

São Paulo 22 de Janeiro de 2024

À  
**CESAMA - Companhia de Saneamento Municipal**  
Av. Barão do Rio Branco n.º 1843 - 8º ao 11º andares  
Juiz de Fora - MG

At.: Eng.º Marcelo Mello do Amaral

Prezados Senhores

Desincumbindo-nos da solicitação de V.Sas., vimos apresentar memorial descritivo do projeto de contenção de talude a ser implantada nas adjacências do Reservatório e Elevatória Grajaú, localizado na Rua Antônio Alves Teixeira, s/n.º (ao lado da residência de n.º 85), Bairro Grajaú, município de Juiz de Fora, Estado de Minas.

Sendo quanto se nos apresentava para o momento, estamos à disposição de V.Sas. para quaisquer esclarecimentos adicionais que se fizerem necessários.

Atenciosamente



eng.º Yoshikazu Oshio



eng.º Jorge Roberto Nouh

## Sumário

1. Introdução.....	2
2. Relatório de inspeção.....	2
3. Memorial descritivo da contenção .....	21
4. Memorial de cálculo da contenção.....	24
5. Especificações técnicas.....	39
6. Anexo .....	47

## 1. Introdução

O presente documento tem por objetivo apresentar o relatório de inspeção, conceito e memorial de cálculo do projeto de contenção de talude a ser implantada nas adjacências do Reservatório e Elevatória Grajaú, localizado na Rua Antônio Alves Teixeira, s/n.º (ao lado da residência de n.º 85), Bairro Grajaú, município de Juiz de Fora, Estado de Minas.

## 2. Relatório de inspeção

### 2.1 Conhecimento da situação

Em atendimento à solicitação efetuada pela CESAMA, em 30 de Agosto de 2023 efetuamos inspeção técnica ao local para avaliar visualmente a região adjacente ao Reservatório e Elevatória Grajaú, de suma importância para o abastecimento de água da região.

A solicitação da inspeção técnica foi motivada por ocorrência de uma variação considerável observada no monitoramento de cotas efetuado pela equipe topográfica da CESAMA entre os dias 19/06/2023 e 18/08/2023 (variação de até 2,3 cm), a partir de 08 pontos localizados no lado oposto da Rua Antônio Alves Teixeira.

Apresenta-se a seguir imagem orbital do GoogleEarth com indicação da localização do Reservatório Grajaú (indicado em amarelo) e a planta com a indicação dos pontos de monitoramento efetuado pela CESAMA.



Imagem 1-Imagem orbital do local inspecionado, com o reservatório indicado em amarelo (fonte: Google Earth).

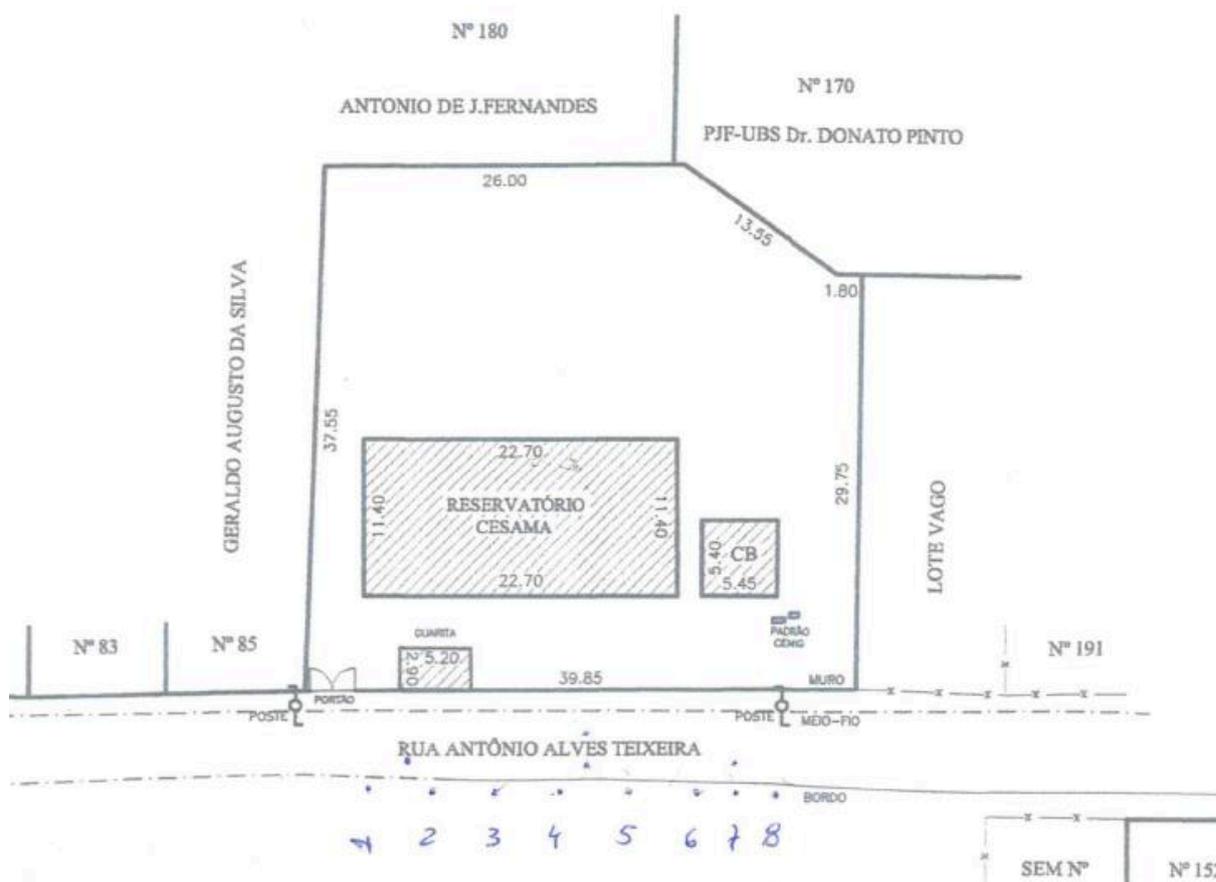


Figura 1-Planta de localização do reservatório Grajaú e dos pontos de monitoramento (fonte: CESAMA).

## 2.2 Descrição da inspeção efetuada

A inspeção técnica foi efetuada em 30 de Agosto de 2023, em dia com sol e nuvens, após alguns dias de ocorrência de chuvas, juntamente com os técnicos da CESAMA e da Defesa Civil do município de Juiz de Fora.

O reservatório, com capacidade de armazenamento de 700 m<sup>3</sup> de água potável, está localizado na parte alta de uma região de encostas íngremes, distante cerca de 13 m da guia oposta da rua, ao lado da crista da encosta. Por ocasião da inspeção técnica efetuada, não se constatou processo de instabilidade geotécnica junto ao Reservatório Grajaú.

A municipalidade de Juiz de Fora vem executando leira com sacos de solo e material asfáltico na Rua Antônio Alves Teixeira, interditando meia pista, para que a água pluvial que escoar pela rua não deságue pela encosta abaixo. Este procedimento vem sendo executado há pelo menos desde Maio de 2022, conforme é possível constatar pela imagem do StreetView do GoogleEarth datada de 05/2022 apresentada na Imagem 2, em função de histórico de ocorrência de escorregamentos planares pretéritos nesta encosta.



Imagem 2-Imagem do StreetView do local, datada de 05/2022 (fonte: Google Earth).

Conforme informações fornecidas pelos técnicos da Defesa Civil que acompanharam a inspeção técnica, a rua está interditada para tráfego de caminhões. Por ocasião da inspeção técnica efetuada, constatou-se que esta interdição não está sendo devidamente cumprida, conforme se constata pela Foto 1 do caminhão trafegando pela rua.



Foto 1-Vista do local, com tráfego de caminhão pela rua.

A despeito da leira implantada no local, e diversas trincas de pavimento do tipo couro de jacaré, foi possível constatar trincas de deslocamento horizontal do maciço na rua, que se desenvolvem ao longo de cerca de 70 m de extensão.

Conforme informações fornecidas por ocasião da inspeção técnica efetuada, a encosta localizada a jusante da Rua Antônio Alves Teixeira (lado oposto ao reservatório) tem histórico de ocorrências de escorregamentos planares e relatos de surgência de trincas no terreno pelos moradores da região.

É possível observar abatimento da rua próximo à crista da encosta. Constatou-se também abertura entre a guia da rua e o terreno. Estas evidências indicam ocorrência de movimentação tanto horizontal quanto vertical do maciço.

Próximo à guia da rua, foram cravadas em ocasiões pretéritas, 02 linhas de trilhos metálicos espaçados de forma variada entre 1,5 m e 2 m, com o objetivo, salvo melhor juízo, para promover certa estabilidade ao maciço. Há relatos de que entre os trilhos metálicos havia paramentos verticais para conter o solo, que foram ao longo do tempo escorregando encosta abaixo. Os 08 pontos de monitoramento de cotas efetuado pela CESAMA desde 12/07/2022 utilizam esses perfis metálicos localizados mais próximo a guia da rua.

Tubulações de esgoto e fornecimento de água estão implantadas ao longo da Rua Antônio Alves Teixeira. Tubulações de ferro fundido de recalque e de abastecimento de água que chega/sai do Reservatório Grajaú estão posicionadas de forma esconsa no talude a jusante da Rua Antônio Alves Teixeira. Adentrando nas edificações localizadas na próxima rua à jusante (Rua Rosa Sffeir), foi possível observar essas tubulações.

Escavações foram executadas nos fundos das edificações existentes na Rua Rosa Sffeir, no pé deste talude onde as tubulações de recalque e de abastecimento estão localizadas. Escorregamentos pretéritos ocorreram no local, atingindo inclusive essas edificações, com estruturas precárias de contenção sendo posteriormente implantadas no local.

Há escorregamento translacional na Rua Miguel Jacobe (localizada ao final da Rua Antônio Alves Teixeira), escorregamento conchoidal de grande magnitude na Rua Rosa Sffeir (próxima rua à jusante da Rua Antônio Alves Teixeira), bem como diversos outros escorregamentos na região, denotando que as encostas desta região são extremamente suscetíveis a ocorrência de escorregamentos.

As fotos tiradas por ocasião da inspeção técnica efetuadas, e demais fotos fornecidas pela CESAMA, estão apresentadas a seguir.



Foto 2 - Vista aérea do reservatório e da Rua Antônio Alves Teixeira.



Foto 3 - Vista aérea da Rua Antônio Alves Teixeira, com a leira de saco de solo e material asfáltico interditando meia pista.



Foto 4 - Vista do reservatório localizado na Antônio Alves Teixeira, com a encosta a jusante da rua.



Foto 5 - Vista do reservatório localizado na Rua Antônio Alves Teixeira.



Foto 6 - Leira de saco de solo e material asfáltico implantado na Rua Antônio Alves Teixeira.



Foto 7 - Vista da Rua Antônio Alves Teixeira, com sinais evidentes de abatimento da rua entre a crista da encosta e a leira.



Foto 8 - Trinca no pavimento.



Foto 9 - Trincas no pavimento.



Assinado por 1 pessoa: LINCOLN SANTOS LIMA  
Para verificar a validade das assinaturas, acesse <https://juizdefora.1doc.com.br/verificacao/5f67-9b83-3576-c6e8> e informe o código 5F67-9B83-3576-C6E8



Foto 10 - Abertura entre a guia e o terreno, evidenciando movimentação horizontal do maciço.



Foto 11 - Abertura entre a guia e o terreno, evidenciando movimentação horizontal do maciço.



Foto 12 - Trilho metálico cravado (indicado em amarelo) perto da guia.



Foto 13 - Trilho metálico cravado (indicado em amarelo) perto da guia.



Foto 14 - Trilho metálico cravado (indicado em amarelo) da 2ª linha, mais para dentro do maciço.



Foto 15 - PV's das tubulações de esgoto e de fornecimento de água da Rua Antônio Alves Teixeira.



Foto 16 - Talude a jusante da Rua Antônio Alves Teixeira, onde tubulações de ferro fundido de recalque e de abastecimento de água estão posicionadas de forma esconsa.



Foto 17 - Tubulações de ferro fundido de recalque e de abastecimento de água aparentes no talude.



Foto 18 - Tubulações de ferro fundido de recalque e de abastecimento de água aparentes no talude.



Foto 19 - Estruturas precárias de contenção implantadas nos fundos da edificação da Rua Rosa Sffeir, onde houve escorregamento pretérito após escavação do pé do talude.



Foto 20 - Fundos de edificação da Rua Rosa Sffeir, executada com escavação do pé do talude.



Foto 21 - Leira de saco de solo e material asfáltico na Rua Miguel Jacobe, localizada ao final da Rua Antônio Alves Teixeira, no trecho onde houve escorregamento translacional pretérito do talude.



Foto 22 - Leira de saco de solo e material asfáltico na Rua Miguel Jacobe, localizada ao final da Rua Antônio Alves Teixeira, no trecho onde houve escorregamento translacional pretérito do talude.



Foto 23 - Escorregamento conchoidal de grande magnitude localizado na Rua Rosa Sffeir.



Foto 24 - Vista aérea do escorregamento conchoidal da Rua Rosa Sffeir. Esta rua fica logo abaixo da Rua Antônio Alves Teixeira.



Foto 25 - Vista aérea mostrando a proximidade entre o Reservatório Grajaú (indicado em amarelo) e o escorregamento conchoidal de grande magnitude da Rua Rosa Sffeir (indicado em vermelho).



Foto 26 - Escorregamento em encosta nas adjacências do Reservatório Grajaú.



Foto 27 - Escorregamento em encosta nas adjacências do Reservatório Grajaú.

## 2.3 Conclusões da inspeção e medidas mitigadoras

Pelas constatações observadas por ocasião da inspeção técnica efetuada, o Reservatório Grajaú não apresenta evidências que indiquem instabilidade geotécnica decorrentes das movimentações horizontais e verticais constatadas do outro lado da Rua Antônio Alves Teixeira.

Entretanto, a situação local é de extremo risco tanto para as pessoas que residem ou circulam na região quanto para as edificações e construções existentes na região.

Este local tem histórico de escorregamentos pretéritos, com intervenções antrópicas efetuadas (cravação de 2 linhas de trilhos metálicos, construção de estruturas precárias de contenção no pé do talude) e evidências de processo ativo de instabilidade do talude a jusante da Rua Antônio Alves Teixeira (trincas do pavimento paralelas à crista do talude, abertura entre a guia e o terreno).

Constatou-se diversos escorregamentos, tanto translacionais quanto conchoidais, nas proximidades do local inspecionado, indicando que as encostas desta região são bastante suscetíveis a processos de instabilidade geotécnica. Face à geomorfologia da região caracterizada por taludes com declividades altas, evidências de diversos escorregamentos ocorridos na região, presença de edificações, ocorrência de chuvas intensas, o local é classificado como sendo de risco Alto a Muito Alto.

Risco	Descrição
Baixo (R1)	Ausência de indícios de instabilidade no terreno, alto nível de resistência das construções. Mantidas as condições médias de chuvas para o local é baixa a possibilidade de destruição das construções por movimento gravitacional de massa.
Moderado (R2)	Há indícios pouco claros de instabilidade no terreno, alto a moderado nível de resistência das construções. Mantidas as condições médias de chuvas para o local é moderada a possibilidade de destruição das construções por movimento gravitacional de massa.
Alto (R3)	Indícios claros de instabilidade no terreno, baixo a moderado nível de resistência das construções. Mantidas as condições médias de chuvas para o local é alta a possibilidade de destruição das construções por movimento gravitacional de massa.
Muito alto (R4)	Presença marcante de indícios de instabilidade no terreno e baixos níveis de resistência das construções. Mantidas as condições médias de chuvas para o local é muito alta a possibilidade de destruição das construções por movimento gravitacional de massa.

Figura 2-Classificação de risco (fonte: artigo “Aplicação da Metodologia de Mapeamento de Perigo e Risco Para Deslizamentos Planares com Metodologia GIDES/CPRM, na Vila Baiana, Guarujá (SP) - 16º CBGE 2018).

As consequências da ocorrência de escorregamento do talude a jusante da Rua Antônio Alves Teixeira são intangíveis, imensuráveis e catastróficas, uma vez que há diversas edificações e moradias na região. Além disso, a ocorrência de escorregamento neste talude fatalmente irá danificar as tubulações de recalque e de fornecimento de água, ocasionando fluxo descontrolado de água com potencial altíssimo de ocorrência de escorregamentos generalizados do maciço com fluxo de lama.

Face a este cenário de altíssimo risco, recomendamos que a CESAMA providencie o quanto antes o desvio das tubulações de recalque e de fornecimento de água que estão locadas neste talude para regiões que não sejam afetadas no caso de ocorrência de progressão dos movimentos do maciço, visto que estes poderão danificá-las, ocasionar vazamentos e interrupção de seu funcionamento, com possibilidade real de escorregamentos generalizados na região.

Em paralelo, e não menos importante, a municipalidade de Juiz de Fora deverá, a exemplo do que está previsto para o escorregamento ocorrido na Rua Rosa Sffeir, desenvolver o projeto de contenção e estabilização para este local, e implantá-lo imediatamente, pois a situação é de altíssimo risco e de extrema urgência, de forma a preservar vidas humanas, edificações e construções da área.

### 3. Memorial descritivo da contenção

O projeto do muro de contenção a ser executado nas adjacências do Reservatório e Elevatória Grajaú, localizado na Rua Antônio Alves Teixeira, s/n.º (ao lado da residência de n.º 85), Bairro Grajaú, município de Juiz de Fora, Estado de Minas foi concebido atentando-se às questões de logísticas e de segurança tanto para a execução das obras quanto para as construções e edificações existentes nas adjacências, com objetivo de mitigar possíveis riscos de execução e evitar interferências físicas significativas nas Rua Antônio Alves Teixeira, tendo as seguintes premissas como norteadores:

- Locação da contenção na crista do talude localizada no bordo da Rua Antônio Alves Teixeira, do lado oposto do Reservatório Grajaú.
- Não executar escavação na Rua Antônio Alves Teixeira, preservando ao máximo a integridade a.
- Emprego de equipamentos de perfuração de pequeno porte face aos indícios de instabilidade presentes no local e à presença de edificações no pé do talude.

Com base nessas premissas, o muro de contenção a ser executado foi concebido como sendo estrutura de contenção autoportante, do tipo cortina atirantada apoiada em estacas tipo raiz, com as seguintes características:

- Consolidação do terreno com injeção de calda de cimento
- Cortina de concreto armado de  $f_{ck} \geq 30$  MPa
- Espessura da cortina: 25 cm
- Altura máxima da cortina: 5 m
- Armação: aço CA-50
- Tirantes protendidos de 45 tf
- Malha de distribuição dos tirantes na cortina: 2,5 m (V) x 2,5 m (H)
- Fundação: estacas tipo raiz  $\varnothing 250$  mm, espaçadas a cada 1,25 m.

Apresenta-se a seguir imagens do projeto concebido.



Figura 3-Planta de localização da cortina atirantada

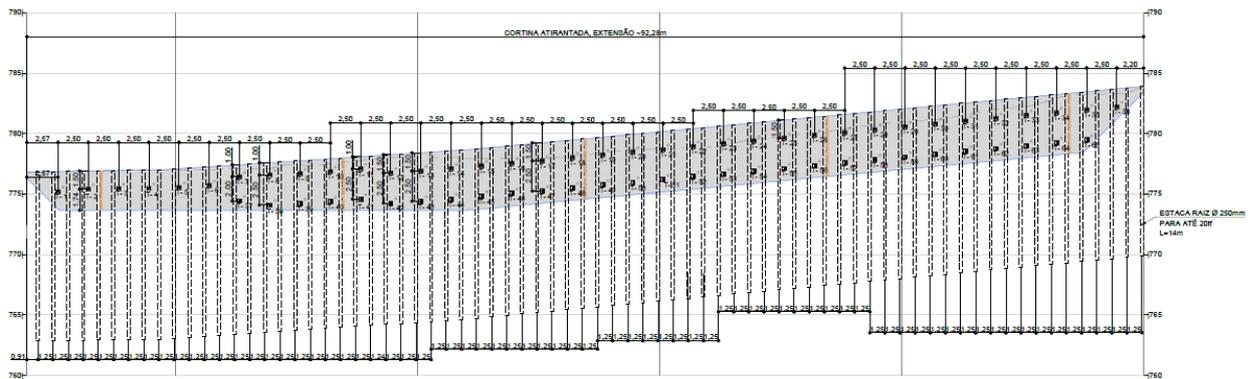


Figura 4-Vista frontal da contenção

### TABELA DOS TIRANTES

SÍMBOLO	TIRANTE Nº	INCLIN.	COMPRIMENTO (m)*			CARGAS (tf)**		
			LIVRE	ANCOR.	TOTAL	TRABALHO	ENSAIO	INCORPORAÇÃO
▣	T-1 a T-36	20°	12	8	20	45	63	45
▣	T-37 a T-65	20°	10	8	18	45	63	45

Figura 5-Características dos tirantes

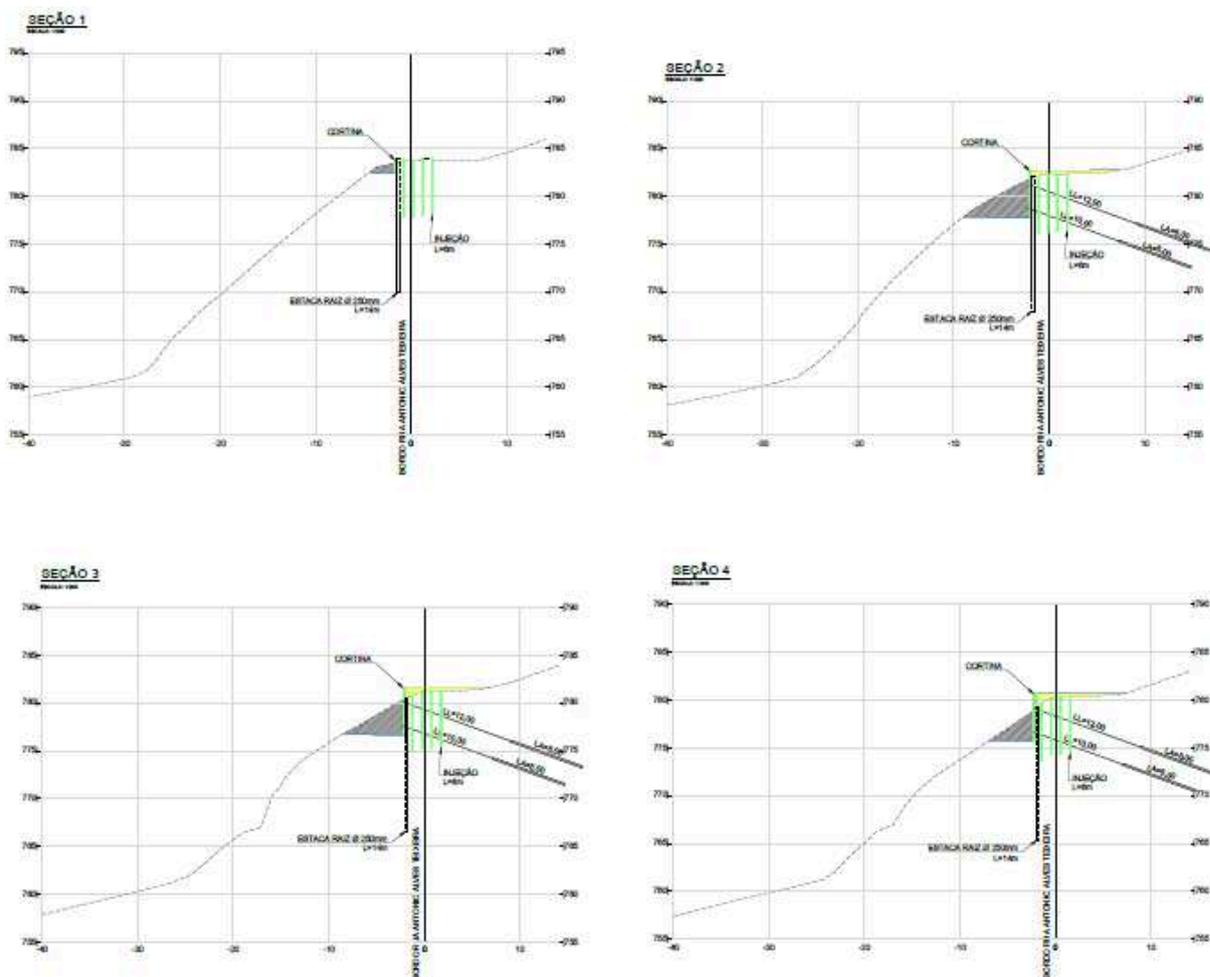


Figura 6-Seção transversal da contenção - 1

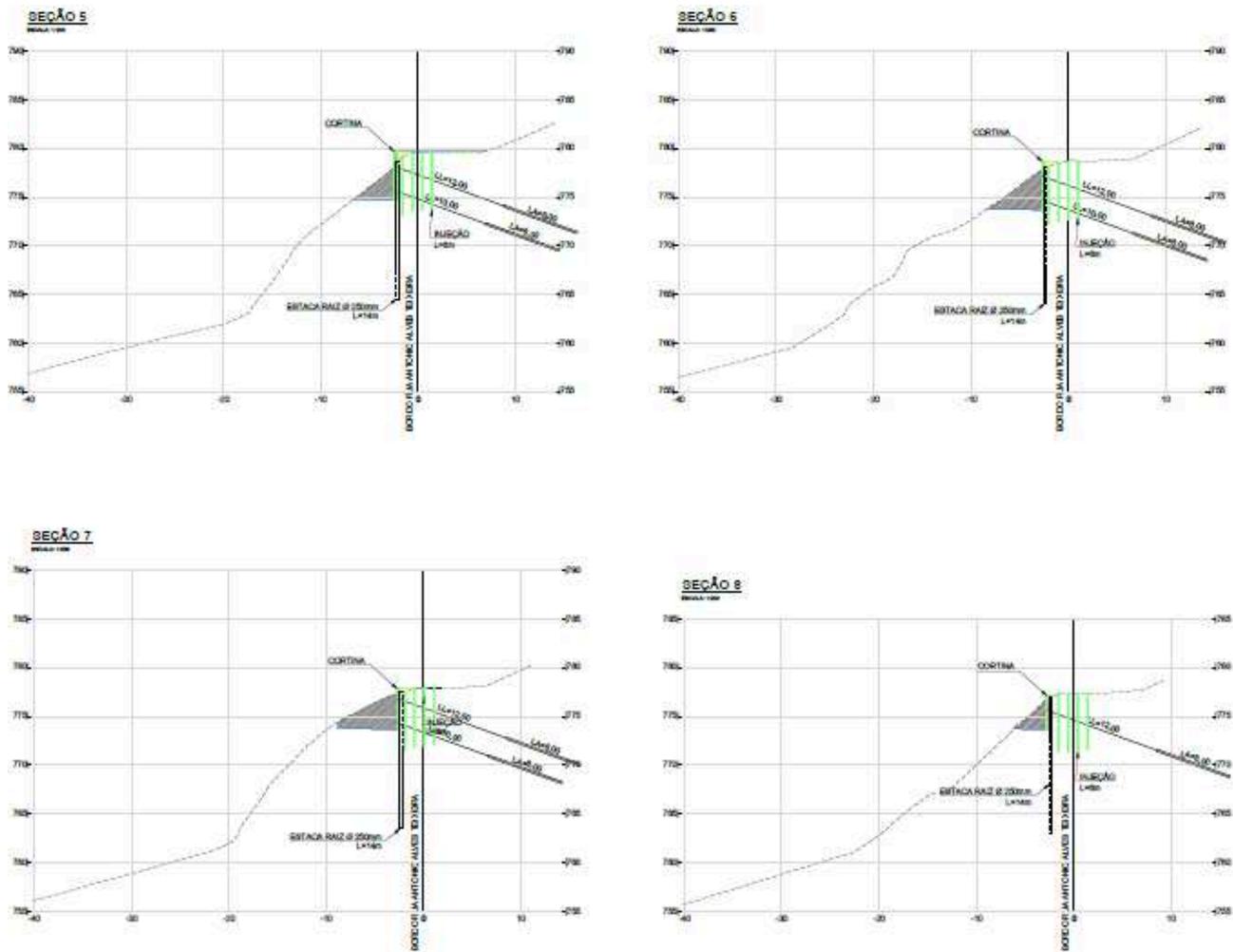


Figura 7-Seção transversal da contenção - 2

## 4. Memorial de cálculo da contenção

### 4.1 Característica do subsolo

O substrato local, auferido pelas sondagens executadas pelas empresas Geocoring é caracterizado, fundamentalmente, pela presença de camada de aterro constituído por argila pouco arenosa, muito mole a média, marrom avermelhada, com espessura entre 0,75 m e 9 m, sobreposta a solo eluvionar de silte pouco micáceo, com estrutura reliquiar pouco preservada, mole a média, roxo escuro, com espessura entre 2,86 m e 6,0 m, sobrejacente a solo de alteração de rocha constituído por silte arenoso e areia fina pouco argilosa, com estrutura reliquiar preservada, pouco a muito compacta, roxo escuro e amarelo avermelhada, que se estende até as profundidades atingidas pelas sondagens (até 23,3 m de profundidade). O nível d'água foi detectado a profundidades que variaram de 15,45 a 17,75 m. Os boletins individuais das sondagens executadas na região bem como a sua localização estão apresentados em anexo.

O perfil geotécnico idealizado pelas sondagens, contemplando o projeto de contenção concebido, está apresentado a seguir.

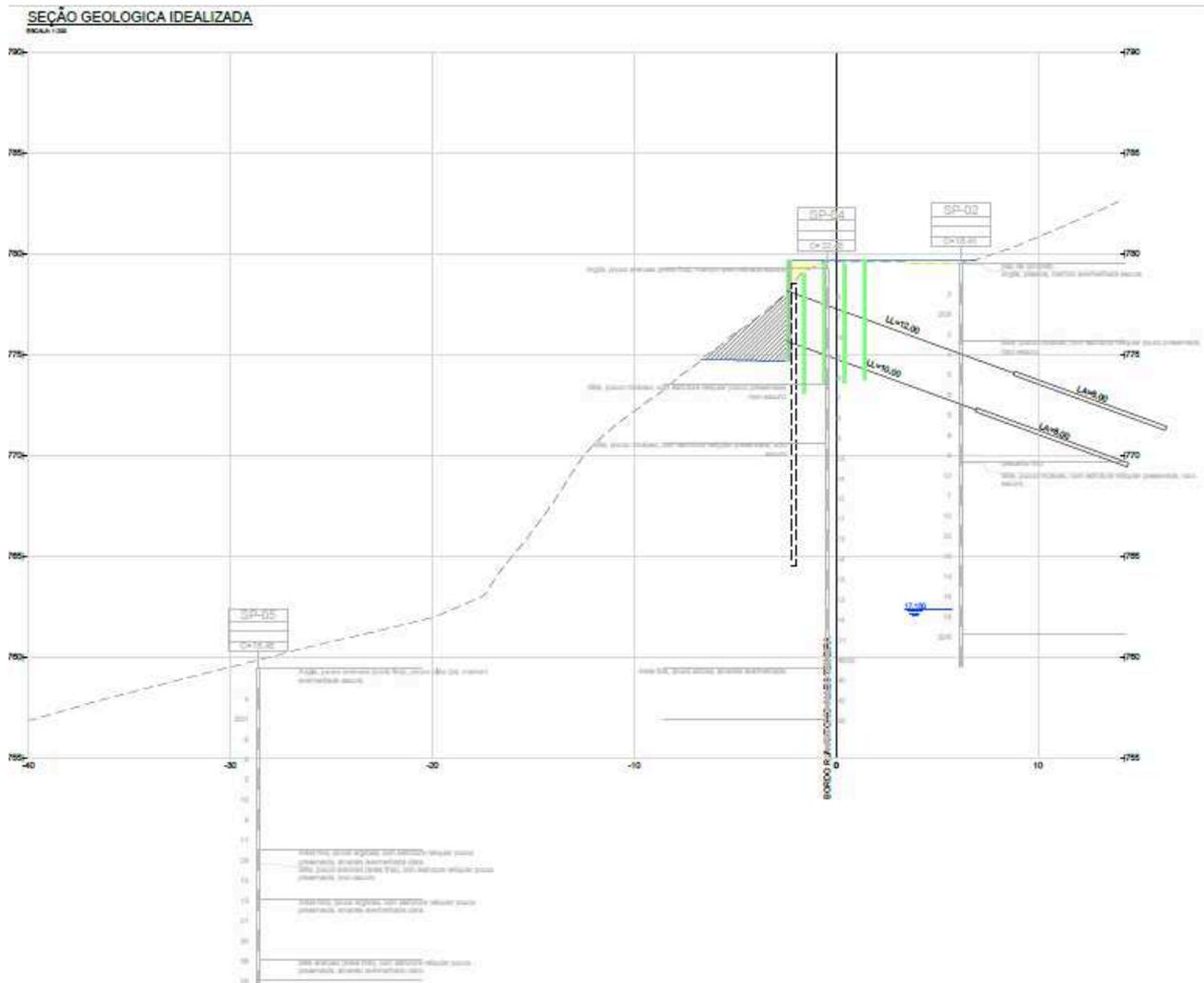


Figura 8-Perfil geotécnico empregado nas análises de estabilidade

## 4.2 Análise de estabilidade

Primeiramente foi efetuada retroanálise para se auferir os parâmetros de resistência do solo, empregando-se o método de equilíbrio limite através do programa ROCSCIENCE Slide2 (licença n.º 19842-001). O resultado da retroanálise está apresentado a seguir.

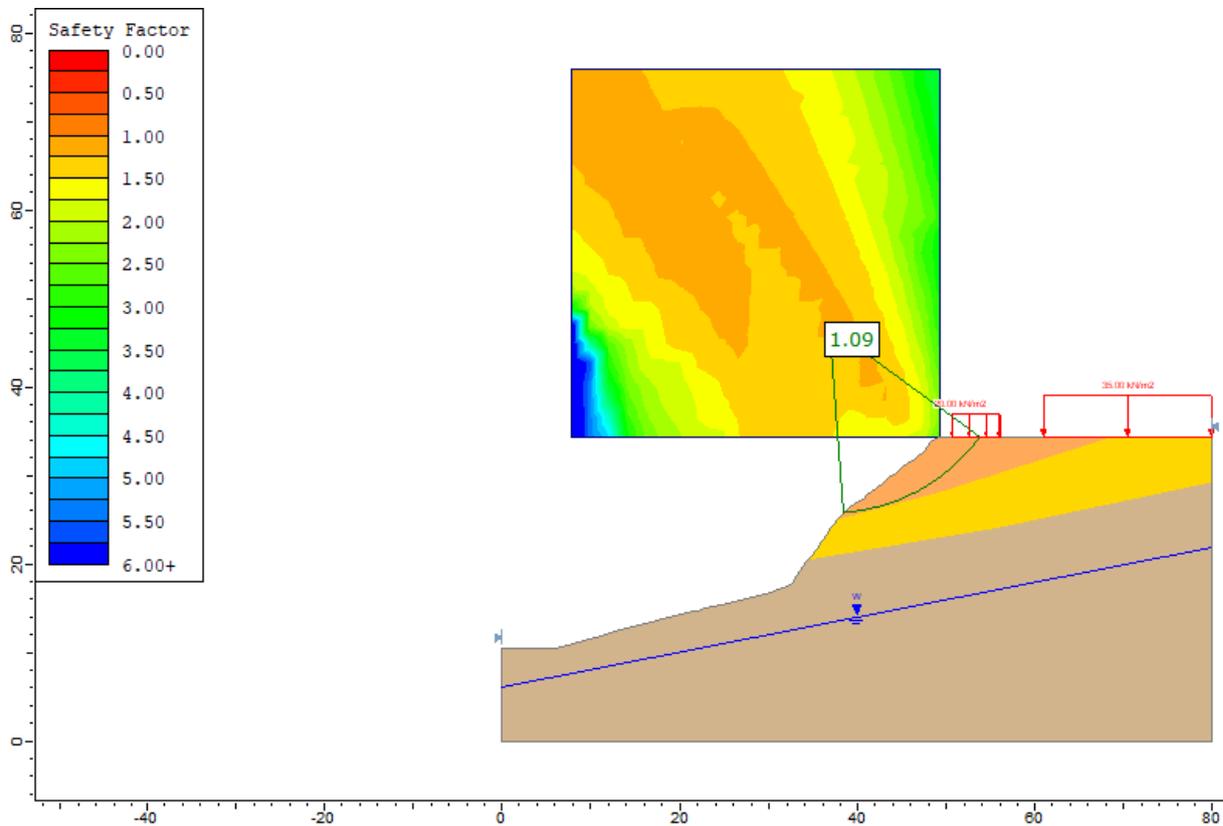


Figura 9-Resultado da retroanálise.

Material		Parâmetros Geotécnicos							
Descrição Suscita	Cor no Modelo	$\gamma$	$\gamma$	CV	c	c	CV	$\phi$	CV
		( $\text{tf}/\text{m}^3$ )	( $\text{kN}/\text{m}^3$ )		( $\text{tf}/\text{m}^2$ )	( $\text{kN}/\text{m}^2$ )		( $^\circ$ )	
Aterro		1,8	18	3%	1,0	10	40%	20	10%
Solo Eluvionar		1,8	18	3%	2,0	20	40%	27	10%
Solo de Alteração de Rocha - SAR		1,8	18	3%	2,5	25	40%	30	10%

Figura 10-Parâmetros de resistência dos solos.

Com os parâmetros auferidos pela retroanálise, foi efetuada análise de estabilidade da contenção empregando-se o método de equilíbrio limite através do programa ROCSCIENCE Slide2, complementado por estimativas de probabilidade de ruína contidas no próprio programa. Os valores de desvio padrão ( $\delta$ ) do peso específico ( $\gamma$ ), da coesão (c) e do ângulo de atrito ( $\phi$ ) foram adotados com base em valores de coeficiente de variação encontrados na literatura especializada, nacional e internacional (e.g.: JCSS - Joint Committee of Structural Safety, Sandroni & Sayão, 1992 e Rocscience Inc., 2005).

A literatura nacional considera estáveis taludes com  $\beta$  (índice de confiabilidade)  $> 1,8$ ; Teixeira & Virgili (1984) propõe a magnitude de 0,3 % como valor aceitável de probabilidade de ruína, para taludes cujas consequências da ruptura são classificados como “muito graves”. Estes autores classificam com estas consequências “os taludes médios e altos em estradas de acesso importantes”. Whitman (1984) propõe valores limites de probabilidade de ruína da ordem de 1% para o risco da perda de vidas humanas. Sandroni & Sayão (1984) sugerem um valor mínimo do índice de confiabilidade do coeficiente de segurança de 2.

Dell’avanzi e Sayão (1998) recomendam intervalo de valores de índice de confiabilidade e de probabilidade de falha de acordo com a tipologia das obras, conforme Figura 11 apresentada a seguir.

Dell’avanzi e Sayão (1998).

Casos	Índice de confiabilidade	Probabilidade de falha
Fundações	2,3 a 3,0	$10^{-2}$ a $10^{-3}$
Taludes de mineração	1,0 a 2,3	$10^{-1}$ a $10^{-2}$
Barragens	3,5 a 5,0	$10^{-3}$ a $10^{-5}$
Estruturas de contenção	2,0 a 3,0	$10^{-2}$ a $10^{-3}$

Figura 11-Valores de índice de confiabilidade e probabilidade de falha conforme tipologia de obra (em vermelho está destacado os índices de estruturas de contenção).

Considerou-se uma sobrecarga de 2 tf/m<sup>2</sup> na região da Rua Antônio Alves Teixeira, conforme preconiza a norma brasileira NBR 11682:2009 Estabilidade de encostas, e de 3,5 tf/m<sup>2</sup> na região do reservatório Grajau. A carga dos tirantes, espaçados horizontalmente a cada 2,5 m, é de 45 tf. As estacas tipo raiz de fundação da contenção imersas no terreno não foram consideradas como elementos resistentes nas análises de estabilidade. A seguir são apresentados os resultados das análises efetuadas:

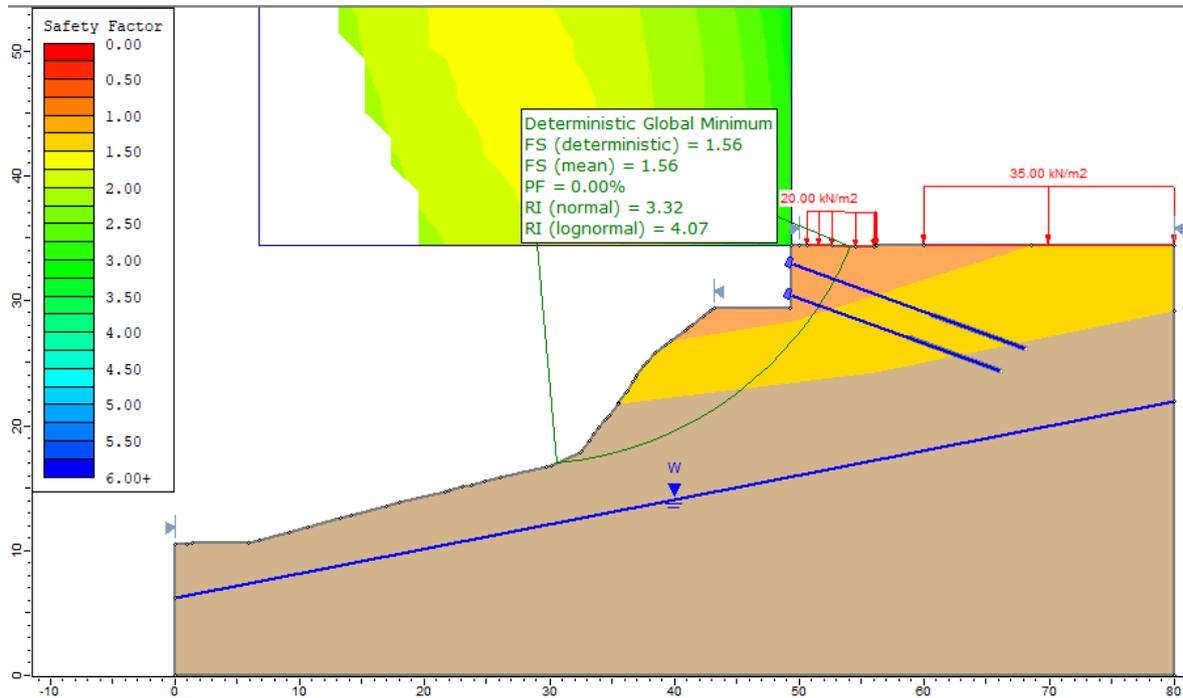


Figura 12-Resultado da análise de estabilidade local da cortina atirantada, obtendo-se os seguintes resultados:

Fs determinístico:	1,56
Fs médio:	1,56
Probabilidade de ruína ( $p_f$ ):	~ 0,0 %
Índice de confiabilidade ( $\beta$ ):	3,32

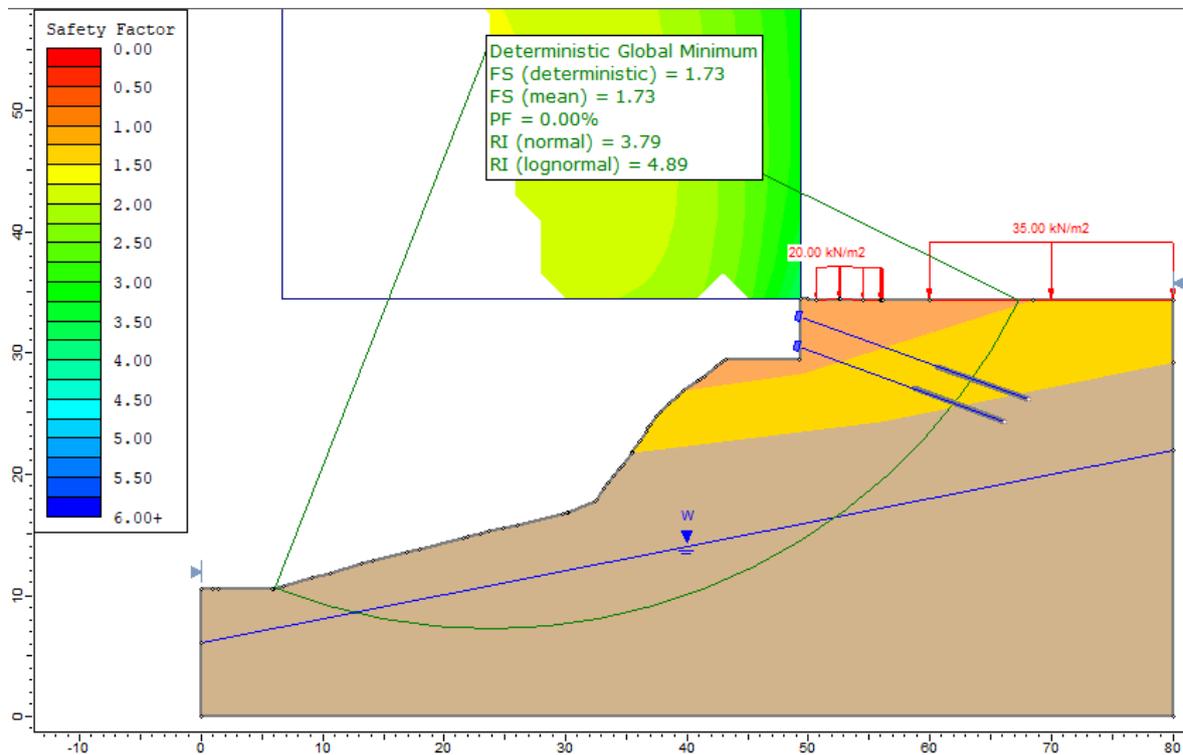


Figura 13-Resultado da análise de estabilidade global da cortina atirantada (sem a contribuição dos tirantes e o círculo de ruptura passando pelo bulbo dos tirantes), obtendo-se os seguintes resultados:

Fs determinístico:	1,73
Fs médio:	1,73
Probabilidade de ruína ( $p_f$ ):	~ 0,0 %
Índice de confiabilidade ( $\beta$ ):	3,79

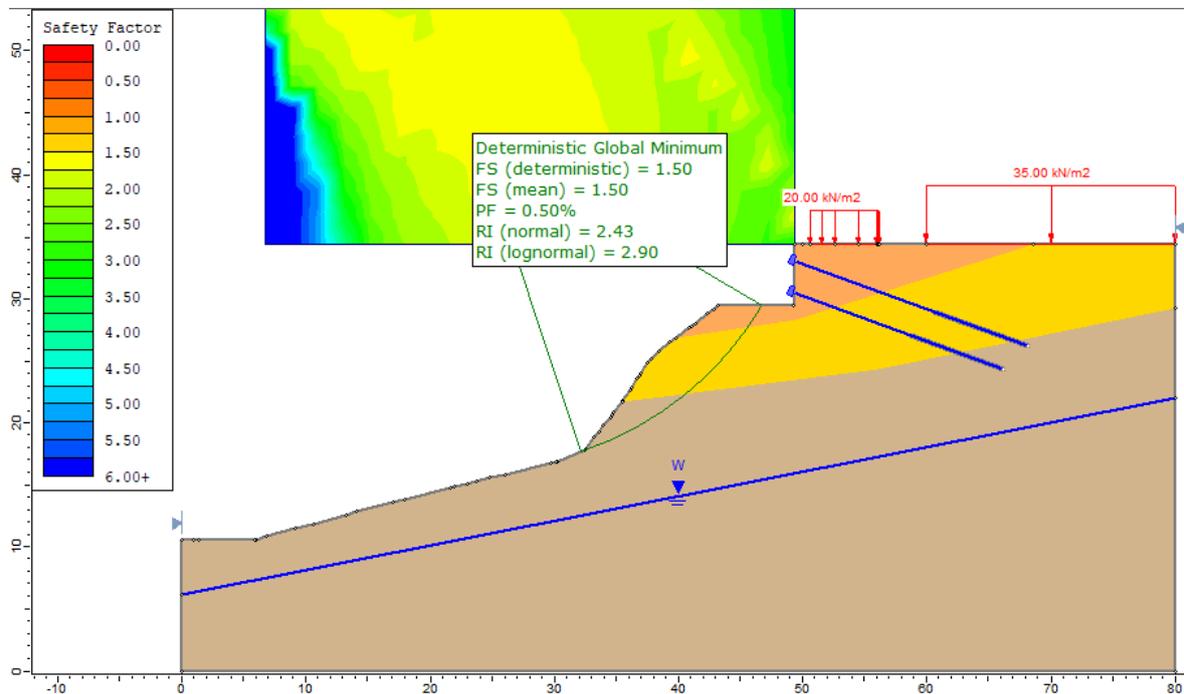


Figura 14-Resultado da análise de estabilidade do talude a jusante da cortina atirantada, obtendo-se os seguintes resultados:

Fs determinístico: 1,50  
 Fs médio: 1,50  
 Probabilidade de ruína ( $p_f$ ): 0,50 %  
 Índice de confiabilidade ( $\beta$ ): 2,43

Os resultados das análises de estabilidade efetuadas indicaram que o fator de segurança atende ao mínimo de  $FS = 1,5$  das normas brasileiras NBR 5629:2019 Tirantes ancorados no terreno e NBR 11682:2009 Estabilidade de encostas, e os índices de confiabilidade e probabilidade de ruína atendem aos limites preconizados pela literatura nacional e internacional sobre o assunto.

### 4.3 Comprimento de ancoragem dos tirantes

#### TIRANTES - Comprimento do Bulbo de Ancoragem - Método Costa Nunes

F =	79	tf	( carga no tirante = 1,75 x carga de trabalho )
$D_b$ =	10	cm	( diâmetro do bulbo de ancoragem )
h =	6	m	( profundidade do ponto médio do bulbo )
$h_{NA}$ =	0	m	( altura do nível d'água em relação ao ponto médio do bulbo )
g =	1,8	tf/m <sup>3</sup>	( peso específico do solo )
c =	2	tf/m <sup>2</sup>	( resistência não drenada do solo )
f =	27	°	( ângulo de atrito do solo )
$s'$ =	10,8	tf/m <sup>2</sup>	( tensão efetiva vertical no ponto médio do bulbo )
$D_p$ =	54	tf/m <sup>2</sup>	( aumento de tensão efetiva devido à pressão residual de injeção )
$L_b$ =	7,2	m	( comprimento mínimo do bulbo de ancoragem )

Figura 15-Verificação do comprimento de ancoragem dos tirantes

Comprimento de ancoragem dos tirantes adotado = 8 m

#### 4.4 Fundação da cortina

A estimativa dos comprimentos e capacidade de carga das estacas tipo raiz Ø 250 mm foi efetuada conforme apresentada a seguir:

- Carga vertical na estaca

$$N_t = n \times T \times \text{sen } \alpha / 2$$

$$N_p = e \times H \times \gamma_c \times e_h$$

$$N = N_t + N_p$$

Onde  $N_t$  = carga vertical proveniente dos tirantes  
 $N_p$  = carga vertical da cortina de concreto armado  
 $N$  = carga vertical na estaca  
 $n$  = número de linhas de tirantes  
 $T$  = carga do tirante  
 $\alpha$  = ângulo de inclinação do tirante  
 $e$  = espessura da cortina de concreto armado  
 $H$  = altura máxima da cortina de concreto armado  
 $\gamma_c$  = peso específico do concreto  
 $e_h$  = espaçamento horizontal entre estacas

- Estimativa do comprimento e capacidade de carga da estaca em solo

A estimativa do comprimento foi efetuada empregando-se o método de cálculo Décourt-Quaresma, um procedimento de cálculo semi-empírico amplamente empregado na engenharia geotécnica, cuja formulação está apresentada a seguir.

$$Q_u = \alpha \cdot q_p \cdot A_p + \beta \cdot q_s \cdot A_s$$

Onde:

$$q_p = K \cdot N_{SPT}$$

$K$  = função do tipo de solo

$N_{SPT}$  = número de golpes do ensaio SPT

$A_p$  = área da ponta da estaca

$$q_s = ( N_{SPT} / 3 + 1 )$$

$A_s$  = área lateral da estaca

$\alpha$  e  $\beta$  = fatores de ponderação que dependem do tipo de solo e de estaca.

A carga admissível da estaca é obtida aplicando-se um coeficiente de segurança igual a 2 na carga de ruptura estimada. Não se considerou a contribuição da ponta em função da esbeltez da estaca. Em anexo estão apresentadas as planilhas em Excel das estimativas de comprimento.

- Carga vertical na estaca

$$N_t = 2 \times 45 \times \sin 20^\circ / 2 = 15,5 \text{ tf}$$

$$N_p = 0,25 \times 5 \times 2,5 \times 1,25 = 4 \text{ tf}$$

$$N = 15,5 + 4 = 19,5 \text{ tf} \sim 20 \text{ tf}$$

- Estimativa do comprimento e capacidade de carga da estaca em solo

Conforme planilhas em Excel da metodologia semi-empírica Decourt-Quaresma e sondagens SP-03 e SP-04, o comprimento total da estaca, executada a partir do topo da contenção, é de 14 m (5 m da altura da contenção mais 9 m de fundação).

Estimativa do comprimento e capacidade de carga de estacas método Décourt - Quaresma										
dados		resultados								
tipo de estaca	5	raiz								
diâmetro da estaca	0,25	m								
carga de trabalho da estaca	20	tf								
sondagem n.º	SP-03									
contribuição de ponta	2	sem ponta								

$$Q_u = \alpha \cdot q_p \cdot A_p + \beta \cdot q_s \cdot A_s$$

$$q_p = K \cdot N_{SPT}$$

$$q_s = \frac{N_{SPT}}{3} + 1$$

prof. ( m )	N <sub>SPT</sub>	tipo de solo	K ( tf/m² )	alfa	beta	P <sub>lat</sub> ( tf )	P <sub>ponta</sub> ( tf )	PR (tf)	P <sub>admissível</sub> ( tf )	Comprovação
1	7	1	12	0,85	1,50	4	0	4	2	
2	5	2	22	0,60	1,50	7	0	7	4	
3	7	2	22	0,60	1,50	11	0	11	5	
4	7	2	22	0,60	1,50	15	0	15	7	
5	6	2	22	0,60	1,50	18	0	18	9	
6	10	2	22	0,60	1,50	24	0	24	12	
7	16	2	22	0,60	1,50	31	0	31	16	
8	21	2	22	0,60	1,50	40	0	40	20	OK!
9	14	2	22	0,60	1,50	47	0	47	24	OK!
10	17	2	22	0,60	1,50	55	0	55	27	OK!
11	40	2	22	0,60	1,50	72	0	72	36	OK!
12	50	3	40	0,50	1,50	93	0	93	46	OK!
13	50	3	40	0,50	1,50	113	0	113	57	OK!
14	50	3	40	0,50	1,50	134	0	134	67	OK!

Figura 16-Verificação do comprimento da estaca - Sondagem SP-03

## Estimativa do comprimento e capacidade de carga de estacas método Décourt - Quaresma

**dados**  
**resultados**

tipo de estaca	5	raiz
diâmetro da estaca	0,25	m
carga de trabalho da estaca	20	tf
sondagem n.º	SP-04	
contribuição de ponta	2	sem ponta

$$Q_u = \alpha \cdot q_p \cdot A_p + \beta \cdot q_s \cdot A_s$$

$$q_p = K \cdot N_{SPT}$$

$$q_s = \frac{N_{SPT}}{3} + 1$$

prof. ( m )	N <sub>SPT</sub>	tipo de solo	K ( tf/m <sup>2</sup> )	alfa	beta	P <sub>lat</sub> ( tf )	P <sub>ponta</sub> ( tf )	PR ( tf )	P <sub>admissível</sub> ( tf )	Comprovação
1	7	2	22	0,60	1,50	4	0	4	2	
2	6	2	22	0,60	1,50	7	0	7	4	
3	8	2	22	0,60	1,50	12	0	12	6	
4	13	2	22	0,60	1,50	18	0	18	9	
5	14	2	22	0,60	1,50	25	0	25	12	
6	12	2	22	0,60	1,50	31	0	31	15	
7	17	2	22	0,60	1,50	38	0	38	19	
8	13	2	22	0,60	1,50	45	0	45	22	OK!
9	14	2	22	0,60	1,50	51	0	51	26	OK!
10	13	2	22	0,60	1,50	58	0	58	29	OK!
11	13	2	22	0,60	1,50	64	0	64	32	OK!
12	14	2	22	0,60	1,50	71	0	71	35	OK!
13	21	2	22	0,60	1,50	80	0	80	40	OK!
14	50	2	22	0,60	1,50	101	0	101	50	OK!
15	40	3	40	0,50	1,50	118	0	118	59	OK!
16	42	3	40	0,50	1,50	135	0	135	68	OK!
17	43	3	40	0,50	1,50	154	0	154	77	OK!

Figura 17-Verificação do comprimento da estaca - Sondagem SP-04

### 4.5 Dimensionamento da armação da cortina atirantada

A armação de cortinas pode ser dimensionada pelas seguintes equações:

- $M = \frac{q \cdot l^2}{10}$  ( momento fletor máximo no lado da terra )
- $M = \frac{q \cdot l^2}{15}$  ( momento fletor máximo no lado externo )

Onde:

- q - carga do tirante dividido por sua área de influência
- l - espaçamento entre os tirantes.

Características gerais da cortina:

- carga do tirante - T = 45 tf
- resistência características do concreto empregado - f<sub>ck</sub> = 30 MPa
- espaçamento vertical entre tirantes - e<sub>v</sub> = 2,5 m
- espaçamento horizontal máximo entre tirantes - e<sub>h</sub> = 2,5 m
- espessura da cortina - e = 25 cm
- cobrimento da armadura - c = 4,0 cm

- Dimensionamento da armação do lado da terra:

$$q = \frac{45}{2,5 \times 2,5} = 7,2 \text{ tf/m}^2$$

$$M = \frac{7,2 \times 2,5^2}{10} = 4,5 \text{ tf.m/m} \Rightarrow M_d = 6,3 \text{ tf.m/m}$$

Os cálculos para se determinar a área de armação necessária para os esforços atuantes foram realizados através do software PCalc 1.4 (gratuito conforme fonte: <https://www.tqs.com.br/apps/p-calc/ejm1se496l>), empregando coeficiente de majoração dos esforços de 1,4 (segundo a NBR-6118), coeficiente de minoração de resistência do concreto e aço de 1,4 e 1,15, respectivamente,  $f_{ck}$  de 30 MPa e armação adotada de  $\varnothing 12,5 \text{ mm c/ } 12,5 \text{ cm}$ . O resultado da verificação está apresentado a seguir.

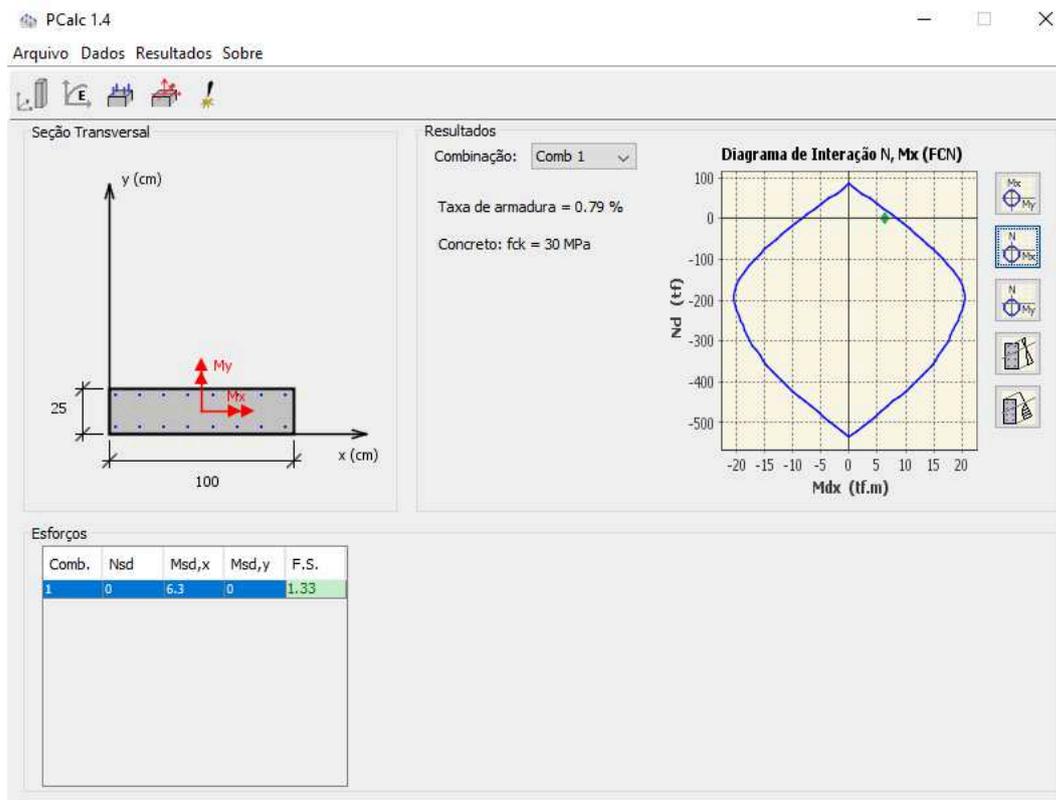


Figura 18-Verificação do dimensionamento estrutural da cortina, com armação de  $\varnothing 12,5 \text{ mm c/ } 12,5 \text{ cm}$

- Dimensionamento da armação do lado externo:

$$q = \frac{45}{2,5 \times 2,5} = 7,2 \text{ tf/m}^2$$

$$M = \frac{7,2 \times 2,5^2}{15} = 3 \text{ tf.m/m} \Rightarrow M_d = 4,2 \text{ tf.m/m}$$

Os cálculos para se determinar a área de armação necessária para os esforços atuantes foram realizados através do software PCalc 1.4, empregando coeficiente de majoração dos esforços de 1,4 (segundo a NBR-6118), coeficiente de minoração de resistência do concreto e aço de 1,4 e 1,15, respectivamente,  $f_{ck}$  de 30 MPa e armação adotada de  $\varnothing 10$  mm c/ 12,5 cm. O resultado da verificação está apresentado a seguir.

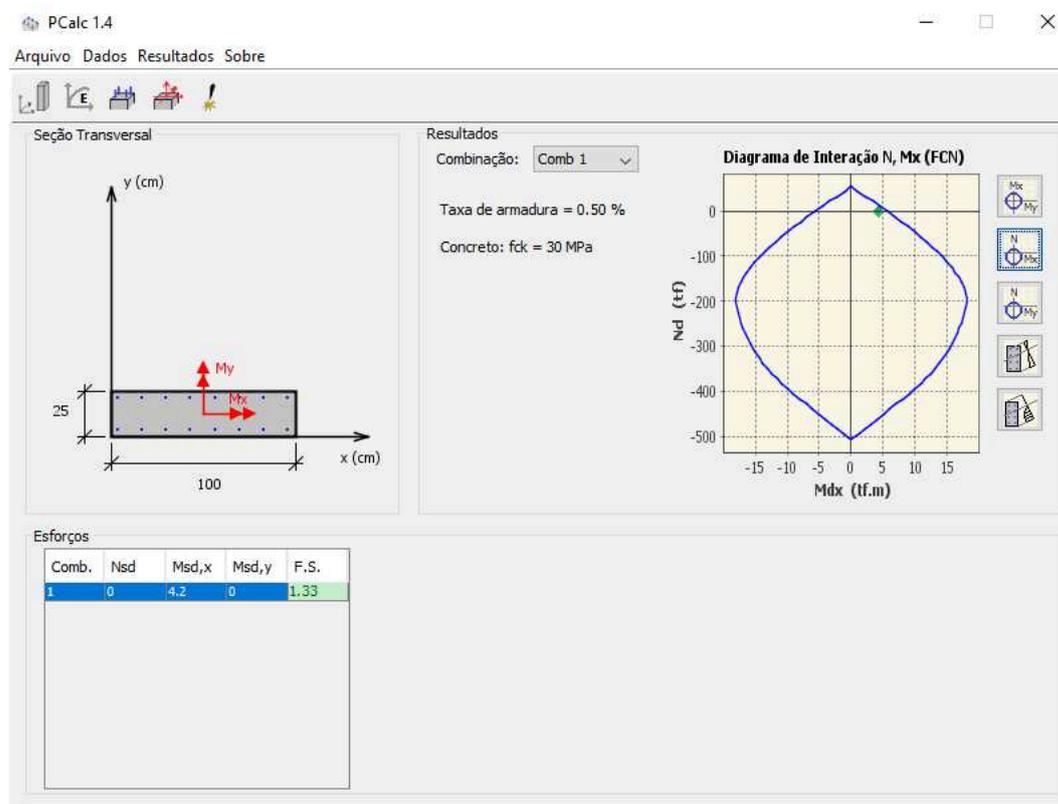


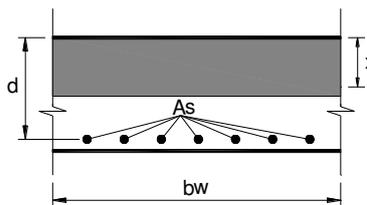
Figura 19-Verificação do dimensionamento estrutural da cortina, com armação de  $\varnothing 10$  mm c/ 12,5 cm

- Verificação à fissuração

A verificação quanto à fissuração, seguindo os preceitos da NBR-6118 -Projeto de estruturas de concreto - Procedimento, foi realizado por meio de planilha elaborada em Excel e apresentada a seguir:

- Lado terra:

F I S S U R A Ç Ã O	
dados	
resultados	
$\alpha_e = E_s / E_c$	15
$\phi_1 =$	12,5 mm ( diâmetro da barra )
$M =$	4,50 tf.m ( momento )
$d =$	21 cm
$b_w =$	100 cm
$x =$	6,58 cm
$I_{II} =$	40687 cm <sup>4</sup>
$\sigma_c =$	72,75 Kgf/cm <sup>2</sup> ( tensão de compressão no centro da armadura no estágio II )
$\sigma_{si} =$	2393 Kgf/cm <sup>2</sup> ( tensão de tração no centro da armadura no estágio II )
$E_{si} =$	2100000 Kgf/cm <sup>2</sup> ( módulo de elasticidade da barra $\phi$ considerada )
$\eta_i =$	2,25 $\eta_i = 2,70$ ( aço CA 60 ), 2,25 ( aço CA 50 ) ou 1,00 ( aço CA 25 )
$f_{ck} =$	30 MPa
$f_{ctm} =$	29,0 Kg/cm <sup>2</sup> ( $f_{ctm} = 0,3 \times f_{ck}^{2/3}$ )
$A_s =$	10,00 cm <sup>2</sup> ( área de aço - total ou por metro )
$A_{c,ri} =$	150 cm <sup>2</sup> ( área de proteção - envolvente - da armadura )
$\rho_{ri} =$	0,067 $\rho_{ri} = ( A_s / A_{c,ri} )$



$$w_1 = \frac{\phi_i}{12,5 * \eta_i} * \frac{\sigma_{si}}{E_{si}} * \frac{3 * \sigma_{si}}{f_{ctm}}$$

$$w_1 = 0,13 \text{ mm}$$

$$w_2 = \frac{\phi_i}{12,5 * \eta_i} * \frac{\sigma_{si}}{E_{si}} * \left[ \frac{4}{\rho_{ri}} + 45 \right]$$

$$w_2 = 0,05 \text{ mm}$$

O valor de  $w$  é o menor entre  $w_1$  e  $w_2$  e deverá ser menor que **0,2 mm** ( obras enterradas )

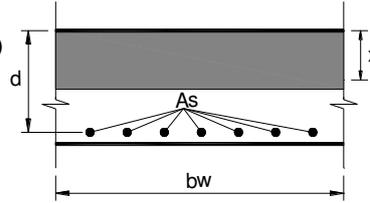
$$w = 0,05 \text{ mm}$$

**Conclusão:** atende a abertura de fissuras

Figura 20-Verificação à fissuração

- Lado externo:

F I S S U R A Ç Ã O	
dados	
resultados	
$\alpha_e = E_s / E_c$	15
$\phi_1 =$	10,0 mm ( diâmetro da barra )
$M =$	3,00 tf.m ( momento )
$d =$	21 cm
$b_w =$	100 cm
$x =$	5,46 cm
$I_{II} =$	28609 cm <sup>4</sup>
$\sigma_c =$	57,28 Kgf/cm <sup>2</sup> ( tensão de compressão no centro da armadura no estágio II )
$\sigma_{si} =$	2444 Kgf/cm <sup>2</sup> ( tensão de tração no centro da armadura no estágio II )
$E_{si} =$	2100000 Kgf/cm <sup>2</sup> ( módulo de elasticidade da barra $\phi$ considerada )
$\eta_i =$	2,25 $\eta_i = 2,70$ ( aço CA 60 ), 2,25 ( aço CA 50 ) ou 1,00 ( aço CA 25 )
$f_{ck} =$	30 MPa
$f_{ctm} =$	29,0 Kgf/cm <sup>2</sup> ( $f_{ctm} = 0,3 \times f_{ck}^{2/3}$ )
$A_s =$	6,40 cm <sup>2</sup> ( área de aço - total ou por metro )
$A_{c,ri} =$	120 cm <sup>2</sup> ( área de proteção - envolvente - da armadura )
$\rho_{ri} =$	0,053 $\rho_{ri} = ( A_s / A_{c,ri} )$



$$w_1 = \frac{\phi_i}{12,5 * \eta_i} * \frac{\sigma_{si}}{E_{si}} * \frac{3 * \sigma_{si}}{f_{ctm}}$$

$$w_1 = 0,10 \text{ mm}$$

$$w_2 = \frac{\phi_i}{12,5 * \eta_i} * \frac{\sigma_{si}}{E_{si}} * \left[ \frac{4}{\rho_{ri}} + 45 \right]$$

$$w_2 = 0,05 \text{ mm}$$

O valor de  $w$  é o menor entre  $w_1$  e  $w_2$  e deverá ser menor que **0,2 mm** ( obras enterradas )

$$w = 0,05 \text{ mm}$$

**Conclusão:** atende a abertura de fissuras

Figura 21-Verificação à fissuração

- Verificação à punção

Também foi verificada a não necessidade do emprego de armadura de punção sob as placas de ancoragem dos tirantes através da planilha abaixo, elaborada em Excel a partir da NBR-6118 “Projeto de estruturas de concreto - Procedimento”.

### VERIFICAÇÃO DE LAJES À PUNÇÃO

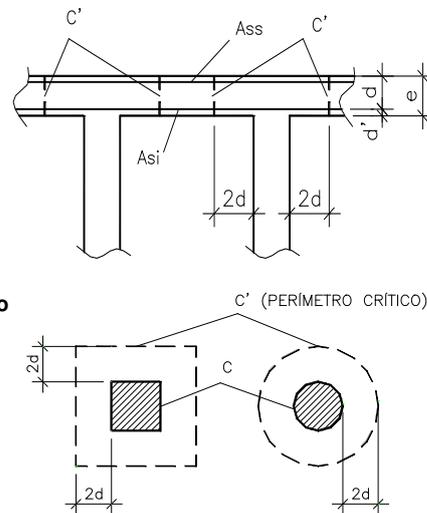
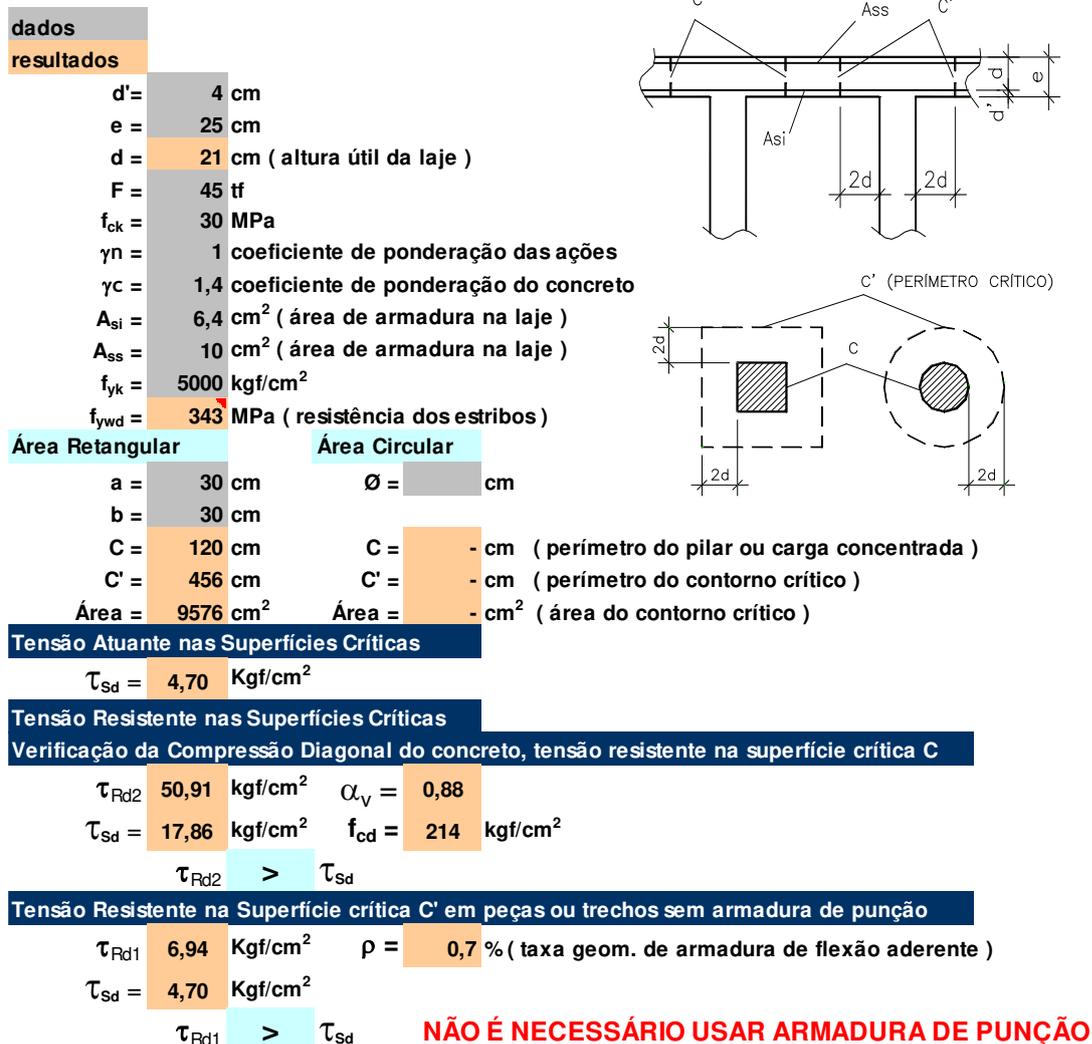


Figura 22-Verificação à punção

## 5. Especificações técnicas

### 5.1 Cortina atirantada

O objetivo desta especificação é o de apresentar as diretrizes básicas para execução da estrutura de contenção atirantada. Fazem parte destes serviços, o fornecimento dos materiais, a confecção dos tirantes, a execução das estacas raiz, a execução das perfurações em solo, a introdução dos elementos tensores, a execução das injeções primária e secundárias, a execução da parede (cortina) de concreto armado e a protensão e o controle da carga nos tirantes, conforme especificado no desenho do projeto.

#### 5.1.1 Estaca raiz

A estaca raiz é uma estaca concretada "in loco", com diâmetro acabado de 250 mm, para o presente caso, e de elevada tensão de trabalho fuste, que é constituído de argamassa de areia e cimento e é inteiramente armado ao longo de todo o seu comprimento. A execução da estaca deverá seguir a norma brasileira NBR 6122:2022 Projeto e execução de fundações e o Manual de Execução de Fundações-Práticas Recomendadas da ABEF-Associação Brasileira de Empresas de Engenharia de Fundações e Geotecnia.

#### a) Método Executivo

A estaca raiz é executada em direção vertical, mediante uso de rotação ou rotopercurssão com circulação de água, lama bentonítica ou ar comprimido, e pode, por meio de ferramentas especiais, atravessar terrenos de qualquer natureza, inclusive alvenarias, concreto armado, rochas ou matacões. Completada a perfuração com revestimento total do furo, é colocada a armadura necessária ao longo da estaca, procedendo-se a concretagem do fuste com a correspondente retirada do tubo de revestimento. A concretagem é executada de baixo para cima, aplicando-se regularmente uma pressão rigorosamente controlada e variável em função da natureza do terreno. Com esse procedimento, além de se aumentar substancialmente o valor do atrito lateral, garante-se também a integridade do fuste, permitindo que se considere a resistência da argamassa no dimensionamento estrutural da estaca.

#### b) Procedimentos executivos

##### b.1 Planejamento da execução

Verificar se os itens seguintes estão no local da execução:

- Sondagens do subsolo.
- Projeto do estaqueamento, definido: diâmetros, profundidades, inclinações e armações das estacas.
- Locação bem definida das estacas.
- Equipamentos, materiais, insumos, pessoal, ferramentas e utensílios presentes no local.
- Boletins de controle das estacas;

## b.2 Fluxograma executivo

- Perfuração

Introdução no terreno até a profundidade estabelecida pelo projeto, através de um movimento rotativo ou roto-percussivo, de um revestimento metálico constituído por segmentos rosqueados estanques.

- Descida da armação

Completada a perfuração, procede-se a colocação no interior do revestimento metálico da armadura longitudinal prevista pelo projeto.

- Argamassagem

Com a utilização de um tubo de injeção que vai até o fundo da estaca procede-se à injeção, ascensional da argamassa, de consistência plástica, até a mesma verter na boca do furo. Depois de retirado o tubo de injeção, com o auxílio de macacos hidráulicos extratores, procede-se a recuperação, um a um, dos segmentos utilizados no revestimento metálico da perfuração. Nesta etapa, aplica-se pressão de ar comprimido (4 kgf/cm<sup>2</sup>) sobre o topo do revestimento metálico. Este ciclo se completa, pela reposição, por gravidade, do nível de argamassa no interior do tubo de perfuração.

## c) Materiais

Os materiais a serem utilizados na confecção das estacas são os seguintes:

- Cimento Portland CP Classe 32
- Areia média lavada
- Aço CA 50
- Água limpa, analisada

O traço a ser empregado na argamassagem da estaca deverá atender as seguintes especificações:

-----  
**CESAMA**  
**493/2024**

**Página 43 de 184**

- Resistência da argamassa:  $f_{ck} \geq 20\text{MPa}$
- Consumo mínimo de cimento:  $600 \text{ kg/m}^3$
- Fator a/c: entre 0,5 e 0,6

### 5.1.2 Execução dos tirantes

A implantação de atirantamento em solo, prevê a sequência das seguintes etapas de execução: perfuração, montagem e instalação, injeção, protensão e proteção da cabeça do tirante.

#### a) Perfuração do terreno

Antes do início da atividade de perfuração propriamente dita, deverão ser verificadas a locação do tirante e a exata direção e ângulo de perfuração e alinhamento das perfuratrizes. A Empreiteira poderá optar por utilizar perfuratrizes rotativas com acionamento hidráulico e circulação d'água ou perfuratrizes roto-percussivas com acionamento pneumático, sendo possível ainda a utilização conjunta dos dois tipos de perfuratrizes para se atingir um melhor resultado. Todas as atividades de perfuração terão seu desenvolvimento registrado em boletins específicos que fornecerão o histórico do furo, contendo dados cronométricos, geológicos, geométricos e outros de interesse. Concluída a perfuração, será procedida a limpeza do interior do furo, mediante a utilização do ferramental apropriado, até que se complete a eliminação de todos os detritos do seu interior.

#### b) Montagem e instalação dos tirantes

Os tirantes a serem empregados devem ser constituídos por monobarras, podendo-se empregar uma das especificações abaixo:

- Dywidag Ø36mm
- Rocsolo Ø 1 5/8"
- INCO 45D
- TOR-45BM

As monobarras e todos os elementos que constituem o tirante (luvas de emenda, porcas, anel de grau, placas de ancoragem) devem ser fornecidos com as devidas proteções anticorrosivas para tirantes definitivos implantados em meio não agressivo, conforme NBR 5629:2018 Tirantes ancorados no terreno-Projeto e execução.

O tirante deve ser introduzido no furo logo após o término na perfuração. A sua introdução no furo deve ser lenta e cuidadosa para se evitar qualquer dano ao mesmo ou atrito excessivo contra as paredes do furo.

### c) Injeção dos tirantes

A injeção de um tirante exige uma operação caracterizada por duas fases distintas: a primeira denominada “primária” ou de “bainha” e a segunda, ou as subsequentes, de consolidação do terreno, consagradas na prática com o nome de “injeções de bulbo” ou “secundárias”. A injeção da bainha é feita imediatamente após a instalação do tirante no furo e consiste no preenchimento do mesmo com calda de cimento com fator água/cimento de 0,5 - em peso - por gravidade. Esta operação é realizada através de um tubo de PVC, deixado para esta finalidade, em cujo interior passa a composição de injeção composta de haste rígida e obturador. Decorrido um intervalo de tempo não superior a duas horas, o tubo de PVC é lavado internamente para mantê-lo limpo e apto a receber, novamente, a composição para as injeções secundárias. Decorrido um prazo de 12 horas após a injeção de bainha, terão início as injeções de consolidação do terreno, com pressões e volumes controlados. A injeção, a exemplo da fase de bainha, é realizada com a introdução da composição de injeção no interior do tubo PVC, iniciando-se, em movimento ascendente, a partir da última válvula localizada na extremidade do tirante o processo de injeção no trecho de ancoragem. Os volumes de calda e pressões de injeção serão aqueles que garantam a perfeita ancoragem do tirante ao terreno. Os critérios de injeção deverão ter por base as características do subsolo local e poderão ser revisados durante a execução, em função das condições locais. Ao final de cada tirante, será emitido boletim individual de cada tirante correspondente às atividades de injeção.

### d) Protensão dos tirantes

Após um tempo mínimo de 3 a 4 dias de cura da calda de cimento da última etapa de injeção realizada ( no caso de se empregar cimento ARI-RS ) ou de 7 dias de cura da calda de cimento da última etapa de injeção realizada ( no caso de se empregar cimento CP-II ), será realizada a protensão, com utilização de macacos apropriados (deverá ser apresentado certificado de aferição do conjunto macaco-bomba-manômetro por laboratório especializado), ocasião em que será testado o tirante de acordo com as prescrições da NBR 5629:2018. Nesta etapa serão colocadas as peças que compõem a “cabeça” do tirante, ou seja, a cunha de grau, em aço, a placa de apoio, também em aço e as porcas para fixação do mesmo. Os dados das cargas aplicadas e as deformações correspondentes em cada estágio de carregamento serão anotados em boletins apropriados.

### e) Proteção da cabeça dos tirantes

Após a protensão e o aceite do seu resultado pelo projetista, o trecho livre do tirante deve ter a totalidade dos espaços vazios preenchidos com injeção de calda de cimento, com objetivo de proteger esse trecho de infiltrações e processos corrosivos. Para tanto, devem ser implantados 2 tubos junto à cabeça do tirante, sendo um tubo

de injeção e outro de respiro ou retorno. Através destes tubos, deve-se proceder o preenchimento de vazios e proteção da cabeça do tirante através da injeção de calda de cimento. Deve ser executada cabeça de revestimento de concreto em cada tirantes. Os detalhes destes tubos e revestimento da cabeça do tirante estão apresentados no Item C.3.2 da norma brasileira NBR 5629:2018 Tirantes ancorados no terreno-Projeto e execução.

### 5.1.2 Execução da estrutura de concreto armado

#### a) Propriedades do concreto

O concreto deverá ter uma resistência característica mínima a compressão  $f_{ck} = 30$  MPa, conforme especificado em projeto. Devido a localização da cortina, poderá optar-se pela utilização de concreto bombeado. Para tanto, as propriedades e características do concreto tais como traço, fator água/cimento, trabalhabilidade, etc, deverão ser fixadas a partir do método executivo escolhido, bem como visando-se um bom aspecto final para a estrutura.

#### b) Adensamento

Cada camada de concreto lançada será vibrada mecanicamente por meio de vibradores de imersão ou de parede. O adensamento do concreto será cuidadoso, evitando-se desta forma não só a ocorrência de vazios mas a concentração de grandes porções de argamassa em pontos localizados. Será evitada também, a vibração da armadura, para que não se formem vazios a seu redor com prejuízo da aderência.

#### c) Juntas de concretagem

Serão obedecidas rigorosamente as posições das juntas de concretagem estabelecidas pelo projeto. Estas juntas terão suas superfícies devidamente tratadas para que haja uma perfeita ligação entre o concreto já lançado e o concreto a ser lançado. Este tratamento consistirá em se apicoar a superfície existente e limpá-la através de jatos de ar, eliminando-se assim as partículas finas que possam existir na face da junta.

#### d) Cura e proteção do concreto

Enquanto não atingir a resistência necessária o concreto será protegido contra agentes prejudiciais, tais como mudanças bruscas de temperatura, secagem, chuva forte ou agentes químicos.

A proteção contra secagem prematura, pelo menos durante os 14 primeiros dias após o lançamento do concreto, será feita mantendo-se a forma constantemente umedecida.

A desforma poderá ser feita antes deste prazo desde que se tenham passados sete dias após o lançamento e que se mantenham úmidas as superfícies do concreto.

#### **e) Ferragem**

As armaduras de aço utilizados no concreto armado tem categoria CA 50, com resistência característica a tração  $f_{yk} = 500$  MPa.

#### **f) Formas**

As formas deverão ser dimensionadas e constituídas obedecendo-se as prescrições da ABNT, para estruturas de madeira e estruturas metálicas. Conforme o material constituinte das formas. Estas deverão ser dimensionadas de modo que não possam sofrer deformações prejudiciais, quer sob a ação dos fatores ambientais, quer sob a carga, especialmente a do concreto fresco, considerando nesta o efeito do adensamento sobre o empuxo do concreto.

#### **g) Controle tecnológico**

Sobre os materiais utilizados para a execução da obra em questão dever-se-á exercer um controle estatístico das características principais especificadas em projeto para esses materiais. Anteriormente à sua utilização dever-se-á obter de laboratório especializado, certificados que comprovem a qualidade e as propriedades do aço de protensão, do aço estrutural para o concreto armado, bem como para os agregados e cimento Portland (de acordo com as normas da ABNT).

## 5.2 Injeção de tratamento do maciço

O objetivo desta especificação é o de apresentar as diretrizes básicas para execução de injeção de calda de cimento para tratamento do maciço.

### 5.2.1 Metodologia executiva:

- Deverão ser executados furos no terreno, com 3" de diâmetro dispostos com malha quadrada com distância entre furos conforme detalhe de implantação das injeções.
- As perfurações deverão ser executadas através de sonda ou perfuratriz, a partir da superfície, sendo que os furos deverão ser verticais e com profundidades indicadas em projeto.
- Em cada furo, deverá ser instalado um tubo de injeção Ø 1 1/2" munido de válvulas de injeção a cada 0,50 m. Instalar válvulas manchete no tubo de injeção a partir do primeiro metro.
- A injeção de preenchimento deverá ser executada a partir da válvula inferior, por gravidade, até o preenchimento completo do espaço anelar entre as paredes do furo e o tubo de injeção. Duas horas após esta injeção, o tubo de PVC deverá ser lavado para possibilitar a execução das injeções subsequentes.
- Terminado o tempo de cura (6 a 24h), deverão ser executadas as injeções individuais das válvulas manchete.
- A cada fase de injeção, parte dos macro-poros do solo local será preenchida, proporcionando a diminuição da permeabilidade e, conseqüentemente o aumento das pressões de injeção. A quantidade de fases será definida através do cotejo entre vazão de injeção e pressão de injeção, sendo estes parâmetros inversamente proporcionais.
- Todos os dados de injeção deverão ser anotados em boletins apropriados, contendo no mínimo as seguintes informações: número e localização do furo, data, hora, pressões, volumes, vazamentos na superfície, comunicabilidade entre os furos, anormalidades e ocorrências durante a injeção e mesmo durante a perfuração do terreno.

### 5.2.2 Especificações:

- A calda de injeção deverá ser composta por água, previamente analisada, e cimento, sendo que o traço da calda deverá obedecer a relação máxima a/c = 0,5 (em peso).

- Primeira fase de injeção: injetar calda de cimento fator  $a/c = 0,5$ , pressão máxima de  $5,0 \text{ kg/cm}^2$ , volume de até 1 saco de cimento (50 kg) por manchete.
- Segunda fase de injeção: injetar calda de cimento fator  $a/c = 0,5$ , pressão máxima de  $13 \text{ kg/cm}^2$ , volume até 1 saco de cimento (50 kg) por manchete.
- Demais fases, se necessário: injetar calda de cimento  $a/c = 0,5$ , pressão máxima de  $20 \text{ kg/cm}^2$ , volume de até 1 saco de cimento (50 kg) por manchete.
- Estes valores deverão ser ajustados durante todo o processo. Para a abertura da válvula manchete é necessária uma pressão superior àquela obtida para a injeção, cujo valor específico depende do estado de confinamento do solo e da resistência da calda da bainha.
- Deverá ser feito o controle do volume injetado durante todas as etapas dos trabalhos de injeção. Para cada fase de injeção, nas pressões acima indicadas, deverá ser injetado um volume de calda correspondente a até 1 saco, por válvula e por fase.

## 6. Anexo

### SONDAGENS EXECUTADAS



Figura 23-Localização das sondagens

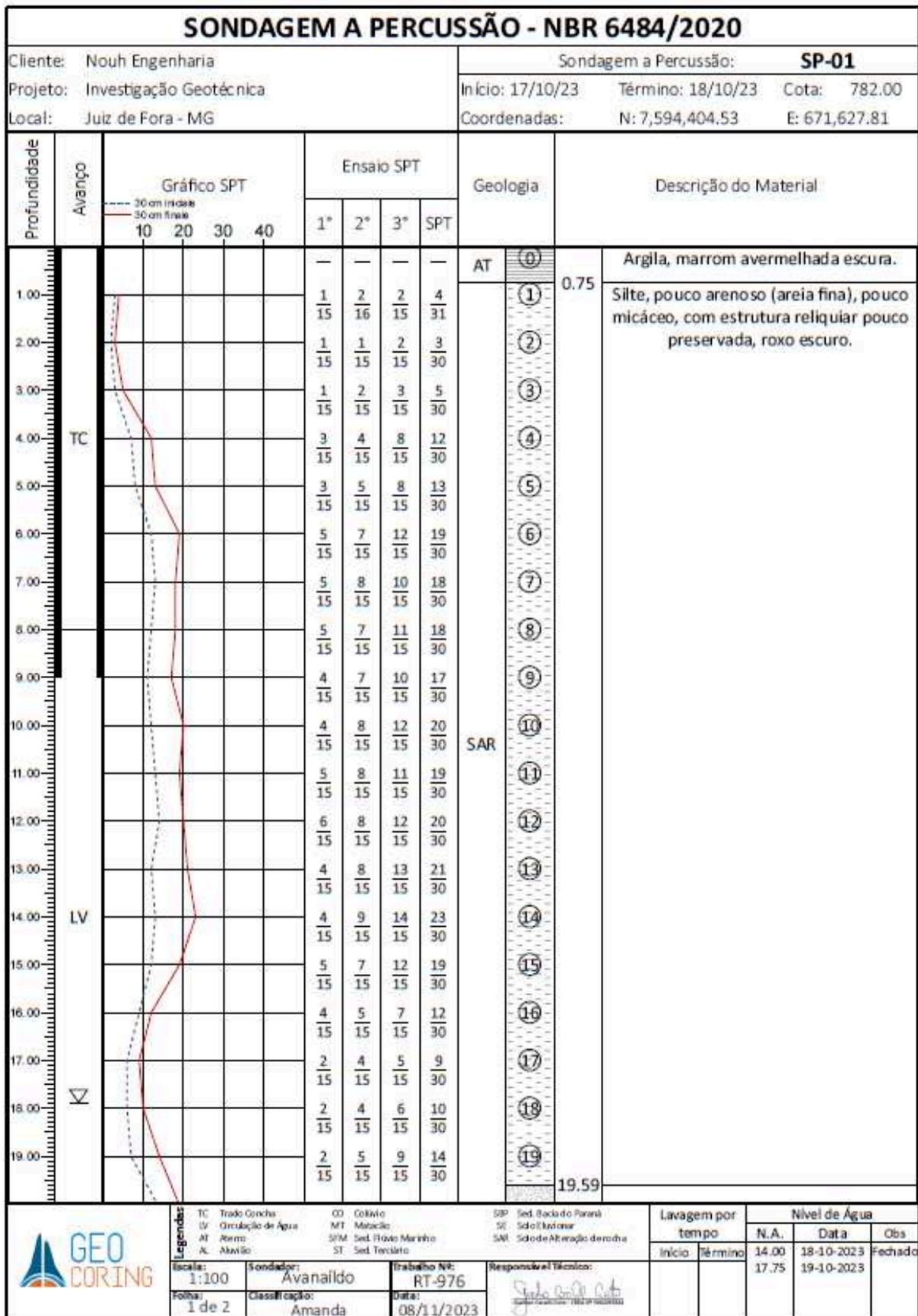


Figura 24-Sondagem SP-01/1

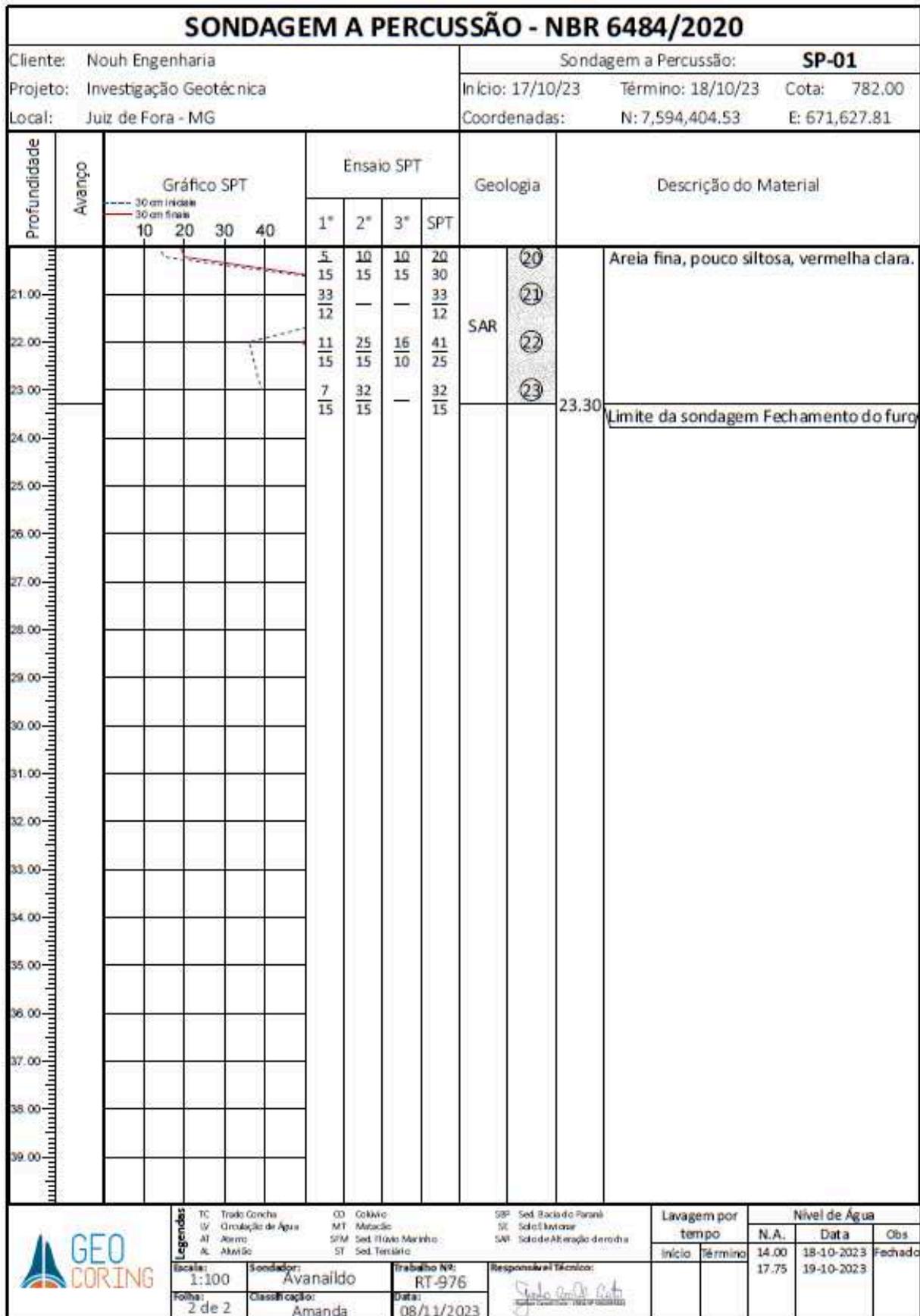


Figura 25-Sondagem SP-01/2



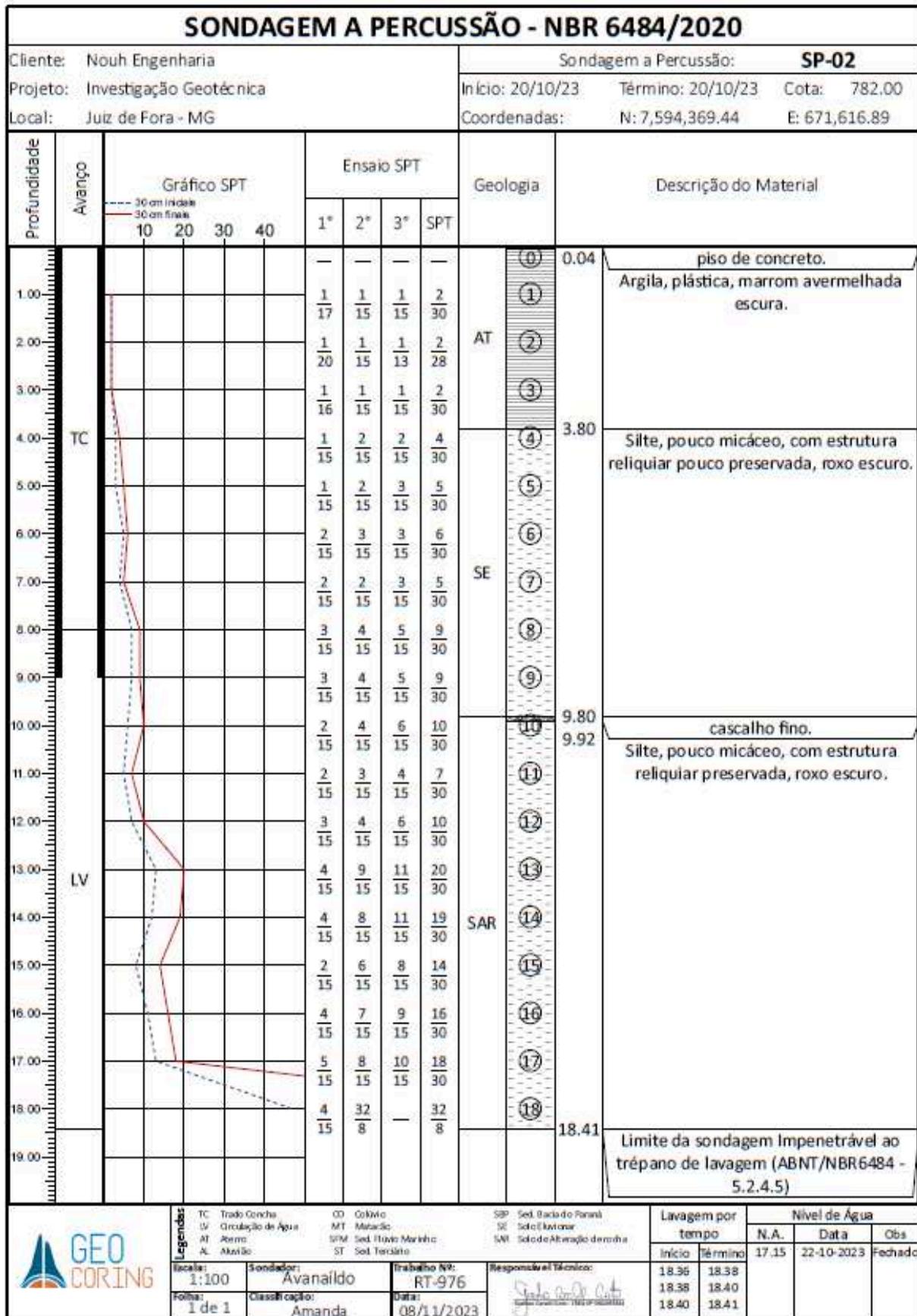


Figura 26-Sondagem SP-02

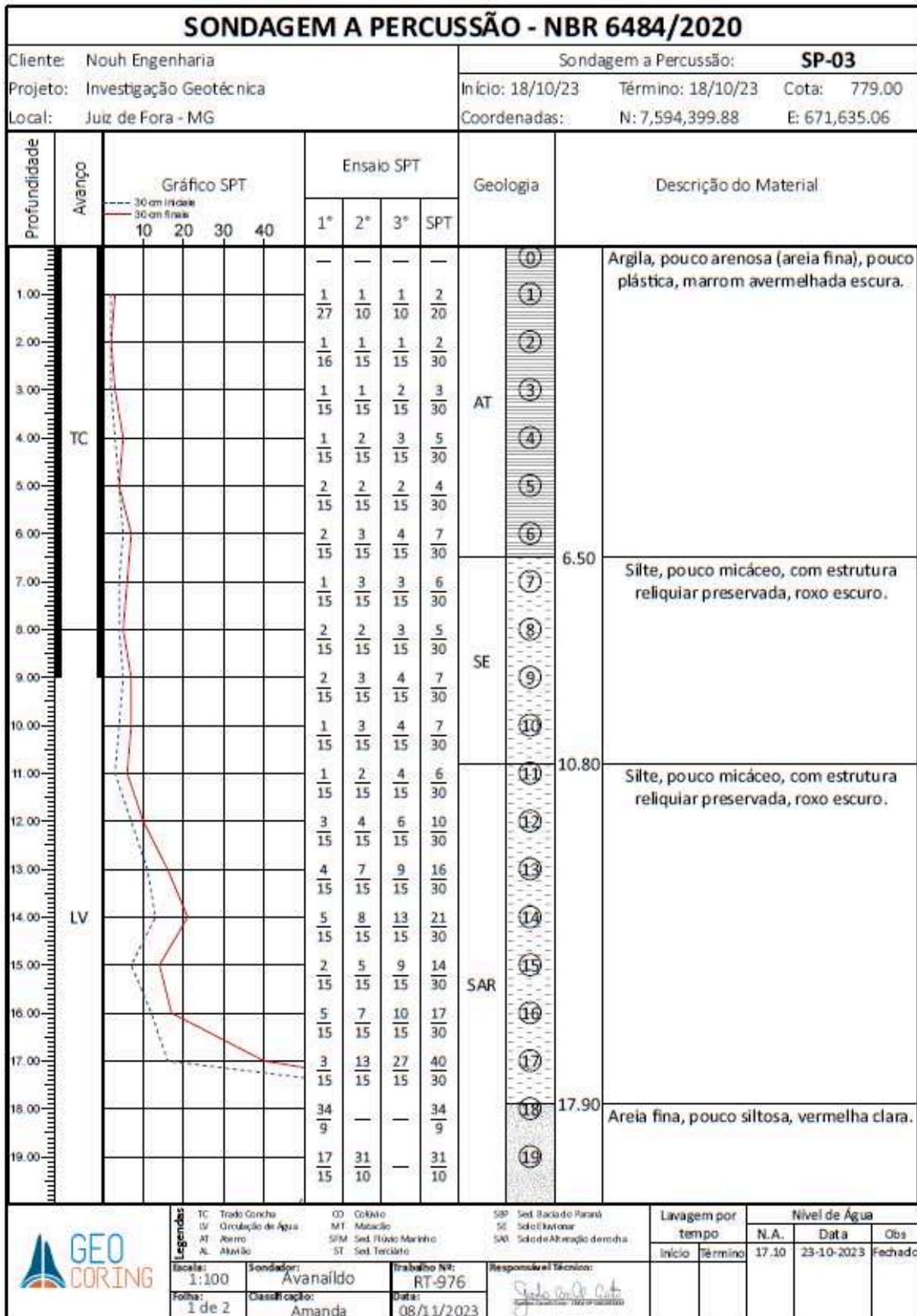


Figura 27-Sondagem SP-03/1



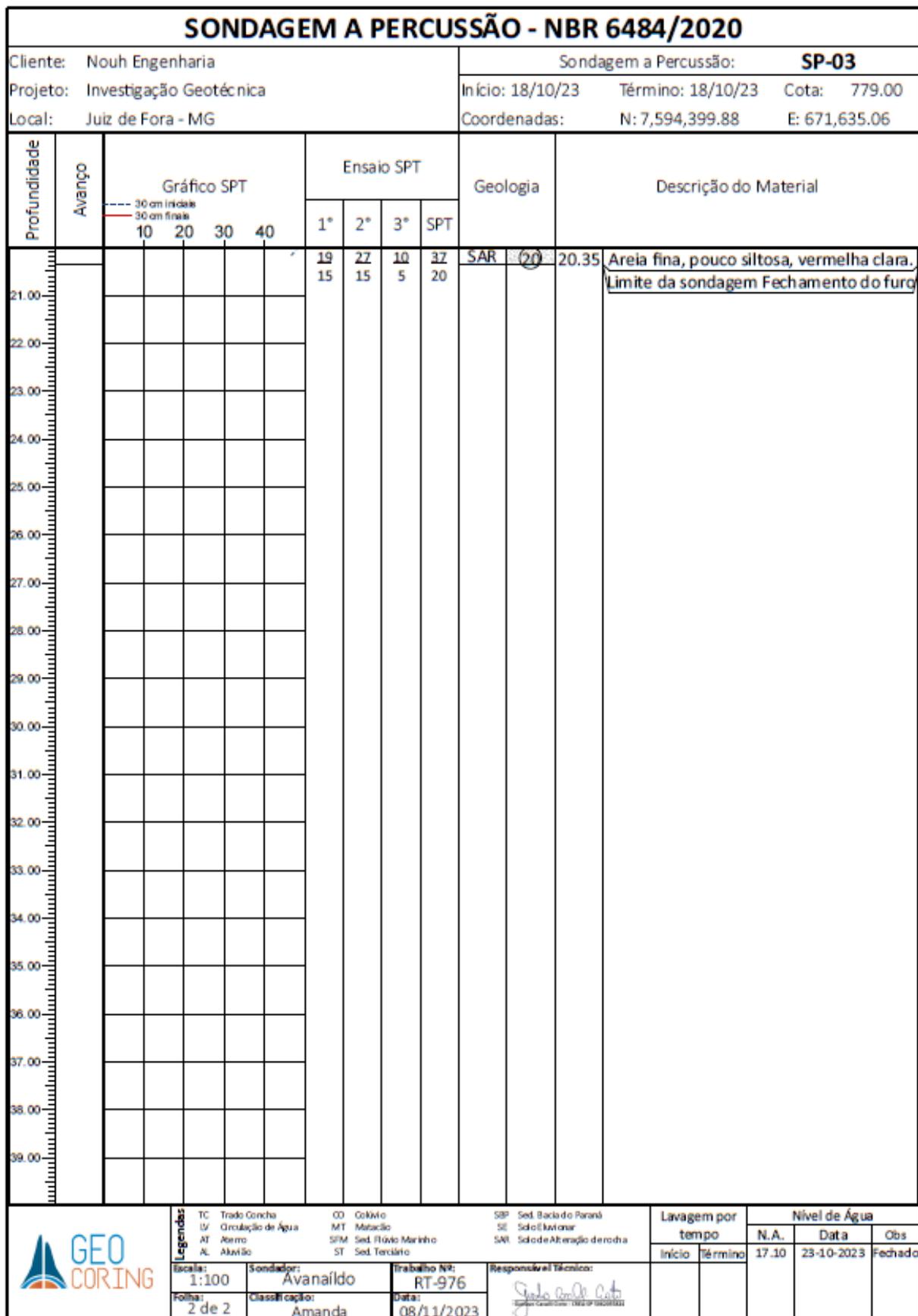


Figura 28-Sondagem SP-03/2



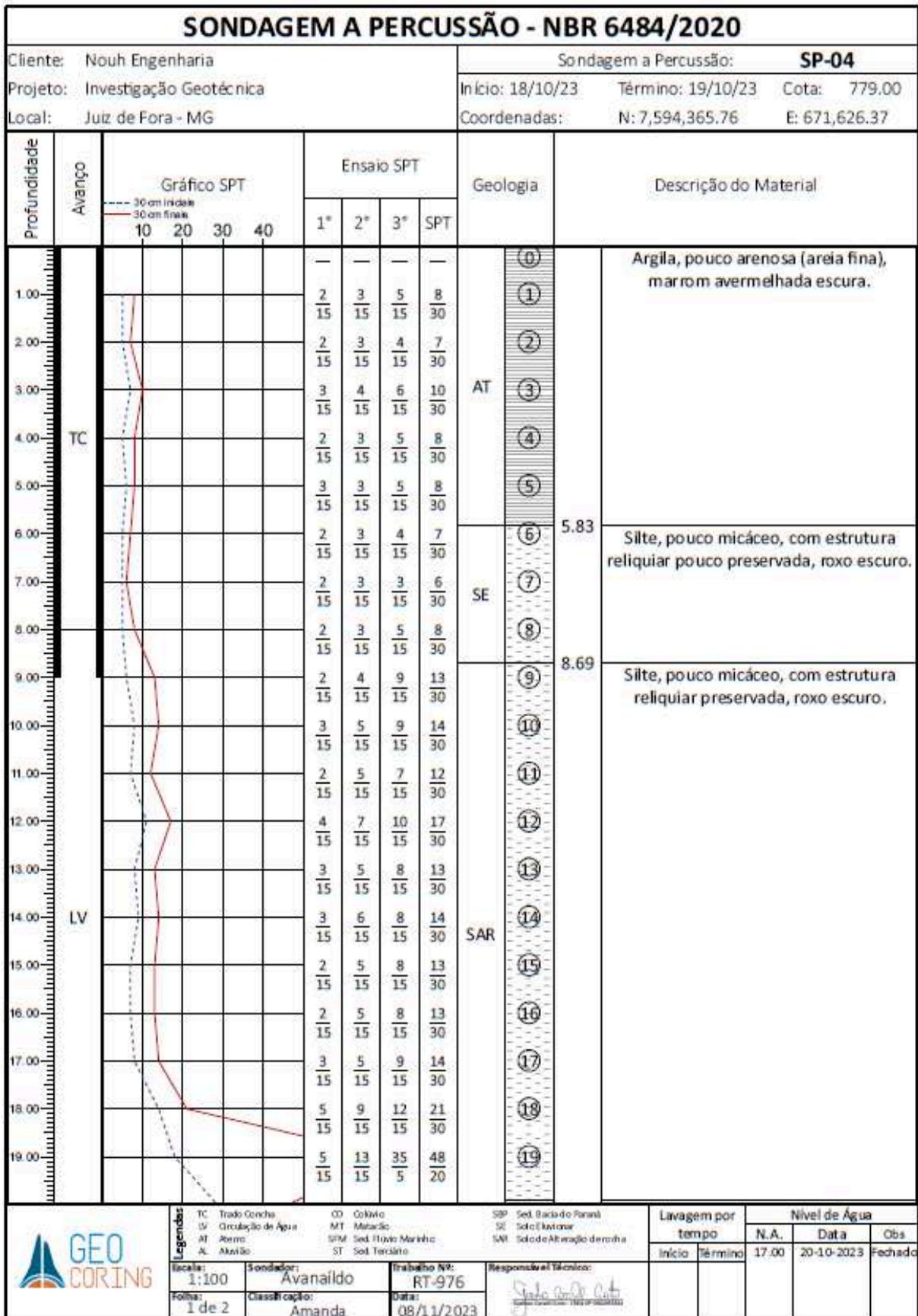


Figura 29-Sondagem SP-04/1



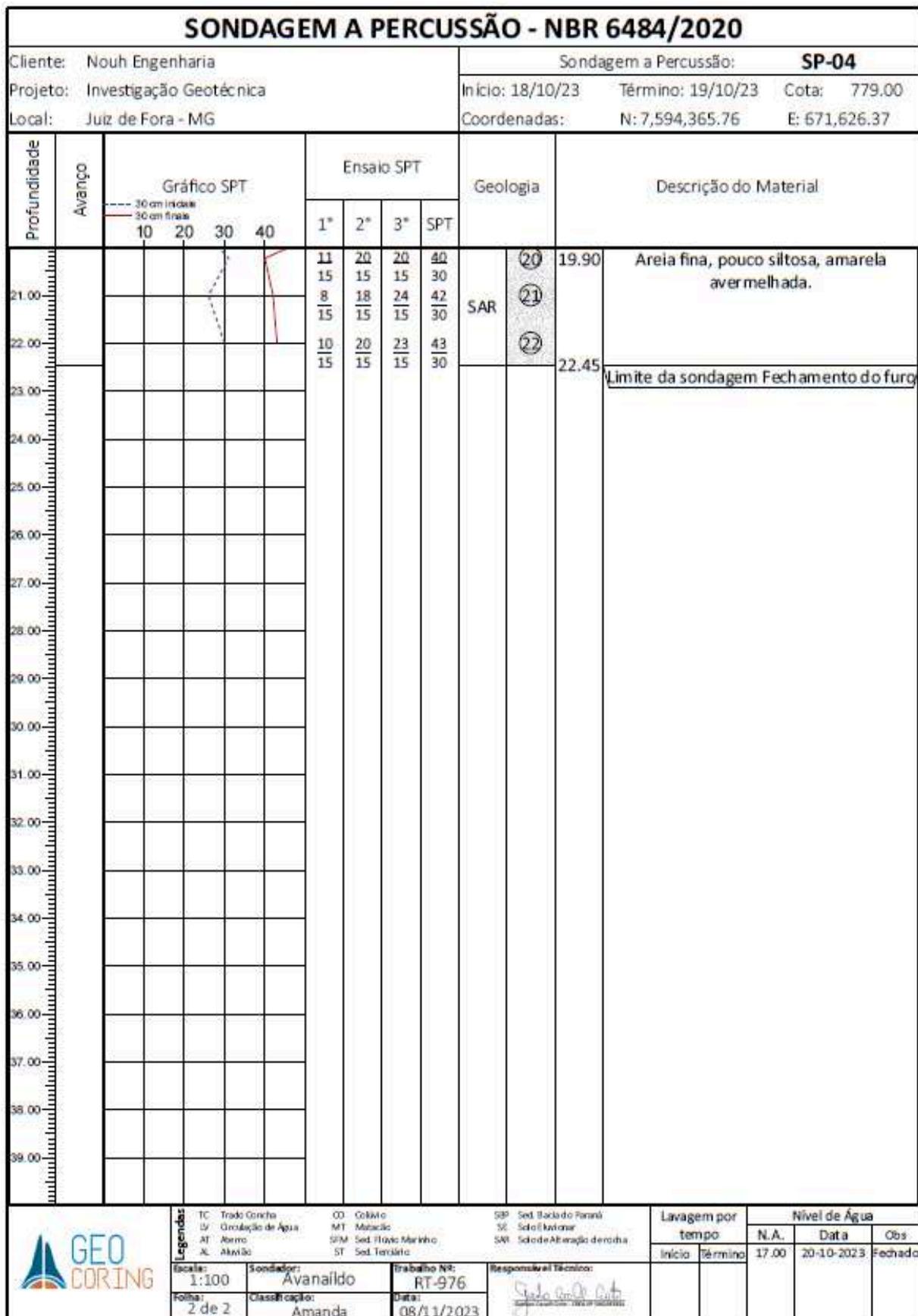


Figura 30-Sondagem SP-04/2



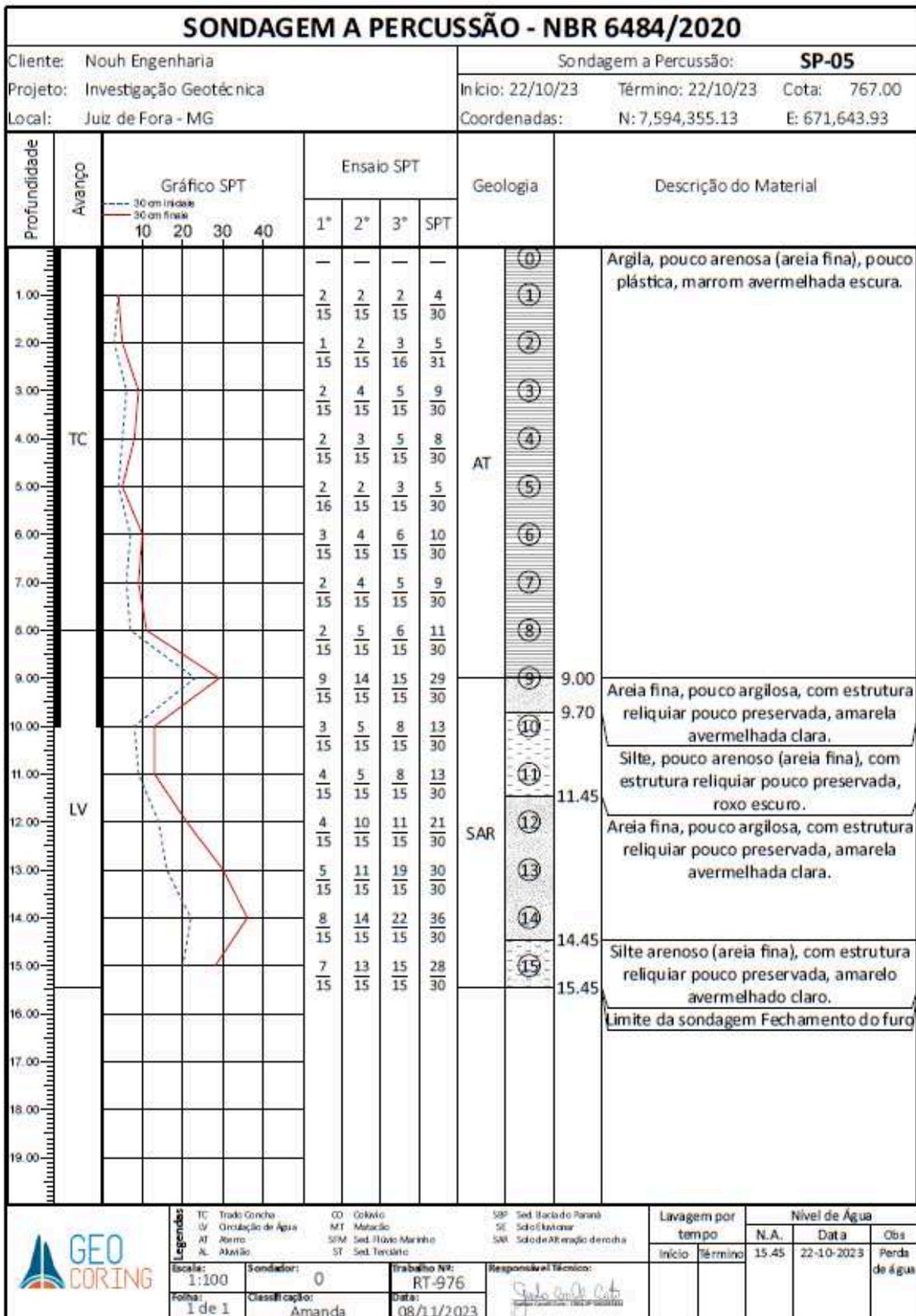


Figura 31-Sondagem SP-05



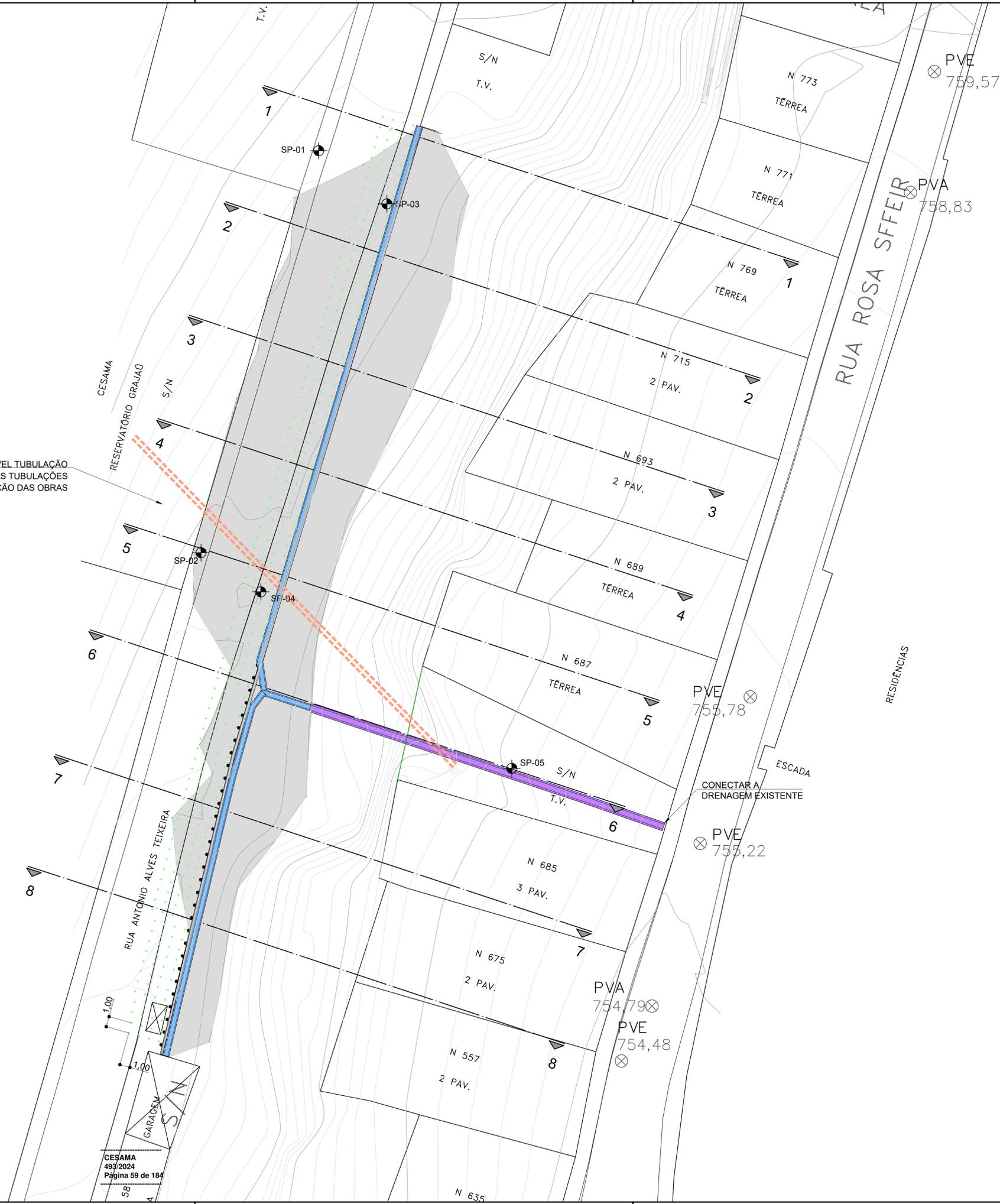
**NOTAS**

1. MEDIDAS EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO
2. VER NOTAS DE PROJETO FOLHA 02.

PROVAVEL TUBULAÇÃO  
 CADASTRAR AS TUBULAÇÕES  
 ANTES DA EXECUÇÃO DAS OBRAS

**LEGENDA**

- INJEÇÕES (MALHA DISTRIBUIÇÃO 1X1m)
- ESTACA RAIZ
- CORTINA ATIRANTADA
- CANALETA
- ESCADA HIDRAULICA
- - - - - TUBULAÇÕES EXISTENTES



00	EMISSÃO INICIAL	14/12/23	LUCIANA	OSHIO
REV.	DESCRIÇÃO	DATA	DES.	VISTO
<b>CESAMA</b>				
<b>RESERVATÓRIO GRAJAÚ</b> RUA ANTONIO ALVES TEIXEIRA				
<b>PROJETO DE CONTENÇÃO DE TALUDE - IMPLANTAÇÃO</b>				
DATA	14/12/2023	 <b>nauh engenharia</b> Ltda Rua Humberto I, n.º 805 - Sala 5 - Vila Mariana - SP nauh@nauhengenharia.com.br Tel: 5573-3568		
PROJ.	LUCIANA			
VISTO	OSHIO			
APROVADO	NOUH			
ESCALA :	1:200	DES. N.	01	REL:

ESC. DE PLOT. 1:01

PENA	COR.	ESPES.
2	7	0,2
3	7	0,3
4	7	0,4
5	7	0,5
6	7	0,6
7	7	0,7
8	7	0,8
9	9	0,1
9	9	0,3
254	254	0,1

CESAMA  
 493/2024  
 Página 59 de 184

Assimilado e validado para assinatura: https://www.toc.br/validacao/validacao.aspx?codigo=3170485-25700000

## NOTAS

1. RECOMENDAMOS A REALIZAÇÃO DE REUNIÃO PRÉVIA AO INÍCIO DAS OBRAS ENTRE A EXECUTORA, GERENCIADORA / FISCALIZADORA E A PROJETISTA COM O OBJETIVO DE APRESENTAR O PROJETO AOS ENVOLVIDOS E DIRIMIR EVENTUAIS DÚVIDAS.
2. ADAPTAR O PROJETO ÀS CONDIÇÕES DO LOCAL, POR OCASIÃO DA EXECUÇÃO.
3. **CONFERIR MEDIDAS NA OBRA**
4. A LOCAÇÃO DO PARAMENTO SERÁ ENCARGO DA EXECUTORA.
5. QUALQUER ALTERAÇÃO NOS MATERIAIS ESPECIFICADOS NESTE PROJETO DEVERÁ SER SUBMETIDA À PROJETISTA.
6. PREVIAMENTE À EXECUÇÃO DOS TIRANTES DEVERÃO SER OBTIDAS JUNTO AOS VIZINHOS AS LICENÇAS PARA EXECUÇÃO, RESPONSABILIDADE EXCLUSIVA DA PROPRIETÁRIA.
7. **ANTES DA EXECUÇÃO**, A EXECUTORA DEVERÁ INDAGAR SOBRE A LOCALIZAÇÃO DE EVENTUAIS **INTERFERÊNCIAS ENTERRADAS**. NO TERRENO HÁ TUBULAÇÕES DE RECALQUE E DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA. ESSAS TUBULAÇÕES DEVERÃO SER CADASTRADAS ANTES DA EXECUÇÃO DAS OBRAS. A LOCAÇÃO DOS TIRANTES DEVERÁ SER CONFERIDA ANTES DE SUA EXECUÇÃO A FIM DE GARANTIR QUE AS TUBULAÇÕES NÃO SEJAM DANIFICADAS.
8. AS PERFURAÇÕES DOS TIRANTES DEVERÃO SER FEITAS COM EXTREMO CUIDADO, PRIMEIRO PELAS CARACTERÍSTICAS DO TERRENO E SEGUNDO, PARA NÃO SE ATINGIR FUNDAÇÕES / INTERFERÊNCIAS VIZINHAS NÃO CADASTRADAS.
9. A CONFECÇÃO, LANÇAMENTO ADENSAMENTO E CURA DO CONCRETO DEVERÁ SER FEITA DE ACORDO COM AS NORMAS NBR-6118-2018 "PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO-PROCEDIMENTOS", NBR-12655-2015 "CONCRETO-PREPARO, CONTROLE E RECEBIMENTO" E NBR-14931-2004 "EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO-PROCEDIMENTOS".
10. AS PERFURAÇÕES E INJEÇÕES DOS TIRANTES DEVERÃO TER ACOMPANHAMENTO RIGOROSO DE SUAS EXECUÇÕES. NO CASO DAS INJEÇÕES DEVE-SE ATENTAR ÀS PRESSÕES DE INJEÇÃO MÁXIMAS ( DA ORDEM DE 12 A 18 kgf/cm<sup>2</sup> ) E VOLUMES INJETADOS ( 1 SACO DE CIMENTO POR VÁLVULA MANCHETE SOB PRESSÃO MÁXIMA ). NO CASO DAS PERFURAÇÕES, RECOMENDAMOS QUE SEJAM REVESTIDAS. ESTAS SUGESTÕES DEVERÃO SER RE / RATIFICADAS PELA EXECUTORA DOS TIRANTES. DEVERÃO SER FEITAS TANTAS INJEÇÕES QUANTO NECESSÁRIAS PARA SE OBTER COMPORTAMENTO SATISFATÓRIO NA CARGA DE ENSAIO. RECOMENDAMOS QUE O EMBAINHAMENTO DO TIRANTE SEJA O MELHOR POSSÍVEL.
11. ANTES DA CONCRETAGEM DA CABEÇA DE PROTEÇÃO DO TIRANTE, APLICAR NA SUPERFÍCIE **ADESIVO ESTRUTURAL À BASE DE EPÓXI** ( TIPO SIKADUR OU SIMILAR).
12. OS TIRANTES DEVERÃO SER INCORPORADOS À CORTINA COM A CARGA DE TRABALHO.
13. OS TIRANTES DEVERÃO SER PROTEGIDOS CONTRA CORROSÃO DE ACORDO COM A NBR 5629.
14. NO COMPRIMENTO TOTAL DOS TIRANTES INDICADO NA TABELA NÃO ESTÁ COMPUTADO O EXCEDENTE DE CERCA DE 1,0 m PARA PROTENSÃO.
15. 10% DOS TIRANTES DEVERÃO SER TESTADOS COM CARGA 75% SUPERIOR À CARGA DE TRABALHO INDICADA NA TABELA DE ACORDO COM A NBR 5629.
16. EM PELO MENOS UM TIRANTE DE CADA LINHA DEVERÁ SER FEITO ENSAIO DE FLUÊNCIA.
17. PREVIAMENTE A PROTENSÃO DOS TIRANTES, DEVERÁ SER APRESENTADO O CERTIFICADO DE AFERIÇÃO DO CONJUNTO MACACO HIDRÁULICO/BOMBA/MANÔMETRO A SER EMPREGADO, POR LABORATÓRIO ESPECIALIZADO.
18. AS DIRETRIZES ACIMA DESCRITAS PODERÃO SER REVISTAS E AJUSTADAS EM FUNÇÃO DAS NECESSIDADES DE OBRA, DA CONSTATAÇÃO DE SITUAÇÕES IMPREVISÍVEIS OU DE ADAPTAÇÃO ÀS CARACTERÍSTICAS DOS EQUIPAMENTOS E CAPACIDADE DA EMPREITEIRA, DESDE QUE NÃO COMPROMETAM A ESTABILIDADE DA OBRA E CONTINUIDADE DOS SERVIÇOS.
19. DEVIDO A ESPECIFICIDADE DA OBRA, RECOMENDAMOS E ENFATIZAMOS A NECESSIDADE DE UM **ACOMPANHAMENTO DIOTURNO E SISTEMÁTICO DURANTE A EXECUÇÃO DA OBRA** PARA SE AQUILATAR A ESTABILIZAÇÃO DO TALUDE, A FIM DE SE PROVIDENCIAR EVENTUAIS REVISÕES OU ADAPTAÇÕES DE PROJETO A SITUAÇÕES PARTICULARES DEPARADAS POR OCASIÃO DA EXECUÇÃO, CORRIGINDO NESTE TIPO DE OBRA.
20. A EXECUTORA DEVERÁ SUBMETTER OS RELATÓRIOS DE PERFURAÇÃO / INJEÇÃO / PROTENSÃO PARA A ANÁLISE DA PROJETISTA, LOGO APÓS EXECUTADOS A FIM DE QUE EVENTUAIS PROVIDÊNCIAS DE REVISÃO E / OU ADAPTAÇÃO À SITUAÇÕES PARTICULARES DEPARADAS DURANTE A EXECUÇÃO POSSAM SER APLICADAS.
21. NA EVENTUALIDADE DE SURGÊNCIA DE ÁGUA EM GRANDE VOLUME, INSTALAR DHP'S IMEDIATAMENTE, MESMO SEM QUE ESTEJA PREVISTO EM PROJETO
22. DEVIDO ÀS CARACTERÍSTICAS DA CAMADA SUPERFICIAL DO SOLO CONTIDO, **DEVERÁ SER EMPREGADO O TRATAMENTO COM INJEÇÃO DE CALDA DE CIMENTO ESPECIFICADO NESTE PROJETO PRELIMINARMENTE À ESCAVAÇÃO PARA A IMPLANTAÇÃO DA CORTINA ATIRANTADA.**
23. FACE À COMPLEXIDADE GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA E DIFICULDADE PARA SE IMPLANTAR AS SOLUÇÕES DE CONTENÇÃO E ESTABILIZAÇÃO DA ENCOSTA, MISTER-SE FAZ CUIDADOS ADICIONAIS NA CONTRATAÇÃO DA EMPRESA PARA A EXECUÇÃO DESTE SERVIÇO. ESTA EMPRESA DEVERÁ, IMPRETERIVELMENTE, ATENDER AOS SEGUINTE REQUISITOS MÍNIMOS:
  - TER LARGA EXPERIÊNCIA, COMPROVADA POR EMISSÃO DE ACERVOS TÉCNICOS, EM IMPLANTAÇÃO DE SOLUÇÕES DE CONTENÇÃO E ESTABILIZAÇÃO DE GRANDES MASSAS;
  - POSSUIR E TER DISPONIBILIDADE DE EQUIPAMENTOS DE GRANDE CAPACIDADE DE PERFURAÇÃO, ESCAVAÇÃO E PRODUÇÃO, TANTO EM SOLO QUANTO EM ROCHA;
  - SER PREFERENCIALMENTE MEMBRO ATIVO E ATUANTE DA ABEF - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES E GEOTECNIA.

## ESPECIFICAÇÃO DE MATERIAIS

### CORTINA ATIRANTADA

1. CONCRETO fck 30MPa  
FATOR ÁGUA/CIMENTO ≤ 0,55  
COBRIMENTO MÍNIMO DA ARMAÇÃO 4cm
2. AÇO CA-50

### INJEÇÃO

1. FATOR AGUA-CIMENTO (a/c) =0,5

### ESTACA RAIZ

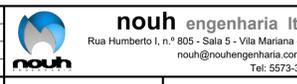
1. ARGAMASSA fck ≥ 20MPa  
FATOR A/C entre 0,5 E 0,6  
AGREGADO: AREIA  
CONSUMO DE CIMENTO ≥600kg/m<sup>3</sup>
2. AÇO CA-50

## ELEMENTOS DE REFERÊNCIA

1. LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO ARQUIVO JuizdeFora-MG\_Grajaú\_TOPO\_02\_01\_R00.DWG
2. BOLETINS DE SONDAgens ELABORADOS PELA EMPRESA GEOCORING EM NOVEMBRO DE 2023

ESC. DE PLOT. 1:0.1

ITEM	QTD	ESPEC
2	7	0,2
3	7	0,3
4	7	0,4
5	7	0,5
6	7	0,6
7	7	0,1
8	8	0,1
9	9	0,1
254	254	0,1

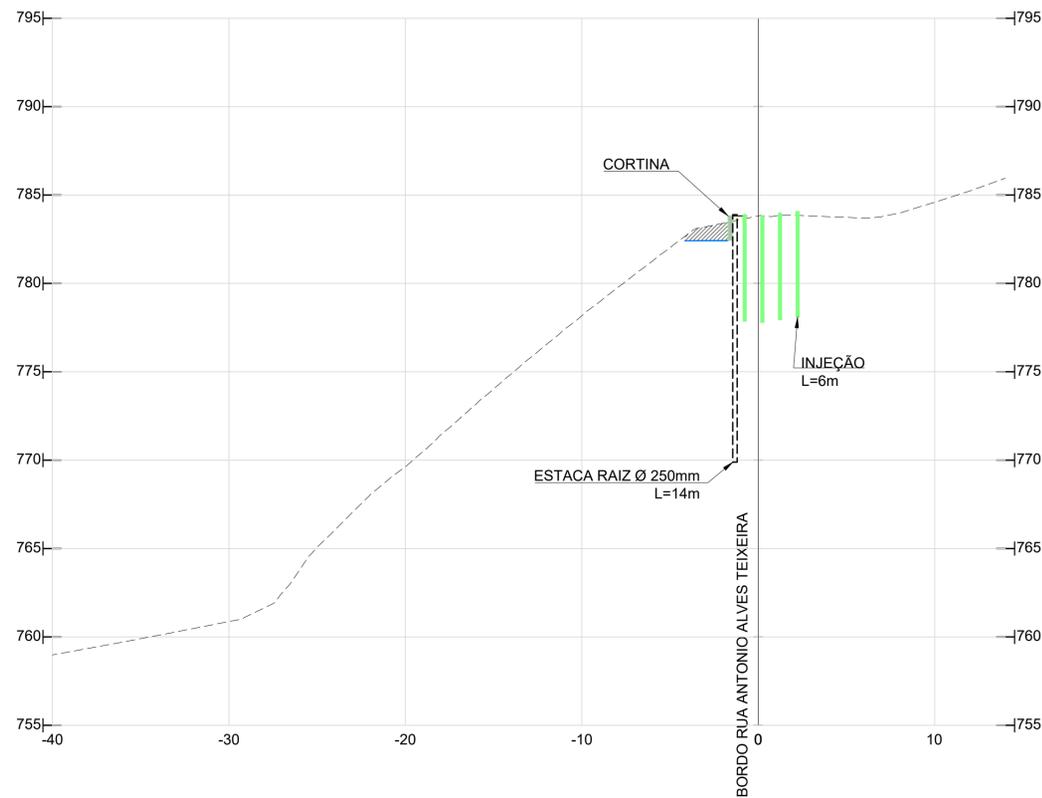
REV.	DESCRIÇÃO	DATA	DES.	VISTO
00	EMISSÃO INICIAL	14/12/23	LUCIANA	OSHIO
<b>CESAMA</b>				
<b>RESERVATÓRIO GRAJAÚ</b> RUA ANTONIO ALVES TEIXEIRA				
PROJETO DE CONTENÇÃO DE TALUDE - NOTAS				
DATA	14/12/2023	 <b>nouh engenharia ltda</b> Rua Humberto I, n.º 805 - Sala 5 - Vila Mariana - SP nouh@nouhengenharia.com.br Tel: 5573-3565		
PROJ.	LUCIANA			
VISTO	OSHIO			
APROVADO	NOUH			
ESCALA :	SEM ESCALA	DES. N.	02	REL:

Assimilado e validado para a obra: Rua Humberto I, n.º 805 - Sala 5 - Vila Mariana - SP - CEP: 05405-000 - São Paulo - SP - Brasil. Licença de uso: 14/12/2023. Para mais informações, consulte o site: www.nouh.com.br



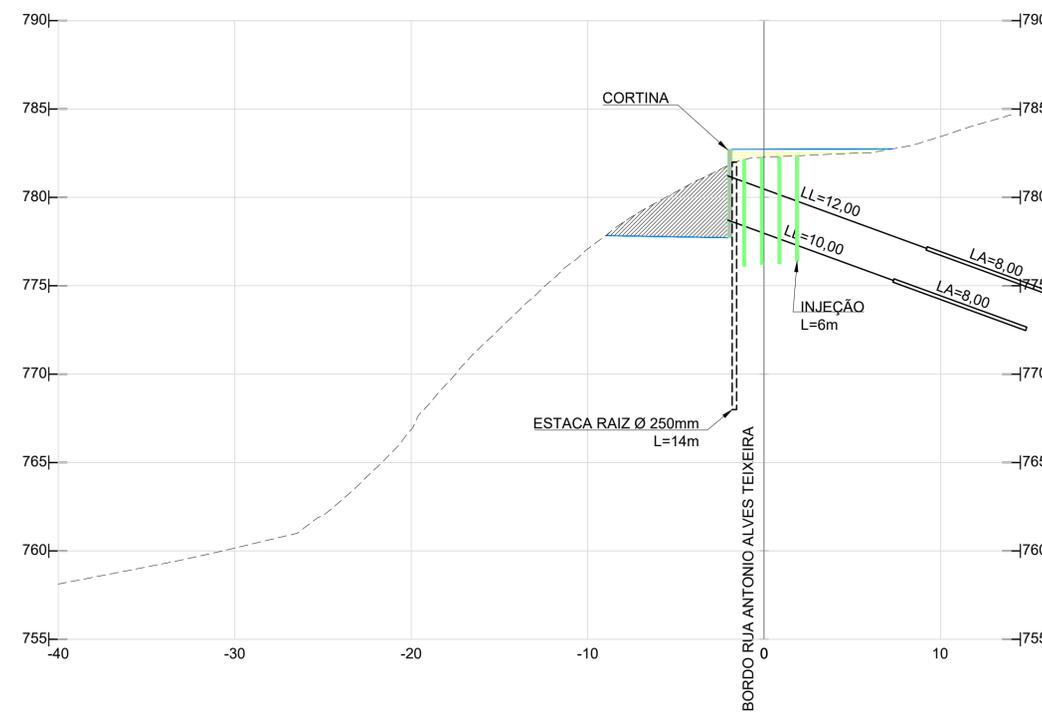
### SEÇÃO 1

ESCALA: 1:200



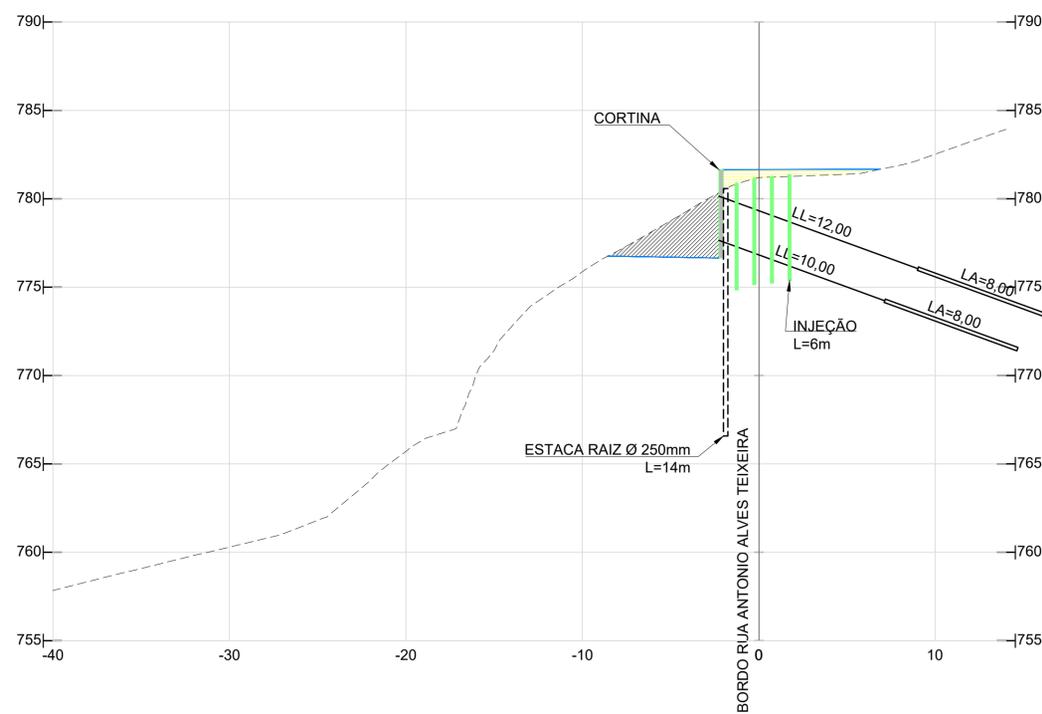
### SEÇÃO 2

ESCALA: 1:200



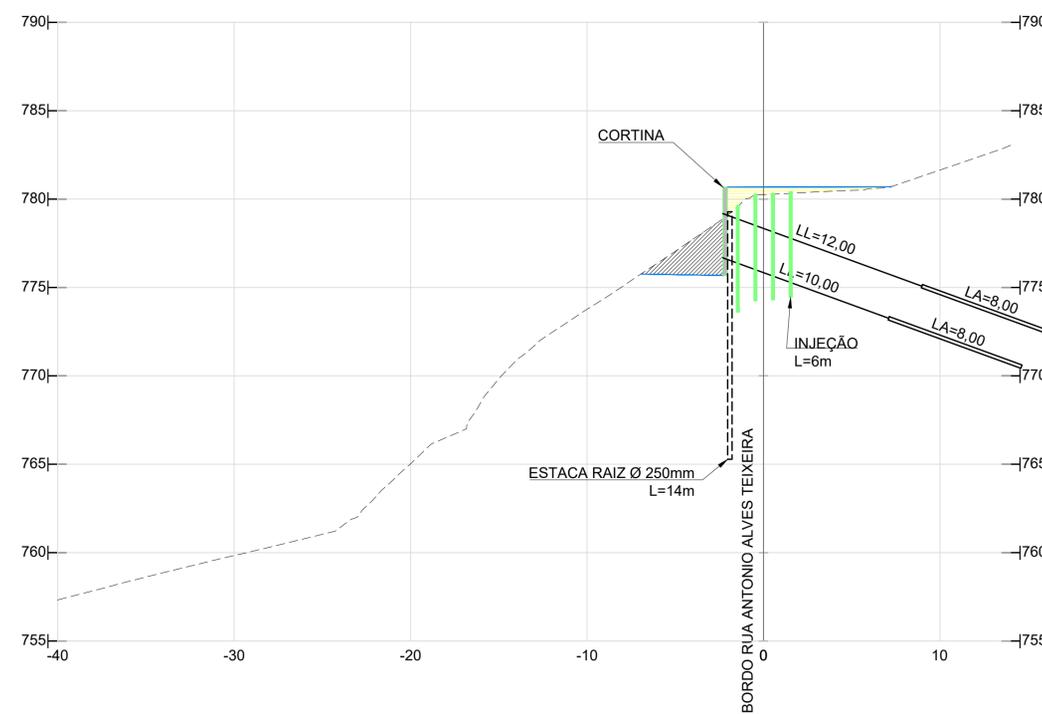
### SEÇÃO 3

ESCALA: 1:200



### SEÇÃO 4

ESCALA: 1:200



### NOTAS

1. MEDIDAS EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO
2. VER NOTAS DE PROJETO FOLHA 02.

### LEGENDA

- CORTE
- ATERRO

ESC. DE PLOT. 1:0.1

ITEM	QTD	ESPEC
2	7	0.2
3	7	0.3
4	7	0.4
5	7	0.5
6	7	0.6
7	7	0.1
8	8	0.1
9	9	0.1
254	254	0.1

00	EMISSÃO INICIAL	14/12/23	LUCIANA	OSHO
REV.	DESCRIÇÃO	DATA	DES.	VISTO
<b>CESAMA</b>				
<b>RESERVATÓRIO GRAJAÚ</b> RUA ANTONIO ALVES TEIXEIRA				
PROJETO DE CONTENÇÃO DE TALUDE - SEÇÕES DE PROJETO (1)				
DATA	14/12/2023			
PROJ.	LUCIANA	Rua Humberto I, n.º 805 - Vila Mariana - SP		
VISTO	OSHO	nouh@nouhengenharia.com.br		
APROVADO	NOUH	Tel: 5573-3550		
ESCALA:	1:200	DES. N.	04	REL:

Assinatura e validação de alterações: Luciana Santos Lima

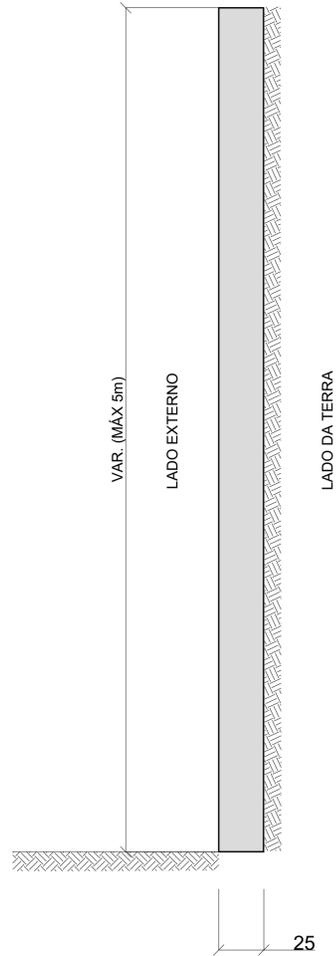






1. MEDIDAS EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO
2. VER NOTAS DE PROJETO FOLHA 02.

FORMA



ARMAÇÃO

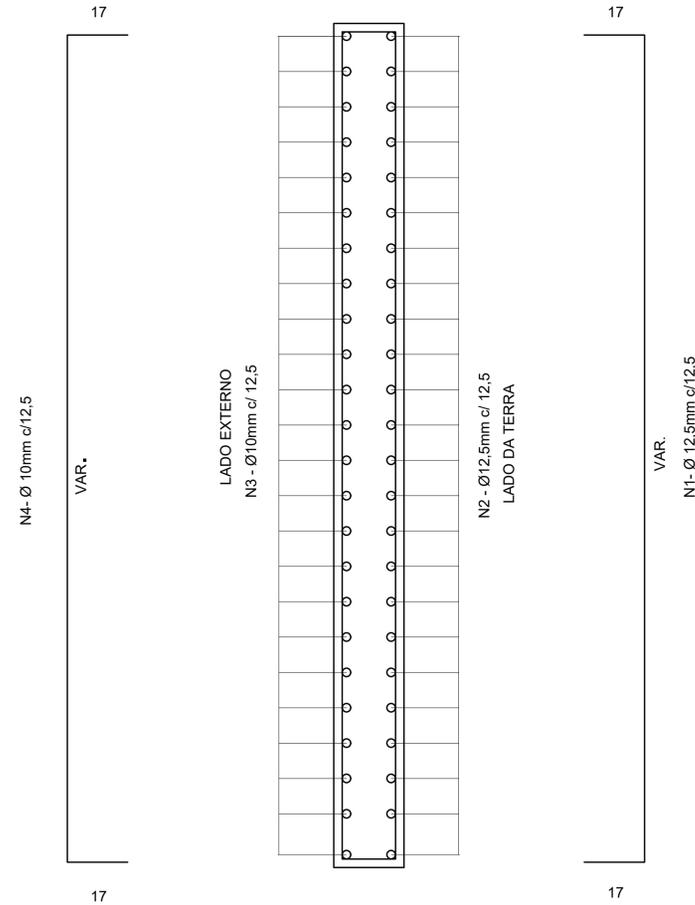


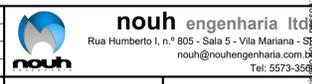
TABELA DE FERROS - CA50  
CORTINA ATIRANTADA

POSIÇÃO	Ø (mm)	Quant.	COMPRIMENTO	
			UNITÁRIO (cm)	TOTAL (m)
N1	12,5	739	VAR.	3511
N2	12,5	40	CORR	3511
N3	10	40	CORR	3474
N4	10	739	VAR.	3511

RESUMO DE FERROS - CA50  
CORTINA ATIRANTADA

Ø (mm)	COMPR. (m)	PESO/m (kg/m)	PESO (kg)	PESO +10%
12,5	7022	1,0	7022	7724
10	6985	0,63	4401	4841
TOTAL (kg)			12565	

TRANSPASSE  
(75cm p/ barra Ø12,5mm  
e 60cm p/ barra Ø 10mm)

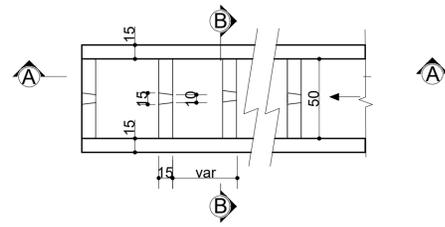
00	EMISSÃO INICIAL	14/12/23	LUCIANA	OSHIO
REV.	DESCRIÇÃO	DATA	DES.	VISTO
<b>CESAMA</b>				
<b>RESERVATÓRIO GRAJAU</b> RUA ANTONIO ALVES TEIXEIRA				
PROJETO DE CONTENÇÃO DE TALUDE - DETALHE ARMAÇÃO				
DATA	14/12/2023	 <b>nouh engenharia ltda</b> Rua Humberto I, n.º 805 - Sala 5 - Vila Mariana - SP nouh@nouhengenharia.com.br Tel: 5573-3568		
PROJ.	LUCIANA			
VISTO	OSHIO			
APROVADO	NOUH			
ESCALA :	1:50	DES. N.	07	REL:

ITEM	COR.	ESPESS.
1	7	0.1
2	7	0.2
3	7	0.3
4	7	0.4
5	7	0.5
6	7	0.6
7	7	0.1
8	8	0.1
9	9	0.1
254	254	0.1

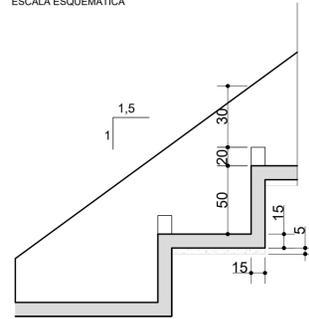
**NOTAS**

1. MEDIDAS EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO
2. VER NOTAS DE PROJETO FOLHA 02.

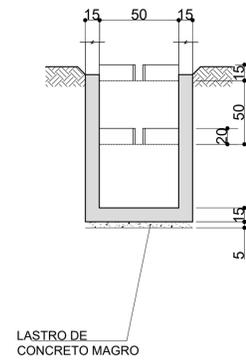
**ESCADA HIDRÁULICA - FORMA - PLANTA**  
ESCALA ESQUEMÁTICA



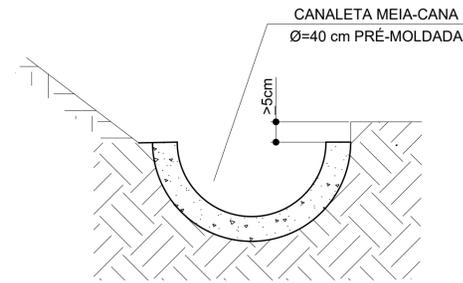
**ESCADA HIDRÁULICA - FORMA - CORTE A-A**  
ESCALA ESQUEMÁTICA



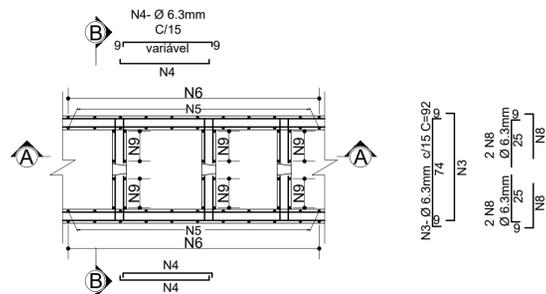
**ESCADA HIDRÁULICA - FORMA - CORTE B-B**  
ESCALA ESQUEMÁTICA



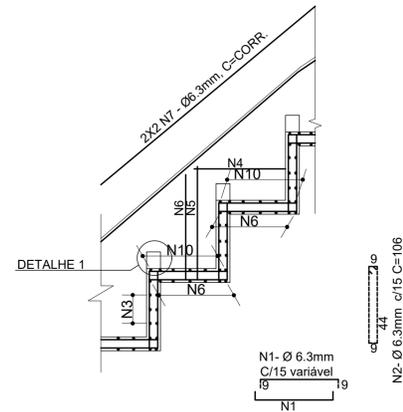
**DETALHE DA CANALETA MEIA-CANA 40 cm**  
ESCALA ESQUEMÁTICA



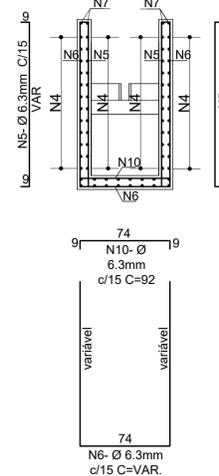
**ESCADA HIDRÁULICA - ARMAÇÃO - PLANTA**  
ESCALA ESQUEMÁTICA



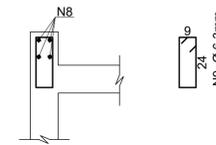
**ESCADA HIDRÁULICA - ARMAÇÃO - CORTE A-A**  
ESCALA ESQUEMÁTICA



**ESCADA HIDRÁULICA - ARMAÇÃO - CORTE B-B**  
ESCALA ESQUEMÁTICA



**ESCADA HIDRÁULICA - DETALHE 1**  
ESCALA ESQUEMÁTICA



**TABELA DE FERROS - CA50 ESCADAS HIDRÁULICAS**

POS.	Ø	Quant.	COMPRIMENTO	
			UNIT. (m)	TOTAL (m)
N1	6.3	222	VAR.	248,6
N2	6.3	108	1,12	120,9
N3	6.3	144	0,92	132,4
N4	6.3	480	VAR.	1286,4
N5	6.3	444	VAR.	412,9
N6	6.3	222	VAR.	330,7
N7	6.3	4	CORR	161,2
N8	6.3	288	0,51	146,8
N9	6.3	144	0,75	108
N10	6.3	222	0,92	204,2

**RESUMO DE FERROS - CA50 ESCADAS HIDRÁULICAS**

Ø (mm)	COMP. (m)	PESO/m	PESO/kg	PESO + 10%
6,3	3152,1	0,25	788,03	866,83

00	EMISSÃO INICIAL	14/12/23	LUCIANA	OSHIO
REV.	DESCRIÇÃO	DATA	DES.	VISTO
<b>CESAMA</b>				
<b>RESERVATÓRIO GRAJAÚ</b> RUA ANTONIO ALVES TEIXEIRA				
PROJETO DE CONTENÇÃO DE TALUDE - DETALHE DRENAGEM				
DATA	14/12/2023			
PROJ.	LUCIANA	Rua Humberto I, n.º 805 - Sala 5 - Vila Mariana - SP		
VISTO	OSHIO	nouh@nouhengenharia.com.br		
APROVADO	NOUH	Tel: 5573-3568		
ESCALA:	indicada	DES. N.	08	REL:

ESC. DE PLOT. 1:0.1

ITEM	COR.	ESPESS.
1	7	0.1
2	7	0.2
3	7	0.3
4	7	0.4
5	7	0.5
6	7	0.6
7	7	0.1
8	8	0.1
9	9	0.1
254	254	0.1





## ANÁLISE DE RISCOS

### CONSTRUÇÃO DE CONTENÇÃO NA RUA ANTÔNIO ALVES TEIXEIRA



Identificação		Avaliação		Tratamento do Risco	
FASES	PREVISÃO DE RISCOS	CLASSIFICAÇÃO DO RISCO	AÇÕES PREVENTIVAS (PLANEJAMENTO)	AÇÕES DE CONTINGÊNCIA NO CASO DE RISCO CONCRETO	RESPONSÁVEL PELA MITIGAÇÃO DO RISCO
Planejamento	Atrasos na elaboração de documentos de planejamento	Alto	Engajar servidores, bem como, alocar pessoal qualificado para atuar em setores ligados diretamente a elaboração e planejamento de processos licitatórios.	Solicitar diretamente ao servidor envolvido para que o mesmo proceda com agilidade e eficiência a confecção da documentação necessária.	Todos os setores envolvidos no processo
Planejamento	Atrasos na análise de documentos de planejamento	Alto	Engajar servidores, bem como, alocar pessoal qualificado para atuar em setores ligados diretamente a análise e controle de etapas do planejamento como, Pesquisa de Mercado e Procuradoria-Geral do Município. Encaminhar autos para análise jurídica respeitando os prazos programados para análise e para a contratação	Solicitar diretamente ao servidor envolvido para que o mesmo proceda com agilidade e eficiência a confecção da análise e pareceres necessários para que o processo prossiga.	Todos os setores envolvidos no processo
Planejamento	Falta de clareza quanto às demandas a serem desenvolvidas	Médio	Realizar Estudo Técnico Preliminar acurado	Proceder novos estudos	SO
Seleção de Fornecedor	Licitação frustrada	Média	Enviar a documentação referencial atualizada e bem levantada, para que a licitação seja atrativa para os potenciais concorrentes	Avaliar a acurácia do projeto e a atualização dos preços	SO
Seleção de Fornecedor	Judicialização da licitação	Média	Elaborar critérios de julgamento objetivos e claros. Avaliar de forma acertiva os documentos de qualificação na licitação	Acionar o setor jurídico para que sejam tomadas todas as medidas cabíveis visando a conclusão do processo licitatório	SO STDA/ SSLICOM PGM
Execução do objeto	Não entrega do objeto contratado	Baixo	Acompanhar detidamente a obra, na avaliação em campo, exigindo cumprimento de cronograma, fornecimento e assentamento de materiais conforme planilha e qualidade construtiva	Proceder contato frequente e direto com a empresa exigindo o cumprimento do contrato. Notificar e/ou aplicar sanções, se for o caso	SO/DEFOC
Execução do objeto	Entrega do objeto contratado fora dos padrões de qualidade	Alto	Acompanhar detidamente a obra, na avaliação em campo, exigindo cumprimento de cronograma, fornecimento e assentamento de materiais conforme planilha e qualidade construtiva	Proceder contato frequente e direto com a empresa exigindo o cumprimento do contrato. Notificar e/ou aplicar sanções, se for o caso	SO/DEFOC
Execução do objeto	Não cumprimento do cronograma	Alto	Acompanhar detidamente a obra, na avaliação em campo, exigindo cumprimento de cronograma e/ou prevendo problemas que podem impactar no cumprimento	Proceder contato frequente e direto com a empresa exigindo o cumprimento do cronograma, bem como avaliar a ocorrência de problemas futuros que podem impactar esse cumprimento e podem ser contornados. Notificar e/ou aplicar sanções, se for o caso	SO/DEFOC
Execução do objeto	Pagamento de medições fora do prazo	Médio	Engajar fiscais técnicos a entregarem as medições aprovadas dentro de prazos viáveis para que a data de pagamento prevista em contrato seja cumprida.	Divulgar amplamente para o Departamento de Fiscalização o calendário de entregas das medições	DEGOP/DEFOC
Execução do objeto	Necessidade de alteração de projeto e/ou inclusão de serviços	Alto	Elaborar o projeto com maior grau de detalhamento; Realizar licitação por preço unitário	Se constatado a necessidade de inclusão ou supressão de serviço essencial e dentro do escopo realizar Termo aditivo para formalização	SO PGM EMPRESA

#### LEGENDA

##### Classificação do Risco

Baixo – Evento extraordinário

Médio – Evento esperado, com histórico de ocorrência conhecido

Alto – Evento repetitivo e constante

##### FASES

Planejamento

Seleção de Fornecedor

Execução do Objeto