil Mixing

Cabeça de corte e mistura (cutter)

Tipo de dentes em função da dureza do solo



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

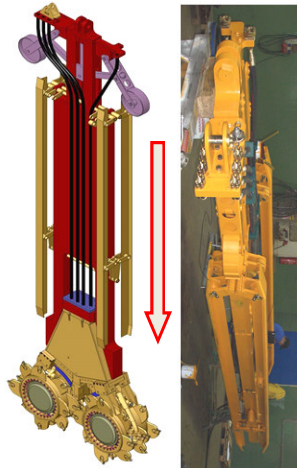
- Profundidades entre 30 - 80 m
- Corpo maciço em aço
- Controlo de estabilidade direcional através de elementos de correção - Flaps



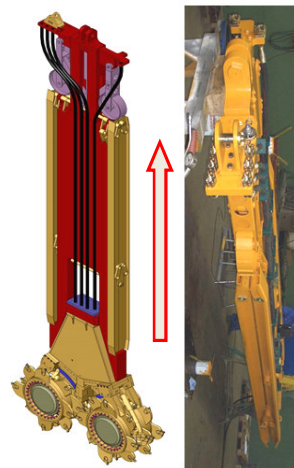
IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

Sistema suspenso

Flaps abertos em descendente



Flaps retraídos em ascendente



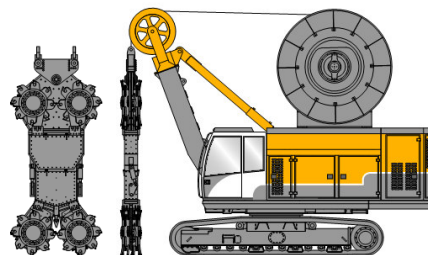
IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

Sistema suspenso - QuattroCutter

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

Duas cabeças de mistura
sobrepostas

- mistura mais homogênea
- maior rigor direcional para grandes profundidades



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

3. Cutter Soil Mixing

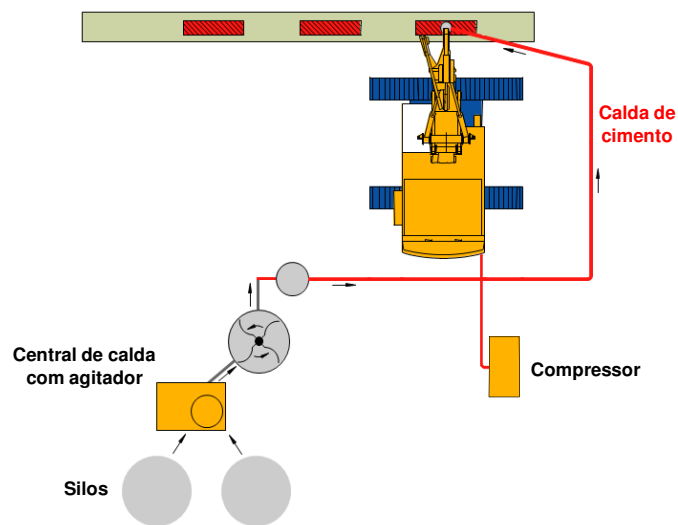
Sistema suspenso - SideCutter

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



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

4. Procedimento de execução

Sistema de uma fase - Estaleiro


IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

4. Procedimentos de execução

Sistema de uma fase

- Pré-escavação



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

4. Procedimentos de execução

Sistema de uma fase

- Pré-escavação
- Descida e mistura em descendente

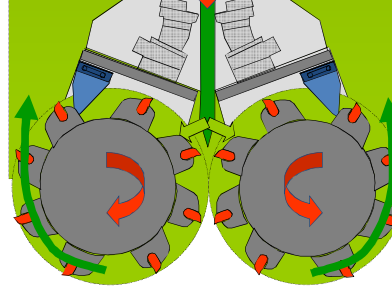


IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

4. Procedimentos de execução

Sistema de uma fase

- Pré-escavação
- Descida e mistura em descendente



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

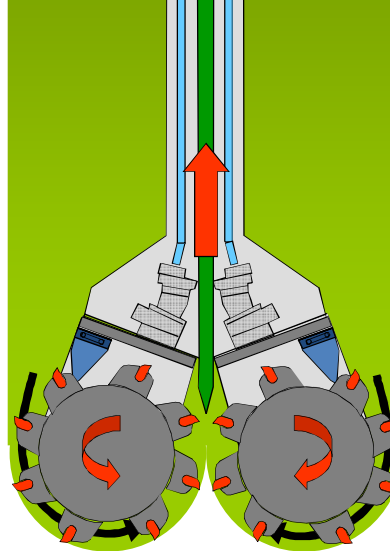


IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

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



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



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

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

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



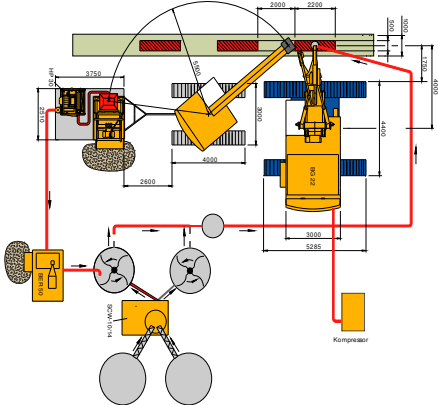
IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

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

4. Procedimentos de execução

Sistema de duas fases



Separção do solo e bentonite com desarenador



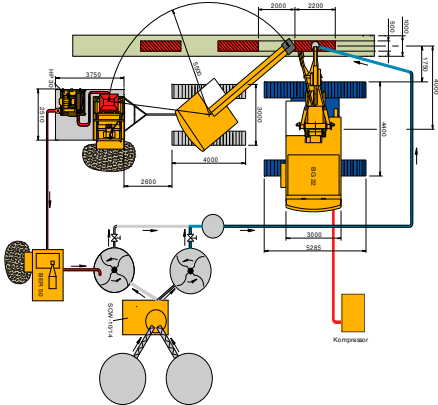
IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

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

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

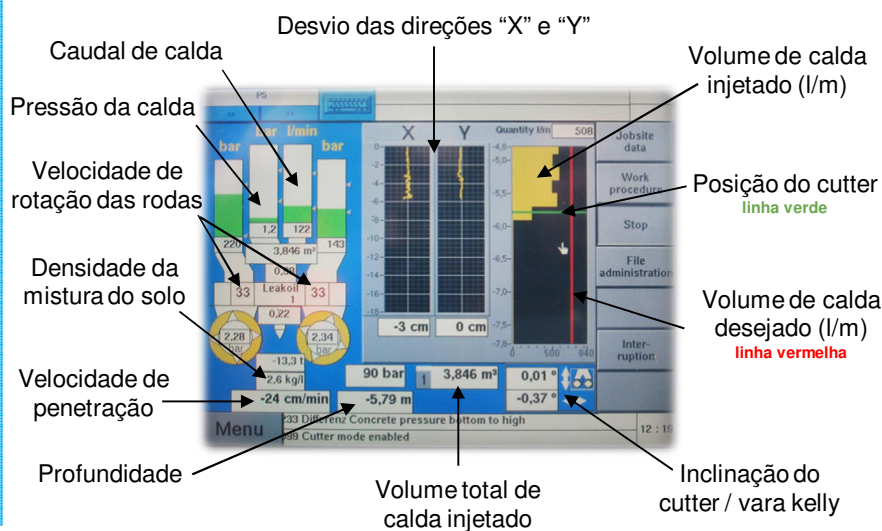
Os equipamentos de CSM dispõem de um conjunto de instrumentos que permitem ao operador, em tempo real, obter toda a informação necessária para monitorizar e controlar a qualidade da produção



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

Durante a execução dos trabalhos
5. Controlo de qualidade

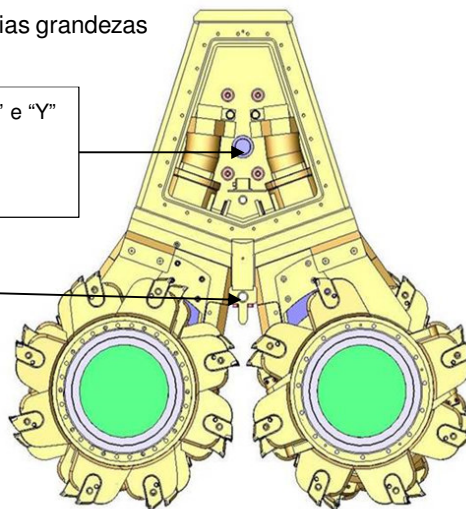

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

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


5. Controlo de qualidade

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

Durante a execução dos trabalhos

Observação do refluxo

Alteração das
propriedades
da calda



- Fluidificação correta
- Mistura homogênea

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

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

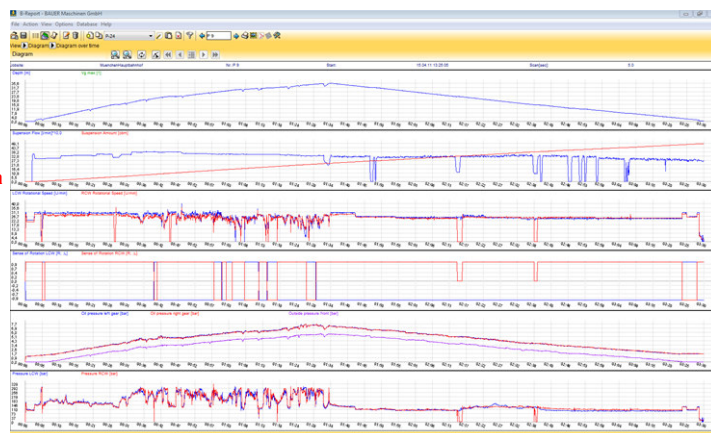
Esq. e Dir.

Pressão hydr.

Esq., Dir. e Ext.

Binário

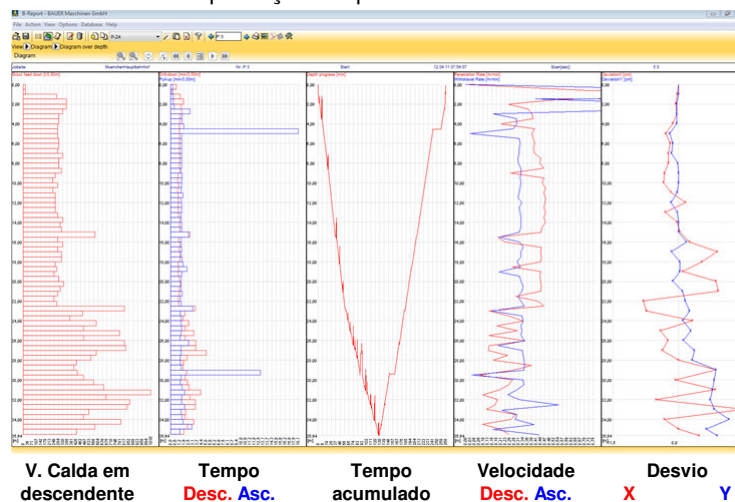
Esq. e Dir.



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

Após a execução dos trabalhos

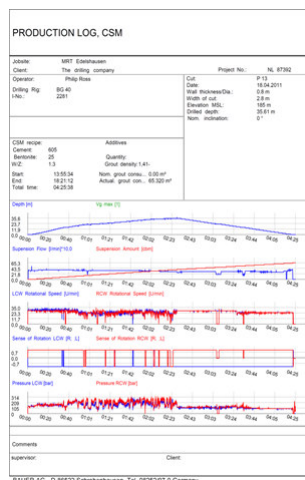
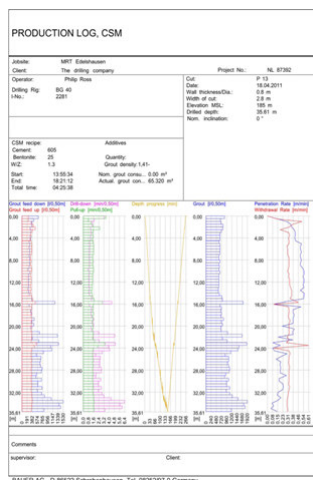
Análise dos dados de produção em profundidade – B-Tronic



IST. 17 e 18 de Fevereiro de 2014

Após a execução dos trabalhos

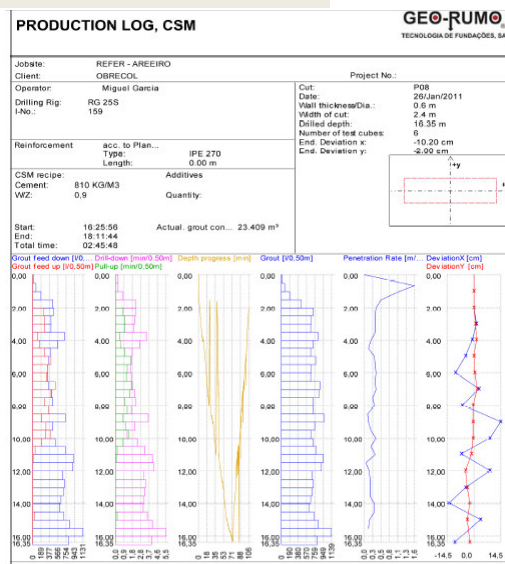
Possibilidade de emissão de relatórios para arquivo – B-Report



IST. 17 e 18 de Fevereiro de 2014

5. Controlo de qualidade

Após a execução dos trabalhos



IST. 17 e 18 de Fevereiro de 2014

5. Controlo de qualidade

Após a execução dos trabalhos

Relatórios de ensaios de compressão simples às amostras recolhidas

		Rapport d'essai RESISTANCE EN COMPRESSION Norme Européenne NF EN 12568-3	
Donneur d'ordre : EDIL-CLIMO			
Nom	Société	Référence :	Date :
Client	EDILTESTE, NABRÉLLET CATHOLIC	Objet de l'essai :	
Destinataire	destinataire	Type Caractéristique :	Appareil à brasser
Préparé par :	Reçu par :	Emetteur :	
Contrôle par :	Caractérisé par :	Destinataire :	
Reçu par :	Caractérisé par :	Destinataire :	
Reçu par :	Caractérisé par :	Destinataire :	
Particularités			
Essai sur Béton R28		NF EN 12568-3	
Résistance : Re = 24,0 MPa (à 28 Jours) Caractéristique Min (C1) : inférieure ou égale à 14,0 MPa Caractéristique Max (C2) : supérieure ou égale à 34,0 MPa		Résultat (Essai) : 24,0 MPa Résultat (C1) : 14,0 MPa Résultat (C2) : 34,0 MPa	
Conformité des données (NF EN 12568-3) : OK		Date d'essai :	
Essai sur Béton R28			
Date essai :	Essai :	Résultat :	Résultat (C1) :
03/03/13	Essai sur Béton R28 (à 28 Jours)	24,0 MPa	14,0 MPa
Observations :			
Données des essais effectués sur l'échantillon			
Essai : 03/03/13 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1		Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1	
Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1		Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1	
Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1		Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1	
Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1		Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1	
Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1		Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1	
Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1		Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1	
Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1		Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1	
Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1		Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1	
Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1		Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1	
Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1		Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1	
Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1		Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1	
Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1		Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1	
Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1		Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1	
Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1		Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1	
Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1		Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1	
Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1		Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1	
Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1		Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1	
Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1		Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1	
Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1		Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1	
Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1		Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1	
Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1		Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1	
Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1 Localisation de l'échantillon : 1		Localisation de l'échantillon : 1 	

[illegible]

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

Auto Estrada do Marão, S.A.



Construtores do Túnel 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

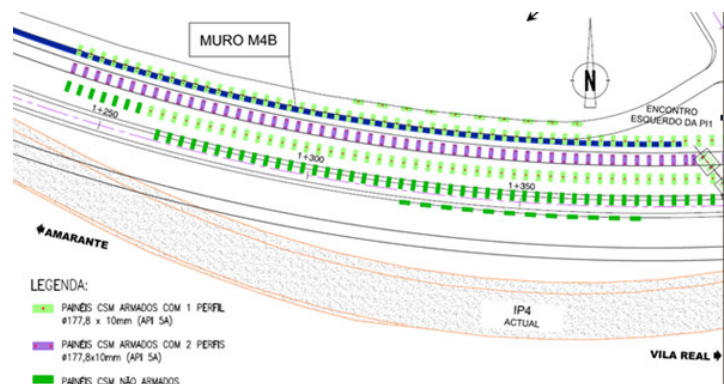
6. Exemplos de Aplicação



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

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

Os trabalhos executados consistiram no tratamento, através da execução de painéis CSM, do maciço de fundação de um muro de suporte do tipo de terra armada



Malha de painéis CSM adoptada

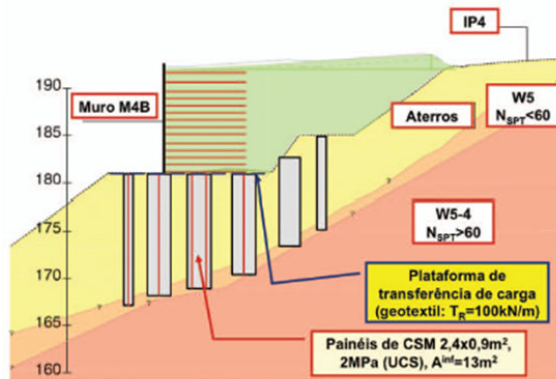
IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

6. Exemplos de Aplicação

Auto-estrada do Marão - A4 / IP4 - Amarante / Vila Real
Condicionamentos geotécnicos:

Aterros não controlados

Formações graníticas muito alteradas a decompostas



Corte transversal tipo

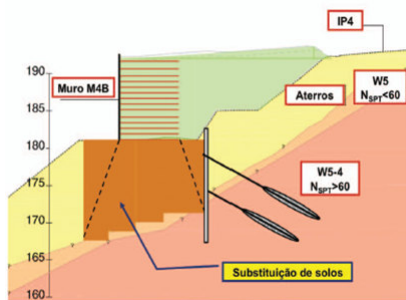
IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

6. Exemplos de Aplicação

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

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

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**

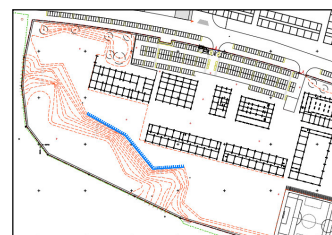
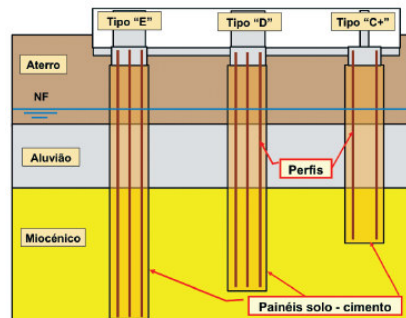
IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

Colégio Pedro Arrupe – Parque das Nações


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.

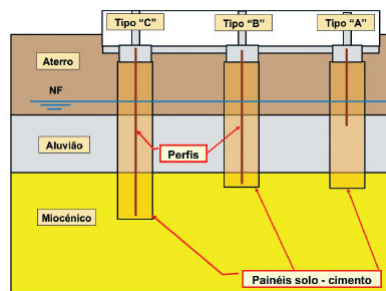


IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

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

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

Edifício Industrial - Fréjus (França)

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

Planetude
Ingenierie

GEO-RUMO
TECNOLOGIA DE FUNDAÇÕES, SA



Fotografia da fachada do edifício

6. Exemplos de Aplicação

6. Exemplos de Aplicação

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

6. Exemplos de Aplicação

6. Exemplos de Aplicação

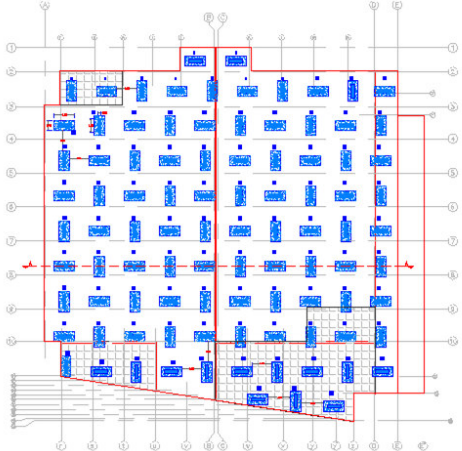


Associação para a Formação e o Desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura

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

Edifício Industrial - Fréjus (França)

Melhoramento do solo de fundação recorrendo a painéis com a tecnologia Cutter Soil Mixing (CSM)



Malha de painéis adotada

6. Exemplos de Aplicação

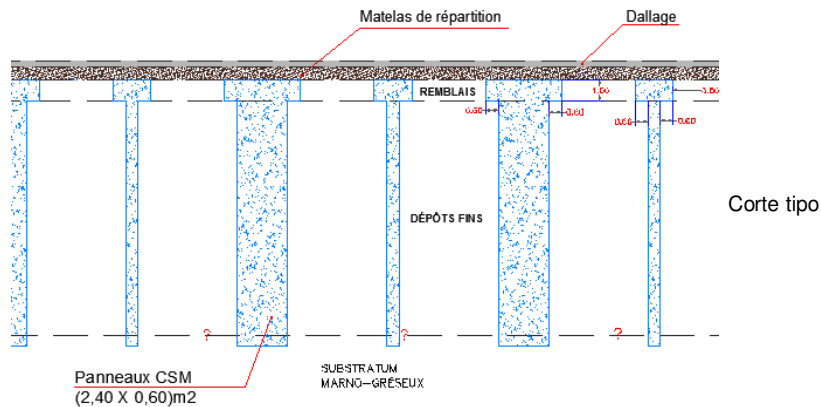
6. Exemplos de Aplicação

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

6. Exemplos de Aplicação

Edifício Industrial - Fréjus (França)

Aplicação da tecnologia de CSM para o melhoramento das características do solo, nomeadamente a sua resistência mecânica e permeabilidade.

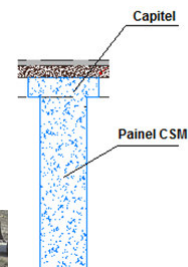


IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

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

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

Edifício Industrial - Fréjus (França)

Condiçionamentos 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

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

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

Parque de estacionamento Futurlagos - Lagos

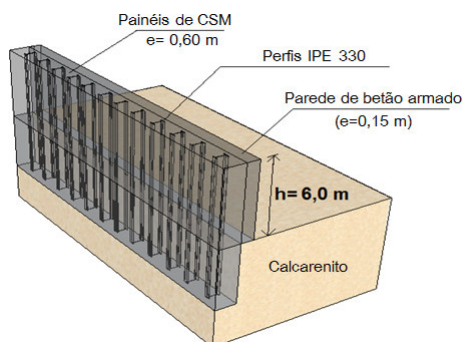
Estrutura provisória de suporte da escavação do parque subterrâneo



- 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

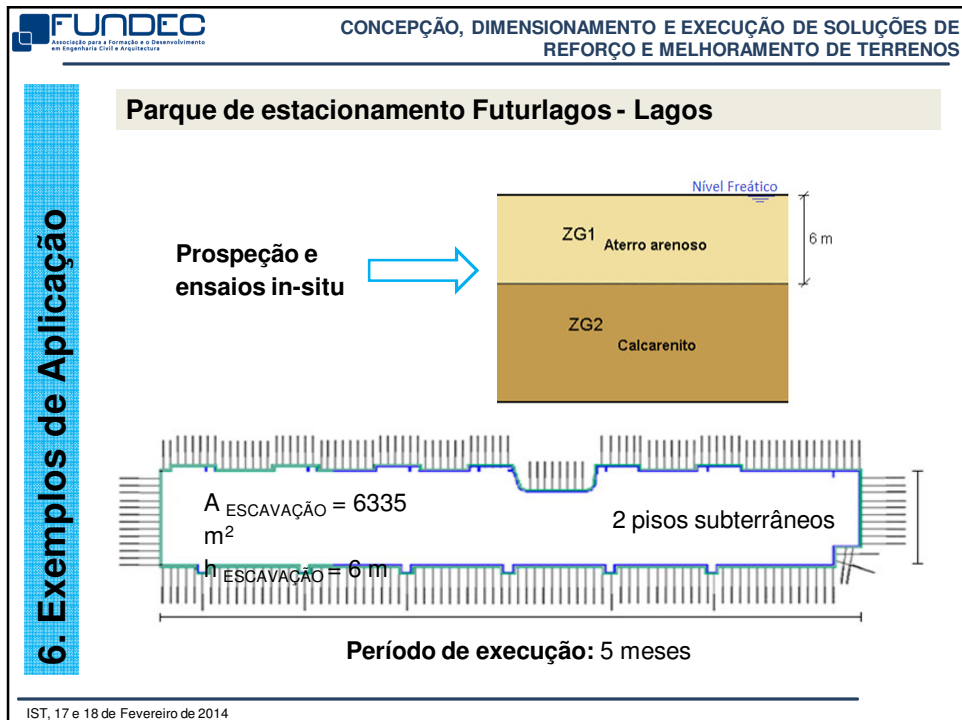
Parque de estacionamento Futurlagos - Lagos



Garantia de estabilidade
em fase provisória

Elemento de
impermeabilização

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014



6. Exemplos de Aplicação



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

Parque de estacionamento Futurlagos - Lagos

Controlo dos parâmetros de execução:

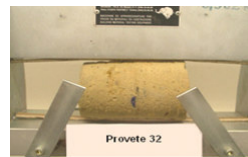
Ensaaios de compressão uniaxial

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

6. Exemplos de Aplicação

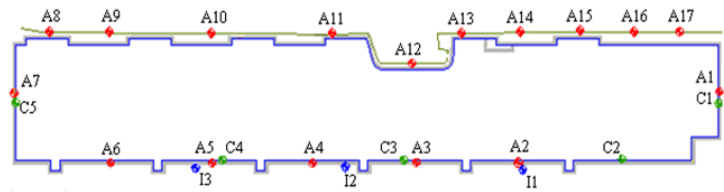


CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

Parque de estacionamento Futurlagos - Lagos

Instrumentação e observação:

- 5 inclinómetros
- 5 células de carga
- 17 alvos topográficos



Legenda:

⊕ Inclinómetros
 ⊕ Células de carga
 ⊕ Alvos Topográficos

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

Parque de estacionamento Futurlagos - Lagos

Instrumentação e observação:

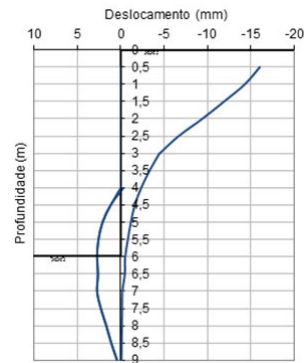
deslocamento horizontal máximo:

no sentido do maciço não escavado = 16 mm

no sentido do interior da escavação = 3 mm

Leituras inclinométricas

Envolvente de
deslocamentos horizontais



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

6. Exemplos de Aplicação

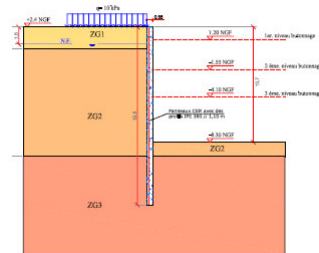
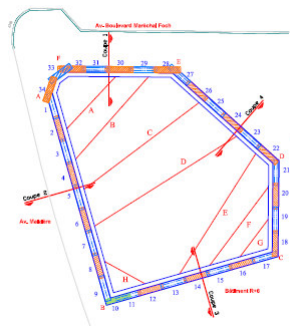
Résidence May Flower – Antibes (França)



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

6. Exemplos de Aplicação

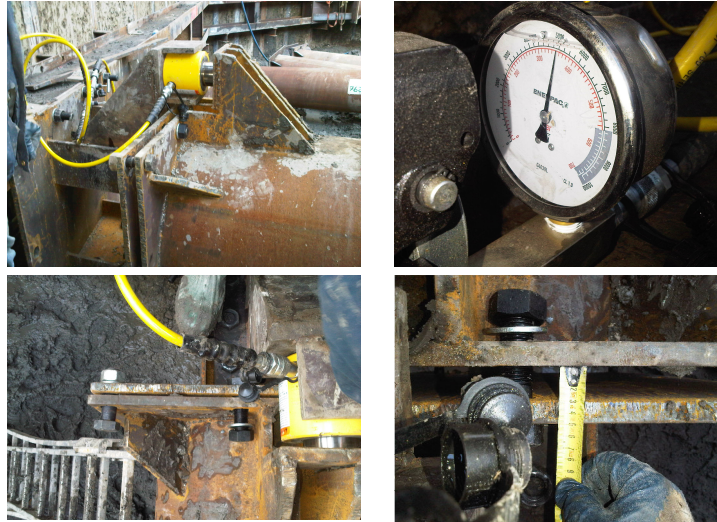
Résidence May Flower – Antibes (França)



- 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

6. Exemplos de Aplicação

Résidence May Flower – Antibes (França)


IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

6. Exemplos de Aplicação

Résidence May Flower – Antibes (França)
Recolha de amostras frescas dos painéis de solo-cimento:

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

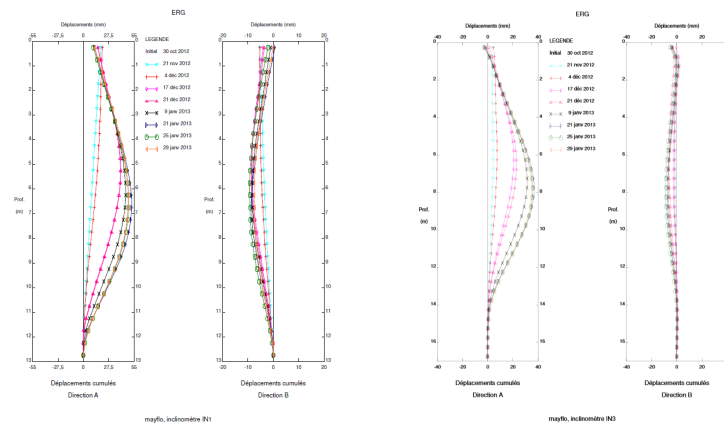


IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

6. Exemplos de Aplicação

Résidence May Flower – Antibes (França)

Acompanhamento dos deslocamentos da parede através de inclinómetros:

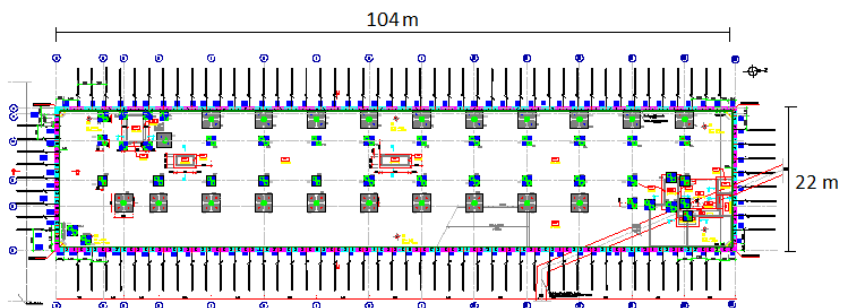


IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

6. Exemplos de Aplicação

Edifício sede do Grupo Azinor – Parque das Nações
AZINOR
 forward thinking

FDO
 CONSTRUÇÕES

GEO-RUMO
 TECNOLOGIA DE FUNDAÇÕES, SA


Cortina periférica em painéis CSM, ancorados provisoriamente

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

6. Exemplos de Aplicação

Edifício sede do Grupo Azinor – Parque das Nações

Condicionamentos Geotécnicos

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

Existência do nível freático a 4,40 metros

Período de execução: 3 meses



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

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 aterro (28 dias) → valor médio de 5,8 MPa

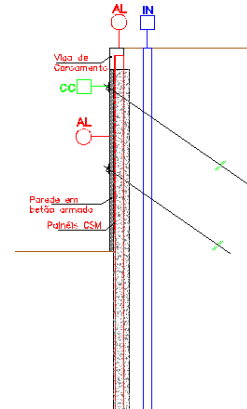
Modulo de deformabilidade → valor médio de 0,85 MPa

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

6. Exemplos de Aplicação

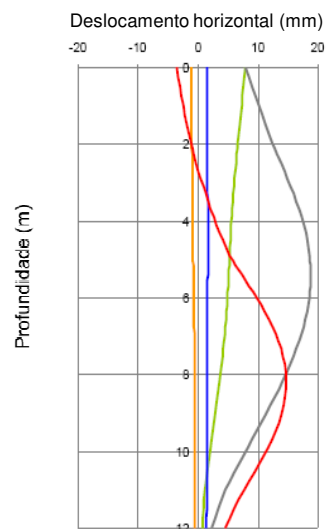
Edifício sede do Grupo Azinor – Parque das Nações
Instrumentação e observação:

- 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

6. Exemplos de Aplicação

Edifício sede do Grupo Azinor – Parque das Nações

Deslocamento horizontal da cortina previsto seguindo o faseamento do Projeto de Execução

- Fase 1: Escavação até 0,5 m abaixo do 1º nível de ancoragens
- Fase 2: Execução do 1º nível de ancoragens
- Fase 3: Escavação até 0,5 m abaixo do 2º nível de ancoragens
- Fase 4: Pré-esforço do 2º nível de ancoragens
- Fase 5: Situação Final da escavação

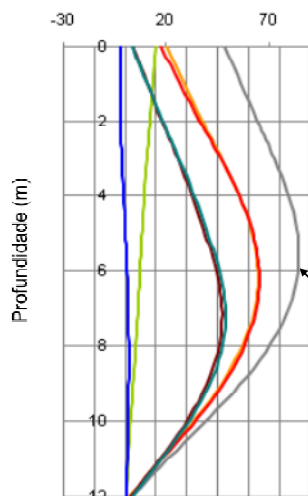
IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

Edifício sede do Grupo Azinor – Parque das Nações
6. Exemplos de Aplicação


IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

Edifício sede do Grupo Azinor – Parque das Nações
6. Exemplos de Aplicação

Deslocamento horizontal (mm)


**Deslocamento horizontal da cortina
segundo o faseamento adotado em
obra**

- Fase 1: Escavação até 1,30 m abaixo do 1º nível de ancoragens
- Fase 2: Aterro até 0,5 m abaixo do 1º nível de ancoragens e aplicação da força de pré-esforço
- Fase 3: Escavação até à profundidade máxima
- Fase 4: Aterro até 0,5 m abaixo do 1º nível de ancoragens, execução e pré-esforço de ancoragens de reforço
- Fase 5: Escavação até 0,5 m abaixo do 2º nível de ancoragens
- Fase 6: Pré-esforço das ancoragens do 2º nível
- Fase 7: Situação final da escavação

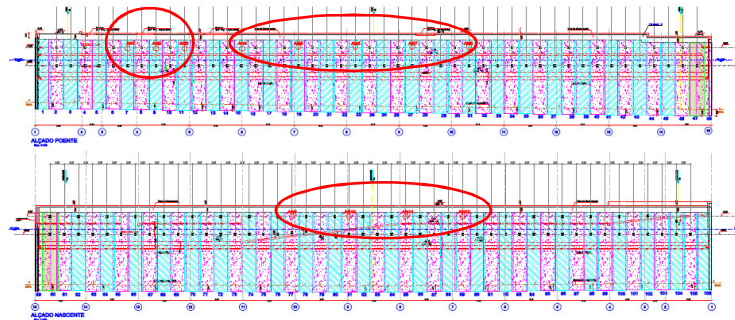
Deslocamento horizontal máximo registado na Fase 3, superior aos limites de alarme definidos no Plano de Instrumentação e Observação.

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

6. Exemplos de Aplicação

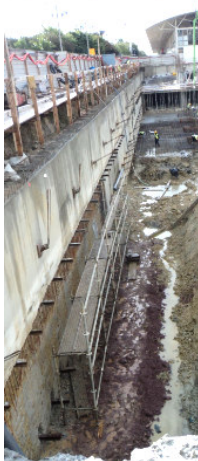
Edifício sede do Grupo Azinor – Parque das Nações
Aplicação de medidas de contingência:

- Aterro imediato até 0,5 m abaixo do 1º nível de ancoragens;
- Execução de 12 ancoragens de reforço no 1º nível;
- Escavação até 0,5 m abaixo da cota das ancoragens do 2º nível e respetiva execução;
- Escavação até à profundidade máxima.



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

6. Exemplos de Aplicação

Edifício sede do Grupo Azinor – Parque das Nações


IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

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

Aterro de alargamento da auto-estrada A8 - Loures

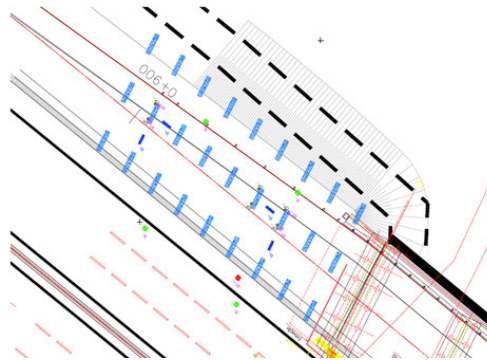


Localização da obra

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

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.

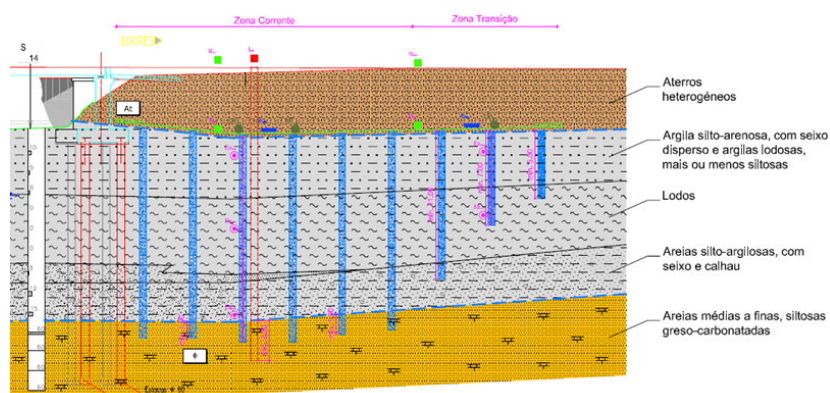


Malha de painéis CSM adoptada

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

Aterro de alargamento da auto-estrada A8 - Loures

Condiçionamentos geotécnicos



Representação das várias formações interessadas pela execução da obra

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

Aterro de alargamento da auto-estrada A8 - Loures

Período de execução: Junho 2010

Volume de tratamento: 428 m³



Fotografia da frente de obra durante a execução dos trabalhos

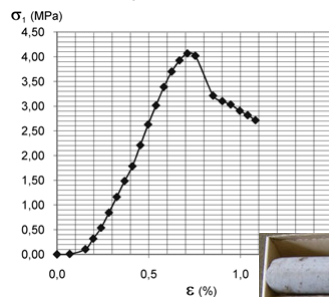
IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

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

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

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	17,05
	[kPa]	1548,7	1627,2	1635,9	1672,0
D Pressão	[kg/cm²]	0,00	0,00	1,13	0,99
	[kPa]	0,00	0,00	110,55	96,89

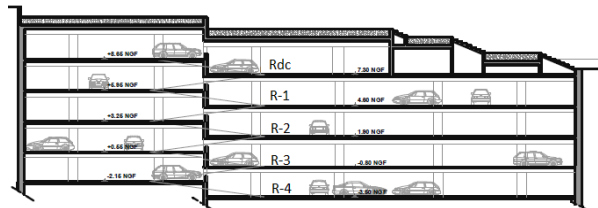
IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

PARQUE SUBTERRÂNEO “SAINT NICOLAS” – CANNES

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

Empreiteiro Geral: **ABB**
Alexandre Barbosa Borges, S.A.

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



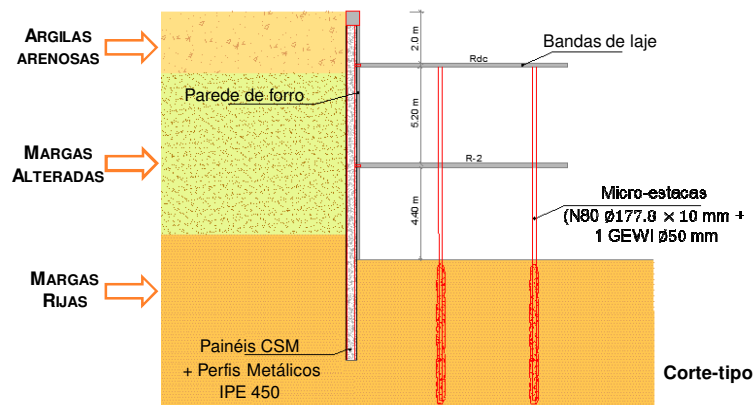
- ✓ Profundidade de escavação: 12 metros
- ✓ Área de escavação: 2640 m²
- ✓ Período de execução: 5 meses

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

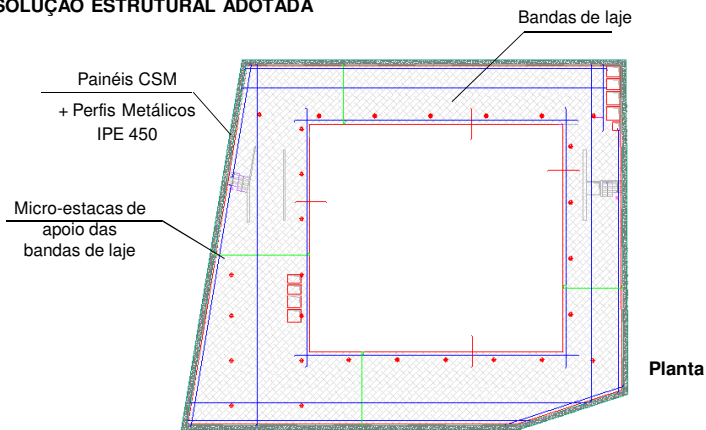
PARQUE SUBTERRÂNEO “SAINT NICOLAS” – CANNES

SOLUÇÃO ESTRUTURAL ADOTADA

- Painéis em solo-cimento (CSM): espessura=0,60 m
- 2 níveis de apoio – bandas de laje: quadro rígido fechado
- Paredes de forro em betão armado: espessura=0,20 m



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

PARQUE SUBTERRÂNEO “SAINT NICOLAS” – CANNES
SOLUÇÃO ESTRUTURAL ADOTADA


IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

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

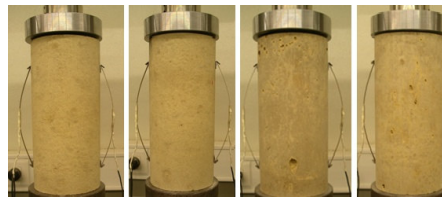


IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

PARQUE SUBTERRÂNEO “SAINT NICOLAS” – CANNES
CONTROLO DOS PARÂMETROS DE EXECUÇÃO

 Ensaio de
 compressão uniaxial

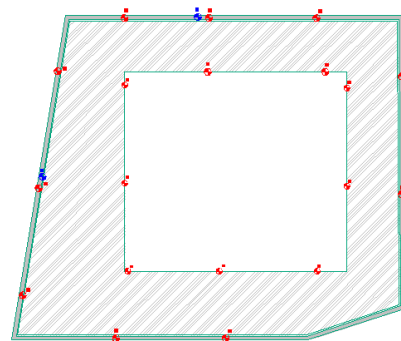
	Valores médios de Resistência à compressão (Mpa)			
	3 dias	7 dias	14 dias	28 dias
Série I	4,4	6,5	8,4	-
Série II	-	2,5	4,5	8,0
Série III	-	2,5	4,5	-
Série IV	-	2,5	6,0	-



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

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



	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



Inclinómetros

Alvos Topográficos

IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

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

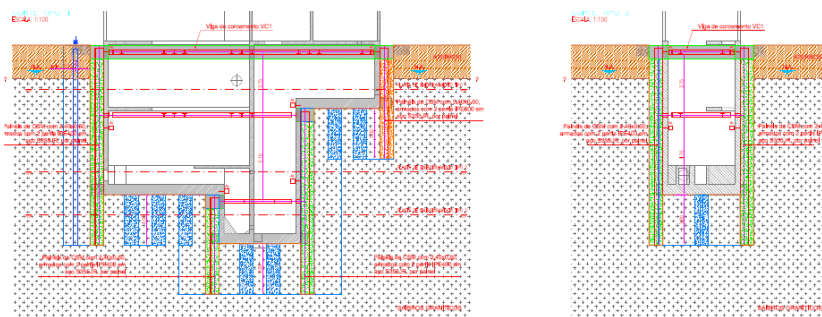


IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

INTERCEPTOR DO RIO AVE - GUIMARÃES

Dono de Obra: ÁGUAS DO NORDESTE, S.A.

 Empreiteiro Geral: **dst**

 Projectista: **JETSJ**
 geotecnia


Corte transversal e longitudinal da estrutura de contenção da estação elevatória

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**

6. Exemplos de Aplicação

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

**CONCEPÇÃO, 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

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

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



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

Dono de Obra: 

Empreiteiro Geral: 

Projectista: 



Estrutura de contenção e fundações para execução do Interceptor

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

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

6. Exemplos de Aplicação

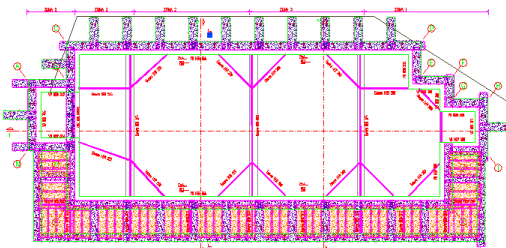
Intercetor Terreiro do Paço - Cais do Sodré - LISBOA
SOLUÇÃO ESTRUTURAL ADOPTADA

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

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

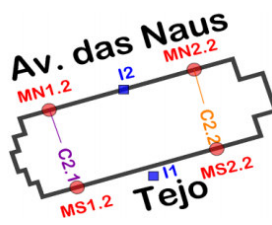
6. Exemplos de Aplicação



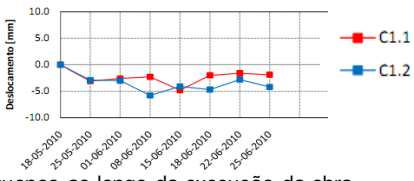
CONCEPÇÃO, DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE SOLUÇÕES DE REFORÇO E MELHORAMENTO DE TERRENOS

Intercetor Terreiro do Paço - Cais do Sodré - LISBOA

INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO



- 64 alvos topográficos distribuídos em 4 níveis
- 2 Inclínómetros



Data	C1.1 (mm)	C1.2 (mm)
18-05-2010	0.0	0.0
25-05-2010	-1.0	-1.0
01-06-2010	-2.0	-2.0
08-06-2010	-3.0	-3.0
15-06-2010	-2.0	-2.0
18-06-2010	-1.0	-1.0
22-06-2010	-1.0	-1.0
25-06-2010	-1.0	-1.0

- 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

6. Exemplos de Aplicação



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

Linha Cintura Areeiro-Oriente - LISBOA

Dono de Obra: 

Empreiteiro Geral: 

Projectista:  / 

TECNOLOGIA DE FUNDACOES, 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

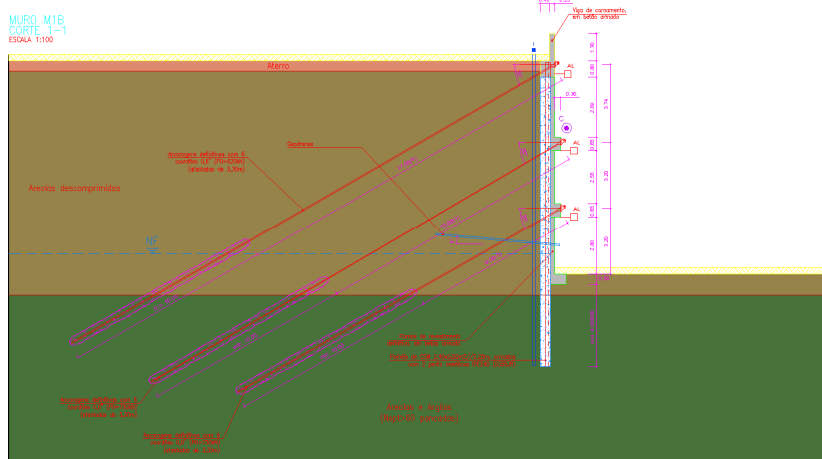
Linha Cintura Areeiro-Oriente - LISBOA

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

Linha Cintura Areeiro-Oriente - LISBOA



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

6. Exemplos de Aplicação

Linha Cintura Areeiro-Oriente - LISBOA



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

6. Exemplos de Aplicação

Linha Cintura Areeiro-Oriente - LISBOA



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

64

6. Exemplos de Aplicação

Linha Cintura Areeiro-Oriente - LISBOA



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

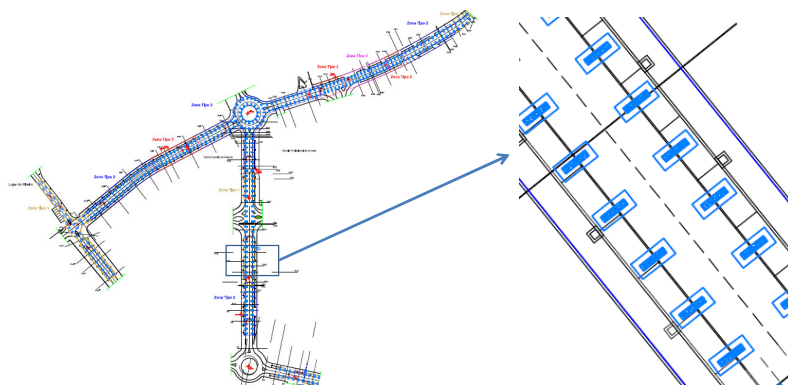
6. Exemplos de Aplicação

CIRCULAR DO COMPLEXO ESCOLAR DE AMARES – BRAGA

Dono de Obra: Câmara Municipal de Amares

Empreiteiro Geral: **FDO** / **ABB**
CONSTRUTORES Alexandre Barbosa Borges, S.A.

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



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

ÁREA DE INTERVENÇÃO

PORMENOR

6. Exemplos de Aplicação

CIRCULAR DO COMPLEXO ESCOLAR DE AMARES – BRAGA

Condicionales Geotécnicos

- Aterros heterogêneos 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 heterogêneos e solos arenosos com fracas características de resistência, deformabilidade e elevadas percentagens de matéria orgânica.

PRINCIPAIS QUANTIDADES

3 373,3 m³ solo tratado

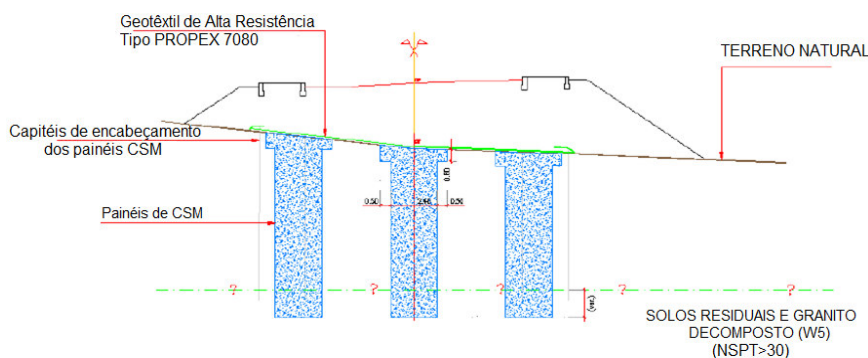
IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014

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

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

CIRCULAR DO COMPLEXO ESCOLAR DE AMARES – BRAGA

6. Exemplos de Aplicação

Zona Tipo 1

Zona Tipo 3

Zona Tipo 2

Zona Tipo 4

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

CIRCULAR DO COMPLEXO ESCOLAR DE AMARES – BRAGA

6. Exemplos de Aplicação

- 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



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





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

OBRIGADO PELA ATENÇÃO



IST, 17 e 18 de Fevereiro de 2014