

# APRESENTAÇÃO DE PATOLOGIAS TERRAPLANAGEM E DRENAGEM ATERROS EM PLATAFORMAS E ESTRUTURAS CONSOLIDADAS

Autor: Filipe Mendes



## ALGUMAS NOTAS SOBRE A AE TRANSMONTANA





## “PATOLOGIA” (definição)

- A **palavra** “PATOLOGIA” significa literalmente "estudo da doença" e tem origem no grego, onde *Pathos* = doença e *Logos* = estudo
- Na **construção civil** “PATOLOGIA DAS EDIFICAÇÕES”, por paralelismo, pode ser considerada a “*ciência*” que estuda as origens, causas, mecanismos de ocorrência, manifestações e consequências das situações em que as estruturas ou partes delas deixam de apresentar o desempenho mínimo pré-estabelecido
- De forma geral, “PATOLOGIA” apenas é associado ao dano ou vício visível e identificável na estrutura, ou seja, **algo que constitui um desvio em relação ao que é considerado normal;**  
(fugindo um pouco ao conceito inicial que está na génese da palavra associada a ciência/estudo)

*Torna-se, portanto fundamental diagnosticar correctamente os problemas apresentados pelos edifícios, dando aos responsáveis pela manutenção ou conservação a possibilidade de optar pela solução mais adequada às suas necessidades (OZ09).*

*Os técnicos de engenharia e de arquitectura dispõem hoje de um vasto conjunto de ferramentas capazes de fornecer apoio muito relevante à detecção de anomalias e suas consequências (Appleton, 2002). No entanto, o diagnóstico acerca do estado de conservação e segurança não pode depender exclusivamente desses meios, requerendo o exercício permanente da experiência dos técnicos que, olhando, sabem “ler” o edifício, entendê-lo na sua complexidade, orientando e disciplinando, desse modo, o recurso às referidas técnicas (Appleton, 2002).*

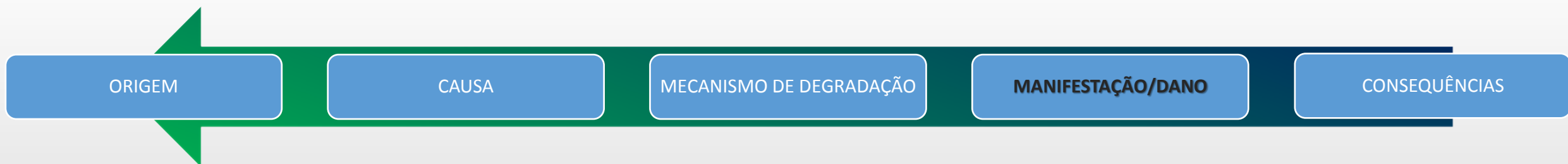
*Conjugar a observação e reflexão, de natureza mais empírica, com a realização de sondagens, inspecções e ensaios e com a interpretação dos respectivos resultados é, pois, a mais difícil tarefa que cabe aos técnicos (Appleton, 2002).*

## PATOLOGIA – DIMENSÕES DAS PATOLOGIAS

ABORDAGEM COM BASE NA DEFINIÇÃO - ABORDAGEM PREVENTIVA



ABORDAGEM NA PERSPECTIVA PRÁTICA - ABORDAGEM CORRECTIVA



PODEMOS PARTIR DE UMA ORIGEM E CHEGAR A UMA CONSEQUÊNCIA **OU** PARTIR DE UMA CONSEQUÊNCIA E CHEGAR A UMA ORIGEM

- ❖ Qualquer das abordagens implica sempre a formulação de uma hipótese a que se seguirá a investigação, estudo e discussão para a descoberta da causa e da solução adequada – de alguma forma tem alguma proximidade com uma ciência nestes aspectos...

**ULTRAPASSANDO A QUESTÃO DA DEFINIÇÃO E OLHANDO NA PERSPECTIVA MAIS PRÁTICA CHEGAMOS FACILMENTE ÀS SEGUINTE CONCLUSÕES:**

- ❖ **QUANTO MELHOR CONHECERMOS OS ITENS REFERIDOS INDIVIDUALMENTE NA DEFINIÇÃO, MAIS EFICIENTES SEREMOS A PERCEBER A ANOMALIA IDENTIFICADA – LOGO, ESTAREMOS EM MELHORES CONDIÇÕES PARA ENCONTRAR A MELHOR SOLUÇÃO PARA RESOLVER AS “PATOLOGIAS ASSOCIADAS”/ANOMALIA OU EVITAR QUE APAREÇAM PATOLOGIAS NAS ESTRUTURAS POR PREVENÇÃO DAS CAUSAS DO MECANISMOS DE DEGRADAÇÃO**
- ❖ **A EXISTÊNCIA DE PATOLOGIAS CONDICIONA A ESTRUTURA A DESEMPENHAR A FUNÇÃO PARA QUE ESTÁ PREVISTA, LOGO, CONDICIONA A SUA UTILIZAÇÃO EM CONDIÇÕES NORMAIS**
- ❖ **A REPARAÇÃO DE ANOMALIAS CONSOME RECURSOS E TEMPO, CONDICIONANDO AS CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DAS ESTRUTURAS NESSES PERÍODOS**
- ❖ **A RESOLUÇÃO EFICIENTE DAS ANOMALIAS DETECTADAS, TEM QUE SER TRATADAS POR ELIMINAÇÃO DO MECANISMOS DE DEGRADAÇÃO, OU, POR ACÇÃO DE CORRECÇÃO SOBRE A CAUSA COM O FIM ULTIMO DE ELIMINAR O MECANISMO DE DEGRADAÇÃO**

**Exemplos de:**

**Origens** - os materiais // sistema de drenagem;

**Causas** – materiais desadequados; mal compactados // Drenagem mal executada; drenagem insuficiente

**Mecanismos de degradação** – escorregamento pelos materiais plásticos; consolidação dos materiais // arrastamento de finos por percolação; escoamento de águas pluviais sobre os paramentos dos aterros

**Manifestação/danos** – assentamentos; deformações plásticas; formação de buracos // erosão com arrastamento de materiais; deslizamento do aterro; desprendimento de blocos etc...

**Consequências** – corte de via; desvios de tráfego; perda de receita



## E QUANDO DEVE SURGIR A PREOCUPAÇÃO COM AS “PATOLOGIAS” ...também EM ATERROS ??

**R: DESDE A CONCEPÇÃO E DIMENSIONAMENTO!**

**... E ESTÁ PRESENTE AO LONGO DE TODA A VIDA ÚTIL DAS ESTRUTURAS**

### VEJAMOS:

- **NO DIMENSIONAMENTO** – dimensiona-se com base nos estados limites últimos de resistência e utilização das estruturas, com base numa combinação de acções espectáveis
  - ❖ Ou seja, dimensiona-se para evitar atingir os limites de desempenho da estrutura, os que irão provocar patologias/danos para as solicitações a que a estrutura poderá vir a ser sujeita ao longo da sua vida útil
- **NA FASE DE CONSTRUÇÃO** – Cumpre-se o Projecto de Execução, estudam-se os processos construtivos, escolhem-se os meios adequados, controlam-se os materiais, fiscalizam-se os trabalhos
  - ❖ Ou seja, garantem-se os princípios básicos das “regras da boa arte” e implementa-se as medidas de controlo para garantir a qualidade e evitar problemas futuros = patologias
- **NA FASE DE EXPLORAÇÃO** – Implementam-se Planos de Monitorização, Planos de Inspeção e realizam-se os trabalhos de manutenção preventiva
  - ❖ Ou seja, implementam-se todos os meios possíveis de monitorização e vigilância para detecção e correcção atempada de todos e quaisquer defeitos que possam vir a evoluir para o aparecimento de patologias

## E NO QUE DIZ DIRECTAMENTE RESPEITO A ATERROS

SERÁ QUE PODEMOS ABORDAR AS CONDIÇÕES DE EXECUÇÃO COMO UMA ORIGEM E UMA CAUSA DE ANOMALIAS (PATOLOGIAS) ??

R: SIM!

- EM TERMOS **GLOBAIS** TEMOS SEMPRE QUE CONSIDERAR A MÁ CONCEPÇÃO E/OU EXECUÇÃO COMO UMA POTENCIAL CAUSA DE PATOLOGIAS EM ATERROS

EM TERMOS MAIS **RESTRITOS** TEMOS QUE CONSIDERAR A POSSIBILIDADE DE EXISTÊNCIA DE LIMITAÇÕES E PARTICULARIDADES IMPOSTAS PELO PROJECTO E/OU PELO LOCAL DE CONSTRUÇÃO QUE INFLUENCIAM O RESULTADO OBTIDO — POR EXEMPLO AS CONDICIONANTES E PARTICULARIDADES DA CONSTRUÇÃO DE ATERROS EM ZONAS ATERROS SOBRE PLATAFORMAS E ESTRUTURAS CONSOLIDADAS

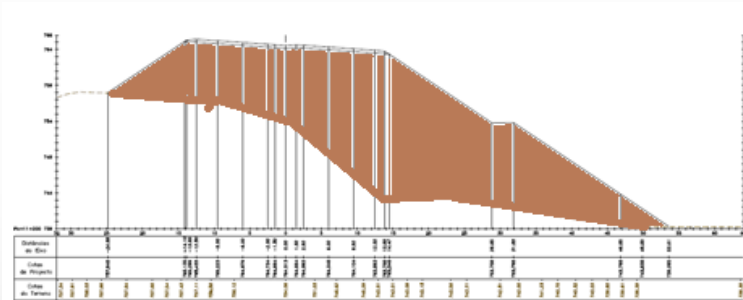
### NOTA:

O contexto de construção da AE Transmontana/A4 teve um carácter marcado pela reabilitação, alargamento e duplicação de vias – tivemos que agir por antecipação da patologia, em muitas situações atendendo às dificuldades construtivas existentes. Traçado maioritariamente implantado no antigo corredor existente do antigo IP4.

## EXEMPLOS PATOLOGIAS EM ATERROS – SOBRE PLATAFORMAS E ESTRUTURAS CONSOLIDADAS

### **Caso 1** – ATERRO DE ALARGAMENTO CONSTRUÍDO PARCIALMENTE SOBRE UMA PLATAFORMA EXISTENTE

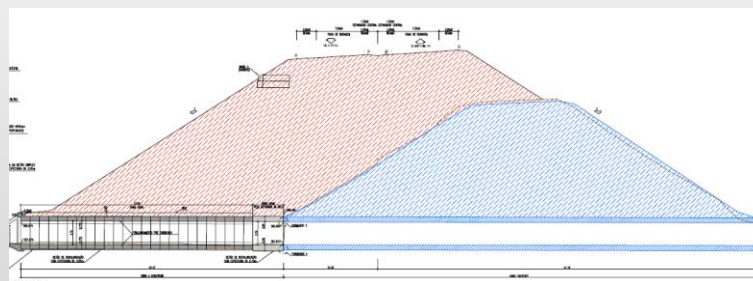
(Apresentação a partir de um dano)



Ocorreu um deslizamento, em dois momentos diferentes

### **Caso 2** – ATERRO CONSTRUÍDO SOBRE PLATAFORMA COM UMA PH DE GRANDES DIMENSÕES

(Apresentação a partir de uma causa)

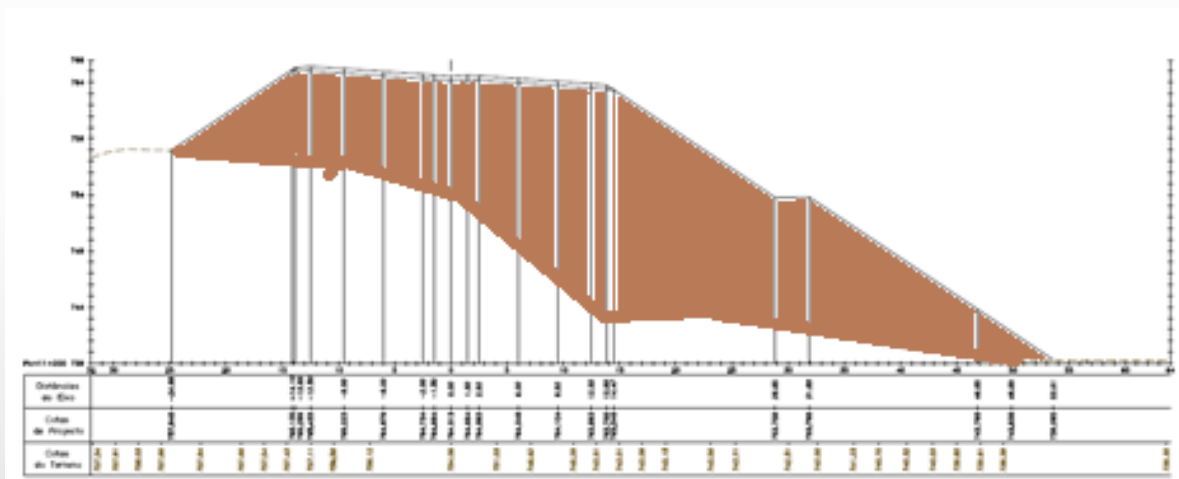


Identificou-se uma causa que poderia provocar danos – aumento de carga com novo aterro



## CASO 1 – ATERRO DE ALARGAMENTO CONSTRUÍDO PARCIALMENTE SOBRE UMA PLATAFORMA EXISTENTE

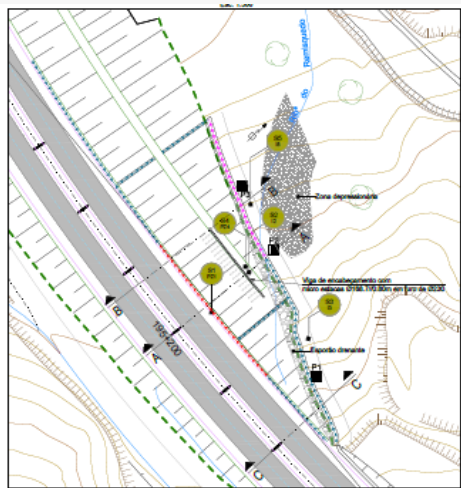
### Caracterização do aterro



- . ATERRO NUM VALE ENTRE DUAS ENCOSTAS VOLTADAS PARA UMA RIBEIRA
- . ATERRO PARCIALMENTE CONSTRUÍDO EM CIMA DA ANTERIOR PLATAFORMA DO IP4
- . ALARGAMENTO DE PLATAFORMA DO ANTIGO IP4, E CORRECÇÃO DO TRAÇADO EM PLANTA;
- . CORRECÇÃO DA COTA DA RASANTE EXISTENTE DO ANTIGO IP4
- . H TOTAL – 40M (NO PONTO DE H MAX)
- . L TOTAL DO ATERRO – 275 M
- . H SOBRE A PLATAFORMA EXISTENTE – 10 M
- . L BASE DO ALARGAMENTO – 30M
- . GEOMETRIA VERIFICADA - 1/1.5

## CASO 1 – ATERRO DE ALARGAMENTO CONSTRUÍDO PARCIALMENTE SOBRE UMA PLATAFORMA EXISTENTE

### ANOMALIAS VERIFICADAS . Manifestações da Patologia/Patologia



- Assentamento da berma (assentamento diferencial) – no início do aterro, em cerca de 75m (dos 275m de comprimento total do talude)
- Deformações na face do talude de aterro – deslizamento
- Deformação da base do talude – deslizamento
- Danos vários nas drenagens
  - na crista – partida, deslocada e com assentamento
  - na banquetta – partida, deslocada e com assentamento
  - no pé-de-talude – partida, deslocada e com assentamento
- Danos na guarda rígida betonada *in-situ* – partida, deslocada e com assentamento
- Formação de fissuras de tração em várias zonas – na berma e na crista do talude



**CASO 1 – ATERRO DE ALARGAMENTO CONSTRUÍDO PARCIALMENTE SOBRE UMA PLATAFORMA EXISTENTE**

**ANOMALIAS VERIFICADAS . Manifestações da Patologia**





**CASO 1 – ATERRO DE ALARGAMENTO CONSTRUÍDO PARCIALMENTE SOBRE UMA PLATAFORMA EXISTENTE**

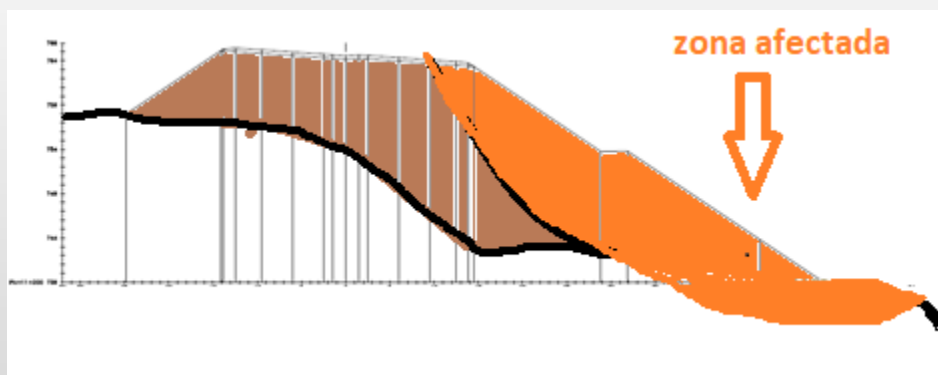
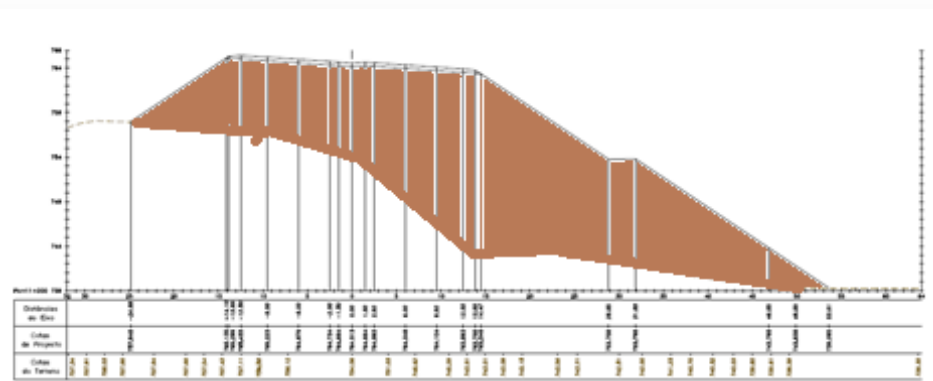
**ANOMALIAS VERIFICADAS . Manifestações da Patologia**





## CASO 1 – ATERRO DE ALARGAMENTO CONSTRUÍDO PARCIALMENTE SOBRE UMA PLATAFORMA EXISTENTE

## MECANISMO DE DEGRADAÇÃO



## AS ANOMALIAS IDENTIFICADAS OCORRERAM EM DOIS MOMENTOS DIFERENTES

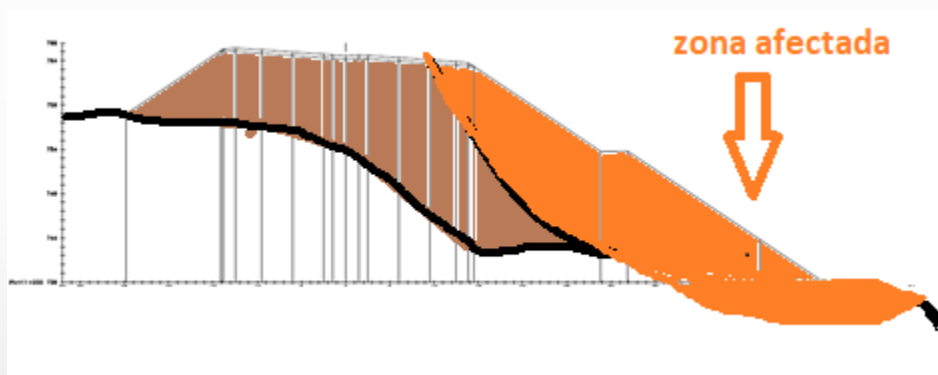
- PRIMEIRA VEZ – PRIMEIRO INVERNO APÓS CONSTRUÇÃO
- SEGUNDA VEZ – TRÊS INVERNOS APÓS A CONSTRUÇÃO

EM CADA UM DOS MOMENTOS APONTARAM-SE MECANISMOS DE DEGRADAÇÃO DIFERENTES

- Primeira vez – problemas de drenagem/nível freático no interior do corpo do aterro
- Segunda vez – problemas de fundação/nível freático na zona do alargamento

## CASO 1 – ATERRO DE ALARGAMENTO CONSTRUÍDO PARCIALMENTE SOBRE UMA PLATAFORMA EXISTENTE

### MECANISMO DE DEGRADAÇÃO – PRIMEIRA VEZ



### IDENTIFICAÇÃO DA CAUSA

- ✓ Problemas de drenagem associados às infiltrações que ocorriam no paramentos do aterro, entre outras origens consideradas

### MECANISMOS DE DEGRADAÇÃO CONSIDERADO

- ✓ Considerou-se que o mecanismo de degradação estava associado à presença de água no corpo do aterro influenciando as tensões internas e lubrificando a potencial superfície de deslizamento – o interface entre os dois aterros
- ✓ (portanto a base do aterro seria competente)



## CASO 1 – ATERRO DE ALARGAMENTO CONSTRUÍDO PARCIALMENTE SOBRE UMA PLATAFORMA EXISTENTE

### SOLUÇÃO ADOPTADA – PRIMEIRA VEZ

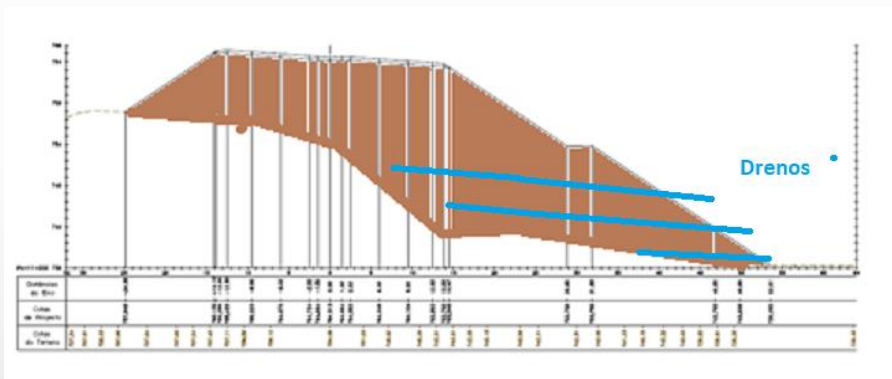
#### ❖ MEDIDAS IMPLEMENTADAS

- ✓ Execução de drenos transversais até à interface entre os dois aterros
- ✓ Complementar e tratar pontualmente a drenagem complementar existente

(medidas definidas com base na análise do mecanismo de degradação considerado, obtido em função do estudo e da análise feita aos danos existentes)

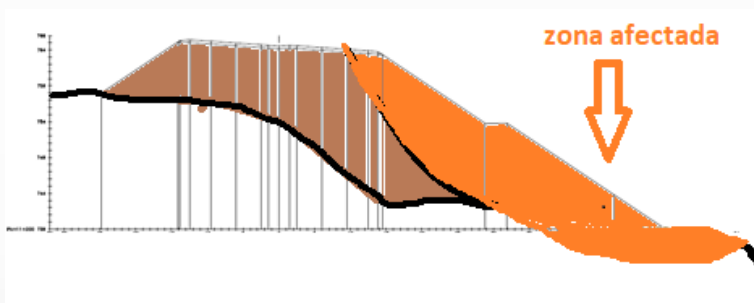
#### ❖ ESTA SOLUÇÃO NÃO SURTIU EFEITO TOTAL e DEFINITIVO

- ✓ Só por si pode ter sido insuficiente
- ✓ Voltaram a aparecer as mesmas patologias no mesmo local



## CASO 1 – ATERRO DE ALARGAMENTO CONSTRUÍDO PARCIALMENTE SOBRE UMA PLATAFORMA EXISTENTE

### MECANISMO DE DEGRADAÇÃO – SEGUNDA VEZ IDENTIFICAÇÃO DA CAUSA



(Desta vez para a identificação da causa recorreu-se à instalação de piezómetros, inclinómetros e à realização de poços de sondagem, cruzando a informação recolhida com o projecto de execução e outras informações compiladas)

- ❖ Aterro fundado em zona pontual de material xistento, com horizonte argiloso nos primeiros 2 a 3 m de profundidade;
- ❖ Graus de consolidação diferentes entre a fundação do aterro existente e a do alargamento
- ❖ Nível freático condicionado pela impermeabilidade das argilas existente
- ❖ Variação das tensões totais em função do nível freático

### MECANISMOS DE DEGRADAÇÃO CONSIDERADO

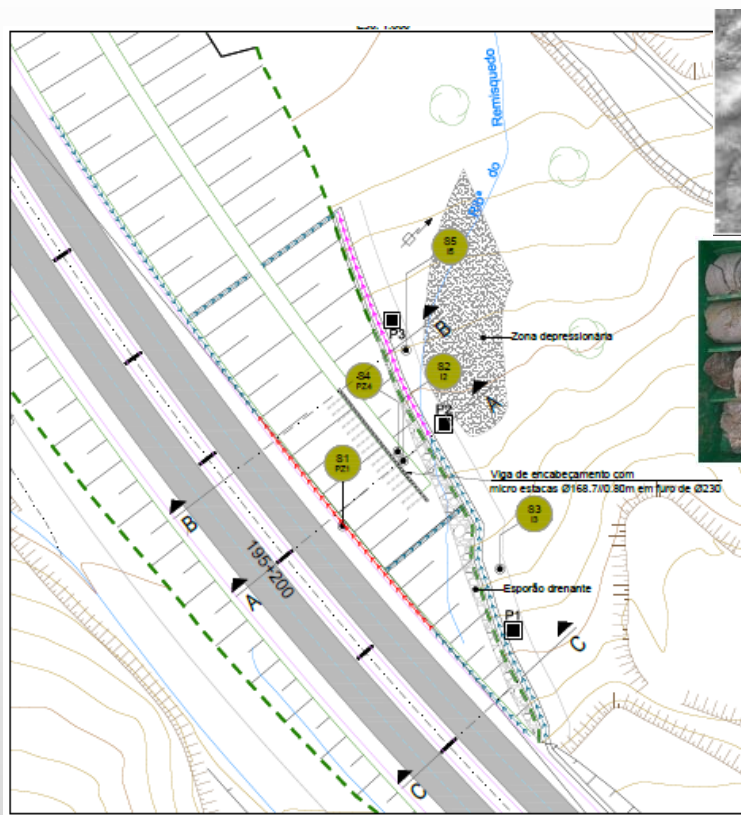
- ✓ Assentamento, por consolidação da fundação do aterro - sobrecarga
- ✓ Escorregamento pelas camadas argilosas com a subida do nível freático
- ✓ Existência de depressão natural no pé-de-talude com profundidade similar à profundidade da camada argilosa existente – factor estabilizador



## CASO 1 – ATERRO DE ALARGAMENTO CONSTRUÍDO PARCIALMENTE SOBRE UMA PLATAFORMA EXISTENTE

### MECANISMO DE DEGRADAÇÃO – SEGUNDA VEZ

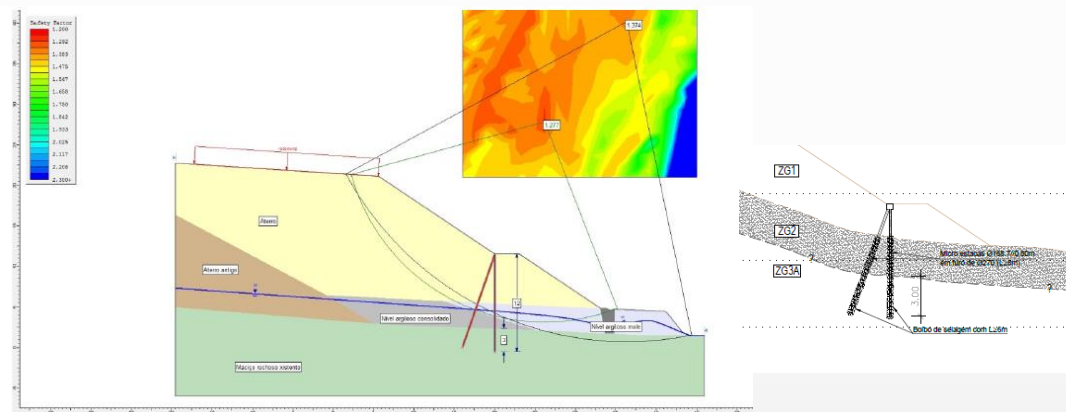
### IMAGENS DAS SONDAGENS, LOCALIZAÇÃO DA INSTRUMENTAÇÃO COLOCADA E RESULTADOS OBTIDOS





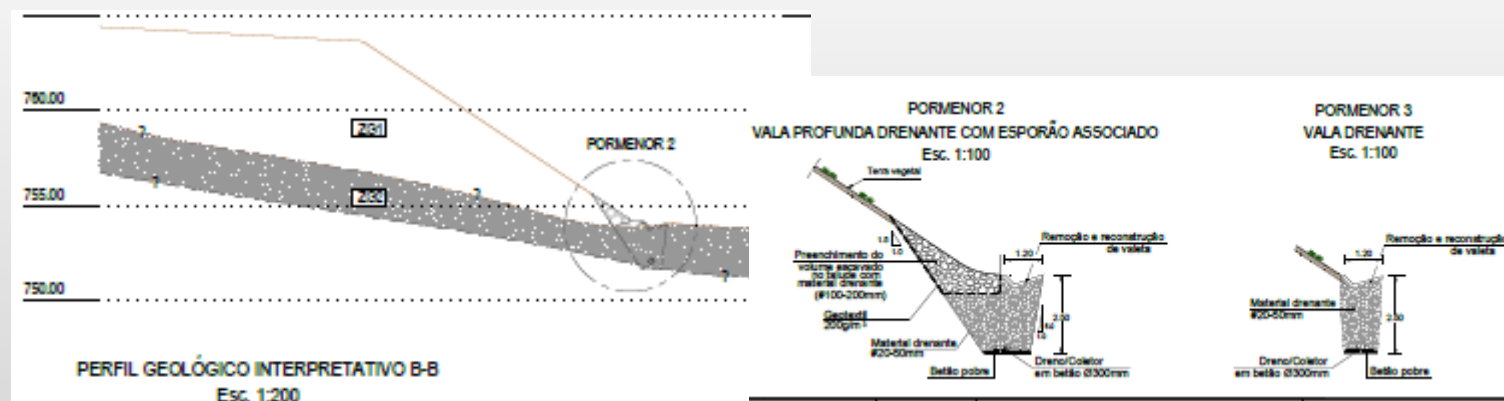
## CASO 1 – ATERRO DE ALARGAMENTO CONSTRUÍDO PARCIALMENTE SOBRE UMA PLATAFORMA EXISTENTE

### MECANISMO DE DEGRADAÇÃO – SEGUNDA VEZ



### SOLUÇÃO ADOPTADA

- ✓ Execução de vala profunda em material granular na base do aterro – para drenagem dos materiais argilosos pouco consolidados
- ✓ Execução de cortina de microestacas ao longo da banquetta – para melhorar as características de fundação e evitar futuros deslocamentos





**CASO 1 – ATERRO DE ALARGAMENTO CONSTRUÍDO PARCIALMENTE SOBRE UMA PLATAFORMA EXISTENTE**

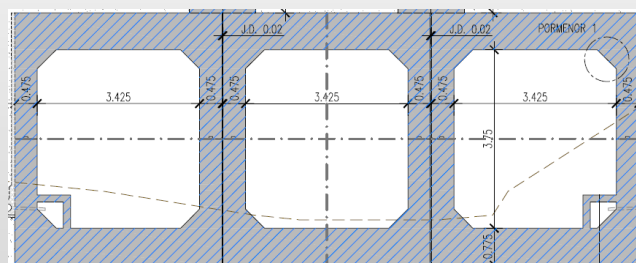
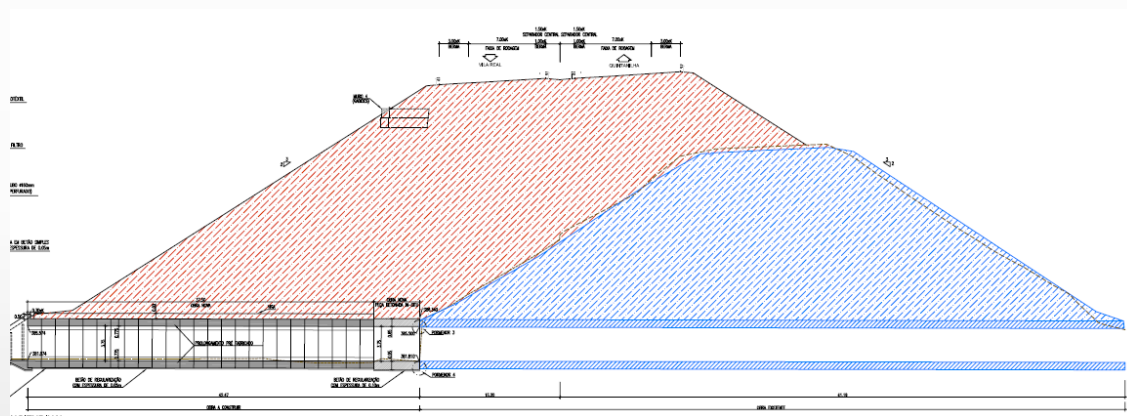
SOLUÇÃO ADOPTADA – fase de execução





## Caso 2 – ATERRO CONSTRUÍDO SOBRE PLATAFORMA COM UMA PH DE GRANDES DIMENSÕES

### CARACTERIZAÇÃO DO ATERRO – CONSTRUÍDO E A CONSTRUIR



. ATERRO PARCIALMENTE CONSTRUÍDO EM CIMA DA ANTERIOR PLATAFORMA DO IP4

. CORRECÇÃO DO TRAÇADO EM PLANTA ANTIGO IP4

. CORRECÇÃO DA COTA DA RASANTE EXISTENTE DO ANTIGO IP4

. H TOTAL – 40M (NO PONTO DE H MAX)

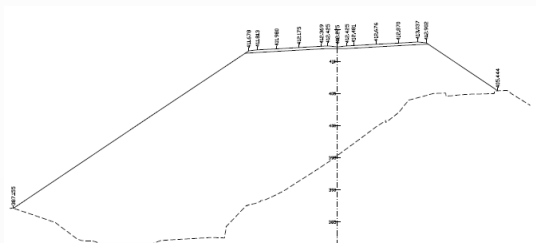
. H SOBRE A PLATAFORMA EXISTENTE IP4 – 10 M;

. PH EXISTENTE – 3 TUBOS □ DE 3,43X3,75; EM BETÃO ARMADO



## Caso 2 – ATERRO CONSTRUÍDO SOBRE PLATAFORMA COM UMA PH DE GRANDES DIMENSÕES

**CAUSA IDENTIFICADA** – Aumento significativo da altura do aterro sobre a PH existente

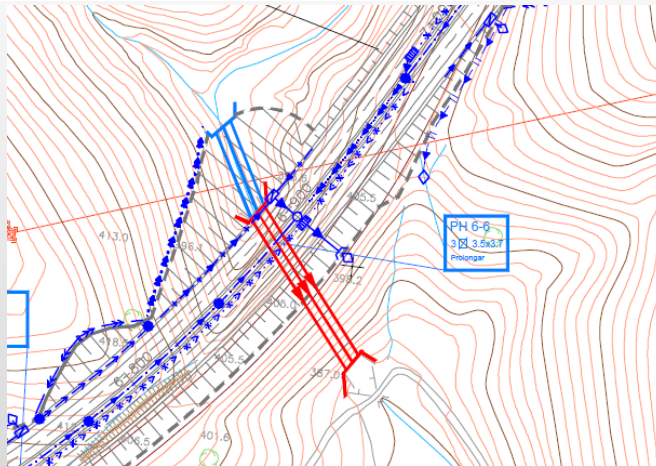
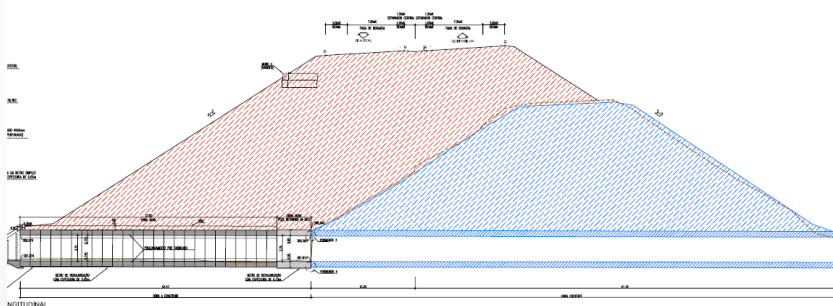


### ESTUDO DA CAUSA

- Neste caso com a causa identificada foi necessário estudar a consequência da mesma – ou seja estudar a acção do aterro na estrutura existente
- Estudou-se também o comportamento da estrutura da PH existente em face da solicitação a que ia ser eventualmente sujeita
- Estudou-se o comportamento do aterro tendo em conta as características dos seus materiais perante possíveis situações de comportamento da estrutura
- Objectivo – evitar o aparecimento/ocorrência de danos em ambas as estruturas por influência uma sobre a outra

## Caso 2 – ATERRO CONSTRUÍDO SOBRE PLATAFORMA COM UMA PH DE GRANDES DIMENSÕES

**CAUSA IDENTIFICADA** – Aumento significativo da altura do aterro sobre a PH existente



## MECANISMO DE DEGRADAÇÃO DA POTENCIAL PATOLOGIA

- Rotura da PH existente por aumento da carga de dimensionamento inicial
- Assentamento do aterro por falta de suporte da PH

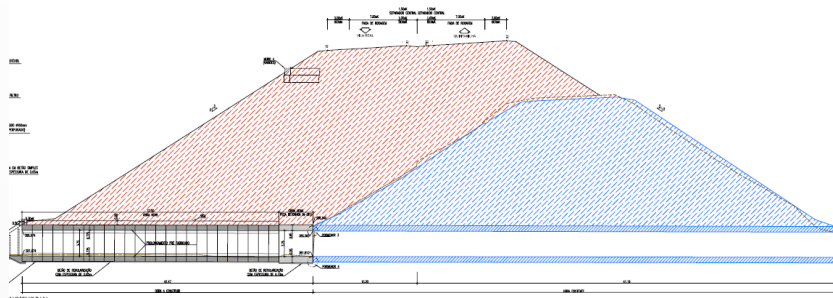
## MANIFESTAÇÃO DA POTENCIAL PATOLOGIA

- Assentamento do aterro
- Obstrução do curso de água – Ribeira de Aila
- Desmoronamento da PH existente



## Caso 2 – ATERRO CONSTRUÍDO SOBRE PLATAFORMA COM UMA PH DE GRANDES DIMENSÕES

**CAUSA IDENTIFICADA** – Aumento significativo da altura do aterro sobre a PH existente

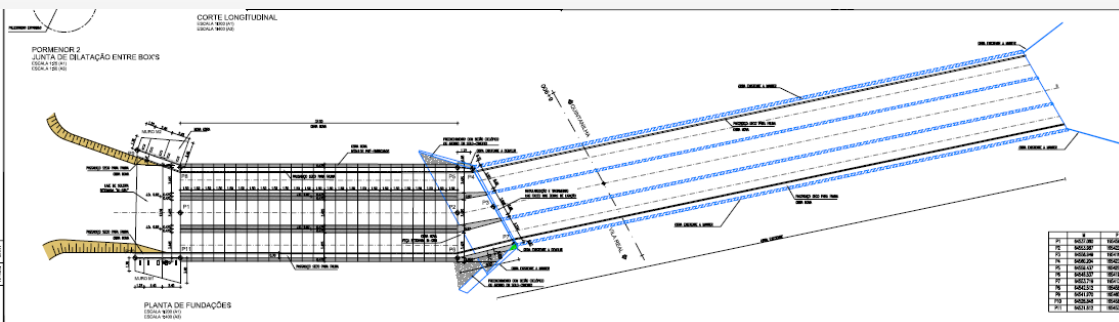


**RESULTADO DO ESTUDO FEITO NO ÂMBITO DESTA PATOLOGIA IDENTIFICADA A PARTIR DA CAUSA**

- A estrutura tinha capacidade suficiente para se deformar, mobilizando o efeito de arco no aterro; o aterro tinha altura suficiente para se poder mobilizar o efeito de arco.

### SOLUÇÃO ADOPTADA

- ✓ Na zona da “**sobreposição**” do aterro - aproveitamento da PH existente; (A conjugação destes dois comportamentos complementares permitiu que se aproveitasse a PH)
- ✓ Na zona de **prolongamento** construi-se uma PH nova com a mesma secção de vazão mas com uma estrutura para as cargas que ia ser efectivamente sujeita



## CONCLUSÃO

- A INTERPRETAÇÃO MAIS ABRANGENTE DO TERMO **PATOLOGIA** PERMITE FAZER ANÁLISE PREVENTIVAS OU CORRECTIVAS, RESPECTIVAMENTE COM BASE NUMA CAUSA OU NUMA ANOMALIA.
- PERMITE EM QUALQUER CASO FAZER UMA ANÁLISE SISTEMÁTICA COM BASE NAS ANOMALIAS OU NAS CAUSAS PARA ENCONTRAR A MELHOR SOLUÇÃO.

Filipe Mendes



# FIM



# OBRIGADO!!!

Filipe Mendes