

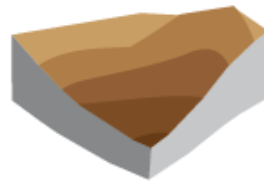
SEMINÁRIO

Geotecnia Portuária e Melhoramento de Terrenos

27-28 OUTUBRO 2022 | Auditório Infante D. Henrique (APDL - Porto de Leixões)

Execução das paredes da ensecadeira com recurso à tecnologia de CSM

Artur Peixoto



**ARTUR
PEIXOTO**
consultores geotecnia

Organização



Comissão Portuguesa de Geotecnia nos Transportes



COMISSÃO
PORTUGUESA de
MELHORAMENTO de
TERRENOS



Sociedade
Portuguesa
de Geotecnia



APDL
ADMINISTRAÇÃO DOS PORTOS
DOURO • LEIXÕES • VIANA



ORDEN
DOS
ENGENHEIROS

ÍNDICE

A tecnologia Cutter Soil Mixing (CSM)

- Introdução
- Sequência de execução
- Aplicações
- Métodos convencionais
- Vantagens do CSM

Aplicação no Terminal de Cruzeiros de Leixões

ÍNDICE

A tecnologia Cutter Soil Mixing (CSM)

- **Introdução**
- Sequência de execução
- Aplicações
- Métodos convencionais
- Vantagens do CSM

Aplicação no Terminal de Cruzeiros de Leixões

A TECNOLOGIA CUTTER SOIL MIXING (CSM)



Último desenvolvimento em técnicas de soil mixing para consolidação e construção de contenções periféricas e cut-off walls

Princípio:

- Destruição mecânica da matriz do solo
- Mistura do *grout* no seio da matriz do solo
- Criação de uma estrutura homogênea solo – *grout*

A TECNOLOGIA CUTTER SOIL MIXING (CSM)



Solo
Original



Ligante
(cimento)



Água



Ferramenta de
Mistura



Solo
Cimentado

ÍNDICE

A tecnologia Cutter Soil Mixing (CSM)

- Introdução
- **Sequência de execução**
- Aplicações
- Métodos convencionais
- Vantagens do CSM

Aplicação no Terminal de Cruzeiros de Leixões

A TECNOLOGIA CUTTER SOIL MIXING (CSM)

SEQUÊNCIA DE EXECUÇÃO

- **Pré-escavação**



A TECNOLOGIA CUTTER SOIL MIXING (CSM)

SEQUÊNCIA DE EXECUÇÃO

- Pré-escavação
- **Corte e mistura em descendente**



A TECNOLOGIA CUTTER SOIL MIXING (CSM)

SEQUÊNCIA DE EXECUÇÃO

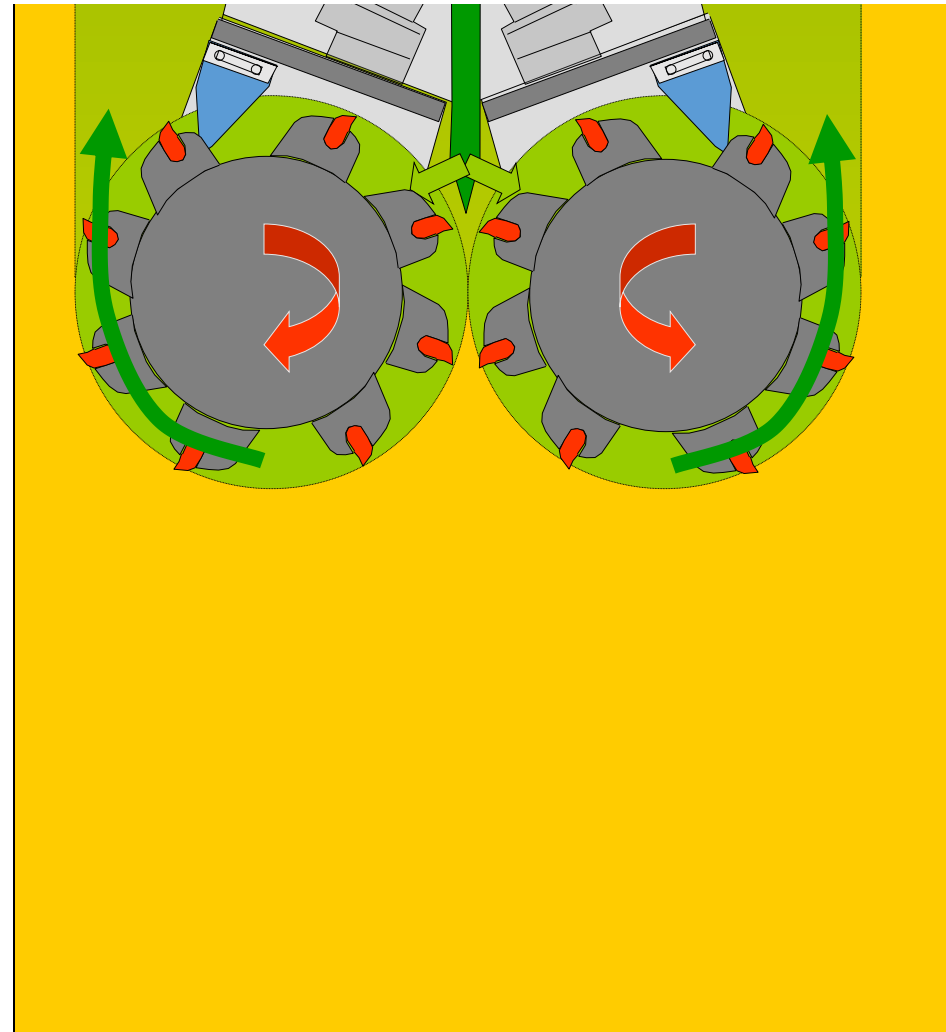
- Pré-escavação
- **Corte e mistura em descendente**



A TECNOLOGIA CUTTER SOIL MIXING (CSM)

SEQUÊNCIA DE EXECUÇÃO

- Pré-escavação
- **Corte e mistura em descendente**



A TECNOLOGIA CUTTER SOIL MIXING (CSM)

SEQUÊNCIA DE EXECUÇÃO

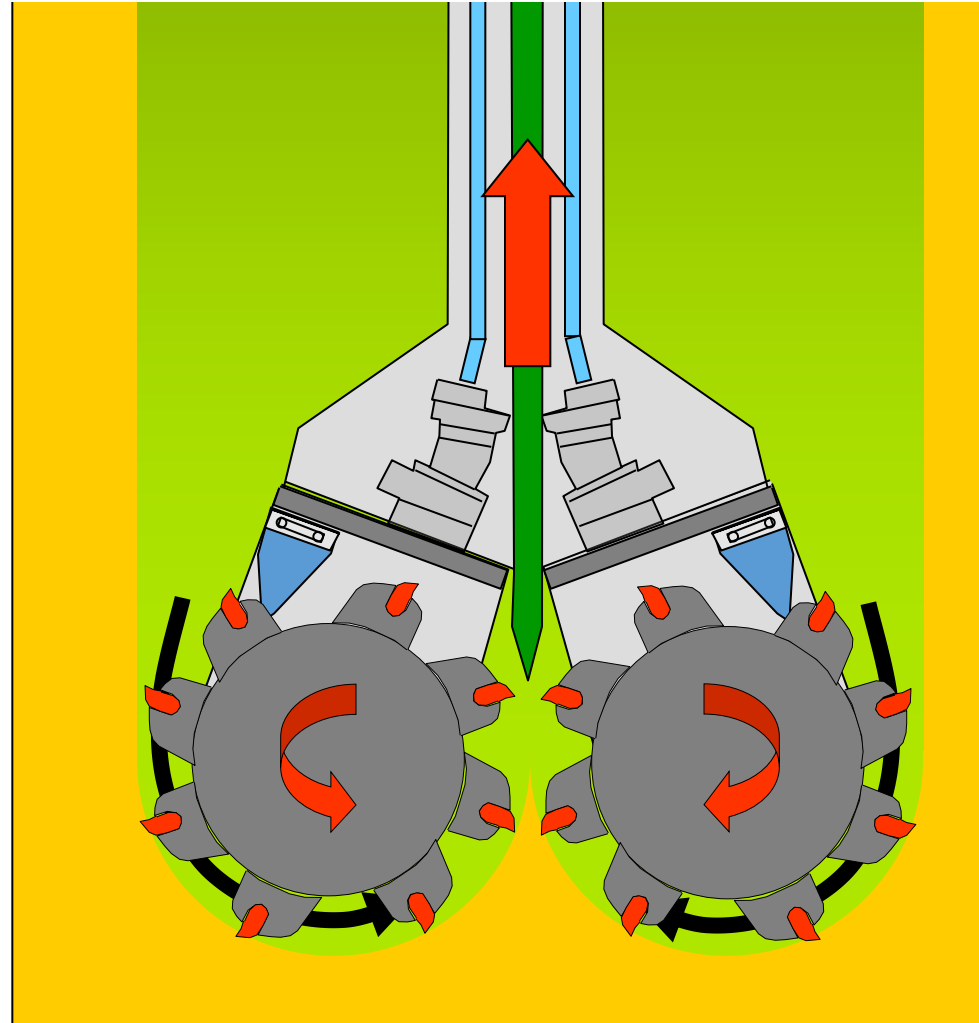
- Pré-escavação
- Corte e mistura em descendente
- **Controle do refluxo do material excedente**



A TECNOLOGIA CUTTER SOIL MIXING (CSM)

SEQUÊNCIA DE EXECUÇÃO

- Pré-escavação
- Corte e mistura em descendente
- Controle do refluxo do material excedente
- **Mistura e homogeneização durante a extração**



A TECNOLOGIA CUTTER SOIL MIXING (CSM)

SEQUÊNCIA DE EXECUÇÃO

- Pré-escavação
- Corte e mistura em descendente
- Controle do refluxo do material excedente
- Mistura e homogeneização durante a extração
- **Extração completa**



A TECNOLOGIA CUTTER SOIL MIXING (CSM)

SEQUÊNCIA DE EXECUÇÃO

- Pré-escavação
- Corte e mistura em descendente
- Controle do refluxo do material excedente
- Mistura e homogeneização durante a extração
- Extração completa
- **Amostragem in-situ**



A TECNOLOGIA CUTTER SOIL MIXING (CSM)

SEQUÊNCIA DE EXECUÇÃO

- Pré-escavação
- Corte e mistura em descendente
- Controle do refluxo do material excedente
- Mistura e homogeneização durante a extração
- Extração completa
- Amostragem in-situ
- **Instalação de armadura**



A TECNOLOGIA CUTTER SOIL MIXING (CSM)

SEQUÊNCIA DE EXECUÇÃO

- Pré-escavação
- Corte e mistura em descendente
- Controle do refluxo do material excedente
- Mistura e homogeneização durante a extração
- Extração completa
- Amostragem in-situ
- **Instalação de armadura**



A TECNOLOGIA CUTTER SOIL MIXING (CSM)

PROCEDIMENTOS DE EXECUÇÃO – SISTEMA 1 FASE

- Adoção de suspensão de calda de cimento em todo o processo e sempre com a mesma relação a/c
 - Corte e mistura em descendente
 - Mistura e homogeneização em ascendente
 - Utilização de cerca de 2/3 do volume teórico de calda em descendente e 1/3 em ascendente
-

Aconselhável para:

- baixas profundidades
- solos com elevada matriz arenosa
- solo com teor de humidade elevado ou saturados

Vantagens:

- estaleiro mais simples e processo mais económico
- menor refluxo
- refluxo com elevadas características mecânicas após presa

A TECNOLOGIA CUTTER SOIL MIXING (CSM)

PROCEDIMENTOS DE EXECUÇÃO – SISTEMA 2 FASES

- Adoção de suspensão de bentonite na fase descendente para corte e pré-mistura
- Adoção de suspensão de cimento em fase ascendente para mistura e homogeneização com a massa solo-bentonite.
- Parâmetro de descida independente do parâmetro de subida
- Possibilidade em adotar uma suspensão de calda de menor concentração de cimento em alternativa à bentonite

Aconselhável para:

- grandes profundidades
- difíceis condições de solo com tempos de descida elevados
- solos com elevada matriz argilosa

Vantagens:

- permite uma interrupção da operação descendente sem problemas.
- menos desgaste de cutter
- facilita a introdução de elementos metálicos no painel
- permite a reutilização da bentonite

ÍNDICE

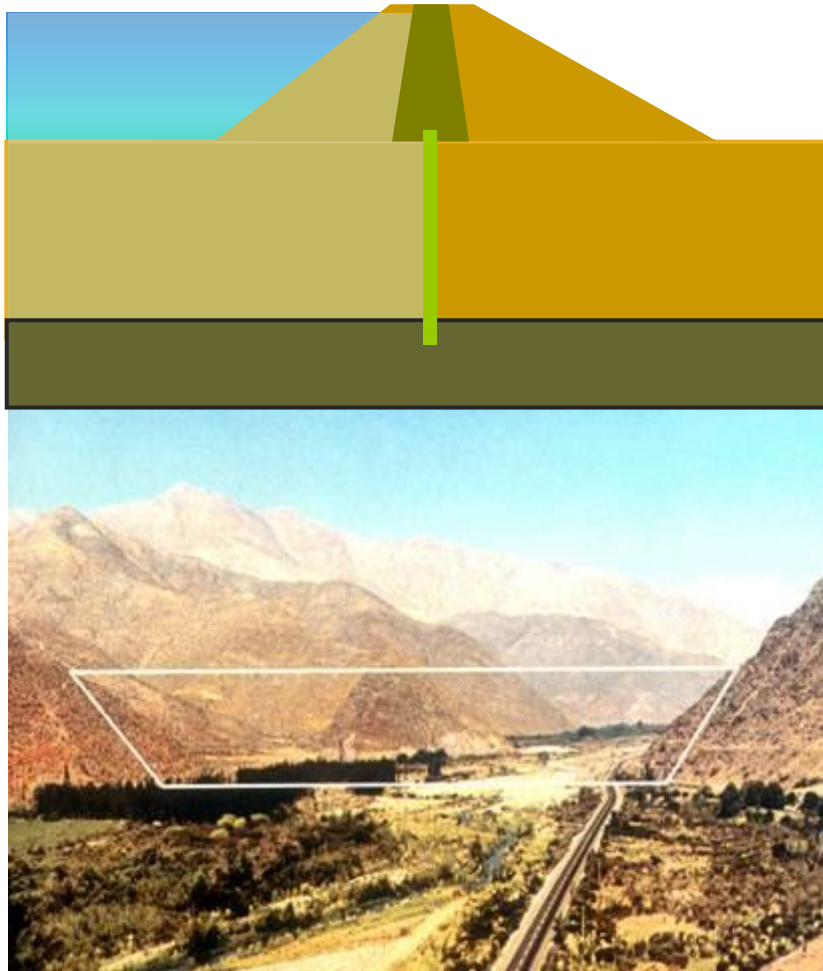
A tecnologia Cutter Soil Mixing (CSM)

- Introdução
- Sequência de execução
- **Aplicações**
- Métodos convencionais
- Vantagens do CSM

Aplicação no Terminal de Cruzeiros de Leixões

A TECNOLOGIA CUTTER SOIL MIXING (CSM)

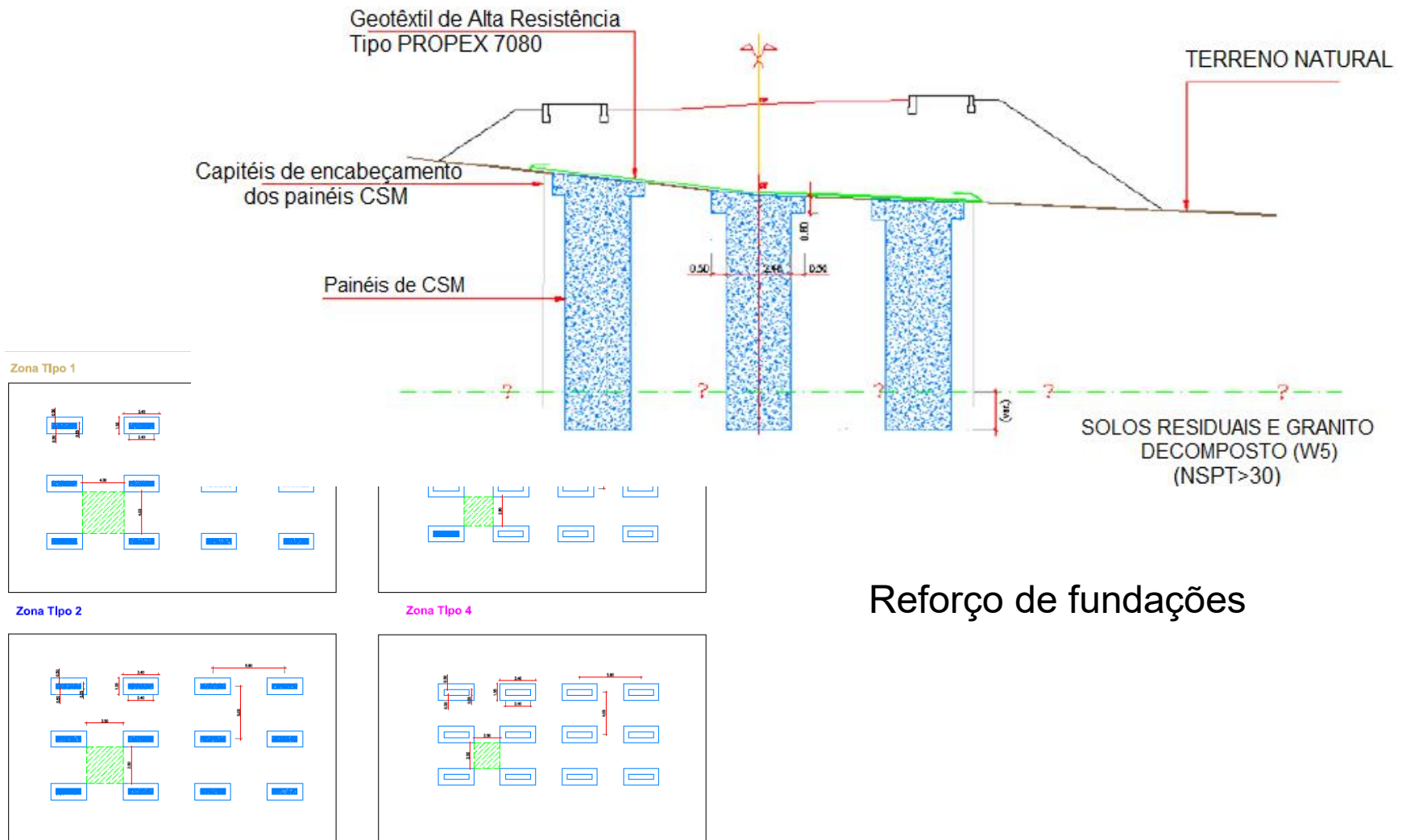
Cut-off wall



Contenções periféricas



A TECNOLOGIA CUTTER SOIL MIXING (CSM)



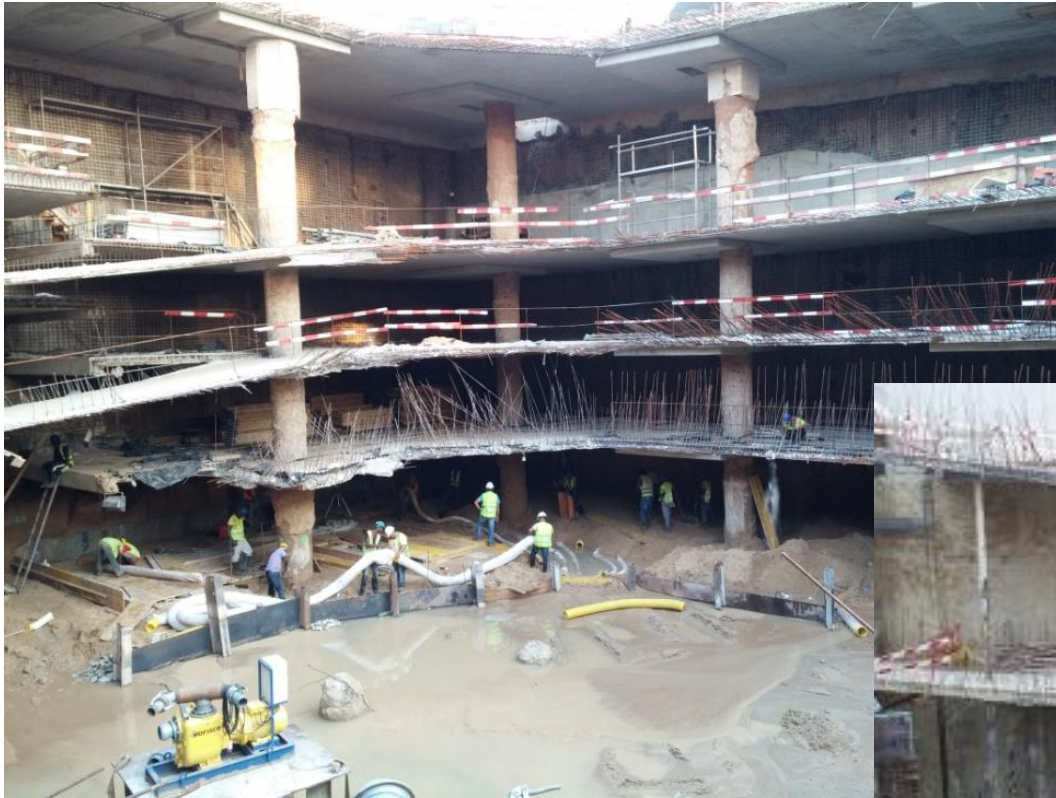
A TECNOLOGIA CUTTER SOIL MIXING (CSM)



Escavações profundas



A TECNOLOGIA CUTTER SOIL MIXING (CSM)



Escavações profundas



ÍNDICE

A tecnologia Cutter Soil Mixing (CSM)

- Introdução
- Sequência de execução
- Aplicações
- **Métodos convencionais**
- Vantagens do CSM

Aplicação no Terminal de Cruzeiros de Leixões

A TECNOLOGIA CUTTER SOIL MIXING (CSM)

Métodos convencionais de paredes de contenção

- **Estacas Prancha**



A TECNOLOGIA CUTTER SOIL MIXING (CSM)

Métodos convencionais de paredes de contenção

Estacas Prancha

- **Cortina de Estacas**



A TECNOLOGIA CUTTER SOIL MIXING (CSM)

Métodos convencionais de paredes de contenção

Estacas Prancha

Cortina de Estacas

- **Parede Moldada**



A TECNOLOGIA CUTTER SOIL MIXING (CSM)

Métodos convencionais de paredes de contenção

Estacas Prancha

Cortina de Estacas

Parede Moldada

- **Soil Mixing Wall**



A TECNOLOGIA CUTTER SOIL MIXING (CSM)

Métodos convencionais de paredes de contenção



ÍNDICE

A tecnologia Cutter Soil Mixing (CSM)

- Introdução
- Sequência de execução
- Aplicações
- Métodos convencionais
- **Vantagens do CSM**

Aplicação no Terminal de Cruzeiros de Leixões

A TECNOLOGIA CUTTER SOIL MIXING (CSM)

VANTAGENS DO CSM EM COMPARAÇÃO COM OS MÉTODOS CONVENCIONAIS

- ✓ O solo é utilizado na construção da parede
- ✓ Mínimo refluxo a vazadouro
- ✓ Logística e custo de cimento e aço reduzida
(não há transporte de betão pronto nem fabrico in-situ de armaduras)
- ✓ Pequena unidade base em relação à alta produtividade e grande profundidade possível de atingir com o tratamento
- ✓ Alta precisão na verticalidade através da regulação independentes das *cutter wheels*
- ✓ Princípio da tecnologia *Cutter* permite a penetração em formações competentes

A TECNOLOGIA CUTTER SOIL MIXING (CSM)

VANTAGENS DO CSM EM COMPARAÇÃO COM OS MÉTODOS CONVENCIONAIS

- ✓ Garantia da geometria da seção em toda profundidade do tratamento
- ✓ Monitorização em tempo real, de toda a informação necessária para garantir a qualidade do tratamento
- ✓ Ausência de juntas físicas entre painéis através da sobreposição e fresagem dos painéis primários
- ✓ Menor desperdício para a mesma seção efetiva
- ✓ Ausência de juntas para o mesmo desenvolvimento
- ✓ Grande flexibilidade no reforço dos painéis através da aplicação de elementos metálicos

A TECNOLOGIA CUTTER SOIL MIXING (CSM)

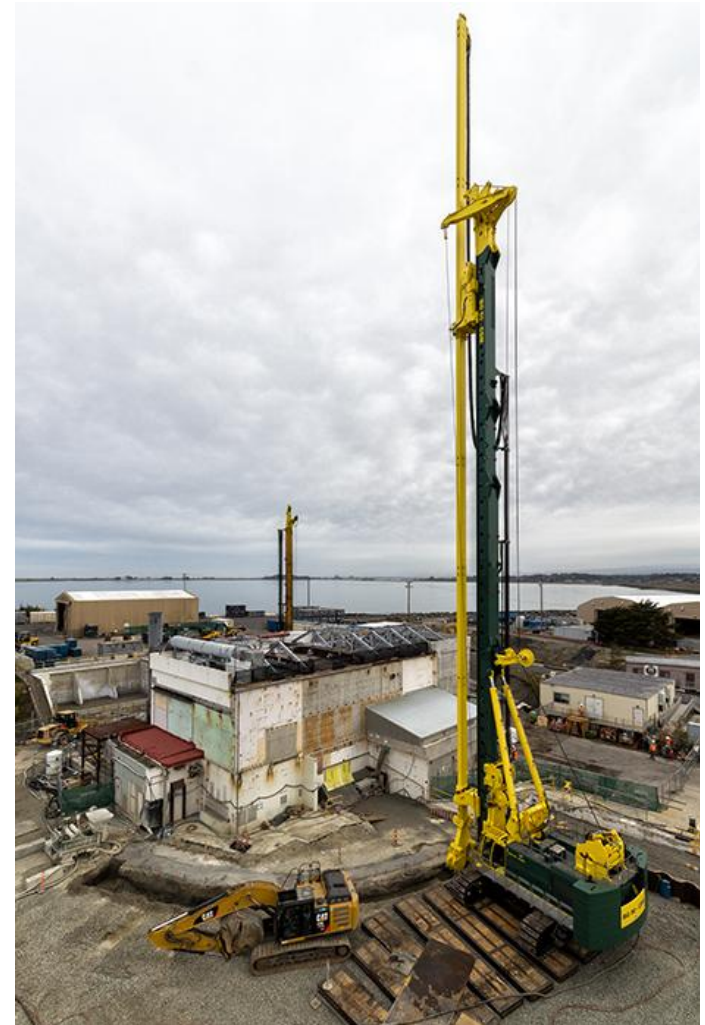
VANTAGENS DO CSM EM COMPARAÇÃO COM OS MÉTODOS CONVENCIONAIS

- ✓ Possibilidade em recolher amostras frescas de solo tratada a diferentes profundidades e colocação em provetes
- ✓ Menores custos em trabalhos complementares de recolha de amostras para ensaios laboratoriais
- ✓ A configuração das rodas de corte permite translações horizontais de modo a contornar infraestruturas enterradas de pequena dimensão sem interromper o tratamento.
- ✓ Possibilidade em atingir elevadas profundidades, com sistemas guiados por Kelly até 50 metros e suspensos por cabo a ultrapassar os 100 metros com os mais recentes equipamentos

A TECNOLOGIA CUTTER SOIL MIXING (CSM)

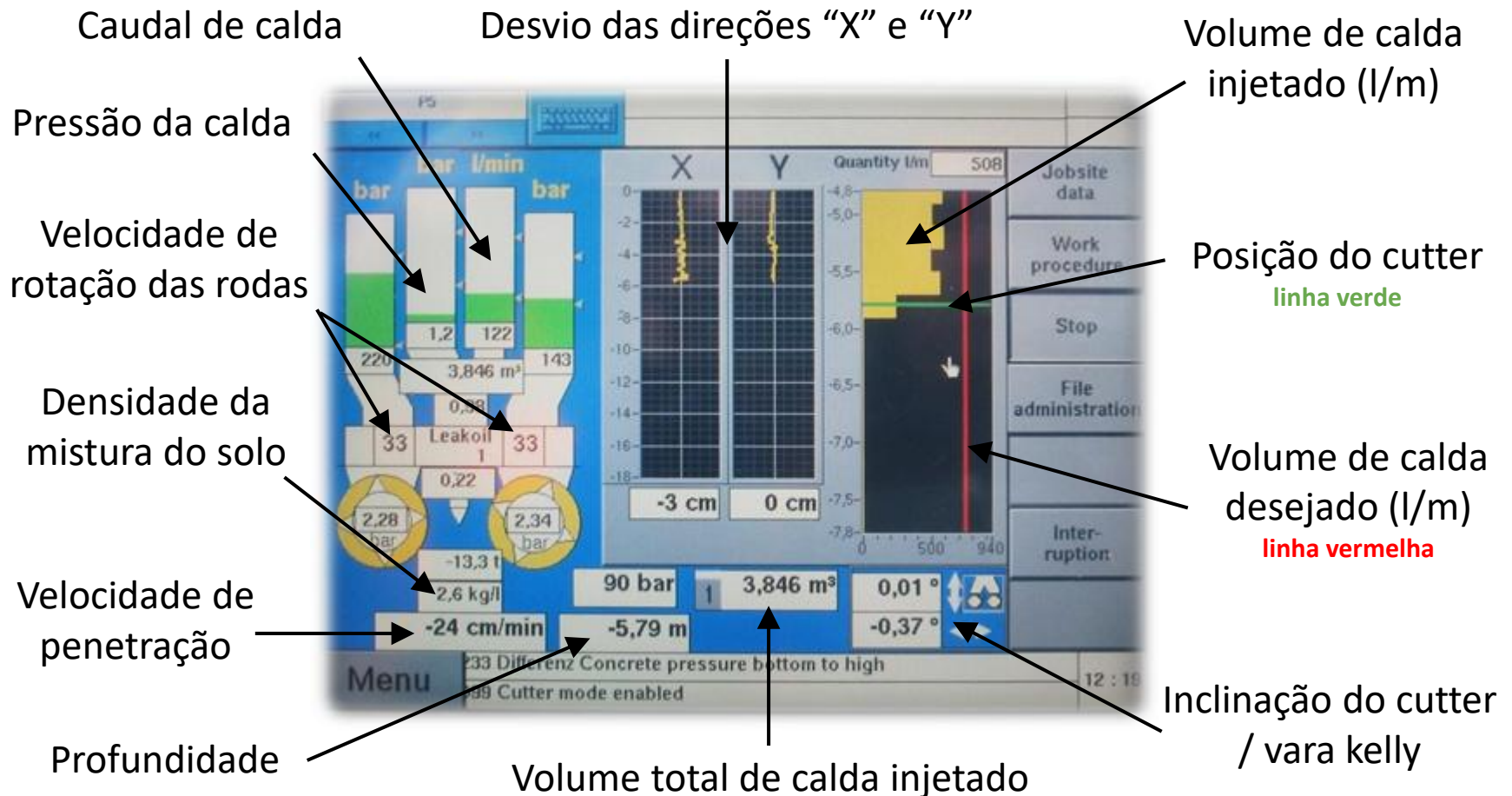
VANTAGENS DO CSM EM COMPARAÇÃO COM OS MÉTODOS CONVENCIONAIS

Advance into new Dimensions: BAUER BG 50 constructs 52 Meter deep CSM Wall



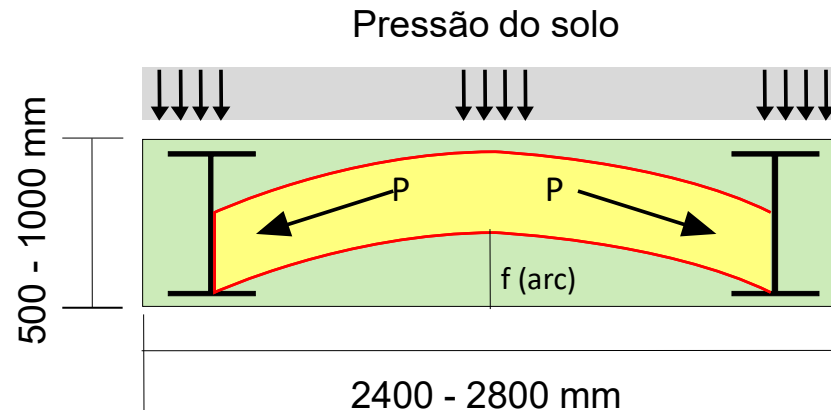
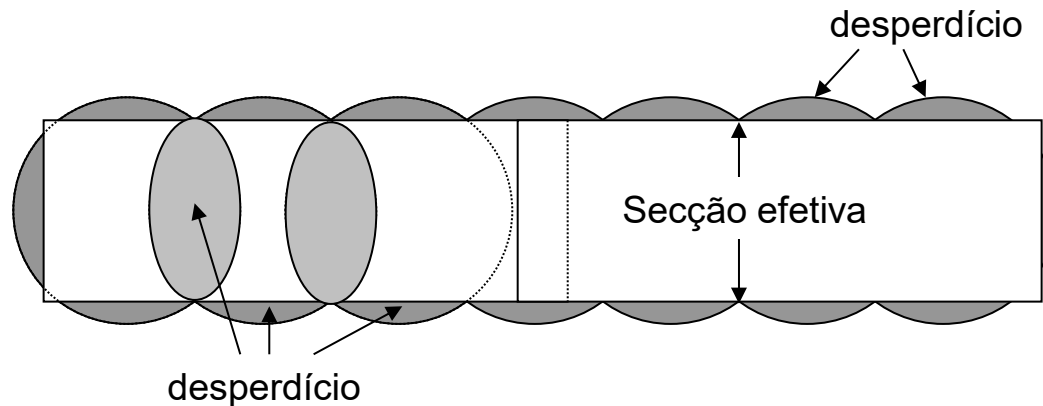
A TECNOLOGIA CUTTER SOIL MIXING (CSM)

VANTAGENS DO CSM EM COMPARAÇÃO COM OS MÉTODOS CONVENCIONAIS



A TECNOLOGIA CUTTER SOIL MIXING (CSM)

VANTAGENS DO CSM EM COMPARAÇÃO COM OS MÉTODOS CONVENCIONAIS



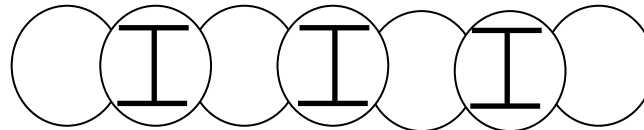
A TECNOLOGIA CUTTER SOIL MIXING (CSM)

VANTAGENS DO CSM EM COMPARAÇÃO COM OS MÉTODOS CONVENCIONAIS

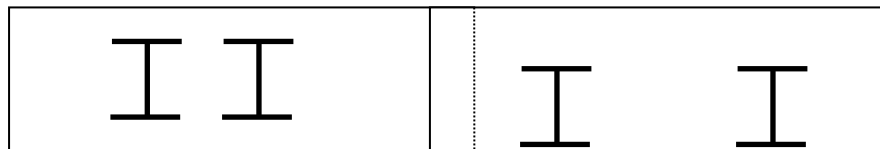
Parede de colunas/estacas



O reforço é posicionado sempre no centro das colunas



Parede em CSM

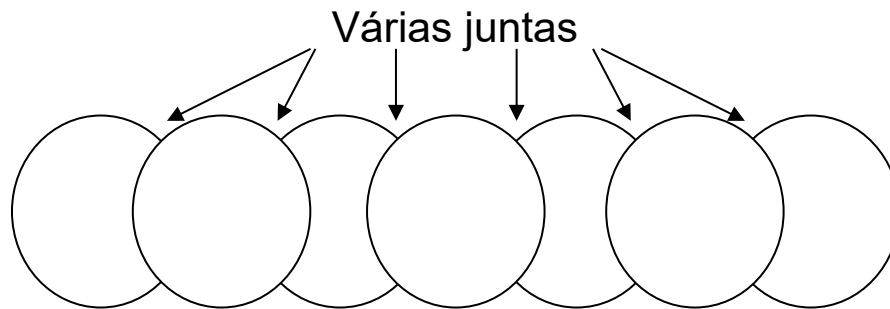


O reforço pode ser posicionado em qualquer ponto do interior do painel

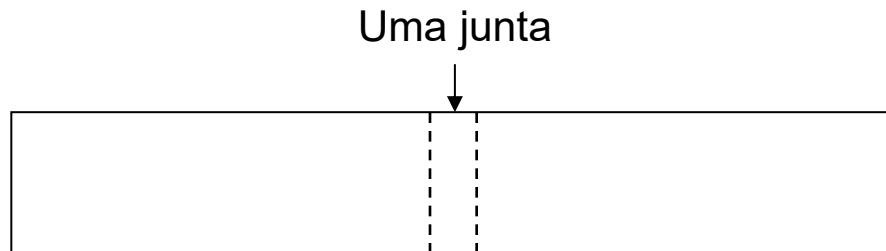
A TECNOLOGIA CUTTER SOIL MIXING (CSM)

VANTAGENS DO CSM EM COMPARAÇÃO COM OS MÉTODOS CONVENCIONAIS

Parede de colunas secantes



Parede em CSM

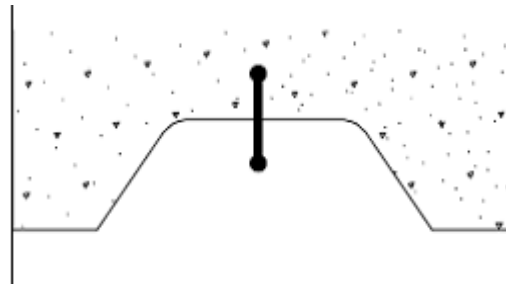


A TECNOLOGIA CUTTER SOIL MIXING (CSM)

VANTAGENS DO CSM EM COMPARAÇÃO COM OS MÉTODOS CONVENCIONAIS

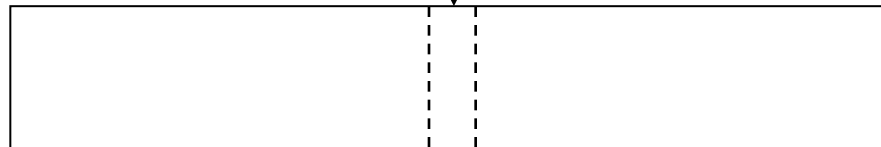
Parede moldada

Junta física



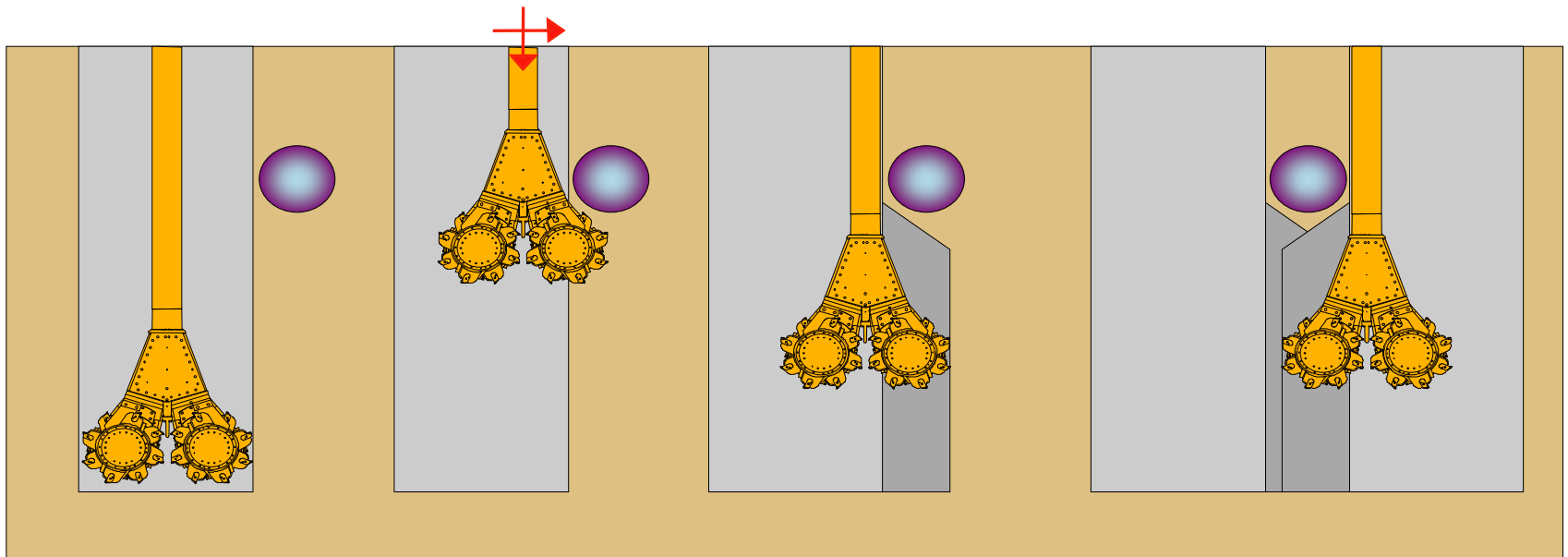
Parede em CSM

Junta teórica



A TECNOLOGIA CUTTER SOIL MIXING (CSM)

VANTAGENS DO CSM EM COMPARAÇÃO COM OS MÉTODOS CONVENCIONAIS



A TECNOLOGIA CUTTER SOIL MIXING (CSM)

VANTAGENS DO CSM EM COMPARAÇÃO COM OS MÉTODOS CONVENCIONAIS



ÍNDICE

A tecnologia Cutter Soil Mixing (CSM)

- Introdução
- Sequência de execução
- Aplicações
- Métodos convencionais
- Vantagens do CSM

Aplicação no Terminal de Cruzeiros de Leixões

APLICAÇÃO NO TERMINAL DE CRUZEIROS DE LEIXÕES



- Solução constituída por painéis de solo-cimento, realizados ao abrigo da tecnologia de **Cutter Soil Mixing**, armados com perfis metálicos IPE ou perfis tubulares do tipo N80, complementados numa dada extensão por **injeções de calda de cimento sob pressão**.
- Desenvolvimento linear de cerca de 305 m;
- Altura de escavação média de 5,0 m;

APLICAÇÃO NO TERMINAL DE CRUZEIROS DE LEIXÕES



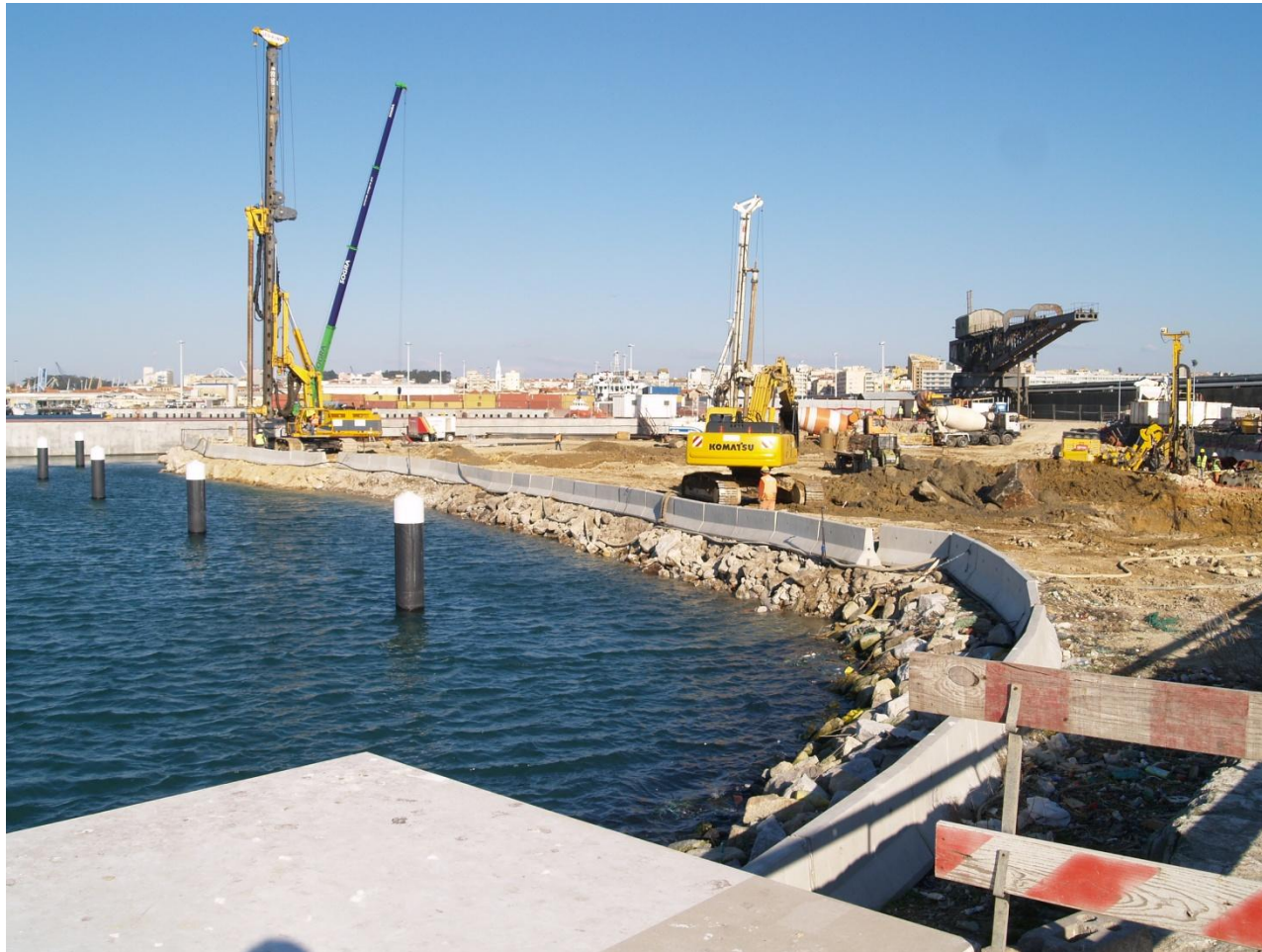
APLICAÇÃO NO TERMINAL DE CRUZEIROS DE LEIXÕES



CSM executados em duas zonas distintas:

- Zona 1, caracterizada pela presença de um aterro hidráulico com solos selecionados, que permitiu a execução de painéis com 15 metros de profundidade e encastrados 1 metro nas formações W3/W4
- Zona 2, caracterizada pela presença de enrocamento, tendo-se adotado por uma substituição de solos em vala com cerca de 6 metros de profundidade para permitir a execução de painéis CSM até essa cota, prolongando-se os trabalhos de impermeabilização nos enrocamentos por intermédio de micro estacas e injeções de calda de cimento.

APLICAÇÃO NO TERMINAL DE CRUZEIROS DE LEIXÕES



APLICAÇÃO NO TERMINAL DE CRUZEIROS DE LEIXÕES

Principais condicionalismos

- Condições geológicas difíceis
- Painéis fortemente armados com recurso a perfis IPE 330 até aos 15 metros de profundidade.
- Vários perfis por painel
- Encastramento em formações W3/W4
- Reduzida permeabilidade exigida

Medidas adotadas

- CSM executado em duas fases nos painéis mais profundos
- Fase de corte e mistura com calda cimento para simplificar estaleiro
- Fase de subida e homogeneização com uma calda de cimento com relação a/c inferior à fase de corte e descida
- Controlo de parâmetros e refluxo de modo a obter uma boa homogeneidade e continuidade entre painéis

APLICAÇÃO NO TERMINAL DE CRUZEIROS DE LEIXÕES



APLICAÇÃO NO TERMINAL DE CRUZEIROS DE LEIXÕES



OBRIGADO PELA ATENÇÃO



**ARTUR
PEIXOTO**
consultores geotecnia
www.apgeotecnia.pt