CAPÍTULO 6 GEOLOGIA DE ENGENHARIA EM SITES SELECIONADOS MEDIDAS ESTRUTURAIS

6.1 Barragem Oeste

Investigações detalhadas do local e levantamento de 3 pontos de perfurações foram realizados neste projeto. A localização dos pontos de perfuração, afloramento, estrutura e distribuição geológica são mostrado na Figura 6.1.1. O levantamento das perfurações foi realizado no lado esquerdo do corpo da barragem de concreto já existente (No: FBO-01, Profundidade total: 30,6m), a base central da barragem (No: FBO-02, Profundidade total: 26,0m) e o lado direito do corpo da barragem de concreto já existente (No: FBO-03, Profundidade total: 25,5m) com os *Standard Penetration Tests (SPT)*, que foram realizados depois de localizar a fundação da estrutura. A seção transversal geológica ao longo e através do corpo da barragem são mostrado na Figura 6.1.2 e na Figura 6.1.3. As estrutura e distribuição geológica ao redor da Barragem Oeste são mostrados na Tabela 6.1.1.

Tabela- 6.1.1-Estratigrafia ao redor da Barragem Oeste

Escala de tempo geológico		Estratigrafia		Litologia	Estrutura e distribuição geológica
Período	**Época**	**Símbolo**	**Nome da camada**		
Quaternário	Holoceno	AT	Aterro	Consiste em solo coesivo de areia marrom. O teor de água moderado Valor de N é de 6-10.	Distribuído envolta da superfície. Espessura de 11,2m no FBO-01.
		CO	Concreto	Consiste no costumeiro cimento portland. Os agregados compõem 40% do concreto. Nenhuma degradação foi encontrada, nem no agregado ou no cimento.	Distribuído sobre o corpo da barragem existente. Fundada sobre a rocha fresca no dique central.
		Q2a-are	Areia Holocênica	Consiste em siltito macio e areia fina.	Distribuído abaixo do nível de inundação na área superior do rio.
		Q2a-arg	Argila Holocênica	Consiste em silte arenoso macio	Parcialmente distribuído abaixo do nível de inundação na área superior do rio.
		Q2r	Solos residuais (rocha altamente intemperiszada)	Consiste em solo coesivo de areia vermelho-marrom. A estrutura rochosa permanece, mas é facilmente quebrada pelo dedo. O valor de N é de 14-33. O teor de água é baixo.	Distribuído sobre a superfície ou abaixo do aterro. O limite inferior do estrato é GL-15,6m para o F-BO-01 e GL-16,7m para o F-BO-03.
Permiano		P1rb-Fo	Folhelho	Consiste em rocha de resistência média, a compressão inconfinada é cerca de 30MN/m^2 utilizando o martelo de sondagem.	Um plano de leito suave (5 a 10 graus) é normalmente observado. É observado no lado esquerdo a N-NO e no lado direito a O-SO.
		P1rb-Si	Siltito		

Fonte: Fonte: Equipe de Estudo da JICA

A força de compressão do fundamento fresco é estimado de 30MN/m², classificada como rocha de resistência média. Na zona da fenda, as fendas possuem espaçamento de mais de 5cm. De acordo com o resultado existente do teste de cisalhamento para rochas similares, a resistência ao cisalhamento é estimada de $\tau=1,0 + \sigma\tan38°$ (MN/m^2).

As características de cada camada estão mostradas abaixo:

Aterro: AT

Fonte: Equipe de Pesquisa da JICA

A foto (esquerda) mostra a amostra do SPT do GL-9m no poço F-BO-01 no lado esquerdo, o qual é considerado de solo coesivo de areia marrom. A camada foi preenchida depois da concretagem do corpo de barragem existente, a qual é distribuída em ambos lados do corpo da barragem e o corpo da barragem da área mais baixa do lado da jusante do rio foi fundado em um dique rochoso. A espessura é de 11,2m no F-BO-01.

Concreto: CO

Fonte: Equipe de Pesquisa da JICA

A foto (esquerda) mostra o concreto do corpo da barragem feito do usual cimento portland.
Aproximadamente 40% é composto por agregados. Não foi encontrado sinais de degradação no cimento e no agregado.

Areia Holocênica: Q2a-are

Fonte: Equipe de Pesquisa da JICA

A foto (esquerda) mostra uma visão panorâmica do corpo da barragem do lado esquerdo da montante do rio, a camada é distribuída abaixo do nível de inundação (a área onde troncos trazidos pela inundação foram depositados na fotografia à esquerda).

Solo Residual (Rocha Altamente Intemperizada): Q2r

Fonte: Equipe de Pesquisa da JICA

Foto (esquerda) mostra a amostra de GL-11m no F-BO-01

Fonte: Equipe de Pesquisa da JICA

As fotos (esquerda) mostram o afloramento no lado esquerdo do corpo da barragem
Uma escarpa de 3 metros de altura foi observada experimentalmente na parte baixa do corpo da barragem.

Xisto: P1rb-Fo

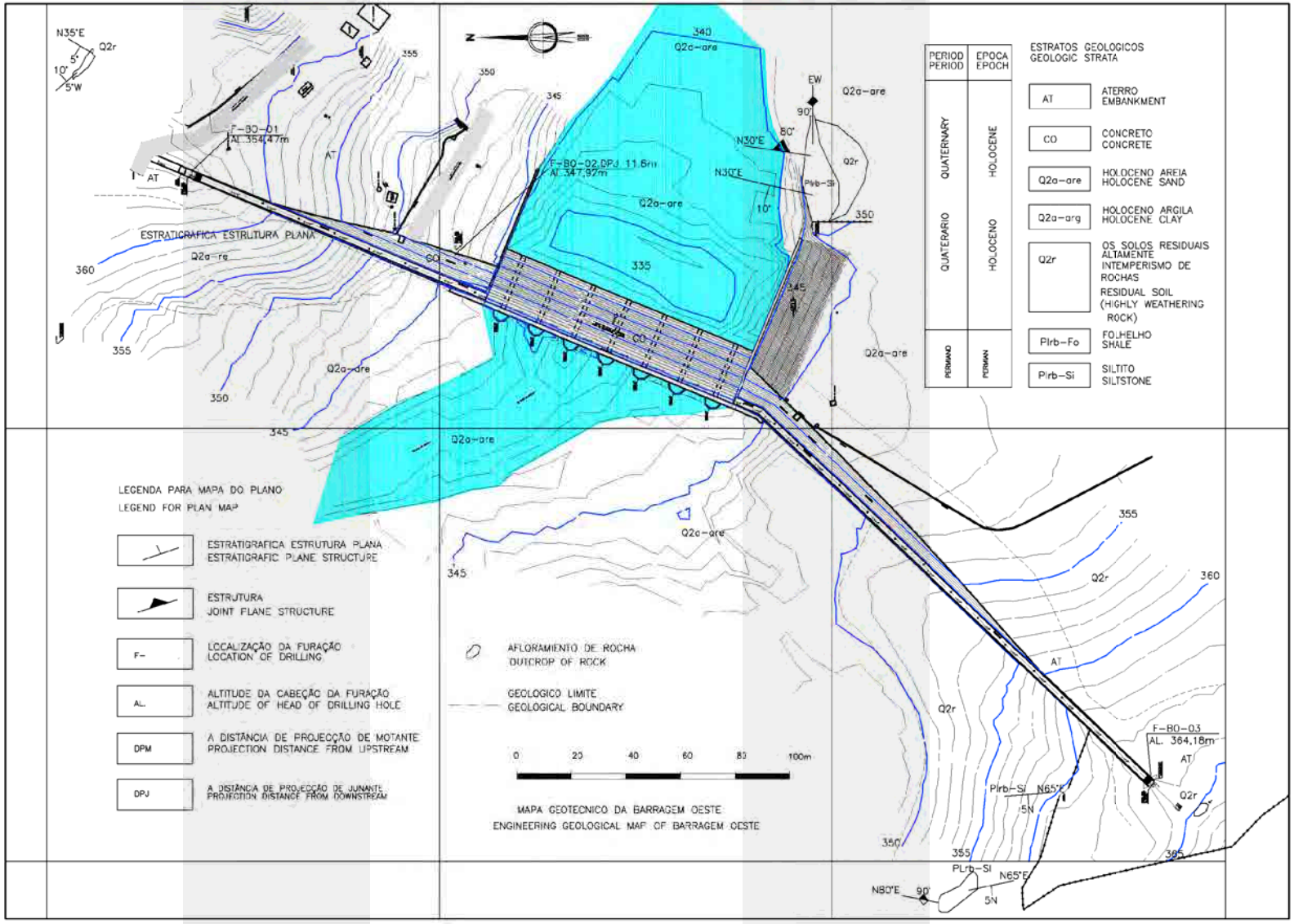
Fonte: Equipe de Pesquisa da JICA

As fotos (esquerda) mostram o afloramento de areia de xisto no lado esquerdo do corpo da barragem.
Uma rocha de resistência média, com resistência a compressão de cerca de 30MN/m2, pela sondagem com martelo, foi encontrada.
Fendas profundas são desenvolvidas no afloramento.

Siltito: P1rb-Si

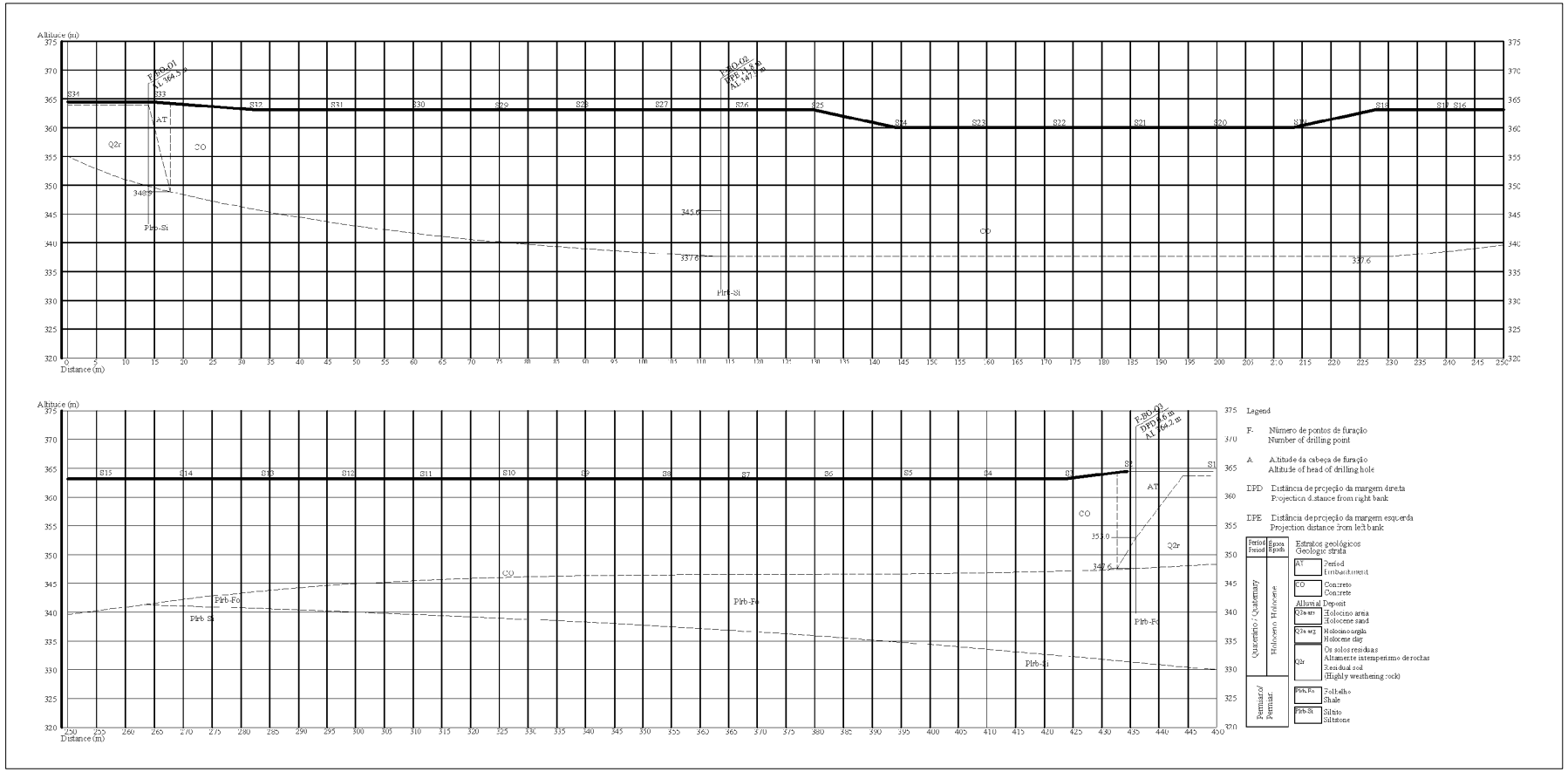
Fonte: Equipe de Pesquisa da JICA

A foto (esquerda) mostra o siltito no GL-27m do F-BO-01. Uma rocha de resistência média, com resistência a compressão de cerca de 20MN/m2, pela sondagem com martelo, foi encontrada. Rachaduras com baixo ângulo para o plano do leito estão rigorosamente aderidas, sem degradação.



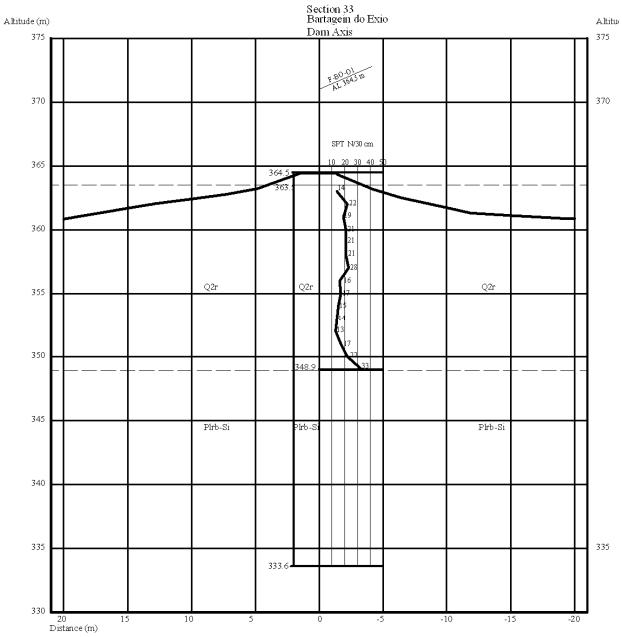
Fonte: Equipe de Estudo da JICA

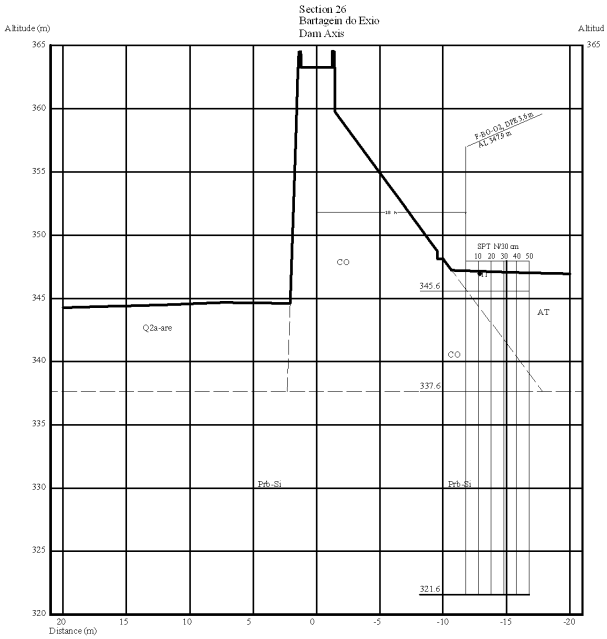
Figura - 6.1. 1- Mapa Geológico da Barragem Oeste

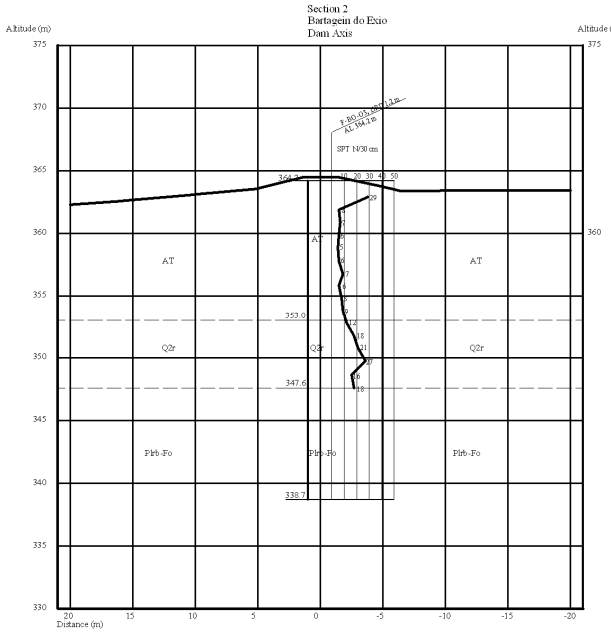


Fonte: Fonte: Equipe de Estudo da JICA

Figura -6.1. 2- Seção Transversal Geológica do Corpo da Barragem Oeste







Legenda

F-	Número de pontos de perfuração
AL.	Nível do terreno do buraco de perfuração
DPD	Distância projetada do lado direito
DPE	Distância projetada do lado esquerdo

Estrato Geológico

A	Aterro
CO	Concreto
Q2a-are	Areia Holocênica
Q2a-arg	Argila Holocênica
Q2r	Solo Residual
Plrd-Fo	Xisto
Plrb-Si	Siltito

Fonte: Fonte: Equipe de Estudo da JICA

Figura -6.1.3- Seção Transversal Geológica do Corpo da Barragem Oeste

6.2 Barragem Sul

Investigações detalhadas do local e levantamento de perfuração de 1 ponto foram realizados neste projeto. A localização do ponto de perfuração, afloramento, estrutura e distribuição geológica são mostrado na Figura 6.2.3. O levantamento da perfuração foi realizado no topo do vertedouro (No: F-BS-01, Profundidade total: 20,0m) com a intenção de verificar a qualidade do concreto e a condição da fundação do vertedouro.

A seção transversal geológica do vertedouro é mostrada na Figura 6.2.2. e o mapa geológico da Barragem Sul é mostrada na Tabela 6.2.1.

Tabela -6.2.1- Estratigrafia ao redor da Barragem Sul

Escala de tempo geológico		Estratigrafia		Litologia	Estrutura e distribuição geológica
Período	**Época**	**Período**	**Época**		
Quaternário	Holoceno	AT-r	Aterro de rocha	Consiste em agregados de arenito e siltito com resistência média. Diâmetros dos agregados são de 30-80 cm.	Distribuído no enrocamento, lado direito declivoso no lado da montante do rio do vertedouro. (aprox.35m dist.) e leito do rio.
		AT-sp	Aterro de solo pedregoso	Consiste em cascalho e solo. Consisted of gravel and soil. O cascalho é classificado como pobre, 1-200 cm de diâmetro. A matriz é de areia siltosa, ligeiramente pegajosa.	Distribuído na área mais baixa do que AL.385m no corpo da barragem.
		CO	Concreto	Consiste no costumeiro cimento portland. Os agregados compõem 40% do concreto. Nenhuma degradação foi encontrada, nem no agregado ou no cimento.	Distribuído no vertedouro. Fundido na rocha fresca no dique central em GL-15.2m no F-BS-01.
		Q2a-cas	Cascalhos Holocênicos	Consiste em agregados de arenito e siltito com resistência média Os cascalhos são arredondados, com diâmetros de 2 – 20 cm.	Distribuído no leito e na margem do rio.
		Q2r	Os solos residuais (Rochas altamente intemperizadas)	Consiste em solo coesivo de areia vermelho-marrom. A estrutura rochosa permanece, mas é facilmente quebrada pelo dedo. Contém baixo teor de água.	Distribuído no lado direito do vertedouro e em ambos lados na montante do corpo da barragem.
Permiano		P1rb-Si/Are	Siltito,Arenito	Consiste na siltito arenoso e arenito modificado. A compressão inconfinada é de cerca de 30MN/m², pelo martelo de sondagem. Classificado como rocha de resistência média.	O leito do rio inicia a N 40°-70°O e termina a 5-25°N (lado direito da montante do rio).

Fonte: Fonte: Equipe de Estudo da JICA

A força de compressão do fundamento fresco é estimado de 30MN/m², classificada como rocha de resistência média. Na zona da fenda, as fendas possuem espaçamento de mais de 5cm. De acordo com o resultado existente do teste de cisalhamento para rochas similares, a resistência ao cisalhamento é estimada de $\tau=1,0 + \sigma\tan38°$ (MN/m^2).

As características de cada camada estão mostradas abaixo:

Aterro de rocha: AT-r

Fonte: Equipe de Pesquisa da JICA

A foto (esqueda) mostra o depósito de rochas com a finalidade da proteção de encostas ou prevenção de erosão, localizado no lado direito em cima do vertedouro e leito do rio.
As rochas são consideradas como de resistência média, arenito com escombros e diâmetro de 30-80cm.

Fonte: Equipe de Pesquisa da JICA

A foto (esquerda) mostra o enrocamento da proteção da encosta no corpo da barragem, onde se encontra na parte de trás da construção.

Aterro de solo de cascalho: AT-sp

Fonte: Equipe de Pesquisa da JICA

O aterro de solo de cascalho se encontra à direita e na parte inferior do rio do lado do corpo da barragem.
O diâmetro do cascalho é heterogêneo, de 1 a 200 cm. A matriz é composta por areia siltosa.

Concreto: CO

Fonte: Equipe de Pesquisa da JICA

A foto (esquerda) mostra o corpo de concreto da barragem do vertedouro no seu lado direito

Fonte: Equipe de Pesquisa da JICA

A foto (esquerda) mostra o corpo de concreto da barragem do vertedouro no F-BS-01.
Os agregados são considerados como de resistência média, de arenito e siltito com diâmetro de 1 a 9 cm, compondo aproximadamente 40% do volume total.

Cascalho holocênico: Q2a-cas

Fonte: Equipe de Pesquisa da JICA

A foto (esquerda) mostra o solo de cascalhos (Q2a-cas) distribuído na parte inferior do vertedouro. Os cascalhos são de resistência média de arenito e siltito com diâmetro de 2 a 20 cm.

Solo residual (rocha altamente intemperizada): Q2r

Fonte: Equipe de Pesquisa da JICA

As fotos (esquerda) mostram os afloramentos observados no lado direito na parte inferior do rio no lado do corpo da barragem. O arenito e a estrutura são remanescentes. A camada é profundamente intemperizada e facilmente quebrada com um martelo; portanto, a escavação com uma escavadeira pode ser fácil.

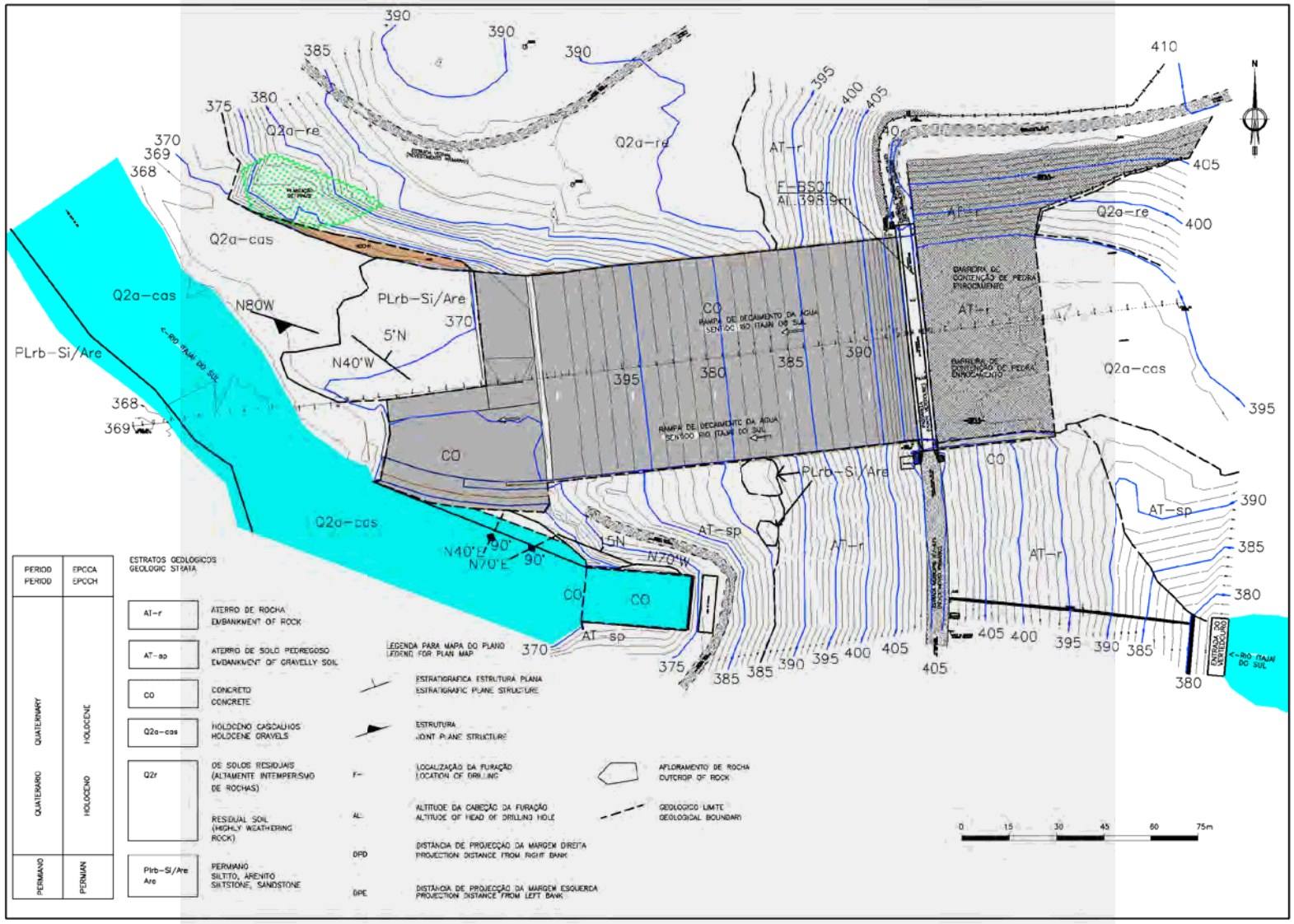
Siltito e arenito: P1rb-Si/Are

Fonte: Equipe de Pesquisa da JICA

A foto (esquerda) mostra o afloramento na parte inferior do rio no lado do vertedouro.
A rocha é de resistência media e sua Resistencia a compressão inconfinada é cerca de 30MN/m2 por experimentos com o martelo de sondagem rachaduras profundas estão se desenvolvendo.

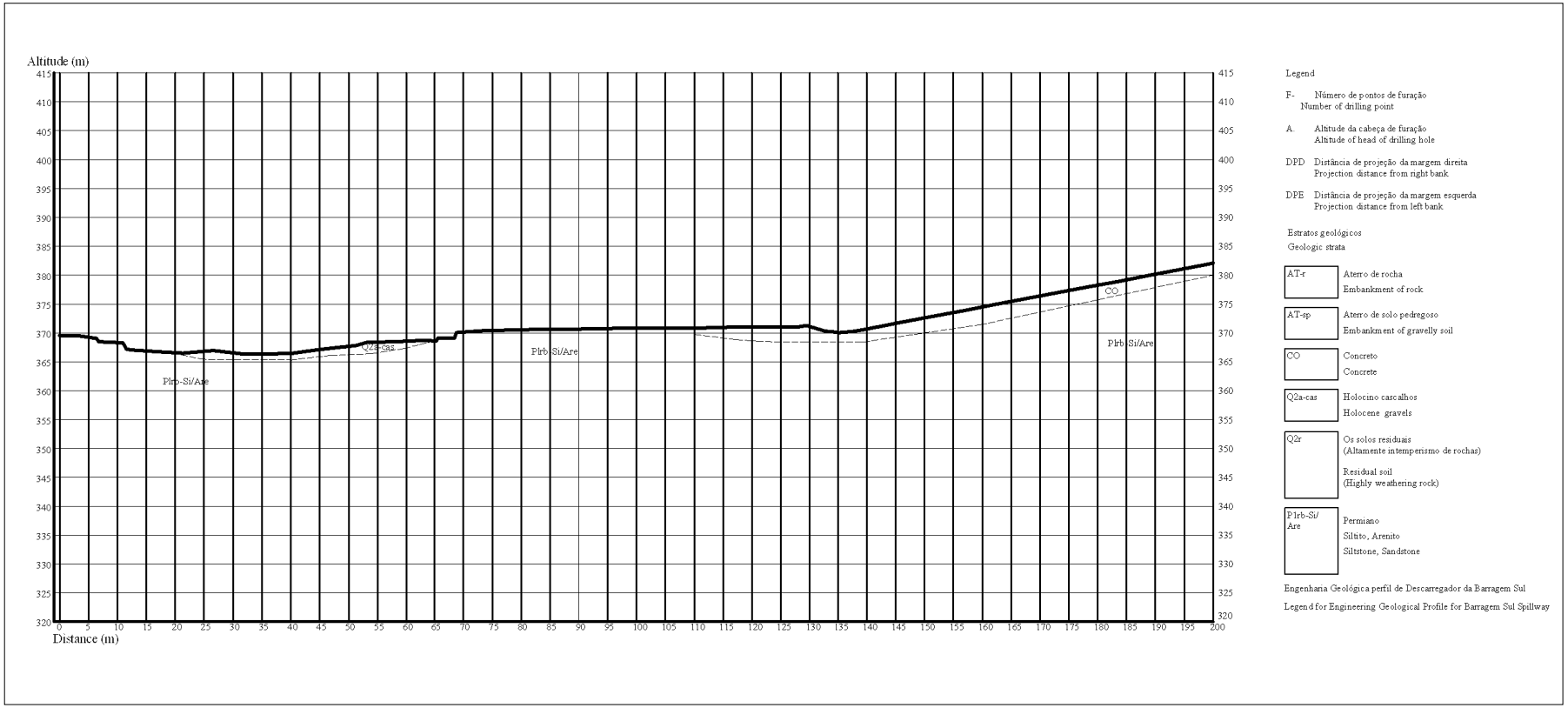
Fonte: Equipe de Pesquisa da JICA

A foto (esquerda) mostra o arenito fundido no corpo de concreto da barragem, encontrado em GL-15.2m no F-BS-01.



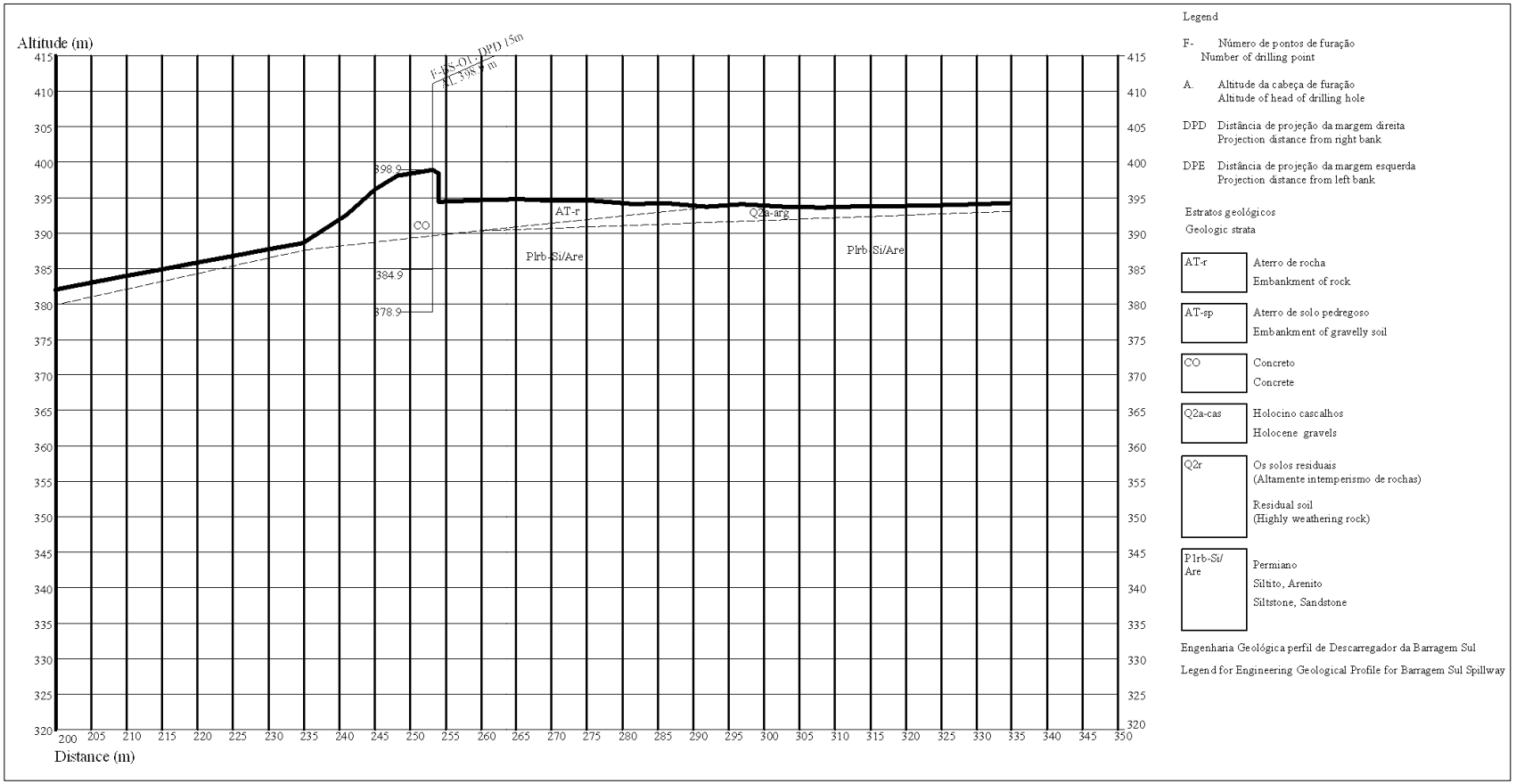
Fonte: Fonte: Equipe de Estudo da JICA

Figura-6.2.1- Mapa Geológico da Barragem Sul



Fonte: Fonte: Equipe de Estudo da JICA

Figura -6.2.2- Seção Transversal Geológica no Vertedouro da Barragem Sul 1/2（lado da montante e lado do topo)



Fonte: Fonte: Equipe de Estudo da JICA

Figura -6.2.3- Seção Transversal Geológica no Vertedouro da Barragem Sul 2/2（Lado a jusante e lado da dissipação de energia）

6.3 Comporta à Montante do Itajaí Mirim

A comporta proposta se localiza no planície aluvial além do Velho Rio Itajaí Mirim. É está a uma distância de 6,5 km à sudoeste do foz do Rio Itajaí-Açu, e a uma distância de 5,4 km à Sul-Sudeste da foz do Rio Itajaí Mirim no Rio Itajaí-Açu.

O terreno é quase plano, e sua altitude é envolta de 2,5 metros. A investigação da perfuração de 38 metros de profundidade foi realizada nesta pesquisa como mostrado no mapa de localização da Figura 6.3.1.

A geologia é de depósito aluvial no Sistema Quaternário da superfície para mais de 38 metros de profundidade; O depósito aluvial não é confirmado para uma profundidade maior. Os estratos geológicos detalhados são encontrados pela perfuração descrita na Tabela 6.3.1. As propriedades de cada estrato são mostrados na Figura 6.3.2.

Tabela -6.3.1- Estratos Geológicos da Comporta da Montante do Rio Itajaí Mirim Proposta

Período	Época	Símbolo	Nome do Estrato	Característica do Estrato	Sumário do Resultado do Standard Penetration Test (SPT), valor de N
Quaternário	Holoceno	Q2aj-are3	Areia Holocênica Jovem 3	Areia fina com silte e argila, marrom e solta. Depósito recente de inundação.	Mínimo 4 Máximo 5 Média 5
		Q2aj-arg2	Argila Holocênica Jovem 2	Argila com areia, marrom, cinza e verde.	Mínimo 2 Máximo 3 Média 2
		Q2aj-are2	Areia Holocênica Jovem 2	Areia fina, cinza e verde.	Mínimo 5 Máximo 12 Média 8
		Q2aj-arg1	Argila Holocênica Jovem 1	Argila, cinza escuro, com conchas.	Mínimo 2 Máximo 3 Média 2
		Q2aj-are1	Áreia Pleistocênica Jovem 1	Areia média, cinza e verde.	Mínimo 12 Máximo 21 Média 16
		Q2am-arg	Argila Holocênica Média	Argila, marrom e cinza escuro.	Mínimo 2 Máximo 5 Média 4
		Q2aa-are	Areia Holocênica Antiga	Não distribuído nesta caracterização.	-
	Pleistoceno	Q1a-arg/ped	Argila Pleistocênica	Silte cinza com pedregulho, cinza claro.	Mínimo 23 Máximo 300 Média 109
		Q1a-are/ped	Areia Pleistocênica	Não distribuído nesta caracterização.	-

Fonte: Equipe de Estudo da JICA

Dipper than 32.9 m depth and Altitude -30.4 m, ‘Q1a-arg/ped: Pleistocene clay with boulder’ is distributed. It is silt clay with boulder. It is considerably the basal alluvial gavels which formed around 18,000 years ago at last glacial maximum (LGM) in late Ulm glacial stage, the sea level altitude of LGM is around -130 m. Under the glacial climate, the gravel yield is big in the mountains due to freeze-thaw cycle.

Thick blown and gray clay layer of ‘middle Holocene cay’ overlay ‘old Holocene clay’ from 13.8 m to 32.9 m depth (altitude from -30.4 m to -11.3 m). It is fresh water or brackish clay in deeper area judging from the blown color and marine clay in shallower than 25.8 m (altitude -23.3 m) judging from the gray color. The sea level rise was occurred after LGM until around 5,000 years ago. The clay is considerably accumulated in wetland or in shallow marine. It is 9500 years ago when sea level is above -30 m altitude. Therefore age of middle Holocene clay considerably younger than it.

The young Holocene sand and clay layers are distributed in alternation in depth of shallower than -11.3 m (altitude 8.8 m). The dark gray clay from 9.0 m to 11.9 m depth (altitude -6.5 m to -11.9 m) include seashell and might be accumulated in shallow inner bay. The clay from 5.0 m to 2.6 m depth (altitude -2.5 m to + 0.1 m) is greenish color, and it indicates the clay is fresh water sediment. The high sea level in Holocene is +2 m altitude at around 5000 years ago called Flandrian, Holocene, or Jomon (in Japan) transgression, in that time this site might be costal. The sand from 1.9 m to 0.0 m depth (altitude 0.6 m to 2.5 m) is flood continental deposit and it might be younger than 5000 years ago of the transgression.

The standard penetration test (SPT) is an in-situ dynamic penetration test designed to provide information on the geotechnical engineering properties of soil. The test procedure is described in the British Standard BS EN ISO 22476-3, ASTM D1586 and Australian Standards AS 1289.6.3.1.

The test uses a thick-walled sample tube, with an outside diameter of 50 mm and an inside diameter of 35 mm, and a length of around 650 mm. This is driven into the ground at the bottom of a borehole by blows from a slide hammer with a weight of 63.5 kg (140 lb) falling through a distance of 760 mm (30 in). The sample tube is driven 150 mm into the ground and then the number of blows needed for the tube to penetrate each 150 mm (6 in) up to a depth of 450 mm (18 in) is recorded. The sum of the number of blows required for the second and third 6 in. of penetration is termed the "standard penetration resistance" or the "N-value". In cases where 50 blows are insufficient to advance it through a 150 mm (6 in) interval the penetration after 50 blows is recorded. The blow count provides an indication of the density of the ground, and it is used in many empirical geotechnical engineering formulae.

A propriedade de cada estrato é determinada pelo cálculo dos resultados dos valores de N do Standard Penetration Test como a seguir.

Os valores de N adotados para cada estrato geológico são menos que um meio da derivação padrão da média geralmente. Apenas para a Argila Pleistocênica com Pedregulhos (Q1a-are/ped), o valor adotado é o de N mínimo para avaliar a resistência da matriz argilosa e evitar os efeitos da mistura dos pedregulhos e cascalhos.

A coesão é a força que mantem moléculas unidas ou partículas dentro do solo para solos coesivos ou tipos de solos argilosos. A coesão pode ser determinada pela seguinte fórmula de Terzaghi, K., Peck, R. B. e Mesri, G. (Soil Mechanics in Engineering Practice, 3rd Ed. Wiley-Interscience (1996) ISBN 0471086584).

$c = 6.25N$ (kN/m2), o valor máximo é 100 kN/m2.

Onde;

c = Coesão (kN/m2)

N = Valor do N para o Standard Penetration Test

O ângulo de fricção interna para a areia é o angula no gráfico (Circulo de Mohr) na tensão de cisalhamento e na tensão normal efetiva em que ocorre falha de cisalhamento. O ângulo de fricção interna, φ, pode ser determinado pela seguinte relação entre, φ, é o valor de N para areias (Peck 1974, Foundation Engineering Handbook) e a seguinte fórmula pode ser utilizada.

$$\varphi = 27 + 0.3\,N$$

Onde;

φ = Ângulo de fricção interna (graus)

N = Valor do N no SPT

O peso específico do solo são determinados pelos seguintes valores empíricos mostrados na Tabela 6.3.2 baseados no valor de N.

Tabela -6.3.2- Valores Empíricos para o Peso Específico γ, dos Solos Granulares Baseados no Valor de N do SPT

Penetração SPT, Valor de N (batidas/ 30cm)	Peso Específico γ (kN/m3)
0 - 4	11- 16
4 - 10	14 – 18
10 – 30	17 – 20
30 – 50	17 – 22
>50	20- 24

Fonte: modificado de Bowels, Foundation Analysis of United State of America

Foram determinadas as propriedades de cada estrado como mostra na Tabela 6.3.3.

Tabela- 6.3.3- Determinação das Propriedades de Cade Estrato para a Comporta da Montante do Itajaí Mirim

Símbolo	Nome do Estrato	Valor N Médio do SPT (blows/ 30cm)	Variação Padrão do Valor de N do SPT (blows/ 30cm)	Valor de N Adotado do SPT (blows/ 30cm)	Resistência do Solo c: coesão (kN/m^2) φ: ângulo interno de fricção (graus)	Peso Especifico Saturado γ_{sat} kN/m^3
Q2aj -are3	Areia Holocênica Jovem 3	4.5	0.7	4.2	C=0 φ=28	15
Q2aj-arg2	Argila Holocênica Jovem 2	2.2	0.4	2.0	C=13 φ=0	18
Q2aj-are2	Areia Holocênica Jovem 2	7.6	2.3	6.5	C=0 φ=29	16
Q2aj-arg1	Argila Holocênica Jovem 1	2.2	0.4	1.8	C=11 φ=0	17
Q2aj-are1	Areia Holocênica Jovem 1	16	4	14	C=0 φ=31	18
Q2am-arg	Argila Holocênica Média	4.5	1.2	3.9	C=24 φ=0	19
Q1a-arg/ped	Argila Pleistocênica	109	130	23	C=100 φ=0	21

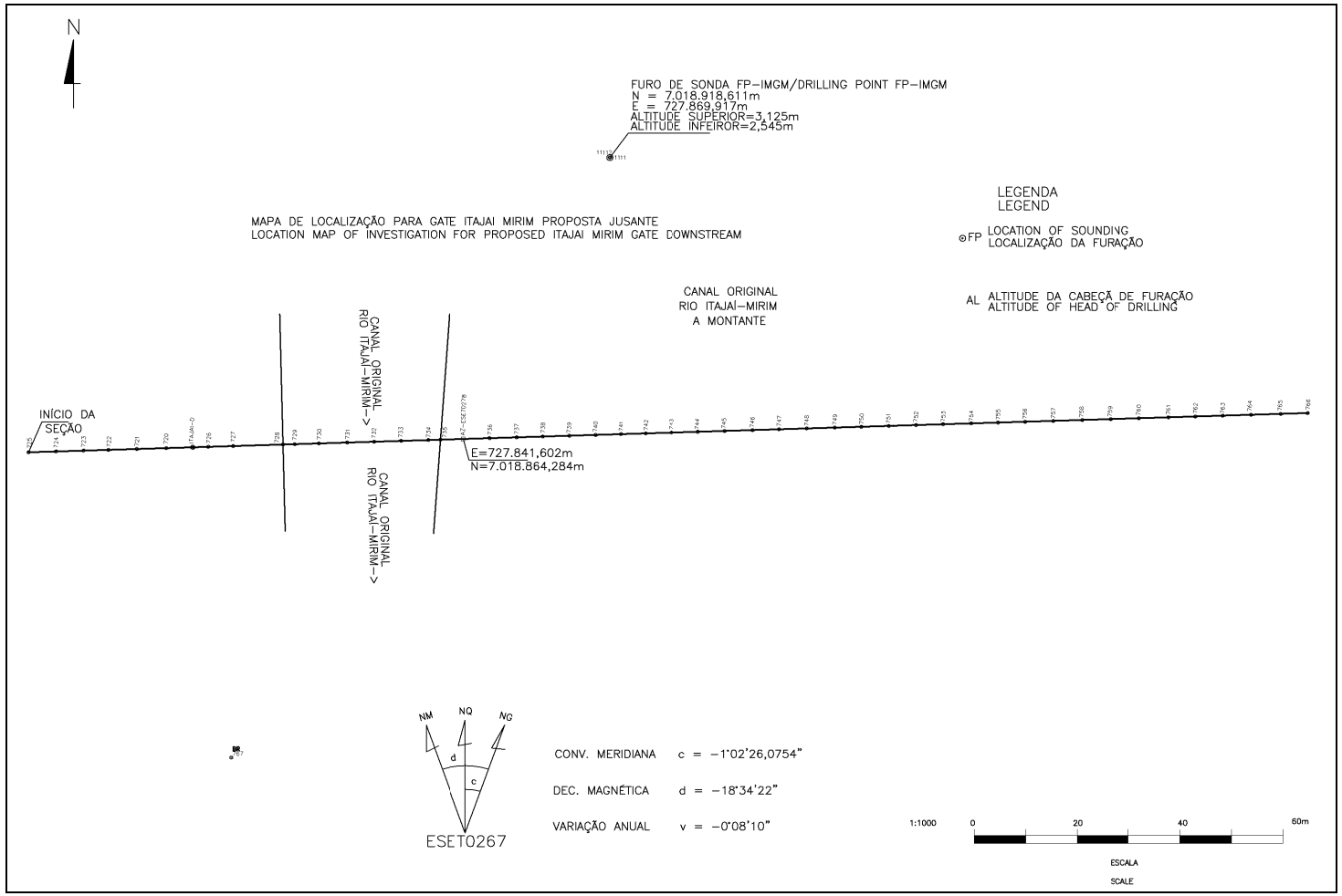
Fonte: Equipe de Estudo da JICA

6.4 Comporta à Jusante do Itajaí Mirim

A comporta proposta se localiza na planície alivual entre o Velho Rio Itajaí Mirim a 180 metros da montente da confluência com o Canal do Itajaí Mirim. Esta comporta se localiza em 5,0 km sudoeste do foz do Rio Itajaí-Açu e a 5,4 km Sul-Sudeste da foz do Rio Itajaí Mirim.

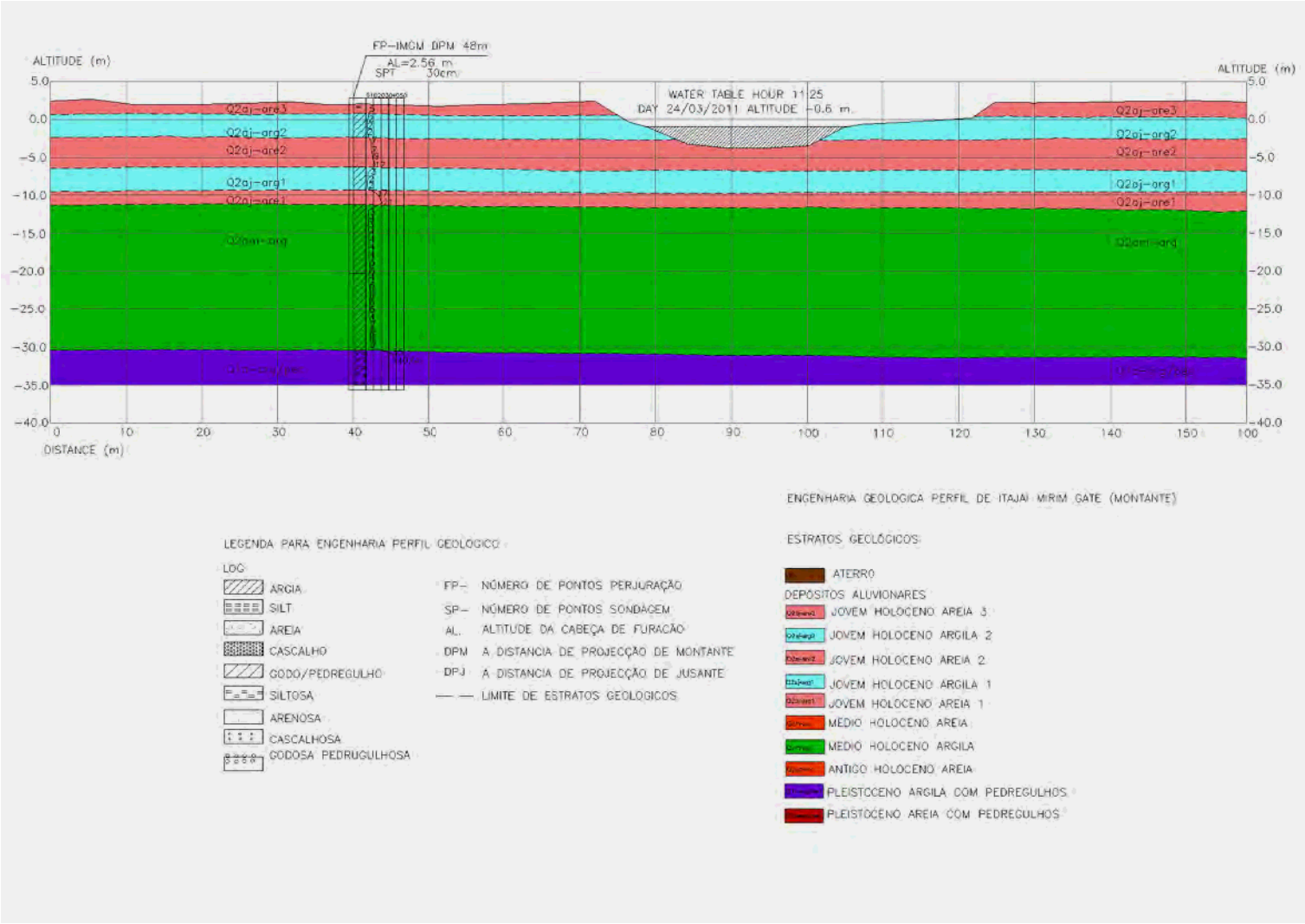
O terreno é quase plano e a altitude da margem do rio do local é de aproximadamente 3 metros. A situação proposta é localizar apenas a jusante da Ponte da Estrada de Davi Adão Schimitt. A pesquisa conduziu uma escavação de investigação de 40 metros de profundidade, e três (3) sondagens foram realizadas (buracos do SPT) para a nova ponte que conduzirá para a cidade de Itajaí, como é mostrado no mapa de localização da Figura 6.4.1.

A geologia é de depósito aluvial no Sistema Quaternário da superfície para mais de 40 metros de profundidade; O depósito aluvial não é confirmado para uma profundidade maior. Os estratos geológicos foram encontrados pela escavaçao e dados existentes de três (3) buracos de sondagem como descrito na Tabela 6.4.1. O perfil geológico é mostrado na Figura 6.4.2.



Fonte: Fonte: Equipe de Estudo da JICA

Figura- 6.3.1- Mapa de Localização da Compota a Montante do Itajaí Mirim



Fonte: Equipe de Estudo da JICA

Figura - 6.3.2- Perfil Geológico da Comporta a Montante do Itajaí Mirim

Tabela- 6.4.1- Estratos Geológicos da Comporta da Jusante do Rio Itajaí Mirim Proposta

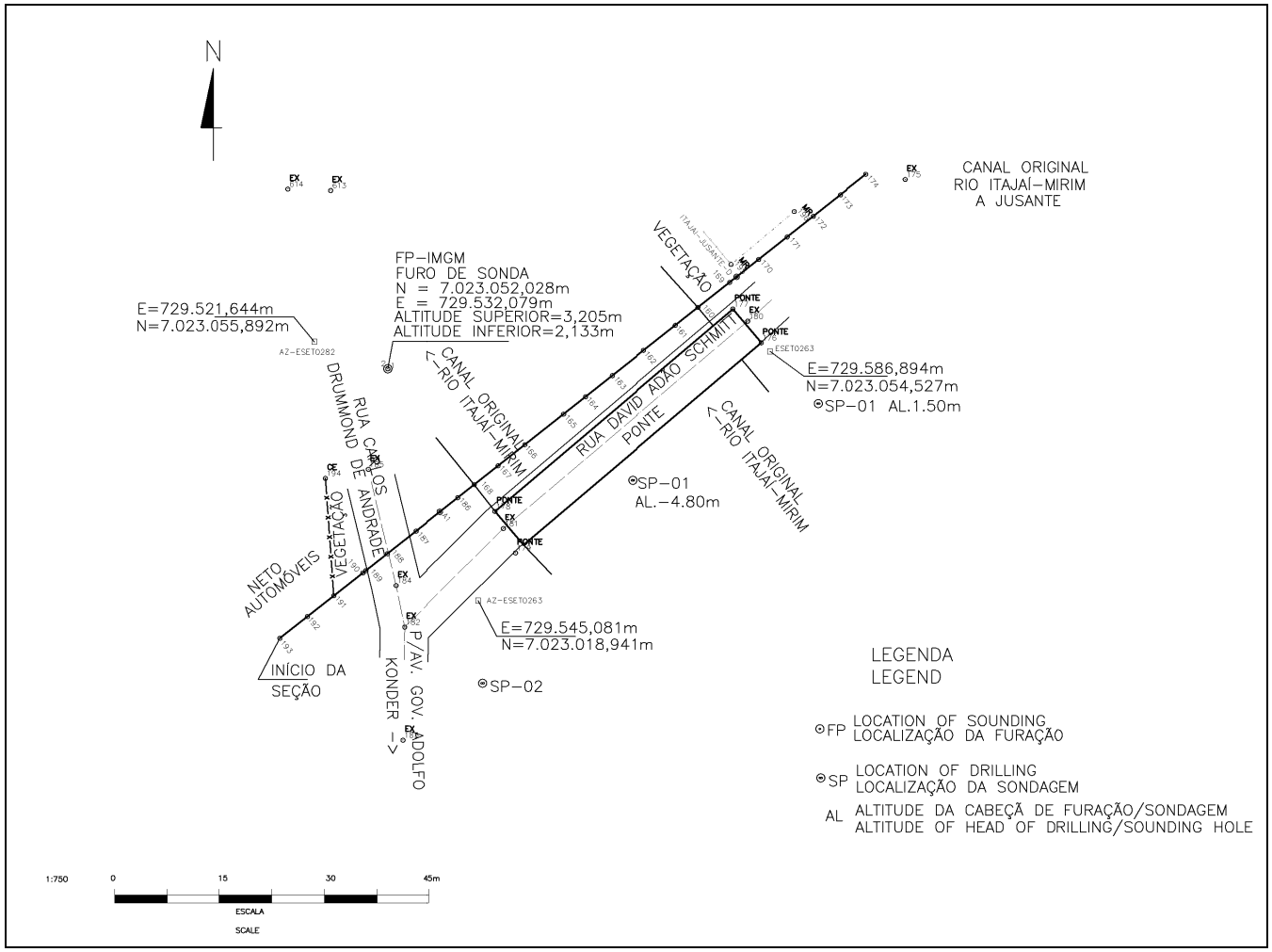
Período	Época	Símbolo	Nome do Estrato	Características do Estrato	Sumário do Resultado do Standard Penetration Test (SPT), valor de N
Quaternário	Holoceno	AT	Aterro		
		Q2aj-are3	Areia Holocênica Jovem 3	Areia fina com silte e argila, marrom e solta. Depósito recente de inundalção.	Mínimo 4 Máximo 8 Média 6
		Q2aj-arg2	Argila Holocênica Jovem 2	Argila com areia, marrom, cinza e verde.	Mínimo 0,3 Máximo 4 Média 2
		Q2aj-are2	Areia Holocênica Jovem 2	Areia fina, cinza e verde.	Mínimo 4 Máximo 17 Média 8
		Q2aj-arg1	Argila Holocênica Jovem 1	Argila, cinza escuro com conchas.	Mínimo 2 Máximo 7 Média 3
		Q2am-are	Areia Holocênica Média		Mínimo 9 Máximo 143 Média 57
		Q2am-arg	Argila Holocênica Média	Argila, marrom e cinza escuro.	Mínimo 2 Máximo 8 Média 5
		Q2aa-are	Areia Holocênica Antiga		Mínimo 10 Máximo 35 Média 21
		Q2aa-arg	Argila Holocênica Antiga	Silte com argila com pedregulhos, cinza claro.	Mínimo 5 Máximo 7 Média 6
	Pleistoceno	Q1a-are/ped	Areias Pleistocênica com Pedregulhos		Mínimo 25 Máximo 59 Média 41

Fonte: Equipe de Estudo da JICA

Tabela - 6.4.1- Determinação das Propriedades de Cade Estrato para a Comporta da Jusante do Itajaí Mirim

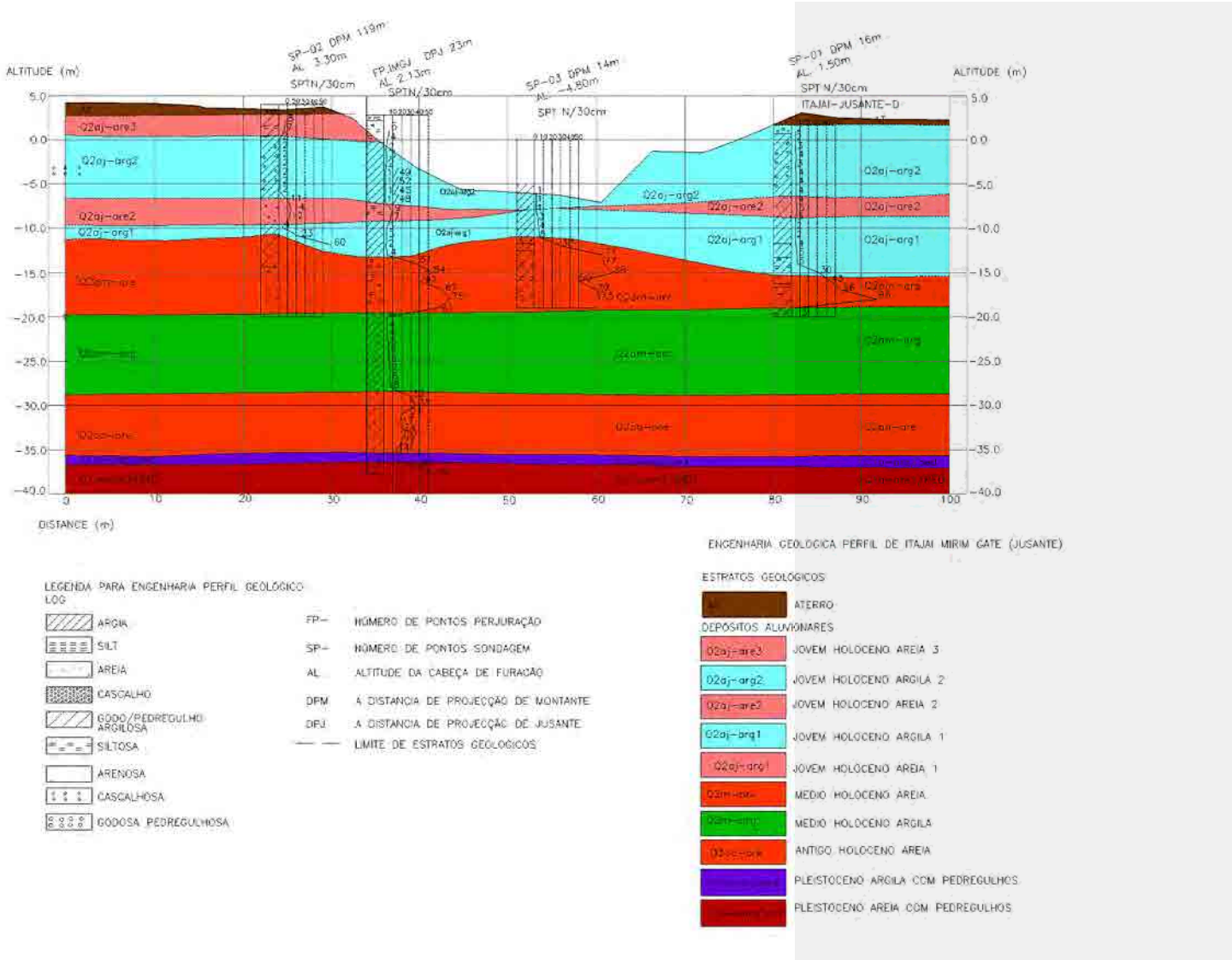
Símbolo	Nome do Estrato	Valor N Médio do SPT (blows/ 30cm)	Variação Padrão do Valor de N do SPT (blows/30cm)	Valor de N Adotado do SPT (blows/30cm)	Resistência do Solo c: coesão (kN/m^2) φ: ângulo interno de fricção (graus)	Peso Especifico Saturado γ_{sat} kN/m^3
AT/ Q2aj -are3	Aterro / Areia Holocênica Jovem 3	5.8	1.4	5.1	c=0 φ=29	15
Q2aj-arg2	Argila Holocênica Jovem 2	2.1	0.9	1.7	c=11 φ=0	17
Q2aj-are2	Areia Holocênica Jovem 2	8.4	4.5	6.2	c=0 φ=29	15
Q2aj-arg1	Argila Holocênica Jovem 1	3.3	1.2	2.7	c=17 φ=0	18
Q2am-are	Areia Holocênica Média	57	29	43	c=0 φ=40	20
Q2am-arg	Argila Holocênica Média	4.9	1.5	4.2	c=26 φ=0	18
Q2aa-are	Areia Holocênica Antiga	21	6.8	18	c=0 φ=32	18
Q2aa-are	Argila Holocênica Antiga	6.0	1.4	5.3	c=33 φ=0	18
Q1a-are/ped	Areias Pleistocênica com Pedregulhos	41	14	25	c=0 φ=35	19

Fonte: Equipe de Pesquisa da JICA



Fonte: Equipe de Estudo da JICA

Figura- 6.4.1- Mapa de Localização da Comporta a Jusante do Itajaí Mirim



Fonte: Equipe de Estudo da JICA

Figura -6.4.2- Perfil Geológico da Comporta a Jusante do Itajaí Mirim

6.5 Medidas estruturais para escorregamentos

6.5.1 Site para medidas estruturais para escorregamentos e Engenharia de Investigações Geológicas

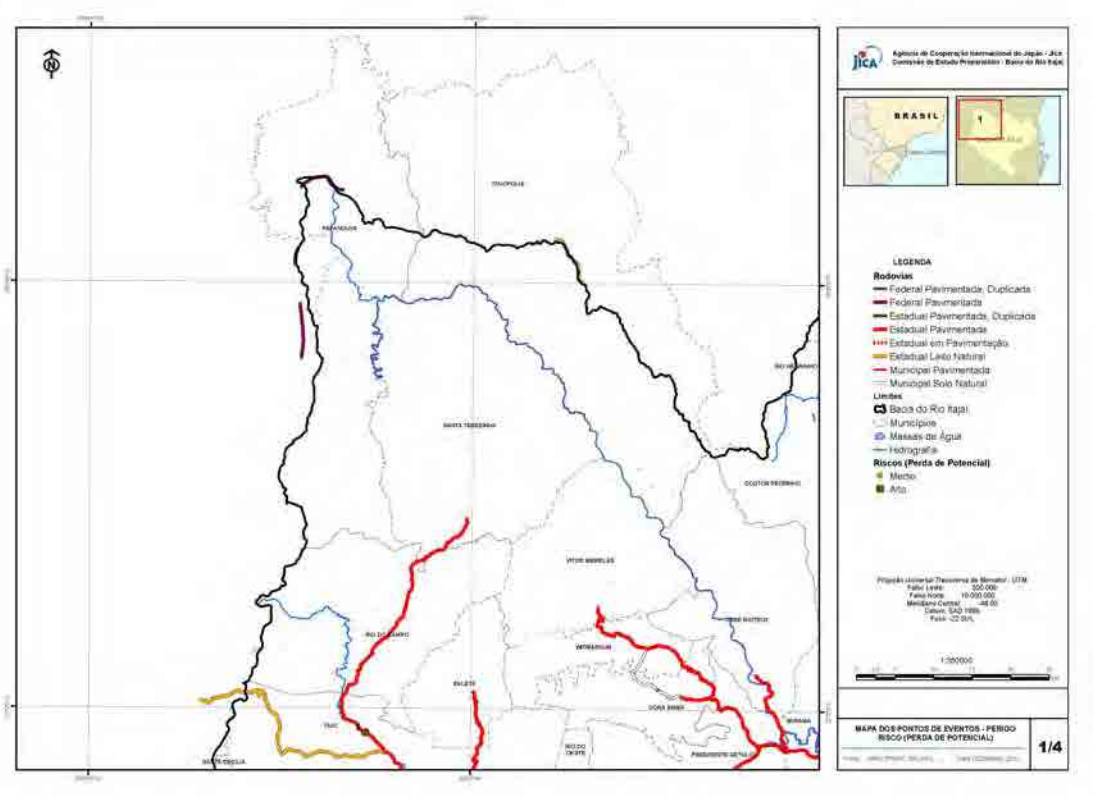
Locais de prioridade 13 sites são apresentados na Tabela 6.5.1 e Figura 6.5.1, 6.5.2 e 6.5.3.

Tabela- 6.5.1- Lista de 13 de Sites Prioridade para escorregamentos

prioridade número	Nome da localização	A latitude sul			A longitude oeste			SDR	municipalidade
		Grau	Minuto	Segundo	Grau	Minuto	Segundo		
1	SC 302 Taio-Passo Manso-5	27	1	45	50	8	18	Taio	Taio
2	SC470 Gaspar River Bank	26	55	2	48	58	37	Blumenau	Gaspar
3	Blumenau -Av Pres Casrelo Branco	26	55	7	49	3	58	Blumenau	Blumenau
4	SC418 Blumenau - Pomerode	26	51	32	49	9	18	Blumenau	Pomerode
5	SC474 Blumenau-Massaranduba 2	26	44	18	49	4	18	Blumenau	Blumenau
6	Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 9	26	47	38	49	0	16	Blumenau	Gaspar
7	Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 6	26	44	26	48	57	52	Blumenau	Luiz Alves
8	SC470 Gaspar Bypass	26	55	56	48	57	21	Blumenau	Gaspar
9	SC477 Benedito Novo - Dutor Pedrinho 1	26	46	50	49	25	6	Indaial	Benedito Novo
10	SC418 Pomerode - Jaraguá do Sul 1	26	40	29	49	8	35	Blumenau	Pomerode
11	Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 4	26	46	38	48	59	31	Blumenau	Luiz Alves
12	SC474 Blumenau-Massaranduba 1	26	46	38	48	59	31	Blumenau	Blumenau
13	SC 302 Taio-Passo Manso 4	27	6	26	50	4	7	Taio	Taio

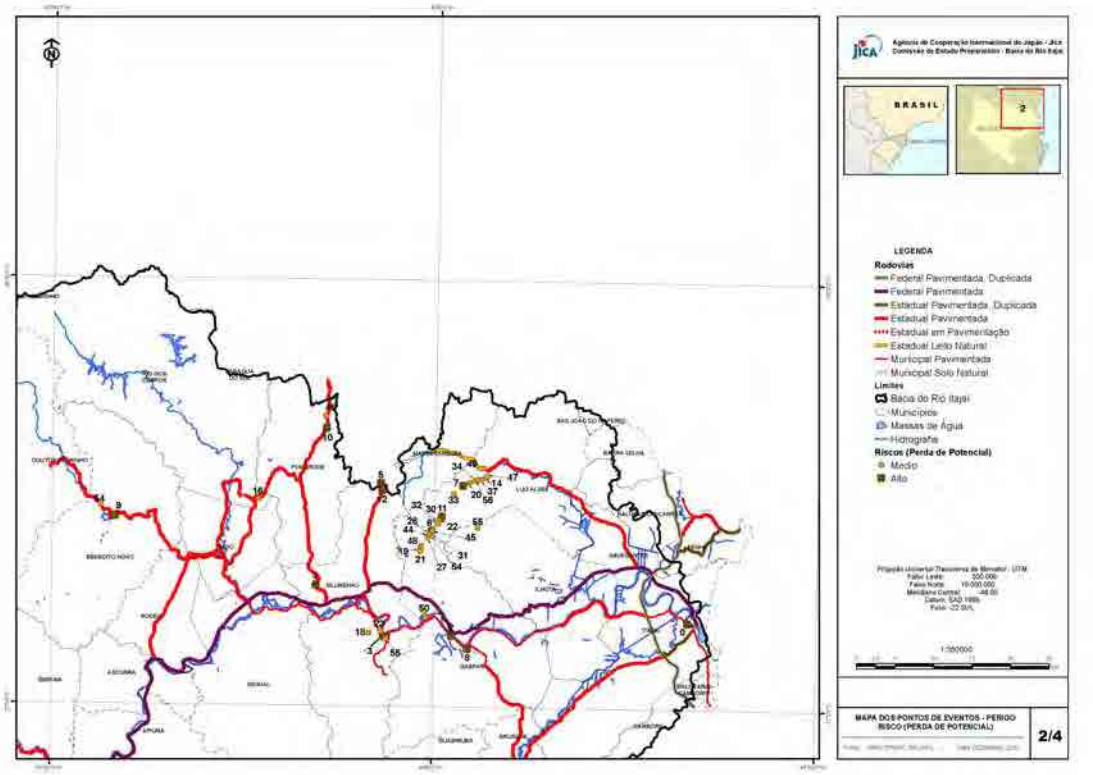
Fonte: Equipe de Estudo da JICA

Itens de levantamentos topográficos e investigações geológicas são apresentados na Tabela 6.5.2. Resultado da observação de campo e investigação são compilados em mapas geológicos e de engenharia plano de alguns perfis de engenharia geológica.



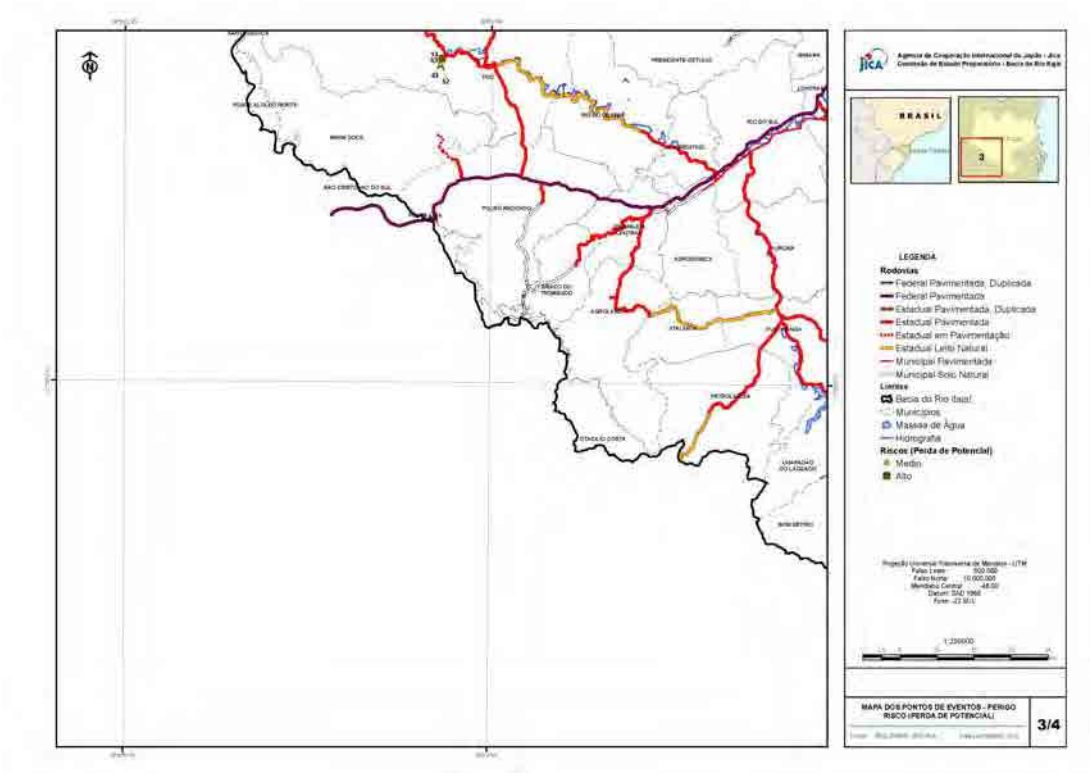
Fonte: Equipe de Estudo da JICA

Figura-6.5.1- Localização de prioridade 13 locais para risco escorregamentos (1)



Fonte: Equipe de Estudo da JICA

Figure -6.5.2- Localização de prioridade 13 locais para risco escorregamentos (2)



Fonte: Equipe de Estudo da JICA
\

Figure -6.5.3- Localização de prioridade 13 locais para risco escorregamentos (3)

Tabela- 6.5.2- Levantamento topográfico e Investigação de prioridade 13 sites são apresentados na Tabela 6.5.1 e Figura 6.5.1, 6.5.2 e 6.5.3

prioridade número	Nome da localização	Levantamento topográfico seção transversal	Perfuração, testes de penetração padrão, e cano para monitoramento do calibre de tensão	Simplificado teste de penetração dinâmica cone
1	SC 302 Taio-Passo Manso-5	212 m	2 perfuração vertical, 6,0 m, 5,4 m	-
2	SC470 Gaspar River Bank	50 m	-	-
3	Blumenau -Av Pres Casrelo Branco	66 m		2 localização
4	SC418 Blumenau – Pomerode	74 m	-	1 localização
5	SC474 Blumenau-Massaranduba 2	85 m	-	-
6	Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 9	84 m	-	-
7	Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 6	105 m	-	2 localização
8	SC470 Gaspar Bypass	60 m	-	-
9	SC477 Benedito Novo - Dutor Pedrinho 1	112 m	2 perfurações verticais, 14,5 m, 13,5 m	-
10	SC418 Pomerode - Jaraguá do Sul 1	163 m	-	1 localização
11	Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 4	111 m	-	1 localização
12	SC474 Blumenau-Massaranduba 1	85 m	-	--
13	SC 302 Taio-Passo Manso 4	98 m	-	-
Total		1,305m	4 de perfuração vertical, 39,4 m	7 localização

Fonte: Equipe de Estudo da JICA

(3) Monitoramento do tubo medidor de tensão

O propósito da instalação de medidores de tensão com tubos de PVC (Policloreto de vinil) em buracos perfurados é detectar a profundidade da superfície de escorregamento.

Quando os tubos de PVC, instalados em buracos perfurados, são curvados pelo movimento do escorregamento, um lado do tubo de PVC é comprimido, enquanto o outro é estendido. Medidores de tensão com tubos de PVC são instrumentos de medição que podem avaliar uma superfície de escorregamento e determinar seu grau de deslocamento através da medição de pequenas mudanças no valor da resistência elétrica causadas pelo curvamento dos tubos de PVC. Um conjunto de pares de medidores de tensão foi colocado em tubos de PVC em intervalos de 1 metro de profundidade.

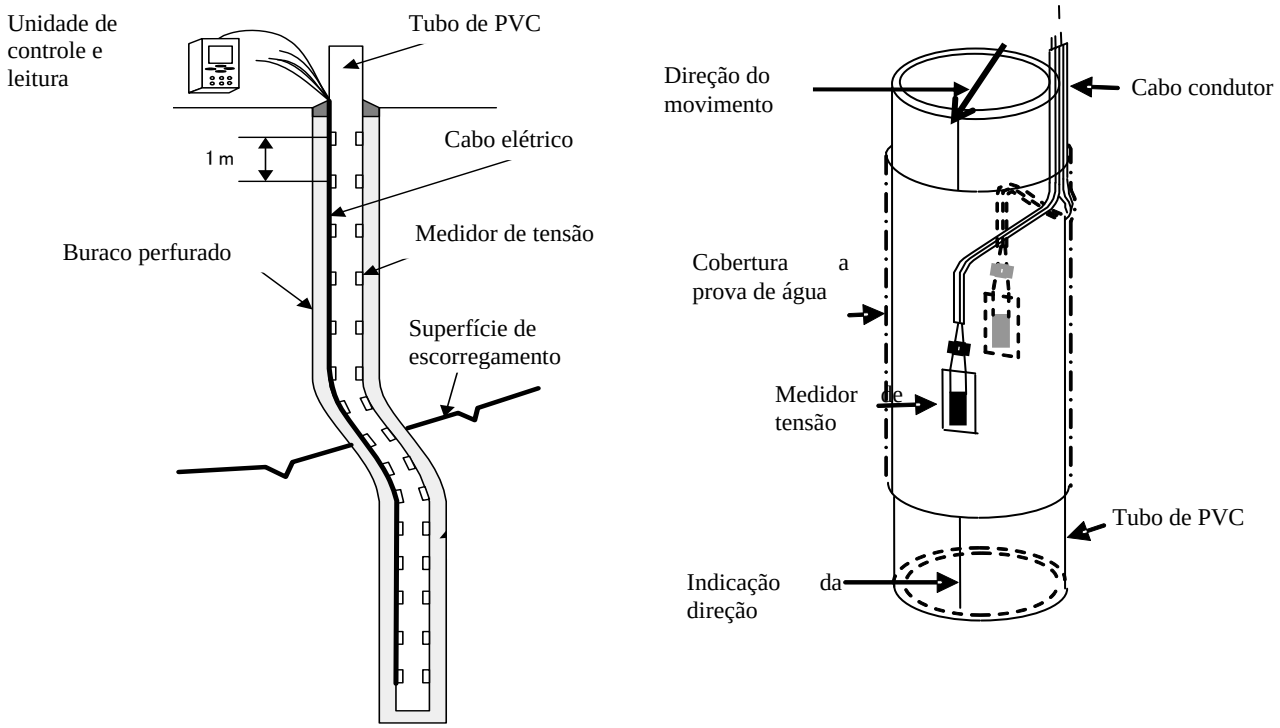


Figura 6.5.4 Medidores de tensão com tubos de PVC

Um exemplo de esquema de monitoramento de medidores de tensão é mostrado abaixo. Neste esquema, o valor da tensão aumenta com a superfície de escorregamento.

Se ocorre movimentação em um escorregamento, os valores de tensão serão acumulados. Dados não acumulados (movimento único) são apenas acidentais.

If a landslide moves, the value of strain will be accumulated. Data not accumulated (only one time movement) is just accidental.

A avaliação de dados de medidores de tensão é mostrada na tabela a seguir.

Tabela- 6.5.3- Critérios para avaliação de dados de medidores de tensão no Japão

Região ativa	Valor de acumulação (μ/mês)	Características variáveis		Possibilidade geográfica de existência de superfície de escorregamento	Julgamentos gerais	
		Tendência de acumulação	Status do movimento		Classificação da superfície de escorregamento	Atividade e tipo de escorregamento
A	Mais que 5,000	Muito alta	Cumulativo	Possível	Determinista	Escorregamento ativo
B	Mais que 1,000	Alta	Cumulativo	Possível	Quase-determinista	Lento movimento de rastejamento
C	Mais que 100	Baixa	Cumulativo/ intermissivo/ desestabilizante/ regressivo	Possível	Potencial	Impossível concluir a existência de superfície de escorregamento. A observação precisa ser continuada.
D	Mais que 100 (Curto prazo)	Nenhuma	Intermissivo/ desestabilizante/ regressivo	Nenhuma	Anormal	Não existe superfície de escorregamento. Causado por outros fatores, exceto escorregamentos.

Fonte: JICA Equipe de Estudos

6.5.2 Seleção dos Locais das Medidas Estruturais com a Engenharia Geológica

(1) SC301 Taió -Passo Manso-5

Foi reconhecido um deslizamento de terra ativo de 80 m de largura e 60 m de comprimento. O pavimento foi quebrado recorrentemente pelo deslizamento de terra. Investigações com escavações mostram que o leito rochoso é raso (2,7 m – 3,0 m de profundidade) e o lençol freático também é raso (1,0 m – 2,6 m). O monitoramento por estações extensométricas (cano de tensão) não indicam a superfície de ruptura de forma precisa.

Visão geral da lateral de Taió

Visão geral da lateral de Passo Manso

Xisto, leito rochoso é quase praticamente plano

Deslizamento de terra na montanha escarpada com inclinação lateral

Deslizamento de terra na montanha escarpada com inclinação lateral

Pavimento Danificado

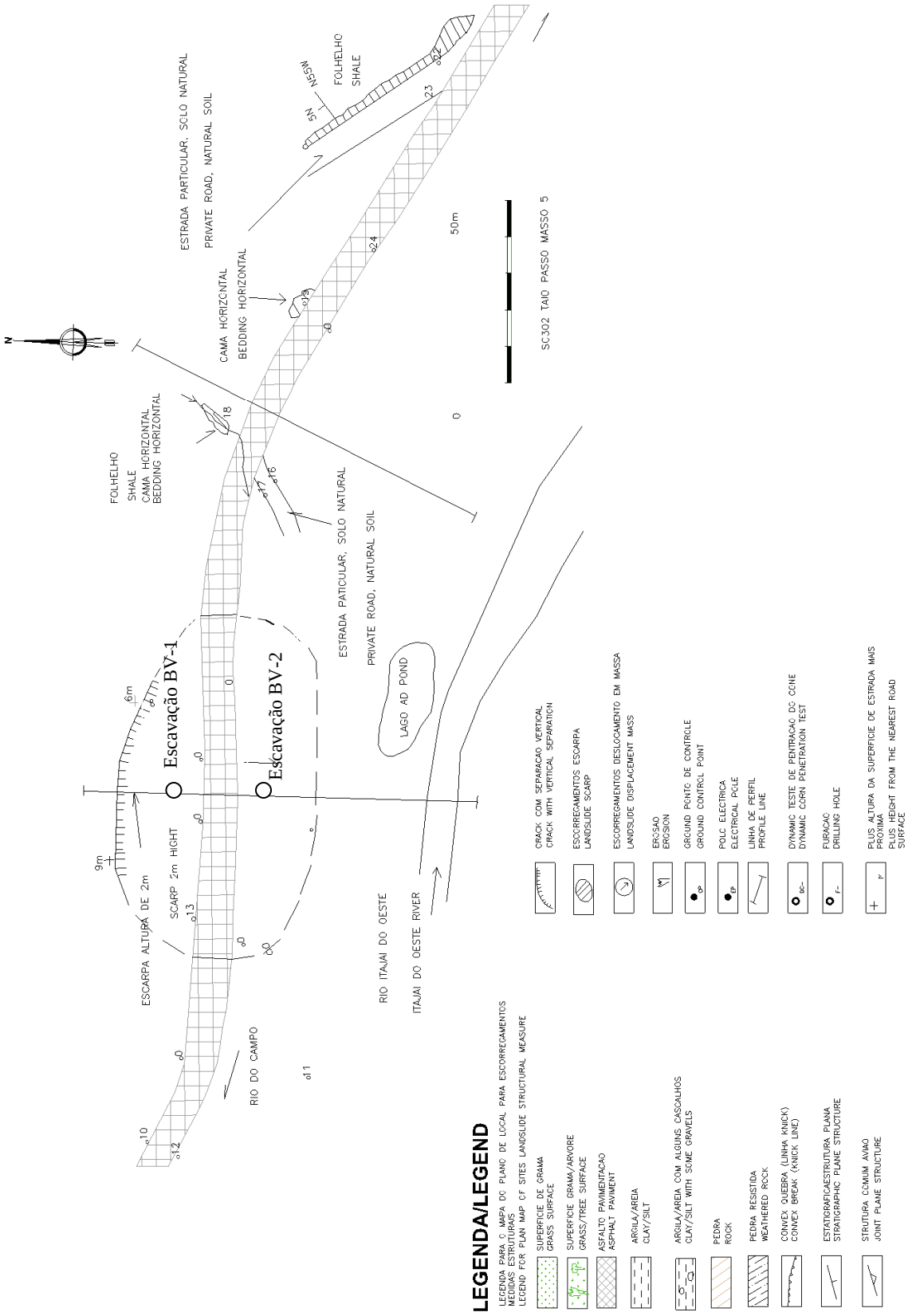
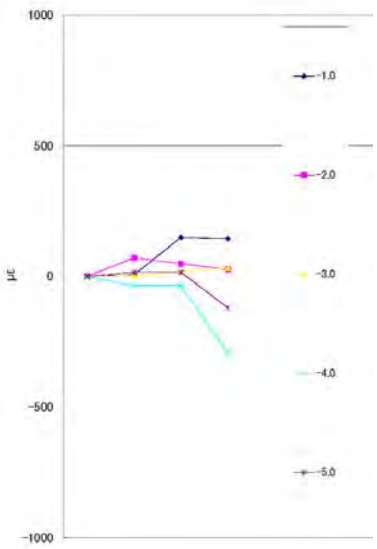
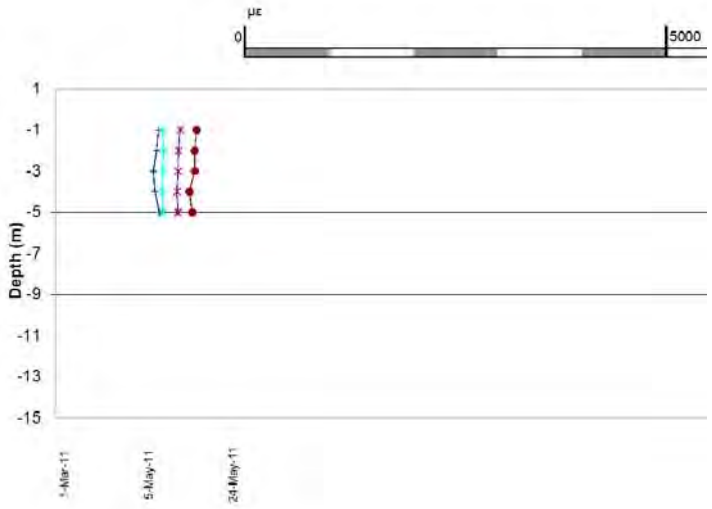


Figura 6.5.4 Engenharia Geológica - Mapa da SC301 Taió -Passo Manso-5

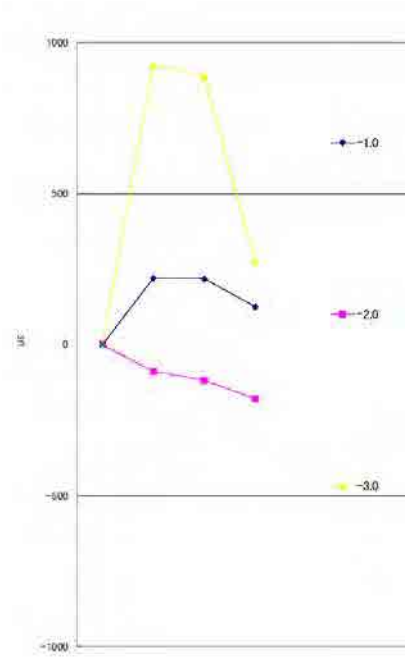
BV-1



Depth from Ground Line	28-Apr-11	5-May-11	14-May-11	24-May-11	
	40661	40668	40677	40687	
-1.0	0	6	150	145	
-2.0	0	71	49	27	
-3.0	0	4	18	32	
-4.0	0	-36	-35	-292	
-5.0	0	16	16	-120	



BV-2



Depth from Ground Line	28-Apr-11	5-May-11	14-May-11	24-May-11	
	40661	40668	40677	40687	
-1.0	0	221	219	126	
-2.0	0	-88	-117	-179	
-3.0	0	927	891	277	

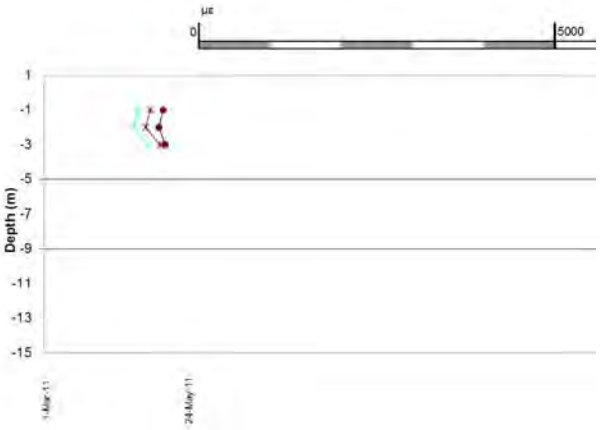


Figure 6.5.5 Monitoramento com estações extensométricas na SC301 Taió -Passo Manso-5

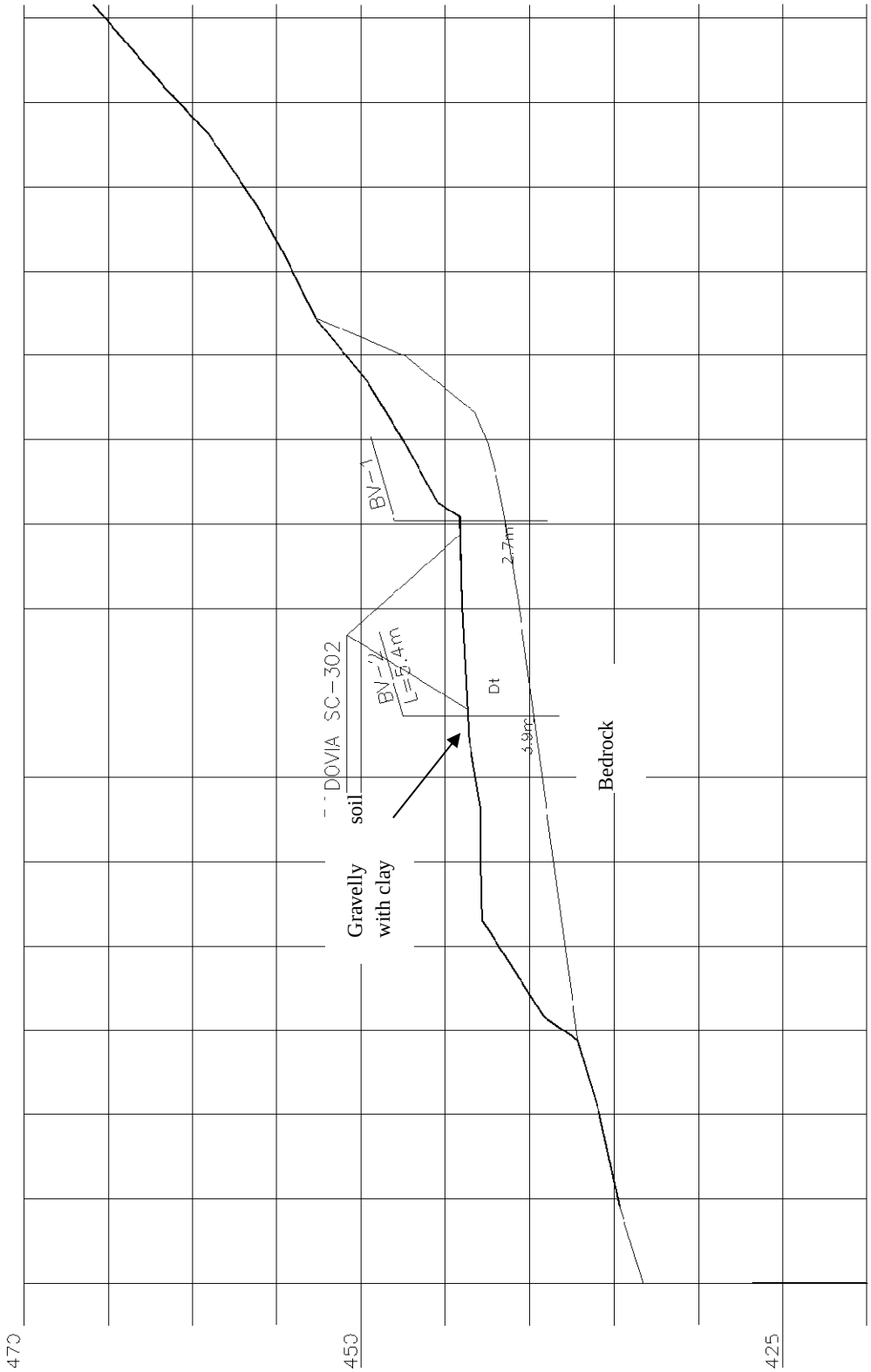


Figure 6.5.6 Engenharia Geológica Perfil da SC301 Taió -Passo Manso-5

(2) SC470 Margem do rio em Gaspar

O talude foi rompido pelas tempestades de Novembro de 2008. O talude foi temporariamente restaurado e protegido com gabiões, mas uma deformação no acostamento de estrada esta acontecendo. É possível que ocorra o rompimento dos canos de drenagem que correm através da estrada. No caso, a água mal drenada pode causar mais falhas nos taludes das estradas.

Visão geral da lateral de Gaspar

Visão geral da lateral de Blumenau

Rachaduras no pavimento das estradas

Proteção temporária dos taludes com gabiões

Proteção temporária dos taludes com gabiões

Situação do talude da parte mais deformada
Seção transversal mostrado na Figura 6.5.7.

(2) SC470 Gaspar River Bank

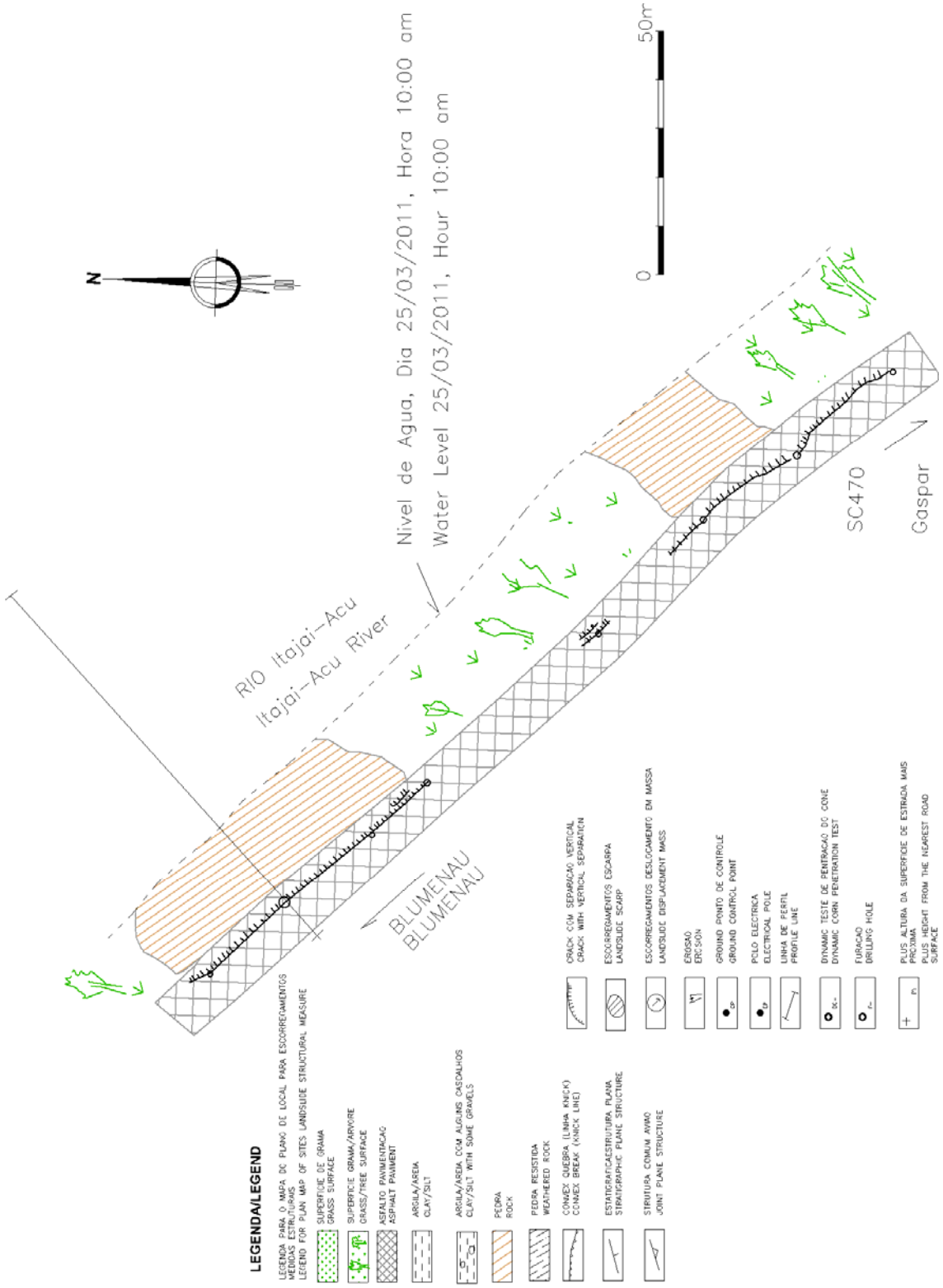
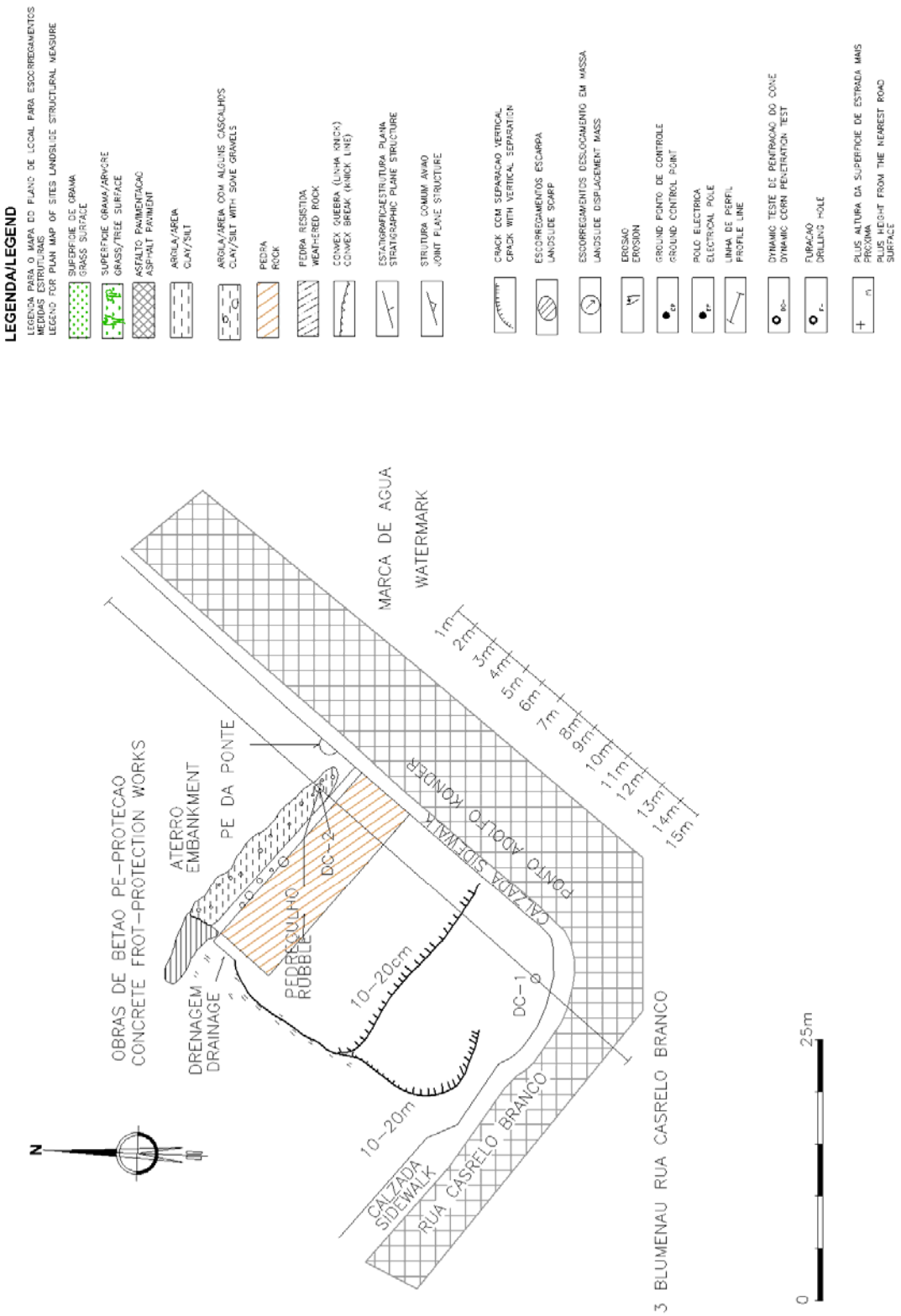


Figure 6.5.7 Engenharia Geológica - Mapa da SC470 Margem do rio em Gaspar

(3) SC470 Blumenau-Av Pres Castero Branco



(3) SC470 Blumenau-Av Pres Castero Branco

Rachaduras e deformações foram encontradas na estrada. A deformação do talude com escarpas de minério de 10-20 cm da margem do rio também é observada. O teste penetração com o cone dinâmico mostra que argila mole esta distribuída na superfície do talude e possui mais de 3 metros de profundidade.

Visão geral da lateral oposta do Rio Itajaí-Açu

Parte do lado da Estrada, sondagem com o cone dinâmico de penetração

Rachaduras no pavimento da estrada

Rachaduras no pavimento da estrada

Parte da lateral da estrada

22 de Abril 2011
A marca do nível de água é de 1 metro

Visão geral da lateral do rio

Leito rochoso resistente e massivo ao lado do rio, Granulado piroxenito, Complexo de granulito de Santa Catarina, arqueano.

Trabalhos nos escombros do depósito do talude. (solo de granulometria fina com pedregulhos, alguns pedregulhos estão intemperizados e moles.

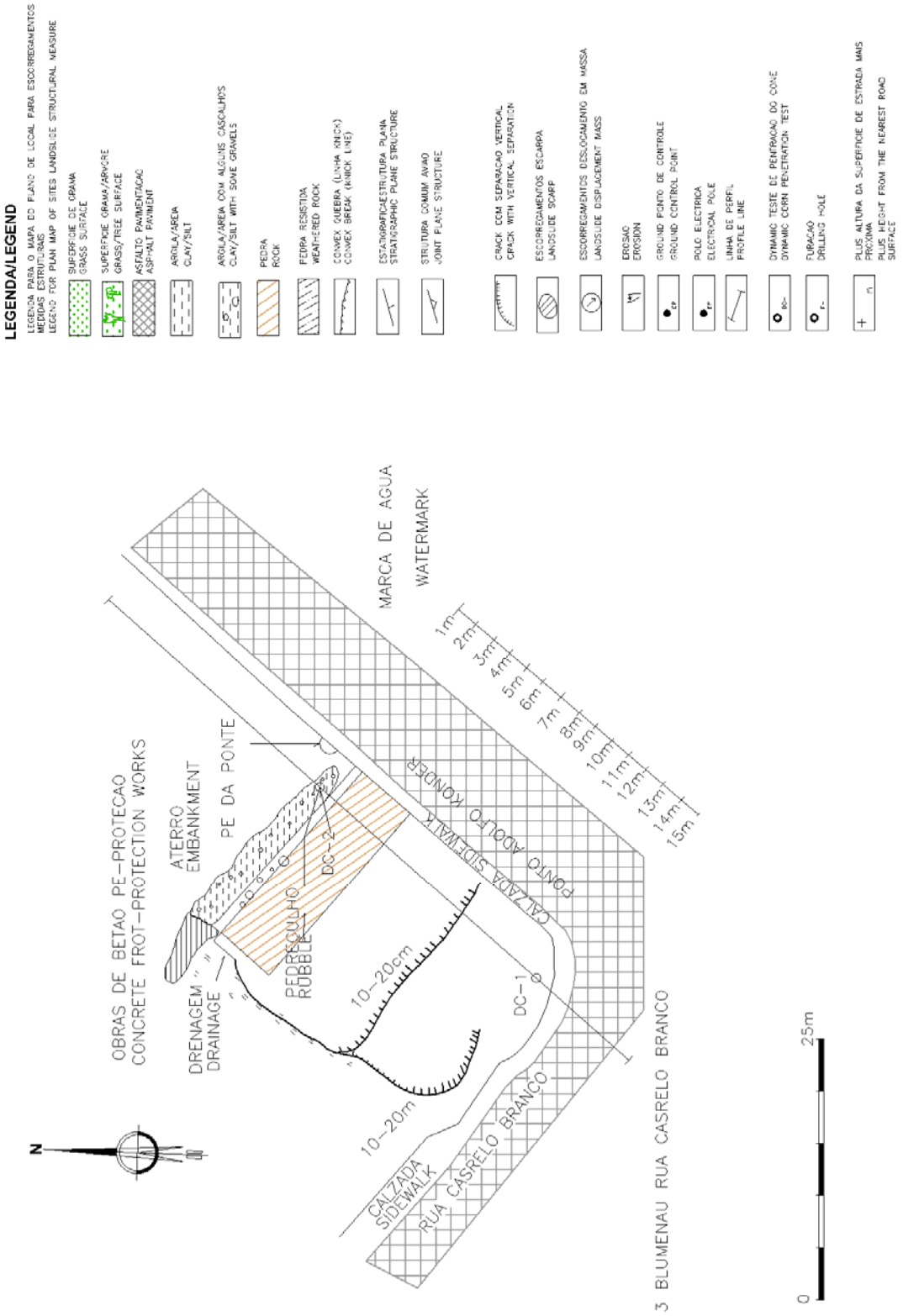


Figura 6.5.8 Engenharia Geológica Mapa da Blumenau-Av Pres Castero Branco

(4) SC418 Blumenau – Pomerode

Rompimento do solo tem ocorrido intermitentemente com as chuvas fortes. Rachaduras com extensões paralelas a estrada se encontram no talude. É descoberta a infiltração da água nestas rachaduras. O teste de penetração com o cone dinâmico mostra que uma argila vermelha muito mole esta distribuída na superfície do talude e possui profundidade maior do que 3 metros.

Visão geral da lateral de Blumenau

Rompimento do solo e erosão na porção central

Rachaduras com extensões paralelas a estrada se encontram no talude. É descoberta a infiltração da água nestas rachaduras.

Rachaduras com extensões paralelas a estrada se encontram no talude.

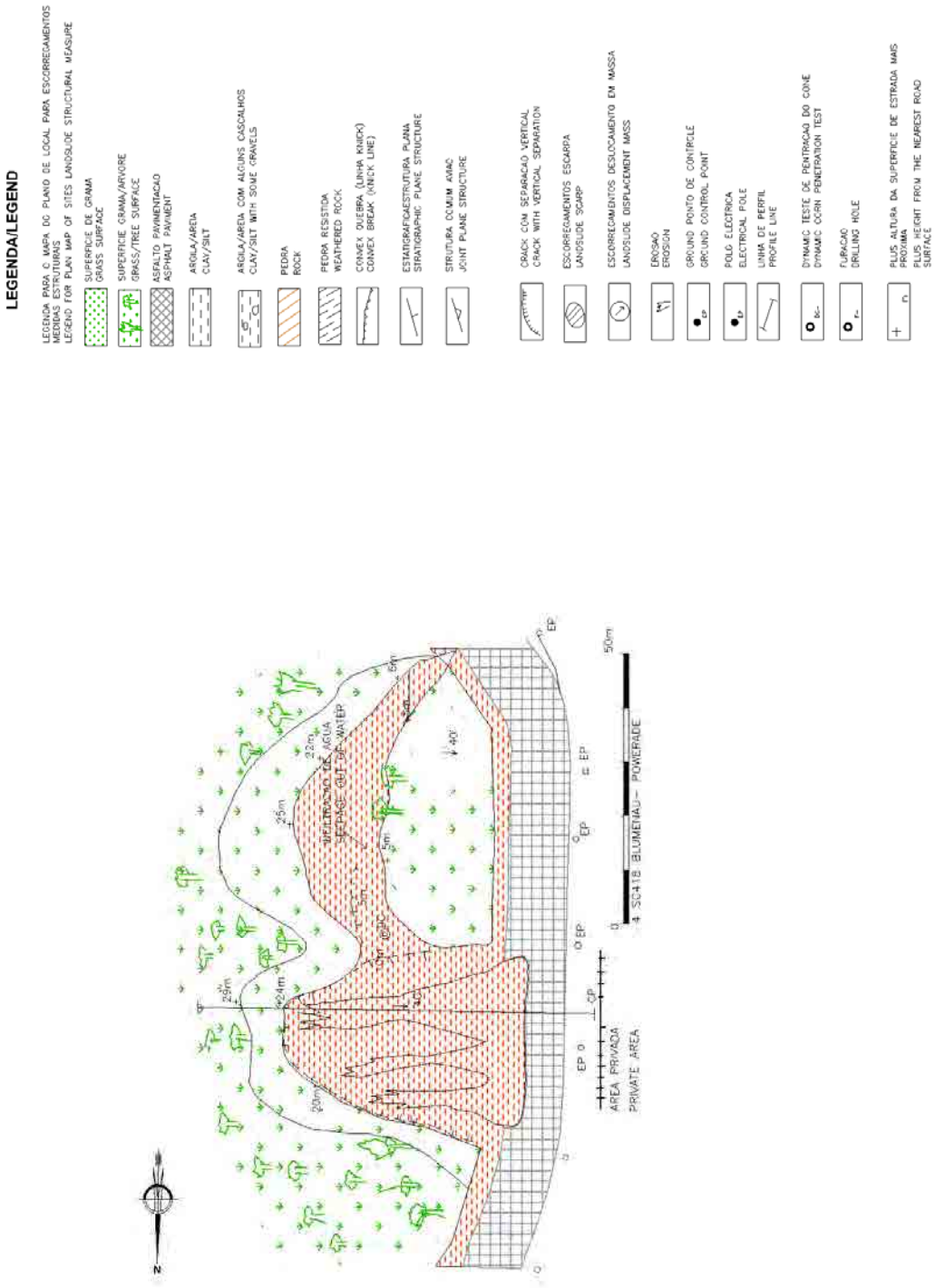


Figura 6.5.9 Engenharia Geolófica Mapa da SC418 Blumenau-Pomerode

(5) SC474 Blumenau – Massaranduba 2

Rompimento do solo tem ocorrido intermitentemente com as chuvas fortes.

Visão geral da cidade de Blumenau sobre o rompimento do solo

Deslizamento de terra no centro do talude

Talude com partes propensas ao rompimento, lateral da cidade de Massaranduba

Talude estável no final da declividade na lateral da cidade de Massaranduba.
Rocha dura, gnaisses são encontrados distribuídos ao longo da estrada.

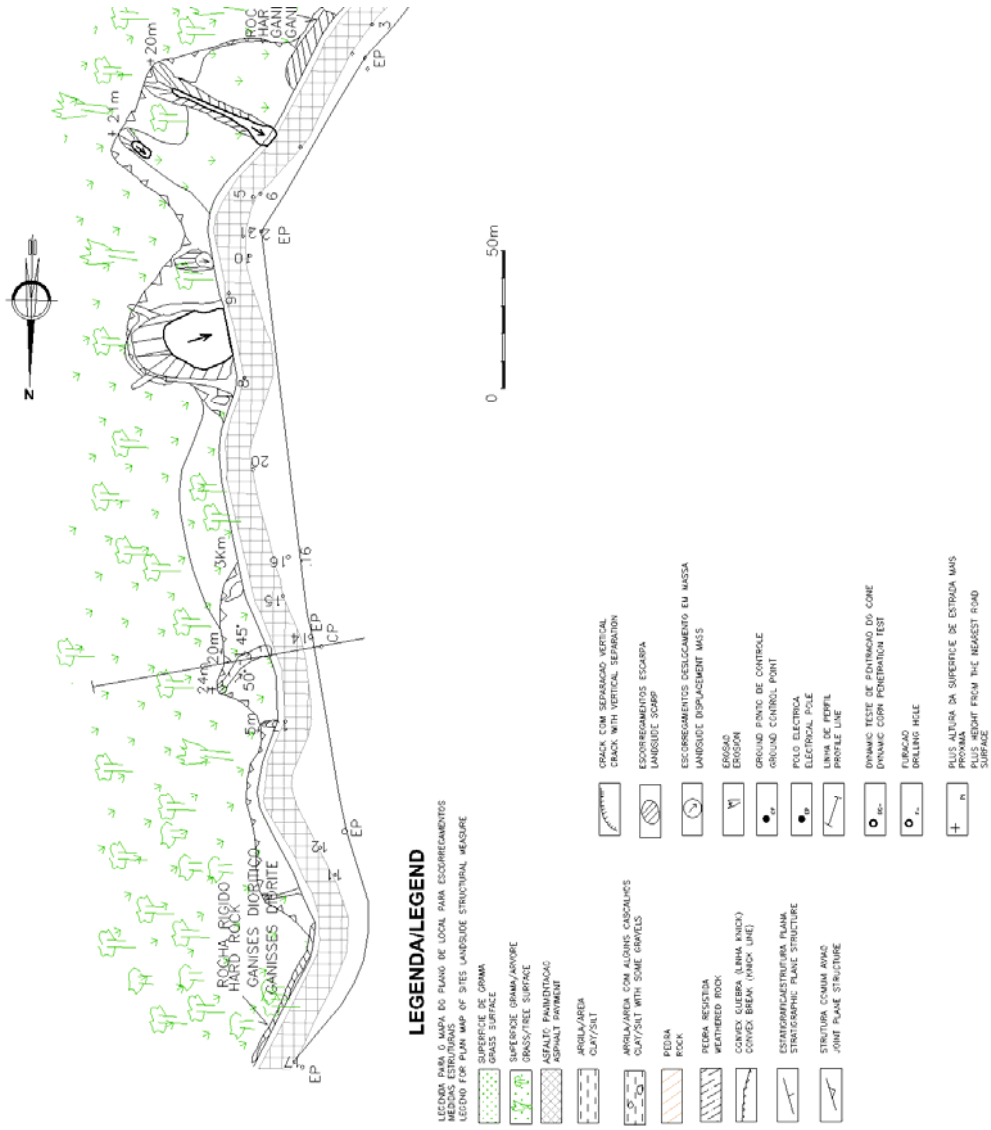
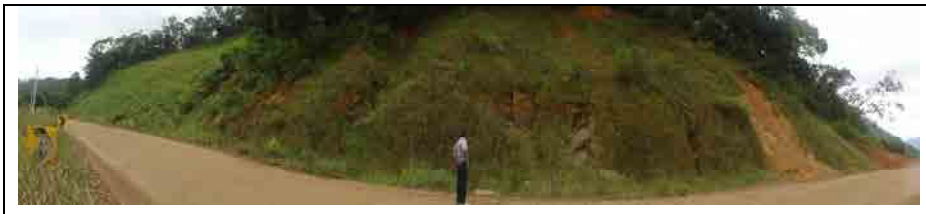


Figura 6.5.10 Engenharia Geológica Mapa da SC474 Blumenau – Massaranduba 2

(6) Gaspar-Luiz Alves, Gaspar 6

Rompimento do solo tem ocorrido intermitentemente com as chuvas fortes. Uma erosão importante está se progredindo no lado do vale, e Gaspar. O teste de penetração com o cone dinâmico mostra que uma argila vermelha muito mole esta distribuída na superfície do talude e possui profundidade maior do que 3 metros.



Visão geral da lateral do talude da montanha

Talude da montanha na lateral de Gaspar

Lateral da Montanha
Linha de perfil

Lateral do Vale

Existem cortes no talude da lateral de Luiz Alves

O talude possui uma vala de 60 cm largura e 60 cm profundidade.

Na lateral do talude do vale na parte de Luiz Alves.

Erosão na lateral do talude do vale na parte de Gaspar.

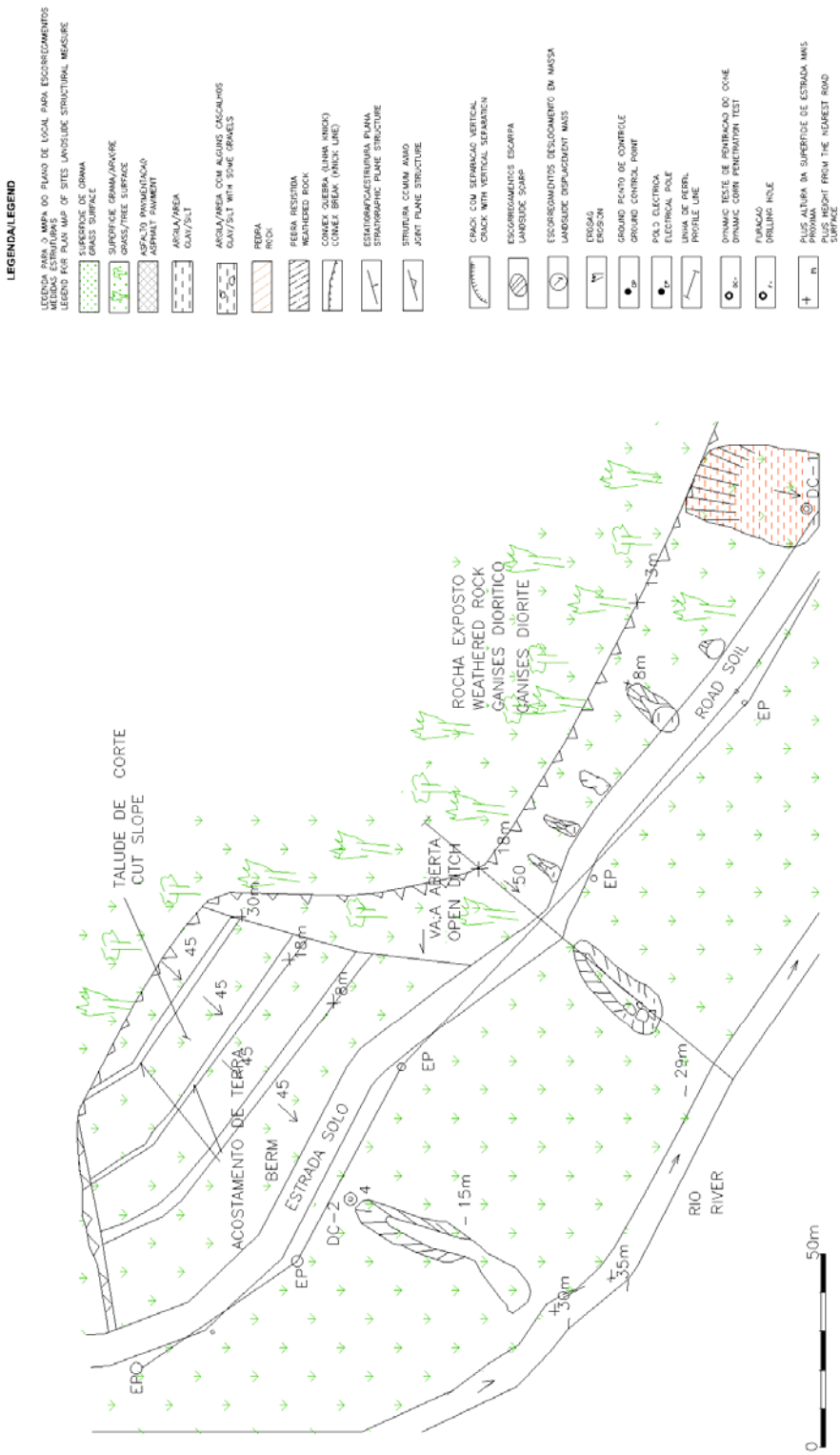


Figura 6.5.11 Engenharia Geológica Mapa de Gaspar-Luiz Alves, Gaspar 6

(7) Gaspar-Luiz Alves, Luiz Alves 6

Rompimento do solo tem ocorrido intermitentemente com as chuvas fortes. Existe a possibilidade de ocorrer o rompimento de um talude na parte central.

Visão geral da lateral da cidade de Gaspar

Visão geral do centro da cidade de Gaspar

Visão geral de parte central

Rompimento do solo ao lado de Gaspar

Talude rochoso com 60 graus, na parte central

Estrutura de junta é N10W 70Wdip, levemente oblíqua à superfície do talude. Rocha dura de granulito.

Rompimento do solo na parte de Luiz Alves

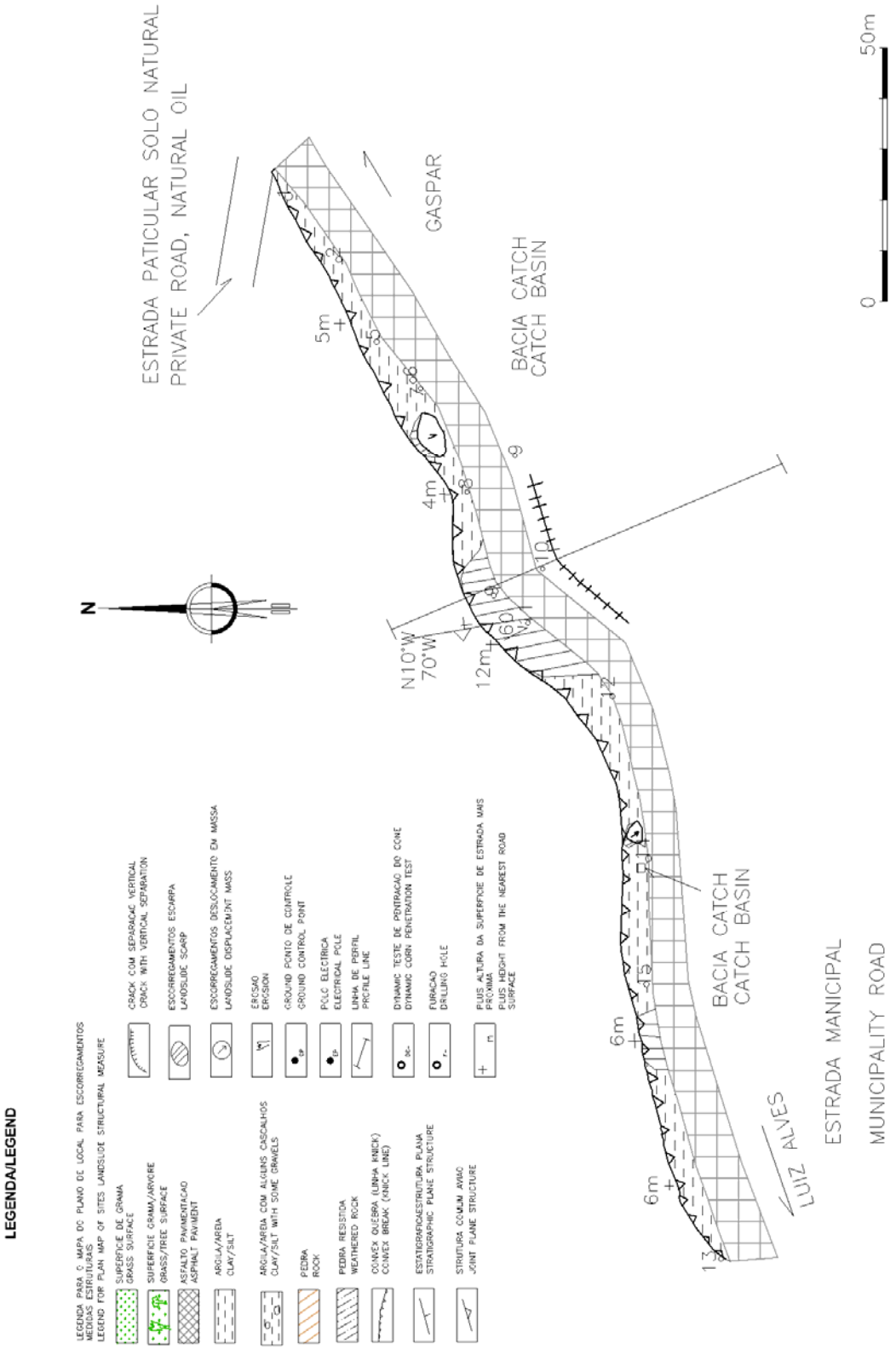


Figura 6.5.12 Engenharia Geológica Mapa de Gaspar-Luiz Alves, Luiz Alves 6

(8) SC470 Gaspar Passagem Secundária

Sob o evento chuvoso de Novembro de 2008, o fechamento de toda a faixa da estrada ocorreu pelo rompimento do solo. Existem possibilidades de que o rompimento do solo ainda esteja ativo.

Visão Geral

Visão geral da lateral da cidade de Itajaí

Visão geral da lateral da cidade de Itajaí

Parte central para a cidade de Itajaí.

Parte central, fotos do lado direito do desastre ocorrido em Novembro de 2011

Parte central de Blumenau

Rachadura na rocha reconhecida na parte da lateral de Blumenau. Granulítico piroxenito

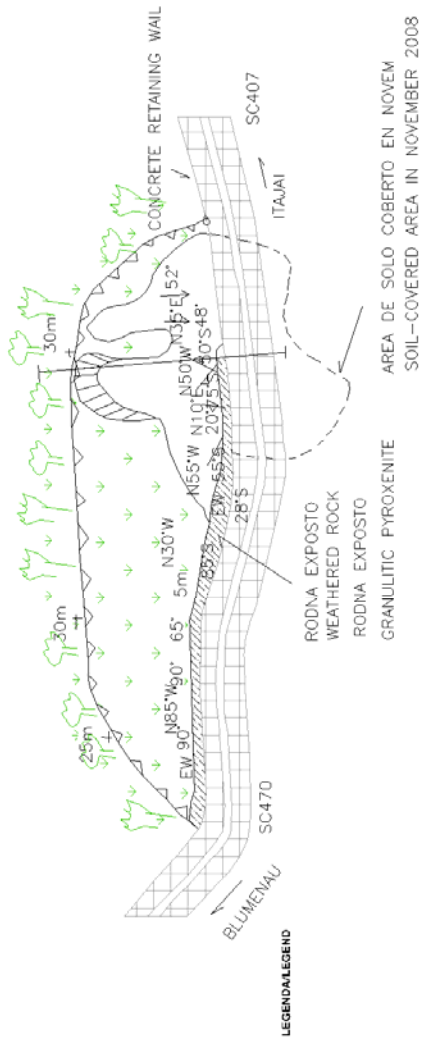


Figura 6.5.13 Engenharia Geológica Mapa da SC470 Gaspar Passagem Secundária

(9) SC 477 Benedito Novo - Doutor Pedrinho 1

Deslizamento de terra em blocos de 60 m de largura e 50 m de comprimento com a altura da escarpa de 2 metros. Investigações com escavações mostram que a superfície do leito rochoso é profunda (10 m – 12 m de profundidade) e o lençol freático também é profundo (9,5 m no lado da estrada, 3,2 m no lado do vale). Estações extensométricas não indicam com exatidão a superfície de rompimento.

Visão geral da lateral de Doutor Pedrinho

Visão geral da lateral de Benedito Novo

Escarpas de deslizamento de terra

Danos no pavimento devido à infiltração da água

Perfuração do núcleo do leito rochoso, Granulito, rocha dura

Escorregamento de terra na lateral de Doutor Pedrinho

Situação do talude na lateral do vale e do deslizamento de terra

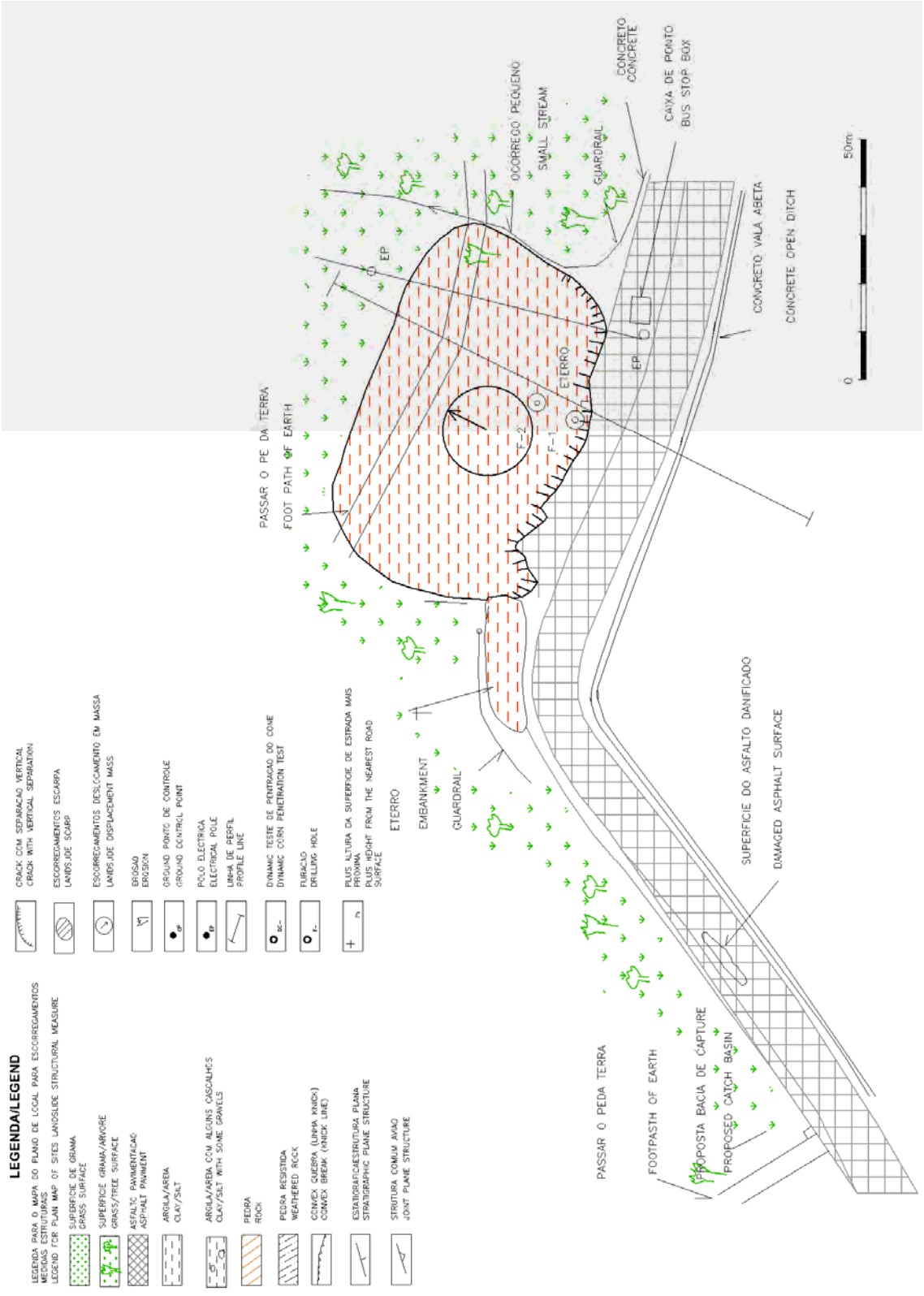


Figura 6.5.13 Engenharia Geológica Mapa da SC 477 Benedito Novo - Doutor Pedrihho 1

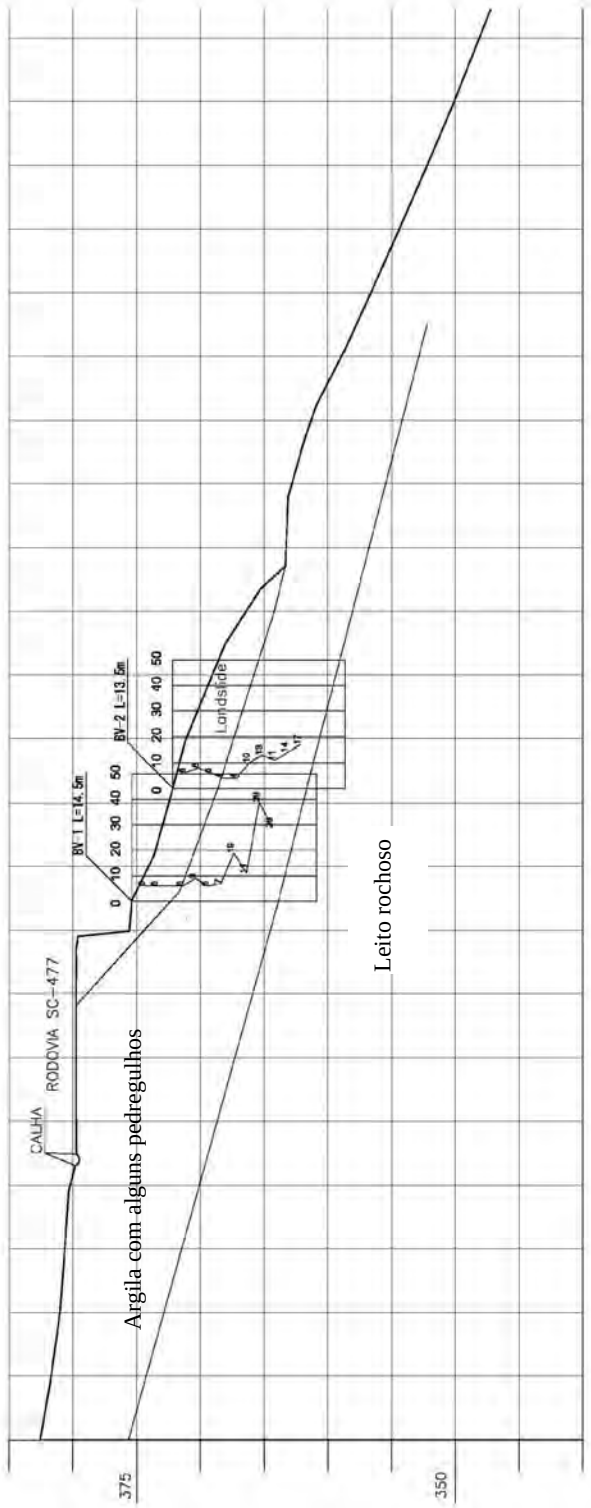
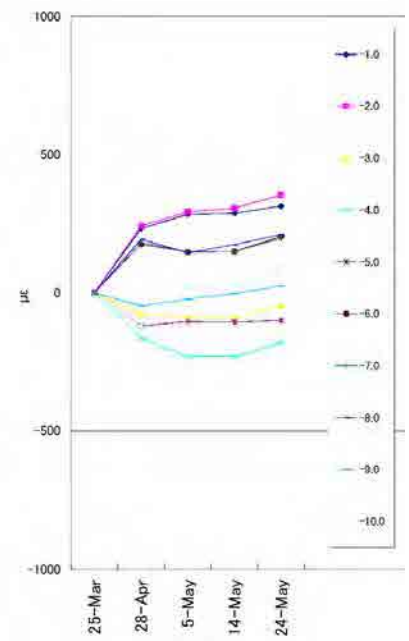
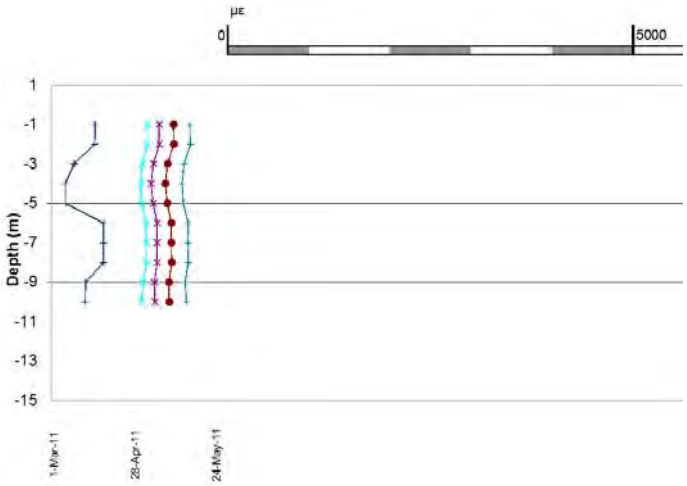


Figura 6.5.14 Engenharia Geológica Perfil da SC 477 Benedito Novo - Doutor Pedrihho 1

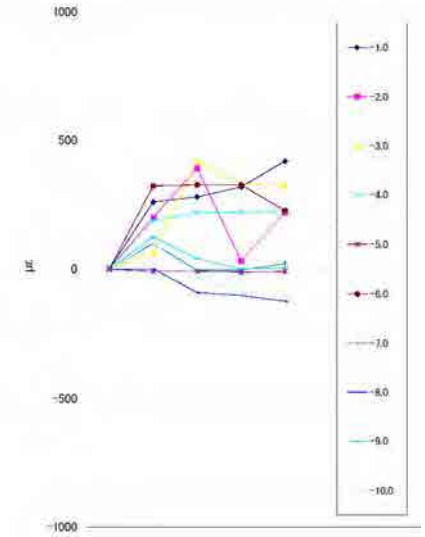
BV-1



Depth from Ground Line	25-Mar-11	28-Apr-11	5-May-11	14-May-11	24-May-11
	40627	40661	40668	40677	40687
-1.0	0	232	284	288	314
-2.0	0	241	293	306	355
-3.0	0	-76	-88	-92	-44
-4.0	0	-164	-232	-232	-182
-5.0	0	-120	-104	-106	-100
-6.0	0	176	148	150	204
-7.0	0	183	146	150	197
-8.0	0	194	144	174	210
-9.0	0	-47	-23	-3	25
-10.0	0	-122	16	14	90



BV-2



Depth from Ground Line	25-Mar-11	28-Apr-11	5-May-11	14-May-11	24-May-11
	40627	40661	40668	40677	40687
-1.0	0	261	281	320	420
-2.0	0	201	393	32	222
-3.0	0	62	422	331	326
-4.0	0	188	220	221	228
-5.0	0	-8	-8	-12	-8
-6.0	0	324	328	328	228
-7.0	0	100	-4	-3	22
-8.0	0	1	-88	-100	-122
-9.0	0	125	42	1	6
-10.0	0	105	-32	-88	-98

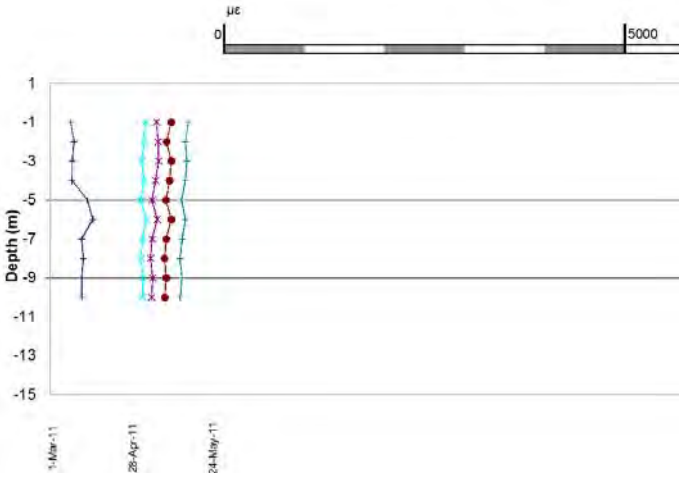


Figura 6.5.15 Estação extensométricaa na SC 477 Benedito Novo - Doutor Pedrihho 1

(10) SC 418 Pomerode - Jaragaua do Sul 1

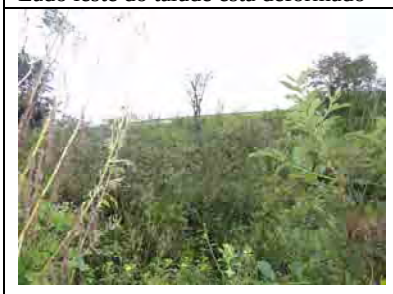
Ambos os lados do aterro da Estrada esta deformado pelo deslizamento. O teste de penetração com o cone dinâmico mostra que uma argila vermelha muito mole esta distribuída na superfície do talude e possui profundidade maior do que 3 metros.

Visão geral da cidade de Pomerode

Visão geral da cidade de Jaragaua do Sul

Lado leste do talude está deformado

Infiltração da água



Situação do lado leste do talude

Campo de arroz do lado externo do leste do talude

Erosão do talude do vale na parte de Gaspar.

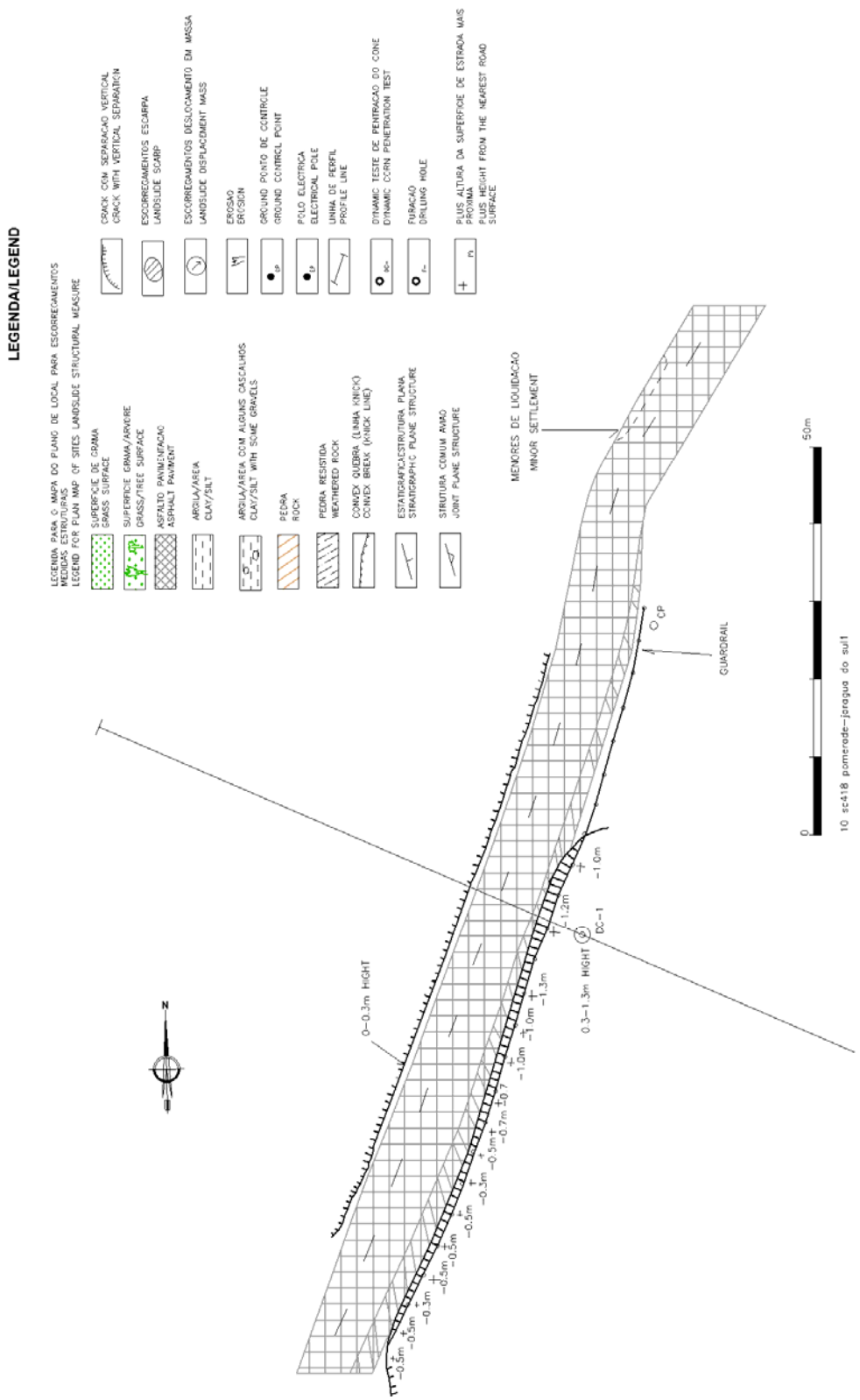


Figura 6.5.16 Engenharia Geológica Mapa da SC 418 Pomerode - Jaraguá do Sul 1

(11) Gaspar-Luiz Alves, Luiz Alvez 4

Rompimento do solo tem ocorrido intermitentemente com as chuvas fortes. Uma erosão importante está se progredindo no lado da montanha da parte central. O teste de penetração com o cone dinâmico mostra que uma argila vermelha muito mole esta distribuída na superfície do talude e possui profundidade maior do que 3 metros.

Visão geral (Lado esquerdo de Luiz Alves, lado direito de Gaspar)

Visão geral do talude de Gaspar da lateral de Luiz Alves

Visão geral do talude de Gaspar da lateral de Luiz Alves e Gaspar

Visão geral da parte central do talude. Sobre o teste de penatração com o cone dinâmico

Erosão grande com solo de granulometria fina na parte central do talude

Rocha mãe, granulito, rocha dura.

Visão geral do talude na lateral de Luiz Alves

Pé do talude na lateral de Luiz Alves

Visão geral do talude na lateral de Luiz Alves

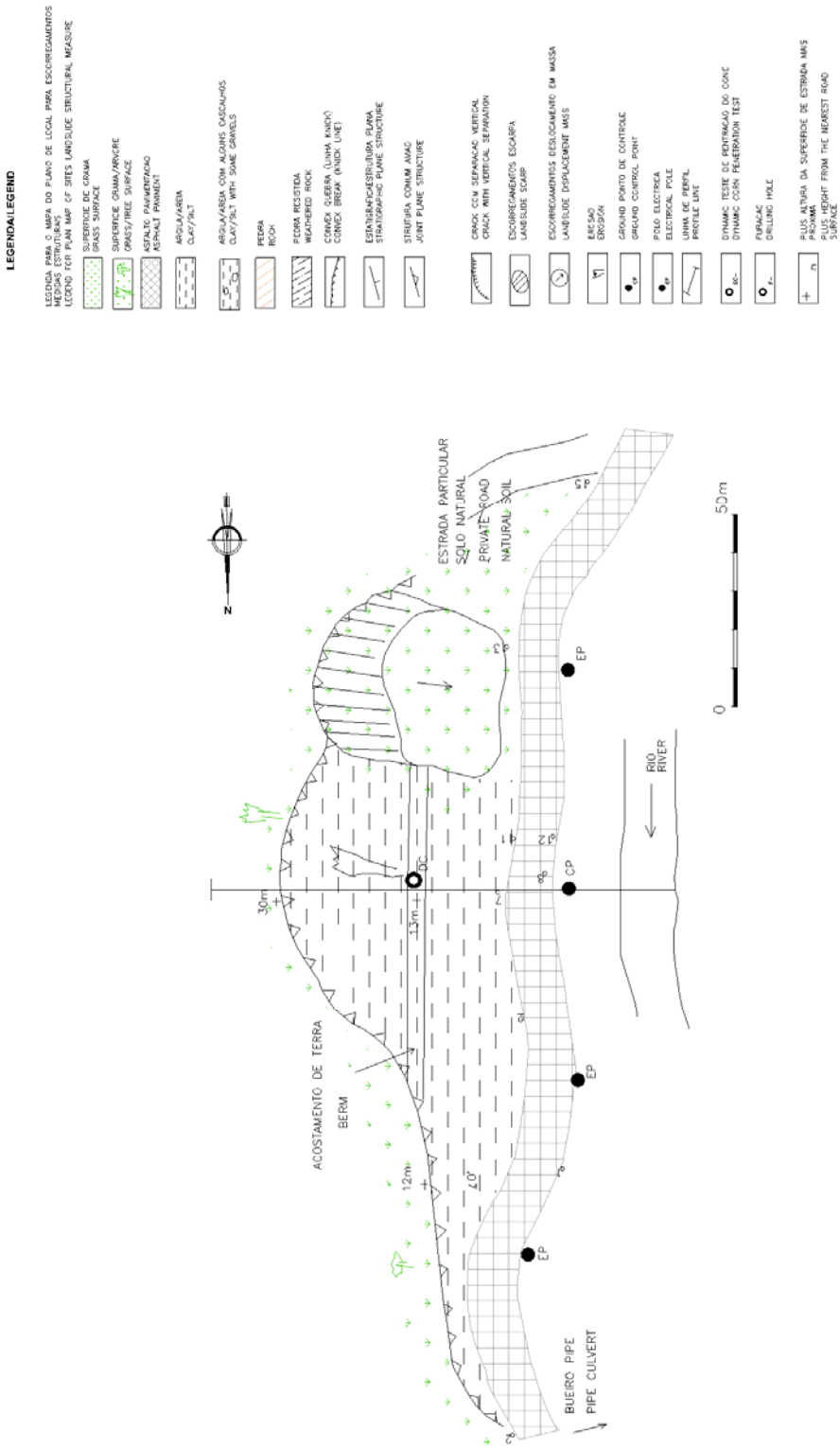


Figura 6.5.17 Engenharia Geológica Mapa de Gaspar-Luiz Alves, Luiz Alvez 4

(12) SC474 Blumenau-Massaranduba 1

Rompimento do solo tem ocorrido intermitentemente com as chuvas fortes. O solo é avermelhado e muito mole e está saturado.

Visão geral da lateral da cidade de Blumenau

Visão geral da lateral e da parte central da cidade de Blumenau

Parte da cabeça do novo rompimento

Porção da cabeça do novo rompimento, infiltração da água é admitida

Visão geral da parte central

Visão geral da lateral de Massaranduba

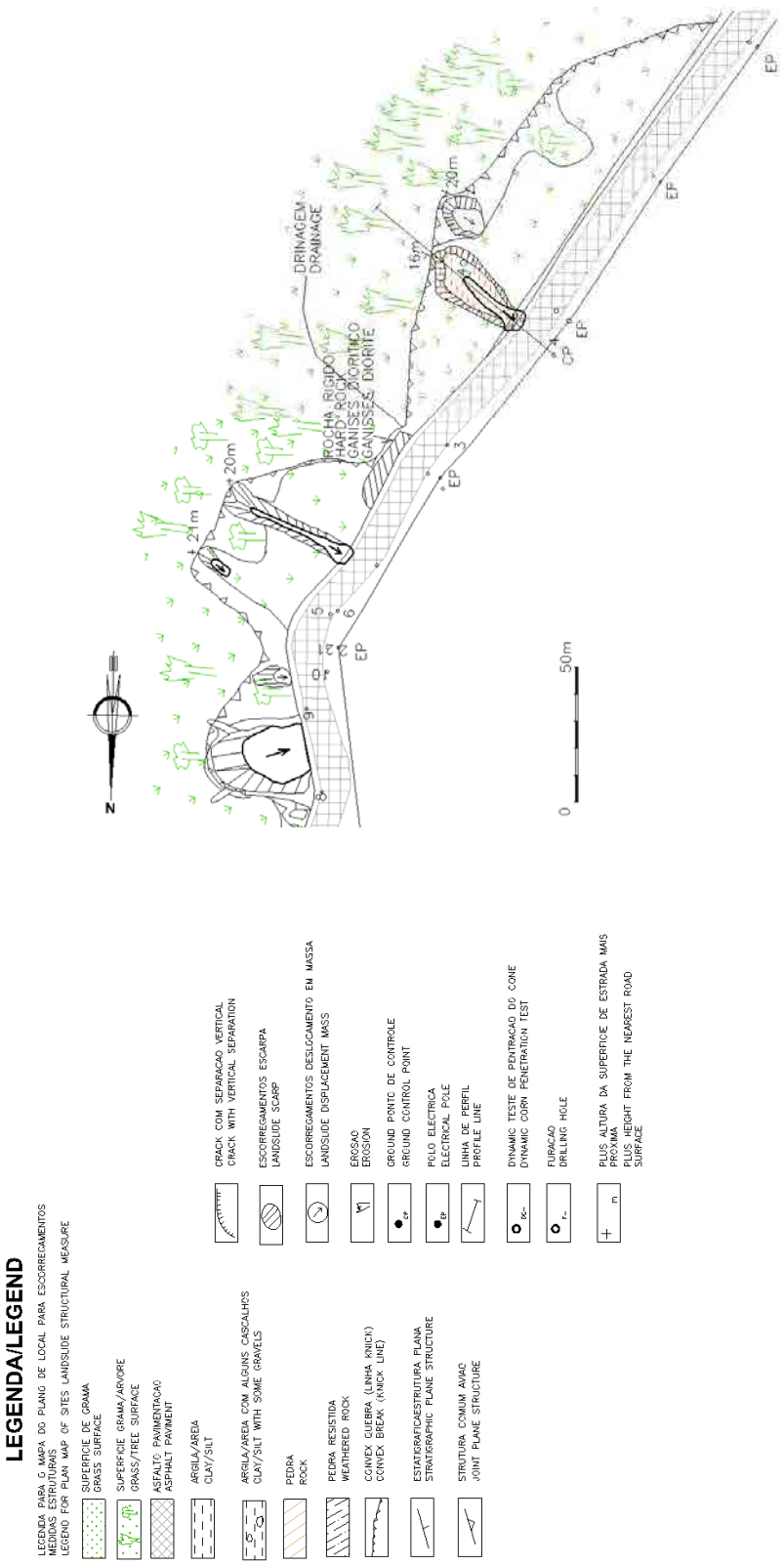


Figura 6.5.18 Engenharia Geológica Mapa da SC474 Blumenau-Massaranduba 1

(13) Taió-Passo Manso 4

Rompimento do solo tem ocorrido intermitentemente com as chuvas fortes. O solo profundo é em sua maior parte mais raso do que 1 metro na parte inferior, e mais grossa do que 3 metros na parte superior do talude.

Visão geral da lateral de Passo Manso

Visão geral da lateral de Taió

Visão geral da lateral de Passo Manso

Parte rompida da lateral de Passo Manso

Pequena nascente no pé do talude

Rocha siltosa na parte inferior do talude

Rocha siltosa e xisto na parte inferior do talude

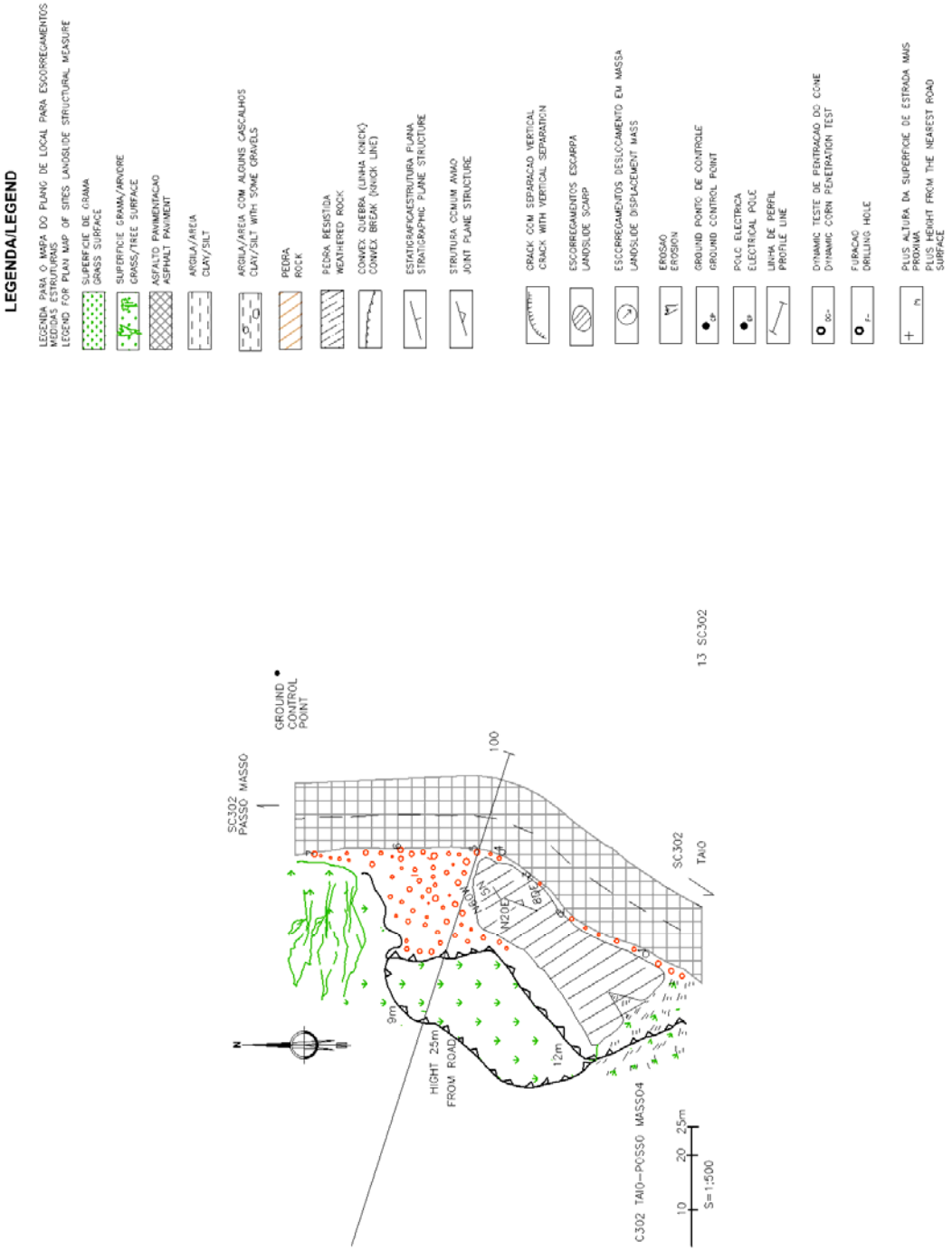


Figura 6.5.19 Engenharia Geológica Mapa de Taió-Passo Manso 4

CAPÍTULO 7 ESTUDO DE VIABILIDADE DE MEDIDAS ESTRUTURAIS PARA ESCORREGAMENTOS

7.1 Geral

As 13 áreas prioritárias (perda anual potencial maior que 500 mil reais) foram selecionadas para aplicação de medidas estruturais. O objetivo da medida estrutural é assegurar funcionalidade total da infraestrutura e/ou construções/terreno em eventos de chuvas fortes de 60 anos de período de retorno, ou eventos do nível das chuvas ocorridas em novembro de 2008 no município de Blumenau (referidas adiante como 'Chuva forte de 60 anos de período de retorno'). Todas as áreas prioritárias são encostas de rodovias e as medidas estruturais serão planejadas para assegurar tráfego na largura total da pista mesmo com uma chuva forte de 60 anos de período de retorno.

No Plano Diretor, a meta de segurança é assegurar o tráfego em pelo menos meio pista nas rodovias durante eventos de chuva forte de 60 anos de período de retorno. Neste estudo de viabilidade, a meta de segurança é mudada para assegurar tráfego na largura total da rodovia durante estes eventos. A mudança ocorreu devido à alta possibilidade de perda de vidas humanas nas 13 áreas prioritárias, identificada através de novas descobertas de observações de campo e considerações, como resumido a seguir.

- O fechamento parcial da rodovia é esperado mesmo com medidas estruturais sendo realizadas para assegurar tráfego em meia pista durante chuvas fortes de 60 anos de período de retorno. Neste caso, as características do relevo indicam que um rápido colapso da encosta pode atingir diretamente os usuários da rodovia ou derrubá-los devido à falha repentina da fundação da rodovia.
- O tráfego diário médio anual nas áreas prioritárias é relativamente mais elevado e vai de 1,800 a 43,000 veículos por dia. O tráfego elevado pode aumentar a possibilidade de impacto direto de desastres, mesmo com fechamento parcial da rodovia.
- Sobretudo, 7 áreas possuem o solo constituído de argissolos vermelho-amarelos, que têm como característica notável enfraquecimento da resistência na presença de água. Deformações devido a escorregamentos rasos foram identificadas em cortes de encosta com cobertura de grama em argissolos vermelho-amarelos através de inspeção realizada em Abril de 2001. As deformações têm progredido em comparação com as deformações encontradas na inspeção realizada em maio de 2010; mesmo nas encostas em que não ocorreram chuvas fortes de 60 anos de período de retorno. As novas descobertas mostram que cortes de encostas com 7 metros de altura ou mais em argissolos vermelho-amarelos têm alta possibilidade de colapso durante uma chuva forte de 60 anos de período de retorno, já que sofrem deformações leves mesmo com cobertura de grama e sem ocorrência destas chuvas. Na etapa do Plano Diretor, é planejado o uso de terra armada em cortes de encosta com 15 metros de altura ou mais, porque em caso de colapso destas encostas, o tráfego em meia pista não pode ser assegurado. No estudo de viabilidade, a terra armada é adotada mais largamente até cortes de encosta de 7 metros ou mais, para evitar perdas de vidas humanas e assegurar tráfego na largura total da pista em eventos de chuvas fortes de 60 anos de período de retorno.

Os tipos de medidas estruturais serão selecionados através do aprendizado adquirido com medidas existentes em encostas de condições similares, nas quais não há ocorrência de desastres mesmo sobre chuvas fortes de 60 anos de período de retorno. O tipo de medida também deve estar referido na norma técnica brasileira para estabilidade de encostas, ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) - NBR 11682, Estabilidade de Encostas.

A drenagem da rodovia será planejada usando uma curva de intensidade-duração de chuva de 10 anos de período de retorno, de acordo com as práticas do DEINFRA.

A seguir estão apresentadas três medidas não utilizadas na bacia do rio Itajaí. Isto significa que estas

medidas não foram usadas para conter os efeitos de chuvas fortes de 60 anos de período de retorno. Em experiências similares em encostas do Japão, estes métodos foram selecionados como alternativa para o estudo de viabilidade.

- Aterro leve de poliestireno expandido.
- Terra armada com misturas de fibras de polipropileno (PP) /cimento/areia.
- Revestimento de blocos de concreto conectados que permitem cobertura de solo e vegetação.

Escorregamentos também causam altas vazões sólidas no canal, e isto pode aumentar o efeito negativo de inundações graduais, inundações bruscas e futuros processos de escorregamento, gerar problemas na funcionalidade das infraestruturas locais. Portanto, vegetação e valas de drenagem serão utilizadas para prevenir a erosão da encosta. Serão plantadas árvores em regiões em que não há risco de queda da vegetação. A plantação de árvores ainda contribuirá para a fixação do carbono e o melhoramento do meio ambiente.

7.2 Tipos de Escorregamento e Seleção do Tipo de Medida Estrutural

7.2.1 Classificação do Tipo de Escorregamento

As medidas estruturais apropriadas, em geral, variam conforme o tipo de movimento do escorregamento, o local de origem do escorregamento e a localização da encosta objeto de estabilização. Neste estudo de viabilidade, os tipos de escorregamento estão descritos na Tabela 7.2.1 e serão usados para a seleção das medidas estruturais apropriadas.

Tabela -7.2.1- Tipos de Escorregamento

Localização do escorregamento em relação ao objeto a ser preservado	Tipo de movimento do escorregamento
Encosta a montante	Colapso
Encosta a jusante	
Encosta de margem de rios	
-	Deslizamento
-	Fluxo

Fonte: JICA Equipe de estudos

As 13 áreas prioritárias selecionadas e os tipos de escorregamento estão listados na Tabela 7.2.2.

7.2.2 Seleção da Medida Contra Colapso de Encostas a Montante

O critério de seleção do tipo de medida estrutural é formulado através da metodologia descrita na seção 6.1.1 e mostrado na Tabela 6.2.3. Os trabalhos de implantação de vegetação e de valas abertas estão inclusos nas medidas básicas para prevenir a descarga de altas vazões sólidas no canal.

Existem muitos muros de contenção feitos com gabião em pés de encostas com vegetação na bacia do rio Itajaí. Isto é suficiente para conter os efeitos de uma chuva forte de 60 anos de período de retorno em encostas com altura menor que 7 metros. Mas no caso de encostas com altura maior que 7 metros, podem ocorrer deformações, como mostrado na imagem a seguir.

Deformação de talude em cortes de encostas em que a altura é maior que 7 metros na rodovia SC 474 entre os municípios de Blumenau e Massaranduba.

Fonte: JICA Equipe de estudos

Tabela -7.2.2- 13 Áreas Prioritárias Selecionadas e Tipos de Escorregamento

Nº de ordem de prioridade	Local	Município	Gerência	Potencial de perda anual mil R$/ano	Tipo de Escorregamento
1	SC 302 Taió - Passo Manso-5	Taió	Estado	1,255	Deslizamento
2	SC 470 Gaspar Margem de rio	Gaspar	Estado	1,095	Colapso da margem do rio
3	Blumenau - Av Beira Rio	Blumenau	Município	1,021	Colapso da margem do rio
4	SC 418 Blumenau - Pomerode	Pomerode	Estado	989	Deslizamento
5	SC 474 Blumenau - Massaranduba 2	Blumenau	Estado	907	Colapso da encosta a montante
6	Gaspar - Luiz Alves - Gaspar 9	Gaspar	Município	774	Deslizamento, Colapso da encosta a montante e a jusante
7	Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 6	Luiz Alves	Município	700	Colapso da encosta a montante
8	SC 470 Gaspar Bypass	Gaspar	Estado	689	Colapso da encosta a montante
9	SC 477 Benedito Novo - Doutor Pedrinho 1	Benedito Novo	Estado	680	Deslizamento
10	SC 418 Pomerode-Jaraguá do Sul 1	Pomerode	Estado	651	Colapso da encosta a jusante
11	Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 4	Luiz Alves	Município	629	Colapso da encosta a montante
12	SC 474 Blumenau - Massaranduba 1	Blumenau	Estado	601	Colapso da encosta a montante
13	SC 302 Taió - Passo Manso 4	Taio	Estado	526	Colapso da encosta a montante

Fonte: JICA Equipe de estudos

Tabela- 7.2.3- Obras de medidas estruturais para o colapso da encosta do lado montanha

Condição da encosta		Tipos de medidas típicas	Itens comuns
Estabilidade do gradiente do corte não é assegurada.		Solo grampeado (ou pregado) e cortina atirantada	Valas abertas, vegetação.
Há probabilidade de queda de rochas.		Remoção das rochas instáveis, proteção do pé do talude, cerca de proteção contra rochas, coleta de rochas/rede de cobertura.	
Estabilidade do gradiente do corte é assegurada para colapsos profundos.	Altura da encosta é maior que 7 metros.	Corte da porção instável, trabalhos de reforço da encosta.	
	Altura da encosta é menor que 7 metros.	Corte da porção instável, rede de vegetação, gabião no pé do talude.	

Fonte: JICA Equipe de estudos

Os tipos de medidas estruturais contra colapso de encostas a montante são selecionados conforme a Tabela 6.2.4. Para prevenir erosão ou altas vazões sólidas devido à chuva ou a presença de nascentes, valas abertas e vegetação são planejadas para todas as áreas selecionadas.

Uma comparação das alternativas de uso de misturas para reforço da encosta para 1,000 m² foi realizada e é mostrada na Tabela 7.2.4. O método da terra armada com mistura de fibras de polipropileno/cimento/areia é recomendável, pois mostra vantagens em todos os itens da avaliação de custos, período de construção e paisagem.

- Trabalhos de contenção (Contenção feita com concreto projetado)
- Trabalhos de contenção (Contenção feita com concreto moldado no local)
- Terra armada com mistura de fibras de PP/cimento/areia

7.2.3 Seleção da Medida Estrutural Contra Colapso de Encosta a Jusante

O critério de seleção da alternativa de medida estrutural contra colapsos de encostas a jusante é formulado através da metodologia descrita na seção 7.1.1 e mostrado na Tabela 7.2.5. Os trabalhos de implantação de vegetação e de valas abertas estão inclusos nas medidas básicas para prevenir a descarga de altas vazões sólidas no canal.

Tabela -7.2.4- Medidas Selecionadas para colapso de encostas a montante

Nº de ordem de prioridade	Local	Altura do gradiente	Tipo de solo ou rocha	Nascentes identificadas	Medida estrutural selecionada
5	SC474 Blumenau - Massaranduba 2	15 m altura 40 graus	Rocha intemperizada	Durante eventos chuvosos	1. Corte da porção instável 2. Valas abertas 3. Trabalhos de reforço da encosta 4. Vegetação
6	Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 9	15 m altura 45 graus	Argila, areia, ou rocha intemperizada		
7	Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 6	10-20 m altura 60 graus	Argila, areia, ou rocha intemperizada		
8	SC470 Gaspar Bypass	20 m altura 50 graus	Rocha intemperizada		
11	Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 4	15 m altura 25 graus	Argila, areia, ou rocha intemperizada		
12	SC474 Blumenau - Massaranduba 1	30 m altura 50 graus	Rocha intemperizada		
13	SC 302 Taio - Passo Manso 4	20 m altura 50 graus			

Fonte: JICA Equipe de estudos

Tabela -7.2.5- Comparação de alternativas de Medidas de Solo Reforçado para as Encostas

	Concreto Projetado	Concreto moldado no local	Terra armada com fibras de PP/cimento/areia
Imagem exemplar			
Tempo de construção estimado para 1000 m²	Itens — dia/1000 m^2 Limpeza da encosta — 5 Tela metálica — 8 Trabalhos de contenção — 25 Vegetação — 5 Total — 43	Itens — dia/1000 m^2 Limpeza da encosta Trabalhos de contenção, incluindo tempo de cura Vegetação Total	Itens — dia/1000 m^2 Limpeza da encosta — 5 Barras de ancoragem — 3 Drenagem — 6 Terra armada com mistura de fibras de PP/cimento/areia — 20 Vegetação — 5 Total — 39
Custo unitário	Itens — R$/m^2 Limpeza da encosta — 15 Tela metálica — 45 Trabalhos de contenção — 300 Vegetação — 65 Total — 425	Itens — R$/m^2 Limpeza da encosta — 15 Trabalhos de contenção — 340 Vegetação — 65 Total — 420	Itens — R$/m^2 Limpeza da encosta — 15 Barras de ancoragem — 50 Drenagem — 35 Terra armada com mistura de fibras de PP/cimento/areia — 235 Vegetação — 75 Total — 410
Avaliação	Não recomendável - Segundo maior tempo de construção - Maior custo de construção - Não favorece a paisagem	Não recomendável - Maior período de construção - Segundo maior custo de construção - Não favorece a paisagem	Alternativa recomendável - Menor período de construção - Menor custo de construção - Favorece a paisagem

Fonte: JICA Equipe de estudos

Tabela -7.2.6- Medidas Estruturais contra Colapso de Encosta a Jusante

<table>
<tr><th colspan="3">Condição da encosta</th><th>Alternativas de medidas típicas</th><th>Itens comuns</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Altura (H) do colapso H>10 m</td><td colspan="2">Relação entre altura (H) e largura (W) do colapso H/W>0.5</td><td>Estaqueamento ou colocação de grandes blocos</td><td rowspan="6">Plantação de árvores, valas abertas</td></tr>
<tr><td colspan="2">Relação entre altura (H) e largura (W) do colapso H/W≦0.5</td><td>Preenchimento da ravina com gabião e drenagem longitudinal</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Altura (H) do colapso H≦10</td><td rowspan="2">Relação entre altura (H) e largura (W) do colapso H/W>0.5</td><td>É possível realizar aterro no pé da encosta</td><td>Aterro</td></tr>
<tr><td>Não é possível realizar aterro no pé da encosta</td><td>Estaqueamento ou colocação de grandes blocos</td></tr>
<tr><td colspan="2">Relação entre altura (H) e largura (W) do colapso H/W≦0.5</td><td>Preenchimento da ravina com gabião e drenagem longitudinal</td></tr>
</table>

Fonte: JICA Equipe de estudos

Tabela- 7.2.7- Medidas selecionadas para colapso de encosta a jusante

Nº de ordem de prioridade	Local	Altura do colapso	Largura do colapso	Possibilidade de aterro	Medida selecionada
6	Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 9	30m	3m	Impossível	Preenchimento da ravina com gabião, drenagem longitudinal e plantação de árvores
10	SC 418 Pomerode – Jaraguá do Sul 1	8m	30m	Possível	Aterro, valas abertas e plantação de árvores

Fonte: JICA Equipe de estudos

7.2.4 Seleção de Medidas Contra Colapso da Margem de Rios

A seleção de medidas para dois colapsos de margens de rios (prioridade Nº 2 SC 470 margem do rio em Gaspar, prioridade Nº 3 Av. Pres. Castelo Branco em Blumenau) são realizadas considerando-se a velocidade do fluxo no rio e as vantagens para a preservação ambiental.

As vazões na seção transversal do rio são calculadas em cada local usando a relação entre altura do nível da água - vazão de descarga em cada local estudado.

Tabela - 7.2.8 - Relação Altura - Vazão de descarga nos Locais Estudados

Vazão de Descarga (m^3/s)	Prioridade Nº 2 SC 470 Margem de Rio em Gaspar	Prioridade Nº 3 Av. Pres. Castelo Branco em Blumenau	Observação
500	1.98	2.41	
1,000	3.01	3.94	
1,500	4.13	5.37	
2,000	5.28	6.71	
2,500	6.29	7.88	
3,000	7.25	8.92	
3,500	8.27	9.96	
3,700	8.58	10.30	Vazão com período de retorno de 10 anos
4,000	9.04	10.81	
5,000	10.44	12.36	
5,500	11.09	13.06	Vazão com período de retorno de 50 anos
6,000	11.74	13.77	

Fonte: JICA Equipe de estudos

A vazão é calculada como mostrado na Tabela 7.2.9. As taxas de compensação em ambos locais foram adotadas como 1.0, pois a prioridade Nº 2 SC 470 é um curso de rio retilíneo e a prioridade Nº 3 Av. Pres. Castelo Branco em Blumenau tem um leito fixo de rocha e o raio da curva do rio é aproximadamente 2 Km.

Tabela -7.2.9- Velocidade do fluxo de projeto

Local	Período de retorno ou Valor Máximo	Vazão de Projeto (m3/S)	Área da seção (m2)	Velocida de do Fluxo (m/s)	Retilíneo ou Curvilíneo	Condição do leito	Taxa de compensação	Velocidade do fluxo de projeto (m/s)
Gaspar	50	5,500	3,543	1.55	Retilíneo	Fixo	1.0	1.55
	Max	5,609	3,995	1.40	Retilíneo	Fixo	1.0	1.40
Blumenau	50	5,500	2,069	2.65	Curvilíneo	Fixo	1.0	2.65
	Max	6,008	2,182	2.75	Curvilíneo	Fixo	1.0	2.75

Fonte: JICA Equipe de estudos

As condições experimentalmente aplicáveis de tipos de revestimento conforme as condições da encosta estão mostradas na Tabela 7.2.10.

Para a prioridade Nº 2 SC 470 margem de rio em Gaspar, o revestimento de gabião é aplicável, como mostrado na Tabela 7.2.11.

Para a prioridade Nº 3 Av. Pres. Castelo Branco em Blumenau, revestimento de blocos de concreto conectados e cobertos por solo e vegetação é aplicável, como mostrado na Tabela 7.2.12.

Tabela -7.2.12- Condições aplicáveis de tipos de revestimentos de rios

Tipo de revestimento de rios		Condições experimentalmente aplicáveis	
		Velocidade do fluxo (m/sec) 2 3 4 5 6 7	Outras condições
Vegetação	Grama	Gaspar	Área acima do nível normal da água
Manta	Geotêxtil		Sem área para sedimentação de pedregulhos/seixos. Sem impacto no corpo hídrico.
	Bloco Matt	Blumenau	
Madeira	Apoio de troncos		Sem área para sedimentação de pedregulhos/seixos. Áreas onde os níveis abaixo do nível normal do terreno são protegidos por dique.
	Apoio de arbustos		
	Cerca de estacas de madeira		
Pedra	Enrocamento (sem argamassa)		Em casos onde há disponibilidade de pedras nas redondezas. Áreas onde os níveis abaixo do nível normal do terreno são protegidos por dique.
	Enrocamento (com argamassa)		
Gabião	Cilíndrico		Sem área para sedimentação de pedregulhos/seixos. Áreas onde os níveis abaixo do nível normal do terreno são protegidos por dique.
	Plano		
Concreto	Blocos de concreto conectados		Aplicável em áreas de sedimentação de pedregulhos/seixos.
	Enrocamento de blocos de concreto		

Legenda	
	Faixa aplicável
	Aplicável, mas alternativas de menor custo podem ser adotadas.

Fonte: JICA Equipe de estudos referindo-se a página da web do Ministério de Transportes Terrestres e Infraestrutura do Japão

Tabela- 7.2.11- Resultado da Seleção para a Prioridade Nº 2 SC 470 Margem de rio em Gaspar

Tipo de Revestimento		Aplicabilidade
Vegetação	Grama	Não aplicável. A alternativa não suportaria uma chuva forte de 60 anos de período de retorno. Elevadas velocidades de fluxo podem ocorrer.
Manta	Geotêxtil	
	Bloco Matt	
Madeira	Apoio de troncos	Não aplicável. Materiais de madeira estariam deteriorados em 10 anos.
	Apoio de arbustos	
	Cerca de estacas de madeira	
Pedra	Enrocamento (sem argamassa)	Não aplicável. Há dificuldade para colocação de cobertura de solo e vegetação estáveis.
	Enrocamento (com argamassa)	
Gabião	Cilíndrico	Aplicável. A alternativa favorece a harmonia da paisagem do canal quando aplicada cobertura de solo.
	Plano	
Concreto	Blocos de concreto conectados	Aplicável, porém não apresenta vantagens em relação aos custos.
	Enrocamento de blocos de concreto	Não aplicável. A alternativa requer um tipo especial de bloco para colocação de cobertura de solo e vegetação estáveis.

Fonte: JICA Equipe de estudo

Tabela - 7.2.12 - Resultado da Seleção para a Prioridade Nº 3 Av. Pres. Castelo Branco em Blumenau

Tipo de Revestimento		Aplicabilidade
Vegetação	Grama	Não aplicável. A alternativa não é estável para os valores de velocidade do fluxo de projeto.
Manta	Geotêxtil	Não aplicável. O local está situado ao lado de uma ponte e há possibilidade de ocorrência de elevadas velocidades de fluxo.
	Bloco Matt	
Madeira	Apoio de troncos	Não aplicável. Materiais de madeira estariam deteriorados em 10 anos.
	Apoio de arbustos	
	Cerca de estacas de madeira	
Pedra	Enrocamento (sem argamassa)	Não aplicável. Há dificuldade para colocação de cobertura de solo e vegetação estáveis.
	Enrocamento (com argamassa)	
Gabião	Cilíndrico	Não aplicável. A alternativa não está em harmonia com a continuidade da paisagem de montante e jusante. A paisagem do local é importante para o município de Blumenau.
	Plano	
Concreto	Blocos de concreto conectados	Aplicável. O tipo de revestimento com blocos de concreto conectados que pode ser coberto com camada de solo e vegetação deve ser adotado.
	Enrocamento de blocos de concreto	Não aplicável. A alternativa não permite a colocação de cobertura de solo e vegetação estáveis.

Fonte: JICA Equipe de estudos

Tabela- 7.2.13- Medidas selecionadas contra colapso de margens de rios

Nº de ordem de priorida de	Local	Altura da encosta	Gradiente média da encosta Horizontal: Vertical	Velocidad e de fluxo de projeto (m/sec)	Medida selecionada
2	Nº 2 SC 470 Margem de rio em Gaspar	30m	1: 0.7 35 graus	1.6	Revestimento de gabião, cobertura de solo e vegetação
3	Nº 3 Av. Pres. Castelo Branco em Blumenau	8m	1:0.6 31 graus	2.8	Revestimento de blocos de concreto conectados, cobertura de solo e vegetação

Fonte: JICA Equipe de estudos

7.2.5 Seleção de Medidas Contra Deslizamentos

(1) Fator de segurança do deslizamento

A análise de estabilidade é realizada para determinar a dimensão e a quantidade de medidas estruturais necessárias para manter a estabilidade da encosta, assegurando o fator de segurança do projeto.

O método sueco de análise de estabilidade de encostas é utilizado para análise, como mostrado a seguir:

$$Fs = \frac{(\Sigma N - \Sigma U) \times \tan\phi + C \times \Sigma L}{\Sigma T}$$

Onde,

N(kN/m) = Força normal ao longo da superfície de deslizamento gerada pela gravidade, N=Wcosα

T(kN/m) = Força tangencial ao longo da superfície de deslizamento gerada pela gravidade, T=Wsinα

α（°） = Ângulo da encosta em relação a horizontal

U(kN/m) = Elevação da pressão dos poros atuante na superfície do deslizamento

L（m） = Comprimento da superfície de deslizamento

C(kN/m^2） = Coesão da superfície de deslizamento

φ（°） = Ângulo de atrito interno da superfície de deslizamento

Tabela - 7.2.14 - Determinação do Fator de Segurança Inicial (FSI)

Fator de Segurança Inicial	Condições do Movimento
FSI = 0.95	• Grande número de áreas em que evidentemente a topografia possui potencial de gerar deslizamentos como escarpas, saliências, relevos declivosos, lagos e pântanos; • Muitos movimentos visivelmente contínuos e ativos como rachaduras, afundamento, sublevação, erosão do pé da encosta, ou pequenos colapsos do pé da encosta bem como a presença de nascentes.
FSI = 0.98	• Presença de áreas em que evidentemente a topografia possui potencial de gerar deslizamentos como escarpas, saliências, relevos declivosos, lagos e pântanos; • Poucos ou pequenos movimentos visivelmente contínuos e ativos como rachaduras, afundamento, sublevação, erosão do pé da encosta, ou pequenos colapsos do pé da encosta.
FSI = 1.00	• Áreas com potencial de gerar deslizamento estão em repouso; • Rachaduras, afundamento, sublevação, erosão do pé da encosta, ou pequenos colapsos do pé da encosta são visíveis, mas não estão em progresso.

Fonte: Modificado de MANUAL FOR RIVER WORKS IN JAPAN, Publicado por River Bureau, Ministério de Construção do Japão, Novembro de 1997.

O fator de segurança de projeto (FSP) é o valor buscado para melhorar a estabilidade da encosta através de medidas estruturais como mostrado na Tabela 7.2.15.

Tabela - 7.2.15 - Determinação do Fator de Segurança de Projeto (FSP)

Fator de Segurança de Projeto	Condição
DFS = 1.10 a 1.20	• Movimentos repentinos e severos são esperados; • Deslizamentos podem causar danos significativos a casas, construções, infraestrutura, e/ou vidas humanas.
DFS = 1.05 a 1.10	• Os deslizamentos têm um pequeno efeito em construções, infraestrutura; • Os trabalhos de prevenção propostos são medidas temporárias.

Fonte: Modificado de MANUAL FOR RIVER WORKS IN JAPAN, Publicado por River Bureau, Ministério de Construção do Japão, Novembro de 1997.

O fator de segurança de projeto indica a razão de aumento do fator de segurança inicial após a conclusão das medidas estruturais.

As encostas deste estudo de viabilidade, e o fator de segurança inicial e de projeto foram determinados de acordo com a Tabela 7.2.14 e 7.2.15, e mostrados na Tabela 7.2.16.

Tabela - 7.2.16 - Encostas estudadas e Fator de Segurança Inicial e de Projeto

Priorida de Nº	Local	Fator de Segurança Inicial (FSI)	Fator de Segurança de Projeto (FSP)
1	SC 302 Taió - Passo Manso-5	1.00	1.15
4	SC 418 Blumenau – Pomerode	1.00	1.15
6	Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 9	1.00	1.15
9	SC 477 Benedito Novo - Doutor Pedrinho 1	1.00	1.15

Fonte: JICA Equipe de estudos

(2) Seleção do tipo de medida estrutural

A Tabela 7.2.17 mostra as medidas estruturais gerais para deslizamentos. O Tipo de medida estrutural é selecionado através do fluxograma mostrado na Figura 7.2.1.

As medidas estruturais selecionadas para 4 locais de deslizamento estão mostradas na Tabela 7.2.18.

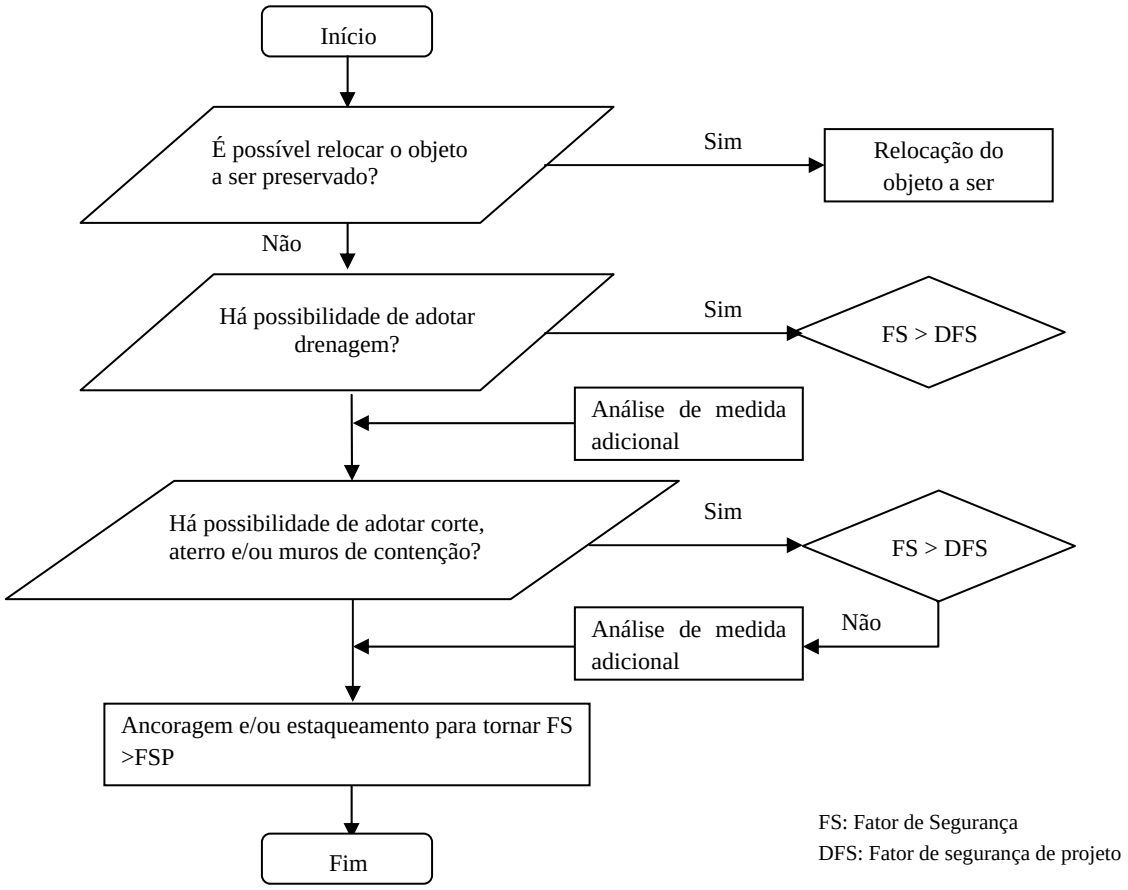
Os efeitos do rebaixamento do lençol freático através da instalação de drenagem estão indicados na Tabela 7.2.19.

Para o local de prioridade Nº 9 SC 477 Benedito Novo - Doutor Pedrinho 1, a drenagem do lençol freático não é apropriada, pois o nível do lençol é inicialmente baixo. Aterros leves de EPS (Poliestireno expandido) são apropriados para as condições do local, que tem profundas fundações rochosas e baixos níveis do lençol freático.

Tabela - 7.2.17 - Medidas Estruturais Gerais para Deslizamentos

Classificação		Tipo de medida estrutural
1. Drenagem	Drenagem superficial	Valas abertas
	Drenagem sub-superficial	Condutos fechados com valas abertas
		Perfuração de drenagem horizontal
		Poços de drenagem
		Túneis de drenagem
2. Corte e aterro		Corte do topo da encosta
		Aterro do pé da encosta
		Aterro leve no topo da encosta
3. Muros de contenção		Muros de gabião
		Muros de contenção
4. Ancoragem		Parafusos (tirantes) de rocha
		Tirantes de ancoragem de solo
5. Estaqueamento		Estacas de tubos de aço
		Poços

Fonte: JICA Equipe de estudos



Fonte: JICA Equipe de estudos

Figura -7.2.1- Fluxograma de Seleção de Medida Estrutural para Deslizamento

Tabela - 7.2.18- Lista de Medidas Estruturais e Resultado da Análise de Estabilidade

Nº de ordem de priorida de	Local	FSI: Fator de Segurança Inicial	FSP: Fator de Segurança de Projeto	Fator de segurança após drenagem do lençol freático ou aplicação de aterros leves	Medida
1	SC 302 Taió - Passo Manso-5	1.00	1.15	1.14 através do rebaixamento do lençol freático em 1.0 m. 1.20 através do rebaixamento do lençol freático em 1.5 m.	Perfuração de drenagem horizontal, muros de contenção de gabião.
4	SC 418 Blumenau – Pomerode	1.00	1.15	1.15 através do rebaixamento do lençol freático em 0.5 m.	Condutos fechados com valas abertas, Muros de contenção de gabião.
6	Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 9	1.00	1.15	1.15 através do rebaixamento do lençol freático em 1.0 m.	Perfuração de drenagem horizontal, muros de contenção de gabião.
9	SC 477 Benedito Novo - Doutor Pedrinho 1	1.00	1.15	1.15 através de aplicação de aterro leve.	Aterro leve.

Fonte: JICA Equipe de estudos

Tabela-7.2.19 Efeitos do rebaixamento do lençol através da instalação de drenagem

Tipo de alternativa	Rebaixamento do lençol freático
Condutos fechados com canais abertos	- 0.5m
Perfuração de drenagem horizontal	De -1.0 a - 1.5m

Fonte: JICA Equipe de estudos

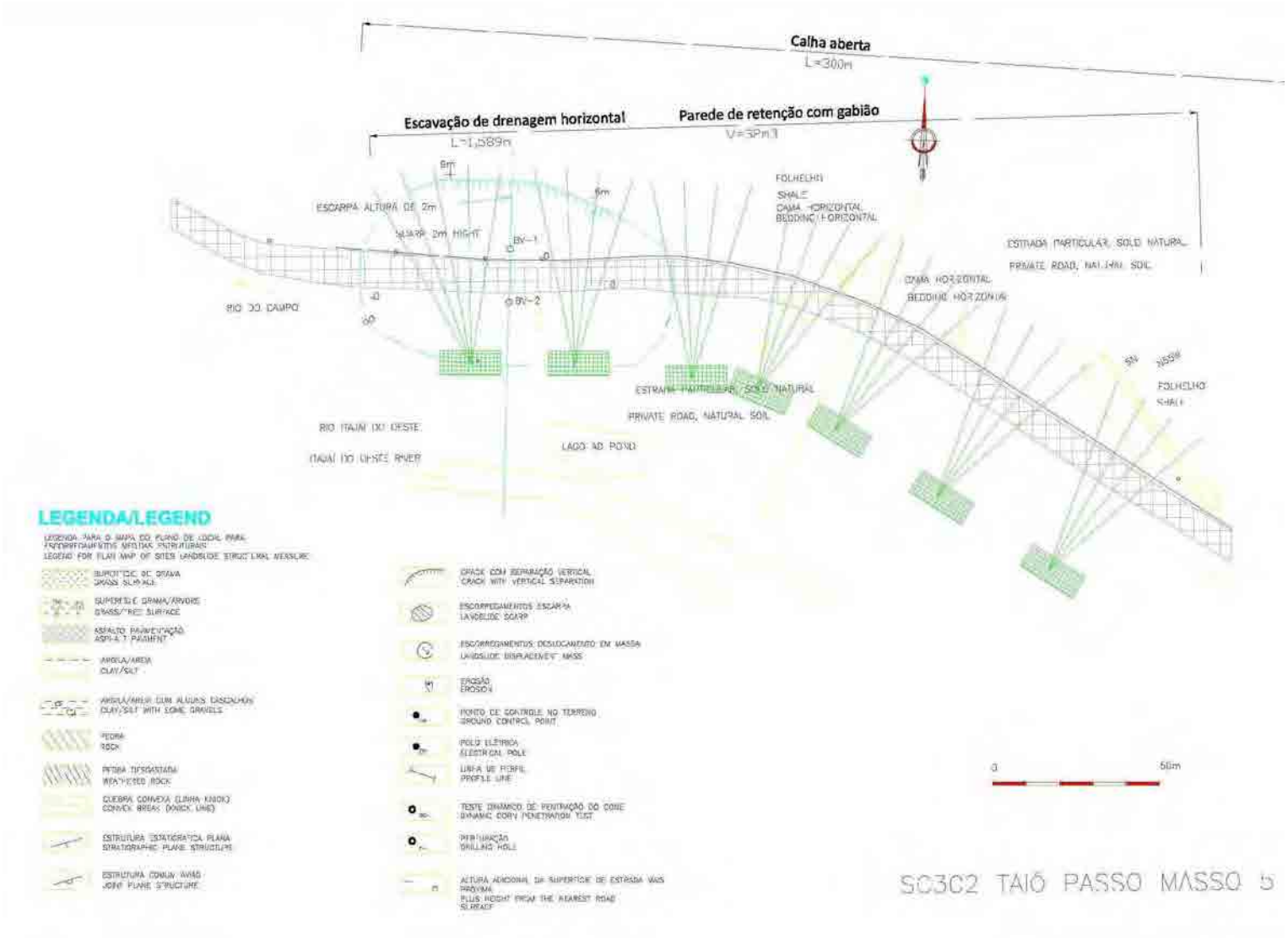
7.3 Projeto de Viabilidade de Medidas Estruturais para os Locais Selecionados

Os trabalhos relacionados a cada medida estrutural estão descritos na Tabela 7.3.1. O layout das medidas estruturais da prioridade Nº 1 Taió – Passo Manso é mostrado na Figura 7.3.1 e 7.3.2.

Tabela - 7.3.1 - Trabalhos relacionados às medidas estruturais

Nº de ordem de prioridade	Nome do local	Tipo de medida	Unidade	Quantidade
1	SC 302 Taió - Passo Manso-5	Perfuração de drenagem horizontal	m	1,589
		Muro de contenção de gabião	m^3	32
		Valas abertas	m	300
		Aquisição de terra (área rural)	m^2	7,000
2	SC470 Margem de rio em Gaspar	Corte, escavação	m^3	16,660
		Aterro	m^3	16,660
		Pavimento	m^2	700
		Muro de contenção de gabião	m^3	2,000
		Plantio de viveiros	m^2	3,400
		Colocação de tubos bueiros de concreto	m	27
3	Blumenau – Av. Pres. Castelo Branco	Estaca Prancha	m^2	598
		Blocos de concreto conectados	m^2	4,852
		Geotêxtil	m^2	4,852
		Corte	m^3	150
		Plantio de grama	m^2	4,852
4	SC 418 Blumenau – Pomerode	Condutos fechados com valas abertas	m	373
		Muros de contenção de gabião	m^3	238
		Valas abertas	m	95
		Terra armada com misturas de fibras de PP/cimento/areia, com vegetação	m^2	3,112
5	SC 474 Blumenau-Massaranduba 2	Terra armada com misturas de fibras de PP/cimento/areia, com vegetação.	m^2	6,986
6	Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 9	Terra armada com misturas de fibras de PP/cimento/areia, com vegetação.	m^2	5,560
		Valas abertas de gabião	m^3	572
		Manta impermeável	m^2	312
		Valas abertas	m	282
		Perfuração de drenagem horizontal	m	160
		Muro de contenção de gabião	m^3	100
		Plantio de viveiros	m^2	14,952
		Aquisição de terras (área rural)	m^2	14,629
7	Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 6	Terra armada com misturas de fibras de PP/cimento/areia, com vegetação.	m^2	2,662
		Valas abertas	m	240
8	SC 470 Gaspar Bypass	Terra armada com misturas de fibras de PP/cimento/areia, com vegetação	m^2	5,151
		Valas abertas	m	182
9	SC 477 Benedito Novo - Doutor Pedrinho 1	Aterro leve de EPS (poliestireno expandido)	m^3	1,930
		Corte, escavação	m^3	1,930
		Valas Abertas	m	234
		Pavimento	m^2	863
		Andaime temporário	m^3	450
		Aquisição de terras (área rural)	m^2	500
10	SC 418 Pomerode – Jaraguá do Sul 1	Muro de contenção de gabião	m^3	764
		Aterro	m^3	10,216
		Plantio de viveiros	m^2	5,930
		Pavimento	m^2	404
		Valas abertas	m	340
		Aquisição de terras (área rural)	m^2	6,713
11	Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 4	Terra armada com misturas de fibras de PP/cimento/areia, com vegetação.	m^2	6,930
		Valas abertas	m	260
12	SC 474 Blumenau - Massaranduba 1	Terra armada com misturas de fibras de PP/cimento/areia, com vegetação	m^2	967
13	SC 302 Taió - Passo Manso 4	Terra armada com misturas de fibras de PP/cimento/areia, com vegetação	m^2	2,182
		Valas abertas	m	82

Fonte: Equipe de Estudos da JICA



Fonte: Equipe de Estudos da JICA

Figura - 7.3.1 - Planta da medida estrutural para a prioridade Nº 1 Escorregamento na SC 302 Taió - Passo Manso-5

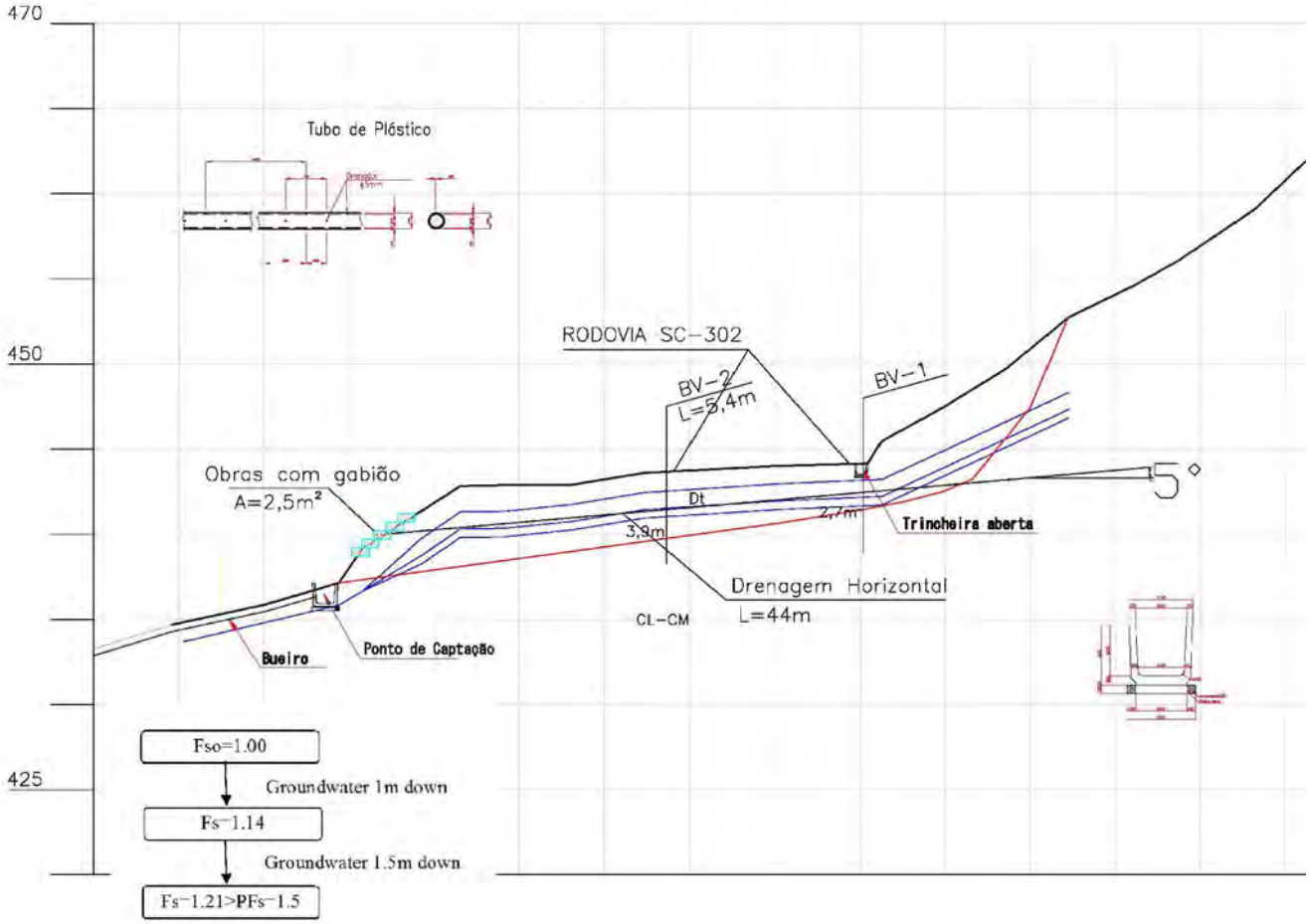
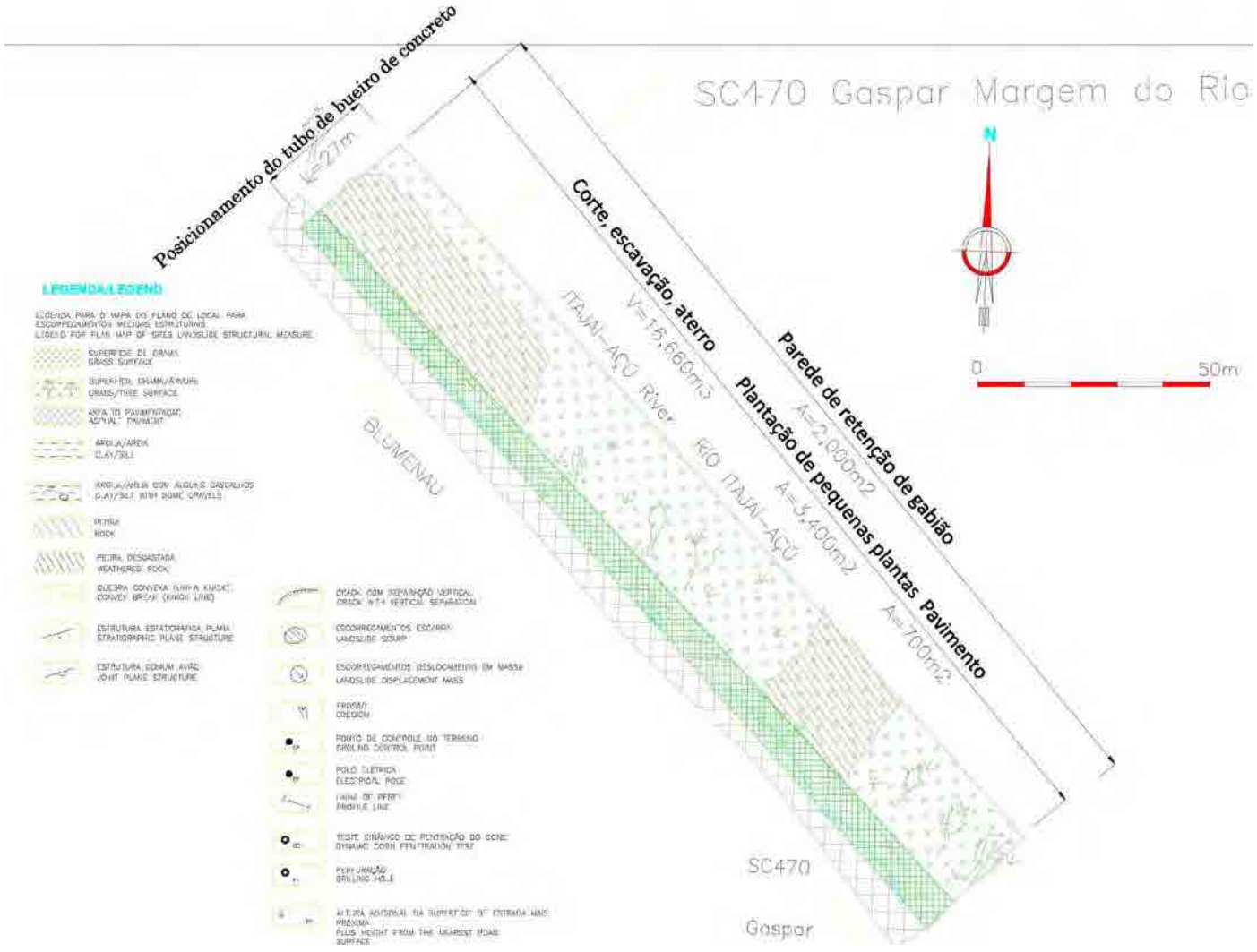
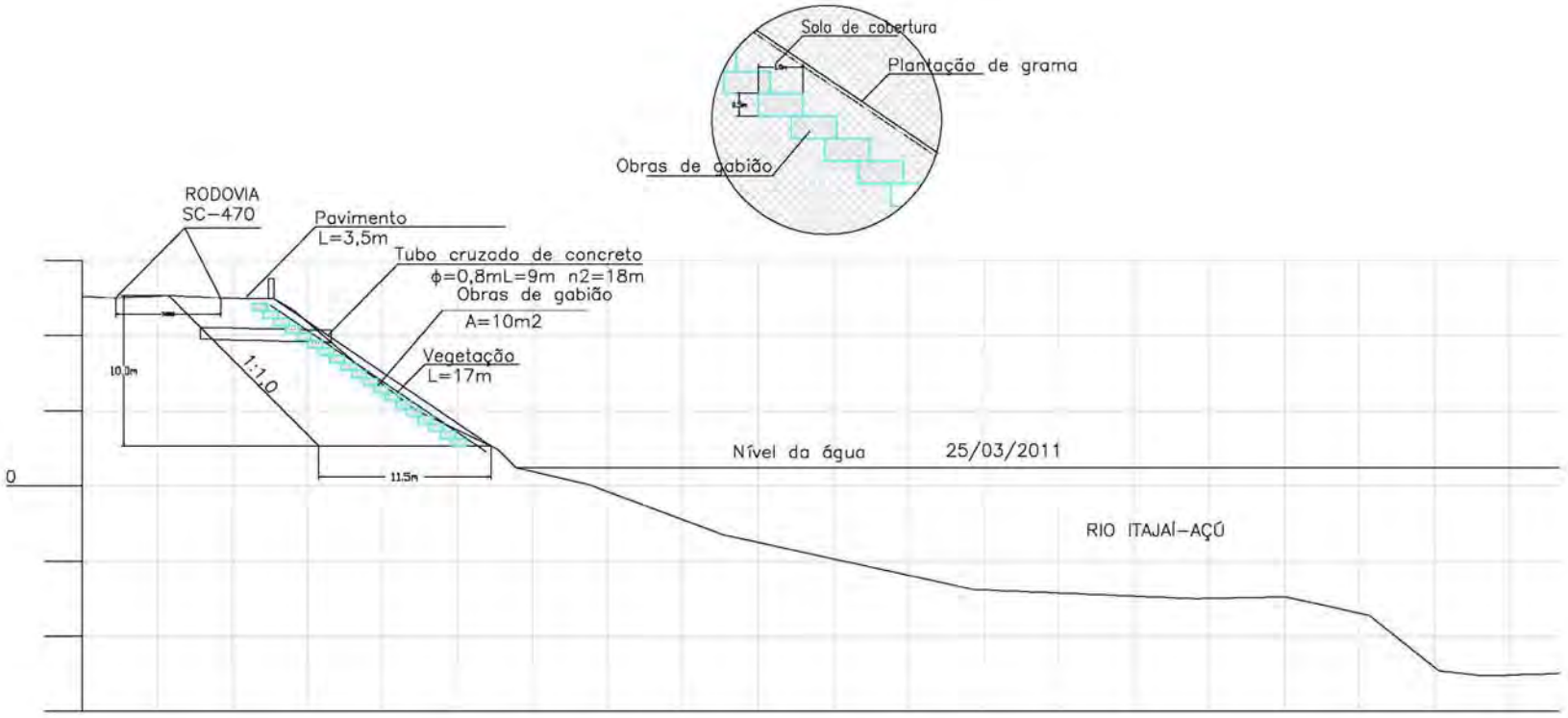


Figura- 7.3.2 -Corte da medida estrutural para a prioridade Nº 1 Escorregamento na SC 302 Taió - Passo Manso-5



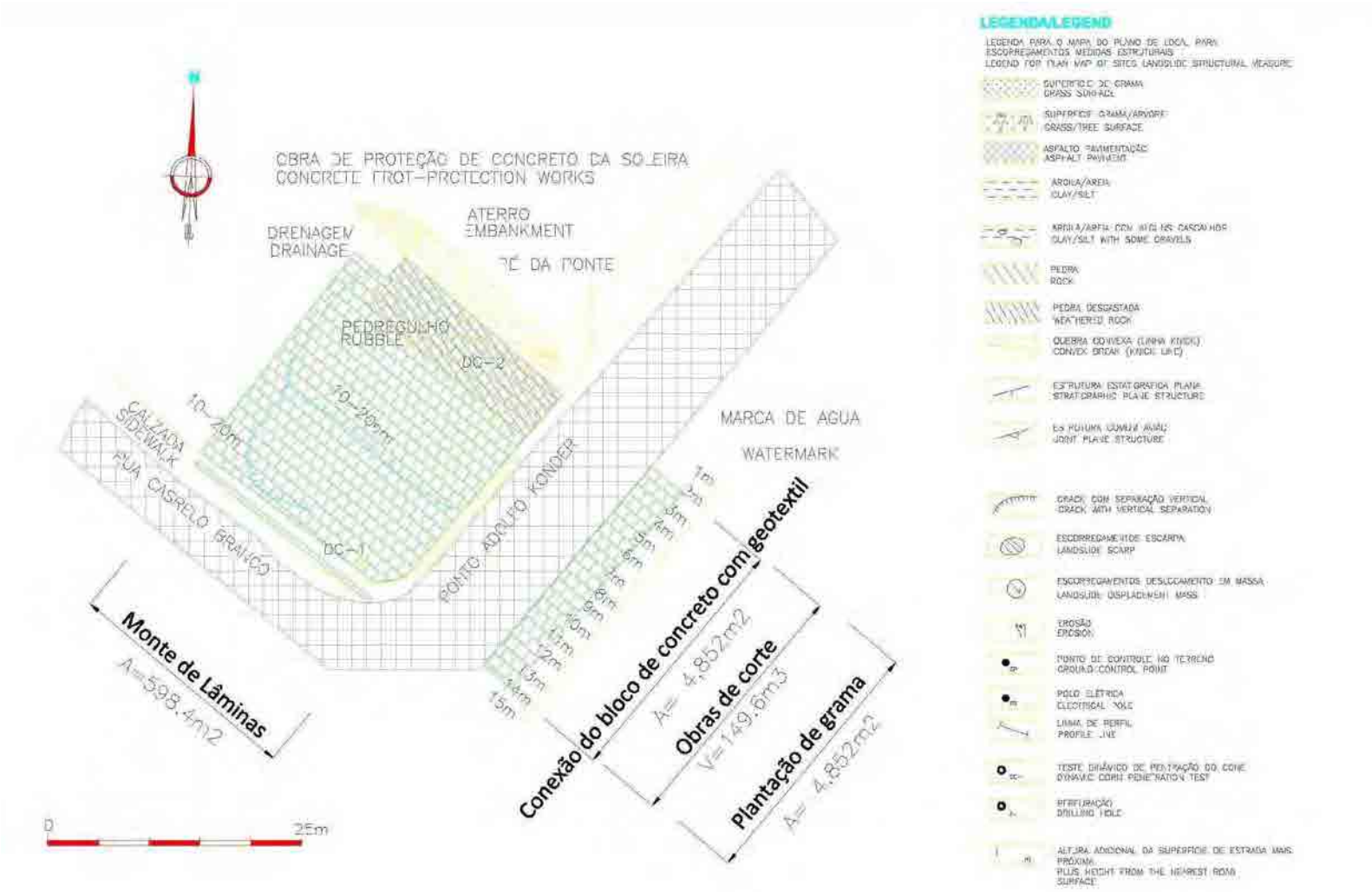
Fonte: Equipe de Estudos da JICA

Figure- 7.3.3- Planta da medida estrutural para a prioridade Nº 2 Escorregamento na SC470 Gaspar rio do Banco



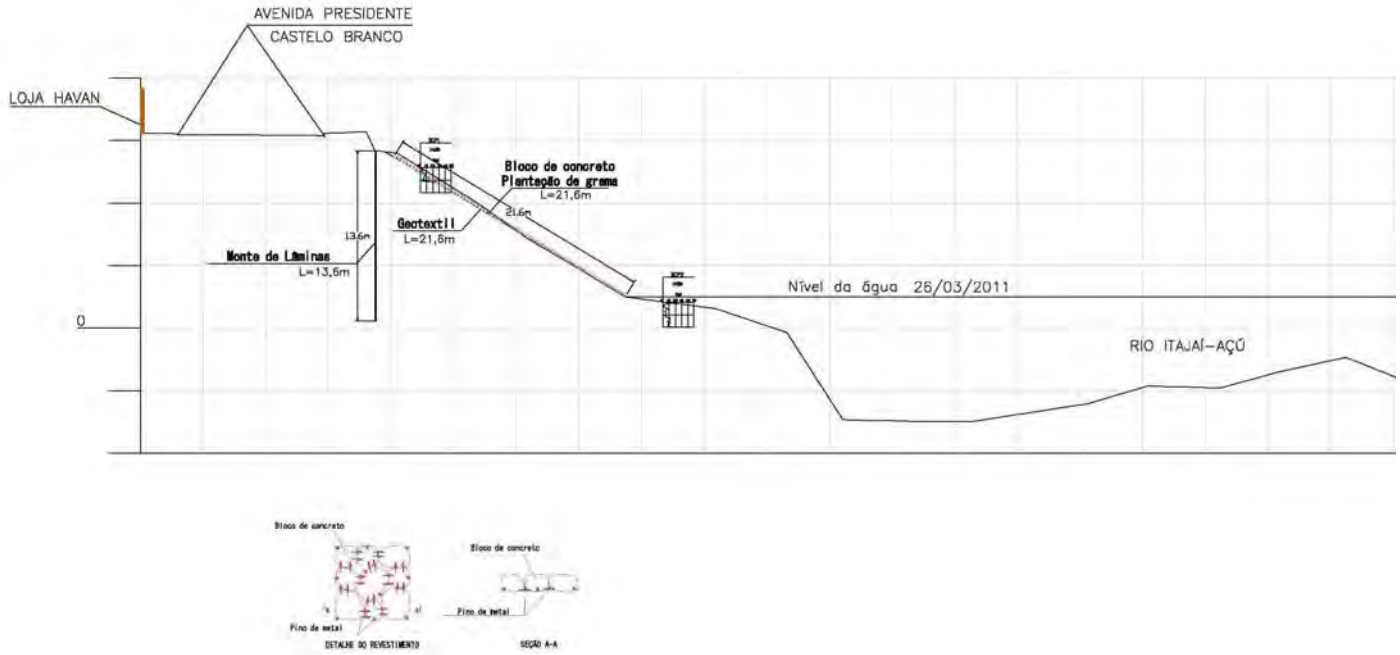
Fonte: Equipe de Estudos da JICA

Figura - 7.3.4 - Corte da medida estrutural para a prioridade Nº 1 Escorregamento na SC470 Gaspar Rio do Banco



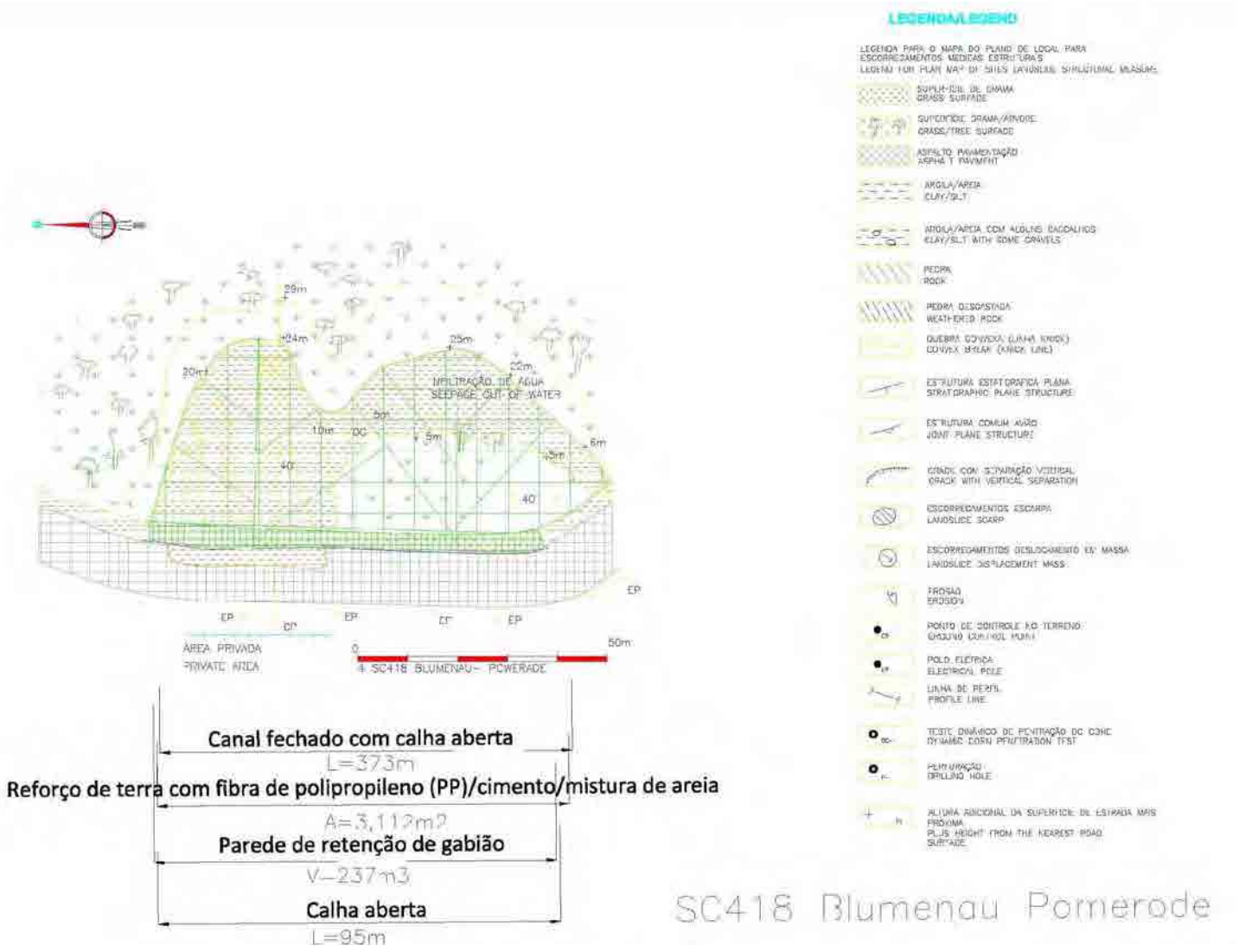
Fonte: Equipe de Estudos da JICA

Figure - 7.3.5 - Planta da medida estrutural para a prioridade Nº 3 Escorregamento Blumenau –Av Pres Casrelo Branco



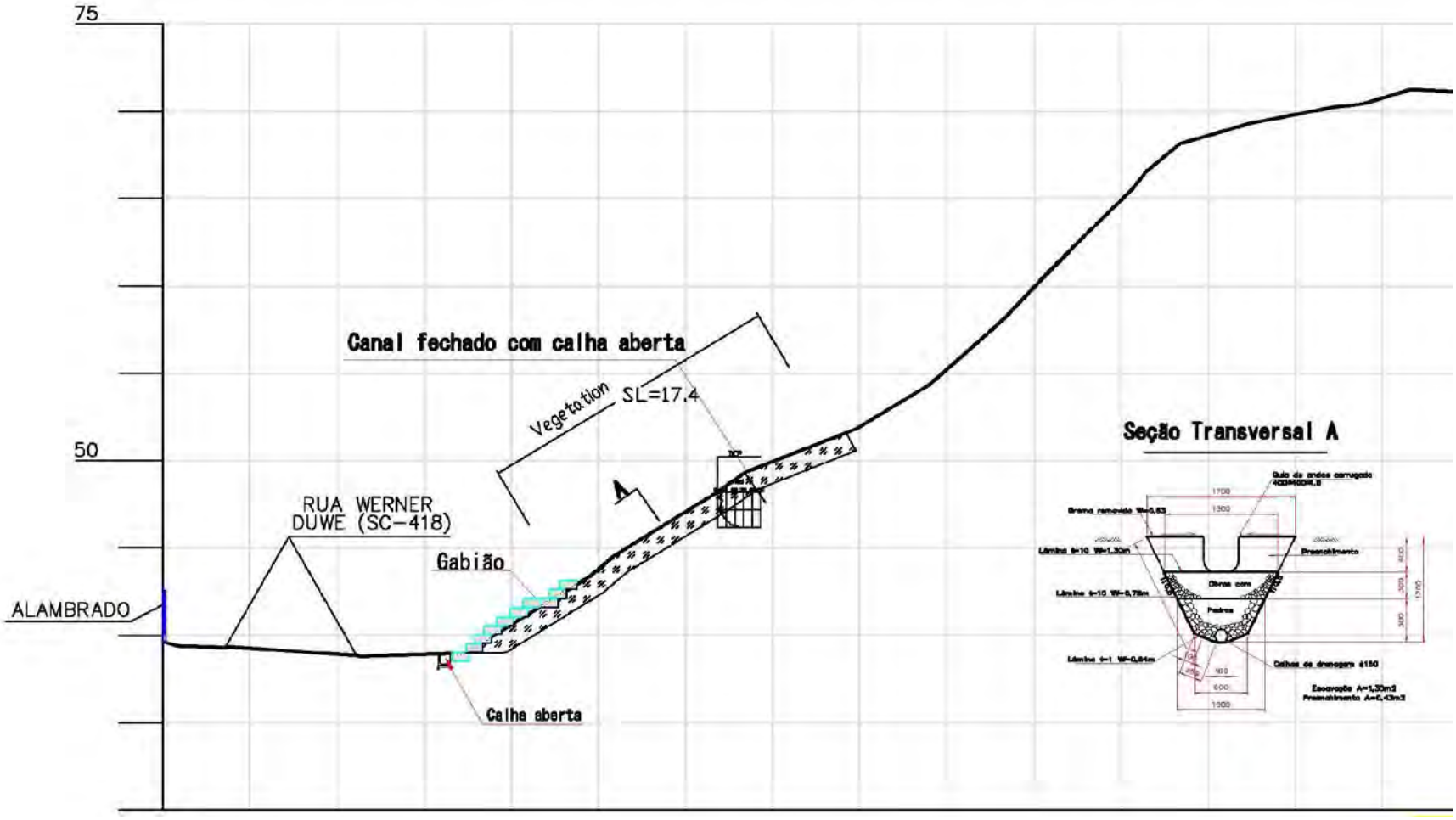
Fonte: Equipe de Estudos da JICA

Figura - 7.3.6- Corte da medida estrutural para a prioridade Nº 3 Escorregamento naBlumenau –Av Pres Casrelo



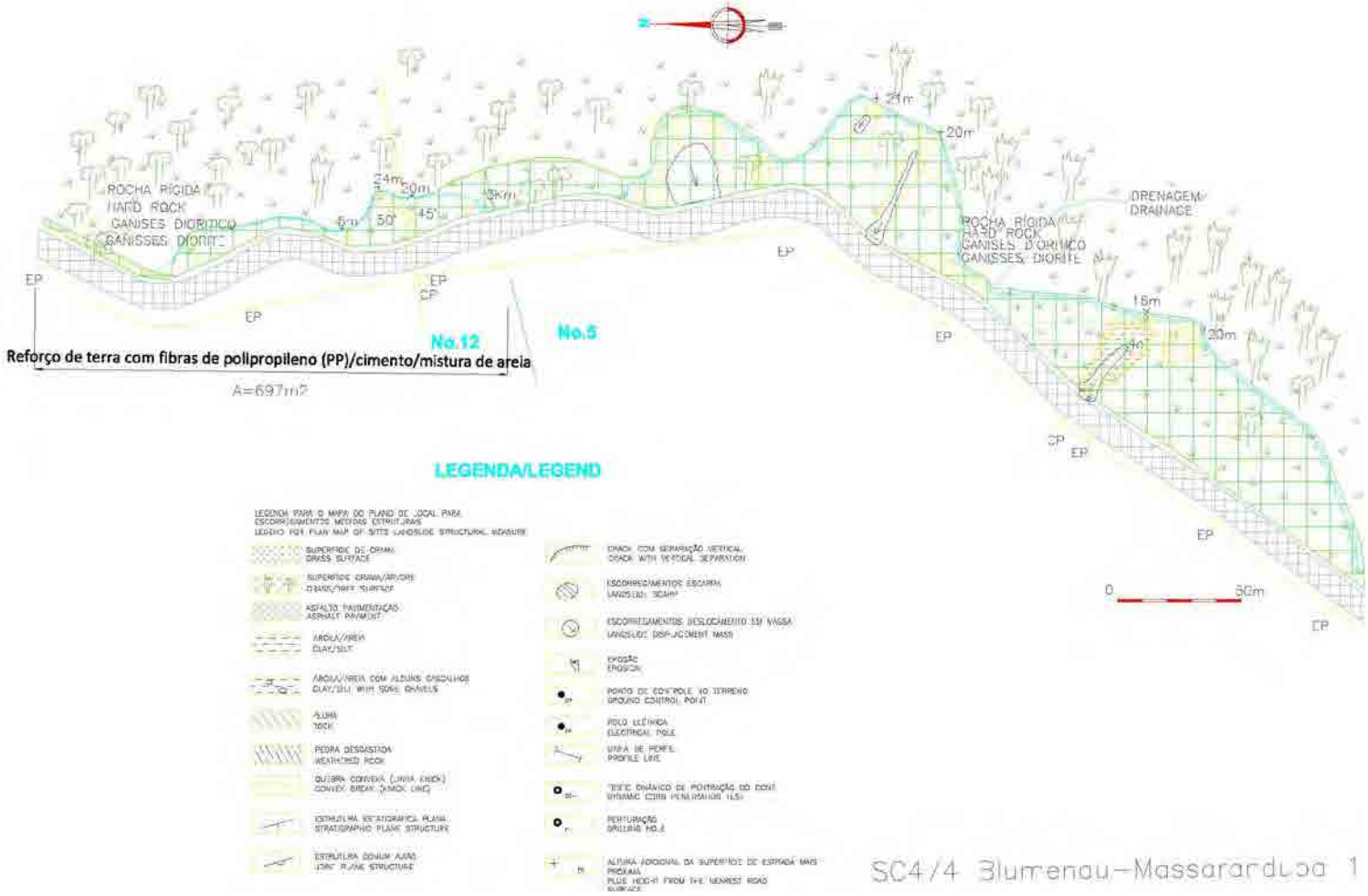
Source: Equipe de Estudos da JICA

Figure -7.3.7 - Planta da medida estrutural para a prioridade Nº 4 Escorregamento SC418 Blumenau - Pomerode



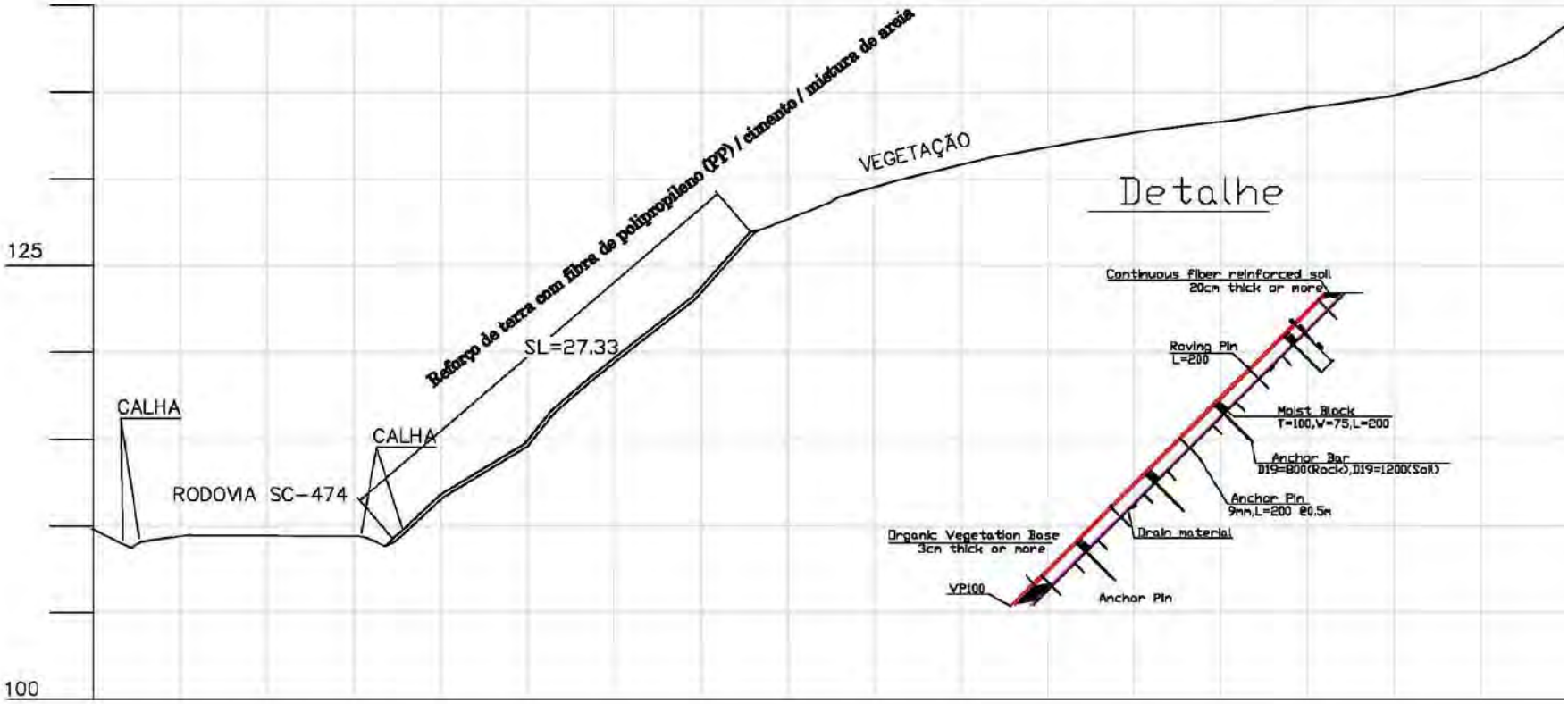
Equipe de Estudos da JICA

Figura -7.3.8 - Corte da medida estrutural para a prioridade Nº 4 Escorregamento naSC418 Blumenau - Pomerode



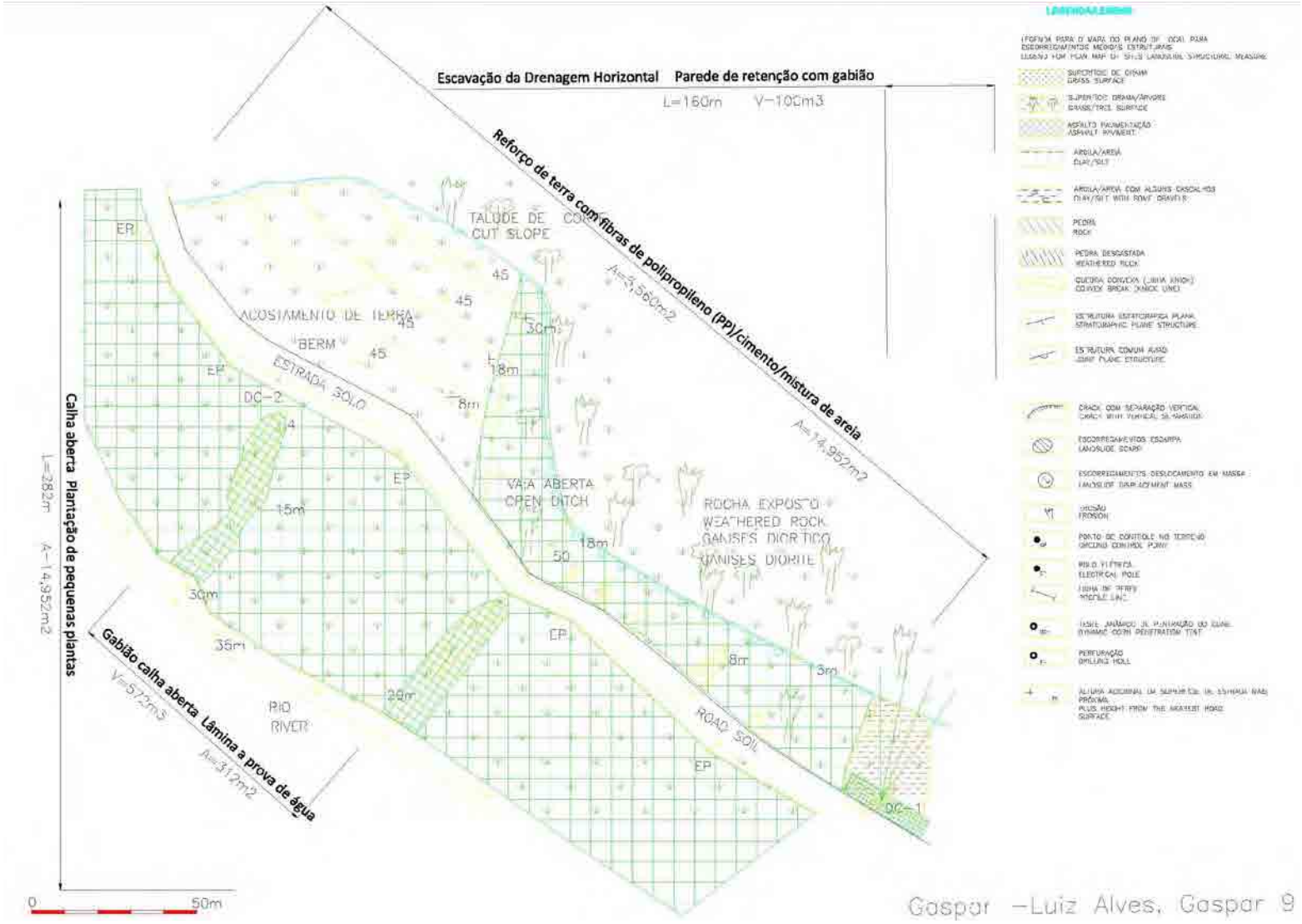
Equipe de Estudos da JICA

Figure - 7.3.9 - Planta da medida estrutural para a prioridade Nº 5 Escorregamento SC474 Blumenau-Massaranduba 2



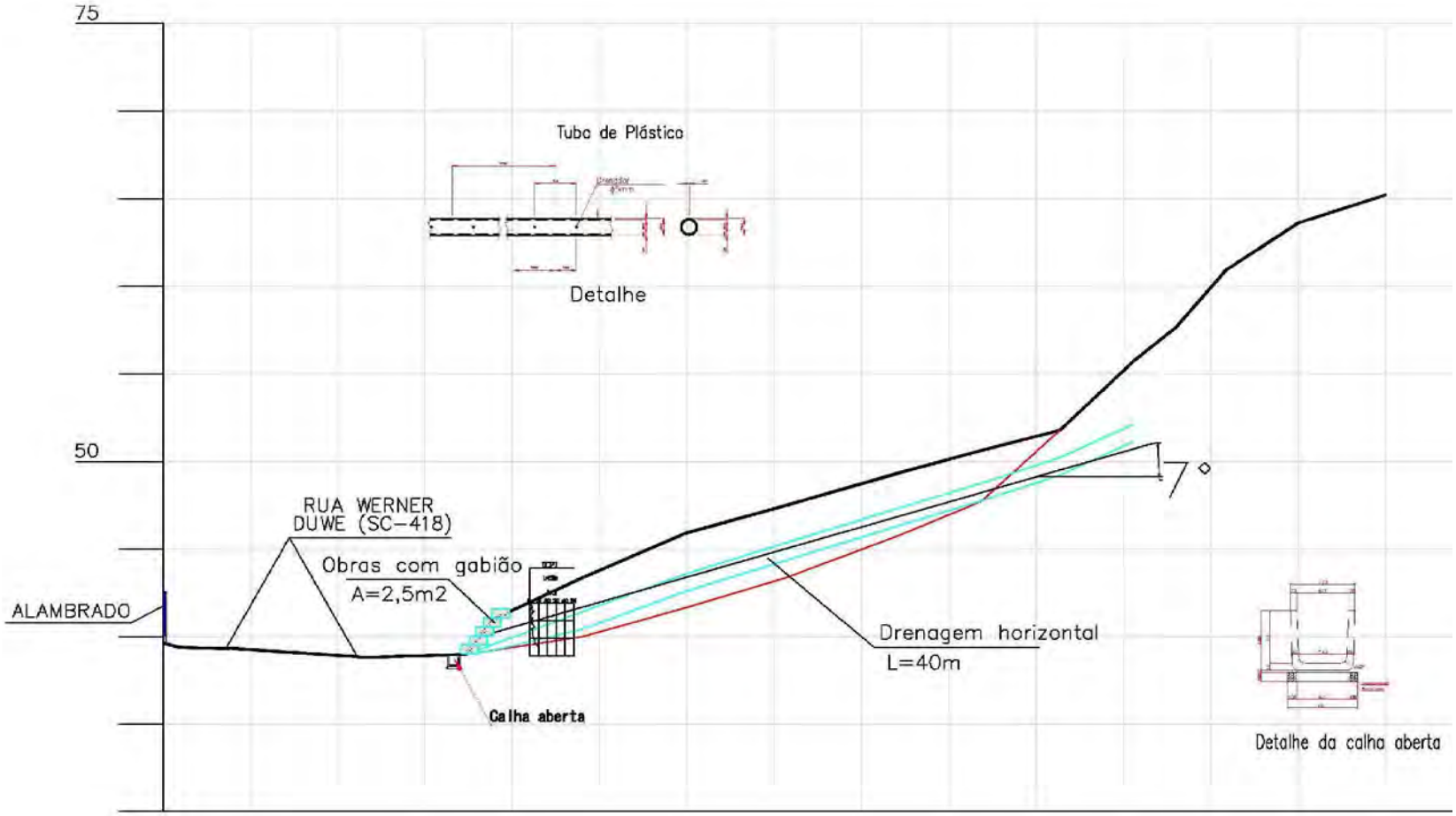
Equipe de Estudos da JICA

Figura - 7.3.10 - Corte da medida estrutural para a prioridade Nº 5 Escorregamento naSC474 Blumenau-Massaranduba 2



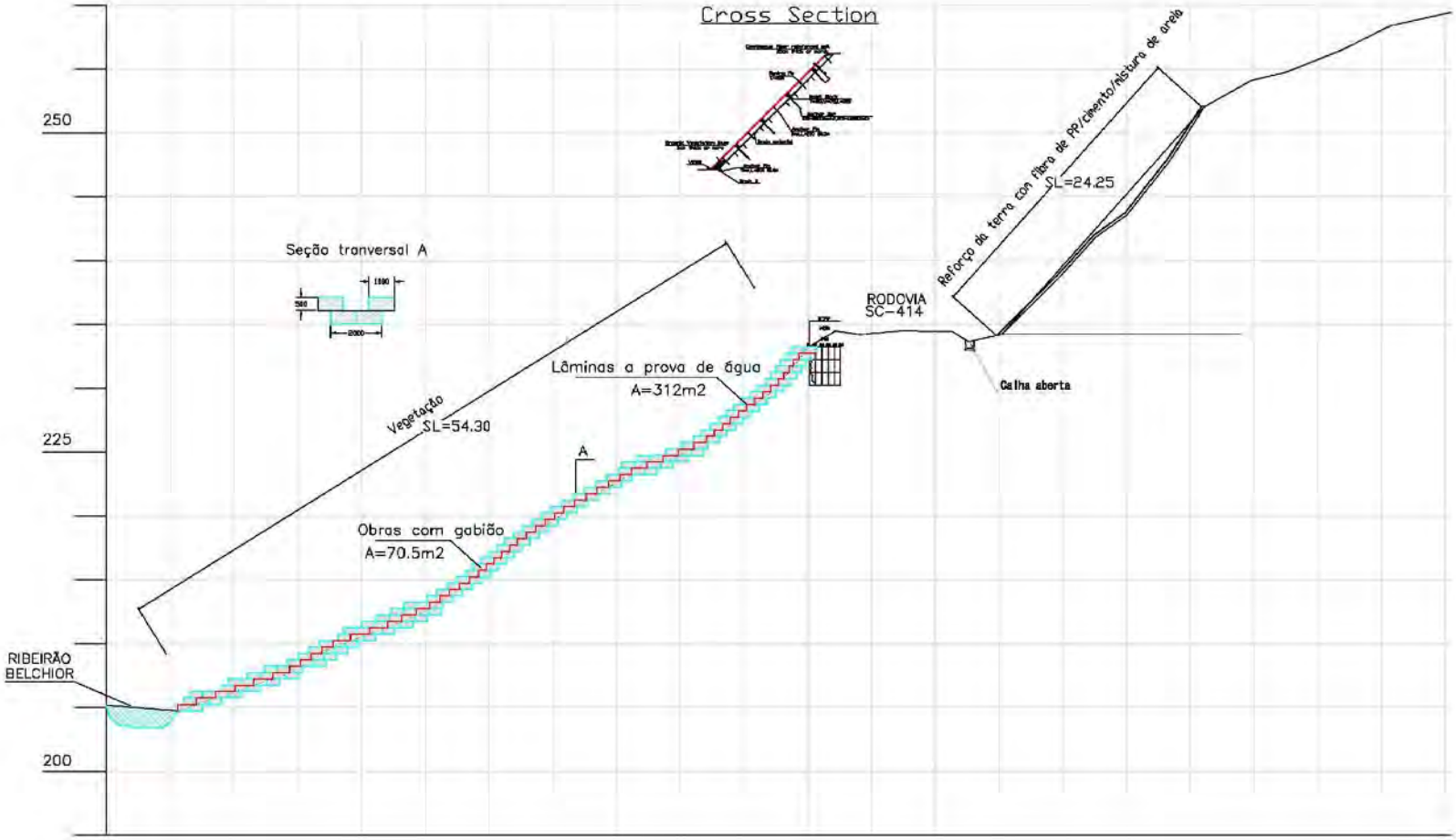
Equipe de Estudos da JICA

Figure -7.3.11- Planta da medida estrutural para a prioridade Nº 6 Escorregamento Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 9



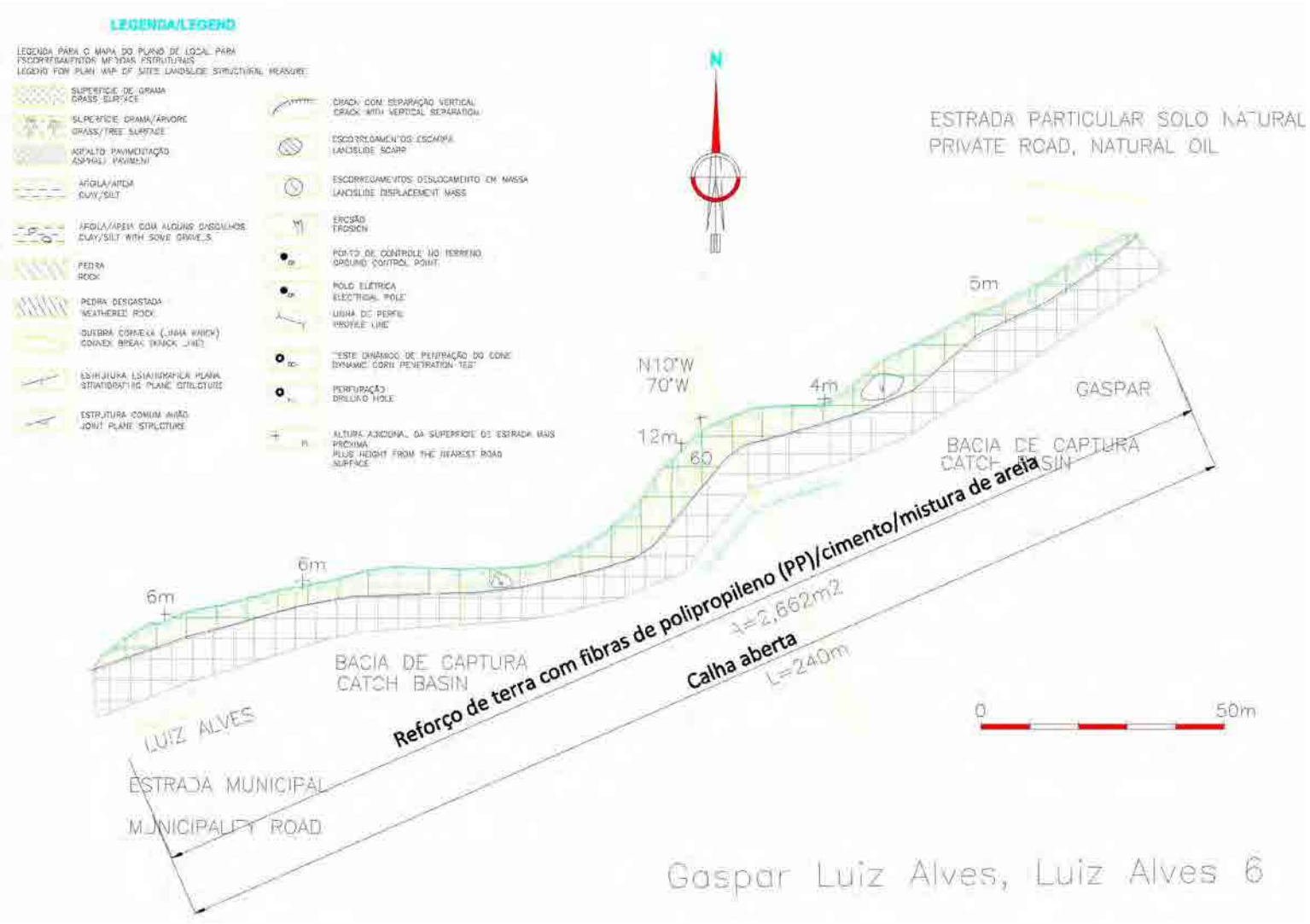
Equipe de Estudos da JICA

Figura -7.3.12 - Corte da medida estrutural para a prioridade Nº 6 Escorregamento naGaspar - Luiz Alves, Gaspar 9



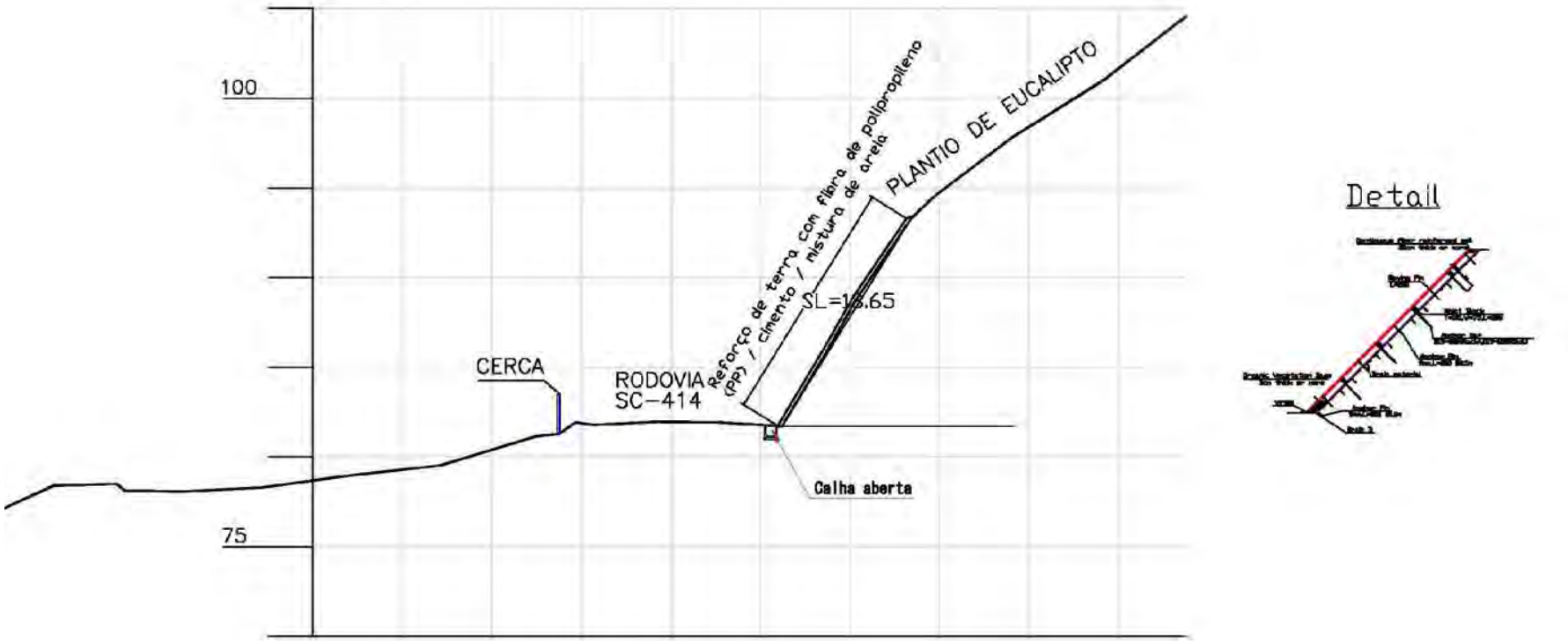
Equipe de Estudos da JICA

Figura -7.3.13 - Corte da medida estrutural para a prioridade Nº 6 Escorregamento naGaspar - Luiz Alves, Gaspar 9



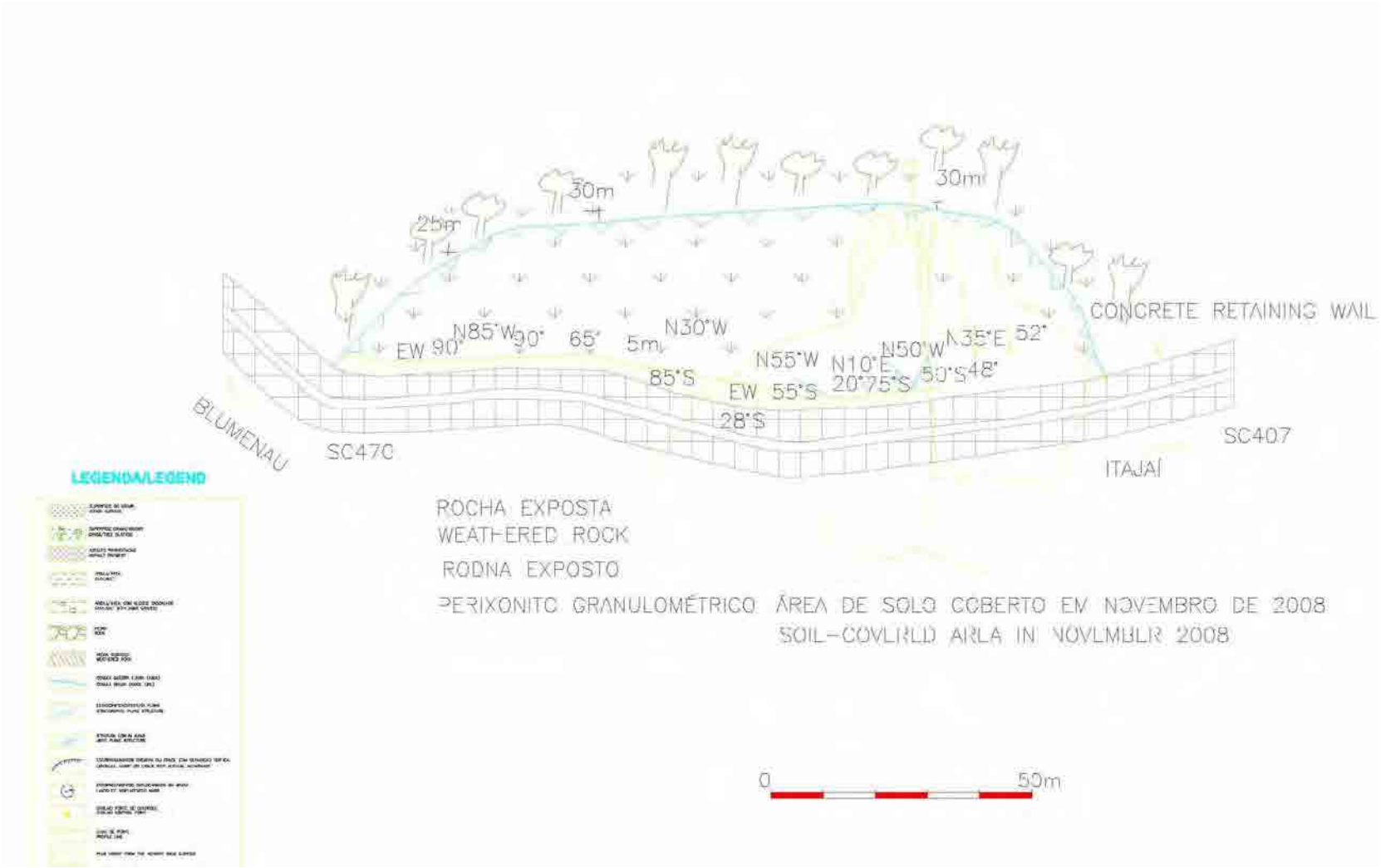
Equipe de Estudos da JICA

Figure- 7.3.13- Planta da medida estrutural para a prioridade Nº 7 Escorregamento Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 6



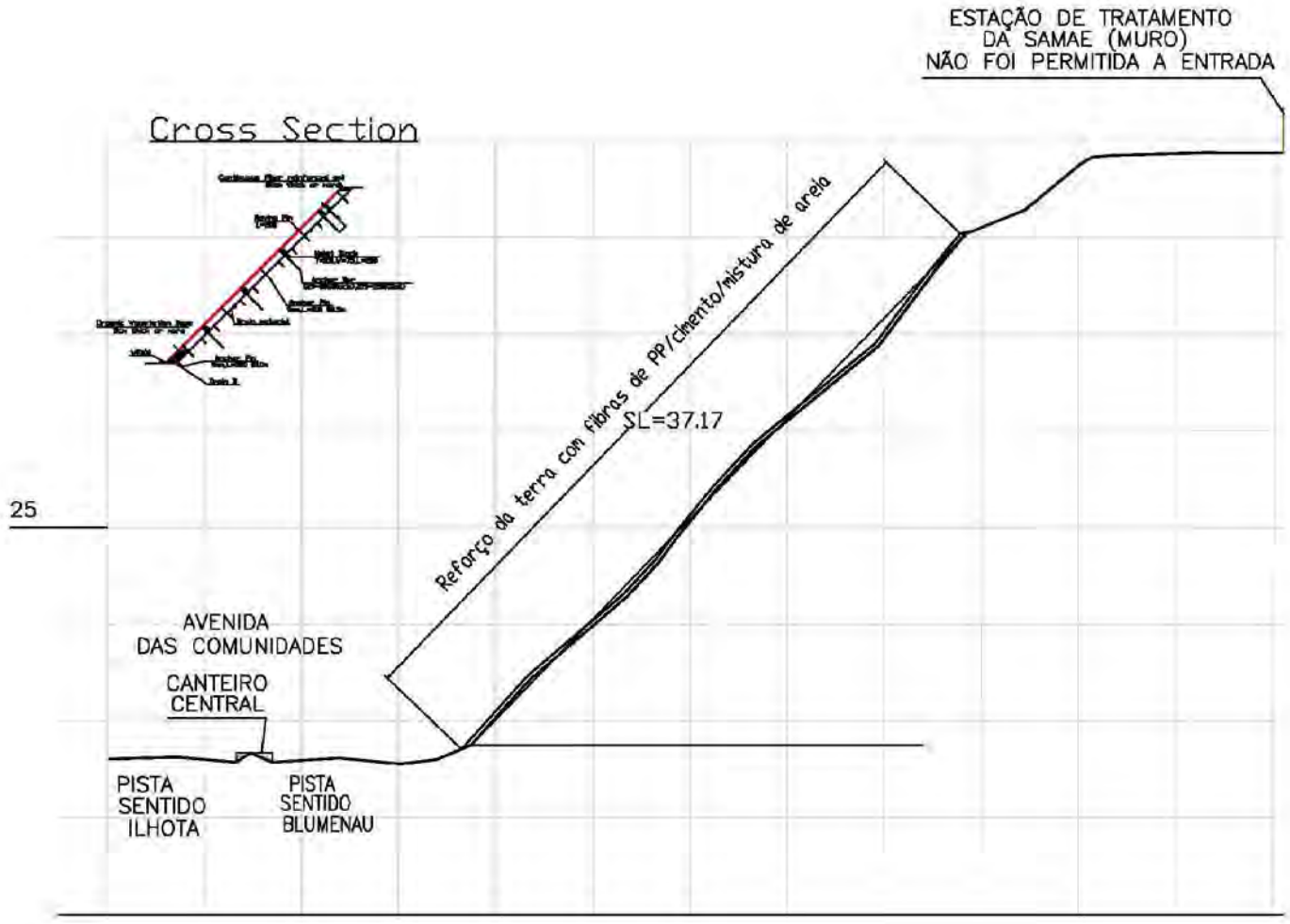
Equipe de Estudos da JICA

Figura- 7.3.15- Corte da medida estrutural para a prioridade Nº 7 Escorregamento naGaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 6



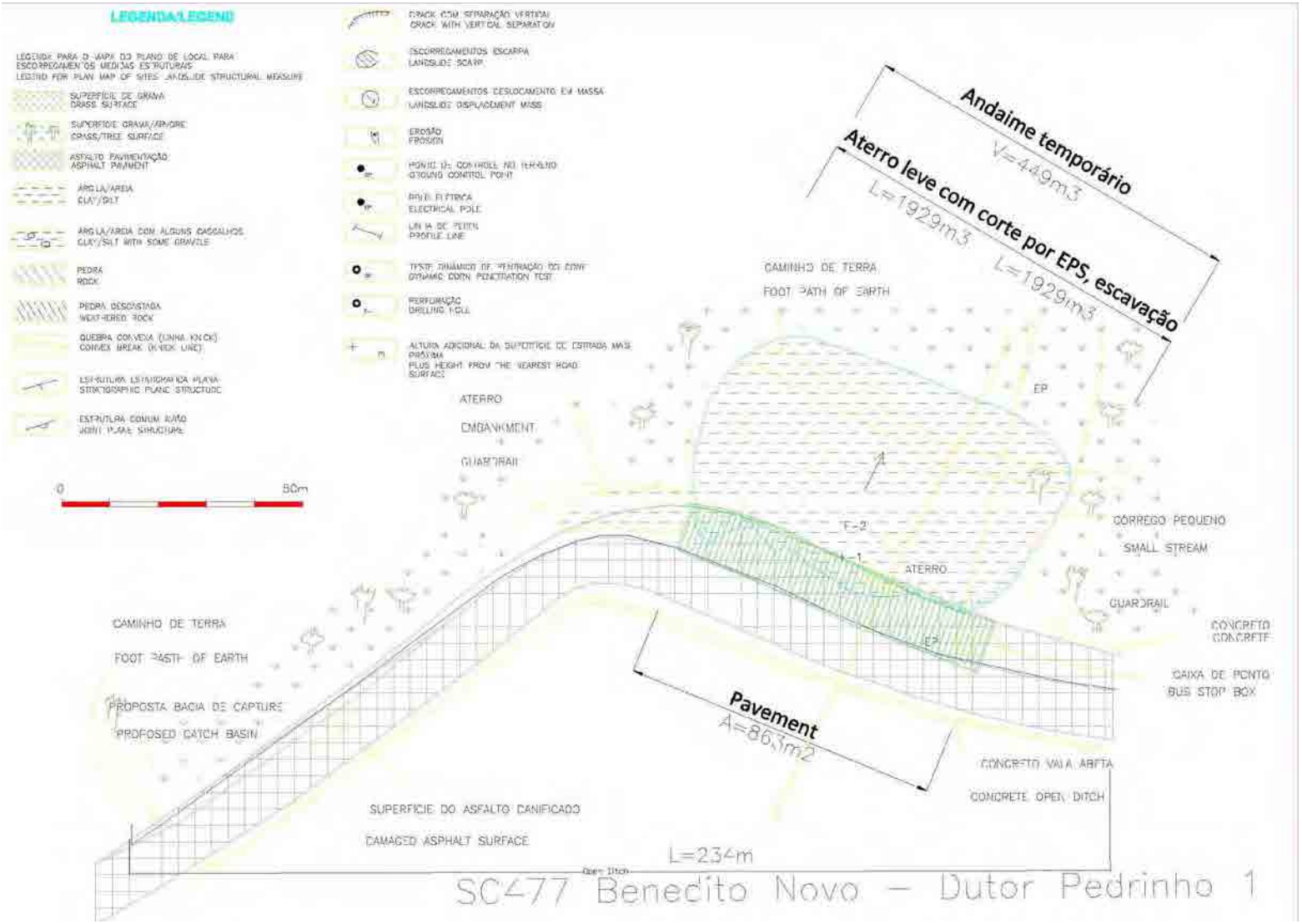
Equipe de Estudos da JICA

Figure -7.3.16- Planta da medida estrutural para a prioridade Nº 8 Escorregamento SC470 Gaspar Ignorar



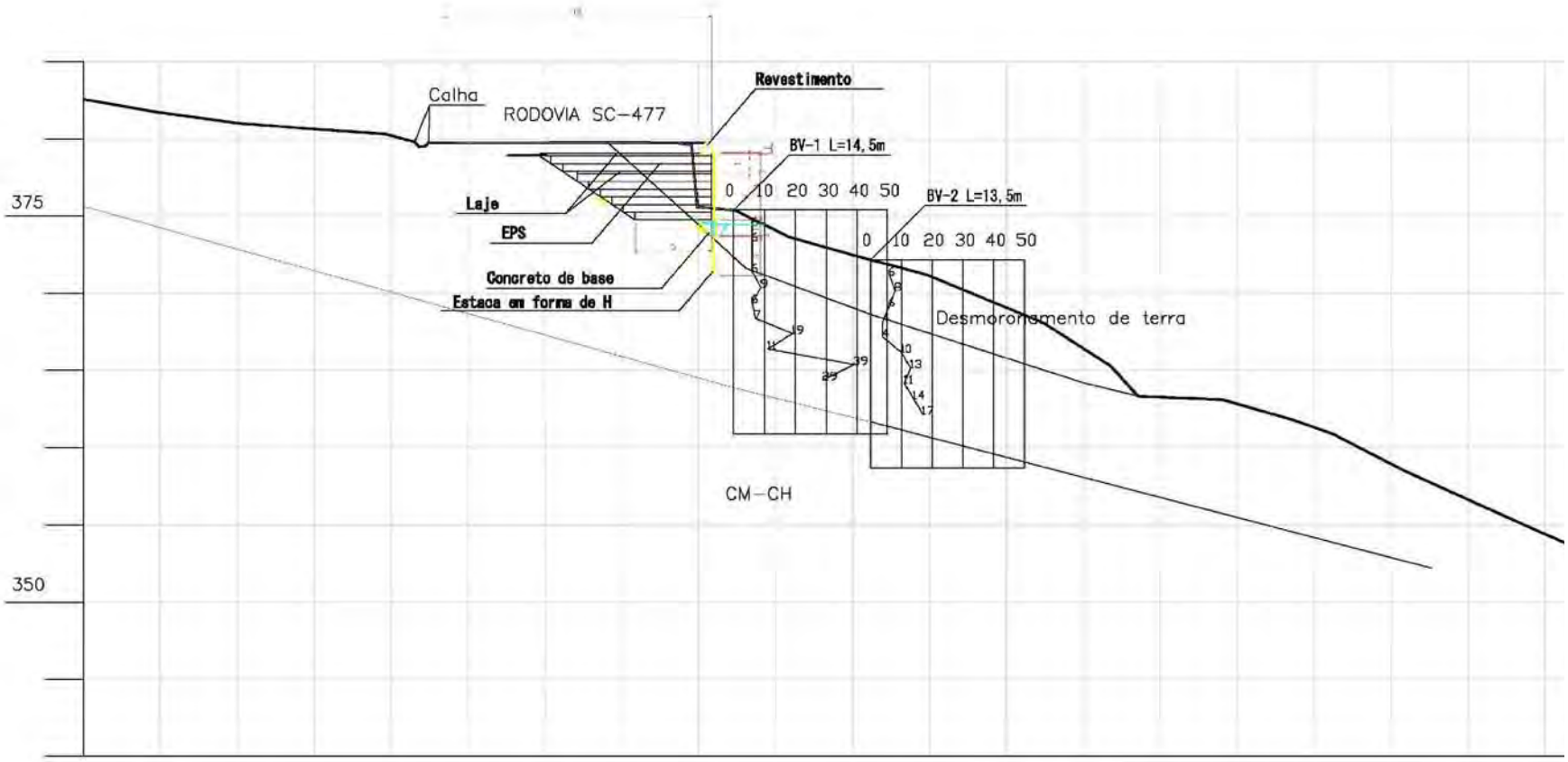
Equipe de Estudos da JICA

Figura- 7.3.17- Corte da medida estrutural para a prioridade Nº 8 Escorregamento naSC470 Gaspar Ignorar



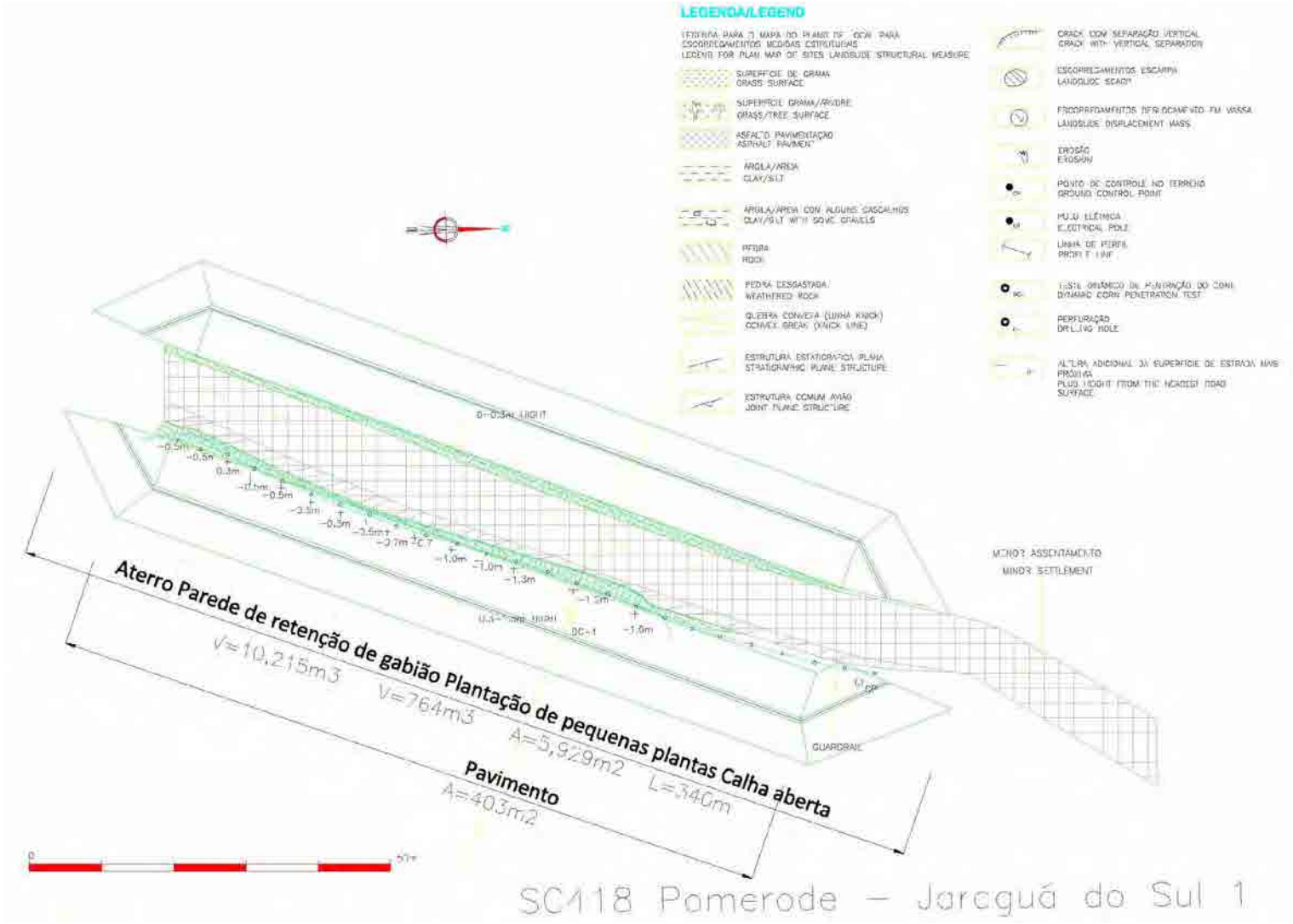
Equipe de Estudos da JICA

Figure - 7.3.18 - Planta da medida estrutural para a prioridade Nº 9 Escorregamento SC477 Benedito Novo - Dutor Pedrinho 1



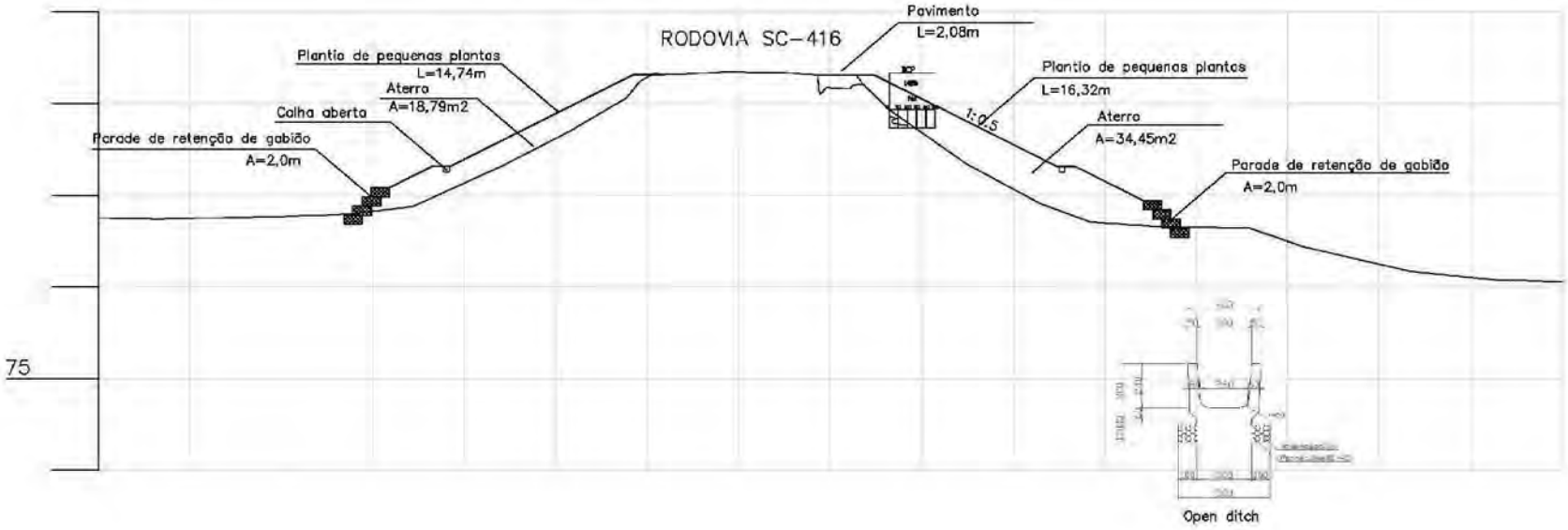
Equipe de Estudos da JICA

Figura -7.3.19- Corte da medida estrutural para a prioridade Nº 9 Escorregamento na SC477 Benedito Novo - Dutor Pedrinho 1



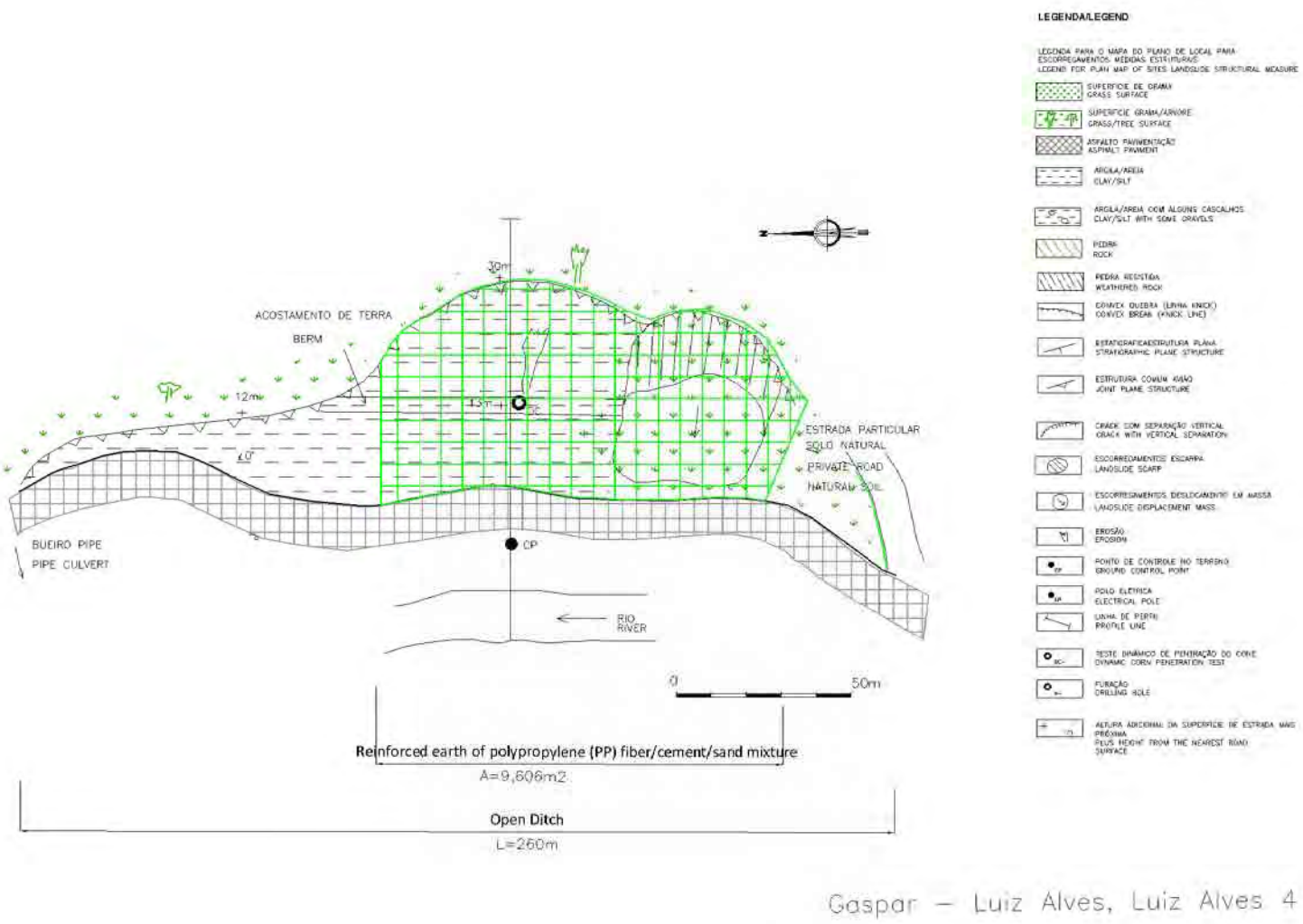
Equipe de Estudos da JICA

Figure -7.3.20 - Planta da medida estrutural para a prioridade Nº 10 Escorregamento SC477 Benedito SC418 Pomerode- Jaragua do Sul 1



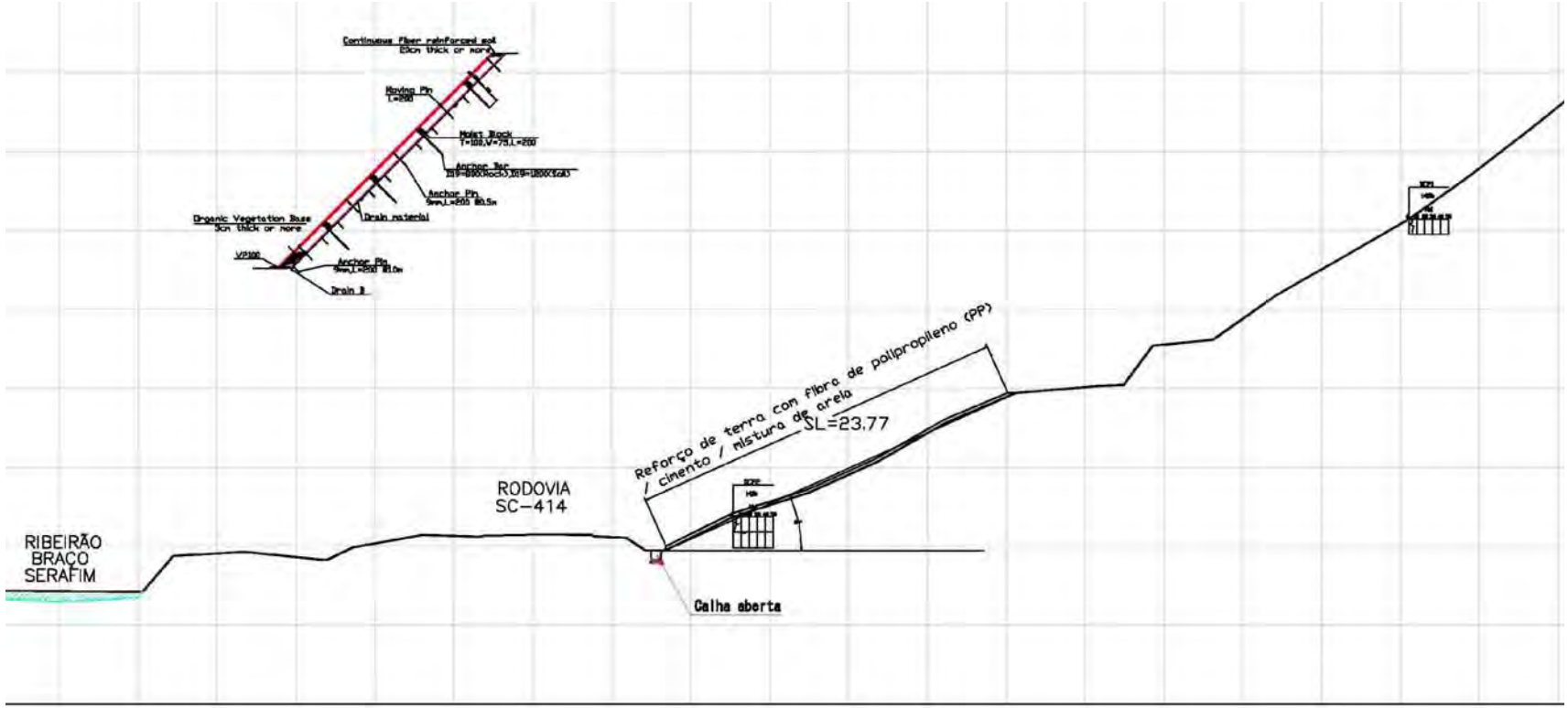
Equipe de Estudos da JICA

Figura -7.3.21 - Corte da medida estrutural para a prioridade Nº 10 Escorregamento na SC418 Pomerode- Jaragua do Sul 1



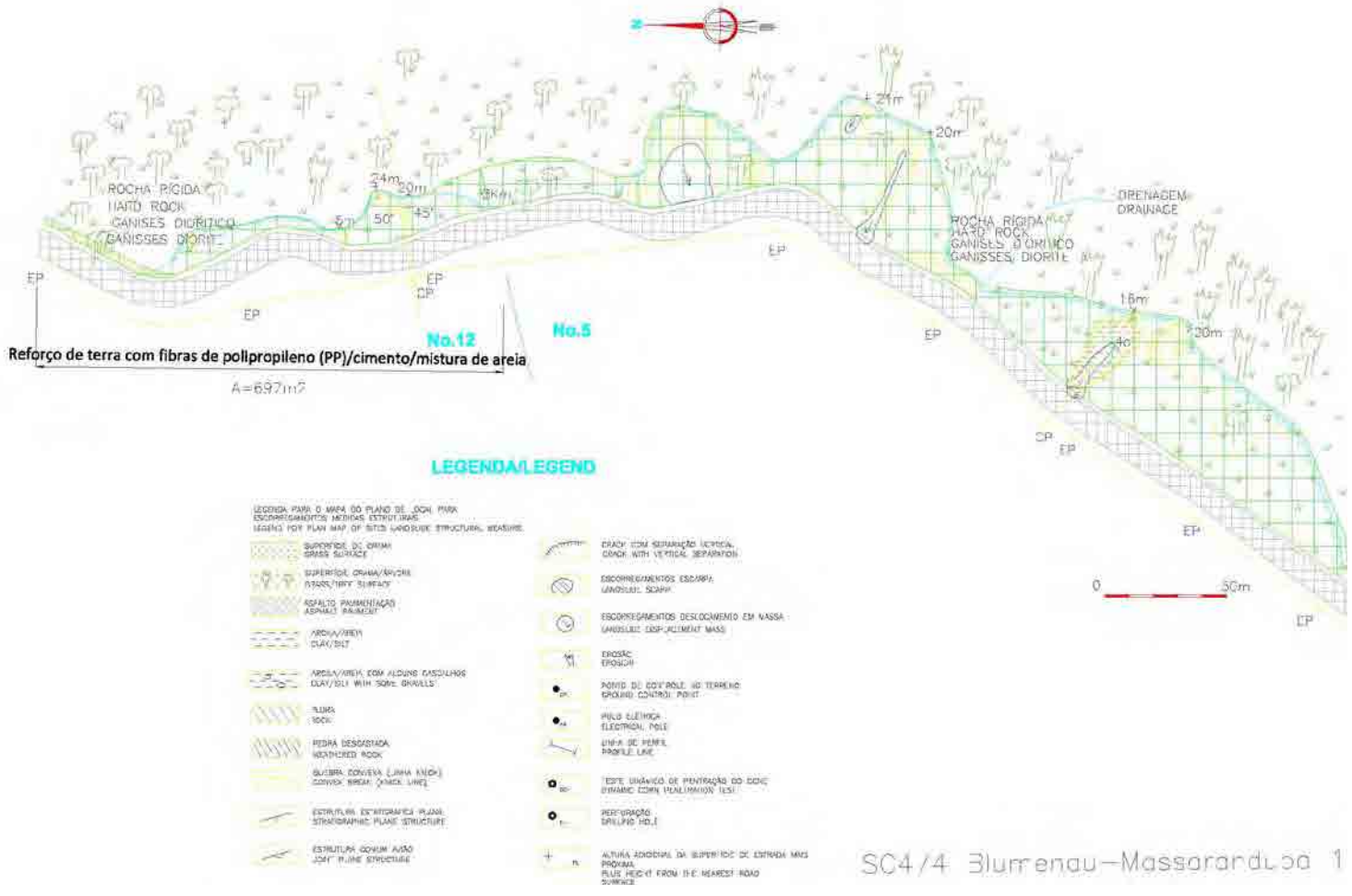
Equipe de Estudos da JICA

Figure -7.3.22- Planta da medida estrutural para a prioridade Nº 11 Escorregamento SC477 Benedito Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 4



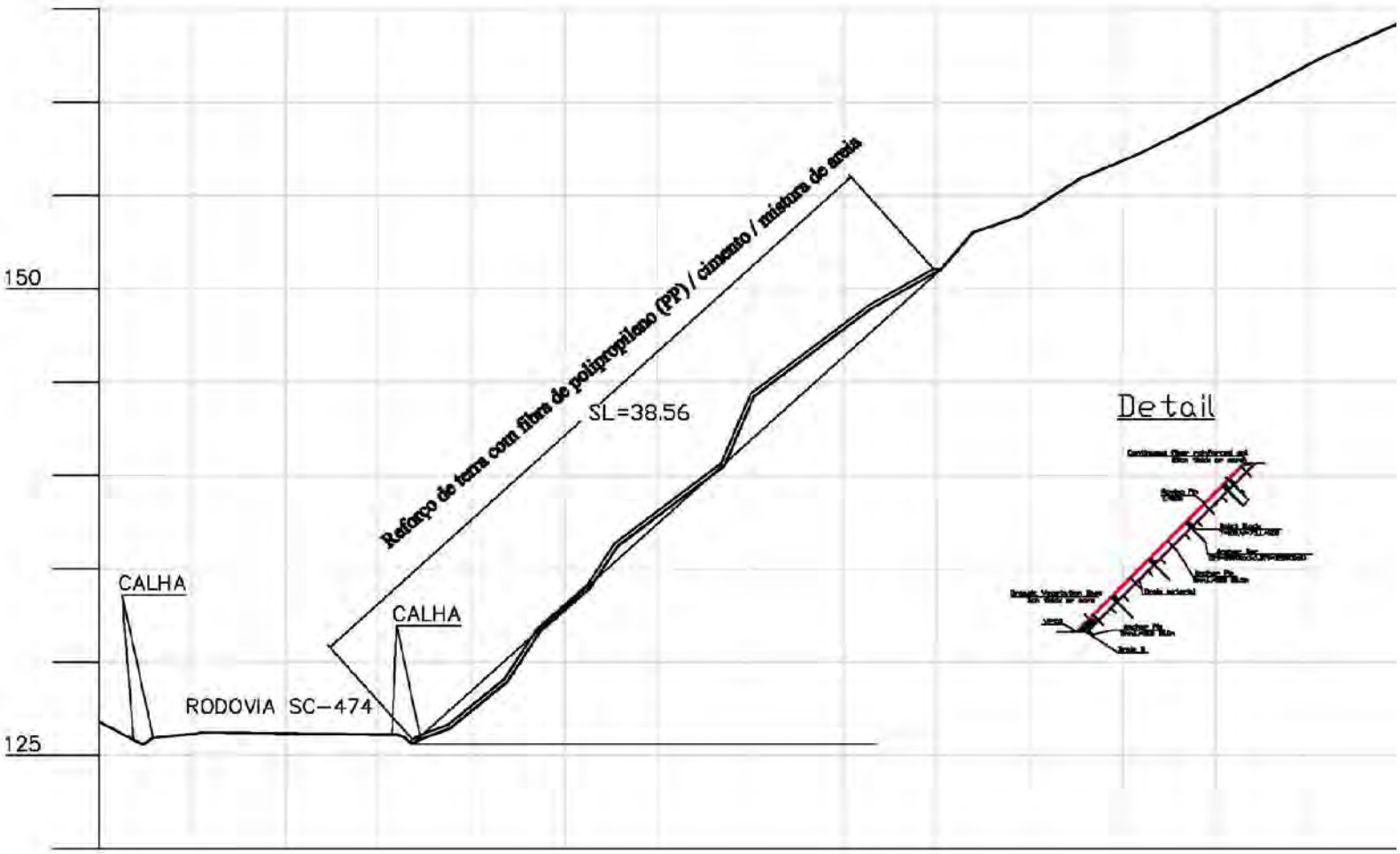
Equipe de Estudos da JICA

Figure -7.3.23- Corte da medida estrutural para a prioridade Nº 11 Escorregamento na Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 4



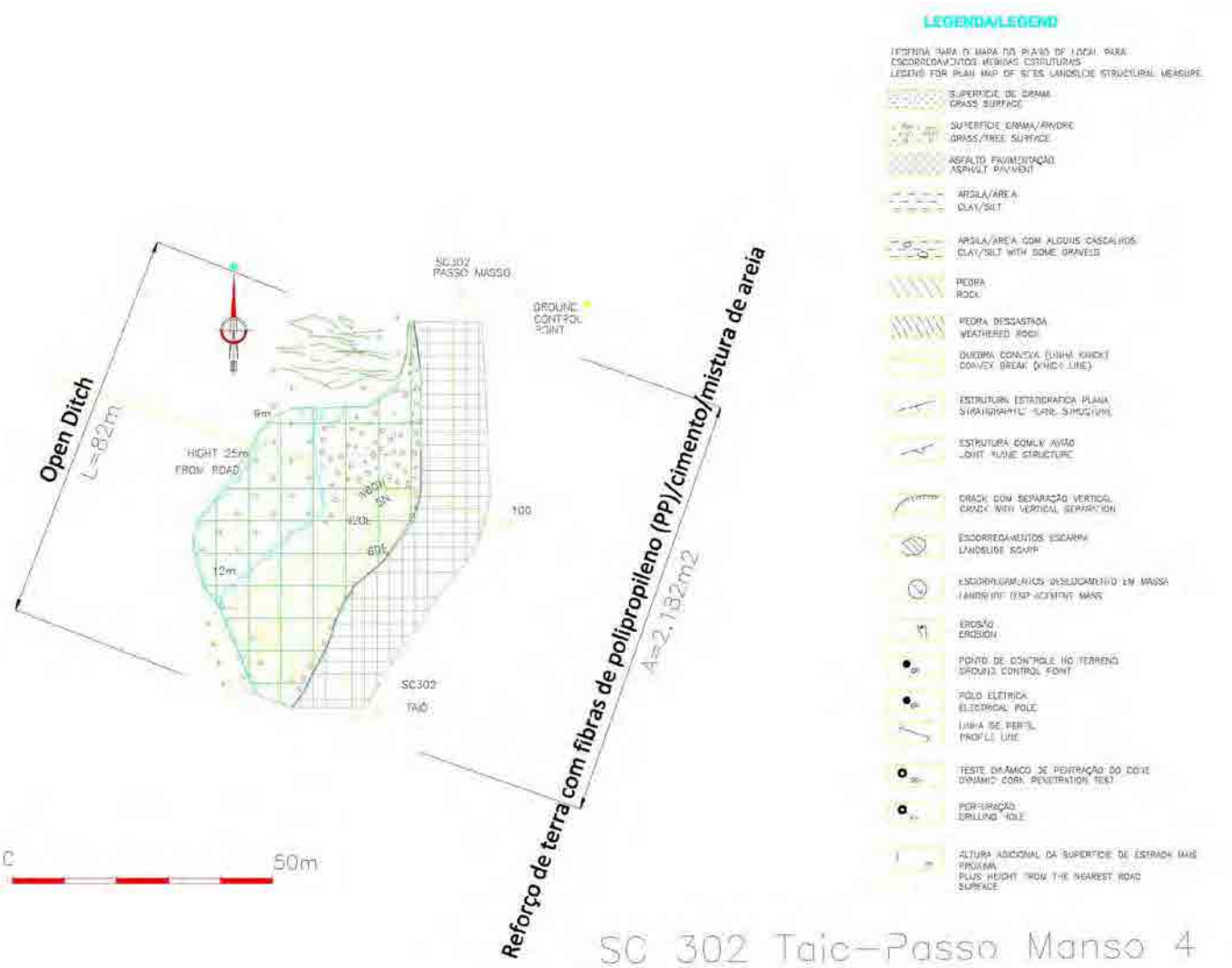
Equipe de Estudos da JICA

Figure- 7.3.24- Planta da medida estrutural para a prioridade Nº 12 Escorregamento SC474 Blumenau - Massaranduba 1



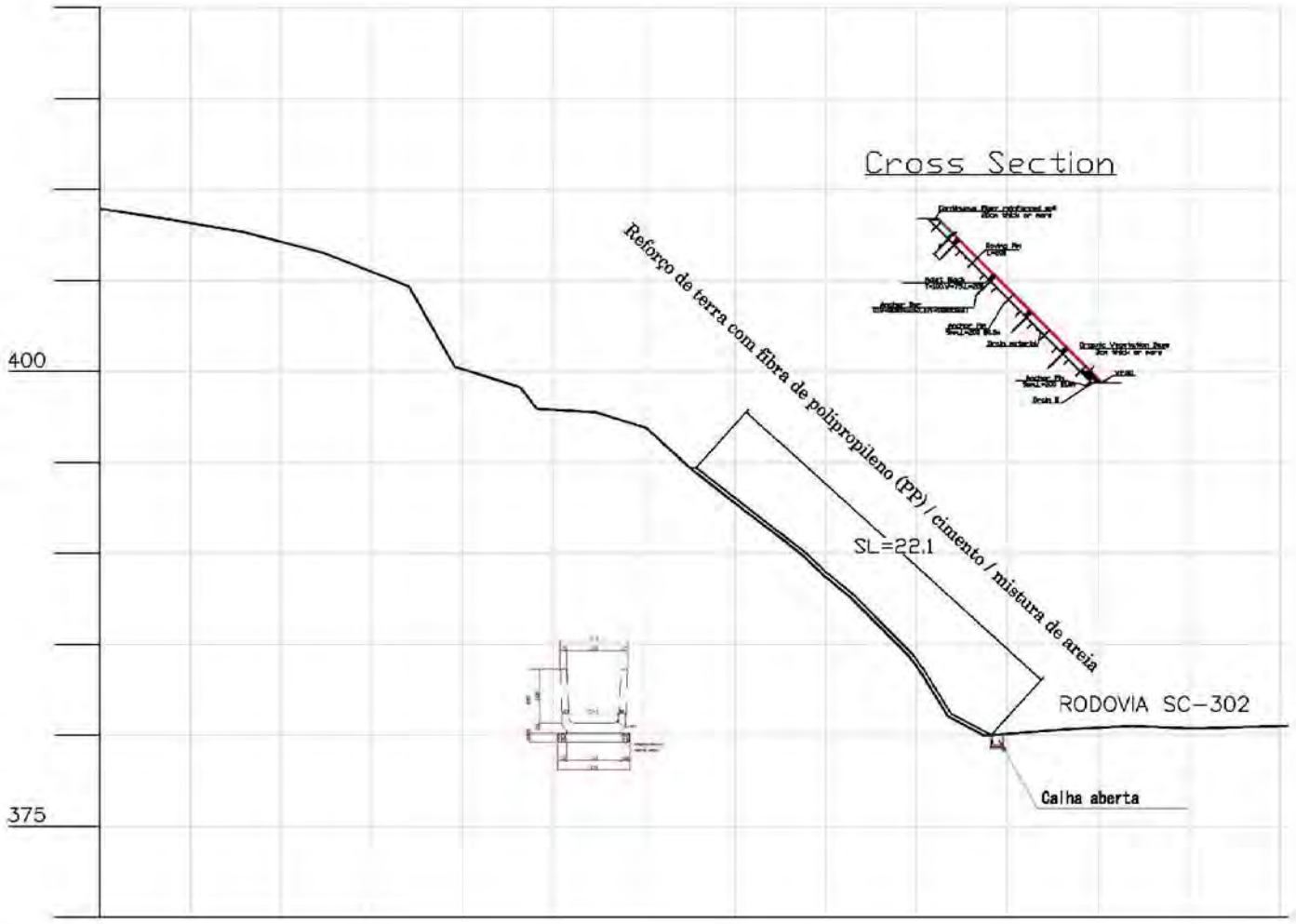
Equipe de Estudos da JICA

Figure -7.3.26 - Corte da medida estrutural para a prioridade Nº 12 Escorregamento na SC474 Blumenau - Massaranduba 1



Equipe de Estudos da JICA

Figure -7.3.27 Planta da medida estrutural para a prioridade Nº 13 Escorregamento SC 302 Taio - Passo Manso 4



Equipe de Estudos da JICA

Figure -7.3.28 - SC 302 Corte da medida estrutural para a prioridade Nº 13 Escorregamento na Taio - Passo Manso 4

CAPÍTULO 8 ESTUDO DE VIABILIDADE DE SISTEMA DE ALERTA PRÉVIO PARA ESCORREGAMENTO/INUNDAÇÃO BRUSCA

8.1 Geral

A efetividade e a sustentabilidade de sistema de alerta para escorregamento/inundação brusca são estudadas de acordo com os seguintes itens:

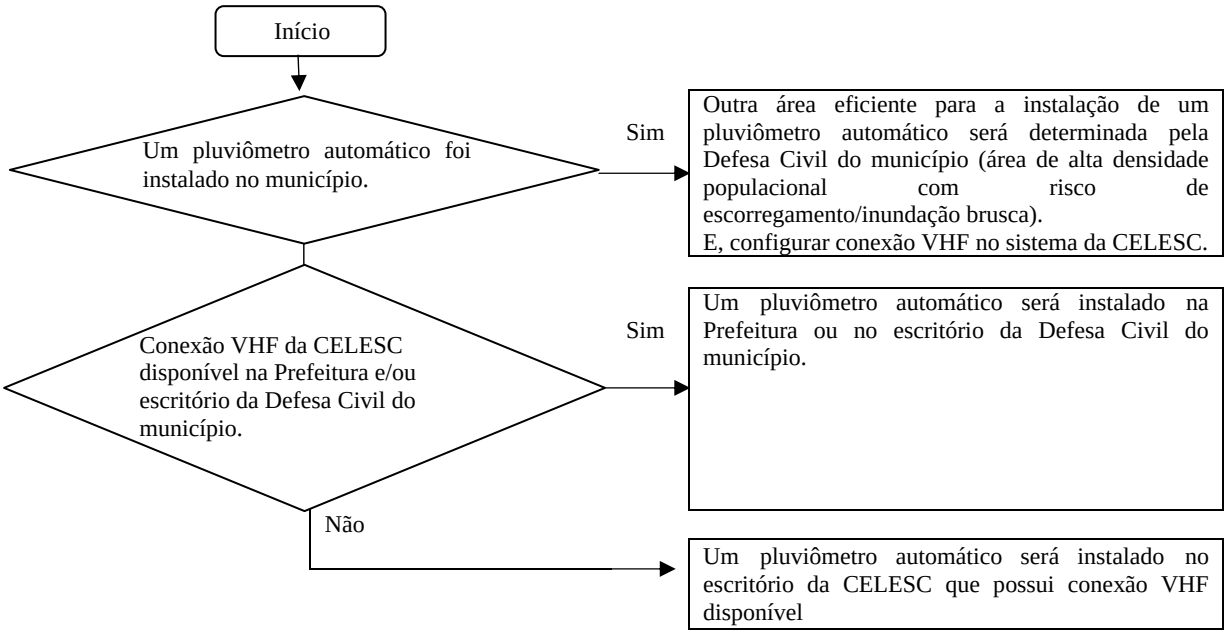
- Monitoramento de chuvas e transmissão/armazenamento de dados
- Critérios de índice pluviométrico para atenção/alerta
- Gerenciamento de informações, cálculos de índice pluviométrico, emissão/anúncio de sinal de atenção/alerta
- Ordem de evacuação e educação para prevenção de desastres
- Regulação do tráfego rodoviário para evitar riscos

8.2 Monitoramento de Chuvas e Transmissão/Armazenamento de Dados

Um pluviômetro automático será instalado em cada município (293 municípios no estado de Santa Catarina-SC) com o propósito de alerta prévio.

A Defesa Civil de SC é a organização responsável para o estabelecimento e manutenção de pluviômetros automáticos para efetuar a transmissão e o armazenamento de dados. A EPAGRI/CIRAM e cada município são as organizações executoras do monitoramento de chuvas, transmissão e armazenamento de dados.

A localização do pluviômetro automático será determinada pelo seguinte procedimento. Dados de transmissão redundantes serão estabelecidos tanto por *very high frequency connection* (VHF) do sistema da CELESC, quanto por *general packet radio services* (GPRS) para assegurar que ocorra a transmissão de informações mesmo sobre condições de tempestade.



Source: Equipe de Estudos da JICA

Figura- 8.2.1- Fluxograma para Determinação da Localização dos Pluviômetros Automáticos

8.3 Critérios de Índice Pluviométrico para Atenção/Alerta

Os critérios de índice pluviométrico para atenção/alerta serão estabelecidos pela Defesa Civil de SC, tendo apoio da EPAGRI/CIRAM.

Não estão disponíveis dados de escorregamentos/inundações bruscas com tempo e localização exatas de ocorrência. As estações de monitoramento de chuvas são esparsas e os locais de escorregamentos/inundações bruscas estão, na maioria das vezes, a mais de 10 km de distância.

Portanto, o estabelecimento dos critérios adequados através dos seguintes índices ainda nao é possível, devendo ser efetuado quando dados exatos forem fornecidos.

Acurácia na previsão de ocorrência de desastre:

$$\text{Índice de Previsão Correta} = \frac{\text{Número de desastres acima dos valores do critério de alerta}}{\text{Número total de desastres}} \ (\%)$$

Eficiência na previsão de ocorrência de desastre:

$$\text{Índice de Eficiência} = \frac{\text{Número total de horas para o alerta prévio}}{\text{Número de desastres acima dos valores do critério de alerta}}$$ (Horas/números de desastres)

O índice de água no solo é usado como critério de alerta prévio de escorregamento no Japão como descrito na seção 9.2.3 do Relatório Principal Parte 1 Plano Mestre.

A agência metodológica do Japão constatou que 93% das fatalidades devidas a escorregamento tiveram como causa os maiores índices de água no solo dos últimos 10 anos. As análises foram conduzidas em 53 mil escorregamentos ocorridos de 2001 a 2009. No caso da tempestade de novembro de 2008 na bacia do Rio Itajaí, as fatalidades ocorreram apenas na área onde o índice de água no solo estava acima de um índice de 20 anos de período de retorno. Portanto, um período de retorno de 10 anos se torna apropriado como configuração inicial de critério de alerta.

O critério de índice pluviométrico para estado de atenção deve ser estabelecido em níveis anuais. O objetivo do sinal de atenção é a preparação para nível de alerta de tempestades, reorganização desse sistema para os habitantes, verificação das suas funções e oportunidade de treinamento para atividades de prevenção de riscos.

8.4 Gerenciamento de Informação, Cálculo do Índice Pluviométrico, Emissão de Sinal de Atenção/Alerta

A Defesa Civil de SC é a organização responsável pelo gerenciamento de informação, cálculo do índice pluviométrico e emissão de sinal de atenção/alerta.

O sinal de atenção e alerta é emitido formalmente pela Defesa Civil de SC. Uma vez que a informação prévia da população é importante, a Defesa Civil encarrega a EPAGRI/CIRAM de emitir o anúncio do índice pluviométrico de atenção/alerta através de página na web e/ou outros meios de comunicação, como parte da rotina ou de boletim meteorológico de emergência. Ao sistema computacional de alerta prévio, deve ser incluída a função de envio automático de correio eletrônico à Defesa Civil de SC, ao prefeito/funcionários da defesa civil de cada município e aos funcionários encarregados da EPAGRI/CIRAM.

8.5 Ordem de Evacuação e Educação para Prevenção de Desastres

Os municípios/prefeitos são os responsáveis oficiais para a ordem de evacuação. A evacuação será ordenada para casas designadas em situação de risco, as quais devem ser evacuadas quando o índice pluviométrico atingir nível de alerta.

A Defesa Civil do município preparará o mapa detalhado do risco (E=1:10000), e designará as áreas/casas de risco, as construções para evacuações de emergência, tais como escolas e igrejas, bem como a rota de evacuação. A educação para efetuar evacuação em desastres também será conduzida. O Estado de Santa Catarina deve esclarecer as responsabilidades com respeito à ordem de evacuação sob forma de lei.

Geralmente, o munícipio por si só não possui capacidade suficiente para efetuar uma ordem de evacuação com sucesso. A Defesa Civil de SC deve coordenar uma rede de apoio ao município, usando recursos humanos de universidades, engenheiros do setor público ou privado, e/ou assistência técnica internacional. O sistema de alerta prévio deve ser iniciado o mais rápido possível. Então, as áreas/casas de risco que devem ser evacuadas serão designadas uma a uma através do máximo esforço dos municípios, o que provocará o amadurecimento do sistema de alerta prévio.

O resumo da ordem de evacuação e educação para a prevenção de desastre é mostrado na figura 8.5.1.

SDS-SC
Preparação de mapa de E = 1:10000 com modelo digital de elevação (MDT)
(Fotografias aéreas iniciaram em Abril de 2010)

↓

Defesa Civil do município apoiado pela Defesa Civil do Estado de SC.

Preparar mapa de risco de 1:10000,
Designar área/casas que devem ser evacuadas quando índice pluviométrico de alerta é emitido.
Designar a construção de evacuação de emergência/rota de evacuação.
Conduzir a educação para desastre com relação à evacuação.

↓

Ordem de evacuação pelo município/prefeito para

Casas de alto risco designadas antecipadamente devem ser evacuadas quando o índice pluviométrico de alerta é atingido.
Casas nas quais são visíveis os processos de desastres.

Figura -8.5.1- Ordem de Evacuação e Educação para Desastres

8.6 Regulação do Tráfego Rodoviário para Evitar Riscos

As medidas estruturais para prevenção de escorregamento serão conduzidas a partir de encostas de alto risco (grande potencial de perda anual). Porém, existem muitas seções rodoviárias propensas, a maioria em estradas montanhosas de baixo volume de tráfego. O potencial de perda anual de encostas em estradas de baixo volume de tráfego em geral não é alto e não priorizado mesmo quando possuem propensão ao desastre. Portanto é necessário que ocorra a regulação do tráfego da estrada para evitar riscos em segmentos rodoviários propensos.

A regulação do tráfego será ordenada para seções rodoviárias propensas quando o índice pluviométrico de alerta é atingido. A regulação do tráfego será requisitada quando houver processo de desastre associado com escorregamento/inundação brusca. As seções rodoviárias a serem reguladas serão designadas de uma a uma através do máximo esforço a fim de promover o amadurecimento do sistema de alerta precoce. Após a conclusão das medidas estruturais, as designações das seções rodoviárias propensas serão removidas.

O município é responsável pelas estradas municipais; o DEINFRA é responsável por promover a regulação do tráfego nas estradas estaduais a fim de evitar riscos. O município geralmente não possui capacidade de efetuar por si só a ordem de regulação do tráfego. A Defesa Civil de SC deve coordenar o apoio aos municípios, usando recursos humanos de universidades, engenheiros do setor público e privado, e/ou assistência técnica internacional.

8.7 Practice in Sao Paulo

Os itens apresentados e descritos anteriormente são retomados a partir da análise de experiências de desenvolvimento e operação de planos de contingência e planos preventivos de defesa civil para escorregamentos existentes no Brasil.

No estado de São Paulo, o Plano Preventivo de Defesa Civil - PPDC para escorregamentos, desenvolvido em 1988, tem sido até hoje operado com sucesso para áreas de risco de escorregamentos.

O PPDC é um sistema de alerta que opera em 4 níveis de operação e tem 3 parâmetros ou critérios de acompanhamento (critérios de entrada e saída dos níveis):

1. Previsão meteorológica;
2. Critérios de índices pluviométricos para mudança de nível operacional (cálculo do acumulado de chuva de 3 dias, com valor limite de 100 mm/3 dias, CCM (coeficiente de ciclo móvel), CPC (coeficiente de precipitação critica); e
3. Registro de alteração na condição de estabilidade geotécnica das encostas (Registro de evidências de instabilização de encostas por meio de vistorias de campo nas áreas de risco de escorregamentos definidas pelos municípios na área de abrangência de operação do PPDC).

A Tabela 8.7.1, conhecida como Tabelão do PPDC, mostra a lógica de operação do PPDC sob o ponto de vista de como estão estabelecidos os critérios técnicos de natureza meteorológica, pluviométrica e geotécnica, as organizações atuantes e suas respectivas funções e responsabilidades de ação em cada nível de operação do plano.

A Figura 8.7.1 apresenta o fluxograma lógico da rotina de operação do PPDC.

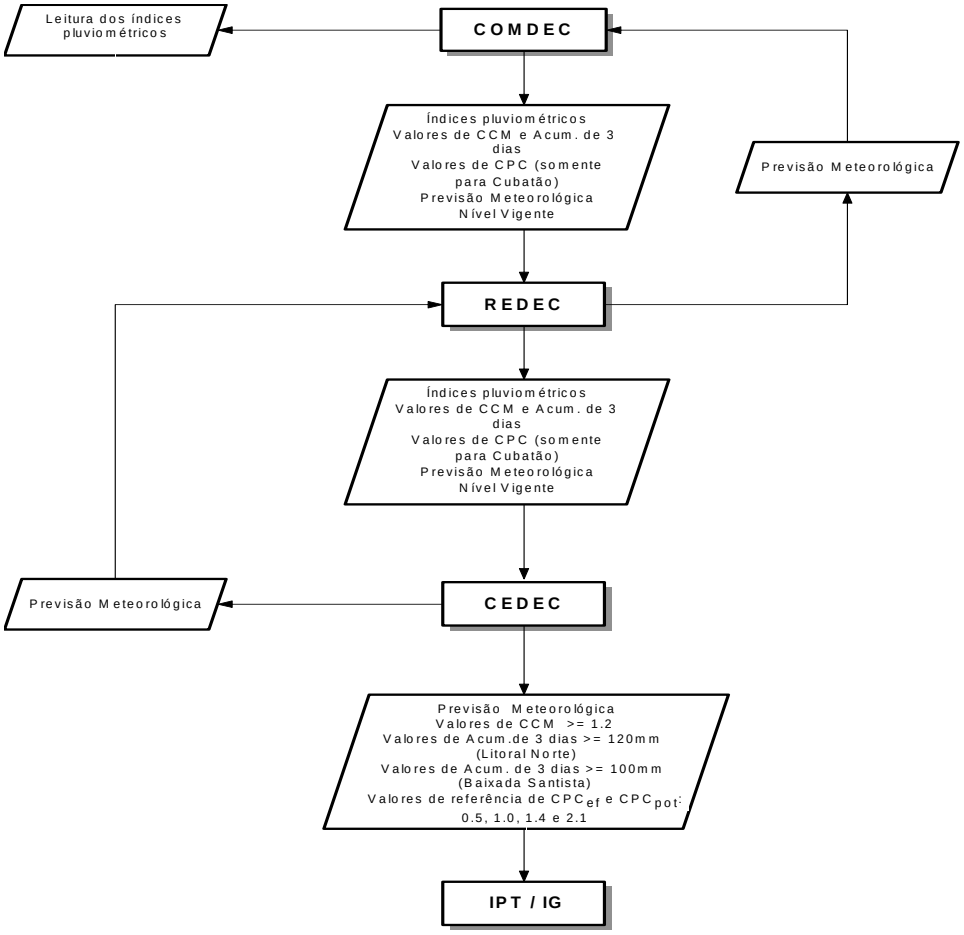


Figura - 8.7.1 - Fluxograma lógico da rotina de operação do PPDC

Tabela- 8.7.1 - Tabelão do PPDC: níveis de alerta e Ações de Defesa Civil preconizadas.

NÍVEL	CRITÉRIOS DE ENTRADAS	CRITÉRIOS DE SAÍDA	COMDEC – Comissão Municipal de Defesa Civil
OBSVAÇÃO	INÍCIO DO PERÍODO DE VIGÊNCIA 01/DEZ/2008	TÉRMINO DO PERÍODO DE VIGÊNCIA 31/MAR/2009	-Elaboração de plano de ação específico para o município; -Dimensionamento dos recursos humanos e materiais para a efetivação do PLANO; -Conscientização da população das áreas de risco; -Obtenção do dado pluviométrico; -Cálculo do acumulado de chuvas em 3 dias; -Cálculo do valor do CCM; -Transmissão a REDEC do dado pluviométrico, CCM, acumulado de chuva em 3 dias e nível vigente; -Avaliação da necessidade de MUDANÇA DE NÍVEL.
ATENÇÃO	Acumulado de chuvas >= 100mm em 3 dias e previsão de chuvas com tendência de LONGA DURAÇÃO de QUALQUER intensidade OU CCM>=1,2 e previsão de chuvas com tendência de LONGA DURAÇÃO e precipitação a partir de MODERADA A FORTE.	Previsão de não ocorrência de chuvas com tendência de LONGA DURAÇÃO de QUALQUER intensidade E Acumulado de chuvas < 100mm em 3 dias e CCM< 1,2 E Consultar IPT e IG através da REDEC, caso a COMDEC julgue necessário	-Declarar MUDANÇA DE NÍVEL; -Comunicar REDEC sobre MUDANÇA DE NÍVEL; -Realizar VISTORIAS de campo visando verificar a ocorrência de escorregamentos e feições de instabilização. Devem ser iniciadas pelas áreas de risco; -Transmissão a REDEC do dado pluviométrico, CCM, acumulado de chuva em 3 dias e nível vigente; -Avaliação da necessidade de MUDANÇA DE NÍVEL.
ALERTA	Registro de trincas, degraus ou qualquer outra feição de instabilidade que indique a possibilidade de escorregamentos observada através de vistoria de campo , tanto nas áreas de risco quanto fora delas.	Previsão de não ocorrência de chuvas com tendência de LONGA DURAÇÃO de QUALQUER intensidade E Restauração dos sistemas de drenagem e recuperação das vias de acesso e circulação E Parecer favorável do IPT e IG, inclusive quanto a uma necessidade de execução do conjunto de medidas previstas neste nível.	-Declarar MUDANÇA DE NÍVEL; -Comunicar REDEC sobre MUDANÇA DE NÍVEL; -Realizar VISTORIAS de campo; -RETIRADA da população das áreas de risco iminente referentes aos locais onde foram registrados evidências de instabilização de encostas ou escorregamentos; -Transmissão a REDEC do dado pluviométrico, CCM, acumulado de chuva em 3 dias e nível vigente; -Agilizar os meios necessários para POSSÍVEL retirada da população das demais áreas de risco; -Avaliação da necessidade de MUDANÇA DE NÍVEL.
ALERTA MÁXIMO	Registro de ocorrência de qualquer escorregamento nas áreas de risco ou em suas proximidades E Previsão de ocorrência de chuvas com tendência de LONGA DURAÇÃO de QUALQUER intensidade.	Previsão de não ocorrência de chuvas com tendência de LONGA DURAÇÃO de QUALQUER intensidade E Restauração dos sistemas de drenagem e recuperação das vias de acesso e circulação E Parecer favorável do IPT e IG, inclusive quanto a uma necessidade de execução do conjunto de medidas previstas neste nível.	-Declarar MUDANÇA DE NÍVEL; -Comunicar REDEC sobre MUDANÇA DE NÍVEL; -Proceder a retirada da população das áreas de risco e demais áreas necessárias; -Transmissão a REDEC do dado pluviométrico, CCM, acumulado de chuva em 3 dias e nível vigente; -Avaliação da necessidade de MUDANÇA DE NÍVEL.

(*) AÇÕES COMPLEMENTARES DEVEM SER DEFINIDAS PELA DEFESA CIVIL

AÇÕES CORRESPONDENTES (*)		
REDEC- Coorden Regional de Defesa Civil	**CEDEC- Coord Estadual de Defesa Civil**	**IPT/IG (órgãos técnicos de apoio)**
-Recepção do dado pluviométrico, CCM, acumulado de chuvas em 3 dias, nível vigente e previsão meteorológica; -Transmissão à CEDEC do dado pluviométrico, CCM, acumulado de chuvas em 3 dias e nível vigente; -Transmissão à COMDEC da previsão meteorológica.	-Transmissão à REDEC, IPT e IG da previsão meteorológica; -Transmissão ao IPT e IG dos valores de CCM >= 1,2 ou acumulado de chuva >= 100mm em 3 dias; -Convocar reunião da Comissão Executiva do Plano Preventivo.	-Manter técnicos em plantão para acompanhamento e análise da situação; -Atender convocação da CEDEC para reunião da Comissão Executiva do Plano Preventivo.
-Recepção do comunicado de MUDANÇA DE NÍVEL; -Comunicar à CEDEC sobre MUDANÇA DE NÍVEL; -Recepção do dado pluviométrico, CCM, acumulado de chuvas em 3 dias, nível vigente e previsão meteorológica; -Transmissão à CEDEC do dado pluviométrico, CCM, acumulado de chuvas em 3 dias e nível vigente; -Transmissão à COMDEC da previsão meteorológica.	-Transmissão à REDEC, IPT e IG da previsão meteorológica; -Transmissão ao IPT e IG da MUDANÇA DE NÍVEL; -Convocar reunião da Comissão Executiva do Plano Preventivo.	-Manter técnicos em plantão para acompanhamento e análise da situação; -Atender convocação da CEDEC para reunião da Comissão Executiva do Plano Preventivo.
-Recepção do comunicado de MUDANÇA DE NÍVEL; -Comunicar à CEDEC sobre MUDANÇA DE NÍVEL; -Recepção do dado pluviométrico, CCM, acumulado de chuvas em 3 dias, nível vigente e previsão meteorológica; -Transmissão à CEDEC do dado pluviométrico, CCM, acumulado de chuvas em 3 dias e nível vigente; -Transmissão à COMDEC da previsão meteorológica.	-Transmissão à REDEC, IPT e IG da previsão meteorológica; -Acionar técnicos do IPT e IG para deslocamento; -Deslocamento de técnicos para acompanhamento da situação e avaliação da necessidade de medidas complementares; -Suplementar os meios logísticos e operacionais para deslocamento dos técnicos do IPT e IG; -Agilizar os meios logísticos e operacionais complementares para as COMDECs quando solicitados; -Convocar reunião da Comissão Executiva do Plano Preventivo.	-Atender o acionamento da CEDEC para deslocamento de técnicos para acompanhamento da situação e avaliação da necessidade de medidas complementares; -Atender convocação da CEDEC para reunião da Comissão Executiva do Plano Preventivo.
-Recepção do comunicado de MUDANÇA DE NÍVEL; -Comunicar à CEDEC sobre MUDANÇA DE NÍVEL; -Recepção do dado pluviométrico, CCM, acumulado de chuvas em 3 dias, nível vigente e previsão meteorológica; -Transmissão à CEDEC do dado pluviométrico, CCM, acumulado de chuvas em 3 dias e nível vigente; -Transmissão à COMDEC da previsão meteorológica.	-Transmissão à REDEC, IPT e IG da previsão meteorológica; -Acionar técnicos do IPT e IG para deslocamento; -Deslocamento de técnicos para acompanhamento da situação e avaliação da necessidade de medidas complementares; -Suplementar os meios logísticos e operacionais para deslocamento dos técnicos do IPT e IG; -Apoio logístico e operacional para as COMDECs; -Convocar reunião da Comissão Executiva do Plano Preventivo.	-Atender o acionamento da CEDEC para deslocamento de técnicos para acompanhamento da situação e avaliação da necessidade de medidas complementares; -Atender convocação da CEDEC para reunião da Comissão Executiva do Plano Preventivo.

OPPDC é um sistema que possibilite a previsão e prevenção dos impactos de escorregamentos e assim tomar medidas que evitem a ocorrência de mortes. O sistema, como visto no Tabelão do PPDC, é baseado no acompanhamento da previsão meteorologica, das chuvas e registro de evidências de

instabilidade das encostas por meio das vistorias de campo e em medidas preventivas (por exemplo, a remoção dos moradores).

Com estas informações (chuvas, meteorologia e vistorias de campo), em conjunto com os demais critérios utilizados, cada COMDEC avalia segundo um mesmo padrão e método e de forma objetiva, a situação do seu município e a necessidade de mudança de nível. Para cada nível são pré-determinadas as ações que cada instituição deve desempenhar.

A seguir são explicados os índices pluviométricos utilizados como referência e a previsão meteorológica.

ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS

Diariamente são coletados dados de chuva nos postos pluviométricos determinados para cada município. Estes dados serão utilizados para calcular os parâmetros pluviométricos (acumulado de chuvas de 3 dias e Coeficiente de Ciclo Móvel-CCM).

- Acumulado de chuvas de 3 dias

A análise de alguns episódios de chuvas que provocaram escorregamentos na região do Litoral de São Paulo, permitiu estabelecer valores de chuvas acumulados em 3 dias para cada município, exceto Cubatão. Estes valores quando atingidos, indicam alta possibilidade de ocorrência de escorregamentos.

Foram definidos como referência: 100 mm para a Baixada Santista e 120 mm para os municípios do Litoral Norte.

- Coeficiente de Ciclo Móvel - CCM

Estudos de correlação de CCM para alguns casos de escorregamentos na Serra do Mar, possibilitaram a determinação de valores de CCM maiores ou iguais a 1,2 como condição potencial à ocorrência de escorregamentos, exceto para Cubatão.

$$CCM = \frac{\text{acumulado de chuva de junho até o dia i}^{(*)}}{\text{acumulado normal de chuva no mesmo período}}$$

(*) Considera-se que o ano pluviométrico se estende de junho de determinado ano até maio do ano subseqüente.

O denominador (acumulado normal de chuva) é obtido pela média histórica de precipitação no posto pluviométrico. Para cada período de análise, a partir de junho, é definido um valor pluviométrico "normal" (média histórica). Assim, valores de CCM maiores que 1 indicam períodos mais chuvosos em relação ao histórico pluviométrico do posto considerado. Da mesma forma, CCM menores que 1 indicam períodos menos chuvosos que o normal.

-Coeficiente de Precipitação Crítica (CPC) (apenas para Cubatão)

É subdividido em: CPC efetivo, calculado a partir de índices de chuva registrados nos postos pluviométricos; e CPC potencial, calculado a partir de índice de chuva estimado com base na previsão meteorológica e índices de chuva registrados nos postos pluviométricos. Os valores de CPC efetivo e potencial adotados no PPDC são: 0,5; 1,0; 1,4 e 2,1.

Para facilitar o cálculo dos índices pluviométricos foi montada uma ficha de acompanhamento pluviométrico. De 1988, início de operaçào do PPDC até hoje, os dados de chuvas são obtidos de leituras de totais diários de pluviometros convencionais, não automáticos. A seguir apresentam-se as etapas de preenchimento da ficha de acompanhamento pluviométrico que é feita todo dia pela COMDEC:

1) ao iniciar-se cada nova Ficha de Acompanhamento Pluviométrico (todo mês), deve-se calcular o acumulado de chuva de junho do ano corrente até o mês anterior (lançar na coluna C) através da soma dos totais pluviométricos mensais.

2) obter diariamente a leitura da chuva do posto pluviométrico indicado e lançar na coluna A.

3) calcular o acumulado móvel, que consiste na soma das leituras de chuvas do 1º dia do mês até o dia corrente (inclusive) e lançar na coluna B (o último dado corresponde ao acumulado do mês).

4) obter o acumulado de junho até o dia corrente através da soma dos dados das colunas B e C e lançar na coluna D.

5) calcular o CCM do dia (coluna F), dividindo o valor da coluna D pelo valor da coluna E (valores normais já fornecidos).

6) calcular o acumulado de chuvas dos 3 últimos dias (coluna G), somando a leitura do dia corrente às leituras dos 2 dias anteriores.

PREVISÃO METEOROLÓGICA

A ocorrência de chuvas moderadas e fortes associadas aos Sistemas Meteorológicos (Frontais, Linhas e Áreas de Instabilidade, etc.) com tendência de longa duração, é condição potencial para que ocorram escorregamentos. A Previsão Meteorológica é uma informação valiosa, pois além de indicar as condições adversas de tempo e tipo de precipitação que pode ocorrer num dado período e região, ainda é subsídio para os cálculos dos Coeficientes de Precipitação Crítica (CPC) para a área de Cubatão. A CEDEC reunindo várias informações meteorológicas, elabora dois Boletins Meteorológicos diários em dois horários diferentes, que são repassados aos municípios e demais instituições.

Serviço de Monitoramento e Previsão do Tempo

Convênio: Casa Militar e Fundação da Universidade de São Paulo

Execução: Somar Meteorologia

Responsável Técnico: Marcos Massari – CREA nº 50609676-41

1- Tecnologias Utilizadas

A SOMAR Meteorologia aplica nas suas rotinas operacionais técnicas de previsão de tempo, geradas a partir da utilização de modelos numéricos de previsão de tempo, imagens de satélites, radares meteorológicos e dados observacionais.

As informações são obtidas junto aos principais centros de meteorologia nacionais e internacionais, com destaque para o CPTEC (Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos), NCEP (National Center Environment and Prediction), IAG-USP (Instituto Astronômico e Geofísico), FCTH-USP (Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica).

1.2 - Modelos Numéricos de Previsão do Tempo

- são utilizados os modelos globais (escala 200km X 200km) do CPTEC e NCEP, atualizados duas vezes ao dia (rodada das 00Z e 12Z);
- o modelo regional RAMS (Regional Atmospheric Meteorological System) do IAG-USP com rodadas diárias, nas três resoluções: 40 km, 20 km e 5 km, sendo esta última centrada para o Estado de São Paulo;
- modelos derivados que simulam índices de tempestades severas e queimadas a partir dos resultados obtidos pelo CPTEC, NCEP e RAMS, para as localidades específicas de cada REDEC.

1.3- Imagens de Satélites

A cada hora são recebidas imagens do Satélite Goes 8, no canal infravermelho, da América do Sul e a cada meia hora imagens setorizadas do Estado de São Paulo e áreas adjacentes.

1.4- Radares Meteorológicos

Para as imagens do Radar do CTH é facultada a utilização a 5 minutos, considerando uma defasagem de 10 minutos entre processamento e disponibilização da referida imagem.

No caso dos radares do IPMet (Bauru e Presidente Prudente), o acesso é feito a cada meia hora, considerando também uma defasagem de 15 minutos.

1.5- Dados Observacionais

Informações meteorológicas (METAR) horárias dos principais aeroportos da América do Sul e em especial do Estado de São Paulo. Alternativamente, também são utilizadas informações da Rede Hidrometeorológica do CTH.

1.6- Monitoramento Climático

Tendo como base o constante acompanhamento das variáveis atmosféricas e oceânicas e utilizando os resultados dos modelos climáticos dos centros internacionais e do CPTEC é feita uma análise da tendência para os três meses seguintes. Nesses boletins são divulgadas informações sobre a evolução de eventos climáticos e suas implicações para o Estado de São Paulo.

2. Rotina Operacional da CEDEC/CGE

2.1- Plantões

Período de normalidade: duas meteorologistas que se revezam em plantões de 12x36h, diariamente das 7 às 19 h, de domingo a domingo. Durante o restante do período a Somar coloca a disposição da CEDEC plantão 24 horas para casos de emergência pelo seguinte telefone: (11) 99421079.

Período do PPDC: serviço de meteorologia durante 24 horas, de domingo a domingo, através do telefone: (11) 37453348, com base na CEDEC/CGE

2.2. Boletins Diários e Alertas

- 1 boletim com previsão para o mesmo dia (período da tarde/noite)
- 1 boletim com previsão para 5 dias
- 1 boletim com previsão para o dia seguinte (período manhã/tarde)

Nos boletins acima são feitas uma análise das condições atmosféricas e divulgadas previsões com duração e intensidade das chuvas, nebulosidade, vento e temperatura.

Durante a vigência do PPDC são confeccionados diariamente mais 2 boletins exclusivos para os Municípios participantes (Santos, São Vicente, Cubatão, Guarujá, Ilhabela, São Sebastião, Caraguatatuba e Ubatuba).

Quando se observa a formação de chuvas fortes de origem convectiva, comuns no verão e que trazem prejuízos e transtornos à população, são emitidos Boletins de ALERTA reforçando as previsões e alertando para as possíveis conseqüências.

2.3. Sistema de Comunicação

Todas as informações geradas na CEDEC são disponibilizadas na home-page exclusiva (http://www.defesacivil.cmil.sp.gov.br).

Os boletins diários são repassados para as REDECs (via e-mail ou fax) e outros usuários, como Centro

de Operações da Polícia Militar, Centro de Operações do Corpo de Bombeiros, Comando de Policiamento Rodoviário, Grupamento de Radiopatrulhamento Aéreo, Saneamento Básico de São Paulo, Empresa Metropolitana de Águas e Energia, Companhia de Engenharia e Tráfego e outros.

Os boletim com previsões para 5 dias são distribuídos para as REDECs, Casa Militar e Assessorias de Governo.

Durante o PPDC, os boletins também são transmitidos via pager para o IPT e IG.

CAPÍTULO 9 CUSTO E BENEFÍCIO DE GESTÃO ESCORREGAMENTOS

9.1 Custo para escorregamentos plano diretor de gestão

(1) Custo unitário de obras e custo dos empreendimentos

Na tabela 9.1.1 abaixo se demonstra os custos de obras de construção e custo de empreendimentos (incluem de consultoria. administrativas. Contingência física e Reajuste de preços).

Tabela - 9.1.1- Custo de medidas estruturais de desastres de escorregamentos

Classificação por nível de risco	Qtde de lugares	Custo da obra R$(x10^3)	Despesa de Consultoria (10% custo da obra) R$ (x10^3)	Despesa Administrativa (3% do custo de obras) R$ (x10^3)	Contingência física (10% do custo da obra) R$ (x10^3)	Reajuste de preços (4% do custo de obras) R$ (x10^3)	Custo de empreendimento R$ (x10^3)
Nível de risco alto Valor da perda anual potencial (maior do que R$ 500 mil)	13	14.514	1.451	435	1.451	798	18.650
Nível de risco médio Valor da anual potencial (entre R$50 e 500 mil)	54	27.528	2.753	826	2.753	1514	35.374
Total	67	42.042	4.204	1.261	4.204	2312	54.024

Fonte: Equipe de Estudo da JICA

(2) Sistema de alerta e alarme dos desastres de escorregamentos e enchentes rápidas

Na tabela 9.1.2 demonstra-se os custos estimados dos pluviômetros equipamentos de transmissão GPRS e de instalação.

Tabela - 9.1.2 - Custos de pluviômetros, transmissão GPRS e de instalação

Discriminação	Quant.	Unid.	Valor Unitário (R$)	Custo (R$)
Estação Pluviométrica	53	Unid.		
Equipamentos	53	Unid.	19.800	1.049.400
Servidores de Dados e Licenças de Banco de Dados	3	Unid.	100.60	100.600
Subtotal				1.150.000
Rádio base / repetidora de dados VHF				
Equipamentos	10	Unid.	110.000	1.100.000
Servidores para link com internet e Sistema de Internet via satélite	3	Unid.	16.667	50.000
Subtotal				1.150.000
Sistema de alerta e alarme de escorregamentos e enchentes bruscas, transmissão e armazenamento desses dados.	1	Unid.	1.700.000	1.700
TOTAL				4.000.000

Fonte: Equipe de estudos da JICA

Despesa anual de manutenção do sistema de processamento de dados foi estabelecida como sendo 5% da despesa de desenvolvimento do sistema.

9.2 Custo para medidas estruturais de 13 sítios prioritários pelo estudo de viabilidade

As medidas estruturais para os escorregamentos serão implementados nos 13 locais prioritários (com perda potencial anual de mais de R$ 500.000,00). Na tabela seguinte, indica-se os custos diretos de cada obra:

Tabela -9.2.1- Custo Direto da Medidas estruturais para escorregamento

Prioridade	Locais	Custo Direto R$ (x 10^3)
1	Rota SC 302 Taio-Passo Manso-5	387
2	Rota SC470 Gaspar River Bank	2.062
3	Blumenau- Av. Pres Casrelo Branco	2.849
4	Rota SC418 Blumenau – Pomerode	1.851
5	Rota SC474 Blumenau-Massaranduba 2	3.724
6	Rota Gaspar - Luiz Alves. Gaspar 9	3.399
7	Rota Gaspar - Luiz Alves. Luiz Alves 6	1.448
8	Rota SC470 Gaspar Bypass	2.768
9	Rota SC477 Benedito Novo - Doutor Pedrinho 1	1.026
10	Rota SC418 Pomerode - Jaraguá do Sul 1	878
11	Rota Gaspar - Luiz Alves. Luiz Alves 4	3.726
12	Rota SC474 Blumenau-Massaranduba 1	515
13	Rota SC 302 Taio-Passo Manso 4	1.173
Total		**25.806**

Fonte: Equipe de Estudo da JICA

9.3 Estruturação do Sistema de alarme/alerta dos desastres de escorregamento e enxurradas

O custo direto desta intervenção são compostos de seguintes:

- Aquisição e instalação de Pluviométrico, Comunicação GPRS e Antena VHF
- Aquisição e instalação de Radio, VHF Transmissão de dados

Na Tabela seguinte, indica-se o custo direto:

Tabela - 9.3.1 - Custo de equipamento e instalação de pluviométrico, GPS comunicação e Antena VHF

	Equipamento	Custo Unitário (R$)	Quant.	Custo (R$)
1	Datalogger (cada município)	3.000	53	159.000
2	Modem GPRS	800	53	42.400
3	Radio modem	1.600	53	84.800
4	Antena GPRS	120	53	6.360
5	Antena VHF	350	53	18.550
6	Caixa protetora Ambiental	500	53	26.500
7	Bateria	100	53	5.300
8	Controlador de Carga	250	53	13.250
9	Painel Solar 20W	650	53	34.450
10	Pluviômetro	3.500	53	185.500
11	Suportes e acessórios necessários para montagem da estação em campo	1.800	53	95.400
12	Cercado para Estações	1.000	53	53.000
13	Instalação das Estações em Campo	1.500	53	79.500
14	Computadores	4.600	53	243.800
15	Servidores de Dados	32.800	1	32.800
16	Licenças de Banco de Dados	29.520	1	29.520
		Total		**1.110.130**

Fonte: Equipe de Estudo da JICA

Tabela -9.3.2- Custo de Instalação e equipamentos de transmissão de dados pelo VHF

	Discriminação das despesas	Custo Unitário (R$)	Quant.	Custo (R$)
		48.500	10	485.000
1	Enlace de rádio (pares) com proteções . cabos. conectores	25.000	10	250.000
2	Radio Base- Recepção das estações	2.500	10	25.000
3	Conjunto de baterias 300 Ah	8.000	10	80.000
4	Painéis Solares 450w c suporte	2.000	20	40.000
5	Antenas para enlace com cabo	1.500	10	15.000
6	Antenas para radiobase com cabo	3.000	10	30.000
7	Sistema de Gerenciamento de energia	5.000	10	50.000
8	Rack padrão	7.000	10	70.000
9	Torre 18 metros com para-raios	6.000	3	18.000
10	Servidores para link com internet	2.000	3	6.000
11	Sistema de Internet via satélite	9.000	10	90.000
		Total		**1.159.000**

Fonte: Equipe de Estudo da JICA

Tabela - 9.3.3 - Custo do serviço de engenharia na estruturação do sistema de alarme/alerta de desastres de escorregamentos e enxurradas

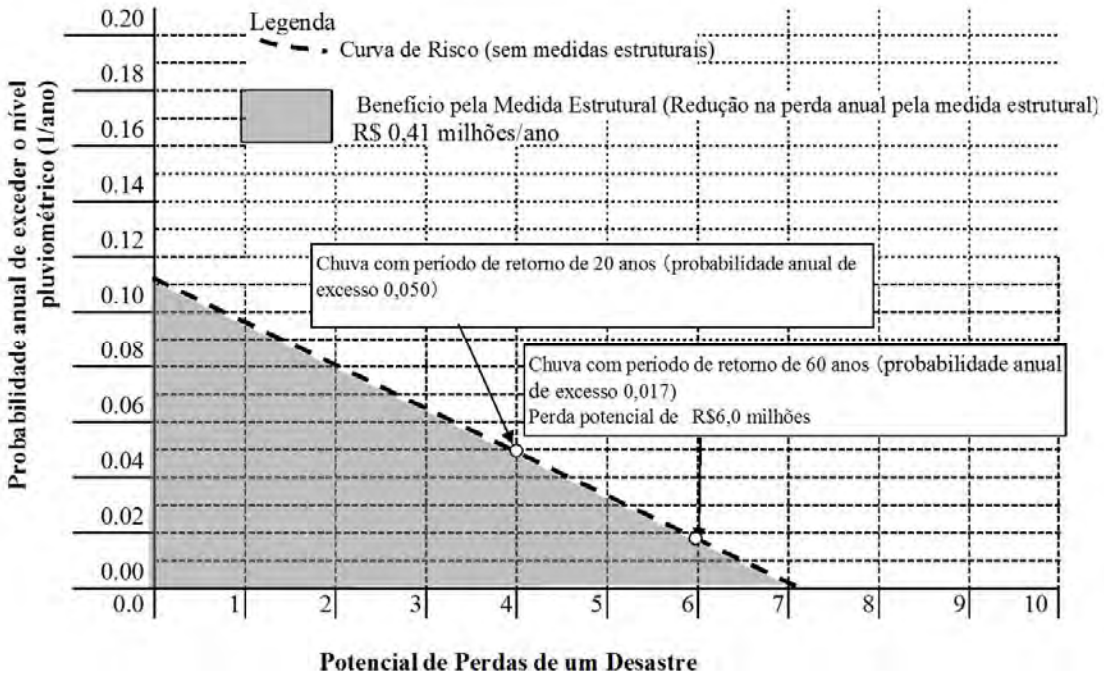
	Item	Unidade	Custo Unitário (R$)	Quant.	Custo (R$)
1	Analista de Negócio	Hora	164	960	157.440
2	Analista de Sistemas	Hora	115	3.840	441.600
3	Analista/Desenvolvedor	Hora	82	9.600	787.200
4	Administrador de Banco Dados	Hora	115	960	110.400
5	Administrador de Rede	Hora	115	960	110.400
6	Apoio Administrativo	Hora	66	800	52.800
7	Banco de Horas	Hora	197	120	23.640
	Total				**1.683.480**

Fonte: Equipe de Estudo da JICA

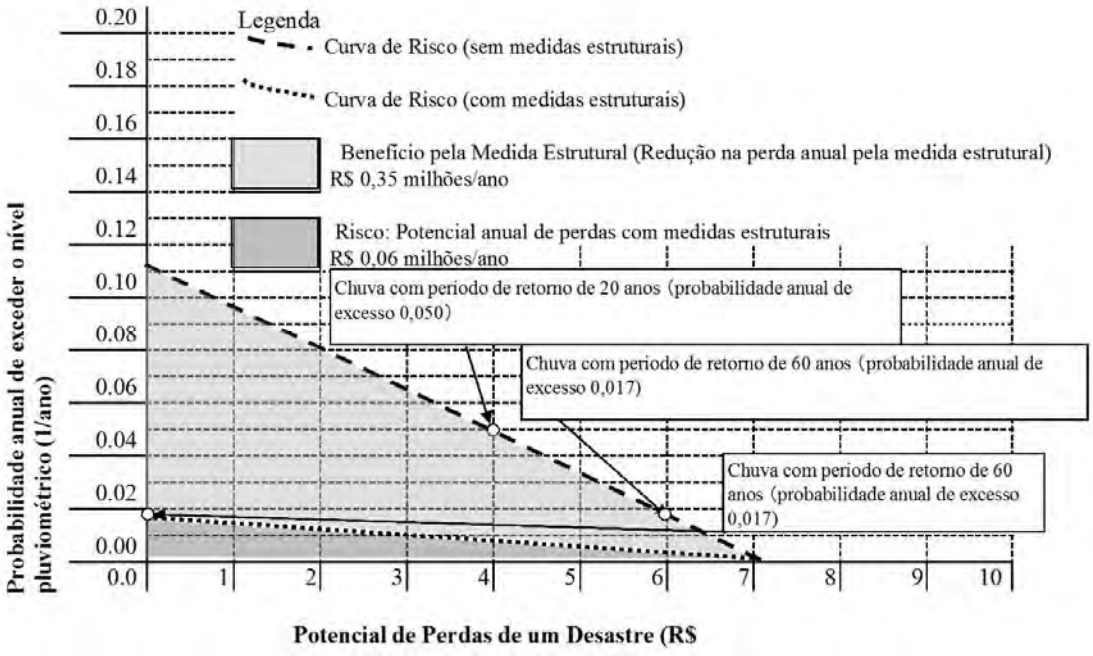
9.4 Análise de Custo e Benefício das Medidas Estruturais para Desmoronamento de Terra

Os 13 principais locais com potencial de risco de desmoronamento de terra (perdas potenciais anual de mais de R$500.000) foram selecionados para o estudo da viabilidade da medida. O alvo de segurança da medida estrutural é garantir a funcionalidade completa da infraestrutura e/ou construções/áreas contra tempestades com período de retorno de 60 anos, ou tempestades com nível de Novembro de 2008 nas municipalidades de Blumenau (as quais se referem às 'tempestades de 60 anos'). Todos os locais prioritários são encostas de estradas, e as medidas estruturais serão planejadas para suportar o tráfico em toda largura da estrada para uma tempestade de 60 anos.

O benefício anual da medida estrutural é avaliado utilizando a curva de risco em relação ao gráfico da probabilidade anual de exceder o nível pluviométrico e perdas do evento de desastre, como mostrado na Figura 11.2X. O benefício anual das medidas estruturais é calculado através da área entre a curva de risco com ou sem as medidas estruturais no gráfico. A curva de risco com as medidas estruturais é desenhada a partir do ponto no eixo x com 0 perdas potenciais de um evento de desastre, e do eixo y para exceder o nível pluviométrico anual com 0,017 de probabilidade (probabilidade de 60 anos) até o ponto no eixo x de potencial máximo de perdas de um evento de desastre, eixo y para um excesso anual de 0 de probabilidade.



Sem Medidas Estruturais



Com Medidas Estruturais

Fonte: Equipe de Pesquisa da JICA

Figura -9.4.1- Exemplo do benefício das medidas estruturais de escorregamento

Os indicadores da taxa de custo/benefício (BCR), Valor Presente da Rede Econômica (ENPV), é a taxa econômica interna de retorno são calculadas pelo desconto na taxa de 12% com 20 anos de período mínimo de funcionamento da obra, o quais são utilizados para a avaliação de investimento das estradas do DEINFRA.

O índice de custo e benefícios para os 13 principais locais com potencial de risco de desmoronamento de terra são mostrados na Tabela 9.5.1.

Tabela - 9.4.1 - Principais locais com potencial de risco de desmoronamento de terra

No. of priority order	Site	Potencial Anual de Perdas (R$ x 10^3/ano)	Custo Total (Direto e Indireto) (R$ x 10^3)	Benefício: Redução no Potencial Anual de Perdas (R$ x 10^3/year)	Feasibility index		
					BCR: Taxa de Benefício e Custo	ENPV: Valor Presente da Rede Econômica (R$ 10^3)	EIRR: Taxa de Retorno Econômico Anual (%)
1	Rodovia SC 302 Taió-Passo Manso-5	1,255	542	1,062	14.6	7,388	196
2	Rodovia SC470 Leito do Rio Gaspar	1,095	2,810	581	1.5	1,533	20
3	Blumenau –Av Pres Castelo Branco	1,021	3,883	654	1.3	1,002	16
4	Rodovia SC418 Blumenau - Pomerode	989	2,522	841	2.5	3,763	33
5	Rodovia SC474 Blumenau-Mass aranduba 2	907	5,075	641	0.9	-286	11
6	Rodovia Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 9	774	4,664	653	1.0	215	13
7	Rodovia Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 6	700	1,974	591	2.2	2,440	30
8	Rodovia SC470 Passagem para Gaspar	689	3,772	402	0.8	-768	9
9	Rodovia SC477 Benedito Novo - Doutor Pedrinho 1	680	1,399	575	3.1	2,894	41
10	Rodovia SC418 Pomerode-Jaragua do Sul 1	651	1,210	553	3.4	2,916	46
11	Rodovia Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 4	629	5,078	532	0.8	-1,107	8
12	Rodovia SC474 Blumenau - Massaranduba 1	601	702	425	4.5	2,470	60
13	Rodovia SC 302 Taió - Passo Manso 4	526	1,599	446	2.1	1,734	28
Total de 13 locais de risco		10,516	35,231	7,956	1.7	24,196	22

Fonte: Equipe de Pesquisa da JICA

CAPÍTULO 10 RECOMENDAÇÕES PARA MEDIDAS DE MITIGAÇÃO DOS DESASTRES DE ESCORREGAMENTO

Instalação do sistema de alerta/alarme de desastres de escorregamentos e enchentes bruscas:

i) A região objeto de estudo do plano diretor é a Bacia do Rio Itajaí, porém, a proposta é implementar o sistema para todo o estado de Santa Catarina e racionalizar os custos de desenvolvimento do sistema. Em todos os municípios existem diferenças quanto aos riscos, porém os riscos de escorregamentos e de enchentes bruscas existem em qualquer município, então a proposta é instalar pelo menos 1 pluviômetro em cada município.

ii) O índice de referência pluviométrica para o sistema de alerta e alarme deverá ser índice de precipitação horária (por exemplo, precipitação de 30 minutos), ou seja, o valor de referência não seria índice conjugada de dois valores (por exemplo, precipitação de 90 dias e 48 horas), é desejável um único valor que possa expressar esse índice. Se adotar um único valor numérico, vai possibilitar a análise para avaliar o valor de referência com o grau de riscos em tempo de recorrência. Na ocorrência da necessidade de enviar o comunicado de alarme à população, é essencial que a mensagem seja bem realista e a população sinta a iminência de perigo.

iii) Este sistema é novo e deve ser implantado e quando houver necessidade de disparo do alarme, a ação de contingência e evacuação será o mesmo do sistema de alerta e alarme de enchentes.

iv) O município deverá determinar o local iminente de riscos de desastres de escorregamentos e enchentes bruscas, estabelecerem previamente a rota de fuga quando for disparado o alerta ou alarme, realizar os treinamentos da população e instituições correlatas e estar preparado para evacuação sem problemas e garantir a vida humana. O mapa de risco detalhado que a Prefeitura de Blumenau está elaborando servirá de material básico eficiente para esse sistema. Na cidade de Ilhota está elegendo pessoas responsáveis para comunicação e ação de contingência para cada bairro, preparando para a situação dos desastres, esse tipo de ação deverá ser estendido para outras cidades.

Desastres relacionados com os projetos de construção, técnicas de medidas de redução da produção de sedimentos e fortalecimento da gestão:

- Fortalecimento da fiscalização dos projetos executados pelos empreendedores (estado e prefeitura) em relação à estabilização de encostas da área de construção e prevenção de produção de sedimentos e existe necessidade de realizar os treinamentos dos técnicos do governo estadual que atuam em projetos de construção e gerenciamentos de obras.
- Em relação às instalações de prevenção das enchentes normais e bruscas nas áreas de loteamento onde aumenta o escoamento superficial de águas pluviais, deverá estabelecer os critérios técnicos e realizar a orientar os técnicos da administração pública.

Racionalização das medidas estruturais:

- As medidas estruturais de desastres de escorregamentos e medidas estruturais de redução da produção de sedimentos devem ser implementadas em conjunto. Nas áreas degradadas e permanecem nuas e encostas de rodovias deverão estabilizar as encostas implementando projetos de revestimento vegetal, plantio de vegetação arbóreas onde não há perigo de queda de árvores, plantando diversas vegetações arbóreas e introduzir medidas de mudanças climáticas que contribuirão no processo de fixação do carbono. As medidas eficientes contra a produção de sedimentos são reflorestamentos das áreas degradas e estão nuas e recuperação das matas ciliares às margens dos rios para prevenção das erosões. Tendo como principal objetivo a preservação dos recursos hídricos, florestas e meio ambiente, esses projetos múltiplos irão contribuir também para a mitigação de desastres de escorregamentos. Deverá implementar os programas de recuperação da mata ciliar, programa de preservação das áreas de mananciais que fazem parte do plano diretor de recursos hídricos, elaborado pelo Comitê da Bacia do Itajaí em 03/2010.
- Dentro da Bacia do Rio Itajaí, o Porto de Itajaí tem sofrido maior prejuízo econômico devido ao assoreamento do leito de rio com muita freqüência. Porém o volume de transporte e deposição dos sedimentos e o volume de dragagem nunca foram calculados. Há necessidade

de calcular esses volumes e esclarecer o mecanismo de deposição de sedimentos, incluindo o transporte de sedimentos pela maré. Uma das idéias seria solicitar pesquisas e experimentos hidrológicos para a Universidade UNIVALI. Baseado nesse resultado deverá formular medidas eficientes de redução de sedimentos e areias na área do Porto de Itajaí.