

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES
AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES - ANTT
SUPERINTENDÊNCIA DE EXPLORAÇÃO DA INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA - SUINF

Rodovia: PR-151

Trecho: rodovias federais BR-153, BR-277 e BR-369 e as estaduais PR-092, PR-151, PR-239, PR-407, PR-408, PR-411, PR-508, PR-804 e PR-855 que percorrem 27 cidades do Estado, incluindo a capital Curitiba

Extensão: 605 km

Código PNV: -

PROJETO DE RECUPERAÇÃO DE TALUDE
km 236+600 (Pista Oeste)

VOLUME 1 – RELATÓRIO TÉCNICO
(ELP-151PR-236+600-TAL-EXO-RT-V1-001-R00)
MAIO/2025



Código:
ELP-151PR-236+600-TAL-EXO-RT-V1-001

Rev.:
R00

Emissão:
30/05/2025

Folha:
1/50

Lote:

2

Rodovia:

PR-151

Responsável Técnico, CREA e Firma Projetista:

**C. Vinicius Benjamim - CREA: 5061115951/D
ENG Consultoria e Projetos**

Trecho:

Rodovia Estadual PR-151

Concessionária:

EPR – LITORAL PIONEIRO

Objeto:

**Projeto de Recuperação de Talude
km 236+600 (Pista Oeste)
VOLUME 1 – RELATÓRIO TÉCNICO**

ANTT:

Documentos de Referência:

Documentos Resultantes:

Observação:

00	30/05/2025	C.V. Benjamim – ENG Consultoria	EPR Litoral Pioneiro	
REV.	Data	Responsável Técnico – Firma Projetista	Concessionária	ANTT

Firma Projetista: **ENG. CONSULTORIA E PROJETOS S/S LTDA.**

Nº Interno: **ELP-151PR-236+600-TAL-EXO-RT-V2-001**

Rev.: **00**

SUMÁRIO

1.	APRESENTAÇÃO	3
2.	MAPA SITUAÇÃO	3
3.	MATERIAL DE REFERÊNCIA.....	5
4.	CARACTERIZAÇÃO LOCAL.....	5
5.	CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA	8
6.	PARÂMETROS DE CÁLCULO UTILIZADOS.....	18
7.	SOLUÇÃO TÉCNICA ADOTADA.....	20
8.	INTERFERÊNCIAS	33
9.	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	33
10.	ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	35
11.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
	ANEXO - BOLETINS DE SONDAGEM	37

1. APRESENTAÇÃO

A EPR Litoral Pioneiro, empresa do grupo EPR, é a concessionária responsável por administrar os 605 quilômetros de rodovias das regiões do Litoral, Campos Gerais e Norte Pioneiro no Paraná. Estão sob sua administração as rodovias federais BR-153, BR-277 e BR-369 e as estaduais PR-092, PR-151, PR-239, PR-407, PR-408, PR-411, PR-508, PR-804 e PR-855 que percorrem 27 cidades do Estado, incluindo a capital Curitiba.

O presente relatório se refere ao ponto de projeto localizado na PR-151, km 236+600 (Pista Oeste), no município de Piraí do Sul/PR.

Os volumes que integram o presente projeto de estabilização são:

- Volume 1 – Relatório Técnico.
- Volume 2 – Projetos.
- Volume 3 – Esquema Construtivo.

O presente Volume 1 apresenta o memorial descritivo dos estudos e projetos, especificações técnicas e planilhas de quantidades.

2. MAPA SITUAÇÃO

A **Figura 1** apresenta o mapa de situação e localização do ponto de projeto.

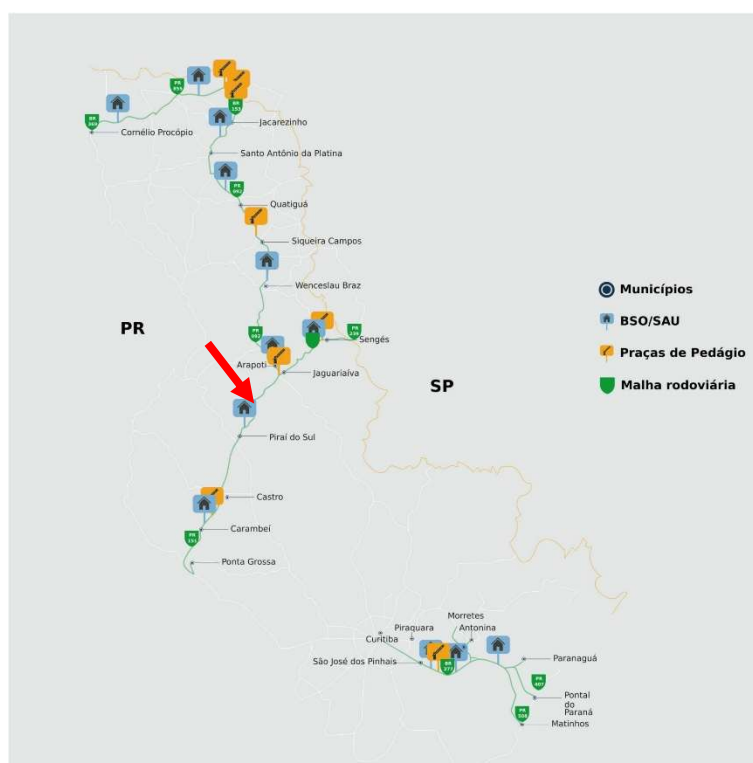
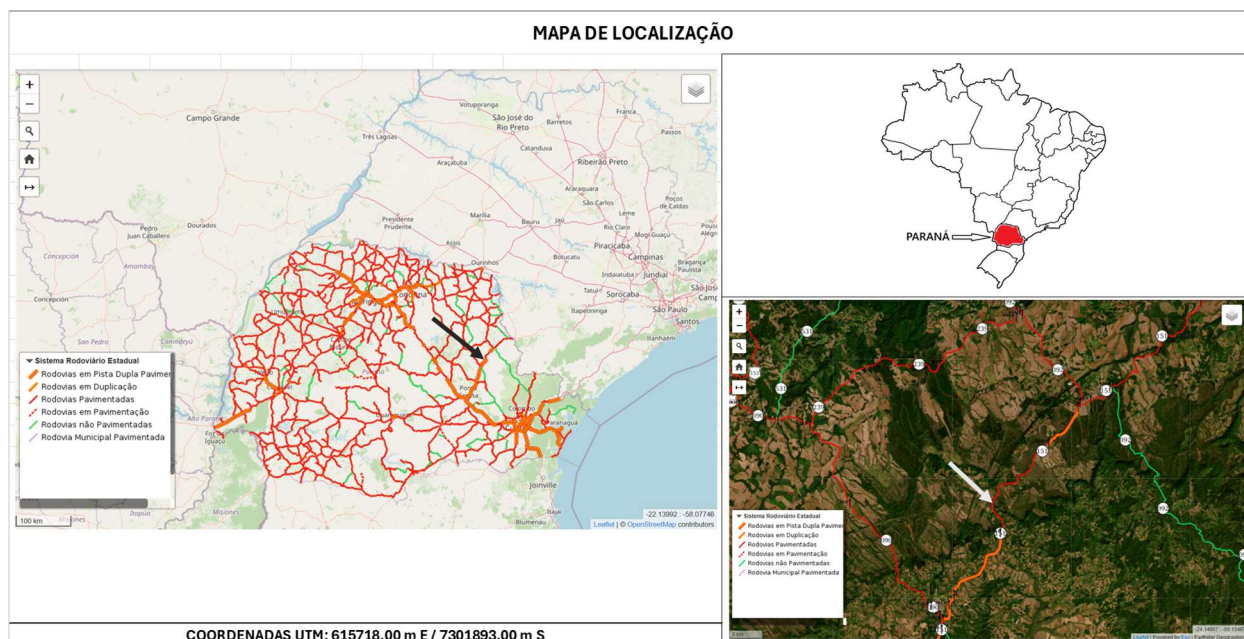


Figura 1. Localização do ponto de projeto.

3. MATERIAL DE REFERÊNCIA

- ✓ Sondagens mistas realizadas pela empresa Suporte, em fevereiro e março de 2025;
- ✓ PL ING 006-25_KM236+500_R01.dwg: Levantamento topográfico.

4. CARACTERIZAÇÃO LOCAL

O sinistro registrado corresponde a ruptura do talude de aterro, a qual foi acompanhada pela falha do sistema de drenagem superficial.

Verificam-se condições de difícil acesso para equipamentos e máquinas na região do pé do talude, em função das limitações impostas pela topografia local.

A origem da ruptura aparenta estar associada à ocorrência de chuvas de alta intensidade no período, fator que possivelmente contribuiu para a instabilização do talude e a sobrecarga dos dispositivos de drenagem existentes.

Como ponto de observação, no local já foram adotadas medidas emergenciais pela concessionária para mitigar os impactos da ruptura e garantir a segurança viária. Sendo instalada uma barreira de proteção provisória, composta por sacarias ou barreiras de CBUQ, com o objetivo de impedir que a água escoe diretamente sobre a região instabilizada. Para minimizar a exposição do talude às intempéries e reduzir o risco de agravamento da situação, foi aplicada uma cobertura de lona plástica, funcionando como uma barreira temporária contra infiltrações. Complementando essas ações, foi implantada sinalização provisória no trecho, alertando os usuários da rodovia sobre a condição da via na região do acostamento e garantindo maior segurança ao tráfego. Essas medidas emergenciais foram implementadas imediatamente após a identificação do sinistro, visando mitigar riscos. O local segue sob monitoramento contínuo até a execução da solução técnica indicada no projeto executivo.

As figuras a seguir apresentam os registros fotográficos realizados durante a vistoria em 22 de janeiro de 2025. Na **Figura 2** a **Figura 13**, são indicados os registros fotográficos da ruptura.



Figura 2. Detalhe do talude vistoriado. **Figura 3.** Detalhe do talude vistoriado.



Figura 4. Detalhe do talude vistoriado. **Figura 5.** Detalhe do talude vistoriado.



Figura 6. Detalhe do talude vistoriado.



Figura 7. Detalhe do talude vistoriado.



Figura 8. Detalhe do talude vistoriado.



Figura 9. Detalhe do talude vistoriado.



Figura 10. Detalhe do talude vistoriado.



Figura 11. Detalhe do talude vistoriado.



Figura 12. Detalhe do talude vistoriado.



Figura 13. Detalhe do talude vistoriado.

5. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA

5.1. Contexto geomorfológico

De acordo com o Mapa de Geodiversidade do Estado do Paraná (CPRM, 2015), a obra será executada em área de domínio geológico ambiental de coberturas sedimentares e vulcanossedimentares mesozoicas e paleozoicas pouco a moderadamente consolidadas, associadas a grandes e profundas bacias sedimentares do tipo sinéclise (ambientes deposicionais: continental, marinho, desértico, glacial e vulcânico) – DSMVMP e unidade

geológico-ambiental de predomínio de sedimentos arenosos mal selecionados (DSVMPa), de colinas amplas e suaves (23).

A **Figura 14** apresenta o domínio e a unidade geológico-ambiental do local da obra de acordo com o Mapa da Geodiversidade do Estado do Paraná.

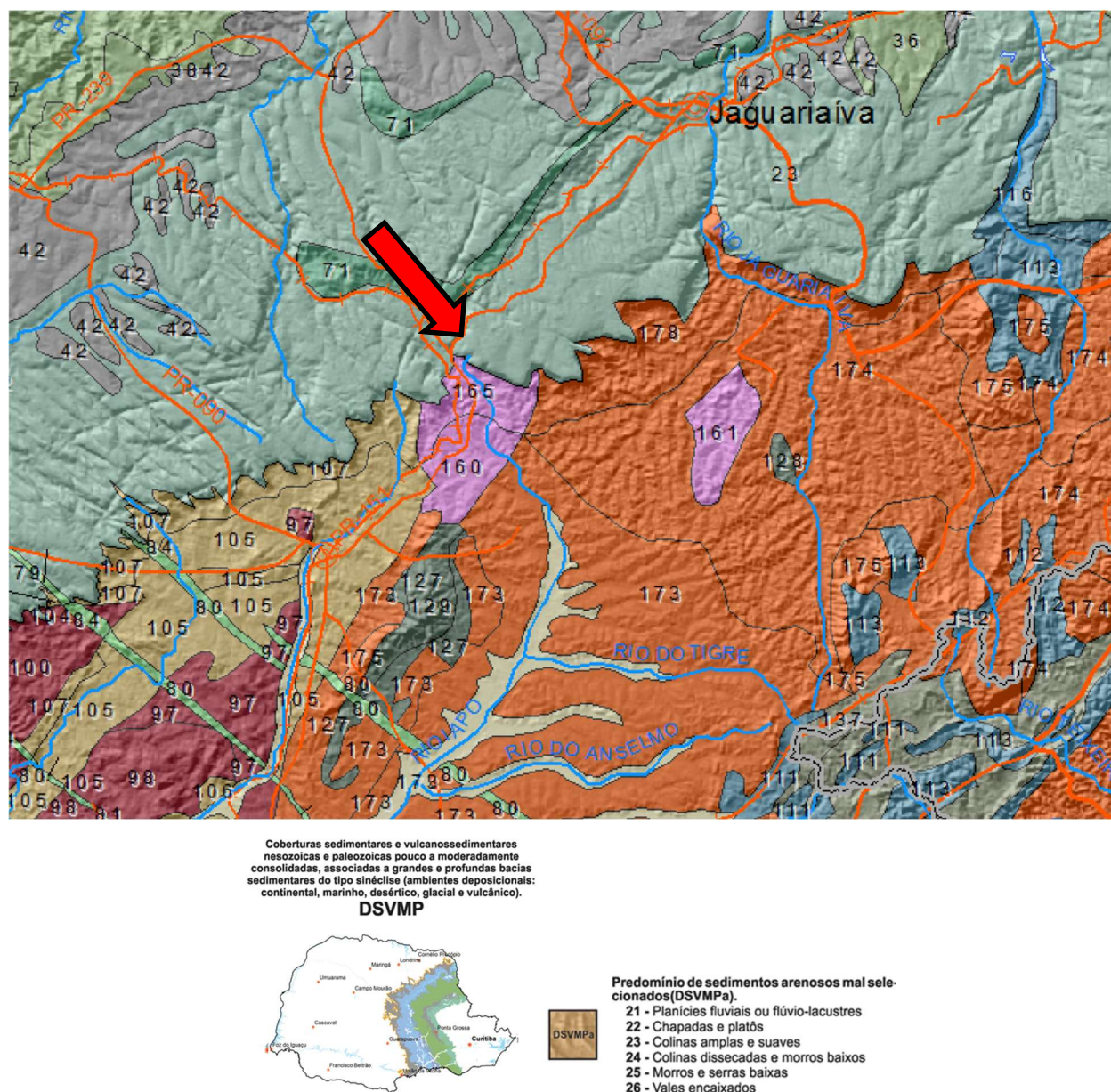


Figura 14. Domínio e Unidade geológico-ambiental da região da obra (Fonte: Extraído e adaptado do Mapa de Geodiversidade do Estado do Paraná - CPRM, 2015).

As unidades geológico-ambientais que compõem o domínio DSVMP são constituídas por coberturas sedimentares e vulcanossedimentares na forma de intercalações de camadas

horizontalizadas a sub-horizontalizadas das mais variadas espessuras de sedimentos clastoquímicos, diferentemente consolidados e que foram depositados em diversos ambientes tectonoclimáticos. As rochas sedimentares foram depositadas em ambientes glacial, continental, marinho e desértico desde o Carbonífero, há cerca de 360 milhões de anos, até o Jurássico, cerca de 145 milhões de anos, em uma grande bacia sedimentar denominada Bacia do Paraná. Essas rochas sedimentares apresentam diferentes composições e tanto podem ocorrer formando espessos e extensos pacotes, com predomínio de uma das litologias, como intercalados irregularmente entre si na forma de finas camadas.

São depósitos que apresentam grande heterogeneidade litológica vertical, podendo haver predomínio de rochas areníticas, siltico-argilosas, folhelhos ou calcários.

A unidade DSVMPa ocorre próximo à área urbana de Lapa, Carambeí, Jaguariaíva, Ponta Grossa, Porto Amazonas e Sengés. Corresponde à associação de rochas areníticas da Formação Furnas da Supersequência Paraná, mais especificamente, arenitos médios a grosseiros, subordinadamente arenitos conglomeráticos e siltitos esbranquiçados.

Na região das unidades DSVMP, predominam áreas em que o relevo possui maiores declividades devido, principalmente, à relação dos litotipos e à história geológico-estrutural, como o domínio de colinas dissecadas e morros baixos, domínio de morros e de serras baixas, escarpas serranas e rebordos erosivos.

Assim, a geomorfologia apresenta-se favorável a que os solos sejam do tipo transportado e com características extremamente variadas, visto que são influenciados pelas litologias existentes nas regiões altas do entorno e mais distantes.

Os diversos comportamentos das litologias das unidades geológico-ambientais frente aos processos de intemperismo e evolução do relevo geraram diversidade de padrões de relevo.

No domínio DSVMP, Argissolos Vermelho-Amarelos ocorrem em 25% em área, predominantemente sobre os relevos de morros e serras baixas, colinas dissecadas e morros baixos e colinas amplas e suaves; Neossolos Regolíticos representam 24,8% em área, predominando nos relevos de morros e serras baixas e colinas dissecadas e morros baixos; Cambissolos Háplicos e Húmicos representam 22,1% em área, ocorrendo, em sua maioria, sobre os relevos de colinas dissecadas e morros baixos e

chapadas e platôs; Latossolos Vermelhos representam 18,2% em área, com predomínio sobre os relevos de colinas dissecadas e morros baixos e chapadas e platôs; os demais tipos de solos representam menos de 9,8% em área (EMBRAPA, 2007).

O domínio DSVMP é formado por pacotes sedimentares espessos, com formatos geralmente tabulares e horizontalizados, predominantemente arenosos, apresentando boa homogeneidade geomecânica e hidráulica lateral.

A área do domínio tem um padrão predominante de relevo mais suavizado, o que possibilita múltiplas adequabilidades para o uso e a ocupação territorial, como, por exemplo, atividades urbanas, como construção de infraestrutura do tipo rodovias e loteamentos.

A unidade geológico-ambiental DSVMPa compreende arenitos médios a finos, de coerência variável (desde muito dura até branda), que formam espessos e extensos pacotes com estratificação cruzada de grande porte. As rochas apresentam relativa homogeneidade geomecânica e hidráulica, alta resistência ao intemperismo físico-químico e alta resistência à compressão, com alto grau de diagênese e com boa capacidade de suporte.

As limitações do domínio frente a obras referem-se a escavações e perfurações mais profundas, que podem alcançar litologias das mais variadas e contrastantes características geotécnicas.

Em relevos mais acidentados, como nas formas de relevo domínio montanhoso, escarpas serranas, degraus estruturais e rebordos erosivos e vales encaixados, é elevada a suscetibilidade à erosão e a movimentos de massa. São áreas desaconselháveis para ocupação. Estruturas planares, como planos de acamamento das rochas, fraturas e falhas, atuam como descontinuidades que potencializam rupturas nos taludes das encostas, especialmente, quando apresentam inclinação coincidente com a do terreno.

Tais diferenças litológicas constituem-se em descontinuidades geomecânicas e hidrodinâmicas, o que facilita a ocorrência de surgências de água e desestabilização nos taludes de corte.

Os sedimentos de menor granulometria, silticoargilosos, são finamente laminados ou maciços, rijos, de alta cerosidade. Quanto à escavabilidade, as rochas são classificadas como brandas a médias. As rochas brandas, segundo Redaelli e Cerello (1998), são

razoavelmente duras, fáceis de serem britadas e os fragmentos se separam ao longo de diversas fissuras. A rocha alterada desagrega-se em pastilhas, que são muito instáveis em taludes de corte e bastante suscetíveis à erosão. É necessário tratamento para fundações de grandes obras, envolvendo impermeabilização e aumento da resistência do maciço.

Os solos residuais são argilosos e se comportam como materiais brandos. São constituídos por partículas coesivas facilmente penetráveis por ferramentas e sem resistência à separação. Apresentam baixa consistência e baixa capacidade de suporte em posições topográficas que favorecem a concentração de umidade. Apresentam permeabilidade baixa a muito baixa.

A unidade geológico-ambiental DSVMPa apresenta relevo com variada amplitude, o que influencia no tipo de escoamento superficial. Este poderá ser relativamente rápido e com alto potencial erosivo, acarretando problemas em obras do tipo estradas e pontes em períodos de chuvas intensas. Tal característica do padrão de escoamento hídrico em solo arenoso e de alta declividade deflagra intenso processo de erosão linear, que pode evoluir para o aparecimento de voçorocas. Há predomínio de sedimentos à base de quartzo, bastante abrasivos, que oferecem dificuldade à perfuração com sondas rotativas (as brocas desgastam-se rapidamente), com baixa resistência ao cisalhamento e portadores de muitas fraturas abertas, tornando mais percolativas essas litologias. O padrão de fraturamento dessas litologias facilita a queda de blocos e de placas rochosas em taludes de corte ou em paredões verticais existentes em áreas de relevo mais acidentado.

5.2. Contexto geológico

De acordo com o Mapa Geológico do Estado do Paraná (CPRM, 2021) e o portal do Serviço Geológico do Brasil – CPRM o GeoSGB, a área de interesse está inserida no Grupo Paraná (DPr) - Formação Furnas (D1f) conforme **Figura 15**.

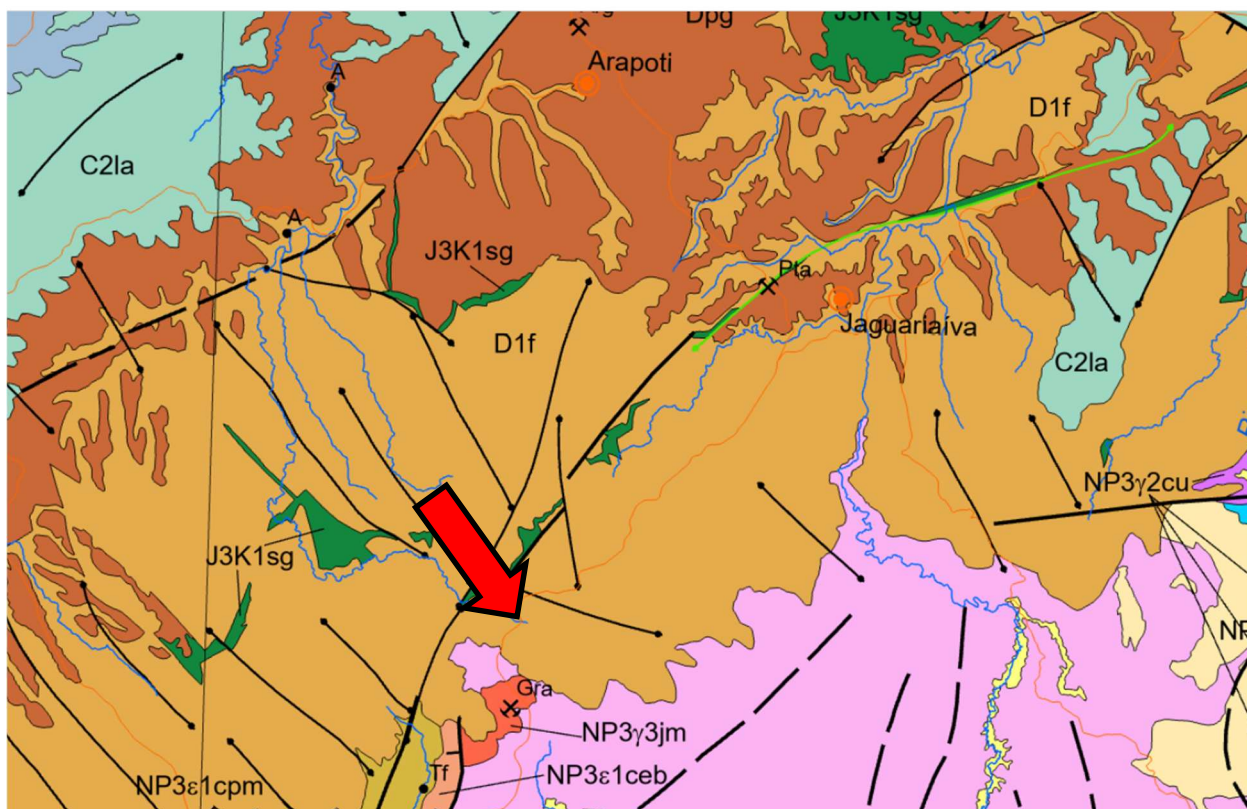


Figura 15. Unidade litoestratigráfica da região da obra (Fonte: Extraído e adaptado do Mapa Geológico do Estado do Paraná - CPRM, 2021).

A região de Piraí do Sul, no estado do Paraná, está inserida na Formação Furnas (D1f), pertencente ao Grupo Paraná (DPr), conforme indicado no Mapa Geológico e de Recursos Minerais do Estado do Paraná, elaborado pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) em 2021. A Formação Furnas é composta predominantemente por arenitos quartzosos de granulometria média a grossa, com coloração clara devido à presença de caulinita. Esses arenitos exibem estruturas sedimentares como estratificações cruzadas e, em sua base, camadas de conglomerados. A deposição desses sedimentos ocorreu em ambientes que variaram de fluviais a marinhos rasos, com influência de marés, indicando um sistema deposicional complexo e dinâmico.

A geomorfologia da região é marcada por feições distintas, como a Escarpa Devoniana, cânions profundos e morros testemunhos. Essas formas de relevo resultam de processos erosivos intensos e da atuação de lineamentos estruturais associados ao Arco de Ponta Grossa, uma estrutura geológica que influenciou a formação de fraturas e falhas. Essas estruturas controlam o curso dos rios, levando à formação de vales encaixados e

cânions, como o Cânion do Guartelá, esculpido pelo Rio Iapó, com desníveis que podem atingir até 450 m.

Em resumo, a geologia da Formação Furnas em Piraí do Sul é marcada por arenitos depositados em ambientes fluviais e marinhos rasos durante o Devoniano, que, ao longo do tempo, foram esculpidos por processos erosivos e estruturais, resultando em paisagens impressionantes como cânions e furnas.

5.3. Características geológico-geotécnicas

Para caracterização do solo natural foram previstas a realização de quatro sondagens mistas conforme indicado na **Figura 16**.

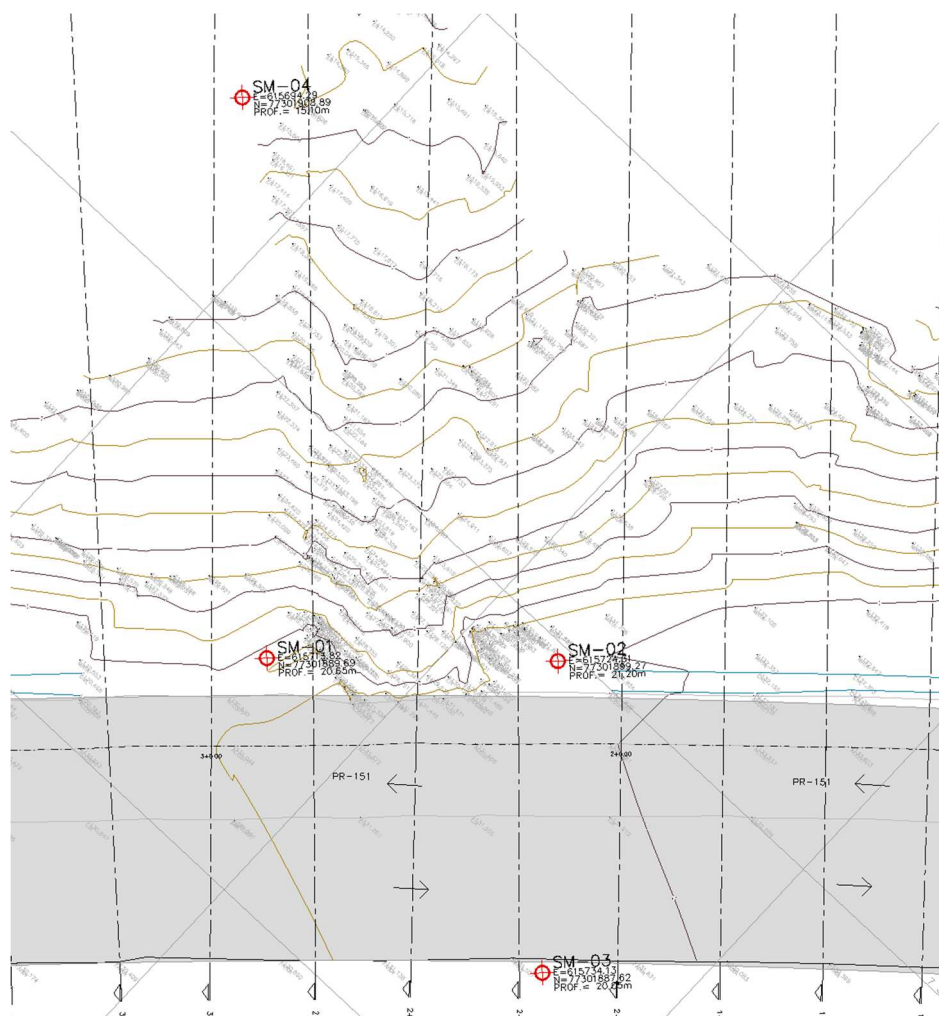


Figura 16. Localização das Sondagens.

A partir principalmente das informações das quatro sondagens executadas (somadas ao serviço de campo e dados bibliográficos do local foi possível citar as características geológico-geotécnicas.

Em relação as caraterísticas geológico-geotécnicas identificadas nas sondagens executadas é possível afirmar que ocorrem as unidades geológico-geotécnicas abaixo, cujo critério de divisão foi baseado em Vaz (1996), conforme indicado na **Figura 17**.

A **Figura 18** apresenta as seções geotécnicas.

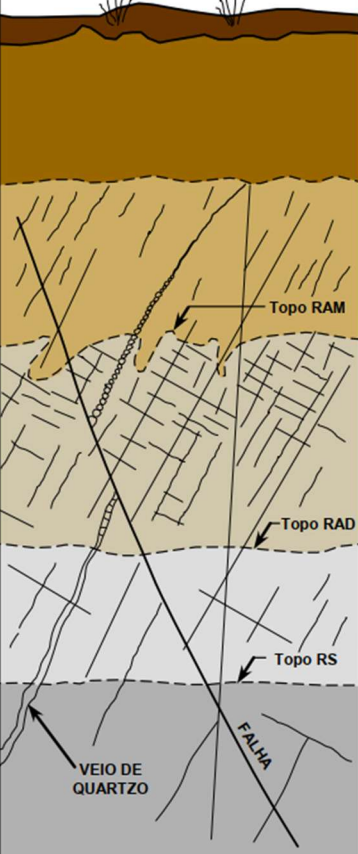
CLASSIFI- CAÇÃO	CLASSES ALTERAÇÃO	PERFIL DE INTEMPERISMO	PROCESSOS	MÉTODOS DE		COMPOR- TAMENTO
				ESCAVAÇÃO	PERFURAÇÃO	
SOLO RESIDUAL	SOLO VEGETAL		PEDOLÓGICOS	LÂMINA DE AÇO ("SCRAPER", ENXADÃO, FACA) 1ª	À PERCUSSÃO COM TRADO OU LAVAGEM ↓ IMPENETRÁVEL AO SPT	HOMOGÊNEO ISOTRÓPICO
	SOLO DE ALTERAÇÃO (SA)		INTEMPÉRICOS QUÍMICOS	ESCARIFICADOR (PICARETA) 2ª	À PERCUSSÃO COM LAVAGEM ↓ IMPENETRÁVEL A LAVAGEM POR TEMPO	HETEROGÊNEO ANISOTRÓPICO
ROCHA	ROCHA ALTERADA MOLE (RAM)	A3	INCIPIENTES OU AUSENTES	EXPLOSIVO 3ª	ROTATIVA	DEPENDE DO TIPO DE ROCHA
	ROCHA ALTERADA DURA (RAD)	A2				
	ROCHA SÃ (RS)	A1				

Figura 17. Classificação genética dos solos e dos horizontes de alteração de rocha em regiões tropicais.

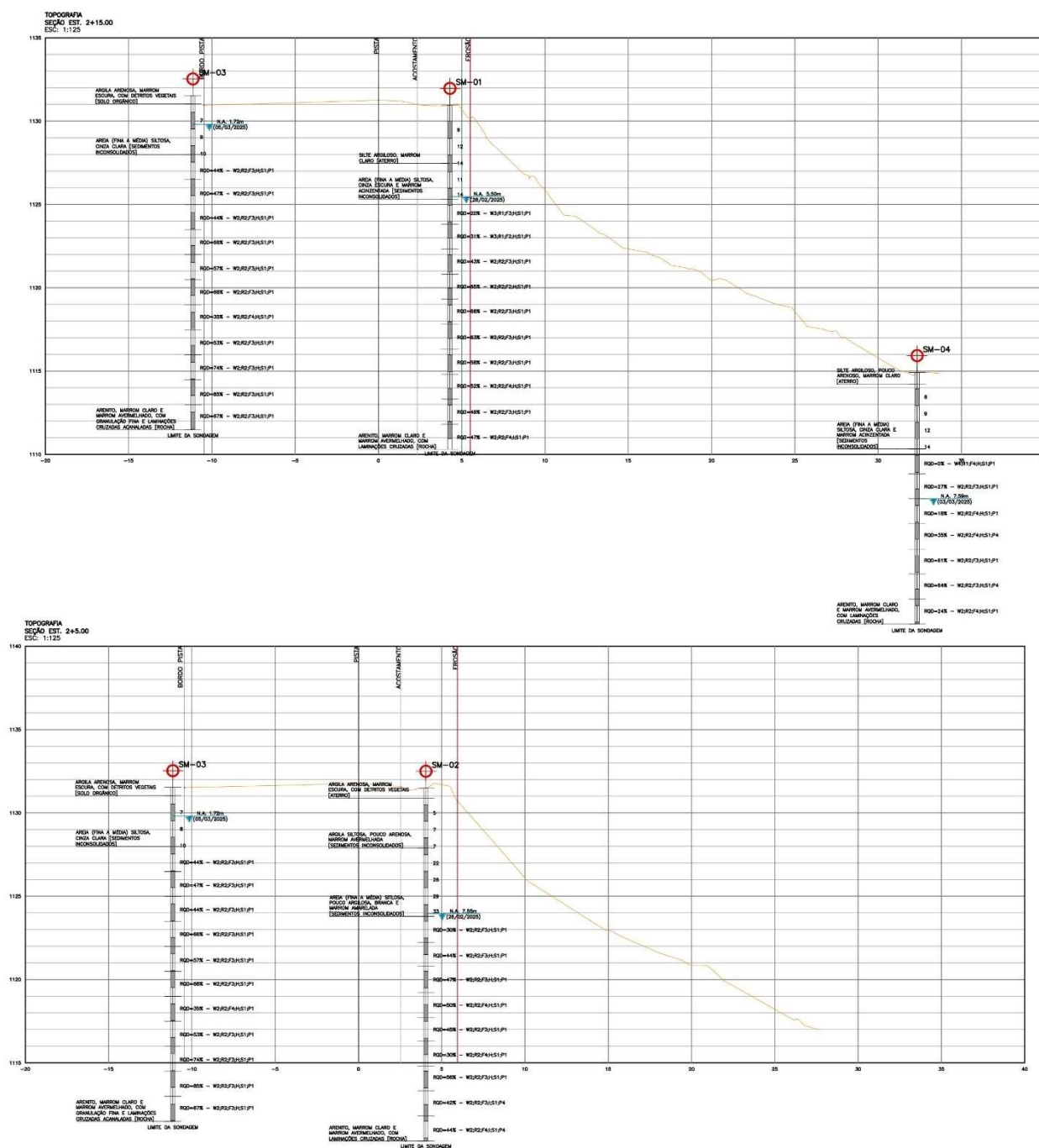


Figura 18. Seções geotécnicas.

A sondagem SM-01 inicia-se com uma camada de aterro de silte argiloso, marrom claro, até a profundidade de 3,50 m, com NSPT variando entre 9 e 12 golpes. De 3,00 até 5,65 m, ocorre areia de granulometria fina a média, siltosa, cinza escura e marrom acinzentada, composta por sedimentos inconsolidados, com NSPT variando entre 11 e

14 golpes. A partir de 5,65 m, até o limite da sondagem de 20,65 m, observa-se um arenito, com coloração marrom claro e marrom avermelhado, apresentando laminações cruzadas. Não foi observado nível d'água. Nível d'água foi observado na profundidade de 5,50 m.

A sondagem SM-02 apresenta na sua camada superficial de aterro até aproximadamente 0,60 m de profundidade, com material composto por argila arenosa, de coloração marrom, com presença de poucos detritos vegetais. De 1,00 m até 3,60 m, observa-se uma camada de argila siltosa, pouco arenosa, marrom avermelhada, composta por sedimentos inconsolidados, com NSPT variando entre 5 e 7 golpes. Na sequência, entre 3,60 m e 7,70 m de profundidade, predomina uma areia de granulometria fina a média, siltosa, de coloração branca e marrom avermelhada, ainda classificada como sedimento inconsolidado, mantendo características de material não coesivo e altamente permeável, com NSPT variando entre 22 e 33 golpes. A partir de 7,70 m até 21,20 m, limite da sondagem, encontra-se um arenito, com coloração marrom claro e marrom avermelhado, apresentando laminações cruzadas. Nível d'água foi observado na profundidade de 7,75 m.

A sondagem SM-03 apresenta na sua camada superficial de aterro até aproximadamente 0,50 m de profundidade, material composto por argila arenosa, marrom com detritos vegetais. Entre 1,00 m e 3,55 m, foi caracterizado material composto por areia de granulometria fina ou média, siltosa, cinza clara, com NSPT variando entre 7 e 10 golpes, caracterizando um material inconsolidado. Entre 3,55 m e 20,55 m, profundidade final da sondagem, há um arenito marrom claro e marrom avermelhado, apresentando granulação fina e laminações cruzadas acanaladas. Nível d'água foi observado na profundidade de 1,72 m.

E a sondagem SM-04 apresenta na sua camada superficial de aterro até aproximadamente 0,70 m de profundidade, material composto por silte argiloso pouco arenoso, marrom claro. Entre 1,00 m e 4,60 m, foi caracterizado material composto por areia de granulometria fina ou média, siltosa, cinza clara, com NSPT variando entre 6 e 14 golpes, caracterizando um material inconsolidado. Entre 4,60 m e 15,10 m, profundidade final da sondagem, há um arenito marrom claro e marrom avermelhado,

apresentando granulação fina e laminações cruzadas acanaladas. Nível d'água foi observado na profundidade de 7,59 m.

6. PARÂMETROS DE CÁLCULO UTILIZADOS

6.1. Definição de parâmetros geotécnicos

Para a determinação dos parâmetros de resistência ao cisalhamento dos solos, a serem utilizadas nas análises, serão utilizados os parâmetros identificados por meio de correlações obtidas por meio dos ensaios de SPT.

Em função do espaçamento entre as sondagens executadas, poderá ocorrer uma mudança no perfil do subsolo não prevista através da interpolação entre sondagens.

Desta forma, conforme definido na norma da NBR 11.682/2009, item 4 – “Condições Gerais”, no texto “...No caso de obras lineares, tais como estradas, ferrovias, dutovias e outras, os estudos e projetos devem levar em conta a geologia e geomorfologia ao longo do traçado, direção e mergulho das rochas, presença de colúvios e outras situações críticas. As investigações devem ser definidas pelo projetista, caracterizando os taludes específicos nos quais devem ser realizados os estudos...”.

A metodologia a ser adotada depende da regionalidade e da experiência de cada projetista. Desta forma, foram utilizados parâmetros com base na experiência desta Consultoria.

6.2. Métodos e softwares adotados nas análises

As análises de estabilidade foram processadas utilizando-se o método de equilíbrio limite de Bishop, utilizado para a determinação do coeficiente de segurança para taludes contra a ruptura em uma superfície de ruptura cilíndrica.

No caso do programa de cálculo Slide2, ele computa um coeficiente de segurança para o equilíbrio dos momentos (Fm) e um segundo com respeito ao equilíbrio das forças

horizontais (F_f), realizando um processo iterativo até que F_m e F_f sejam aproximadamente os mesmos. O polígono de forças neste método é praticamente perfeito, indicando que as forças aplicadas em cada lamela ajustam cada lamela em um quase-perfeito equilíbrio de forças.

O resultado da análise foi expresso em coeficiente de segurança, que é a relação entre os esforços resistentes, proporcionados pela resistência ao cisalhamento dos materiais e os esforços instabilizantes, que impulsionam o talude ao escorregamento.

Para avaliação da estabilidade dos taludes, o coeficiente de segurança obtido na análise foi comparado com o valor mínimo recomendado pela NBR 11682 – Estabilidade de Taludes, da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas conforme **Tabela 1**, ou seja, $FS=1,5$, admitindo o grau de segurança mínimo.

Tabela 1. Fatores de segurança mínimo para deslizamentos (ABNT NBR 11682:2009 – Tabela 3).

Tabela 3 — Fatores de segurança mínimos para deslizamentos

Nível de segurança contra danos materiais e ambientais \ Nível de segurança contra danos a vidas humanas	Alto	Médio	Baixo
	Alto	Médio	Baixo
Alto	1,5	1,5	1,4
Médio	1,5	1,4	1,3
Baixo	1,4	1,3	1,2

NOTA 1 No caso de grande variabilidade dos resultados dos ensaios geotécnicos, os fatores de segurança da tabela acima devem ser majorados em 10 %. Alternativamente, pode ser usado o enfoque semiprobabilístico indicado no Anexo D.

NOTA 2 No caso de estabilidade de lascas/blocos rochosos, podem ser utilizados fatores de segurança parciais, incidindo sobre os parâmetros γ , ϕ , c , em função das incertezas sobre estes parâmetros. O método de cálculo deve ainda considerar um fator de segurança mínimo de 1,1. Este caso deve ser justificado pelo engenheiro civil geotécnico.

NOTA 3 Esta tabela não se aplica aos casos de rastejo, voçorocas, ravinas e queda ou rolamento de blocos.

7. SOLUÇÃO TÉCNICA ADOTADA

7.1. Estudo de alternativas

Para a solução da recuperação do sinistro, foram analisadas três alternativas técnicas, levando-se em consideração tanto as condicionantes geométricas do terreno, as características geológica-geotécnicas e custo.

A **Alternativa 1** considerou-se a implantação de um reaterro, buscando recompor o talude na sua configuração original. No entanto, essa solução mostrou-se inviável do ponto de vista geométrico, uma vez que a região do pé do talude apresenta um desnível acentuado no terreno natural. Tal configuração impossibilita a execução de um aterro estável, pois não há espaço suficiente para atender a inclinação mínima recomendada de 1:1,5 (V:H).

Na **Alternativa 2**, foi considerada a execução de uma contenção em gabião tipo caixa, implantada no pé do talude. Embora essa solução apresente a vantagem de ser tecnicamente simples e de rápida execução em terrenos favoráveis, também se mostrou limitada devido ao mesmo desnível acentuado no terreno natural na região do pé do talude. A ausência de uma base estável inviabiliza o apoio adequado das estruturas de gabião, comprometendo sua eficiência e durabilidade.

A **Alternativa 3** apresentou-se como a mais viável do ponto de vista técnico e geométrico. Ela consiste na execução de uma contenção composta por estacas metálicas associadas a tirantes, solução que permite vencer o desnível acentuado do terreno, mantendo o alinhamento da pista, além de possibilitar a reconstrução do acostamento e da drenagem superficial. Trata-se de uma solução de contenção com capacidade para suportar esforços elevados, adequada para situações em que não há possibilidade de apoio no terreno natural e que exige ocupação mínima da base do talude.

A seguir são apresentados os detalhes e dimensionamento da alternativa técnica escolhida.

7.2. Dimensionamento – CONTENÇÃO COM ESTACAS METÁLICAS E TIRANTES

A solução técnica proposta contempla a reconstrução da drenagem superficial danificada, e recuperação da região rompida. Para isso, será implantado um sistema de contenção composto por estacas metálicas associadas a tirantes, capaz de garantir a estabilidade global do talude frente às condições geométricas e geotécnicas locais. Complementarmente, será executado o revestimento do talude, com o objetivo de controlar possíveis processos erosivos ao longo dos anos.

A **Figura 19**, **Figura 20** e **Figura 21** apresentam os detalhes de projeto executivo.

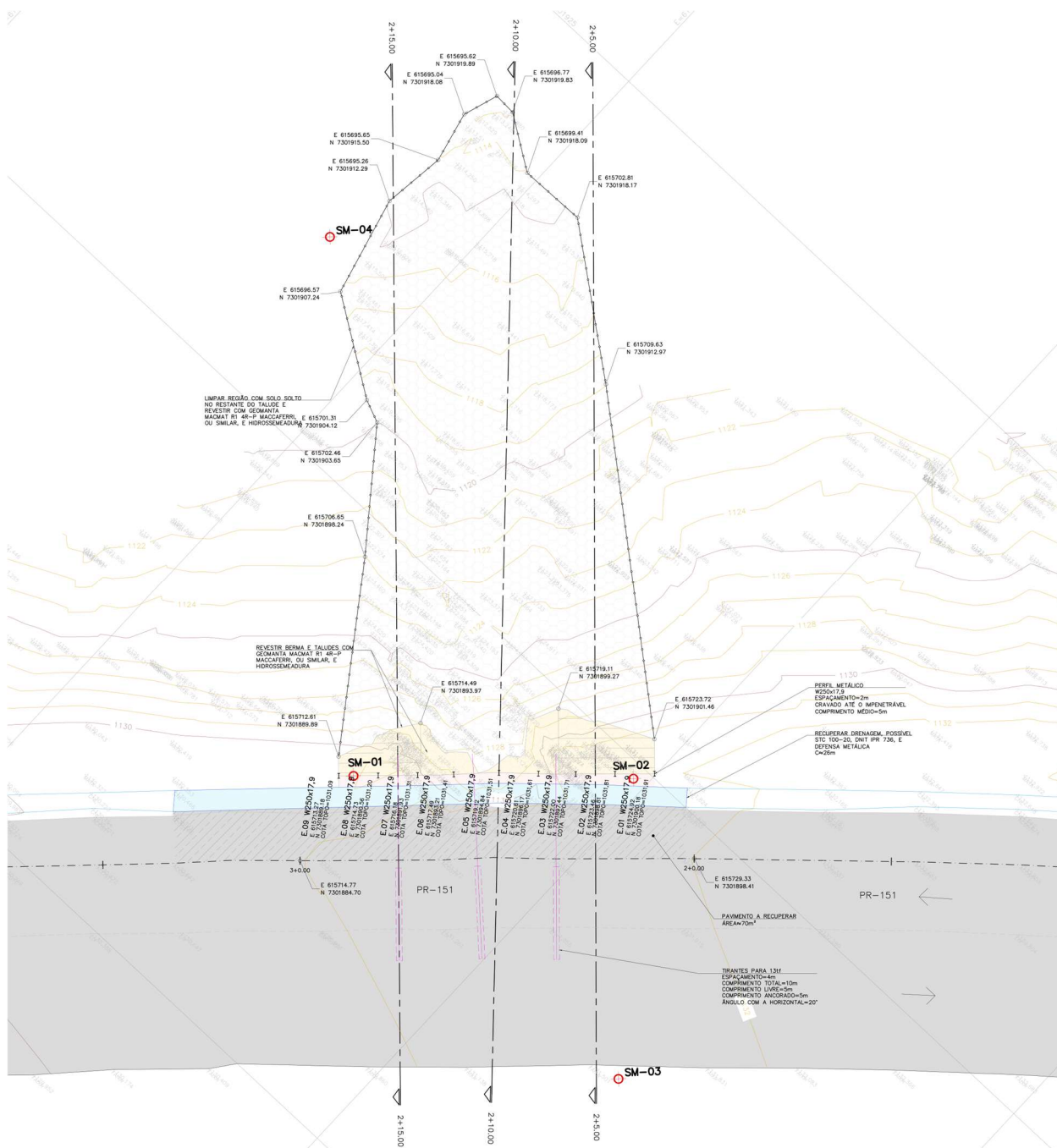


Figura 19. Solução técnica - Planta.

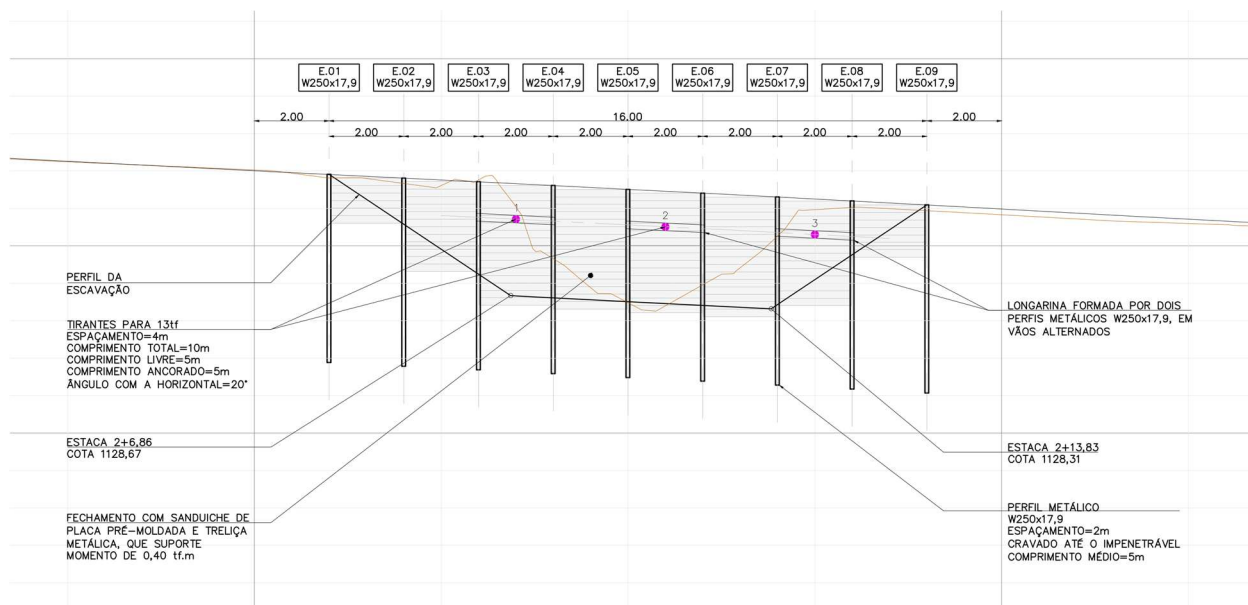


Figura 20. Solução técnica – Vista frontal.

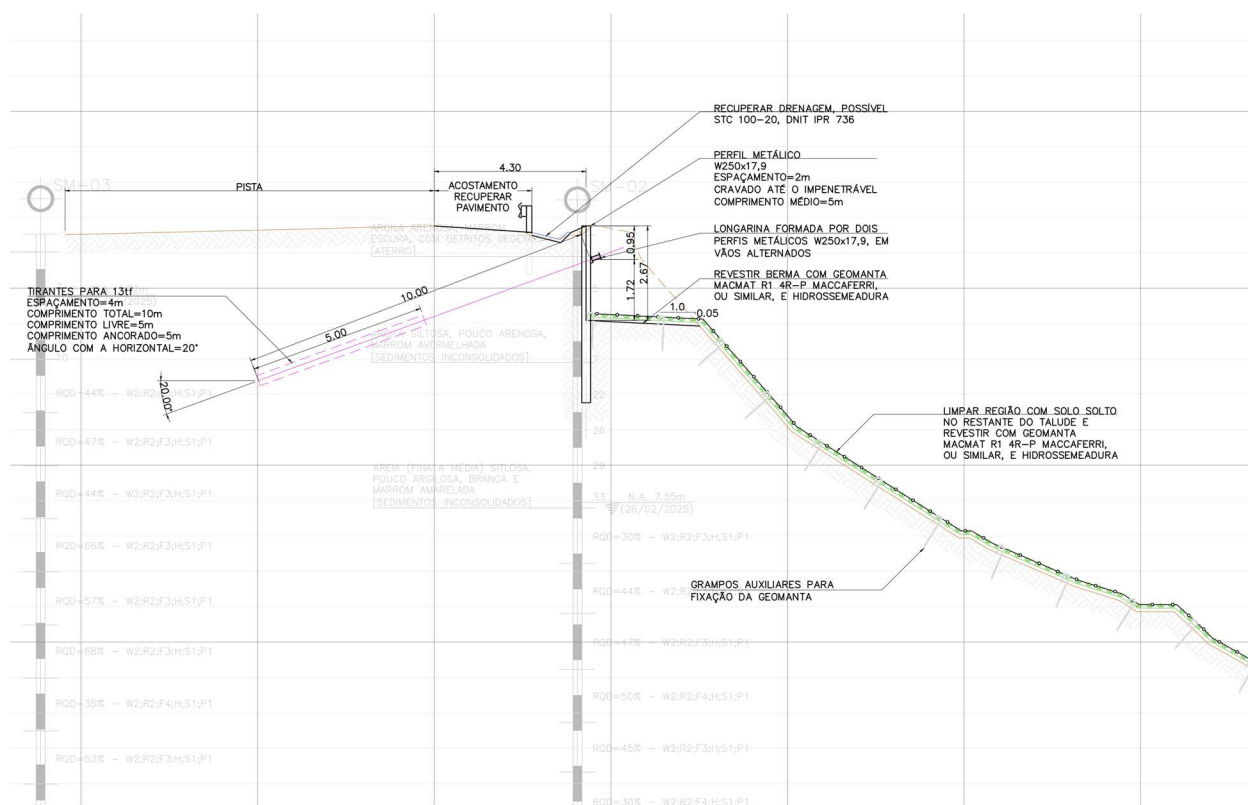


Figura 21. Solução técnica – Seção crítica.

Na sequência são apresentados os resultados dos cálculos e análises da contenção.

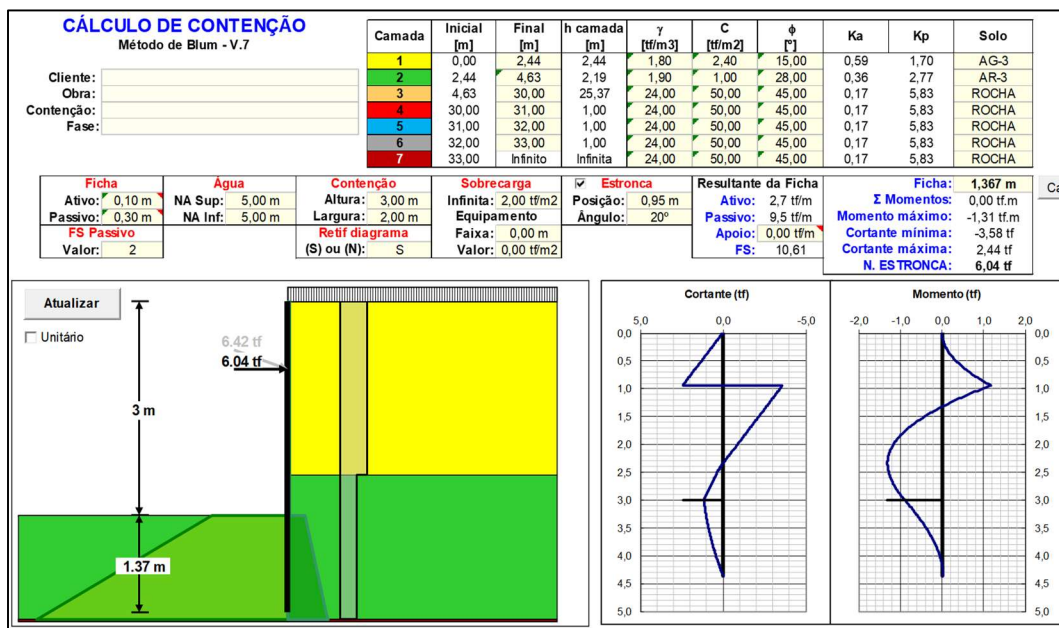


Figura 22. Cálculo da contenção em perfil metálico.

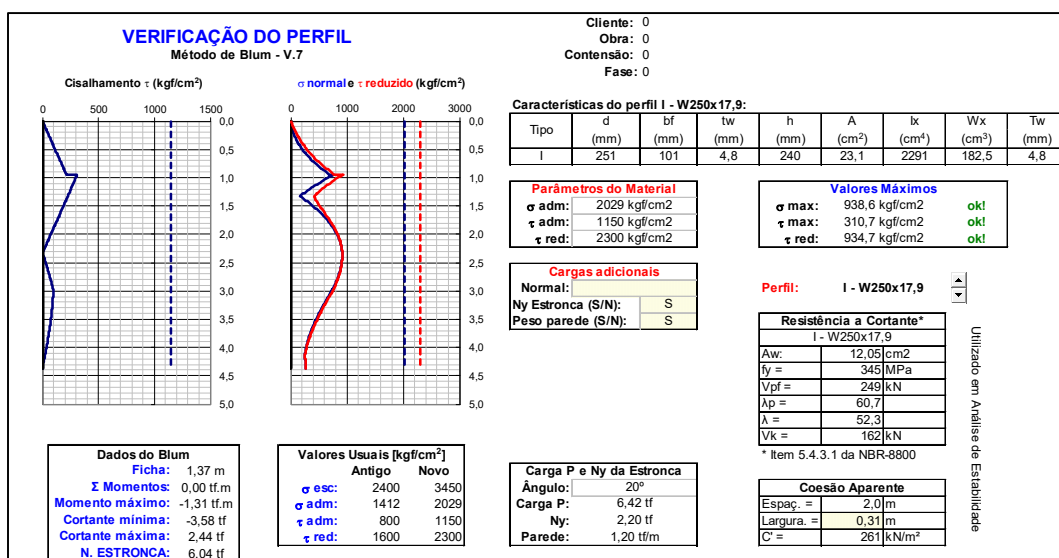


Figura 23. Dimensionamento do perfil metálico.

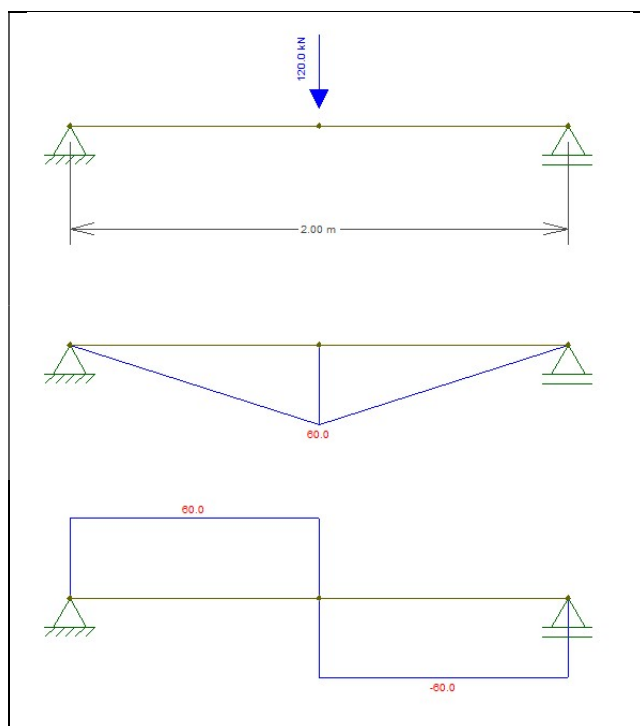


Figura 24. Esforços nas vigas longarinas (momento kN.m e cortante kN).

Verificação da longarina (2 x I - W250x17,9)									
$\sigma = \frac{M}{(W \cdot n)} + \frac{N}{A}$	=	$\frac{6,00 \cdot 100000}{(182,5 \cdot 2)}$	+	$\frac{0 \cdot 1000}{23,1}$	=	1643	kgf/cm ²	<	2029 (OK)
$\tau = \frac{V}{(Hw \cdot B \cdot n)}$	=	$\frac{6,00 \cdot 1000}{(24,00 \cdot 0,48 \cdot 2)}$	=	260,4	kgf/cm ²	<	1150	(OK)	
$\sigma_l = \frac{M}{(W \cdot n)} \times \frac{Hw}{H} + \frac{N}{A}$	=	$\frac{6,00 \cdot 100000}{(182,5 \cdot 2)} \times \frac{240}{251}$	+	$\frac{0 \cdot 1000}{23,1}$	=	1571	kgf/cm ²		
$\tau_{red} = \sqrt{\sigma_l^2 + 3 \cdot \tau^2}$	=	$\sqrt{1571^2 + 3 \cdot 260,4^2}$	=	1635	kgf/cm ²	<	2300	(OK)	

Figura 25. Dimensionamento da viga longarina.

• Estaca 2+15,00

Dd =	0,1 m	Diâmetro médio de perfuração.
nd =	1	Coefficiente de aumento do diâmetro pela pressão de injeção.
n1 =	1	Coefficiente de redução do comprimento do bulbo devido à pressão não uniforme sobre o mesmo.
nh =	1	Fator de redução da profundidade quando esta for superior a 9 m.
np =	5	Fator de acréscimo da tensão confinante natural devido à pressão de injeção. Deve ficar entre 5 e 10.
h =	3,56 m	Profundidade medida do bulbo de ancoragem.
La =	5 m	Comprimento de ancoragem.
gama =	19 kN/m ³	Peso específico do solo em cima do tirante.
c =	10 kN/m ²	Coesão média do solo.
Ø =	45°	Ângulo de atrito médio do solo.
sr' =	271 kN/m ²	Pressão residual de injeção, estimada em 50% da pressão de injeção aplicada.
qs =	348 kN/m ²	Adesão do tirante.
Tr =	547 kN	Resistência final do tirante.
Bond Strength =	109 kN/m	Resistência por metro de bulbo.

Figura 26. Cálculo da adesão do tirante por Costa Nunes.

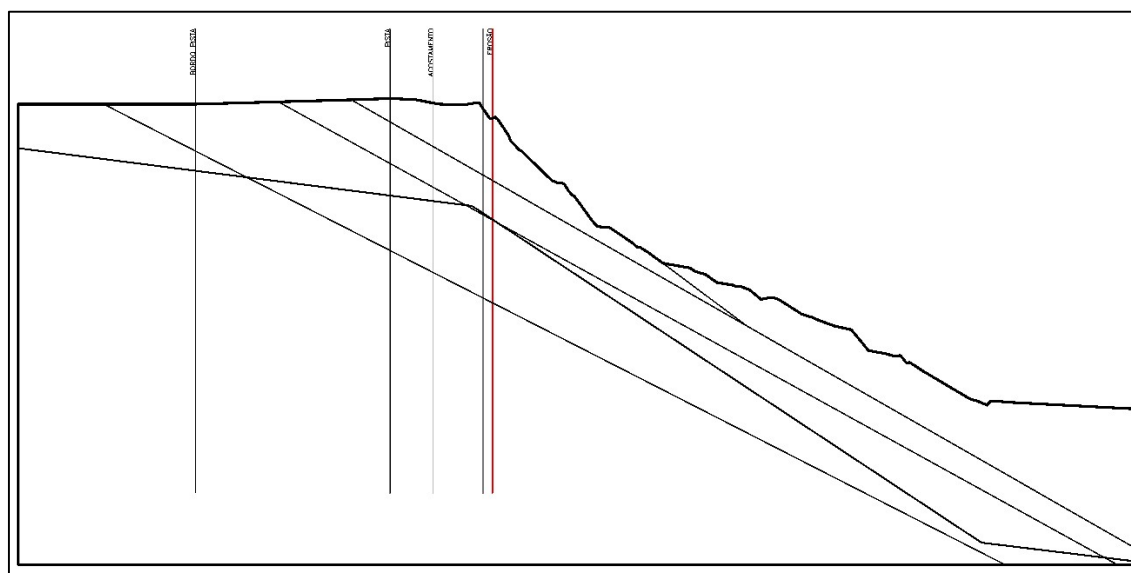


Figura 27. Distribuição das camadas.

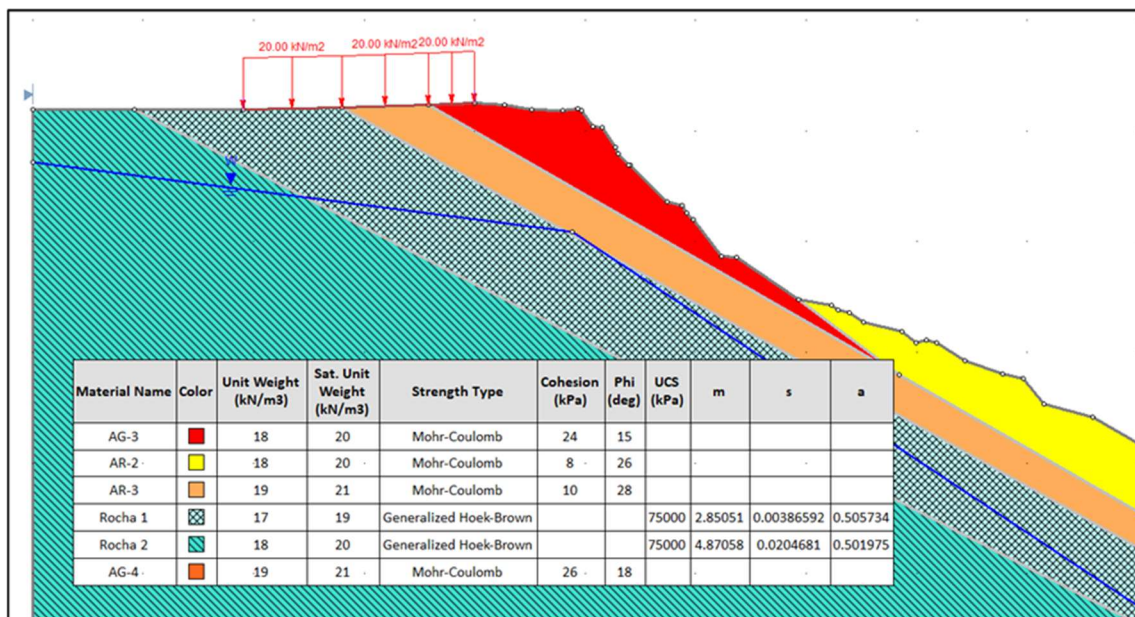


Figura 28. Modelo de cálculo da situação atual do terreno.

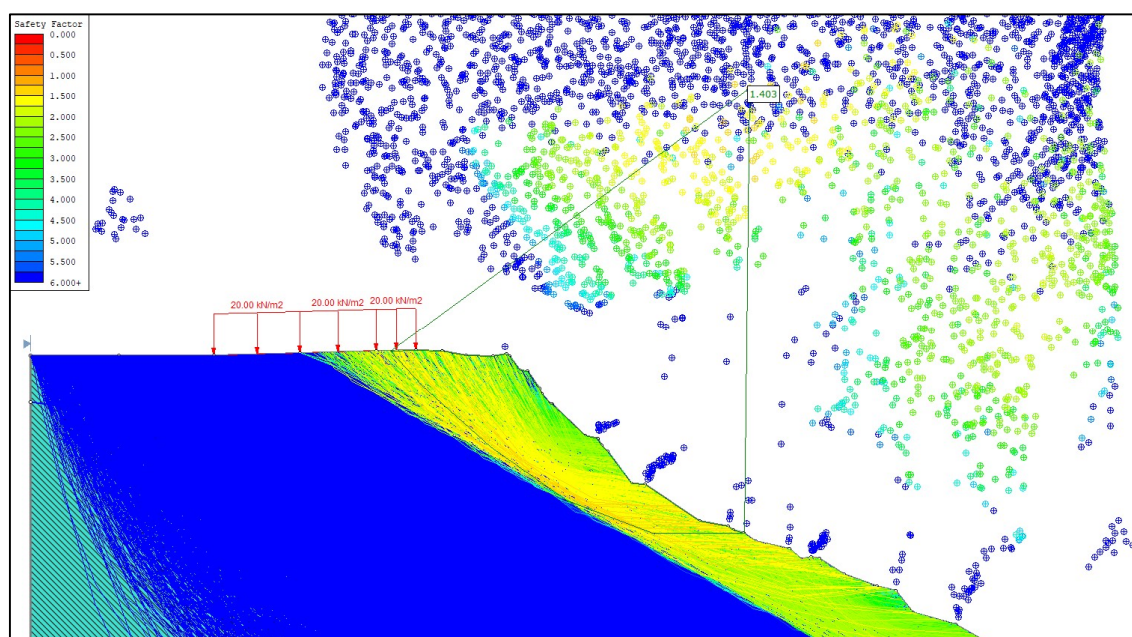


Figura 29. Análise de estabilidade da situação atual – FS = 1,40.

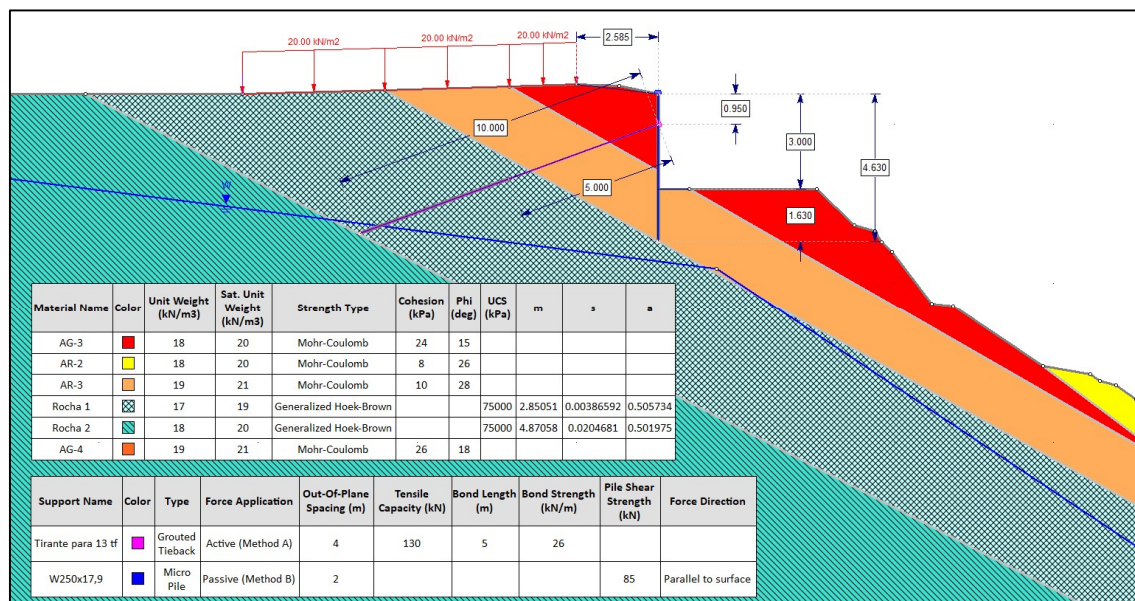


Figura 30. Modelo de análise de estabilidade.

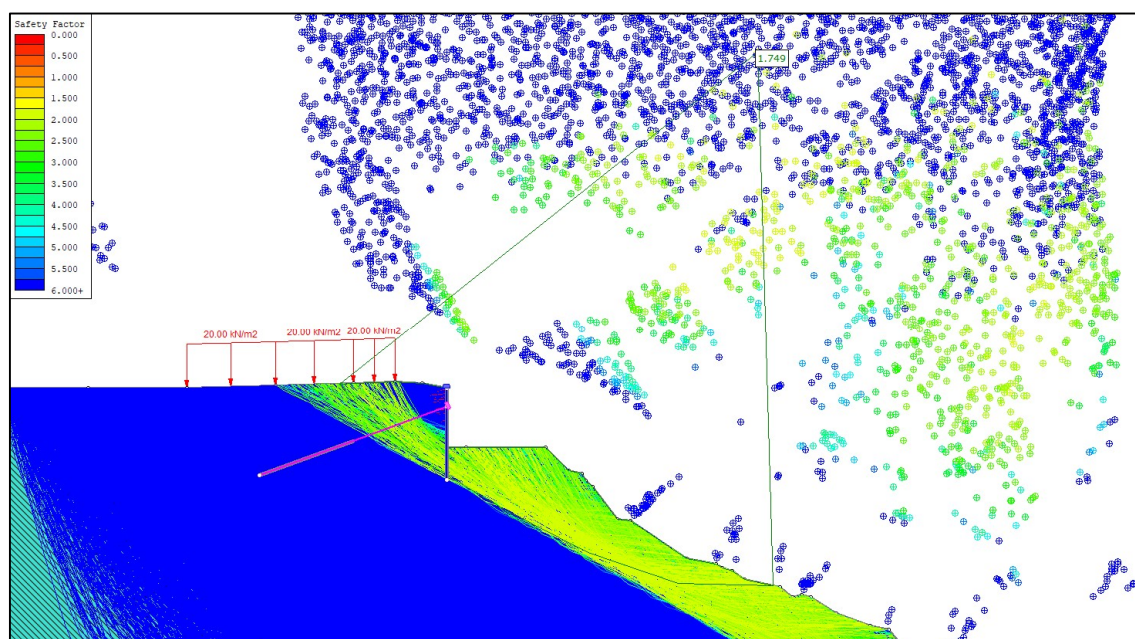


Figura 31. Resultado da análise de estabilidade – FS = 1,75.

• Estaca 2+15,00

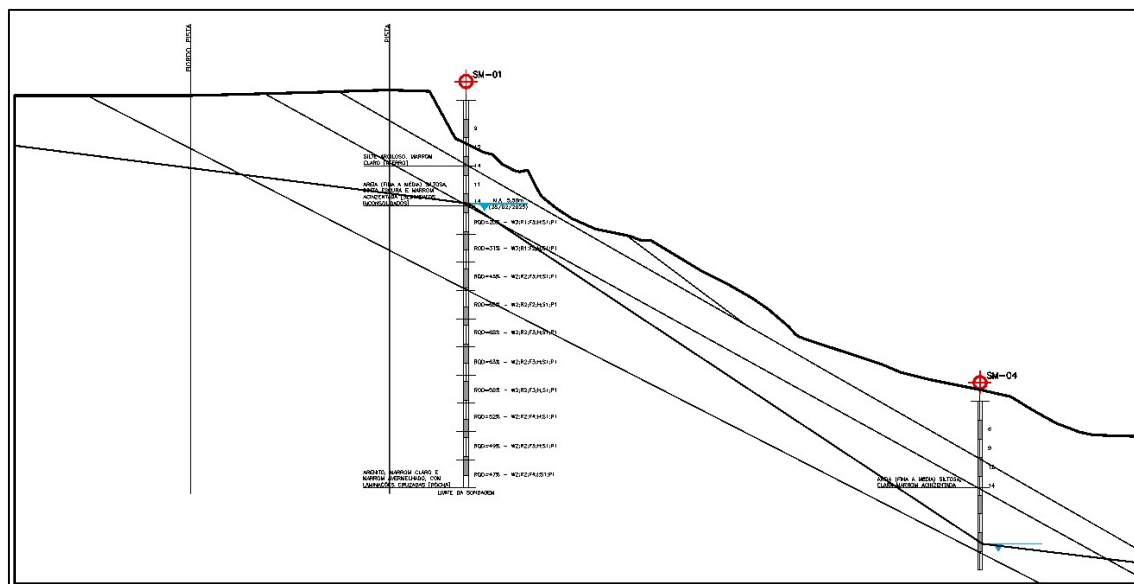


Figura 32. Distribuição das camadas.

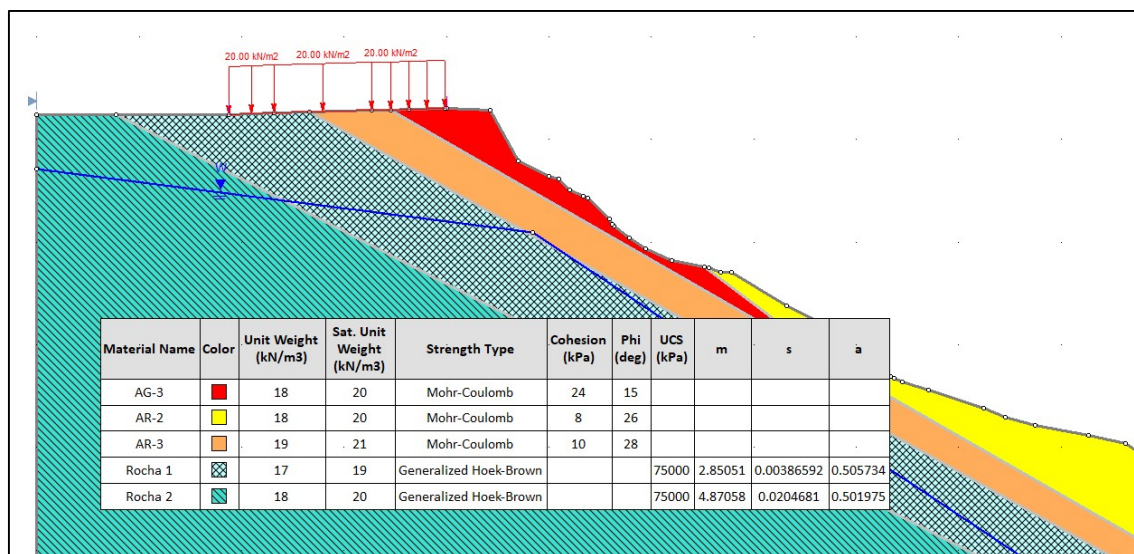


Figura 33. Modelo de cálculo da situação atual do terreno.

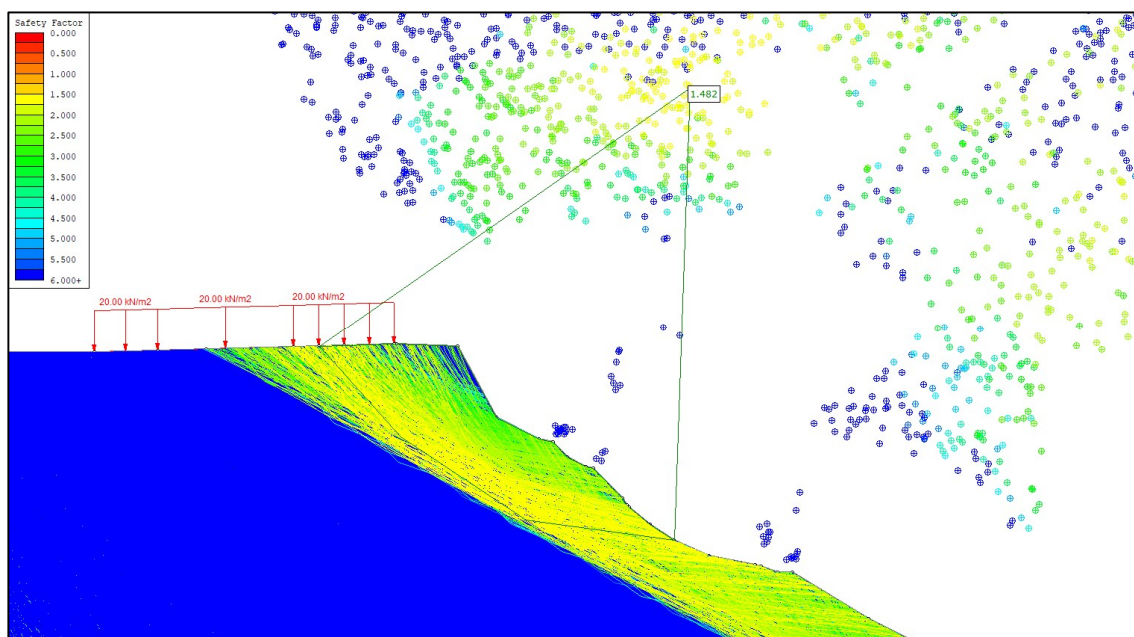


Figura 34. Resultado da análise de estabilidade – FS = 1,48.

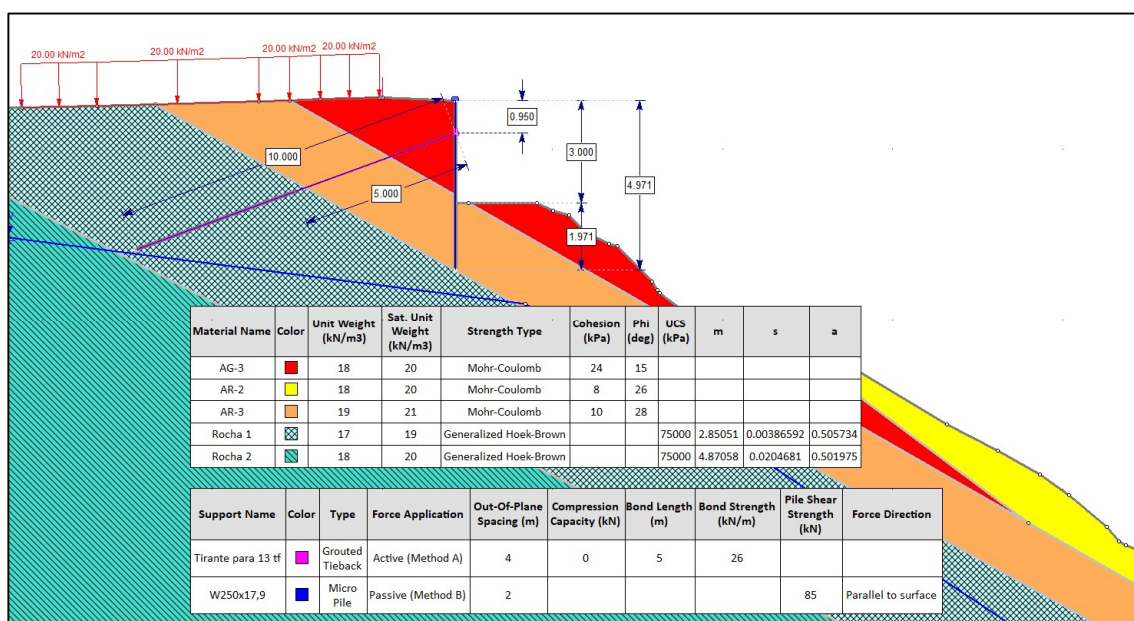


Figura 35. Modelo de análise de estabilidade.

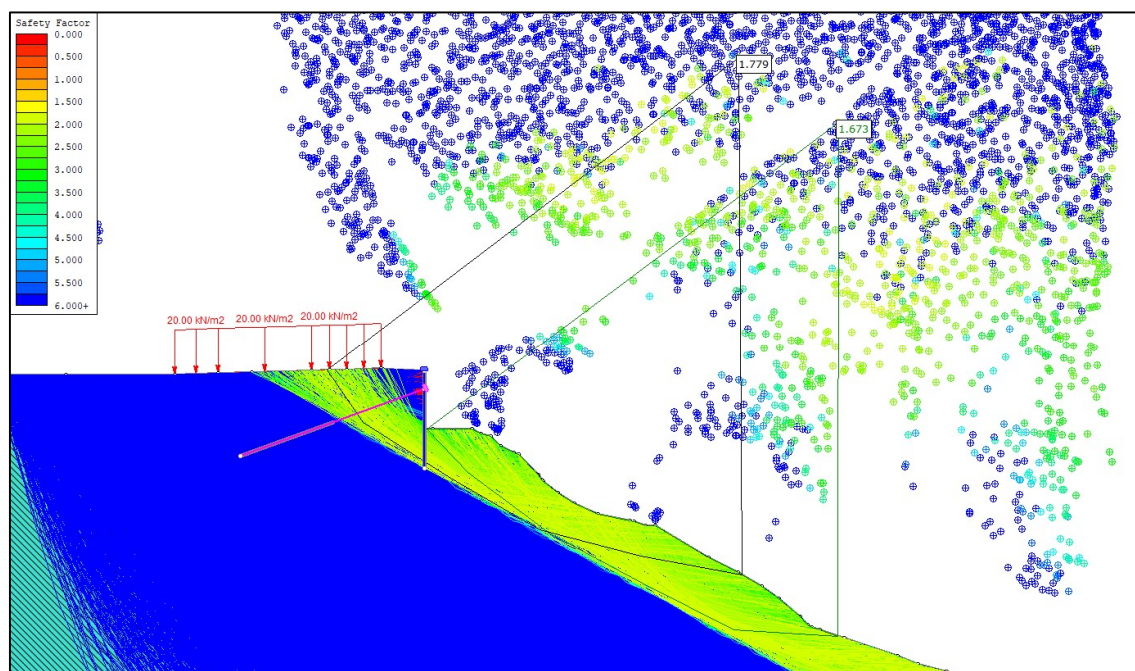


Figura 36. Resultado da análise de estabilidade – FS = 1,63.

A seguir são apresentados os esforços e dimensionamento do fechamento considerado entre os perfis metálicos.

- Empuxo de solo: 0,42 tf/m².
- Sobrecarga: 1,18 tf/m².

$q = \sigma_s + \sigma_{sc} = 0,42 + 1,18 = 1,60 \text{ tf/m}^2$	
$q' = 0,7 \cdot q = 0,7 \cdot 1,60 = 1,12 \text{ tf/m}^2$ (considerando 30% de arqueamento direto)	
$M_{\max} = \frac{q' \cdot e^2}{8} = \frac{1,12 \cdot 1,70^2}{8} = 0,40 \text{ tf.m/m}$	

Resultado: Momento atuante de 0,40 tf.m.

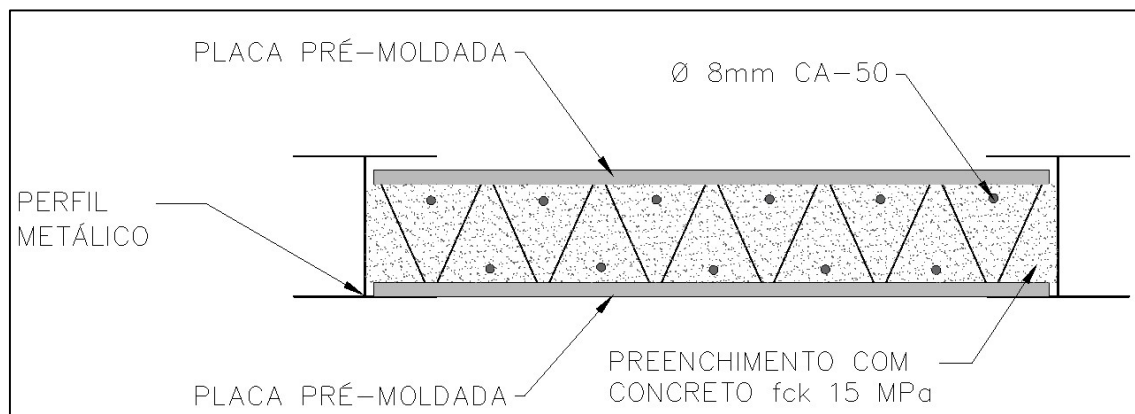


Figura 37. Detalhe da placa de fechamento.

A seguir são apresentados os resumos dos cálculos:

- ✓ Perfis W250x17,9 a cada 2 m, cravados até o impenetrável. Comprimento estimado de 5 m.
- ✓ Longarinas metálicas com 2 m de comprimento, vão sim, vão não, formadas por dois perfis W250x17,9.
- ✓ Tirantes para 13 tf (6 fios de 8 mm) espaçados a cada 4 m, com 10 m de comprimento total e 5 m de bulbo. Inclinação de 20 graus com a horizontal.
- ✓ Fechamento com sanduiche de placa pré-moldada e treliça metálica, que suporte momento de 0,40 tf.m.

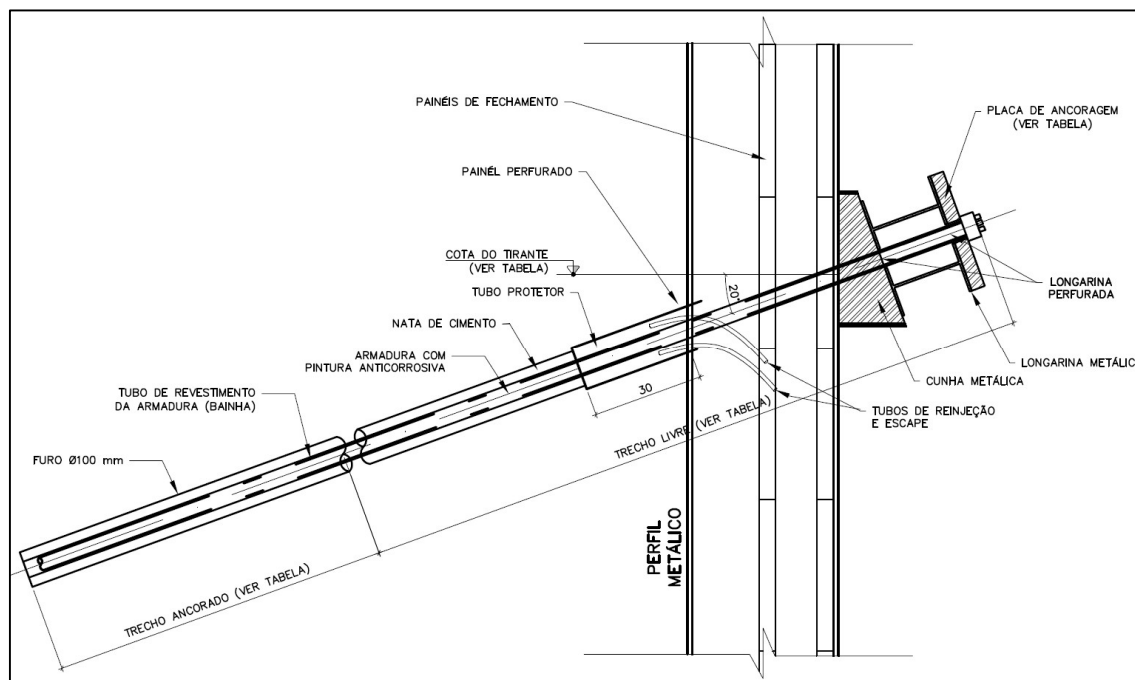


Figura 38. Detalhe do tirante e viga longarina metálica.

8. INTERFERÊNCIAS

Antes da execução dos serviços, recomenda-se uma consulta e vistoria do local para verificação/confirmação de todas as interferências existentes no local de recuperação indicado em projeto.

9. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

As quantidades de materiais apresentadas em conjunto do projeto executivo poderão sofrer variações de acordo com as condições reais do local.

Fica a cargo do empreiteiro o cadastro e levantamento de todas as eventuais interferências identificadas no local.

Deverá ser feito um mapeamento do talude e validação da solução técnica indicada em projeto para verificação antecipada da necessidade de ajustes frente as condições reais do local.

Caso sejam encontradas divergências com relação as informações indicadas no projeto executivo, o projetista deverá ser informado.

Deverão ser observadas as especificações técnicas e demais normas brasileiras (NBR's) conforme exigidas pela Fiscalização.

Deverá ser consultado o manual do fabricante da geomanta Macmat R1 no que diz respeito ao manuseio e instalação do material.

Os tirantes deverão ser executados conforme ABNT NBR 5629:2018 – Tirantes ancorados no terreno — Projeto e execução, inclusive no que se refere a proteção contra corrosão e aos testes de protensão/incorporação.

Considerar proteção dos tirantes: proteção classe 1 (tirantes permanentes) e ensaios nos tirantes (permanentes), 10% dos tirantes: carga de ensaio = 1,75xq (para carga da tabela), 90% dos tirantes: carga de ensaio = 1,40xq (para carga da tabela) e métodos e critérios para faseamento do ensaio conforme Anexo D da ABNT NBR 5629:2018.

O diâmetro mínimo de perfuração será de 10 cm, podendo ser utilizado valor maior, a critério da executora.

As armações (cordoalhas) dos tirantes deverão ser introduzidas no furo após o preenchimento da bainha.

Na região do bulbo, os tirantes deverão ser dotados de manchetes a cada 0,5 m permitindo injeção em estágios sucessivos e manchete por manchete através de obturador duplo.

É indispensável o acompanhamento de todas as fases da obra por engenheiro especializado, que deverá fornecer orientações executivas e proceder às devidas liberações em Livro Diário de Obras, assim como a verificação em campo das condições da qualidade dos serviços executados.

10. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

10.1. Introdução

Para execução das obras de recuperação dos taludes, foram elaboradas especificações técnicas de execução constantes no Volume 3.

Independentemente das especificações técnicas adotadas, os serviços a realizar deverão atender, ainda, o que está especificado nas plantas do Projeto Final de Engenharia. Também do que consta no item relativo as medições e pagamentos em todas as especificações técnicas, os preços unitários propostos para cada serviço deverão incluir, de forma direta e indireta, todos os insumos (materiais e mão-de-obra), os custos de todos equipamentos e aparelhagens a serem empregados e despesas com atividades especializadas ou não, necessárias para executar os serviços correspondentes.

10.2. Especificações prevalentes

Os trabalhos de execução das obras de estabilização deverão obedecer à ordem de prevalência, a seguir apresentada, toda a vez que houver conflitos de Especificações:

- 1º Especificações Técnicas constantes das Plantas dos Projetos;
- 2º Especificações Técnicas complementares, constantes do Relatório de Projeto e Especificações Técnicas do Grupo EPR;
- 3º Especificações Técnicas do DNIT;
- 4º Normas da ABNT.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✓ ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11682:2009 – Estabilidade de encostas. Rio de Janeiro, 2009.
- ✓ ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5629:2018 – Tirantes ancorados no terreno — Projeto e execução. Rio de Janeiro, 2018.
- ✓ CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Mapa da geodiversidade do estado do Paraná. Escala 1:650.000. Brasília: CPRM, 2015.
- ✓ CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Geodiversidade do estado do Paraná. Organização: Deyna Pinho. Goiânia: CPRM, 2021. 287 p.
- ✓ CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Mapa geológico do estado do Paraná. Escala 1:600.000. Brasília: CPRM, 2021.
- ✓ VAZ, Luiz Ferreira. Classificação genética dos solos e dos horizontes de alteração de rocha em regiões tropicais. 1996.



Carlos Vinicius dos S. Benjamim

Engenheiro Civil | Doutor em Geotecnia

ANEXO - BOLETINS DE SONDAAGEM

PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM MISTA (SM)

Ensaio realizado conforme a NBR 6484/20 - Sondagens de simples reconhecimento com SPT e DNER-PRO102-97 - Sondagem de reconhecimento pelo método rotativo.

Cliente: EPR Litoral Pioneiro

Obra: Erosão de Talude

Local: Rodovia PR-151 - km 236,600

Data: Início: 26/02/2025
Fim: 27/02/2025

Furo: SM-01

Cota(m): -

Coordenadas: N= 7301889,6920

E= 615713,8250

Folha:
1 / 2

RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO (SPT), 30cm FINAIS	NSPT	NUMERO DE GOLPES	RECUPERAÇÃO (%)	Ø DO FURO: ROD (%)	ALTERAÇÃO	RESISTÊNCIA	FRATURAMENTO	ORIENTAÇÃO DAS FRATURAS	SUPERFÍCIE DAS FRATURAS	PREENCHIMENTO DAS FRATURAS	ESCALA (m)	PROF. CAMADA (m)	PERFIL GEOLOGICO	INTER. GEOL.	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	COMPACTAÇÃO / CONSISTÊNCIA	N.A. (m)
0 10 20 30 40 50				20 40 60 80 100													
	9	2/15	4/15	5/15										AT	SILTE ARGILOSO, MARROM CLARO	MÉDIA(O)	
	12	4/15	5/15	7/15												RUA(O)	
	14	5/15	6/15	8/15												RUA(O)	
	11	5/15	5/15	6/15										SI	AREIA (FINA A MÉDIA) SILTOSA, CINZA ESCURA E MARROM ACINZENTADA	MEDIANA MENTE COMPACTA(O)	5,5
	14	6/15	7/15	7/15												MEDIANA MENTE COMPACTA(O)	
					47	20	W3	R1	F3	H	S1	P1					
					59	31	W3	R1	F2	H	S1	P1					
					71	43	W2	R2	F3	H	S1	P1					
					77	65	W2	R2	F2	H	S1	P1					
					87	68	W2	R2	F3	H	S1	P1					
					81	63	W2	R2	F3	H	S1	P1					
					84	58	W2	R2	F3	H	S1	P1					
					81	52	W2	R2	F4	H	S1	P1					
					73	49	W2	R2	F3	H	S1	P1					
					86	47	W2	R2	F4	I	S1	P1					
														RC	ARENITO, MARROM CLARO E MARROM AVERMELHADO, COM LAMINAÇÕES CRUZADAS		

LEGENDA DAS ABREVIACÕES PRESENTES DA COLUNA DE INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA

AT = Aterro; AL = Aluvião; CO = Colúvio; MT = Matacão; RC = Rocha; SAR = Solo de Alteração de Rocha; SDL = Sedimentos Detrito Lateríticos; SFM = Sedimentos Flúvio Marinhos; SI = Sedimentos Inconsolidados; SR = Solo Residual; ST = Sedimentos Terciários.

LEGENDA GRÁFICA DE SOLOS

AREIA
AREIA ARGILOSA
AREIA SILTOSA
AREIA SILTOSA
AREIA ARENOSA
AREIA ARENOSA
AREIA SILTOSA
AREIA ARENOSA
AREIA SILTOSA
AREIA ARENOSA

LEGENDA GRÁFICA DE ROCHAS

ARENITO
ARENITO
ARENITO
ARENITO
ARENITO
ARENITO
ARENITO
ARENITO
ARENITO
ARENITO

GRAU DE ALTERAÇÃO - (ISRM)

W1 - ROCHA SA
W2 - ROCHA POUCO ALTERADA
W3 - ROCHA MODER. ALTERADA
W4 - ROCHA MUITO ALTERADA
W5 - ROCHA EXTREM. ALTERADA
W6 - SOLO RESIDUAL

GRAU DE RESISTÊNCIA (ISRM)

R6 - ROCHA EXTREM. RESISTENTE
R5 - ROCHA MUITO RESISTENTE
R4 - ROCHA RESISTENTE
R3 - ROCHA MEDIAN. RESISTENTE
R2 - ROCHA BRANDA
R1 - ROCHA MUITO BRANDA
R0 - ROCHA EXTREM. BRANDA E SOLOS COESIVOS

GRAU DE FRATURAMENTO (Frat. m)

F1 - 1 - OCASION. FRATURADA
F2 - 1 A 5 - POUCO FRATURADA
F3 - 6 A 10 - MEDIAN. FRATURADA
F4 - 11 A 20 - MUITO FRATURADA
F5 - >20 - EXTREM. FRATURADA

MEDIDAS DOS NÍVEIS D'ÁGUA

LEITURA	DATA	HORA	N.A. (m)
1	27/02/2025	07:10	5,70
2	28/02/2025	07:00	5,50
3			
4			

OBSERVAÇÃO:

LAVAGEM POR TEMPO - 30 MIN

MÉTODO	PROF. INICIAL (m)	PROF. FINAL (m)
T. CADEIRA:		
T. ESPÍRAL:		
LAVAGEM:		
ROTATIVO:	0,00	20,65

MÉTODOS DE PERFURAÇÃO

PROF. DE INÍCIO (m)	T. CADEIRA:
ESTÁGIO 1 (m):	
ESTÁGIO 2 (m):	
ESTÁGIO 3 (m):	

São Paulo, 5 Março, 2025

Contrato nº: 15938-25

Revisão: R0

Sondador: João Lenon Ferreira da Silva

Verificação: Daniel Vitta Hanson

Resp. Técnico:
Maurício Matarcon
CREA: 5063078630

Suporte

NOTA: Os resultados apresentados no presente documento referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser feita na íntegra, após aprovação prévia e por escrito da empresa.

SUPORTE - SONDAGENS E ENSAIOS GEOTÉCNICOS

SEDE - Av. Camélia Borges Narciso, 582 - Bela São Pedro - São Pedro/SP - CEP 13.524-486

http://www.suportegeos.com.br
contato@suportegeos.com.br

PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM MISTA (SM)																		
Ensaio realizado conforme a NBR 6484/20 - Sondagens de simples reconhecimento com SPT e DNER-PRO102-97 - Sondagem de reconhecimento pelo método rotativo.																		
Cliente: EPR Litoral Pioneiro Obra: Erosão de Talude Local: Rodovia PR-151 - km 236,600 Data: Início: 26/02/2025 Fim: 27/02/2025										Furo: SM-01 Cota(m): - Coordenadas: N= 7301889,6920 E= 615713,8250								
RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO (SPT), 30cm FINAIS	N SPT	NUMERO DE GOLPES	RECUPERAÇÃO (%)	Ø DO FURO	ROD (%)	ALTERAÇÃO	RESISTÊNCIA	FRATAMENTO	ORIENTAÇÃO DAS FRATURAS	SUPERFÍCIE DAS FRATURAS	PREENCHIMENTO DAS FRATURAS	ESCALA (m)	PROF. CAMADA (m)	PERFIL GEOLOGICO	INTER. GEOL.	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	COMPACTAÇÃO E CONSISTÊNCIA	N.A. (m)
0 10 20 30 40 50			86	47		W2	R2	F4	I	S1	P1	20	20,65		RC	ARENITO, MARROM CLARO E MARROM AVERMELHADO, COM LAMINAÇÕES CRUZADAS Critério Especificado pelo Cliente		
												25						
												30						
												35						
												40						

LEGENDA DAS ABREVIACOES PRESENTES DA COLUNA DE INTERPRETAÇÃO GEOLOGICA AT = Aterro; AL = Aluvião; CO = Colúvio; MT = Matacão; RC = Rocha; SAR = Solo de Alteração de Rocha; SDL = Sedimentos Detrito Lateríticos; SFM = Sedimentos Flúvio Marinhos; SI = Sedimentos Inconsolidados; SR = Solo Residual; ST = Sedimentos Terciários.																																		
MEDIDAS DOS NÍVEIS D'ÁGUA <table border="1"> <tr> <th>LEITURA</th> <th>DATA</th> <th>HORA</th> <th>N.A. (m)</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>27/02/2025</td> <td>07:10</td> <td>5,70</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>28/02/2025</td> <td>07:00</td> <td>5,50</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>															LEITURA	DATA	HORA	N.A. (m)	1	27/02/2025	07:10	5,70	2	28/02/2025	07:00	5,50	3				4			
LEITURA	DATA	HORA	N.A. (m)																															
1	27/02/2025	07:10	5,70																															
2	28/02/2025	07:00	5,50																															
3																																		
4																																		
OBSERVAÇÃO:																																		

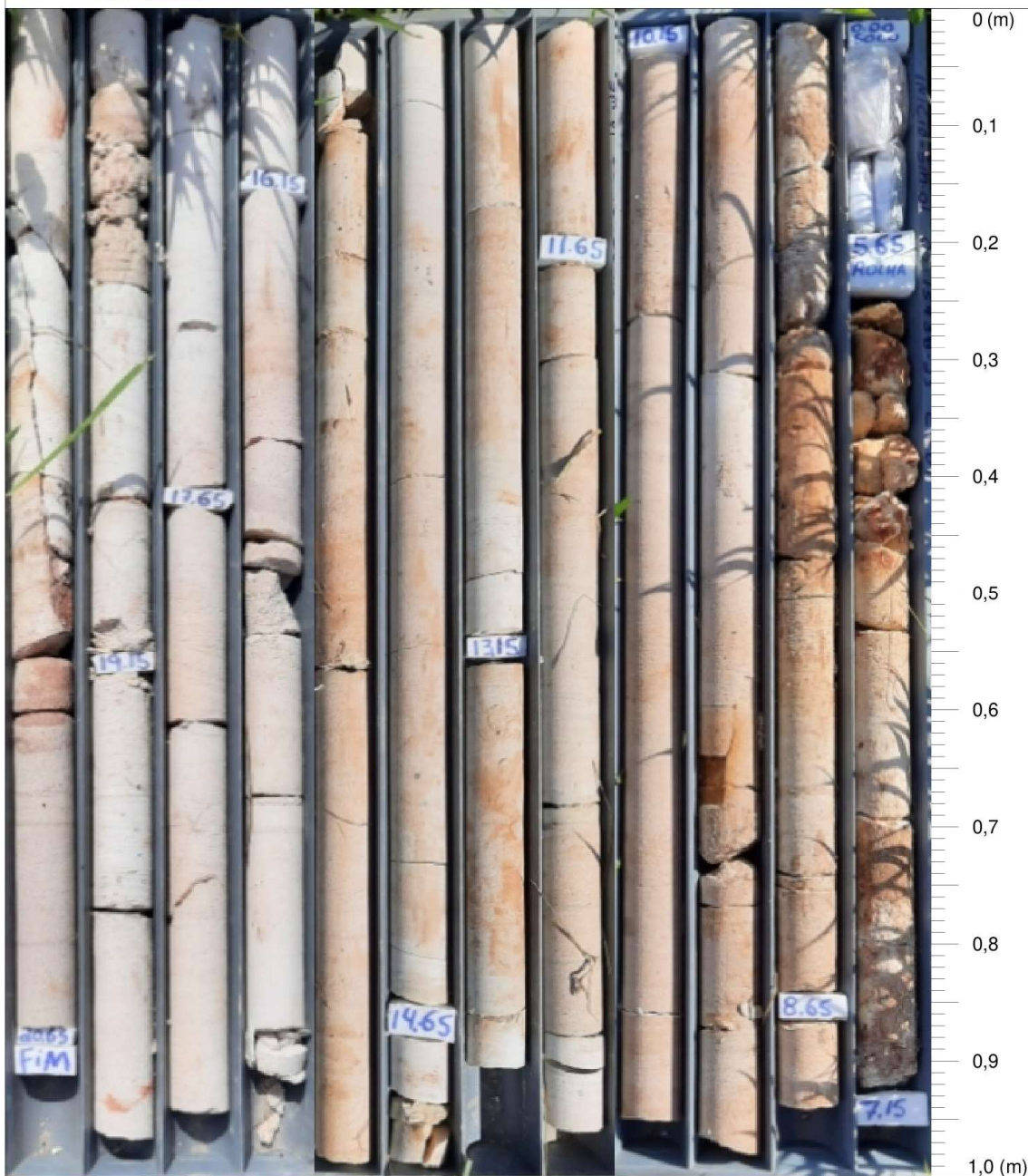
LEGENDA GRÁFICA DE SOLOS AREIA AREIA ARGILO-SILTOSA AREIA ARGILOSA AREIA SILTO-ARGILOSA SILTE SILTE ARENO-ARGILOSO ARGILA ARGILA ARENO-SILTOSA ARGILA ARENOSA ARGILA SILTO-ARENOSA															LEGENDA GRÁFICA DE ROCHAS GRANITO DIABÁSIO GNEISS XISTO														
GRAU DE ALTERAÇÃO (ISRM) W1 - ROCHA SÁ W2 - ROCHA POUCO ALTERADA W3 - ROCHA MODER. ALTERADA W4 - ROCHA MUITO ALTERADA W5 - ROCHA EXTREM. ALTERADA W6 - SOLO RESIDUAL															GRAU DE RESISTÊNCIA (ISRM) R6 - ROCHA EXTREM. RESISTENTE R5 - ROCHA MUITO RESISTENTE R4 - ROCHA RESISTENTE R3 - ROCHA MEDIAN. RESISTENTE R2 - ROCHA BRANDA R1 - ROCHA MUITO BRANDA R0 - ROCHA EXTREM. BRANDA E SOLOS COESIVOS														
GRAU DE FRATURAMENTO (Frat./m) F1 - <1 - OCASION. FRATURADA F2 - 1 A 5 - POUCO FRATURADA F3 - 6 A 10 - MEDIAN. FRATURADA F4 - 11 A 20 - MUITO FRATURADA F5 - >20 - EXTREM. FRATURADA															ORIENTAÇÃO / INCLINAÇÃO H - HORIZONTAL (0° A 10°) SH - SUBHORIZONTAL (11° A 20°) I - INCLINADA (21° A 70°) SV - SUBVERTICAL (71° A 90°)														
SUPERFÍCIE DAS FRATURAS S1 - RUGOSA S2 - ESTRIADA S3 - PLANA S4 - SEDOSA															PREENCHIMENTO DAS FRATURAS P0 - COM SUSPEITA DE PREENCHIMENTO P1 - GRANULAR P2 - MISTO P3 - ARGILOSO P4 - PAREDES OXIDADAS														

NOTA: Os resultados apresentados no presente documento referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser feita na íntegra, após aprovação prévia e por escrito da empresa.

QUADRO DE FOTOS DE SONDAGEM MISTA

Ensaio realizado conforme a NBR 6484/01 - Sondagens de simples reconhecimento com SPT e DNER-PRO102-97 - Sondagem de reconhecimento pelo método rotativo.

Cliente: EPR Litoral Pioneiro	Furo: SM-01	Folha: 1 / 1
Obra: Erosão de Talude	Cota(m): -	
Local: Rodovia PR-151 - km 236,600	Coordenadas: N=7301889,6920	
Data: Início: 26/02/2025	E=615713,8250	
Fim: 27/02/2025		



São Paulo, 5 Março, 2025
Contrato nº: 15938-25
Revisão: R0

Sondador: João Lenon Ferreira da Silva
Verificação: Daniel Vitta Hanson

[Assinatura]

Resp. Técnico:
Maurício Malancoli
CREA: 0663079630

Suporte

NOTA: As fotos apresentadas no presente documento referem-se exclusivamente à amostra coletada. A reprodução deste documento somente poderá ser feita na íntegra, após aprovação prévia e por escrito da empresa.

PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM MISTA (SM)

Ensaio realizado conforme a NBR 6484/20 - Sondagens de simples reconhecimento com SPT e DNER-PRO102-97 - Sondagem de reconhecimento pelo método rotativo.

Cliente: EPR Litoral Pioneiro

Obra: Erosão de Talude

Local: Rodovia PR-151 - km 236,600

Data: Início: 23/02/2025
Fim: 25/02/2025

Furo: SM-02

Folha:
1 / 2

Cota(m): -

Coordenadas: N= 7301899,2680

E= 615724,3076

RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO (S.P.T.) 30cm FINAIS	NSPT	NUMERO DE GOLPES	RECUPERAÇÃO (%)	Ø DO FURO: ROD (%)	ALTERAÇÃO	RESISTÊNCIA	FRATURAMENTO	ORIENTAÇÃO DAS FRATURAS	SUPERFÍCIE DAS FRATURAS	RECONHECIMENTO DAS FRATURAS	ESCALA (m)	PROF. CAMADA (m)	PERFIL GEOLOGICO	INTER. GEOL.	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	COMPACTAÇÃO E CONSISTÊNCIA	N.A. (m)
0 10 20 30 40 50				20 30 40 50 60 70 80 90 100													
												0,60		AT	ARGILA ARENOSA, MARROM ESCURA, COM DETRITOS VEGETAIS		
	5	2/15	2/15	3/15										SI	ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, MARROM AVERMELHADA	MOLE	
	7	2/15	3/15	4/15												MÉDIA(O)	
	7	3/15	3/15	4/15								3,60				MÉDIA(O)	
	22	6/15	9/15	13/15										SI	AREIA (FINA A MÉDIA) SILTOSA, POUCO ARGILOSA, BRANCA E MARROM AMARELADA	COMPACTA(O)	
	26	7/15	11/15	15/15												COMPACTA(O)	
	29	7/15	13/15	16/15												COMPACTA(O)	
	33	8/15	15/15	18/15								7,70				COMPACTA(O)	7,55
					45 30		W2	R2	F3	H	S1	P1					
					57 44		W2	R2	F3	H	S1	P1					
					64 47		W2	R2	F3	H	S1	P1					
					85 50		W2	R2	F4	H	S1	P1					
					83 45		W2	R2	F3	H	S1	P1					
					85 30		W2	R2	F4	H	S1	P1					
					89 56		W2	R2	F3	H	S1	P1					
					89 42		W2	R2	F3	I	S1	P4					
														RC	ARENITO, MARROM CLARO E MARROM AVERMELHADO, COM LAMINAÇÕES CRUZADAS		

LEGENDA DAS ABREVIACOES PRESENTES DA COLUNA DE INTERPRETAÇÃO GEOLOGICA

AT = Aterro; AL = Aluvião; CO = Colúvio; MT = Matacão; RC = Rocha; SAR = Solo de Alteração de Rocha; SDL = Sedimentos Detrito Lateríticos; SFM = Sedimentos Flúvio Marinhos; SI = Sedimentos Inconsolidados; SR = Solo Residual; ST = Sedimentos Terciários.

LEGENDA GRÁFICA DE SOLOS

AREIA
AREIA ARGILO-SILTOSA
AREIA ARGILOSA
AREIA SILTO-ARGILOSA
AREIA SILTOSA
AREIA ARENOSA
AREIA ARENO-SILTOSA
AREIA ARENOSA
AREIA SILTO-ARENOSA

ARGILA SILTOSA
CAMADA VEGETAL
PEDREGULHO
SILTE
SILTE ARENO-ARGILOSO
SILTE ARENOSO
SILTE ARGILO-ARENOSO
SILTE ARGILOSO

LEGENDA GRÁFICA DE ROCHAS

ARENITO
ARGILITO
BASALTO
CARBONATO
DACITO
DIABÁSIO
DIORITO
GABRO
GNÁISE
XISTO

GRANITO
GRANODIORITO
HORNFELS
MARMORE
META-CARBONATO
QUARTZITO
NOLITO
SÉNITO
SILTITO
XISTO

MEDIDAS DOS NÍVEIS D'ÁGUA

LEITURA	DATA	HORA	N.A. (m)
1	26/02/2025	08:40	7,55
2			
3			
4			

OBSERVAÇÃO:

LAVAGEM POR TEMPO - 30 MIN

PROF. DE INÍCIO (m)	PROF. FINAL (m)
ESTÁGIO 1 (m):	
ESTÁGIO 2 (m):	
ESTÁGIO 3 (m):	

MÉTODOS DE PERFURAÇÃO

MÉTODO	PROF. INICIAL (m)	PROF. FINAL (m)
T.CAVADEIRA:		
T.ESPIRAL:		
LAVAGEM:		
ROTATIVO:	0,00	21,20

GRAU DE ALTERAÇÃO (ISRM)

W1 - ROCHA SÁ
W2 - ROCHA POUCO ALTERADA
W3 - ROCHA MODER. ALTERADA
W4 - ROCHA MUITO ALTERADA
W5 - ROCHA EXTREM. ALTERADA
W6 - SOLO RESIDUAL

GRAU DE RESISTÊNCIA (ISRM)

R6 - ROCHA EXTREM. RESISTENTE
R5 - ROCHA MUITO RESISTENTE
R4 - ROCHA RESISTENTE
R3 - ROCHA MODER. RESISTENTE
R2 - ROCHA BRANDA
R1 - ROCHA MUITO BRANDA
R0 - ROCHA EXTREM. BRANDA E SOLOS COESIVOS

GRAU DE FRATURAMENTO (Frat. m)

F1 - < 1 - OCASION. FRATURADA
F2 - 1 A 5 - POUCO FRATURADA
F3 - 6 A 10 - MEDIAN. FRATURADA
F4 - 11 A 20 - MUITO FRATURADA
F5 - > 20 - EXTREM. FRATURADA

ORIENTAÇÃO / INCLINAÇÃO

H - HORIZONTAL (0° A 10°)
SH - SUBHORIZONTAL (11° A 20°)
I - INCLINADA (21° A 70°)
SV - SUBVERTICAL (71° A 90°)

SUPERFÍCIE DAS FRATURAS

S1 - RUGOSA
S2 - ESTRIADA
S3 - PLANA
S4 - SEDOSA

PREENCHIMENTO DAS FRATURAS

P0 - COM SUSPEITA DE PREENCHIMENTO
P1 - GRANULAR
P2 - MISTO
P3 - ARGILOSO
P4 - PAREDES OXIDADAS

São Paulo, 27 Fevereiro, 2025

Contrato nº: 15938-25

Revisão: R0

Sondador: João Lenon Ferreira da Silva

Verificação: Daniel Vitta Hanson

Resp. Técnico:
Maurício Matarconi
CREA: 50630786/30

Suporte

NOTA: Os resultados apresentados no presente documento referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser feita na íntegra, após aprovação prévia e por escrito da empresa.

SUPORTE - SONDAÇÕES E ENSAIOS GEOTÉCNICOS

SEDE - Av. Caméila Borges Narciso, 582 - Bela São Pedro - São Pedro/SP - CEP 13.524-486

http://www.suporteosolos.com.br
contato@suporteosolos.com.br

PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM MISTA (SM)

Ensaio realizado conforme a NBR 6484/20 - Sondagens de simples reconhecimento com SPT e DNER-PRO102-97 - Sondagem de reconhecimento pelo método rotativo.

Cliente: EPR Litoral Pioneiro

Furo: SM-02

Folha:

2 / 2

Obra: Erosão de Talude

Cota(m): -

Local: Rodovia PR-151 - km 236,600

Coordenadas: N= 7301899.2680

Data: Início: 23/02/2025

E= 615724.3076

Fim: 25/02/2025

E= 615724,3076

[illegible]

LEGENDA DAS ABREVIACOES PRESENTES DA COLUMA DE INTERPRETACAO GEOLÓGICA

AT = Aterro; AL = Aluvião; CO = Colúvio; MT = Matacão; RC = Rocha; SAR = Solo de Alteração de Rocha; SDL = Sedimentos Detrito Lateríticos; SFM = Sedimentos Flúvio Marinhos; SI = Sedimentos Inconsolidados; SR = Solo Residual; ST = Sedimentos Terciários.

LEGENDA GRÁFICA DE SOLOS.

- | | |
|--------------------------|-----------------------|
| ☐ | A REIA |
| ☐ | A REIA ARGILO SILTOSA |
| ☐ | A REIA ARGILOSA |
| ☐ | A REIA SILTO ARGILOSA |
| ☐ | A REIA SILTOSA |
| ☐ | A RGILA |
| ☐ | A RGILA ARENO SILTOSA |
| ☐ | A RGILA ARENOSA |
| ☐ | A RGILA SILTO ARENOSA |

LEGENDA GRÁFICA DE ROCHAS

- | LESIONES DE ROQUE | |
|------------------------------------|---|
| ☐ ARENITO | ☐ GRANITO |
| ☐ ARGILITO | ☐ GRANODIORITO |
| ☐ BASALTO | ☐ HORNFELS |
| ☐ CARBONATO | ☐ MÁRMORE |
| ☐ DACITO | ☐ META CARBONATO |
| ☐ DIABÁSIO | ☐ QUARTZITO |
| ☐ DIORITO | ☐ RIOLITO |
| ☐ FLUTO | ☐ SIENITO |
| ☐ GABRO | ☐ SILTITO |
| ☐ GNAISE | ☐ VISTO |

MEDIDAS DOS NIVEIS D'ÁGUA

LEITURA	DATA	HORA	N.A. (m)
1	26/02/2025	08:40	7,55
2			
3			
4			
LAVAGEM POR TEMPO - 30 MIN		MÉTODOS DE PERFURAÇÃO	
		METODO	PROF. INICIAL (m) PROF. FINAL (m)
PROF. DE INICIO (m):		T.CAVADERA:	
ESTÁGIO 1 (m):		T. ESPIRAL:	
ESTÁGIO 2 (m):		LAVAGEM:	
ESTÁGIO 3 (m):		ROTATIVO:	0,00 21,20

	OBSERVAÇÃO:
--	-------------

GRAU DE ALTERAÇÃO - (ISRM)

W1 - ROCHA Sã
W2 - ROCHA pouco alterada
W3 - ROCHA MODER. alterada
W4 - ROCHA muito alterada
W5 - ROCHA EXTREM. alterada
W6 - SOLO RESIDUAL

GRAU DE RESISTÊNCIA (ISRM)

R6 - ROCHA EXTREM. RESISTENTE
R5 - ROCHA MUITO RESISTENTE
R4 - ROCHA RESISTENTE
R3 - ROCHA MEDIAN. RESISTENTE
R2 - ROCHA BRANDA
R1 - ROCHA MUITO BRANDA
R0 - ROCHA EXTREM. BRANDA E SOLOS COESIVOS

GRAU DE FRATURAMENTO (Frat./m)

F1 - <1 - OCASION. FRATURADA
F2 - 1 A 5 - POUCO FRATURADA
F3 - 6 A 10 - MEDIAN. FRATURADA
F4 - 11 A 20 - MUITO FRATURADA
F5 - >20 - EXTREM. FRATURADA

ORIENTAÇÃO / INCLINAÇÃO

H - HORIZONTAL (0° A 10°)
SH - SUBHORIZONTAL (11° 20°)
I - INCLINADA (21° A 70°)
SV - SUBVERTICAL (71° A 90°)

SUPERFÍCIE D.
S1 - RUGOSA
S2 - ESTRIADA
S3 - PLANA
S4 - SEDOSA

PREENCHIMENTO DAS FRATURAS
P0 - COM SUSPEITA DE PREENCHIMENTO
P1 - GRANULAR
P2 - MISTO
P3 - ARGILOSO
P4 - PAREDES OXIDADAS

São Paulo, 27 Fevereiro, 2025

Sondador: João Lenon Ferreira da Silva

Contrato nº: 15938-25

Verificação: Daniel Vitta Hanson

Revisão: R0

Resp. Técnico:
Maurício Malanconi
CREA: 5063078630



Suporte

NOTA: Os resultados apresentados no presente documento referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser feita na íntegra, após aprovação prévia e por escrito da empresa.

SUPOORTE - SONDAGENS E ENSAIOS GEOTÉCNICOS

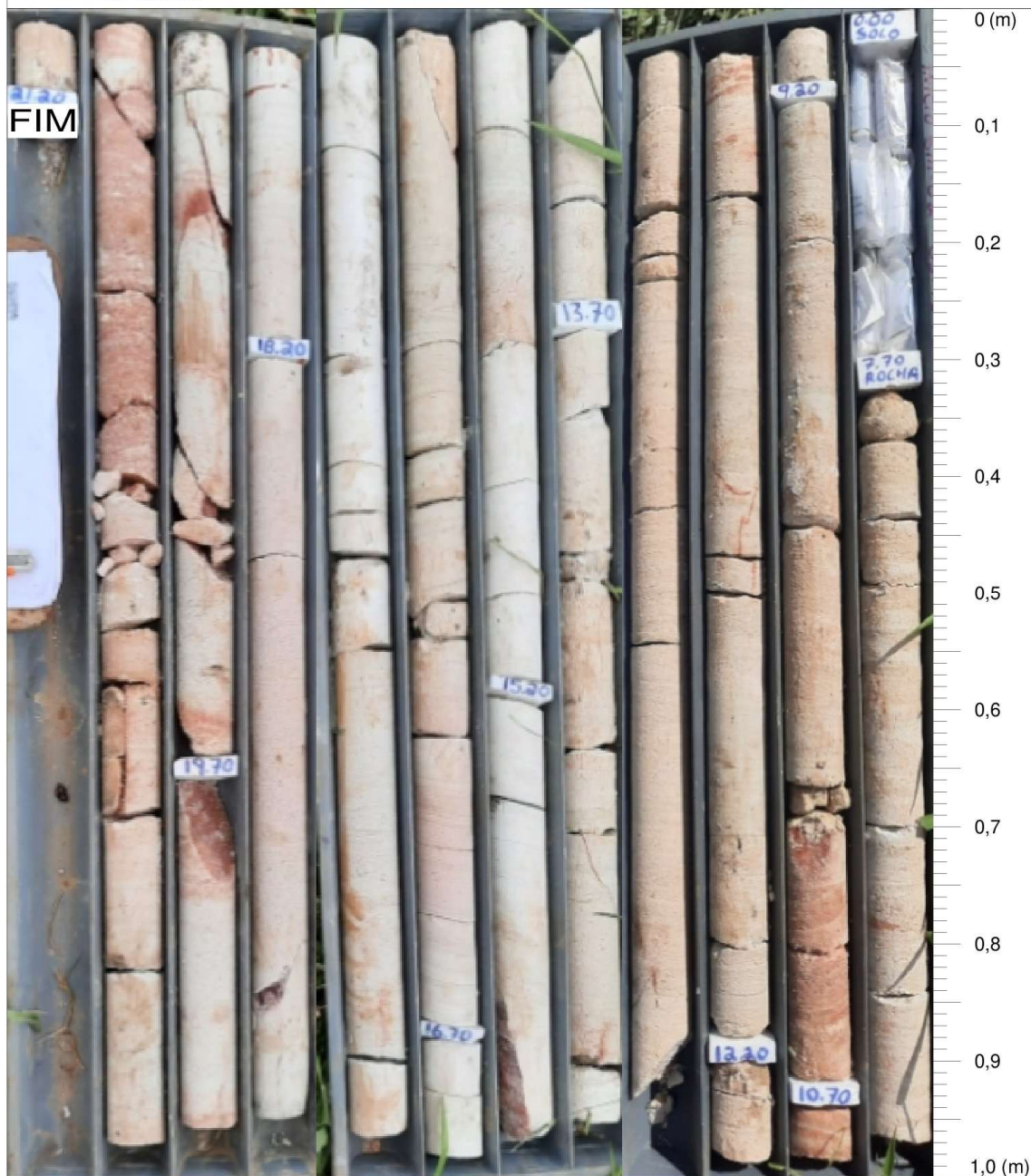
SEDE - Av. Camélia Borges Narciso, 582 - Bela São Pedro - São Pedro/SP - CEP 13.524-486

<http://www.suportesolos.com.br>
contato@suportesolos.com.br

QUADRO DE FOTOS DE SONDAGEM MISTA

Ensaio realizado conforme a NBR 6484/01 - Sondagens de simples reconhecimento com SPT e DNER-PRO102-97 - Sondagem de reconhecimento pelo método rotativo.

Cliente: EPR Litoral Pioneiro	Furo: SM-02	Folha: 1 / 1
Obra: Erosão de Talude	Cota(m): -	
Local: Rodovia PR-151 - km 236,600	Coordenadas: N=7301899,2680	
Data: Início: 23/02/2025	E=615724,3076	
Fim: 25/02/2025		



São Paulo, 27 Fevereiro, 2025
Contrato nº: 15938-25
Revisão: R0

Sondador: João Lenon Ferreira da Silva
Verificação: Daniel Vitta Hanson

[Signature]

Resp. Técnico:
Maurício Malancor
CREA: 0663079630

Suporte

NOTA: As fotos apresentadas no presente documento referem-se exclusivamente à amostra coletada. A reprodução deste documento somente poderá ser feita na íntegra, após aprovação prévia e por escrito da empresa.

SUPORTE - SONDAGENS E ENSAIOS GEOTÉCNICOS
SEDE - Av. Camélia Borges Narciso, 582 - Bela São Pedro - São Pedro/SP - CEP 13.524-486

<http://www.suportesolos.com.br>
contato@suportesolos.com.br

Ensaio realizado conforme a NBR 6484/20 - Sondagens de simples reconhecimento com SPT e DNER-PRO102-97 - Sondagem de reconhecimento pelo método rotativo.

Cota(m): -

$$E = 615734,1300$$

E= 615734,1300

LEGENDA DAS ABBREVIACÖES PRESENTES DA COLUNA DE INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA

MEDIDAS DOS NIVEIS D'ÁGUA

OBSERVAÇÃO:

LEGENDA GRÁFICA DE SOLOS

LEGENDA GRÁFICA DE ROCHAS

GRAU DE ALTERAÇÃO - (ISRM)

GRAU DE RESISTÊNCIA (ISRM)

GRAU DE FRATURAMENTO (Frat./m)

ORIENTAÇÃO / INCLINAÇÃO

SUPERFÍCIE DAS FRATURAS

PREENCHIMENTO DAS FRATURAS

P0 - COM SUSPEITA DE PREENCHIMENTO
P1 - GRANULAR
P2 - MISTO
P3 - ARGILOSO
P4 - PAREDES OXIDADAS

Verificação: Daniel Vitta Hanson

Resp. Técnico:
Maurício Malanconi
CREA: 5063078630



④ Suporte

NOTA: Os resultados apresentados no presente documento referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser feita na íntegra, após aprovação prévia e por escrito da empresa.

SUPOORTE - SONDAGENS E ENSAIOS GEOTÉCNICOS

SEDE - Av. Camélia Borges Narciso, 582 - Bela São Pedro - São Pedro/SP - CEP 13.524-486

<http://www.suportesolos.com.br>
contato@suportesolos.com.br

PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAAGEM MISTA (SM)																		
Ensaio realizado conforme a NBR 6484/20 - Sondagens de simples reconhecimento com SPT e DNER-PRO102-97 - Sondagem de reconhecimento pelo método rotativo.																		
Cliente: EPR Litoral Pioneiro Obra: Erosão de Talude Local: Rodovia PR-151 - km 236,600 Data: Início: 03/03/2025 Fim: 04/03/2025										Furo: SM-03 Cota(m): - Coordenadas: N= 7301887,6200 E= 615734,1300					Folha: 2 / 2			
RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO (SPT), 30cm FINAIS	N-SPT	NUMERO DE GOLPES	RECUPERAÇÃO (%)	Ø DO FURO	ROD (%)	ALTERAÇÃO	RESISTÊNCIA	FRATURAMENTO	ORIENTAÇÃO DAS FRATURAS	SUPERFÍCIE DAS FRATURAS	RECONHECIMENTO DAS FRATURAS	ESCALA (m)	PROF. CAMADA (m)	PERFIL GEOLOGICO	INTER. GEOL.	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	COMPACTAÇÃO E CONSISTÊNCIA	N.A. (m)
0 10 20 30 40 50				75 70 65 60 55 50 45 40 35 30 25 20 15 10 5 0								20	20,05		RC	ARENITO, MARROM CLARO E MARROM AVERMELHADO, COM GRANULAÇÃO FINA E LAMINAÇÕES CRUZADAS ACANALADAS Critério Especificado pelo Cliente		
												25						
												30						
												35						
												40						

LEGENDA DAS ABREVIACÕES PRESENTES DA COLUNA DE INTERPRETAÇÃO GEOLOGICA										MEDIDAS DOS NÍVEIS D'ÁGUA				OBSERVAÇÃO:					
AT = Aterro; AL = Aluvião; CO = Colúvio; MT = Matacão; RC = Rocha; SAR = Solo de Alteração de Rocha; SDL = Sedimentos Detrito Lateríticos; SFM = Sedimentos Flúvio Marinhos; SI = Sedimentos Inconsolidados; SR = Solo Residual; ST = Sedimentos Terciários.										LEITURA 1 DATA 05/03/2025 HORA 07:48 N.A. (m) 1,72 2 3 4									
LEGENDA GRÁFICA DE SOLOS ☐ AREIA ☐ AREIA ARGILO-SILTOSA ☐ AREIA ARGILOSA ☐ AREIA SILTO-ARGILOSA ☐ SILTE ☐ SILTE ARENO-ARGILOSO ☐ ARGILA ☐ ARGILA ARENO-SILTOSA ☐ ARGILA ARENOSA ☐ ARGILA SILTO-ARENOSA										LEGENDA GRÁFICA DE ROCHAS ☐ ARENITO ☐ GRANITO ☐ ARGILITO ☐ GRANODIORITO ☐ BASALTO ☐ HORNFELS ☐ CARBONATO ☐ MARMORE ☐ DACITO ☐ META-CARBONATO ☐ DIABÁSIO ☐ QUARTZITO ☐ GIBRITO ☐ XISTO ☐ GABRO ☐ SILTITO ☐ GNASSE									
GRAU DE ALTERAÇÃO (ISRM) W1 - ROCHA SÁ W2 - ROCHA POUCO ALTERADA W3 - ROCHA MODER. ALTERADA W4 - ROCHA MUITO ALTERADA W5 - ROCHA EXTREM. ALTERADA W6 - SOLO RESIDUAL										GRAU DE RESISTÊNCIA (ISRM) R6 - ROCHA EXTREM. RESISTENTE R5 - ROCHA MUITO RESISTENTE R4 - ROCHA RESISTENTE R3 - ROCHA MEDIAN. RESISTENTE R2 - ROCHA BRANDA R1 - ROCHA MUITO BRANDA R0 - ROCHA EXTREM. BRANDA E SOLOS COESIVOS						GRAU DE FRATURAMENTO (Frat./m) F1 - <1 - OCASION. FRATURADA F2 - 1 A 5 - POUCO FRATURADA F3 - 6 A 10 - MEDIAN. FRATURADA F4 - 11 A 20 - MUITO FRATURADA F5 - >20 - EXTREM. FRATURADA			
ORIENTAÇÃO / INCLINAÇÃO H - HORIZONTAL (0° A 10°) SH - SUBHORIZONTAL (11° A 20°) I - INCLINADA (21° A 70°) SV - SUBVERTICAL (71° A 90°)										SUPERFÍCIE DAS FRATURAS S1 - RUGOSA S2 - ESTRIADA S3 - PLANA S4 - SEDOSA						PREENCHIMENTO DAS FRATURAS P0 - COM SUSPEITA DE PREENCHIMENTO P1 - GRANULAR P2 - MISTO P3 - ARGILOSO P4 - PAREDES OXIDADAS			
LAVAGEM POR TEMPO - 30 MIN PROF. DE INÍCIO (m): ESTÁGIO 1 (m): ESTÁGIO 2 (m): ESTÁGIO 3 (m):										MÉTODOS DE PERFURAÇÃO MÉTODO PROF. INICIAL (m) PROF. FINAL (m) T.CAVADEIRA: T. ESPÍRAL: LAVAGEM: ROTATIVO: 0,00 20,05									

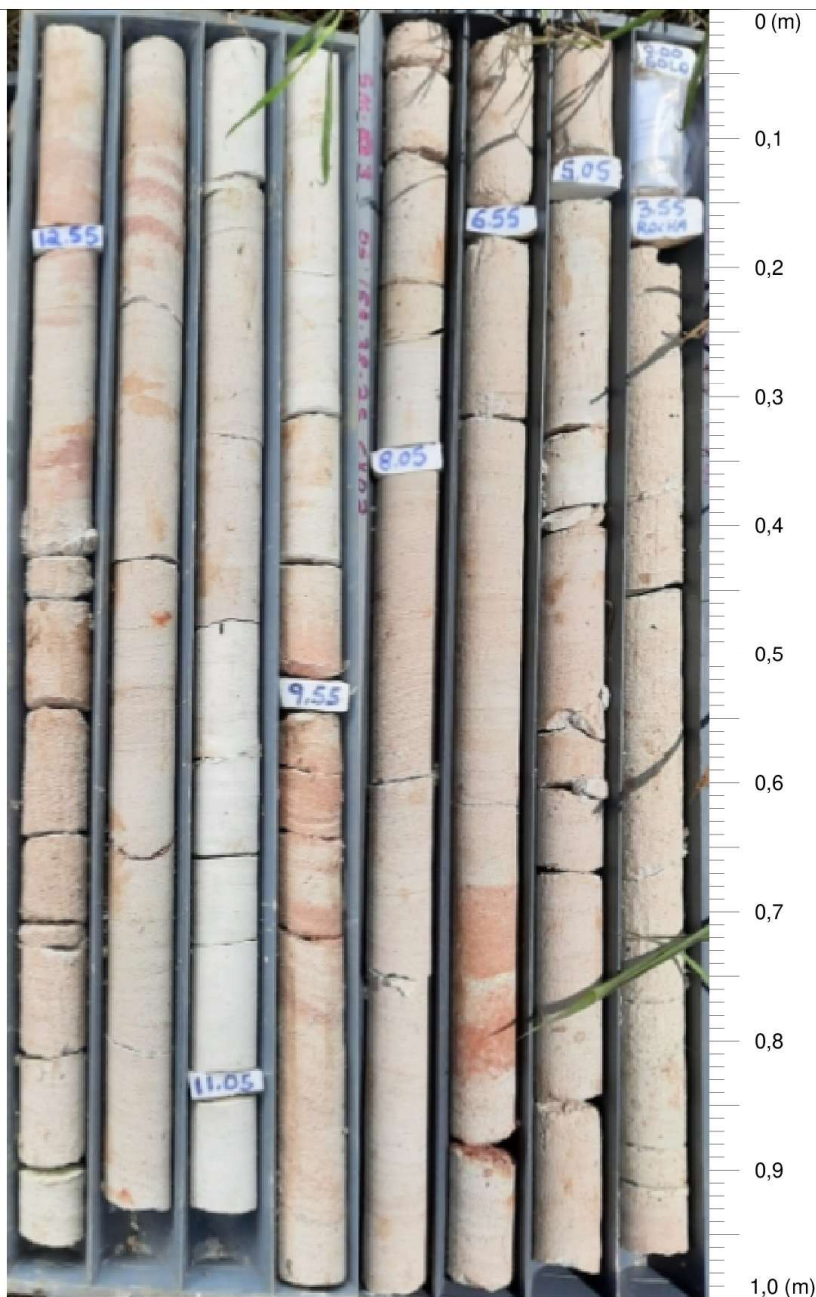
São Paulo, 7 Março, 2025	Sondador: João Lenon Ferreira da Silva	Resp. Técnico: Maurício Marconini CREA: 50630786/30
Contrato nº: 15938-25	Verificação: Daniel Vitta Hanson	
Revisão: R0		

NOTA: Os resultados apresentados no presente documento referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser feita na íntegra, após aprovação prévia e por escrito da empresa.

QUADRO DE FOTOS DE SONDAGEM MISTA

Ensaio realizado conforme a NBR 6484/01 - Sondagens de simples reconhecimento com SPT e DNER-PRO102-97 - Sondagem de reconhecimento pelo método rotativo.

Cliente: EPR Litoral Pioneiro	Furo: SM-03	Folha: 1 / 1
Obra: Erosão de Talude	Cota(m): -	
Local: Rodovia PR-151 - km 236,600	Coordenadas: N=7301887,6200	
Data: Início: 03/03/2025 Fim: 04/03/2025	E=615734,1300	



São Paulo, 7 Março, 2025
Contrato nº: 15938-25
Revisão: R0

Sondador: João Lenon Ferreira da Silva
Verificação: Daniel Vitta Hanson

[Handwritten Signature]

Resp. Técnico:
Maurício Malancoli
CREA: 0663079630

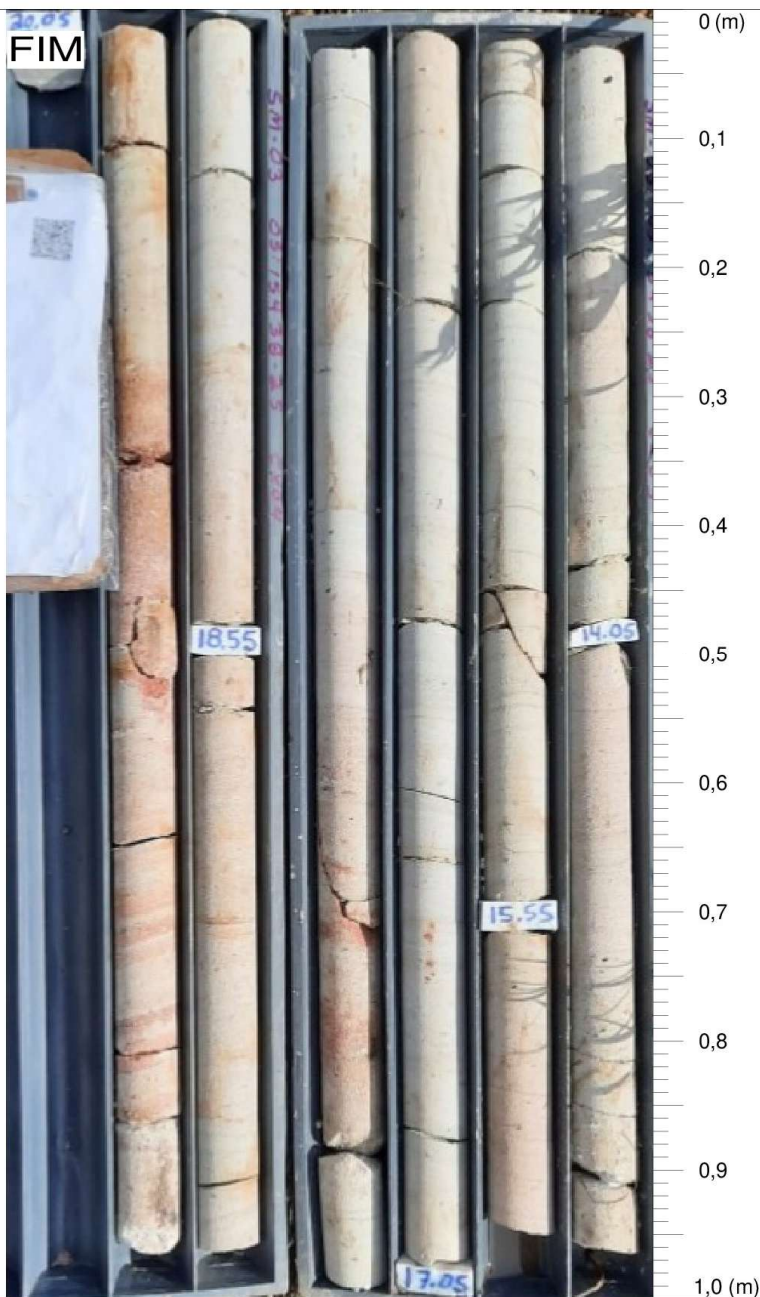
Suporte

NOTA: As fotos apresentadas no presente documento referem-se exclusivamente à amostra coletada. A reprodução deste documento somente poderá ser feita na íntegra, após aprovação prévia e por escrito da empresa.

QUADRO DE FOTOS DE SONDAGEM MISTA

Ensaio realizado conforme a NBR 6484/01 - Sondagens de simples reconhecimento com SPT e DNER-PRO102-97 - Sondagem de reconhecimento pelo método rotativo.

Cliente: EPR Litoral Pioneiro	Furo: SM-03	Folha: 1 / 1
Obra: Erosão de Talude	Cota(m): -	
Local: Rodovia PR-151 - km 236,600	Coordenadas: N=7301887,6200	
Data: Início: 03/03/2025 Fim: 04/03/2025	E=615734,1300	



São Paulo, 7 Março, 2025
Contrato nº: 15938-25
Revisão: R0

Sondador: João Lenon Ferreira da Silva
Verificação: Daniel Vitta Hanson

[Assinatura]

Resp. Técnico:
Maurício Malancor
CREA: 0663079630

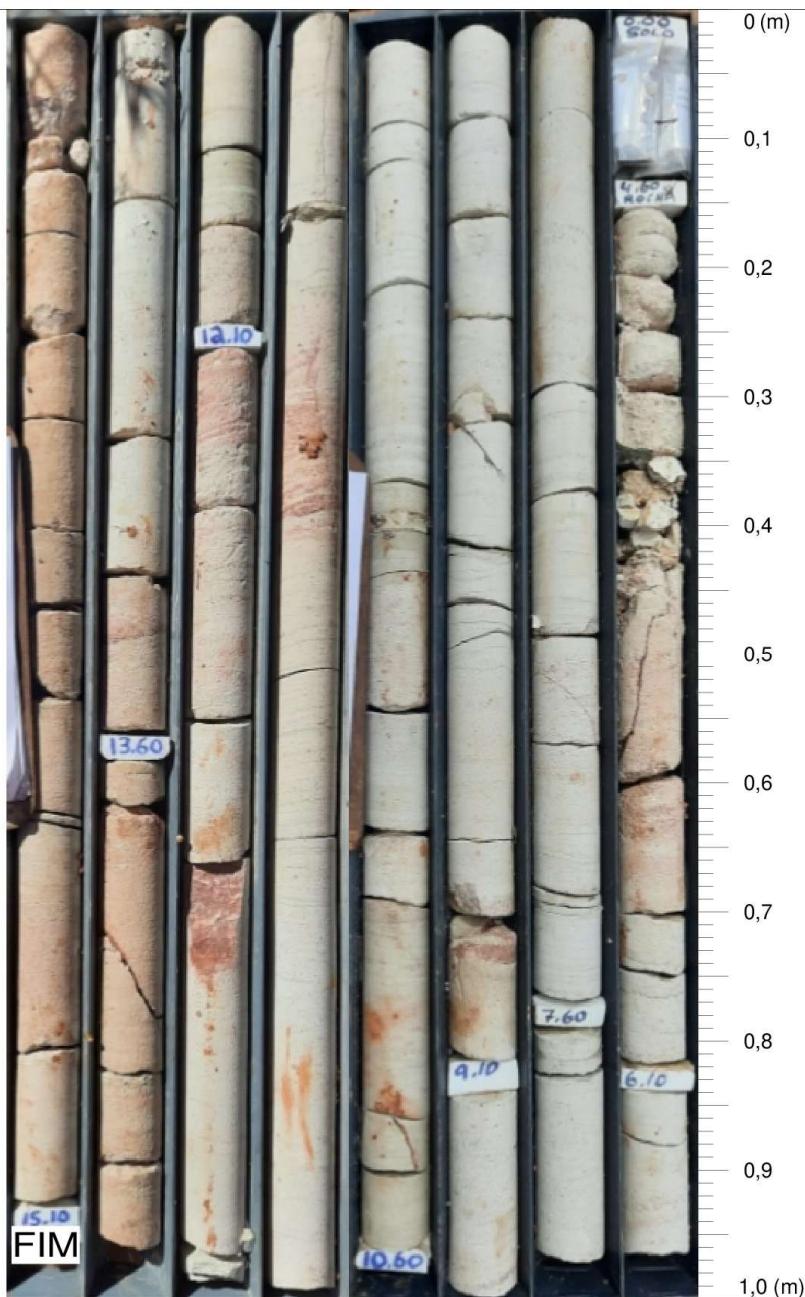
Suporte

NOTA: As fotos apresentadas no presente documento referem-se exclusivamente à amostra coletada. A reprodução deste documento somente poderá ser feita na íntegra, após aprovação prévia e por escrito da empresa.

QUADRO DE FOTOS DE SONDAGEM MISTA

Ensaio realizado conforme a NBR 6484/01 - Sondagens de simples reconhecimento com SPT e DNER-PRO102-97 - Sondagem de reconhecimento pelo método rotativo.

Cliente: EPR Litoral Pioneiro	Furo: SM-04	Folha: 1 / 1
Obra: Erosão de Talude	Cota(m): -	
Local: Rodovia PR-151 - km 236,600	Coordenadas: N=7301908,8950	
Data: Início: 01/03/2025 Fim: 02/03/2025	E=615694,2932	



São Paulo, 5 Março, 2025
Contrato nº: 15938-25
Revisão: R0

Sondador: João Lenon Ferreira da Silva
Verificação: Daniel Vitta Hanson

[Assinatura]

Resp. Técnico:
Maurício Malancoli
CREA: 0663079630

Suporte

NOTA: As fotos apresentadas no presente documento referem-se exclusivamente à amostra coletada. A reprodução deste documento somente poderá ser feita na íntegra, após aprovação prévia e por escrito da empresa.