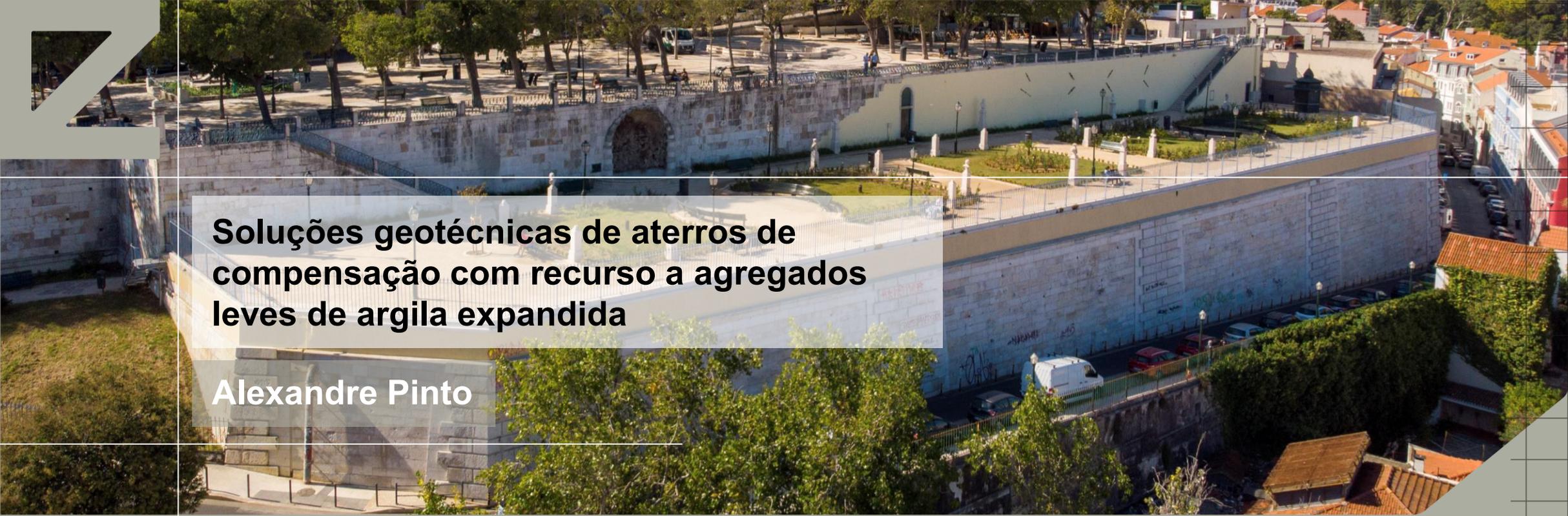


Argila Expandida

Sustentabilidade e Resiliência
em Soluções Geotécnicas

01 OUT Grande Auditório
LNEC



**Soluções geotécnicas de aterros de
compensação com recurso a agregados
leves de argila expandida**

Alexandre Pinto

ORGANIZAÇÃO



APOIOS INSTITUCIONAIS

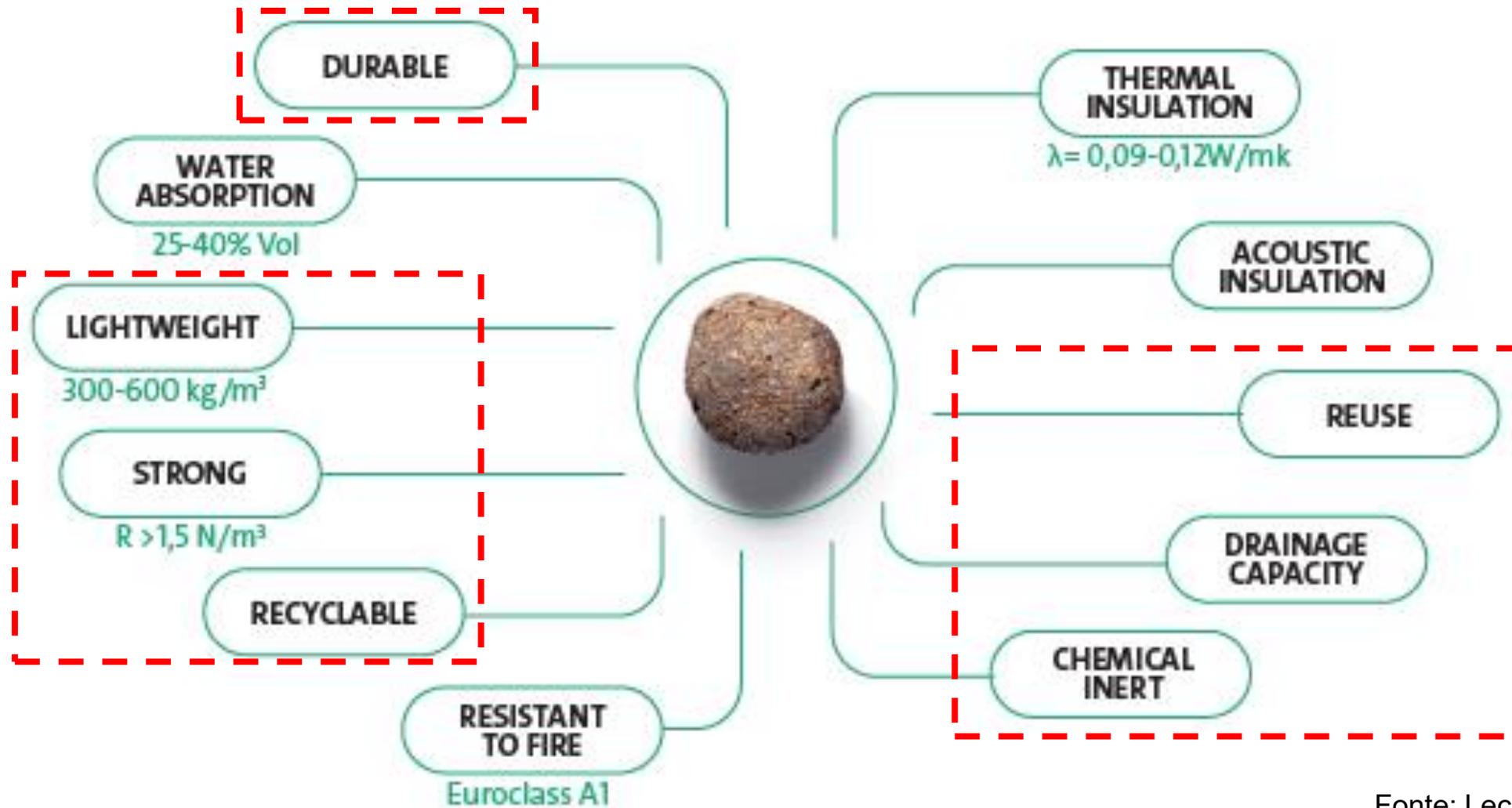


ÍNDICE

- O Conceito**
- A Utilização**
- Caso de Obra**
- Considerações Finais**



❑ O Conceito: agregados leves de argila expandida (AL)



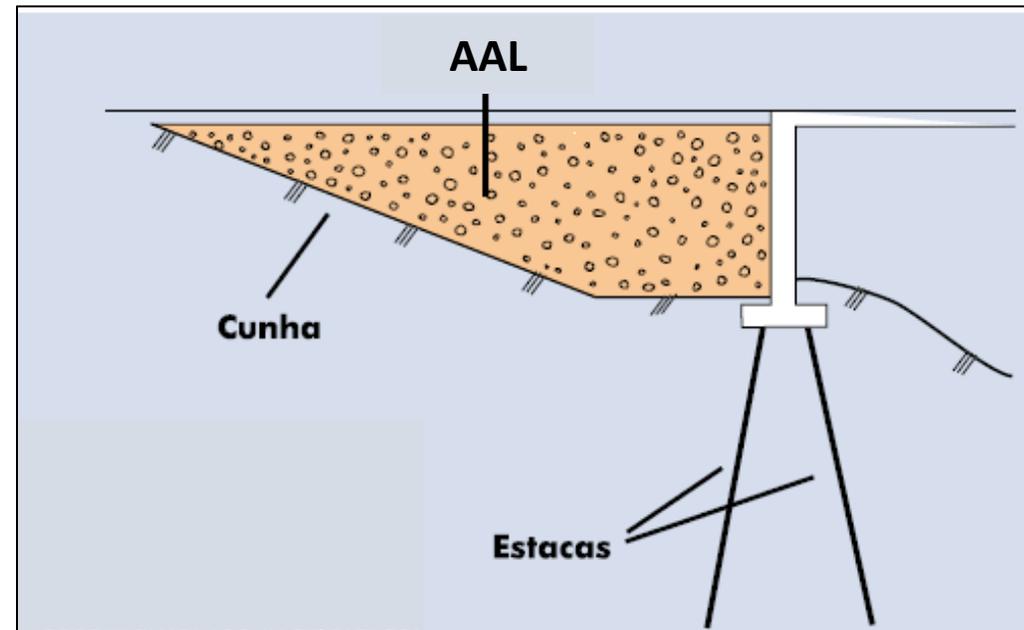
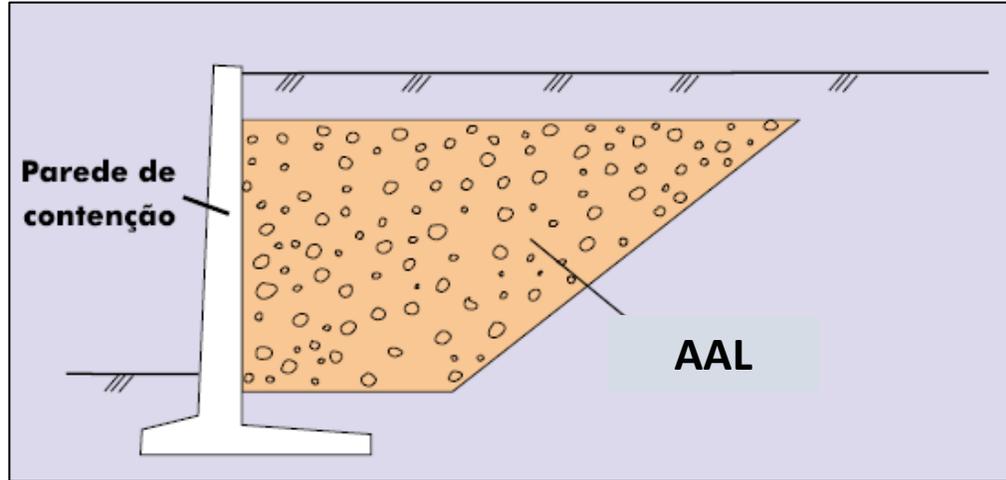
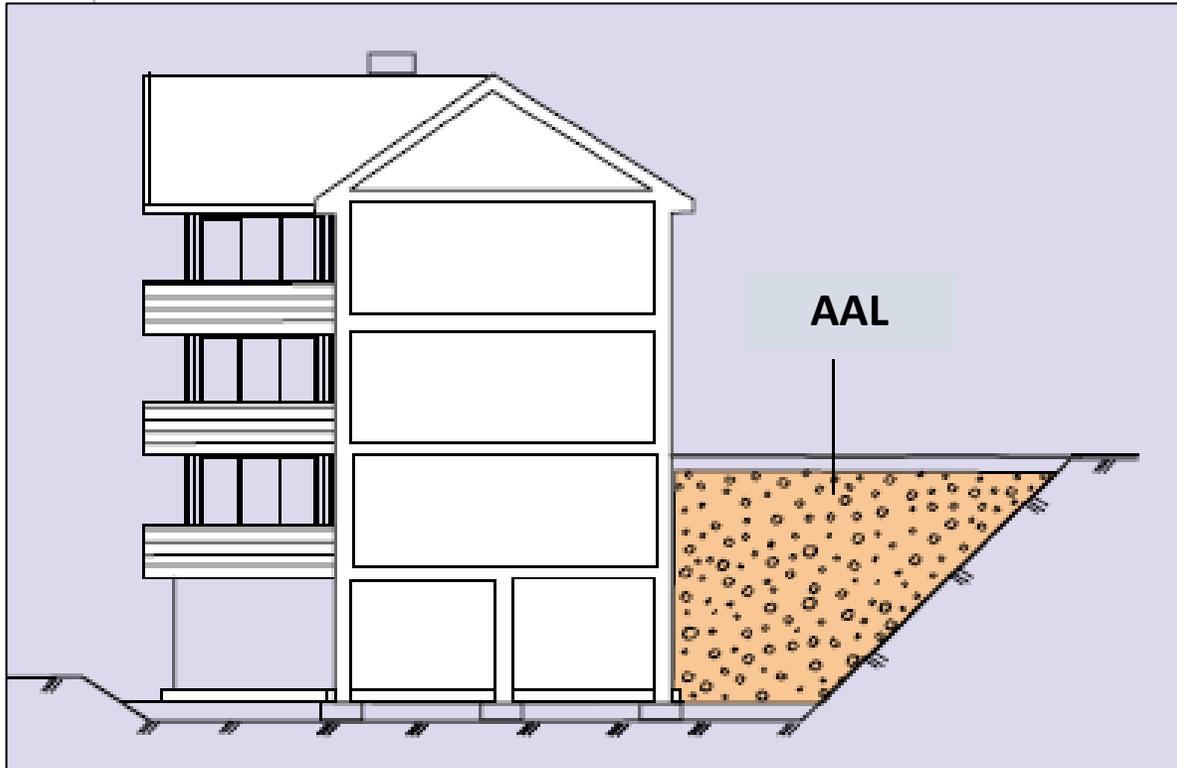
Fonte: Leca Saint Gobain

ÍNDICE

- ❑ O Conceito
- ❑ **A Utilização**
- ❑ Caso de Obra
- ❑ Considerações Finais



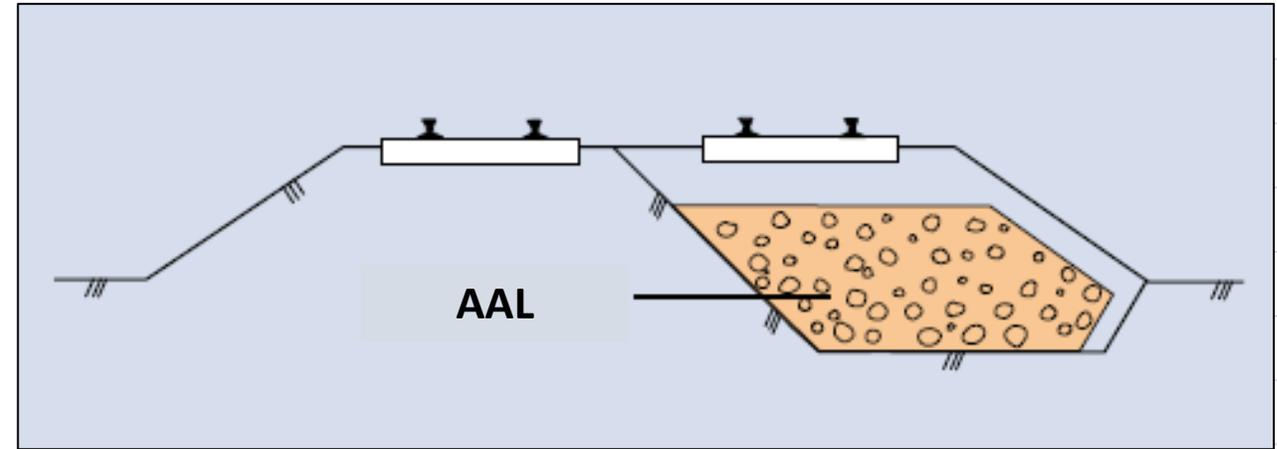
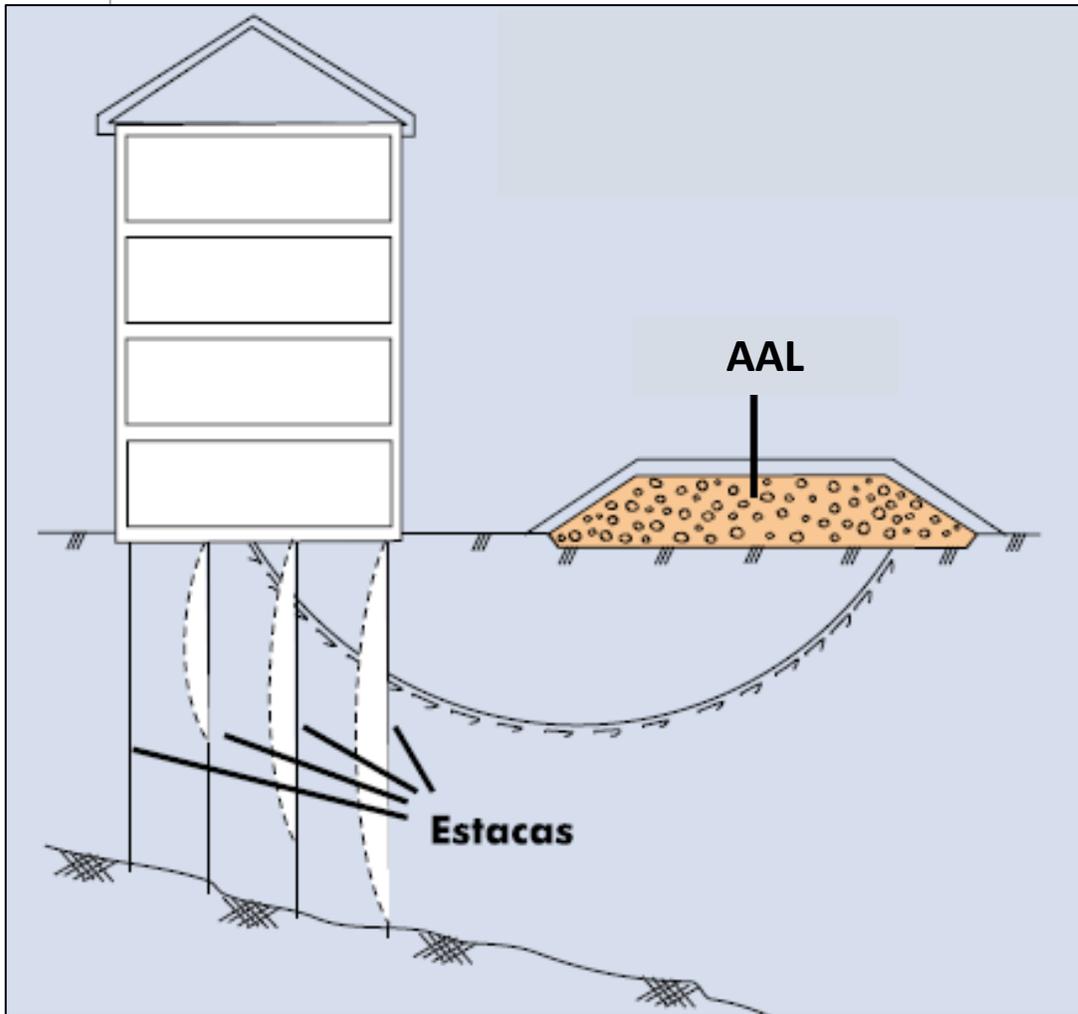
□ A Utilização: muros suporte



Redução dos impulsos atuantes
e incremento da drenagem

Fonte: Leca Saint Gobain

❑ A Utilização: aterros e alargamento de aterros

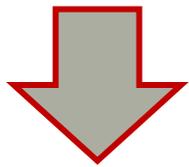


Fonte: Leca Saint Gobain

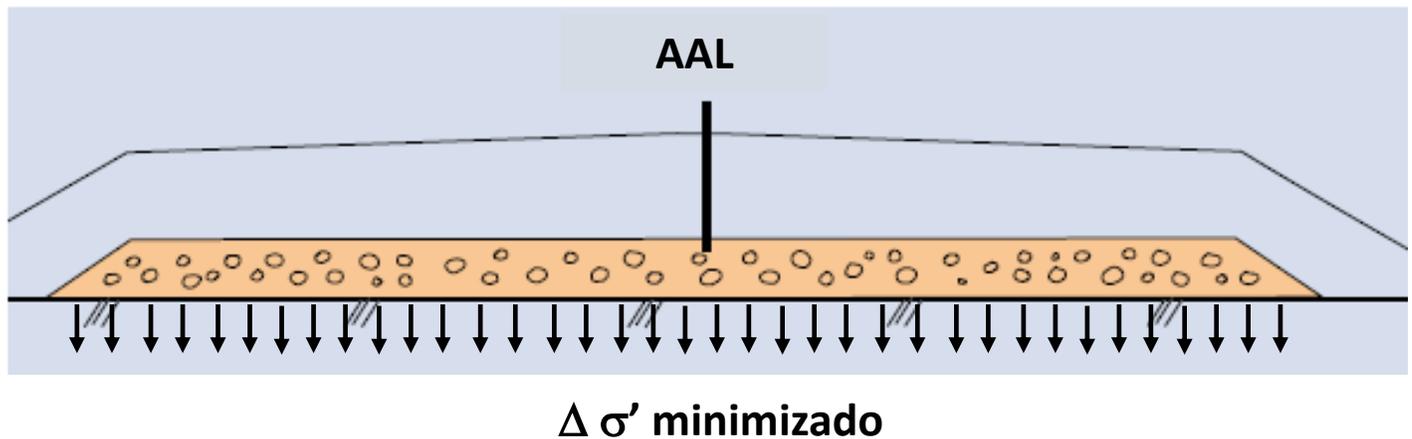
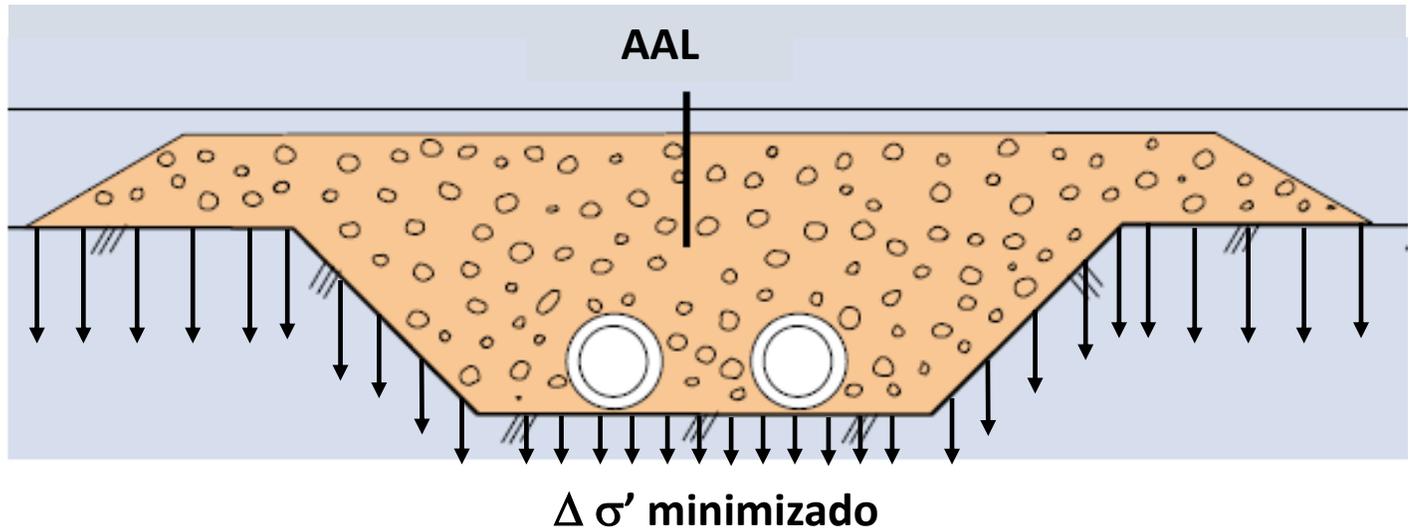
Redução de efeitos secundários (esforços e deformações) em estruturas e infraestruturas vizinhas

❑ A Utilização: aterros de compensação

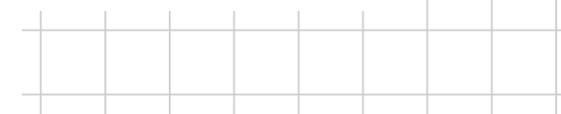
Substituição do solo pré existente por um material com peso cerca de 4 vezes inferior



Compensação das tensões a que o solo virá a ser submetido, permitindo minimizar as deformações



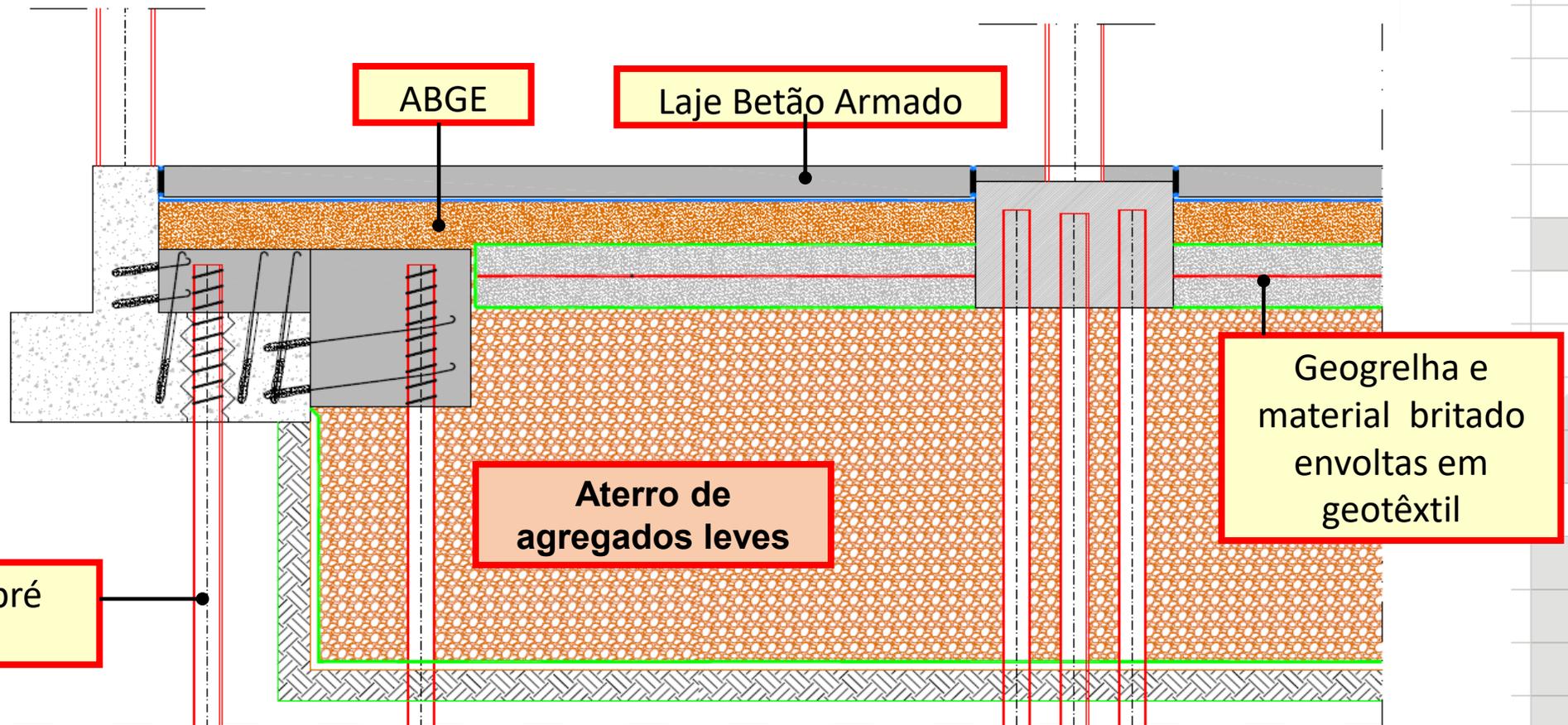
□ A Utilização: Parque Oriente, Sacavém, Loures



□ A Utilização

**Desafio
conceção:**
reduzir
incremento de
tensões nos
materiais
aluvionares

Corte Tipo da Solução de Substituição de Solos



Microestacas pré
existentes

2009

2010

2017

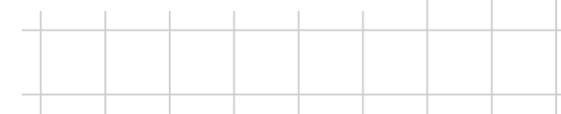
2019

2022

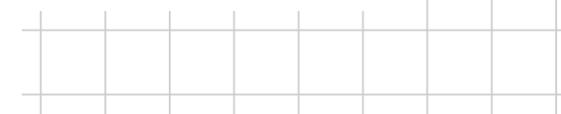
2023

2024

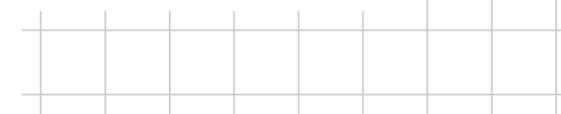
□ A Utilização



□ A Utilização



□ A Utilização



□ A Utilização



□ A Utilização

**Desafio
conceção:**
melhorar
drenagem e
reduzir
impulsos sobre
o novo muro

A8: obras entre nós de Tornada e Alfeizerão só terminam em Julho

tv24

30 abr 2010, 18:05



2009

2010

2017

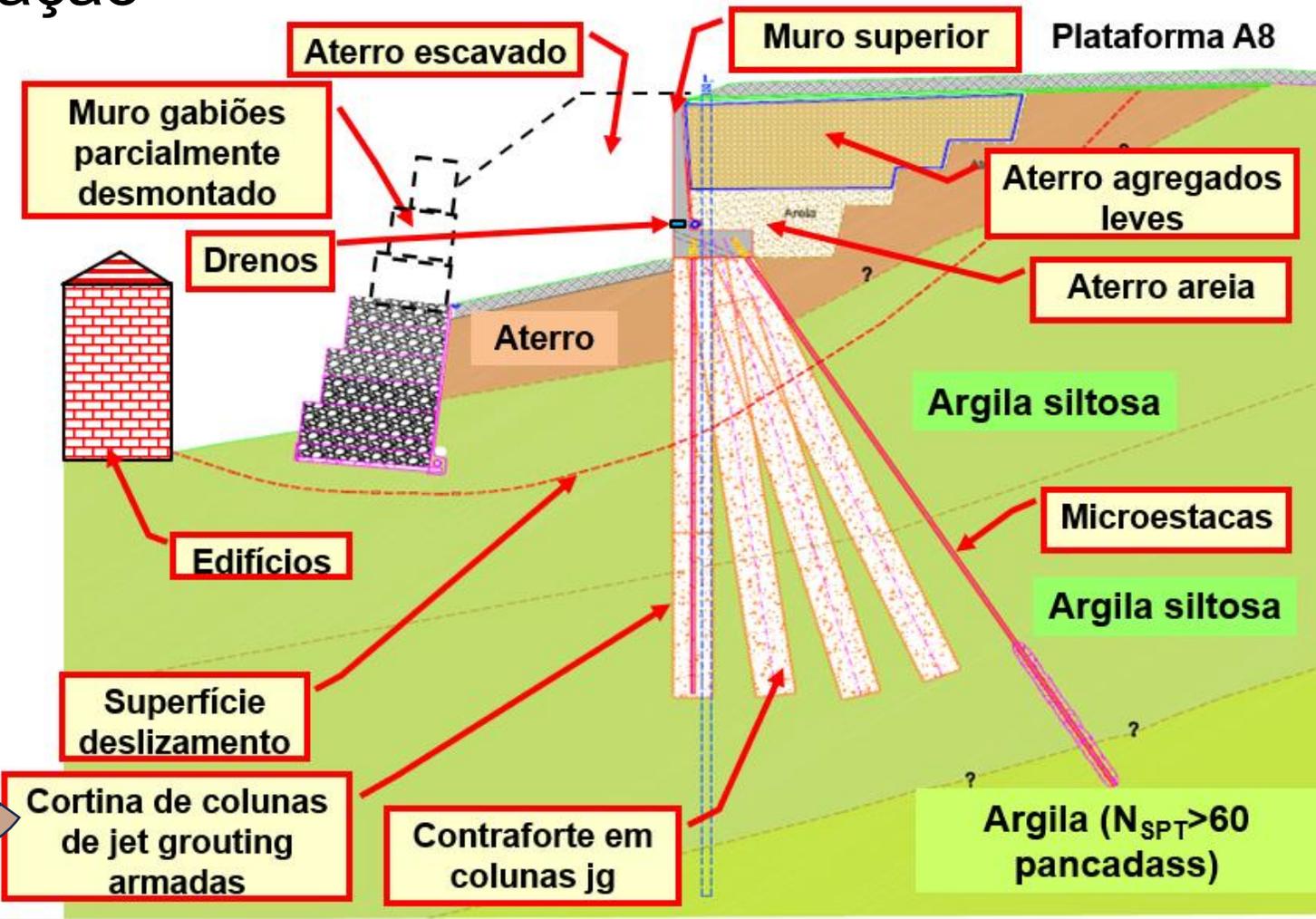
2019

2022

2023

2024

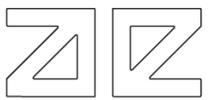
A Utilização



Crista superfície deslizamento



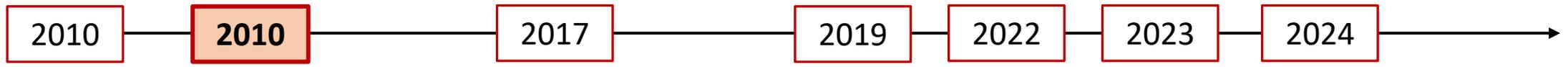
2009 — 2010 — 2017 — 2019 — 2022 — 2023 — 2024 —>



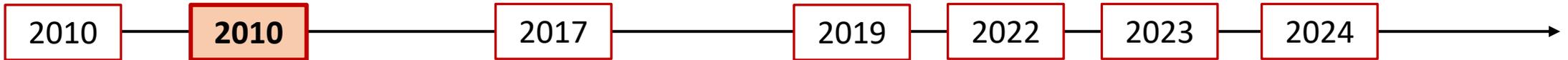
□ A Utilização



□ A Utilização



□ A Utilização



A Utilização

Lisboa: Terra continua a deslizar nas traseiras da rua Damasceno Monteiro. 27 pessoas retiradas de casa

MadreMedia / Lusa

27 fev 2017 12:28

Atualidade

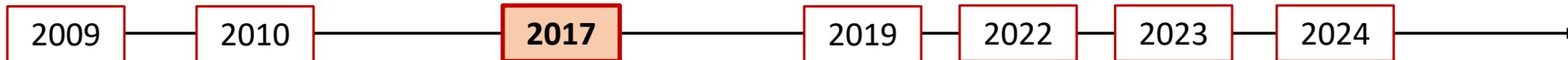
Lisboa · Proteção Civil · Deslizamento de terra



Atualidade · 27 fev 2017 09:53
Autoridades fazem "análise técnica" a edifícios atingidos por deslizamento de terras em Lisboa



Seis horas depois da queda de um muro que levou à retirada de 27 pessoas de edifícios na Rua Damasceno Monteiro, em Lisboa, continuam a verificar-se pequenos deslizamentos de terra no local, constatou a Lusa.



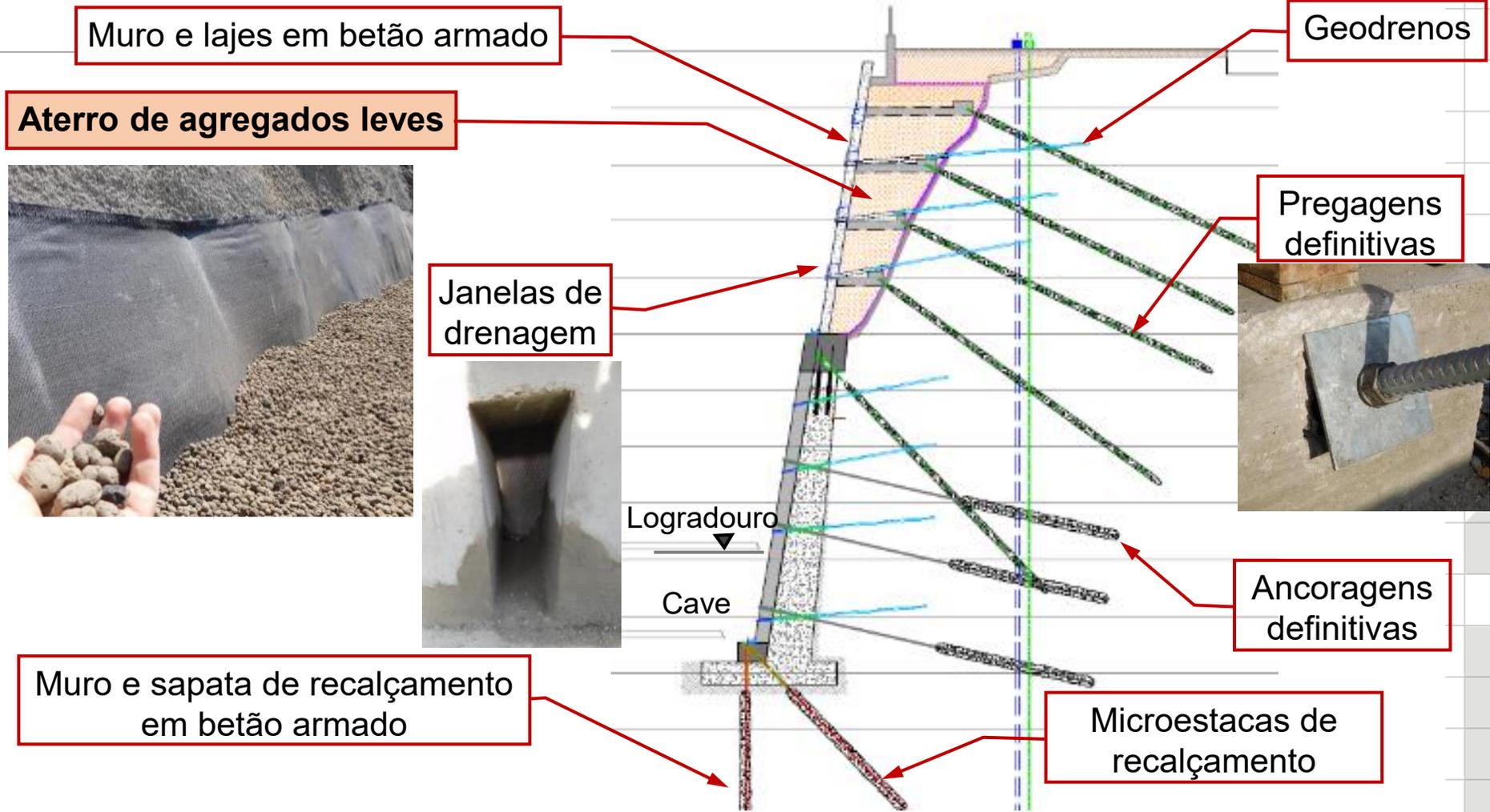
PUB

PUB

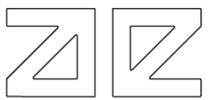
PUB

□ A Utilização

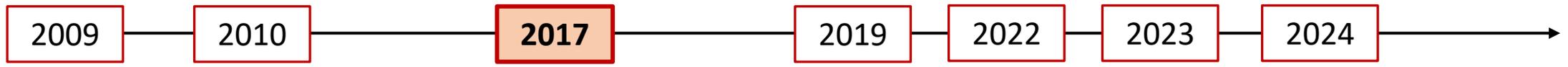
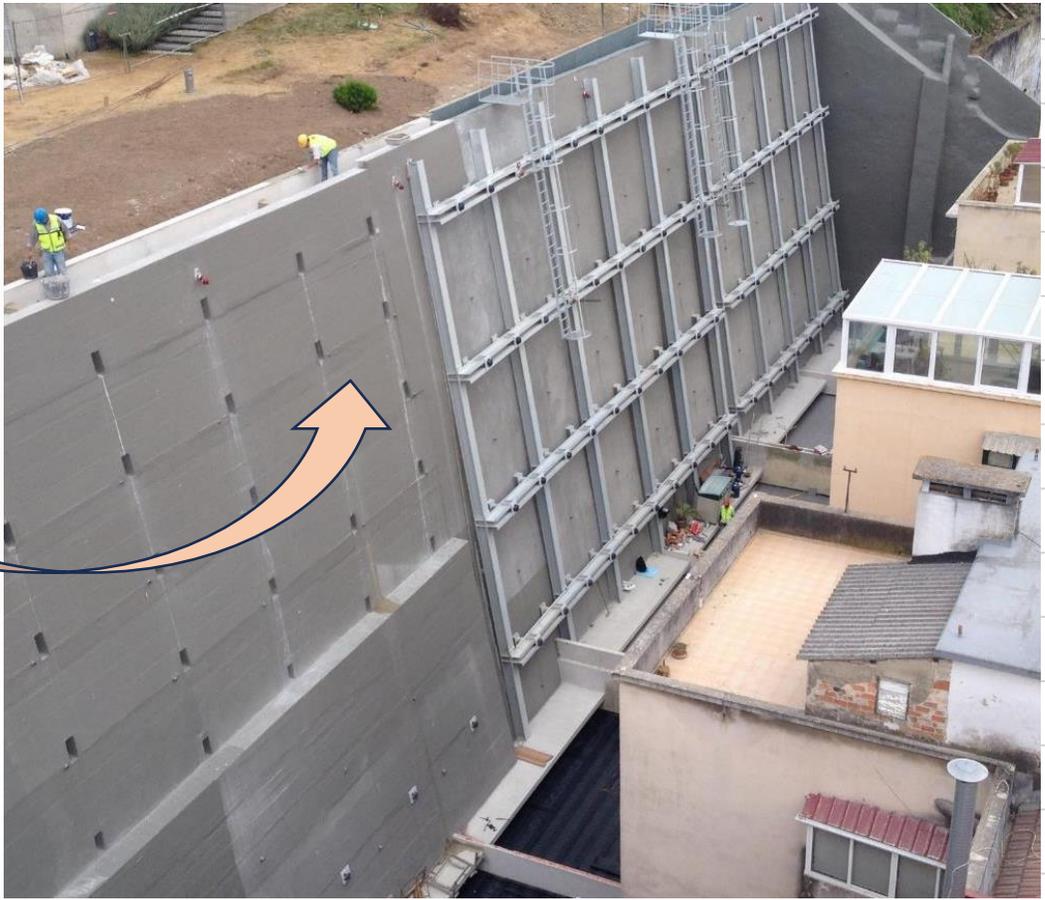
Desafio conceção: melhorar drenagem e reduzir impulsos sobre o novo muro



2009 — 2010 — **2017** — 2021 — 2022 — 2023 — 2024 —



□ A Utilização



A Utilização: Castelo Palmela

Jornal do Pinhal Novo Setembro 14, 2025

Cultura Desporto Entrevista Informação Geral Estatuto Editorial Contactos

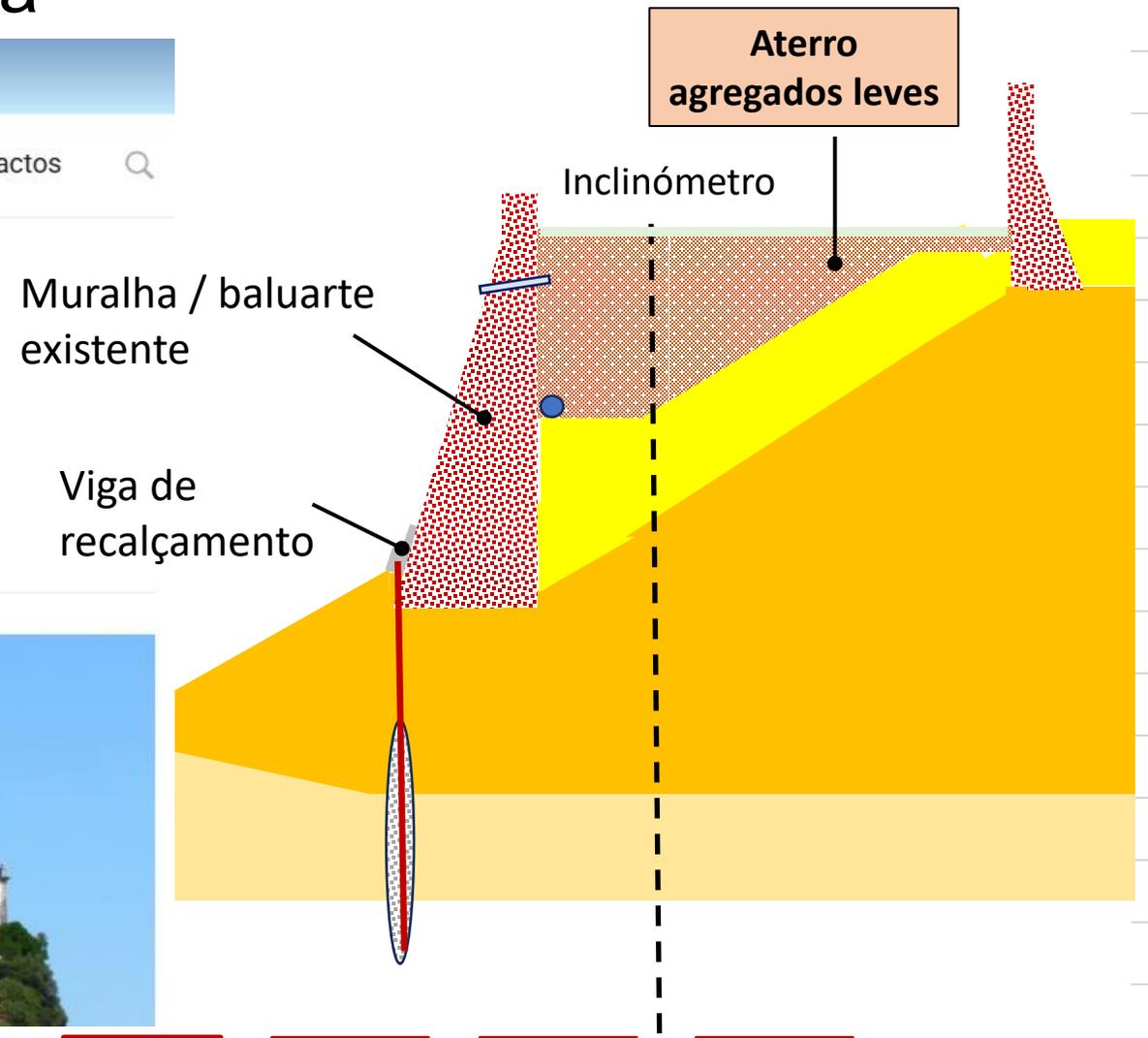
Projecto de execução para consolidação da Encosta do Castelo

A Câmara Municipal de Palmela adjudicou o projecto de execução para a Intervenção de Natureza Estrutural para Evitar Derrocadas nas Encostas do Castelo de Palmela, pelo valor...

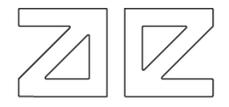


by admin
Maio 25, 2016

0 1065



2009 — 2010 — 2017 — 2019 — 2022 — 2023 — 2024 —>



□ A Utilização

**Desafio
conceção:**
minimizar a
intervenção pelo
exterior da muralha
/ baluarte



2009

2010

2017

2019

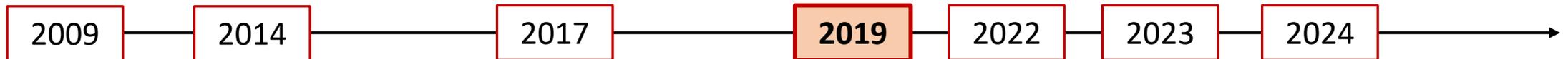
2022

2023

2024

□ A Utilização

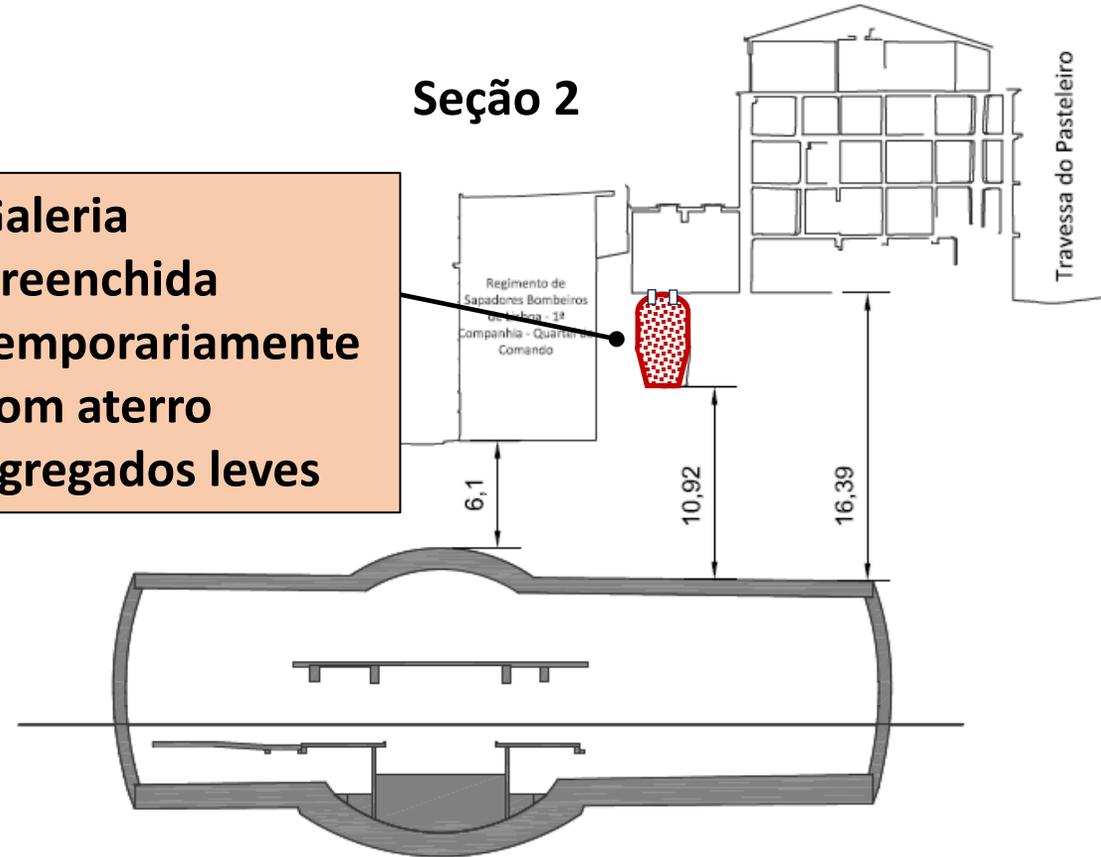
Desafio construtivo:
bombear agregados leves de argila expandida a 40m de altura



❑ A Utilização: Lote 2, Santos / Cais do Sodré, ML



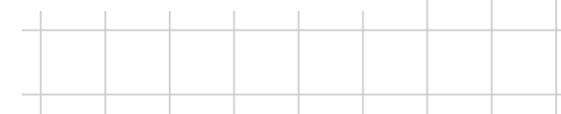
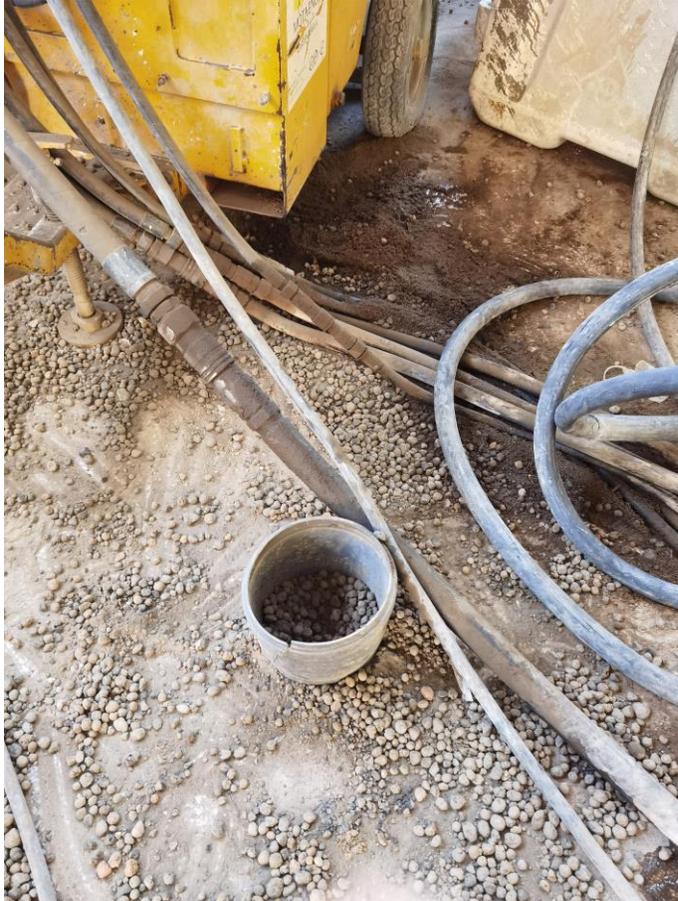
**Galeria
preenchida
temporariamente
com aterro
agregados leves**



Galerias subterrâneas sobre a Estação de Santos
Galeria Transversal sul

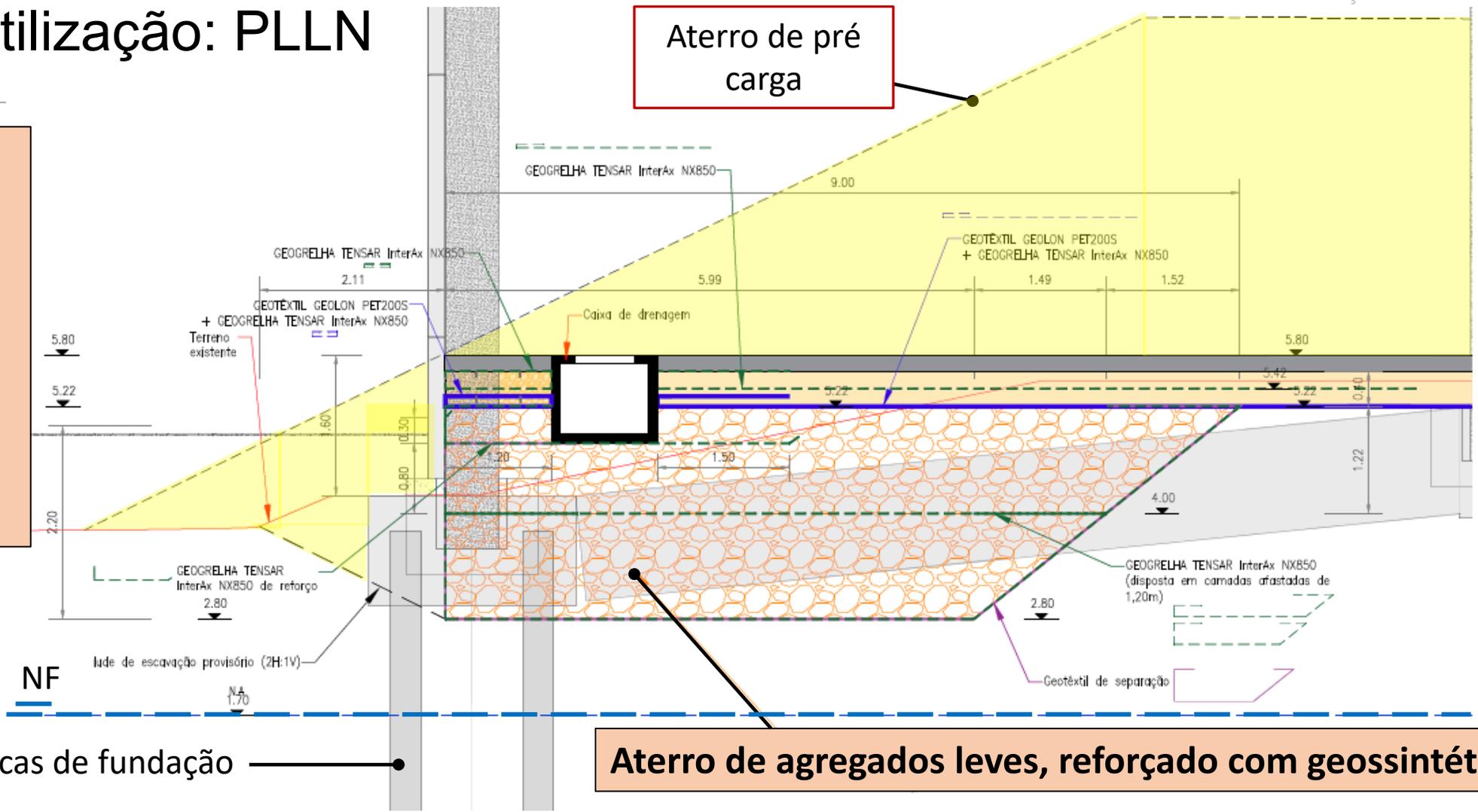
2009 — 2010 — 2017 — 2019 — **2022** — 2023 — 2024

□ A Utilização



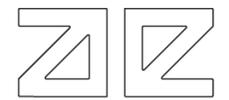
A Utilização: PLLN

Desafio conceção: substituir o efeito da ausência de aterro pré carga

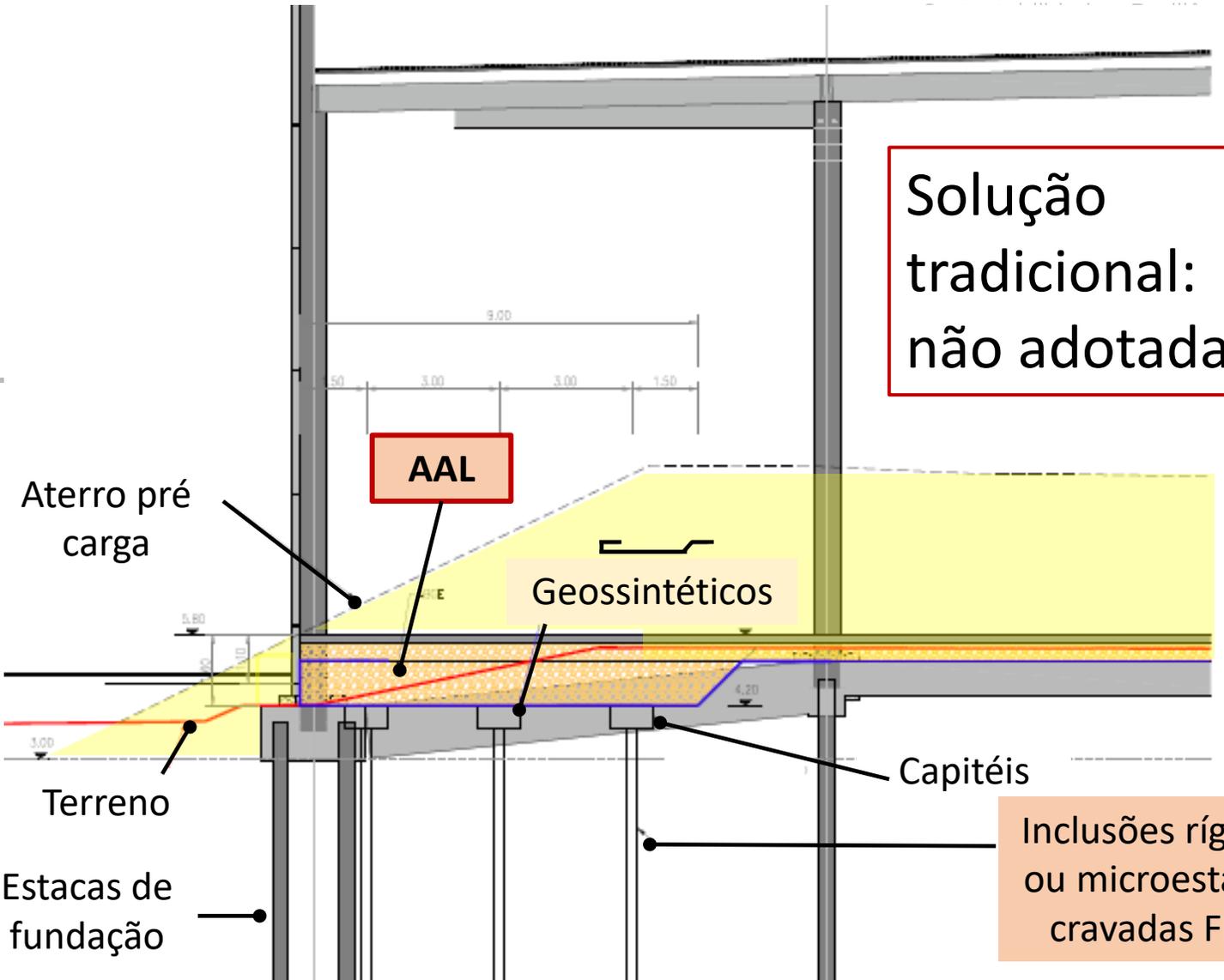
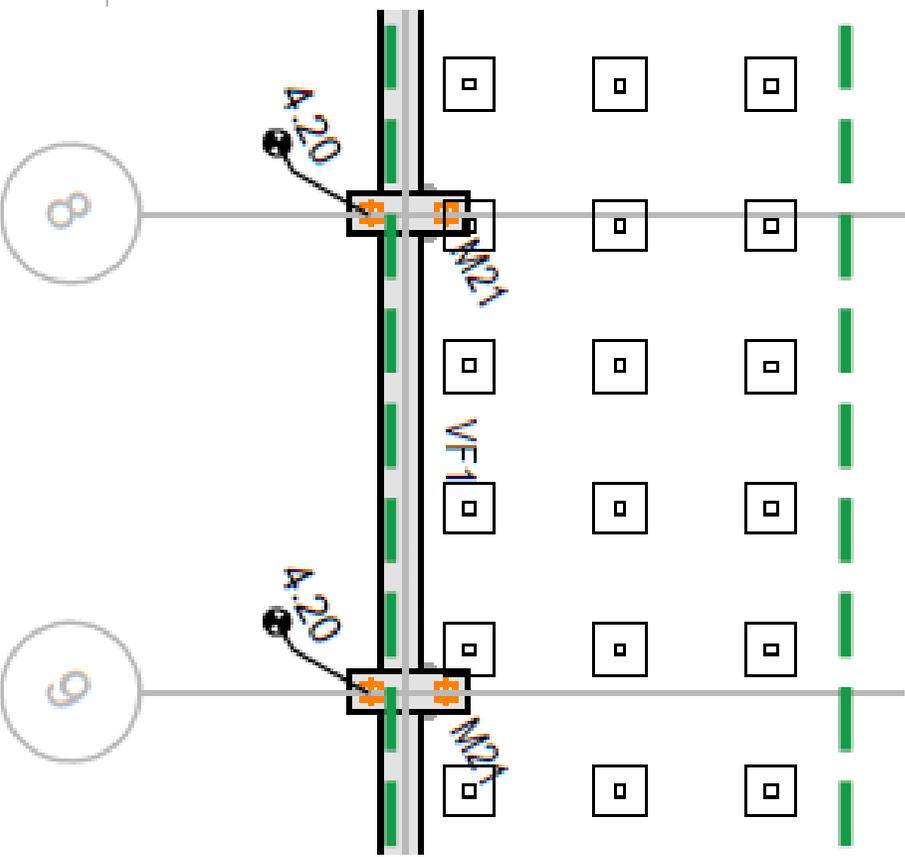


Aterro de agregados leves, reforçado com geossintéticos

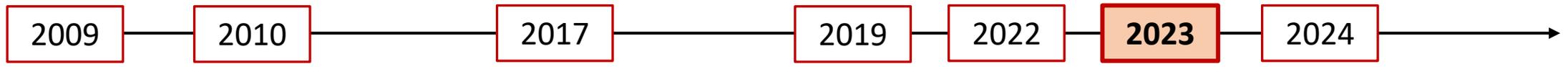
2009 — 2010 — 2017 — 2019 — 2022 — **2023** — 2024 —>



□ A Utilização



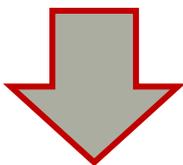
Solução tradicional: não adotada



□ A Utilização



Assentamentos dos pavimentos exteriores, em cerca de 30 anos, superiores a 1m



Problemas na ligação das infraestruturas públicas aos edifícios, fundados em estacas

Obras consolidação solos Travessa Sinbad

12-MAR-2024



2009

2010

2017

2019

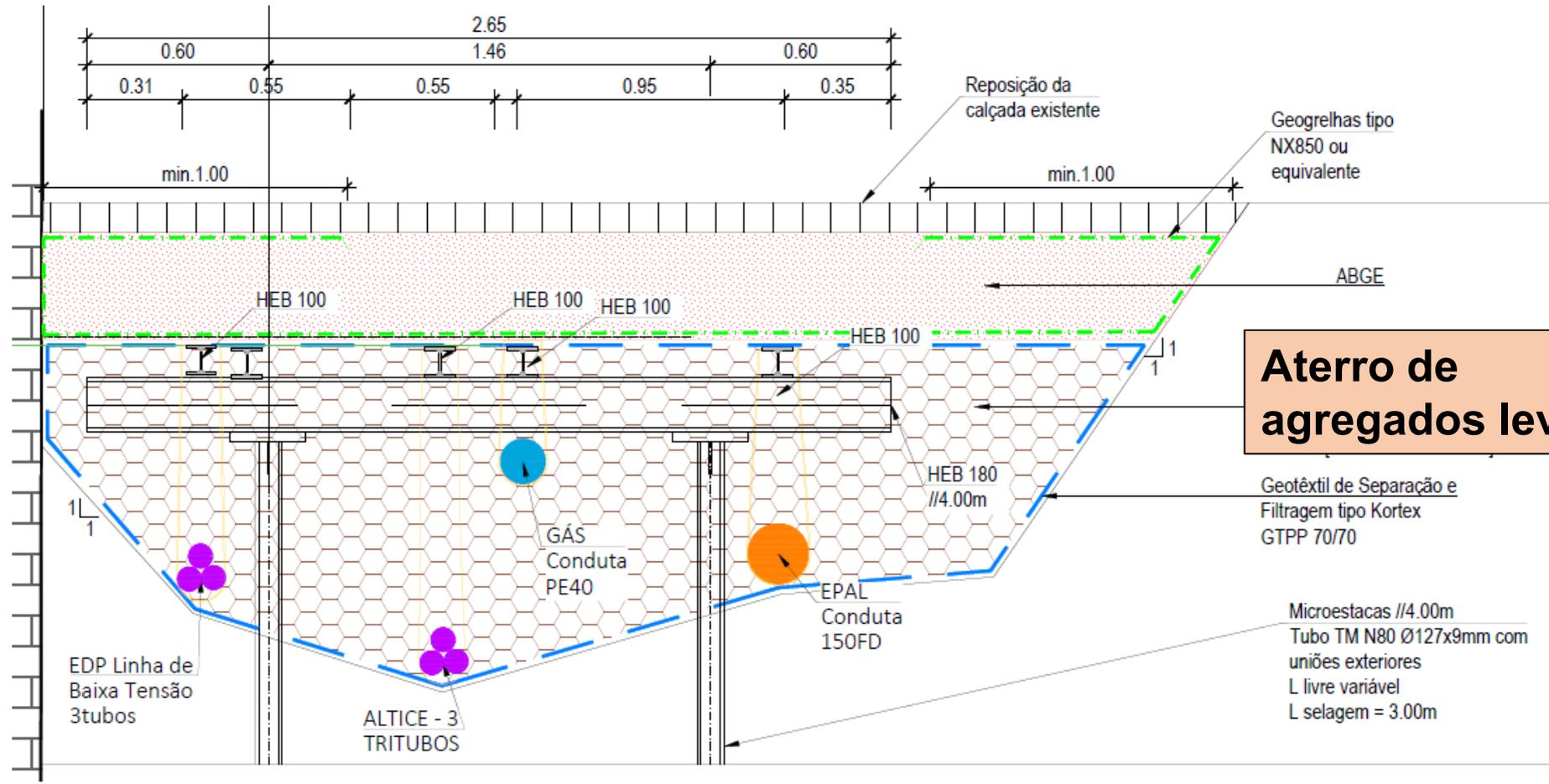
2022

2023

2024

A Utilização: Estabilização de Assentamentos junto a edifícios no PN, Lisboa

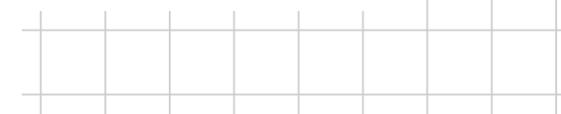
Desafio conceção: atenuar os assentamentos das infraestruturas públicas



Aterro de agregados leves

2009 — 2010 — 2017 — 2019 — 2022 — 2023 — **2024** —>

□ A Utilização



ÍNDICE

- O Conceito
- A Utilização
- Caso de Obra**
- Considerações Finais



▣ Caso de Obra: Arruamentos junto à PLLN, Carregado

ENQUADRAMENTO

PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS

SOLUÇÕES ADOTADAS

INSTRUMENTAÇÃO

REFLEXÕES



□ Caso de Obra

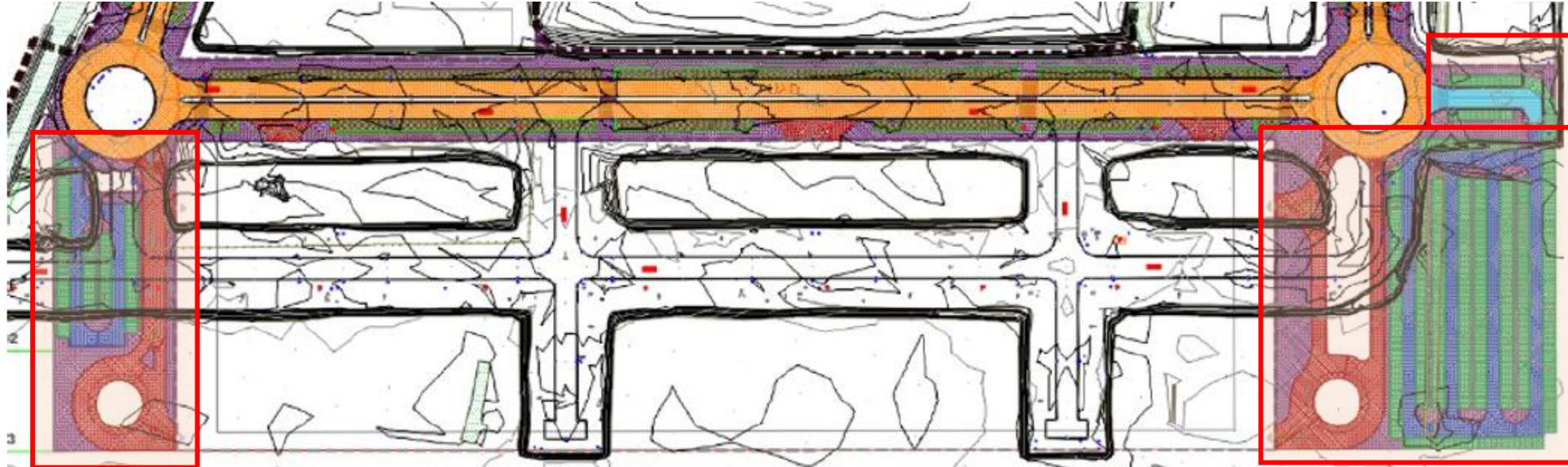
ENQUADRAMENTO

PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS

SOLUÇÕES ADOTADAS

INSTRUMENTAÇÃO

REFLEXÕES



-  Vias de circulação Pesados (zonas de finalização) iii)
-  Vias de circulação Pesados (zonas novas) i)
-  Vias de Acesso a Estacionamentos (zonas novas) iv)
-  Vias de Acesso a Estacionamentos (zonas de finalização) iv)

-  Estacionamento de ligeiros (zonas de finalização) iv)
-  Estacionamento de ligeiros (zonas novas) ii)
-  Passeio em blocos

☐ Caso de Obra

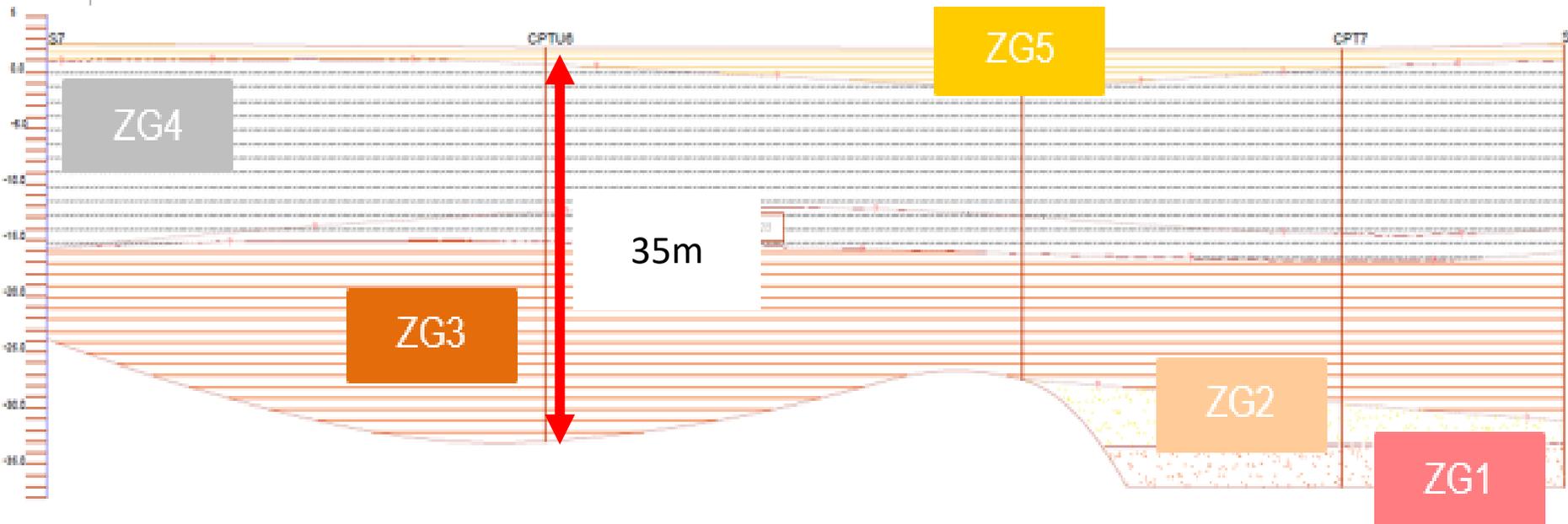
ENQUADRAMENTO

PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS

SOLUÇÕES ADOTADAS

INSTRUMENTAÇÃO

REFLEXÕES



- ❖ Depósitos de aterro (ZG5)
- ❖ Depósitos aluvionares, solos muito moles (ZG4)
- ❖ Depósitos co aluvionares (ZG3)
- ❖ Depósitos de areias e cascalheiras do Quaternário (ZG2)
- ❖ Depósitos de Areias Médias (ZG1)

□ Caso de Obra

ENQUADRAMENTO

PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS

SOLUÇÕES ADOTADAS

INSTRUMENTAÇÃO

REFLEXÕES

Soluções equacionadas para execução dos aterros tradicionais:

- ❖ Solução de fundação indireta
- ❖ Melhoramento do solo de fundação com inclusões rígidas
- ❖ Melhoramento do solo de fundação com recurso a consolidação forçada com geodrenos e aterros de pré carga

□ Caso de Obra

ENQUADRAMENTO

PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS

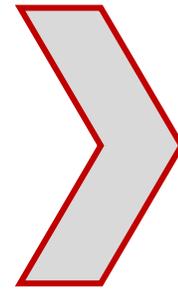
SOLUÇÕES ADOTADAS

INSTRUMENTAÇÃO

REFLEXÕES

Soluções equacionadas para execução dos aterros tradicionais:

- ❖ Solução de fundação indireta
- ❖ Melhoramento do solo de fundação com inclusões rígidas
- ❖ Melhoramento do solo de fundação com recurso a consolidação forçada com geodrenos e aterros de pré carga



Aterro agregados leves como solução que assegura:

❑ Caso de Obra

ENQUADRAMENTO

PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS

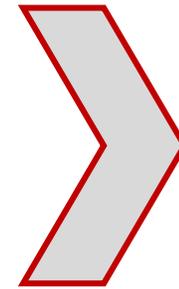
SOLUÇÕES ADOTADAS

INSTRUMENTAÇÃO

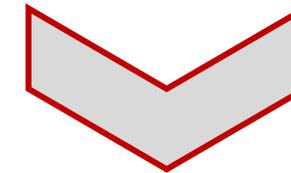
REFLEXÕES

Soluções equacionadas para execução dos aterros tradicionais:

- ❖ Solução de fundação indireta
- ❖ Melhoramento do solo de fundação com inclusões rígidas
- ❖ Melhoramento do solo de fundação com recurso a consolidação forçada com geodrenos e aterros de pré carga



Aterro agregados leves como solução que assegura:



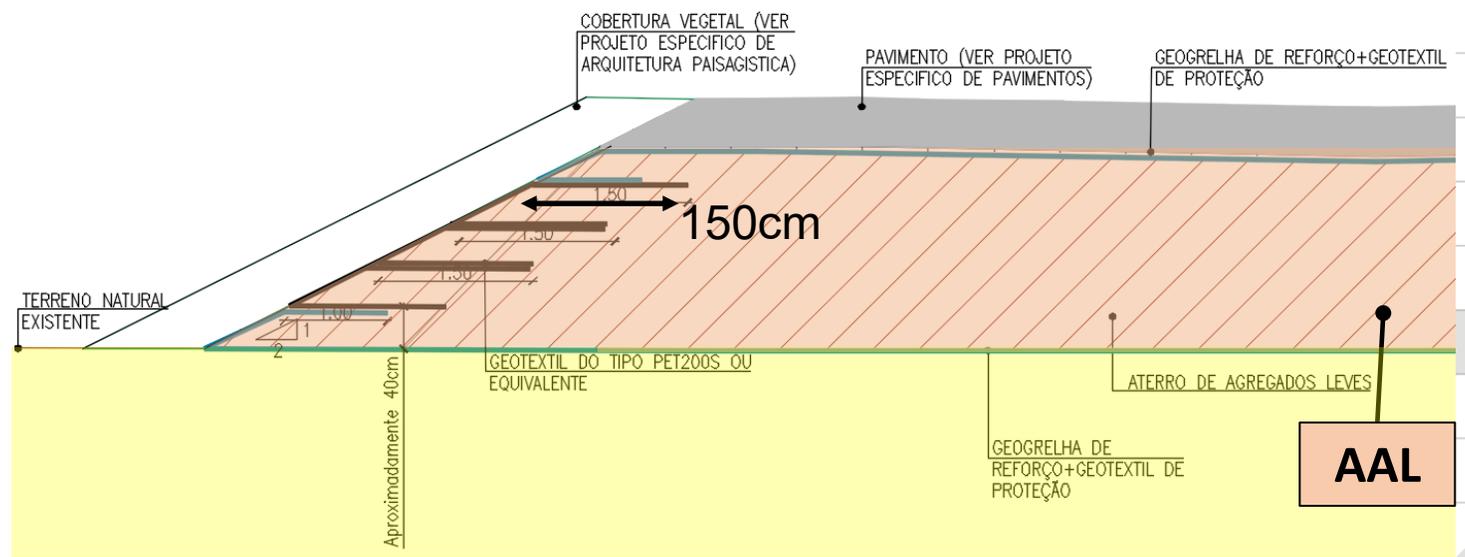
Otimização:

- ✓ Custo da obra
- ✓ Prazo da obra
- ✓ Vantagens ambientais

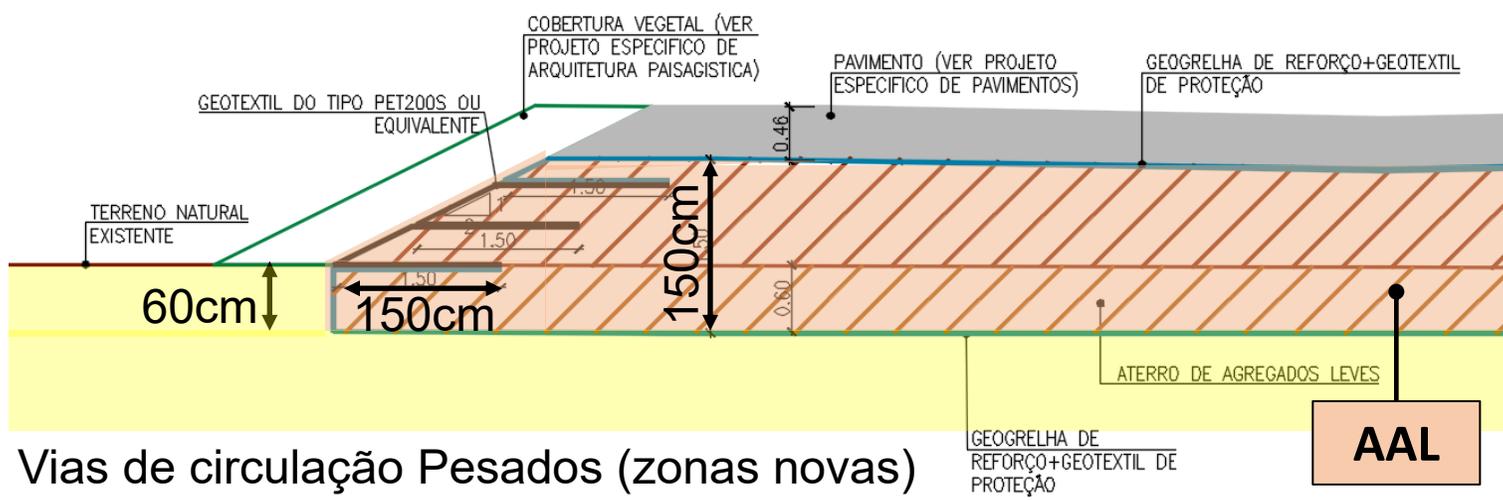
❑ Caso de Obra

ENQUADRAMENTO PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS **SOLUÇÕES ADOTADAS** INSTRUMENTAÇÃO RFLEXÕES

- ❖ Aterro constituído por agregados leves em argila expandida com alturas entre 1a 2m
- ❖ Confinado por geogrelhas + geotêxtil
- ❖ Taludes reforçados com geotêxtil de elevada resistência
- ❖ Pré-escavação de 60cm nos locais em circulação de pesados: aterro de compensação



Estacionamento de ligeiros (zonas novas)

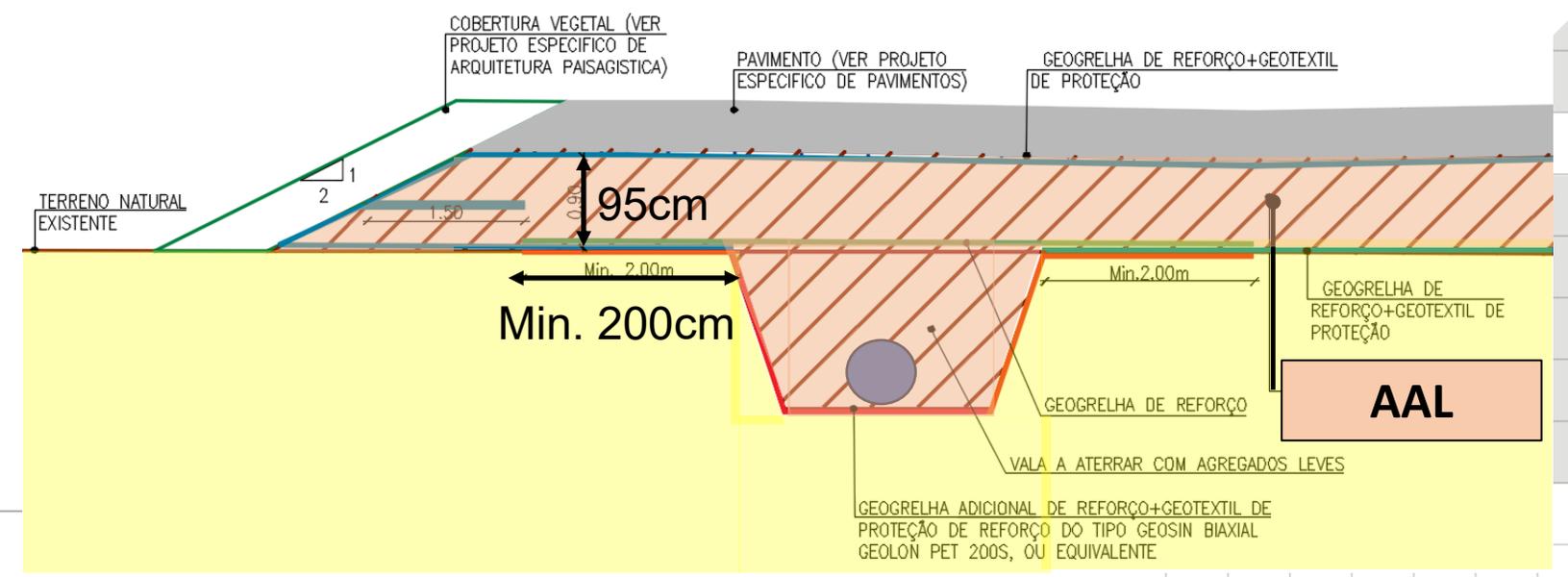


Vias de circulação Pesados (zonas novas)

❑ Caso de Obra

ENQUADRAMENTO PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS **SOLUÇÕES ADOTADAS** INSTRUMENTAÇÃO REFLEXÕES

❖ Compatibilização com infraestruturas



❑ Caso de Obra

ENQUADRAMENTO PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS **SOLUÇÕES ADOTADAS** INSTRUMENTAÇÃO REFLEXÕES

❖ Facilidade de Instalação



Caso de Obra

ENQUADRAMENTO PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS SOLUÇÕES ADOTADAS INSTRUMENTAÇÃO REFLEXÕES



❑ Caso de Obra

ENQUADRAMENTO

PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS

SOLUÇÕES ADOTADAS

INSTRUMENTAÇÃO

REFLEXÕES

❖ Controlo de Qualidade / Controlo de Execução

Ensaio de carga em placa, tendo-se obtido um valor de EV2 entre os 70MPa e os 80MPa, para o critério de aceitação de 60MPa

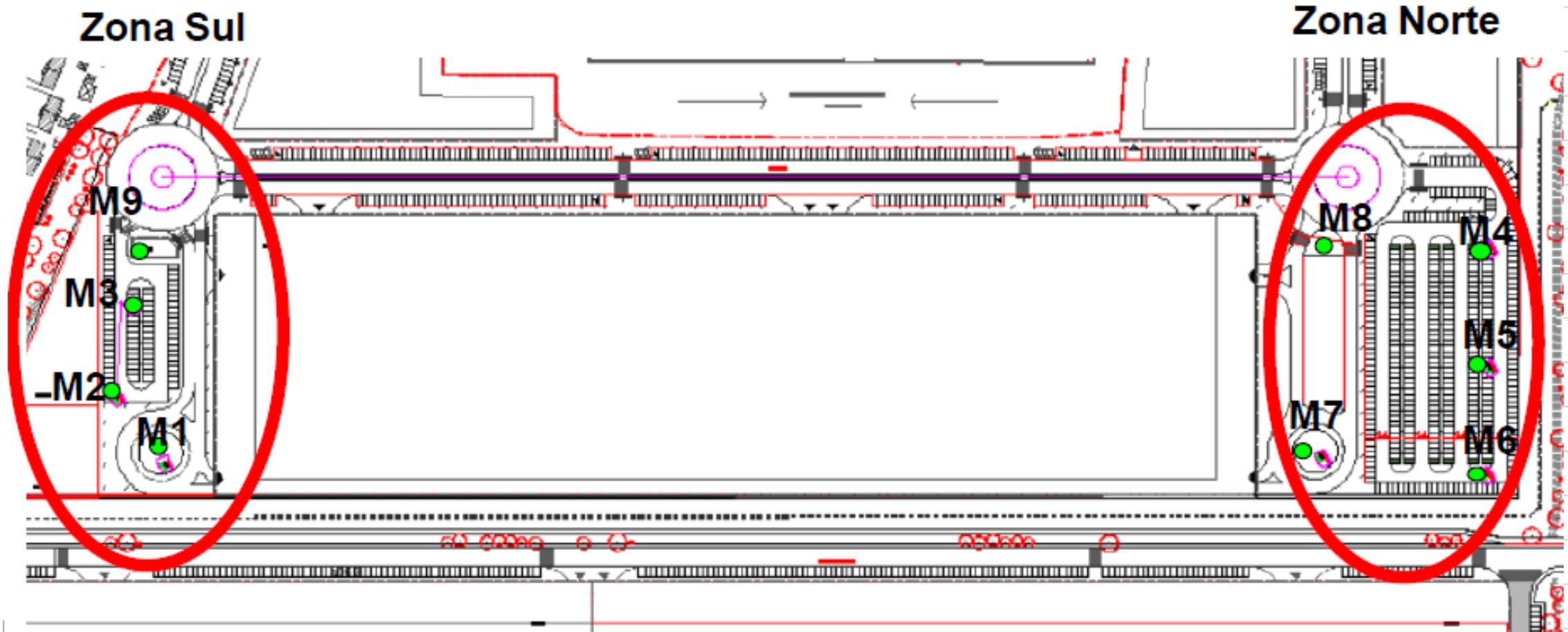
Ev1 =	46.53	MPa	K =	1.52
Ev2 =	70.60	MPa		



❑ Caso de Obra

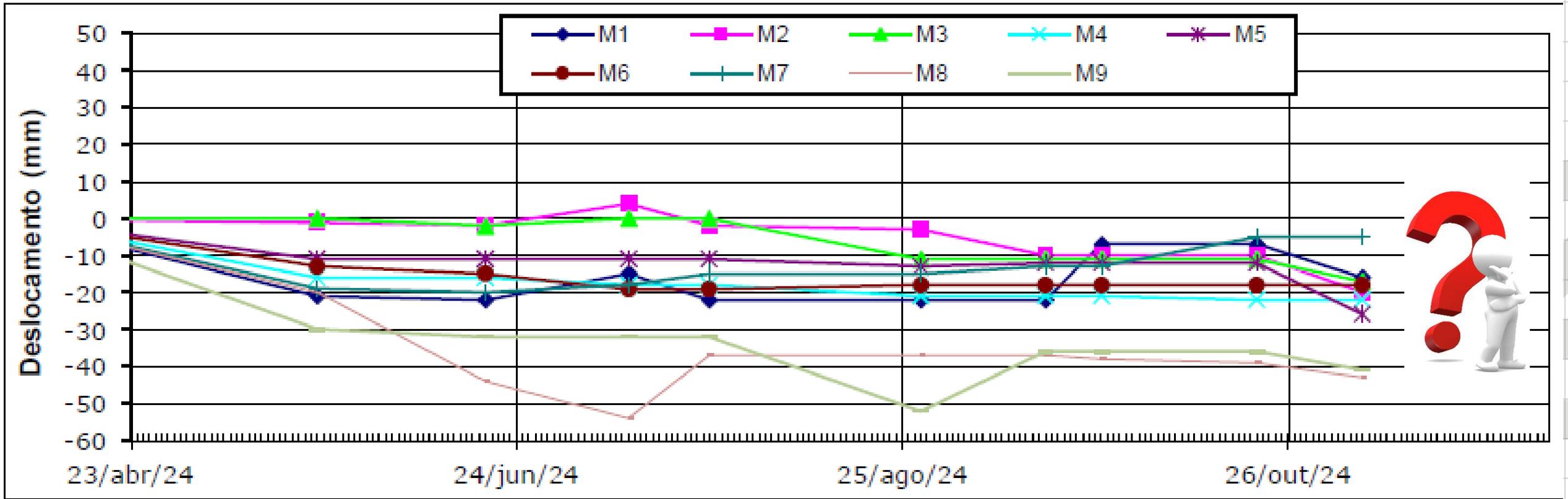
ENQUADRAMENTO PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS SOLUÇÕES ADOTADAS INSTRUMENTAÇÃO REFLEXÕES

❖ Instrumentação e Observação



☐ Caso de Obra

ENQUADRAMENTO PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS SOLUÇÕES ADOTADAS **INSTRUMENTAÇÃO** REFLEXÕES



Execução da obra

Conclusão da obra

Importante manter obras geotécnicas sensíveis instrumentadas durante a fase de exploração

❑ Caso de Obra

ENQUADRAMENTO

PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS

SOLUÇÕES ADOTADAS

INSTRUMENTAÇÃO

REFLEXÕES

- ❑ Solução de AAL nesta obra:
- ❖ Utilização de AAL proporcionou efetiva mitigação de assentamentos diferenciais
- ❖ Assentamento total estimado de aproximadamente 7 cm ao longo de 5 anos para a zona de circulação de pesados (zona crítica)



□ Caso de Obra

ENQUADRAMENTO

PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS

SOLUÇÕES ADOTADAS

INSTRUMENTAÇÃO

REFLEXÕES

□ Solução de AAL nesta obra:

- Utilização de AAL proporcionou efetiva mitigação de assentamentos diferenciais
- Assentamento total estimado de aproximadamente 7 cm ao longo de 5 anos para a zona de circulação de pesados (zona crítica)

□ Comparação com Solução Convencional:

- ❖ Solução convencional (apenas com aterro tradicional) resultaria em assentamentos diferenciais da ordem de 20cm
- ❖ Alternativas mais onerosas, em prazo e custo económico e ambiental, incluiriam consolidação forçada por geodrenos e aterros de pré-carga

☐ Caso de Obra

ENQUADRAMENTO

PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS

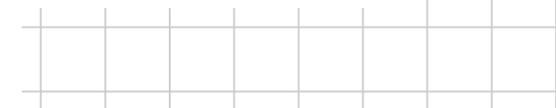
SOLUÇÕES ADOTADAS

INSTRUMENTAÇÃO

REFLEXÕES

Solução de ALL nesta obra:

- Utilização de AAL proporcionou efetiva mitigação de assentamentos diferenciais
- Assentamento total estimado de aproximadamente 7 cm ao longo de 5 anos para a zona de circulação de pesados (zona crítica)
- ☐ Comparação com Solução Convencional:
 - Solução convencional (apenas com aterro tradicional) resultaria em assentamentos diferenciais da ordem de 20cm
 - Alternativas mais onerosas, em prazo e custo económico e ambiental, incluiriam consolidação forçada por geodrenos e aterros de pré-carga
- ☐ Benefícios da Utilização de Agregados Leves:
 - ❖ Redução significativa no incremento de tensões efetivas nos materiais aluvionares de fundação, associada à minimização dos assentamentos totais e diferenciais
 - ❖ Vantagens: construtivas, económicas, prazo e ambientais



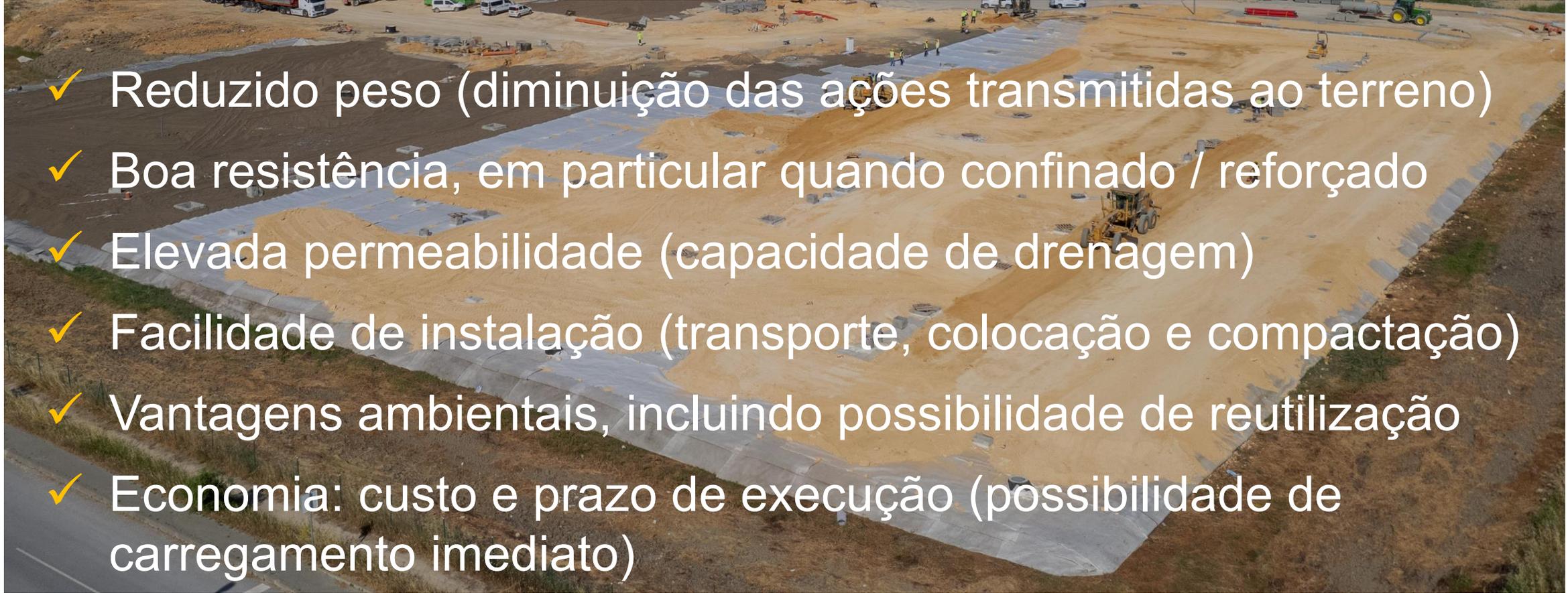
ÍNDICE

- ❑ O Conceito
- ❑ A Utilização
- ❑ Caso de Obra
- ❑ **Considerações Finais**



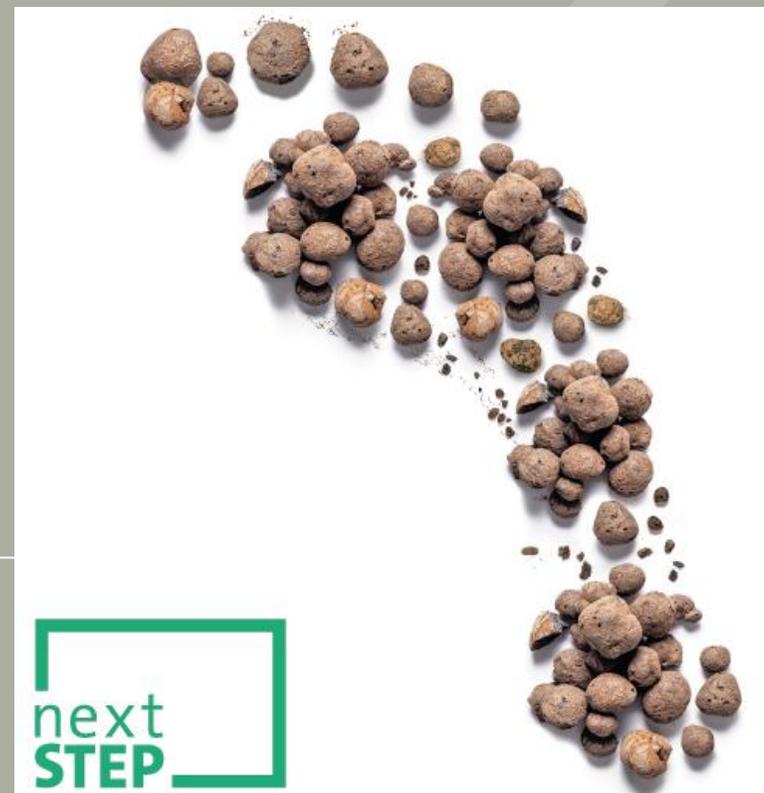
❑ Considerações Finais: Potencial das soluções de AALAE

- ✓ Reduzido peso (diminuição das ações transmitidas ao terreno)
- ✓ Boa resistência, em particular quando confinado / reforçado
- ✓ Elevada permeabilidade (capacidade de drenagem)
- ✓ Facilidade de instalação (transporte, colocação e compactação)
- ✓ Vantagens ambientais, incluindo possibilidade de reutilização
- ✓ Economia: custo e prazo de execução (possibilidade de carregamento imediato)



Argila Expandida

Sustentabilidade e Resiliência
em Soluções Geotécnicas



Obrigado

Alexandre Pinto,
apinto@jetsj.com

ORGANIZAÇÃO



APOIOS INSTITUCIONAIS

