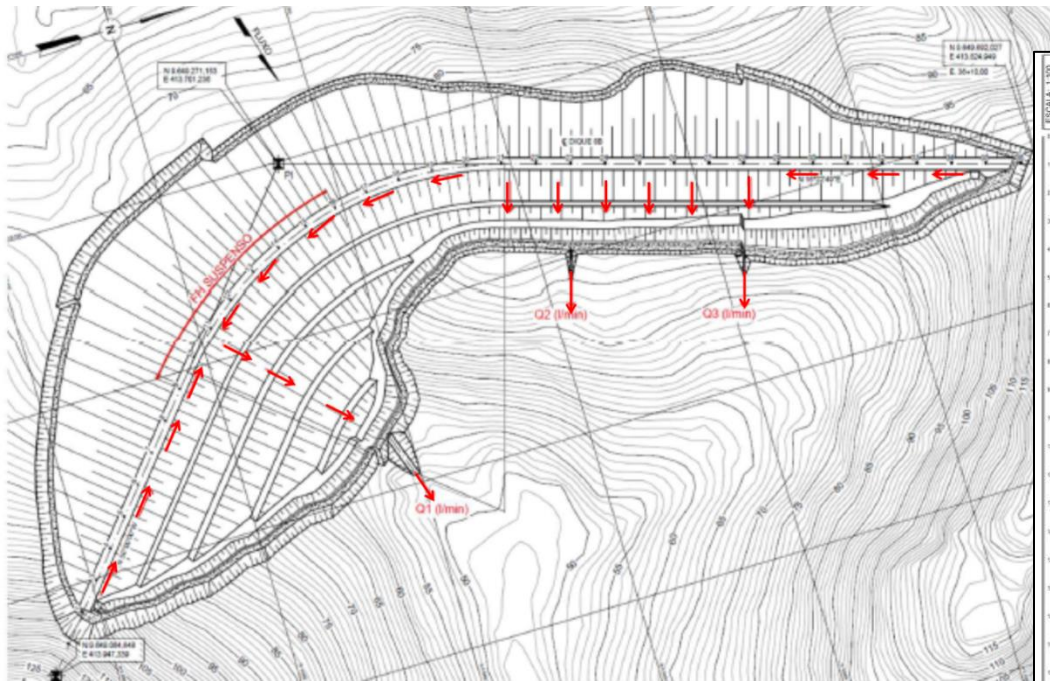


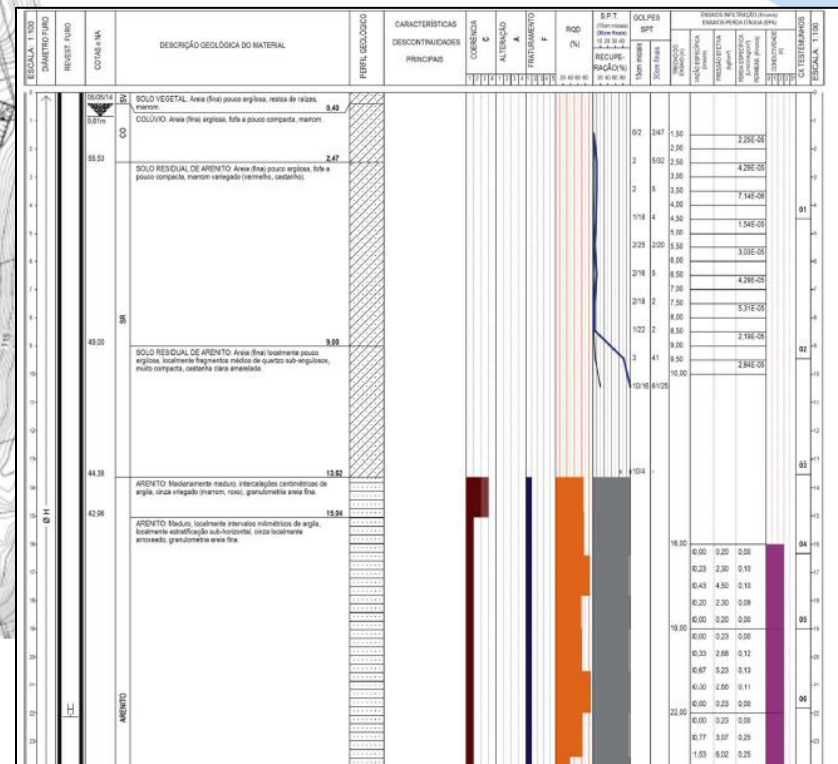
# ***VERIFICAÇÃO DO COMPORTAMENTO ESTRUTURAL***

## **ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE ESTABILIDADE DA BARRAGEM**

# MEMORIAL DE CÁLCULO BARRAGEM DE TERRA



Representação em planta do direcionamento do sistema de drenagem interna (Projeto)



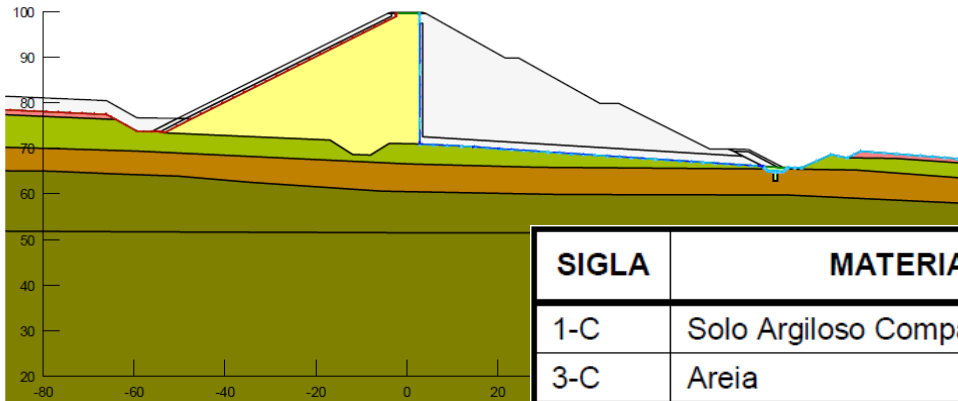
Representação parcial do perfil de uma sondagem realizada na fundação de uma barragem

# MEMORIAL DE CÁLCULO BARRAGEM DE TERRA

Figura 6.2 – SEÇÃO 2



Condutividade hidráulica dos materiais do aterro.

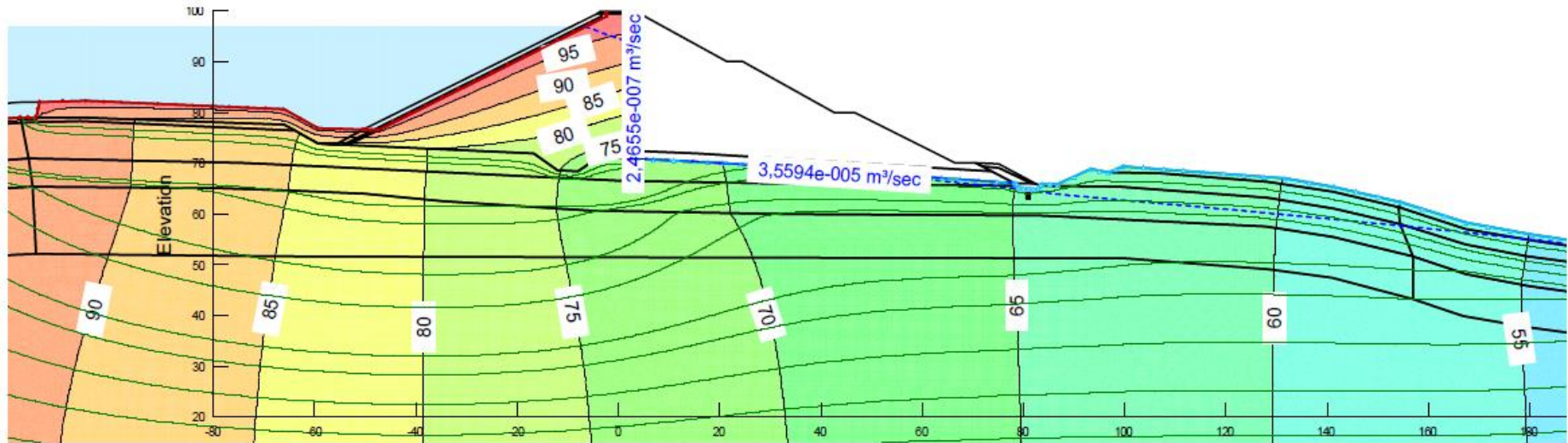


SIGLA	MATERIAL	kv (em m/s)	kh (em m/s)	Kh/Kv
1-C	Solo Argiloso Compactado	$1,0 \times 10^{-8}$	$4,0 \times 10^{-8}$	4
3-C	Areia	$1,0 \times 10^{-4}$	$1,0 \times 10^{-4}$	1
4A-C	(Transição Fina)	$5,0 \times 10^{-3}$	$5,0 \times 10^{-3}$	1
4B-C	(Transição Grossa)	$1,0 \times 10^{-1}$	$1,0 \times 10^{-1}$	1
5A-C / 6A-C	Enrocamentos e Rip-Rap	LIVRE DRENANTE		

Seção transversal com a geometria, drenagem e materiais do aterro e fundação

# MEMORIAL DE CÁLCULO BARRAGEM DE TERRA

## SEÇÃO "2"



Estudo da rede de fluxo, pressões neutras e vazões de drenagem.

# MEMORIAL DE CÁLCULO BARRAGEM DE TERRA

Parâmetros geotécnicos e de resistência para os materiais da fundação.

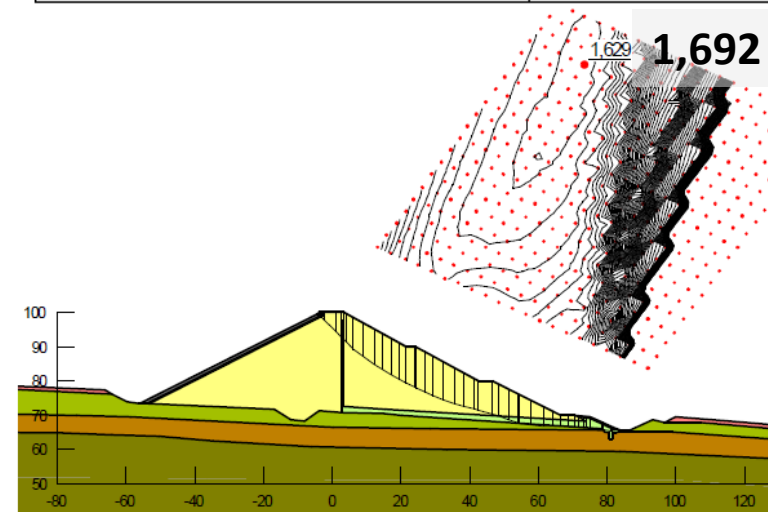
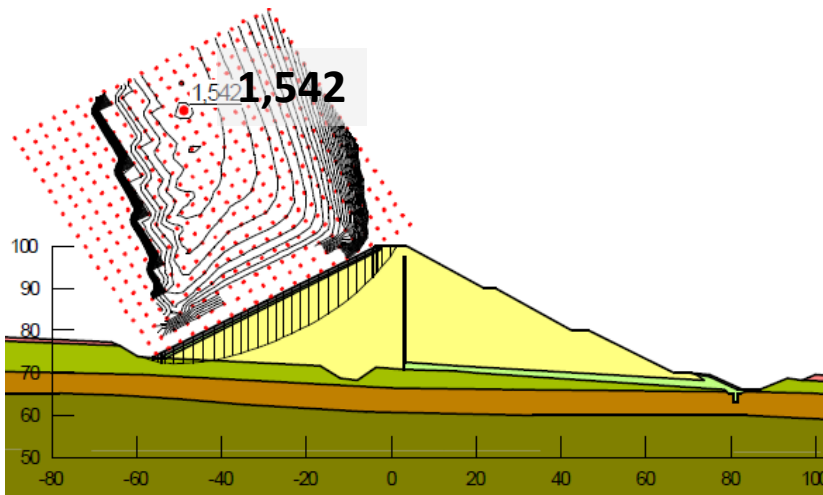
Material	$\gamma_{sat}$ kN/m <sup>3</sup>	c' kPa	$\phi'$ (°)
Migmatito rocha	26,5	370	54
SRM Migmatito / SRJ Migmatito (*) / SR Diamictito	19,5	20	30
Solo coluvionar	18	15	25
Solo Residual de Arenito	19	0	31
Arenito Rocha	20	0	35
Ritmito rocha	22	0	23,8
Folhelho	22	0	22,6
Diamictito Rocha	23	10	30

Fatores de segurança requeridos em projeto.

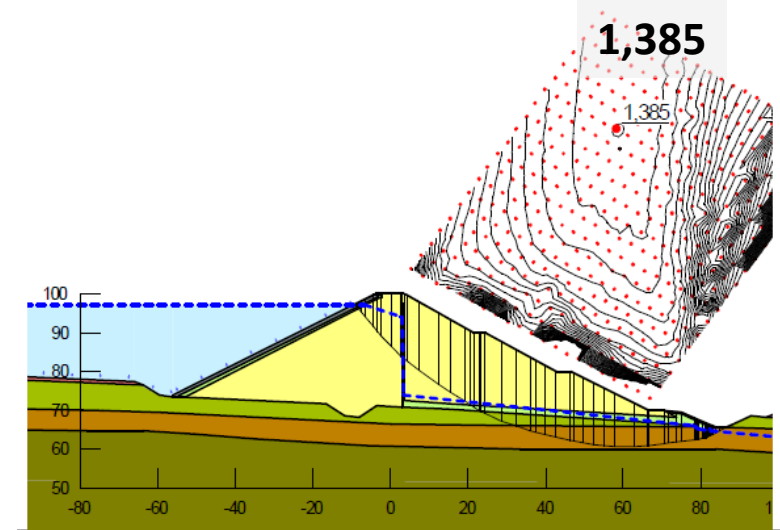
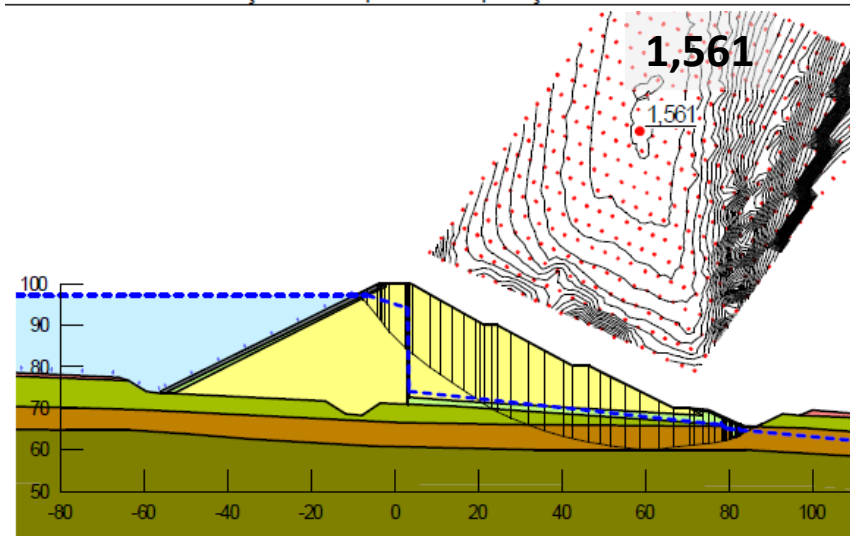
Material	$\gamma_{sat}$ kN/m <sup>3</sup>	c' kPa	$\phi'$ (°)
Solo Compactado - 1C	19	20	30
Areia e Transições	18	0	35
Enrocamento	20,5	0	40

Parâmetros geotécnicos e de resistência para os materiais do aterro.

Condição de solicitação	Fator de segurança
Final de Construção	1,30
Operação Normal	1,50
Operação com Sismo	1,20
Rebaixamento Rápido excepcional	1,10
Rebaixamento Rápido Freqüente	1,30



# MEMORIAL DE CÁLCULO BARRAGEM DE TERRA



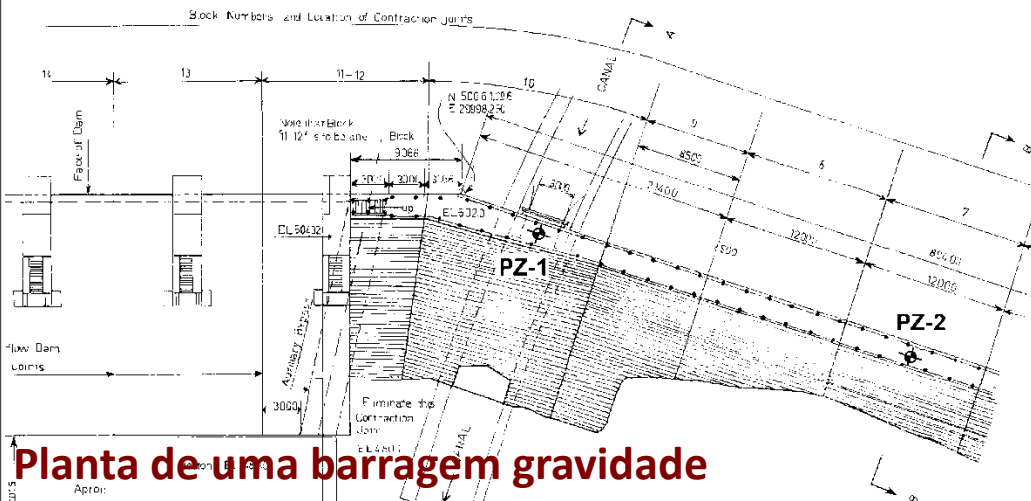
## Fatores de segurança obtidos para Operação, Sismo, Rebaixamento

Seção	Final de Construção		Operação Jusante	Sismo	Reb. Excepcional	Reb. Frequente
	Montante	Jusante				
FS normais Requeridos	1,30	1,30	1,50	1,20	1,10	1,30
2	1,542	1,629	1,561	1,385	1,272	1,642
3	1,455	1,569	1,533	1,344	1,350	1,642
4	1,506	1,570	1,596	1,408	1,339	1,674
4A	1,456	1,743	1,521	1,297	1,378	1,407
5	1,464	1,864	1,511	1,286	1,386	1,405
5A	1,488	1,719	1,587	1,411	1,155	1,392
6	1,623	1,766	1,581	1,337	1,167	1,517
6A	1,490	1,629	1,507	1,319	1,292	1,392

# MEMORIAL DE CÁLCULO

## BARRAGEM DE TERRA

Verificação das condições de estabilidade de uma barragem antiga, sem memoriais de cálculo e com paramento de jusante relativamente íngreme, em barragem sem galeria de drenagem



Verificou-se que não eram atendidas as recomendações do Critérios Eletrobrás/2003 condição excepcional de carga.

**POSSÍVEIS SOLUÇÕES PARA O PROBLEMA:**

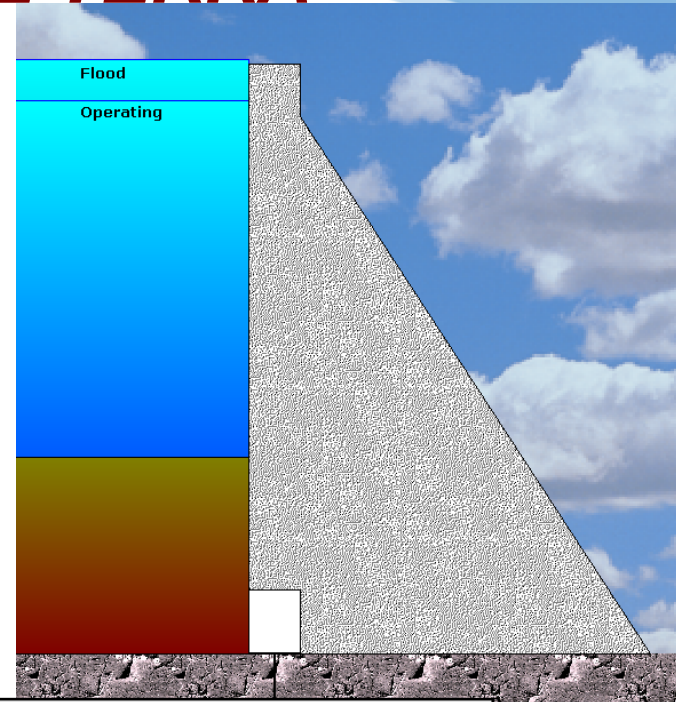
- ✓ Execução de uma cortina de drenagem junto ao pé de jusante;
- ✓ Medição das subpressões na fundação e novas análises de estabilidade.

# MEMORIAL DE CÁLCULO BARRAGEM DE TERRA

Coesão: 800 KPa / Ângulo de Atrito: 45 °

## Carregamentos Atuantes:

Peso-Próprio  
Empuxo da Água - Montante e Jusante  
Subpressão contato Concreto/Rocha  
Sedimentos a Montante



Local	Fatores de Segurança N.A. Normal (CCN)		
	Escorregamento	Tombamento	Flutuação
Base	2,66	1,87	5,31
Requerido:	1,00	1,50	1,30

Local	Fatores de Segurança N.A. Excepcional (CCE)		
	Escorregamento	Tombamento	Flutuação
Base	2,22	1,59	4,95
Requerido:	1,00	1,20	1,10



# MEMORIAL DE CÁLCULO BARRAGEM DE TERRA



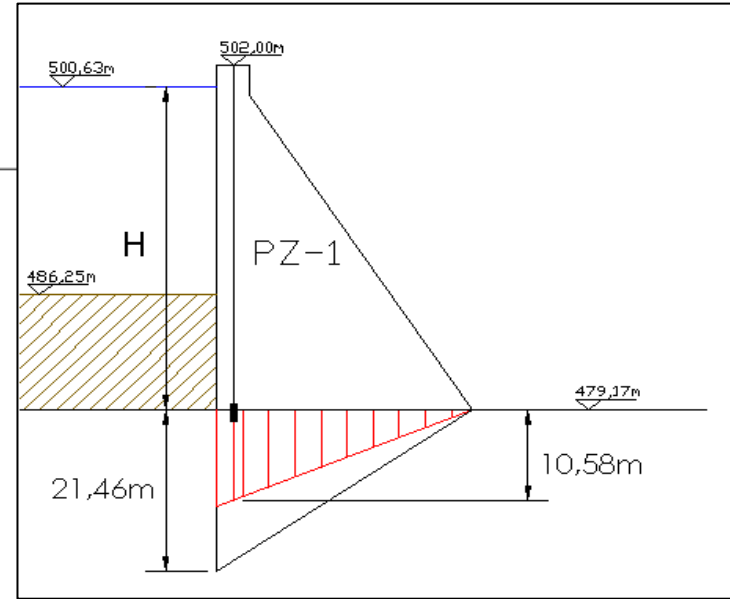
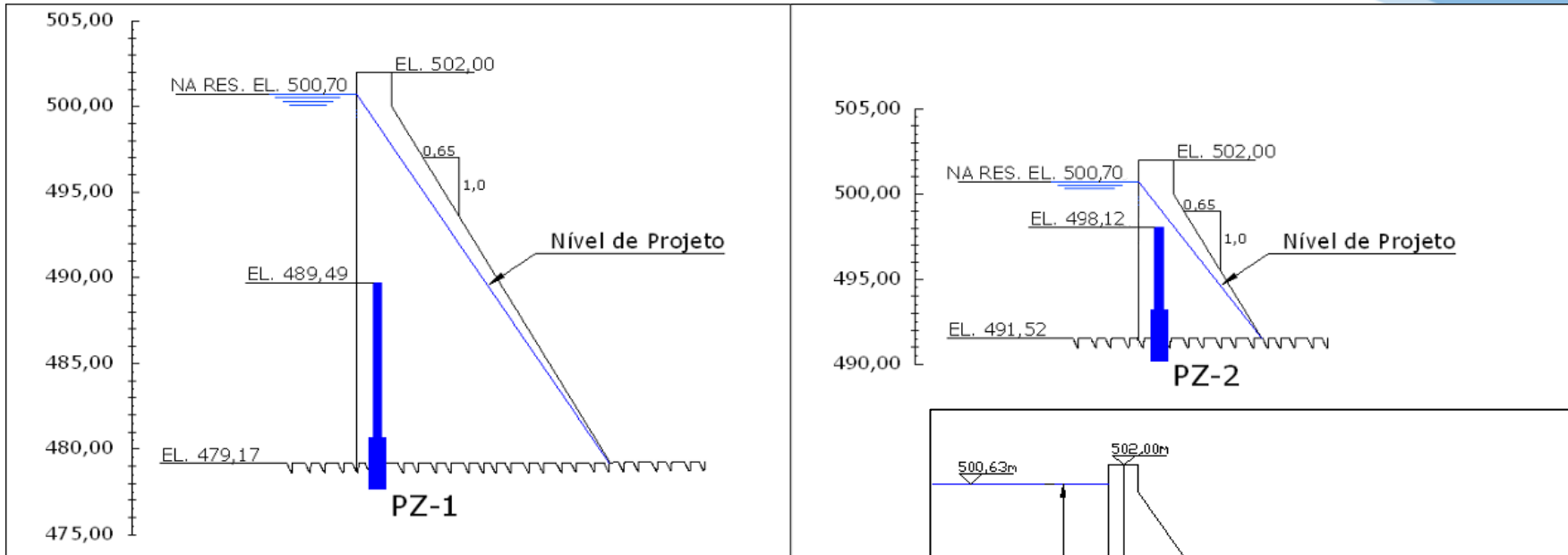
Crista da barragem com os novos piezômetros já instalados.

Seção	Coesão (kPa)	Camada de Sedimentos (m)	Fatores de Segurança					
			Escorregamento		Tombamento		Flutuação	
			CCN	CCE	CCN	CCE	CCN	CCE
Bloco de maior altura (PZ-1)	800	7,15	2,66	2,22	1,87	1,59	5,31	4,95
Bloco de menor altura (PZ-2)	800	3,04	5,83	4,21	2,14	1,55	4,21	3,60
<b>Critério da Eletrobrás Out/2003</b>			<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1,5</b>	<b>1,2</b>	<b>1,3</b>	<b>1,1</b>

# MEMORIAL DE CÁLCULO

## BARRAGEM DE TERRA

Comparação entre níveis de projeto e medidos em 19/02/2015 pelos PZ-1 e PZ-2.



Subpressão medida pelo PZ-1 empregada nas novas análises de estabilidade.

# BARRAGEM “A” – SURGÊNCIA DE ÁGUA A JUSANTE



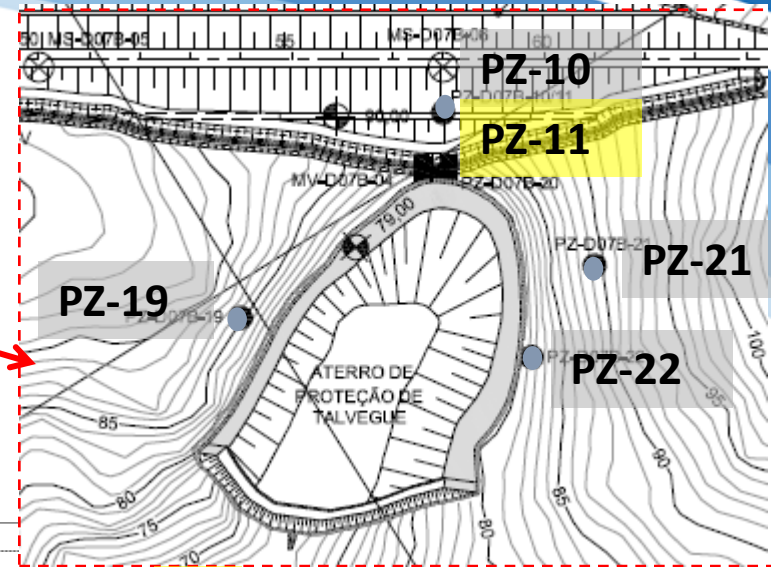
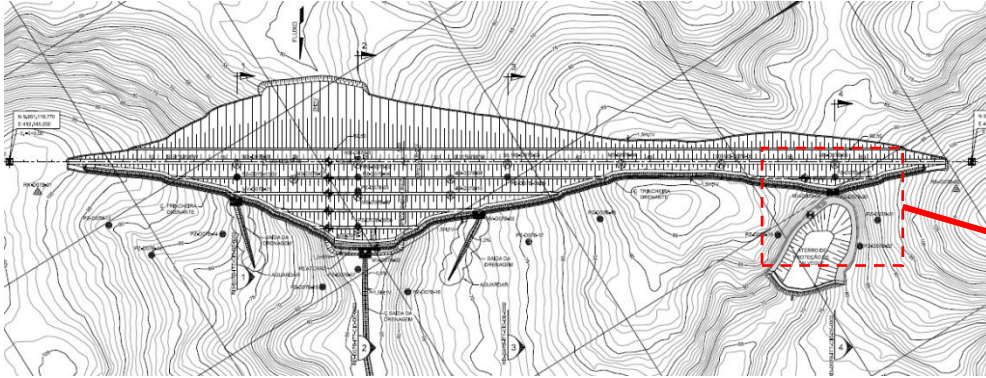
**FOTO1 – Instalação de novos piezômetros**



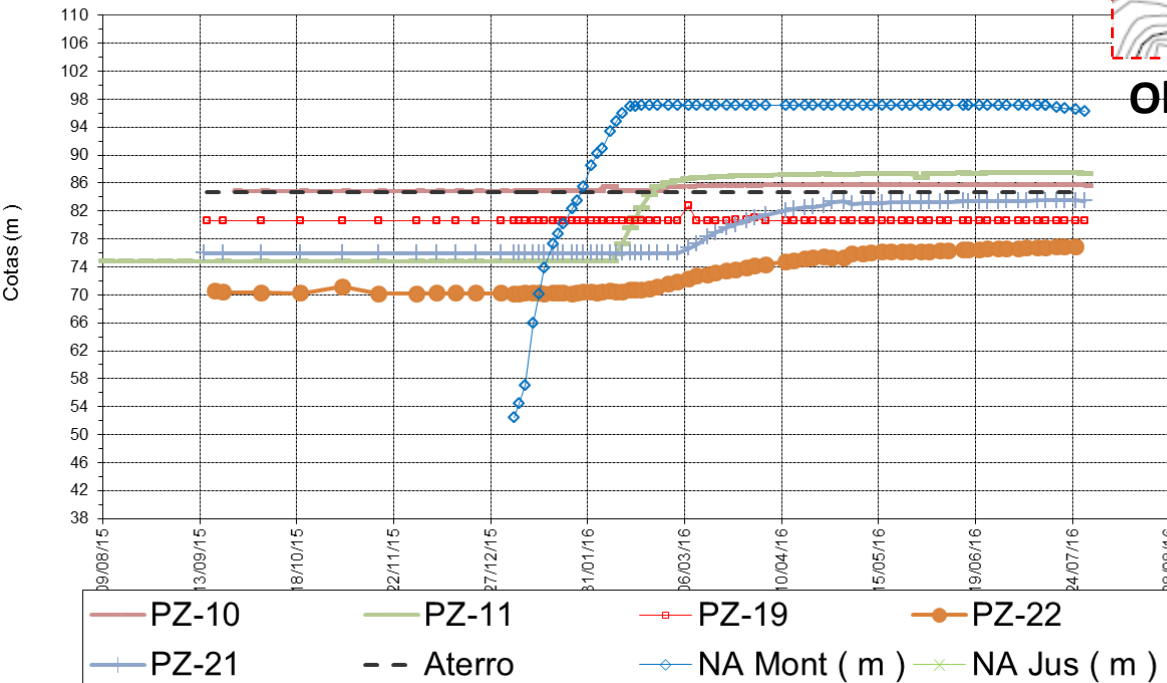
**FOTO2 – Piezômetros com artesianismo**

**No talvege da ombreira esquerda foram instalados novos piezômetros na região e permitir um refinamento das análises de percolação e estabilidade.**

# BARRAGEM "A"

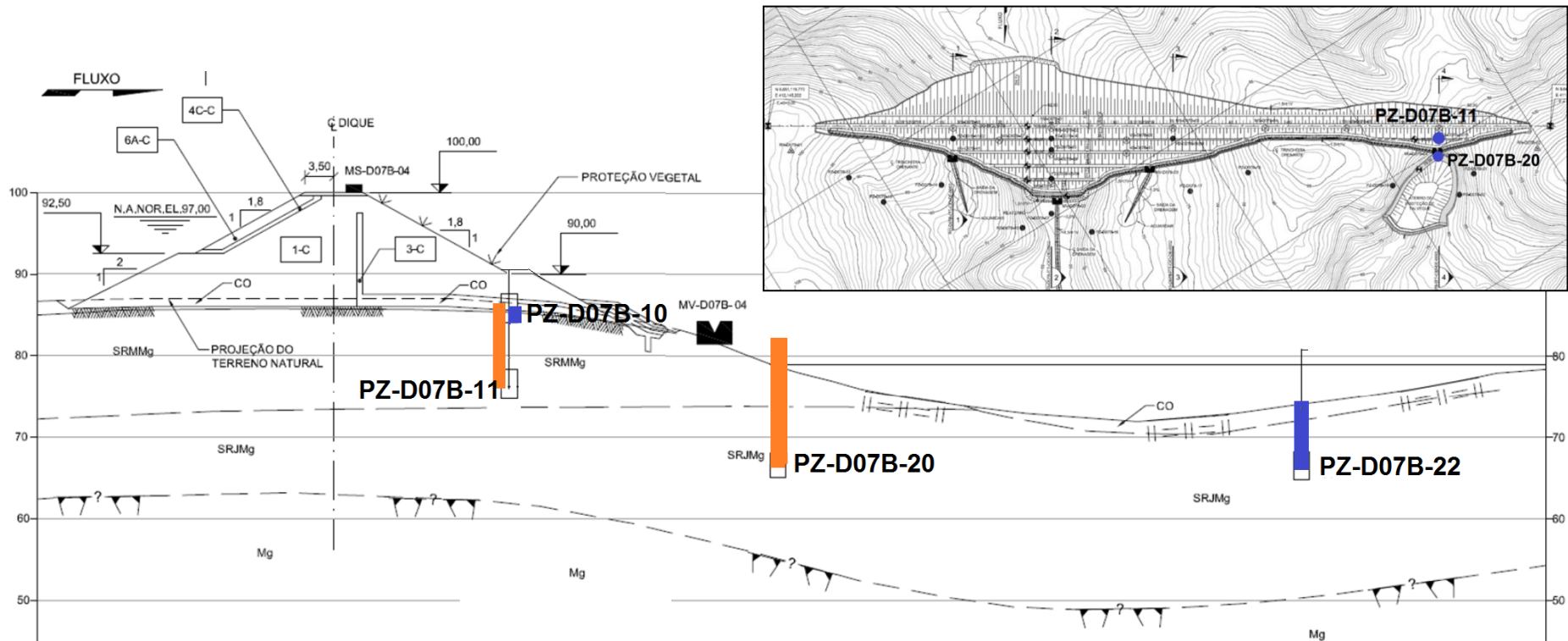


Obs.: **PZ** Piezômetro em ATENÇÃO

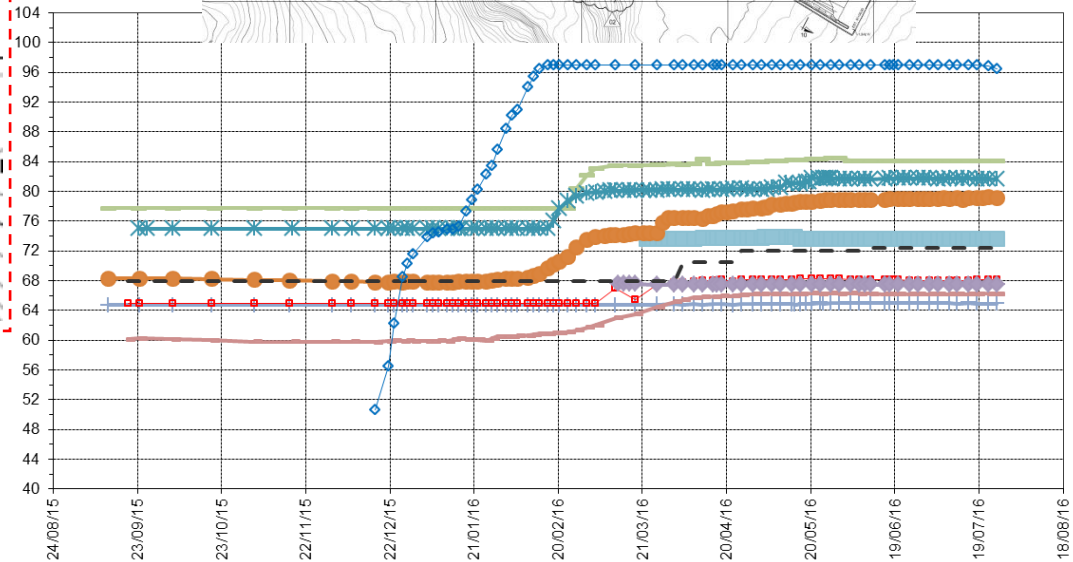
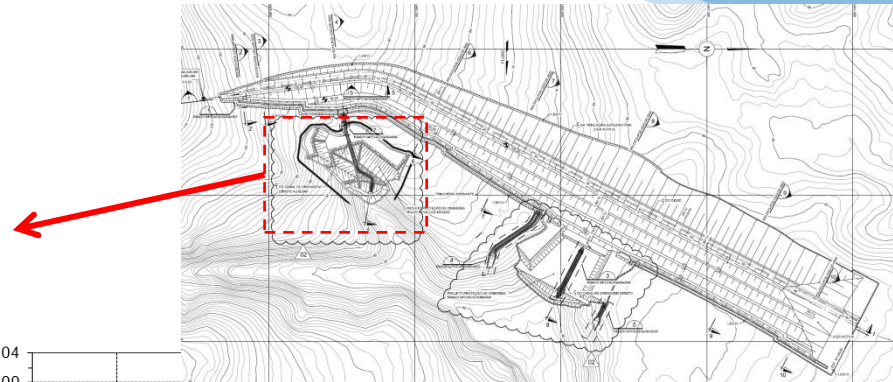
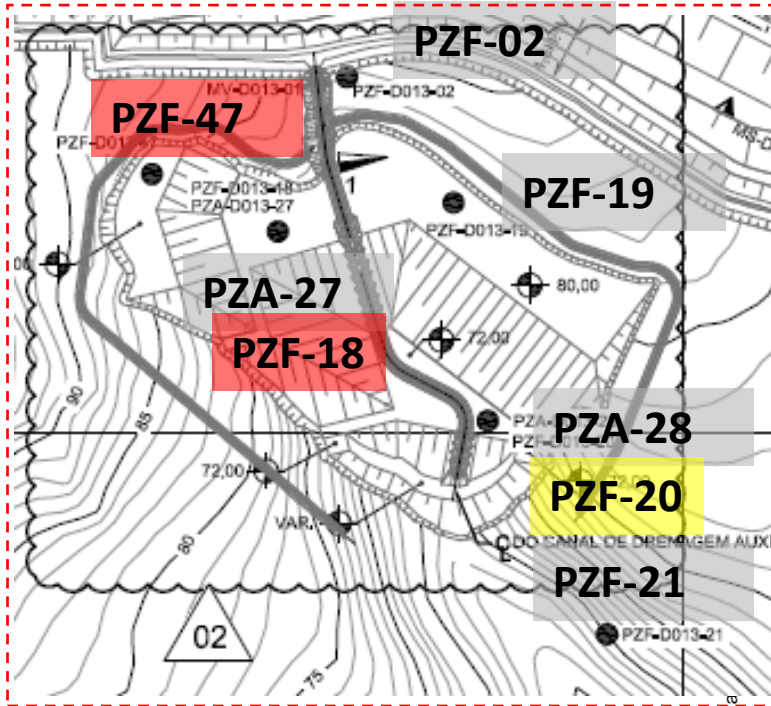


# BARRAGEM "A"

Piezômetro de Tubo	Nível (m)				Status	Data última leitura	Nível a montante (m)
	Atenção	Alerta	Referência	Leitura			
PZ-D07B-11	86,17	89,84	-	87,28	<b>ATENÇÃO</b>	25/04/2016	97,07
PZ-D07B-20	-	-	77,00	82,80	<b>REFERÊNCIA</b>	25/04/2016	97,07

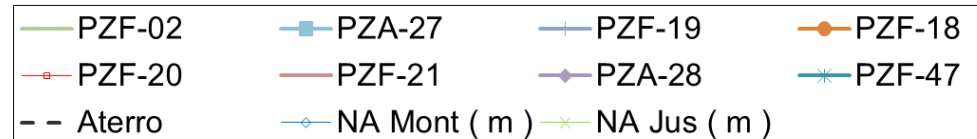


# BARRAGEM "B"

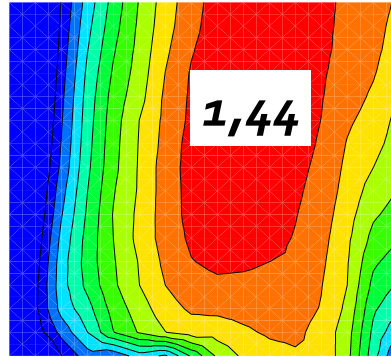


**PZ** Piezômetro em ATENÇÃO

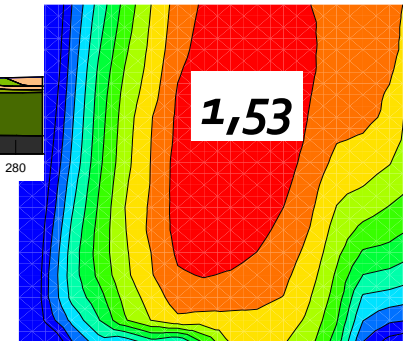
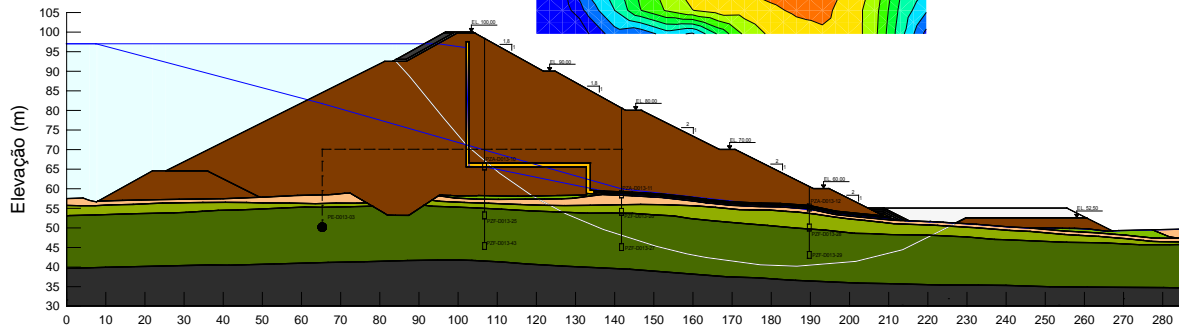
**PZ** Piezômetro em ALERTA



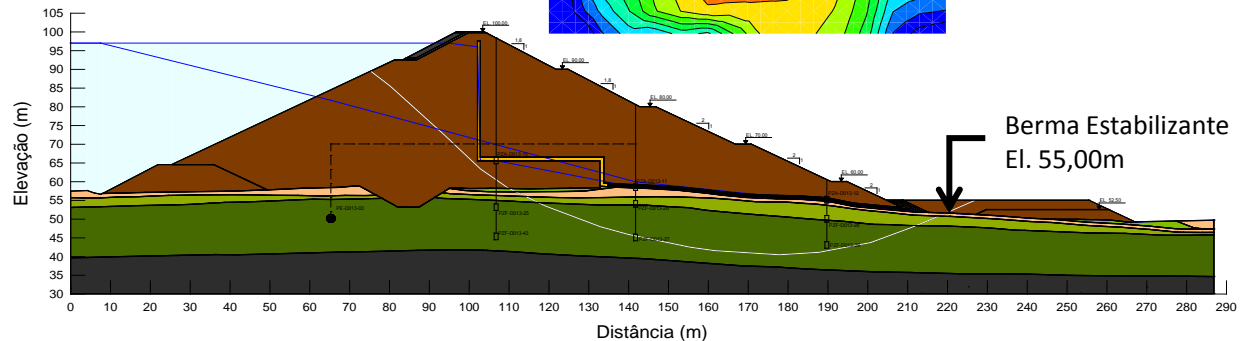
# BARRAGEM "B"



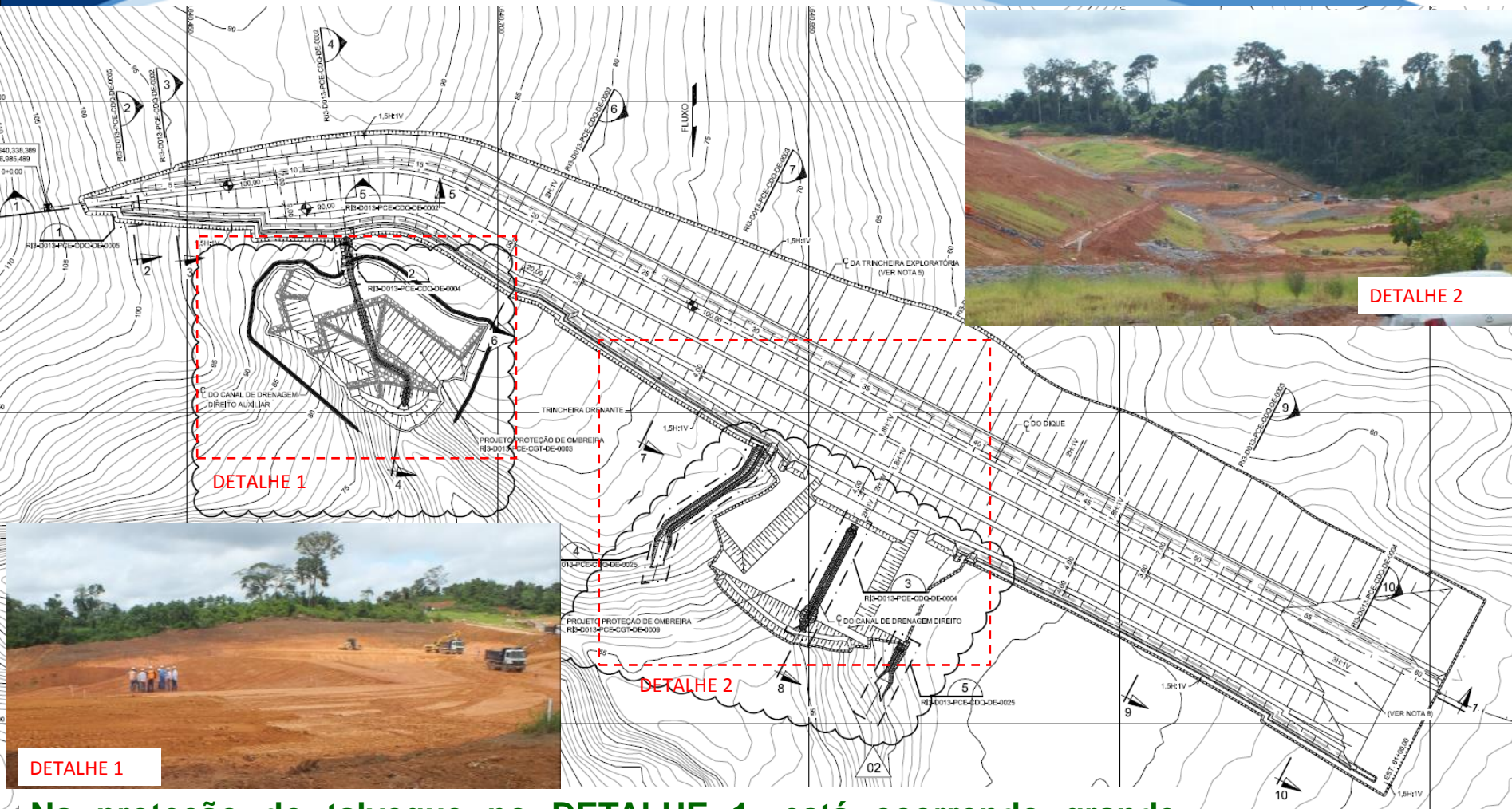
Avaliação da Estabilidade – Nível Piezométrico Fundação ≠ Aterro



Avaliação da Estabilidade – Alçamento Berma Jusante



# BARRAGEM "B"



Na proteção do talvegue no DETALHE 1, está ocorrendo grande percolação, dificultando a execução do aterro. Na parte Central, existem piezômetros com nível de atenção, sendo necessário a construção de uma berma.



## BARRAGEM "B"

Tratamento a jusante,  
região da Ombr. Direita.



**Detalhe sistema de valetas de  
drenagem executados na área.**



**Barragem de Oberrar, Suíça**

**MUITO OBRIGADO A TODOS**

**THANK YOU VERY MUCH**

**MUCHAS GRACIAS**