

CONSÓRCIO SAÚDE

CONCREMAT | MEP

MEMORIAL DESCRITIVO

PROJETO EXECUTIVO DE
ESTRUTURA DE CONCRETO

UNIDADE BÁSICA DE SAÚDE
INDÍGENA (UBSI)
TIPO 02

MARÇO/2026
VERSÃO R00

[illegible]

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	4
2. CONCEPÇÃO ESTRUTURAL DA INFRA-ESTRUTURA.....	4
3. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	5
3.1 CONCRETO ARMADO.....	5
3.2 MATERIAIS	6
3.2.1 AÇO PARA ARMADURA DO CONCRETO ARMADO.....	6
3.2.2 AGREGADOS	7
3.2.3 ÁGUA.....	7
3.2.4 CIMENTO.....	8
3.2.5 FORMA E ESCORAMENTO	8
4. MEMÓRIA DE CÁLCULO	10
4.1 PRÉDIO PRINCIPAL	10
4.2 RESÍDUOS.....	11
4.3 RESERVATÓRIO	12

1. INTRODUÇÃO

O objetivo do presente documento é apresentar o memorial descritivo, de especificações e cálculos do Projeto Executivo de Fundação para a construção da Unidade Básica de Saúde Indígena – UBSI – Tipo 2.

2. CONCEPÇÃO ESTRUTURAL DA INFRA-ESTRUTURA

O presente memorial tem por objetivo descrever os critérios técnicos e executivos para a execução das fundações em estacas hélice contínua monitorada, com diâmetro nominal de 50 cm e comprimento de 11,0 m da cota de arrasamento, utilizando concreto estrutural com resistência característica à compressão $f_{ck} = 30$ MPa. Os parâmetros de projeto e execução foram definidos a partir dos resultados obtidos através do relatório de sondagem elaborado pela empresa STS Engenharia, em dezembro de 2025, por meio de ensaio de penetração padrão SPT (Standard Penetration Test).

A execução seguirá integralmente as normas da ABNT, em especial a NBR 6122 – Projeto e execução de fundações, a NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto, a NBR 14931 – Execução de estruturas de concreto, a NBR 5738/5739 – Moldagem e ensaio de corpos de prova de concreto e a NBR 7480 – Aço destinado a armaduras para concreto armado.

As estacas serão do tipo hélice contínua monitorada. O concreto empregado terá resistência característica de 30 MPa, abatimento adequado à concretagem por tremonha e controle tecnológico em laboratório. A armadura será constituída de aço CA-50, conforme detalhamento do projeto estrutural.

A execução compreenderá a locação das estacas em campo de acordo com o projeto executivo, a perfuração por equipamento mecânico rotativo, a limpeza do fundo após atingir a cota de projeto, a colocação da armadura centralizada com espaçadores para garantir cobrimento adequado e a concretagem em fluxo contínuo, evitando segregação. O controle tecnológico será realizado por meio da moldagem de corpos de prova para ensaio de compressão.

Como parte do controle de qualidade e da verificação da capacidade de carga e da integridade estrutural das estacas, serão realizados ensaios complementares, incluindo prova

de carga estática em estacas selecionadas e ensaio PIT (Pile Integrity Test) em amostragem pela fiscalização da obra. Esses ensaios têm por finalidade confirmar a capacidade de carga prevista em projeto, avaliar o desempenho em serviço e verificar a integridade do fuste das estacas executadas.

Serão aceitas apenas estacas que apresentem resistência do concreto compatível com o f_{ck} especificado, profundidade mínima de 11,0 m conforme projeto, verticalidade dentro da tolerância de 1/200 e integridade verificada por ensaios de controle e provas de carga quando exigidos.

A execução será realizada sob responsabilidade técnica de engenheiro civil habilitado, com emissão da respectiva Anotação de Responsabilidade Técnica junto ao CREA. Qualquer alteração de método ou dimensão deverá ser previamente aprovada pela fiscalização da obra

3. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

3.1 CONCRETO ARMADO

O concreto armado a ser utilizado na obra deverá atender às normas e especificações da ABNT e NBR 6118, em sua versão mais atual – Projeto e execução de obras em concreto armado.

O concreto armado moldado “in loco” deverá atingir a tensão característica de projeto $f_{ck} \geq 35 \text{ Mpa}$ (350 kgf/cm²).

Com o uso cada vez mais frequente do concreto dosado em central, as etapas de concretagem realizadas com grandes volumes de concreto bombeado e de uma só vez, reduzem as juntas de concretagem permitindo maior homogeneidade da estrutura concretada, com menor perda de água por evaporação e menores defasagens para início das reações do cimento.

Caso o concreto seja produzido no local, o transporte entre a betoneira até o local do lançamento, através de carros de mão, deverá ser feito observando-se alguns cuidados visando amortecer as trepidações que poderão provocar a segregação do concreto.

Recomendamos o uso de carrinhos com rodas pneumáticas transitando em caminhos bem preparados e com rampas suaves.

Qualquer que seja a forma de produção do concreto, julgamos necessário se fazer o controle tecnológico, com especificação da dosagem do traço, definição do fator água/cimento

(A/C) e rompimentos de corpos de prova para aferição da resistência à compressão aos 7, 14, 21 e 28 dias, por Empresa tecnicamente idônea e atuante neste segmento.

3.2 MATERIAIS

3.2.1 AÇO PARA ARMADURA DO CONCRETO ARMADO

Todos os aços a serem aplicados na estrutura, deverão apresentar tensão de escoamento, real ou convencional, igual ou superior a 500 MPa (5.000 kgf/cm²) ou 600 MPa (6.000 kgf/cm²).

Além das recomendações das normas, deverão ser atendidas as exigências seguintes:

- As barras de aço não deverão apresentar excesso de ferrugem, manchas de óleo, argamassa aderente ou qualquer outra substância que impeça uma perfeita aderência ao concreto.

- Antes e durante o lançamento do concreto as plataformas de serviço (balancins, andaimes, etc.) deverão estar dispostas de modo a não provocarem deslocamento das armaduras.

- A armadura não poderá ficar em contato direto com a forma, obedecendo-se para isso, a distância mínima prevista pela NBR-6118:2010.

- No caso de cobrimento superior a 6cm (distância entre fôrma e a barra de aço), colocar-se-á uma armadura de pele complementar, em rede, cujo cobrimento não deve ser inferior aos limites mencionados na Norma.

- Nos casos de estruturas resistentes ao fogo, o cobrimento deverá atender às exigências da NBR-5627 (NB-503), além das especificadas neste item.

- Nos casos de estruturas sujeitas a abrasão, a altas temperaturas, a correntes elétricas ou a ambientes fortemente agressivos, deverão ser tomadas medidas especiais para aumentar a proteção da armadura, além de cobrimento mínimo.

- Deverão ser adotadas precauções para evitar oxidação excessiva das barras de espera. Antes do reinício da concretagem elas deverão estar razoavelmente limpas.

- As diferentes partidas de ferro deverão ser depositadas e arrumadas de acordo com a bitola, em lotes aproximadamente iguais, de acordo com a NBR-6118:2007, separadas umas das outras, de modo a ser estabelecida fácil correspondência entre os lotes e as amostras retiradas para ensaios.

3.2.2 AGREGADOS

A dimensão máxima característica do agregado deverá obedecer a NBR-6118:2019.

A qualidade dos agregados deverá ser avaliada através de índices, definidos por normas da ABNT, de acordo com os respectivos valores de qualidade que devem possuir os mesmos. Entretanto, em casos especiais, deverá se recorrer a normas estrangeiras para orientação mais precisa. Os índices de qualidade são assim definidos:

– Resistência aos esforços mecânicos:

Deverão ser executados ensaios conforme NBR-6465 (MB-170), devendo os valores obtidos se encontrarem dentro das prescrições da NBR-7211 (EB-4).

– Teor de substâncias nocivas:

Deverão ser executados ensaios para medição do teor de materiais nocivos, tais como torrões de argila, material pulverulento, etc.

Os ensaios obedecerão as normas NBR-7211 (EB-4), NBR-7218 (MB-8) e NBR-7219 (MB-9).

– Impurezas orgânicas:

Deverão ser executados ensaios para determinação do teor de impurezas orgânicas, conforme NBR-7220 (MB-10), sendo que os resultados obtidos deverão estar dentro dos limites prescritos na NBR-7220 (MB-10) e NBR-7211 (EB-4).

3.2.3 ÁGUA

- A água destinada ao amassamento do concreto obedecerá ao disposto nas NBR 6118 (NB-1) e NBR-6587 (PB-19), além das recomendações a seguir:

- A água considerada satisfatória para os fins aqui previstos será potável, limpa e isenta de ácidos, óleos, álcalis, sais, siltes, açúcares, materiais orgânicos, e outras substâncias agressivas ao concreto e que possam ocasionar alterações na pega do cimento.

– As quantidades máximas de matéria sólida em suspensão e sulfatos, serão respectivamente, 2.000 mg/l e 0,5%.

– Caso ocorra durante a estação chuvosa uma turbidez excessiva da água, deverá ser providenciada decantação ou filtração.

– A água contaminada não deverá ser utilizada para a finalidade aqui referida, no caso de suspeita de contaminação, deverão ser efetuados ensaios comparativos periódicos para verificação.

3.2.4 CIMENTO

O cimento destinado ao uso do concreto deverá obedecer ao disposto na NBR-6118:2019, além das recomendações a seguir:

- Nas peças sujeitas a ambientes agressivos, recomenda-se o uso de cimentos que atendam às especificações das Normas NBR-5736 (EB-758) e NBR-5737 (EB-903).
- Não será conveniente, em uma mesma concretagem, a mistura de tipos diferente de cimento, nem de marcas diferentes e ainda que do mesmo tipo.
- Não será conveniente o uso de traços de meio saco ou fração, os volumes mínimos a misturar de cada vez deverão corresponder a um saco de cimento.
- O cimento deverá ser obrigatoriamente medido em peso, não sendo, portanto, recomendável a sua medição em volume.
- A embalagem quando for em sacos deverão estar perfeitos na ocasião da inspeção e ter impressos de forma bem visíveis as seguintes características:
 - Indicação correspondente a 25, 32, 40 MPa (250, 320, 400 kgf/cm²) com 6 cm de altura no mínimo em cada extremidade;
 - No centro, a denominação normalizada, o nome e a marca do fabricante.
- Os sacos de cimento deverão ser armazenados em locais bem secos, protegidos e de forma a permitir fácil acesso à inspeção e identificação de cada embarque. As pilhas deverão ser colocadas sobre um estrado de madeira e não deverão conter mais de 10 sacos.
- A plataforma de madeira deverá ser montada, pelo menos, a 30cm do solo e das paredes do depósito.
- O cimento que não satisfizer a qualquer exigência das normas deverá ser rejeitado.
- O cimento armazenado em sacos por mais de três meses, deverá ser reensaiado, devendo ser igualmente rejeitado se não satisfizer a qualquer exigência das normas.
- As amostras de cimento a ser ensaiado deverão ser colhidas de acordo com a NBR-5741 (MB-508).

3.2.5 FORMA E ESCORAMENTO

Uma laje em processo de concretagem deverá ser suportada por, no mínimo três outras abaixo, quando houver.

Só é possível a total retirada das escoras sob uma laje, quando o concreto atingir 80% do Fck especificado em projeto, respeitando sempre o prazo mínimo de 14 dias.

A substituição das formas por escoras só deve acontecer quando o Fck do concreto for superior a 60% do Fck especificado em projeto, respeitando sempre o prazo mínimo de 4 dias.

As formas laterais de vigas e pilares podem ser retiradas no prazo mínimo de 48 horas (2 dias), após a concretagem.

As formas e escoramentos deverão obedecer às normas, especificações e critérios da NBR-7190 (NB-11) e / ou NB-14.

As formas deverão ser estanques e dimensionadas de modo que não possam sofrer deformações prejudiciais, quer sob a ação dos fatores ambientais, quer sob efeito de cargas, especialmente a do concreto fresco, considerado nesta o efeito do adensamento sobre o empuxo do concreto.

As formas absorventes deverão ser molhadas até a saturação, antes da concretagem, visando evitar absorção da água do concreto.

Nas peças de grandes vãos, sujeitas a deformações provocadas pelo material nelas introduzido, as formas deverão ser dotadas de contra-flecha necessária.

Antes do início da concretagem, as formas deverão estar limpas e estanques, de modo a evitar eventuais fugas de pasta.

Os escoramentos deverão obedecer aos critérios estabelecidos pela NBR-6118:2019

4. MEMÓRIA DE CÁLCULO

4.1 PRÉDIO PRINCIPAL

Resultado dos Blocos

TERREO	fck = 350.00 kgf/cm ²	E = 294029 kgf/cm ²	Peso Espec = 2500.00 kgf/m ³
Lance 1		cobr = 4.50 cm	

Blocos	ne Estaca	LB LH (cm)	hb (cm)	Principal (cm ²)		Estribo (cm ²)		Superior (cm ²)		As dist. (cm ²)
				X	Y	Hor.	Vert.	X	Y	
BPA1	1 HCM50	80.00 80.00		-	-	0.98 (5 ø 5.0)	1.57 2x(4 ø 5.0)	-	-	-
BPA2	1 HCM50	80.00 80.00		-	-	0.98 (5 ø 5.0)	1.57 2x(4 ø 5.0)	-	-	-
BPA3	1 HCM50	80.00 80.00		-	-	0.98 (5 ø 5.0)	1.57 2x(4 ø 5.0)	-	-	-
BPA4	1 HCM50	80.00 80.00		-	-	1.18 (6 ø 5.0)	1.57 2x(4 ø 5.0)	-	-	-
BPA7	1 HCM50	80.00 80.00		-	-	0.98 (5 ø 5.0)	1.57 2x(4 ø 5.0)	-	-	-
BPA8	1 HCM50	80.00 80.00		-	-	1.56 (5 ø 6.3)	1.57 2x(4 ø 5.0)	-	-	-
BPA9	1 HCM50	80.00 80.00		-	-	1.37 (7 ø 5.0)	1.57 2x(4 ø 5.0)	-	-	-
BPA10	1 HCM50	80.00 80.00		-	-	1.56 (5 ø 6.3)	1.57 2x(4 ø 5.0)	-	-	-
BPA11	1 HCM50	80.00 80.00		-	-	0.98 (5 ø 5.0)	1.57 2x(4 ø 5.0)	-	-	-
BPA12	1 HCM50	80.00 80.00		-	-	1.56 (5 ø 6.3)	1.57 2x(4 ø 5.0)	-	-	-
BPA13	2 HCM50	230.00 80.00	85.00	5.50 (7 ø 10.0)	-	0.98 (5 ø 5.0)	3.93 2x(10 ø 5.0)	2.01 (4 ø 8.0)	-	1.01 (ø 8.0 c/10)
BPA14	2 HCM50	230.00 80.00	85.00	7.07 (9 ø 10.0)	-	0.98 (5 ø 5.0)	3.93 2x(10 ø 5.0)	2.01 (4 ø 8.0)	-	1.01 (ø 8.0 c/10)
BPA15	2 HCM50	230.00 80.00	85.00	8.04 (4 ø 16.0)	-	0.98 (5 ø 5.0)	3.93 2x(10 ø 5.0)	2.01 (4 ø 8.0)	-	1.01 (ø 8.0 c/10)

BPA16	2 HCM50	230.00 80.00	85.00	6.28 (8 ø 10.0)	-	0.98 (5 ø 5.0)	3.93 2x(10 ø 5.0)	2.01 (4 ø 8.0)	-	1.01 (ø 8.0 c/10)
BPA17	2 HCM50	230.00 80.00	85.00	7.07 (9 ø 10.0)	-	0.98 (5 ø 5.0)	3.93 2x(10 ø 5.0)	2.01 (4 ø 8.0)	-	1.01 (ø 8.0 c/10)
BPA18	1 HCM50	80.00 80.00		-	-	1.87 (6 ø 6.3)	1.57 2x(4 ø 5.0)	-	-	-
BPA19	1 HCM50	80.00 80.00		-	-	0.98 (5 ø 5.0)	1.57 2x(4 ø 5.0)	-	-	-
BPA20	1 HCM50	80.00 80.00		-	-	0.98 (5 ø 5.0)	1.57 2x(4 ø 5.0)	-	-	-
BPA21	1 HCM50	80.00 80.00		-	-	1.56 (5 ø 6.3)	1.57 2x(4 ø 5.0)	-	-	-
BPA22	1 HCM50	80.00 80.00		-	-	1.87 (6 ø 6.3)	1.57 2x(4 ø 5.0)	-	-	-
BPA23	1 HCM50	80.00 80.00		-	-	1.56 (5 ø 6.3)	1.57 2x(4 ø 5.0)	-	-	-
BPA24	1 HCM50	80.00 80.00		-	-	1.56 (5 ø 6.3)	1.57 2x(4 ø 5.0)	-	-	-
BPA25	1 HCM50	80.00 80.00		-	-	1.18 (6 ø 5.0)	1.57 2x(4 ø 5.0)	-	-	-
BPA26	1 HCM50	80.00 80.00		-	-	0.98 (5 ø 5.0)	1.57 2x(4 ø 5.0)	-	-	-
BPA27	1 HCM50	80.00 80.00		-	-	0.98 (5 ø 5.0)	1.57 2x(4 ø 5.0)	-	-	-
BPA28	1 HCM50	80.00 80.00		-	-	0.98 (5 ø 5.0)	1.57 2x(4 ø 5.0)	-	-	-
BPA29	1 HCM50	80.00 80.00		-	-	0.98 (5 ø 5.0)	1.57 2x(4 ø 5.0)	-	-	-
BPA5-PA6	2 HCM50	230.00 80.00	90.00	4.91 (4 ø 12.5)	-	0.98 (5 ø 5.0)	3.93 2x(10 ø 5.0)	2.01 (4 ø 8.0)	-	1.01 (ø 8.0 c/10)

4.2 RESÍDUOS

Resultado dos Blocos

TERREO	fck = 350.00 kgf/cm²	E = 294029 kgf/cm²	Peso Espec = 2500.00 kgf/m³
Lance 1		cobr = 4.50 cm	

Blocos	ne Estaca	LB LH (cm)	hb (cm)	Principal (cm²)		Estribo (cm²)		Superior (cm²)		As dist. (cm²)
				X	Y	Hor.	Vert.	X	Y	
BPB1	1 HCM50	80.00 80.00		-	-	0.98 (5 ø 5.0)	1.57 2x(4 ø 5.0)	-	-	-
BPB2	1 HCM50	80.00 80.00		-	-	0.98 (5 ø 5.0)	1.57 2x(4 ø 5.0)	-	-	-
BPB3	1 HCM50	80.00 80.00		-	-	0.98 (5 ø 5.0)	1.57 2x(4 ø 5.0)	-	-	-
BPB4	1 HCM50	80.00 80.00		-	-	0.98 (5 ø 5.0)	1.57 2x(4 ø 5.0)	-	-	-
BPB5	1 HCM50	80.00 80.00		-	-	0.98 (5 ø 5.0)	1.57 2x(4 ø 5.0)	-	-	-
BPB6	1 HCM50	80.00 80.00		-	-	0.98 (5 ø 5.0)	1.57 2x(4 ø 5.0)	-	-	-
BPB7	1 HCM50	80.00 80.00		-	-	0.98 (5 ø 5.0)	1.57 2x(4 ø 5.0)	-	-	-
BPB8	1 HCM50	80.00 80.00		-	-	0.98 (5 ø 5.0)	1.57 2x(4 ø 5.0)	-	-	-
BPB9	1 HCM50	80.00 80.00		-	-	0.98 (5 ø 5.0)	1.57 2x(4 ø 5.0)	-	-	-
BPB10	1 HCM50	80.00 80.00		-	-	0.98 (5 ø 5.0)	1.57 2x(4 ø 5.0)	-	-	-

4.3 RESERVATÓRIO

Resultado dos Blocos

TERREO	fck = 350.00 kgf/cm²	E = 294029 kgf/cm²	Peso Espec = 2500.00 kgf/m³
Lance 1		cobr = 4.50 cm	

Blocos	ne Estaca	LB LH (cm)	hb (cm)	Principal (cm²)		Estribo (cm²)		Superior (cm²)		As dist. (cm²)
				X	Y	Hor.	Vert.	X	Y	
BPC1	1 HCM50	80.00 80.00		-	-	1.56 (5 ø 6.3)	1.57 2x(4 ø 5.0)	-	-	-
BPC2	1 HCM50	80.00 80.00		-	-	1.56 (5 ø 6.3)	1.57 2x(4 ø 5.0)	-	-	-
BPC3	1 HCM50	80.00 80.00		-	-	1.56 (5 ø 6.3)	1.57 2x(4 ø 5.0)	-	-	-
BPC4	1 HCM50	80.00 80.00		-	-	1.56 (5 ø 6.3)	1.57 2x(4 ø 5.0)	-	-	-

RELATÓRIO DOS RESULTADOS - CARGA ADMISSÍVEL DE ESTACA

Software utilizado:
Estak PRO

Cliente:
SESAB

Projeto:
UBSI2-ALDEIA SAPUCAEIRA-HCM50

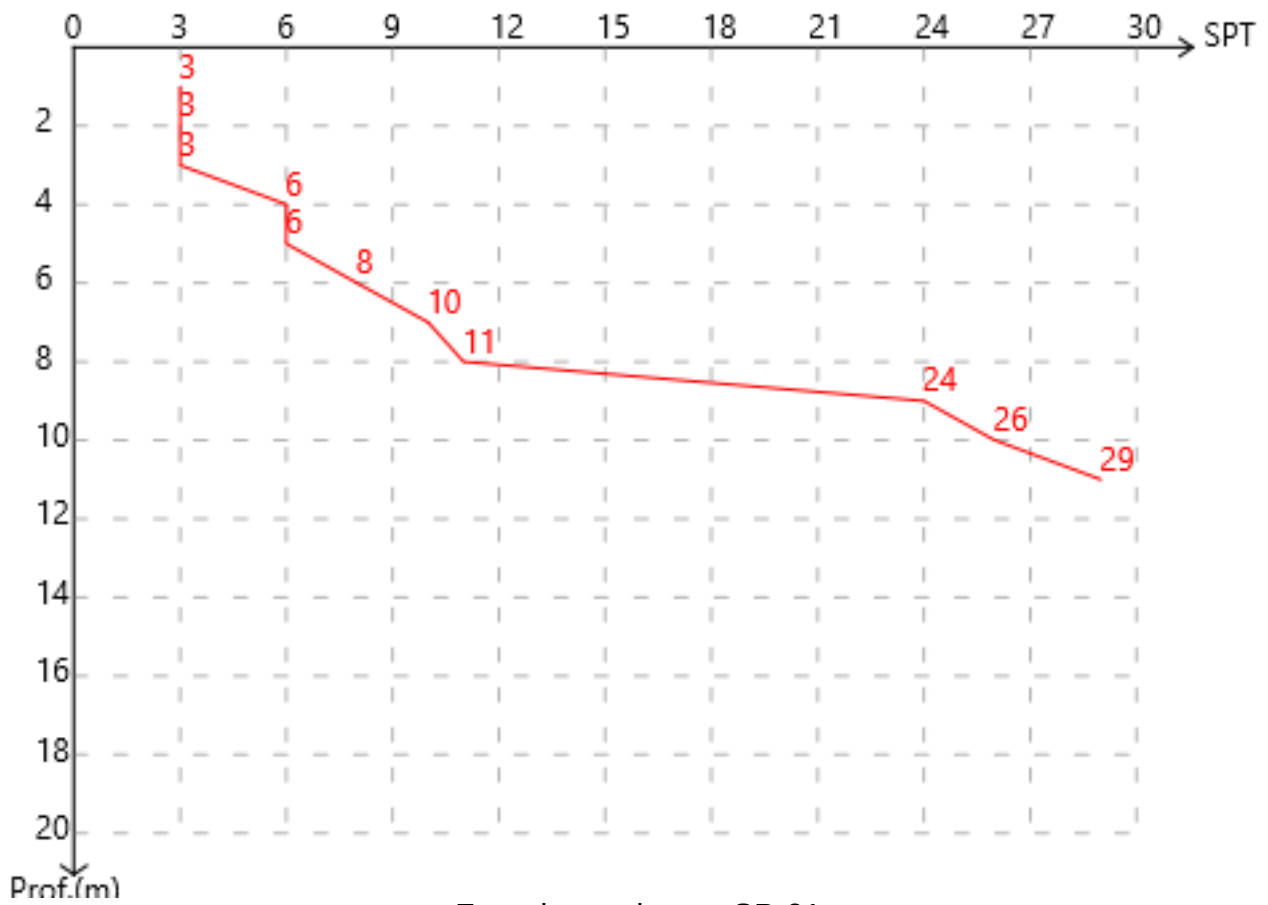
Autor:
ENG. ROBERTO MACEDO

Data:
03/03/2026

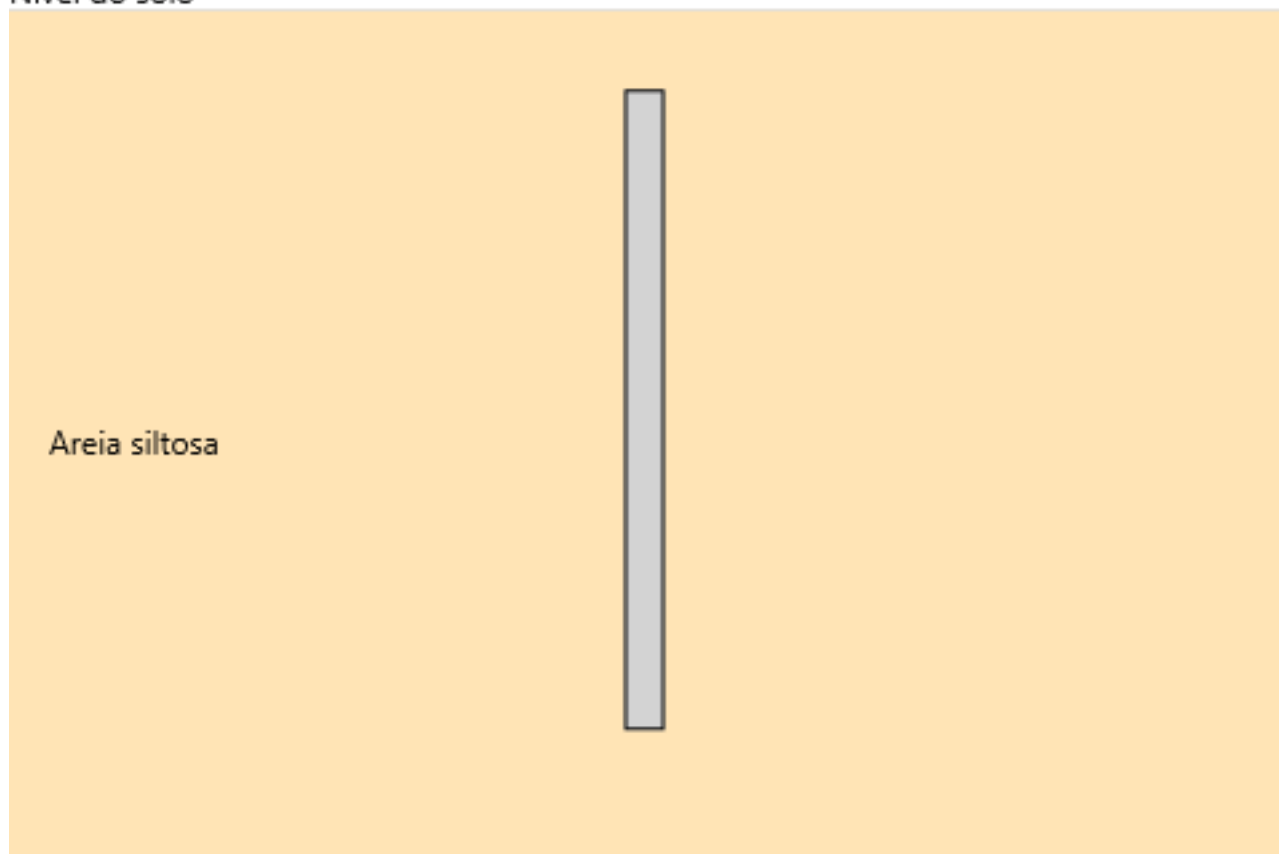
Sumário

1 - Laudos de sondagem(SPT) utilizados.....	1
2 - Métodos de cálculo utilizados.....	5
2.1 - Método de Aoki-Velloso.....	5
2.2 - Método de Décourt-Quaresma.....	6
2.3 - Método de Teixeira.....	9
2.4 - Método de Antunes e Cabral.....	10
3 - Parâmetros de cálculo.....	11
4 - Relatório dos resultados obtidos.....	11
4.1 - Furo de sondagem SP-01.....	11
4.2 - Furo de sondagem SP-02.....	15
4.3 - Furo de sondagem SP-03.....	19
4.4 - Furo de sondagem SP-04.....	23
5 - Menores cargas admissíveis (P _{adm}) obtidas.....	27

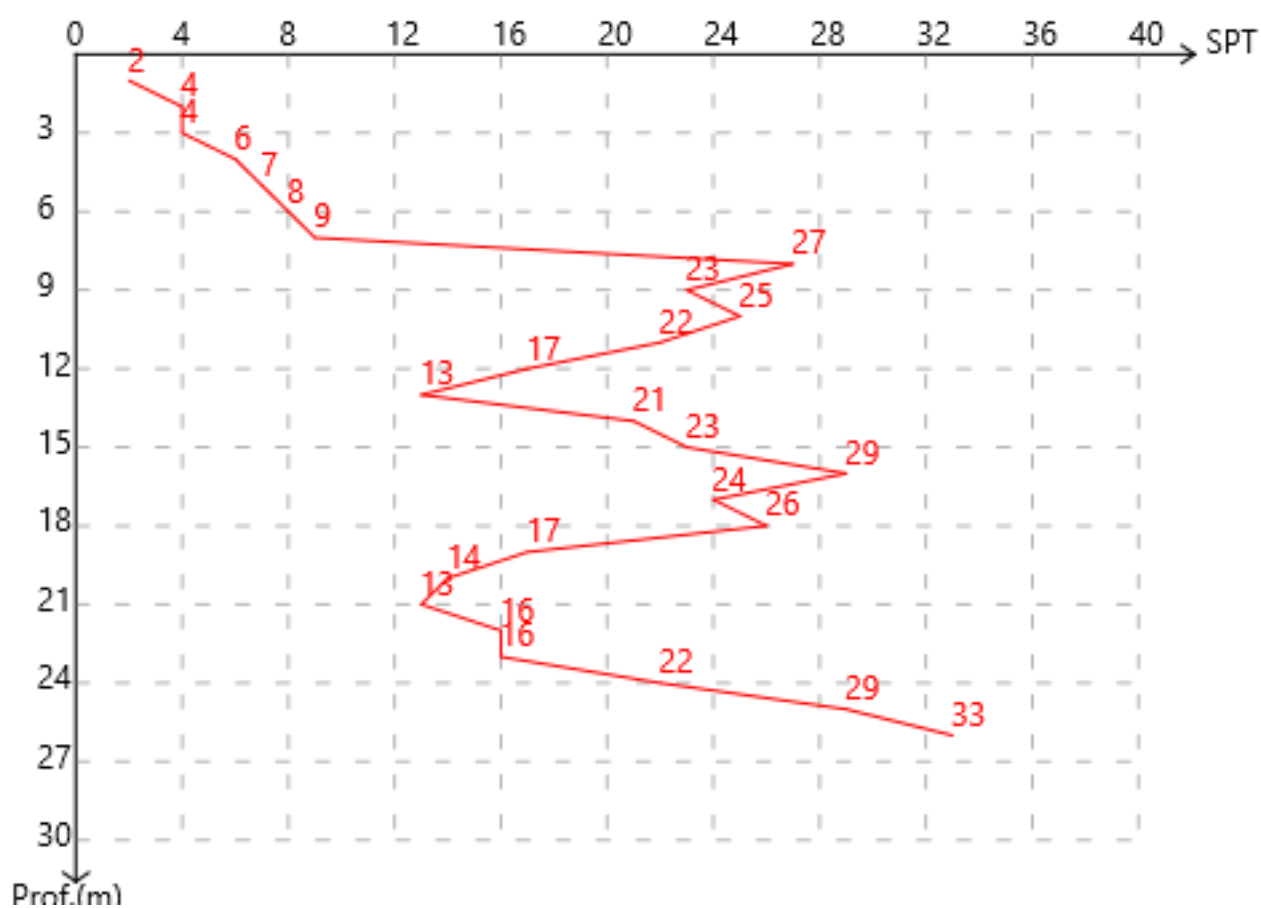
1 - LAUDOS DE SONDAGEM(SPT) UTILIZADOS



Nível do solo

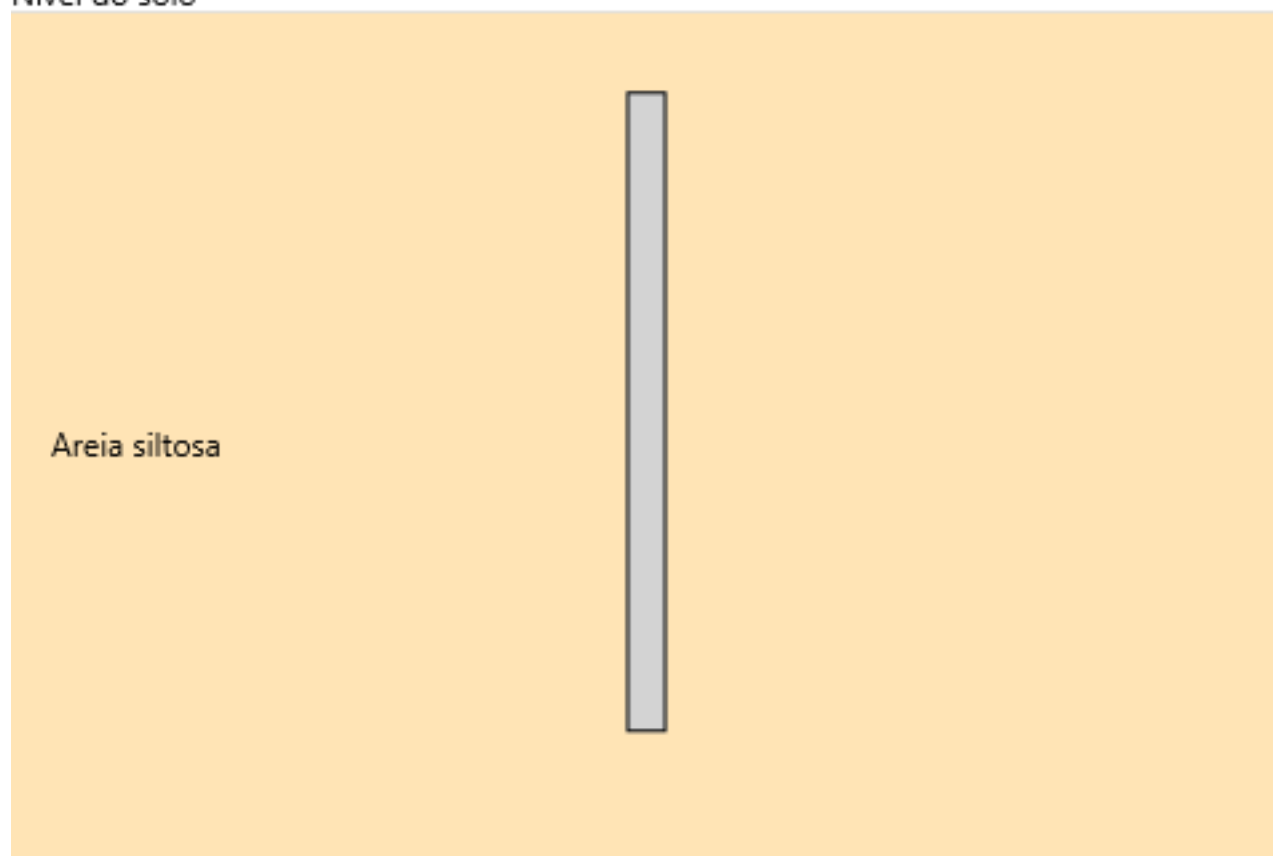


Perfil de sondagem SP-01

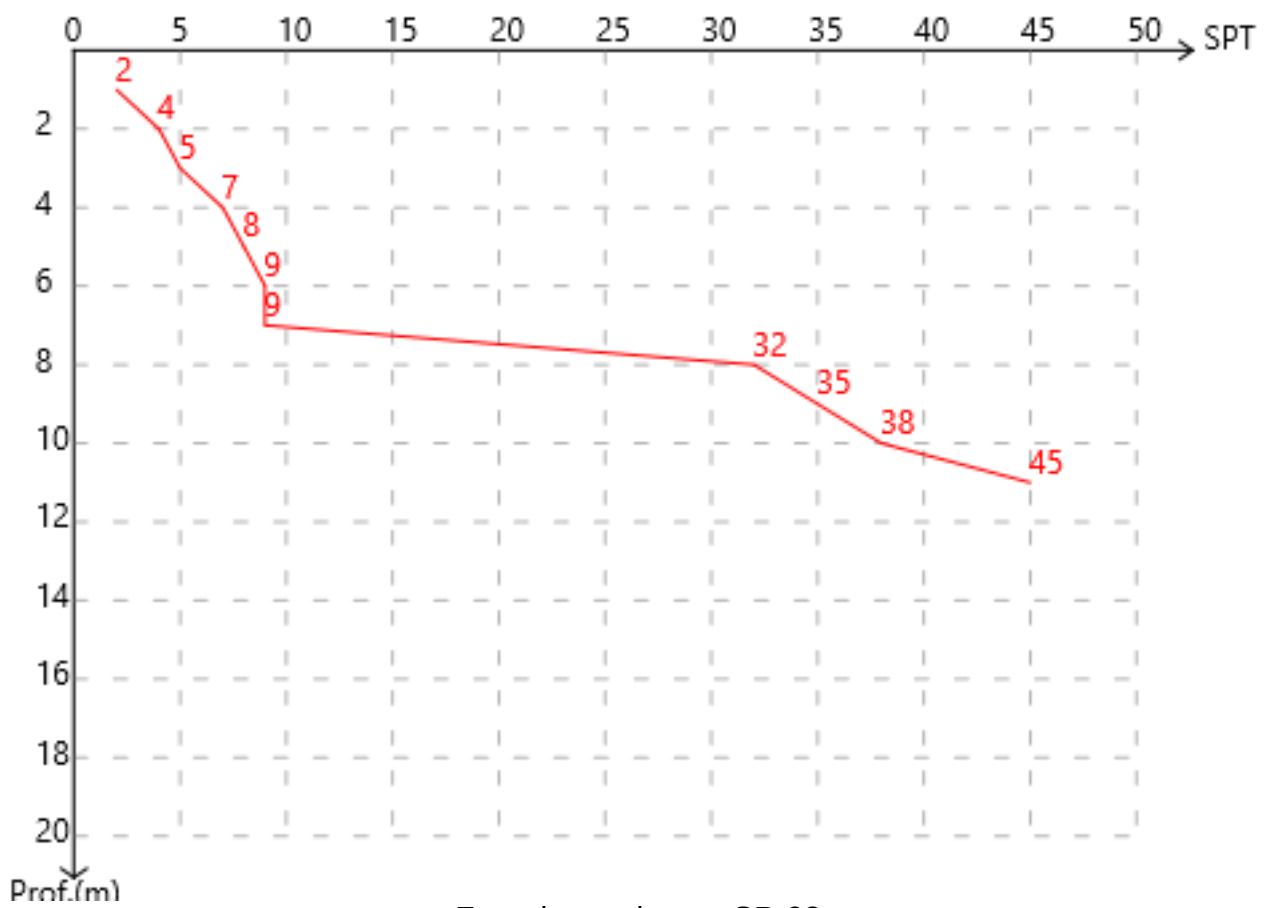


Furo de sondagem SP-02

Nível do solo

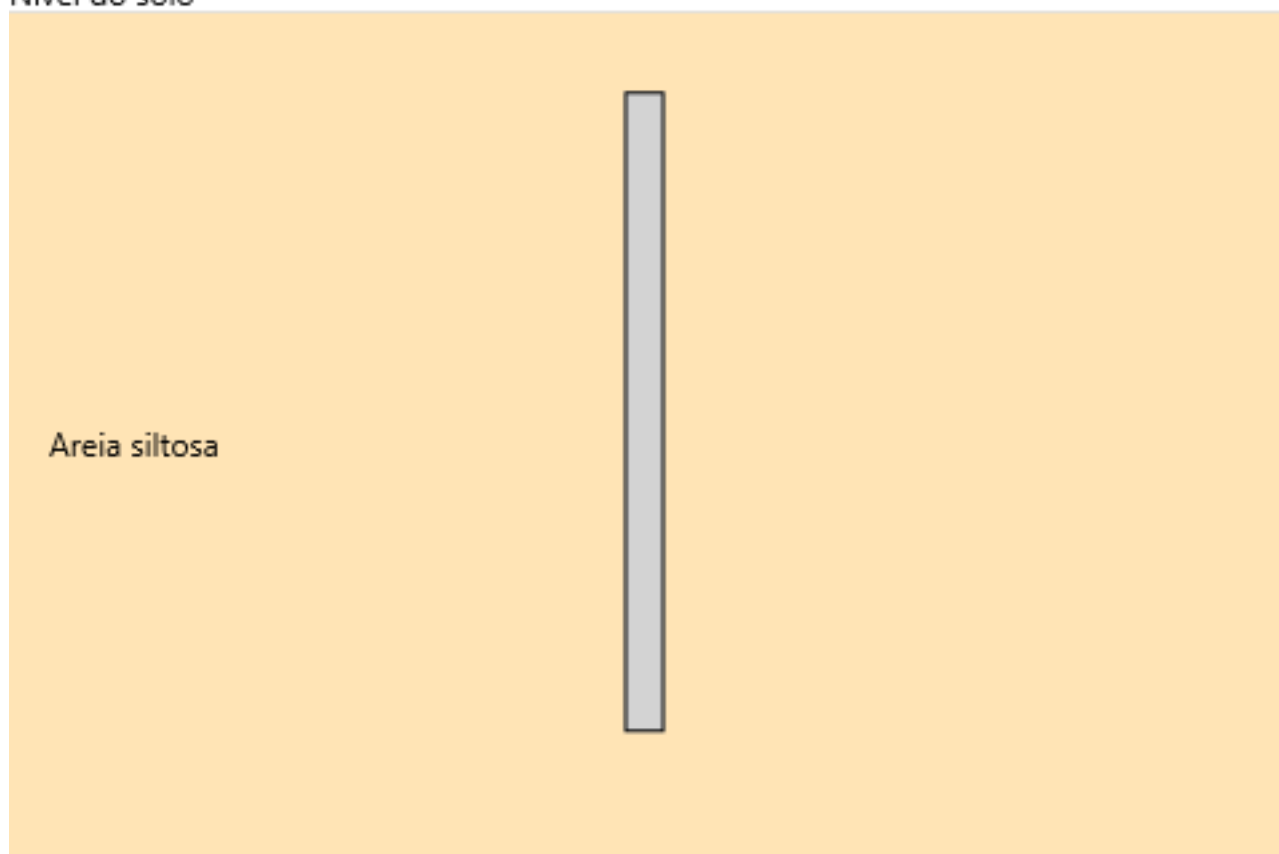


Perfil de sondagem SP-02

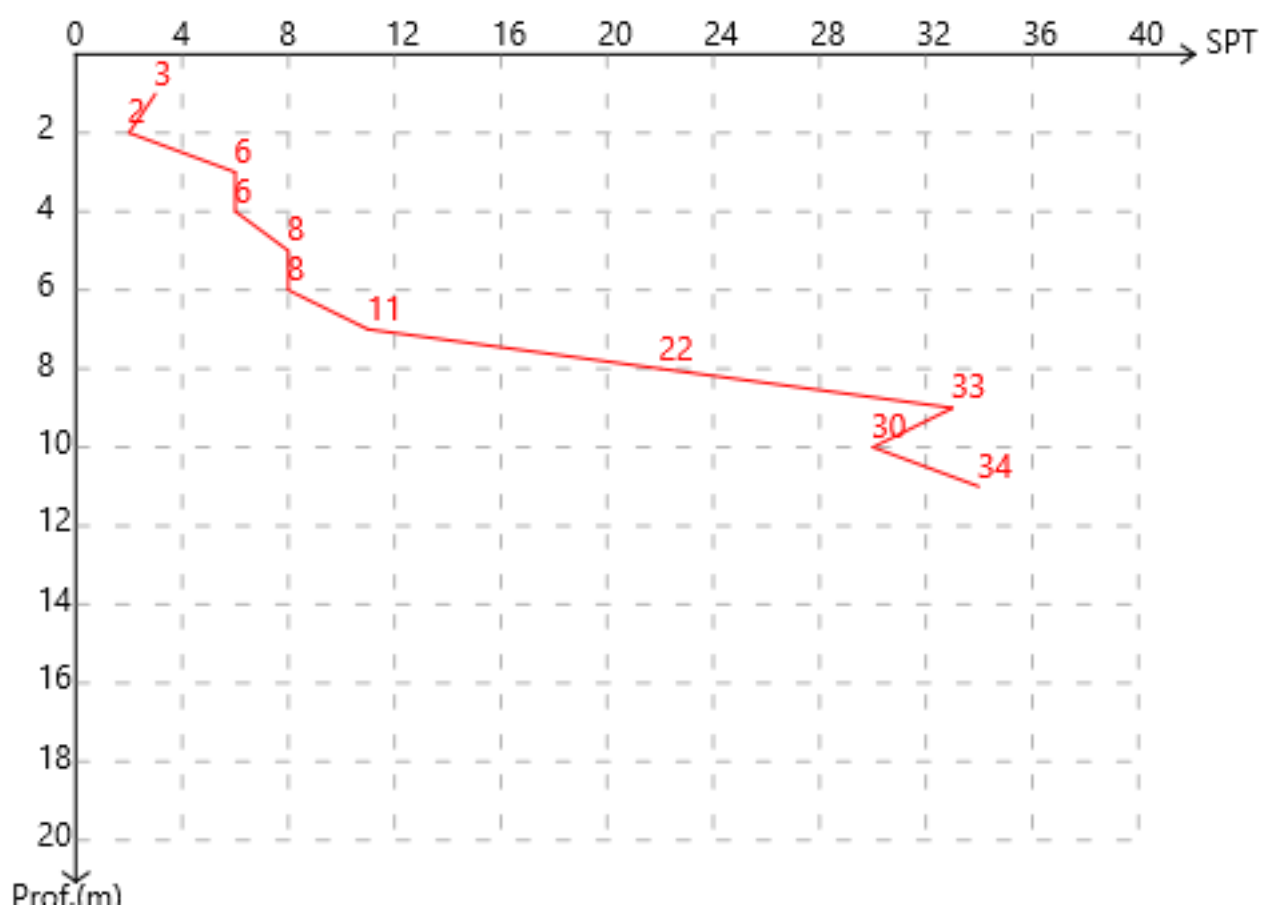


Furo de sondagem SP-03

Nível do solo

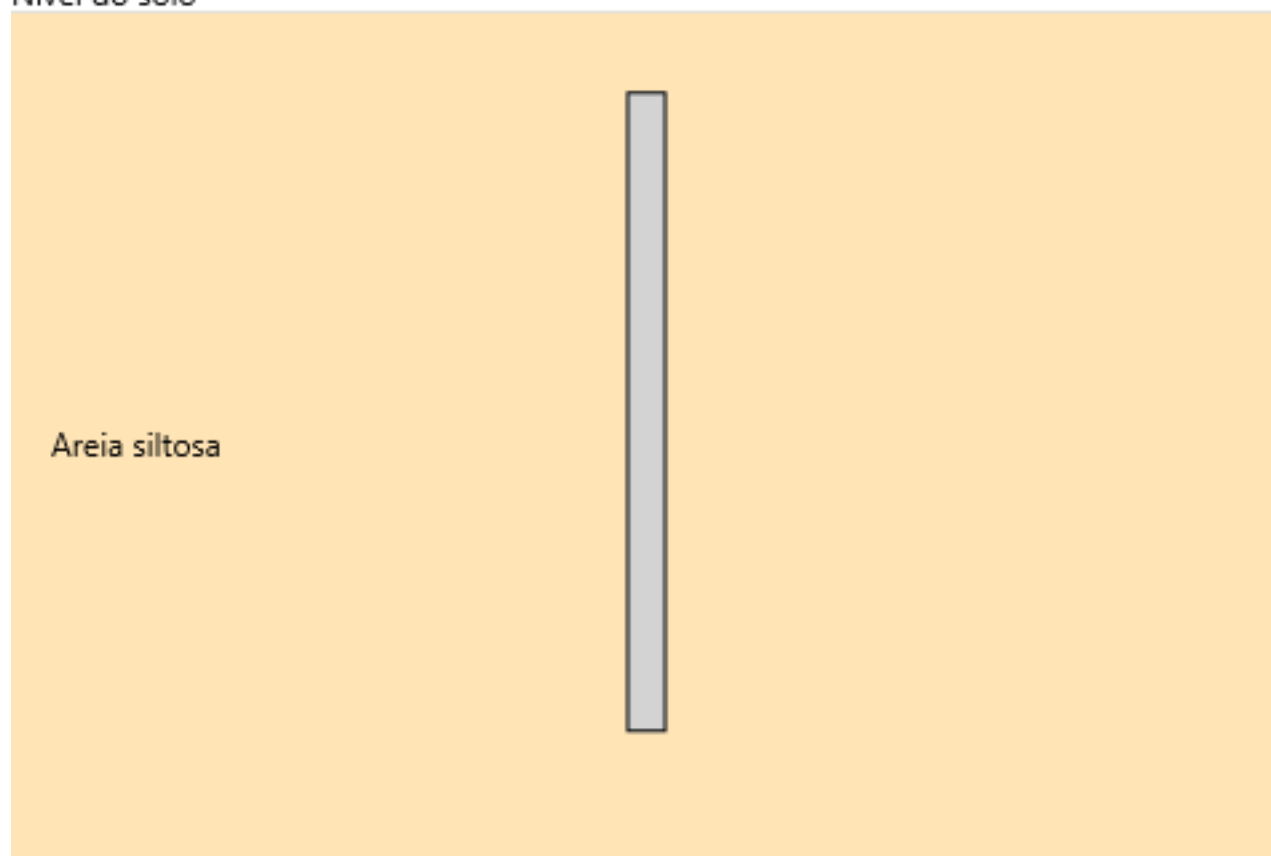


Perfil de sondagem SP-03



Furo de sondagem SP-04

Nível do solo



Perfil de sondagem SP-04

2 - MÉTODOS DE CÁLCULO UTILIZADOS

2.1 - MÉTODO DE AOKI-VELLOSO

O método de Aoki-Velloso foi apresentado em 1975 no Congresso Panamericano de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações pelos engenheiros brasileiros Nelson Aoki e Dirceu Velloso.

Inicialmente, esse método foi desenvolvido a partir de correlações entre os ensaios de cone (CPT) e ensaios SPT.

De maneira resumida, o método consiste em determinar duas parcelas da carga transmitida pela fundação ao solo e somá-las ao final:

- Resistência lateral;
- Resistência de ponta.

A resistência lateral é a carga que é transmitida ao solo ao longo de todo o comprimento da estaca através de sua área lateral.

Já a resistência de ponta é referente à carga que é transmitida ao solo somente pela “base”, ou ponta, da estaca, ou seja, não é acumulada ao longo da profundidade, como a resistência lateral.

Pode-se calcular a capacidade de carga pela seguinte formulação:

$$P_{geo} = P_p + P_l$$

$$P_p = A_p * \frac{K * N_{SPT(ponta)}}{F_1}$$

$$P_l = \sum A_l * \frac{\alpha * K * N_{SPT(camada)}}{F_2}$$

A_p = área da base da estaca

A_l = área lateral da estaca que atravessa determinada camada de solo

K = coeficiente que varia de acordo com o tipo de solo

α = razão de atrito, que varia de acordo com o tipo de solo

F_1 e F_2 = fatores de correção, que variam de acordo com o tipo de estaca

$N_{SPT(camada)}$ = SPT médio da camada de solo atravessada pela estaca

$N_{SPT(ponta)}$ = SPT na ponta da estaca

Estaca	F1	F2
Pré-moldada	1,375	2,75
Franki	2,5	5
Escavada	3	6
Raiz	2	4
Hélice cont.	2	4
Strauss	3	6

Fatores de correção F1 e F2

Tipo de solo	k(kgf/cm ²)	α
Areia	10	0,014
Areia siltosa	8	0,020
Areia silto-argilosa	7	0,024
Areia argilosa	6	0,030
Areia argilo-siltosa	5	0,028
Silte	4	0,030
Silte arenoso	5,5	0,022
Silte areno-argiloso	4,5	0,028
Silte argiloso	2,3	0,034
Silte argilo-arenoso	2,5	0,030
Argila	2	0,060
Argila arenosa	3,5	0,024
Argila areno-siltosa	3	0,028
Argila siltosa	2,2	0,040
Argila silto-arenosa	3,3	0,030

Coeficiente K e razão de atrito α

2.2 - MÉTODO DE DÉCOURT-QUARESMA

Em 1978 os engenheiros Luciano Décourt e Arthur Quaresma apresentaram ao 6º Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações um método para a determinação da capacidade de carga de estacas a partir de valores de SPT.

De maneira resumida, o método consiste em determinar duas parcelas da carga transmitida pela fundação ao solo e somá-las ao final:

- Resistência lateral;
- Resistência de ponta.

A resistência lateral é a carga que é transmitida ao solo ao longo de todo o comprimento da estaca através de sua área lateral.

No cálculo do valor médio de NSPT por camada de solo (para obtenção da resistência lateral por camada) não se considera o valor de NSPT da ponta da estaca. São adotados valores mínimos e máximos de SPT para obtenção da resistência lateral, os quais estão indicados na tabela abaixo:

Estaca	SPTmin	SPTmax
Pré-moldada	3	50
Franki	3	50
Escavada	3	15
Raiz	3	15
Hélice cont.	3	15
Strauss	3	15

Limites de SPT para atrito lateral (fuste da estaca)

Já a resistência de ponta é referente à carga que é transmitida ao solo somente pela “base”, ou ponta, da estaca, ou seja, não é acumulada ao longo da profundidade, como a resistência lateral.

O valor de SPT adotado como na ponta da estaca é uma média obtida de três valores: o SPT correspondente ao nível da ponta, o imediatamente anterior (1m acima da ponta) e o imediatamente posterior (1m abaixo da ponta)

Pode-se calcular a capacidade de carga pela seguinte formulação:

$$P_{geo} = P_p + P_l$$

$$P_p = \alpha * C * N_{SPT(ponta)} * A_p$$

$$P_l = \sum \beta * \left(\frac{N_{SPT(camada)}}{3} + 1 \right) * A_l$$

A_p = área da base da estaca

A_l = área lateral da estaca que atravessa determinada camada de solo

C = coeficiente característico do solo

α = fator que varia de acordo com o tipo de estaca e o tipo de solo

β = fator que varia de acordo com o tipo de estaca e o tipo de solo

$N_{SPT(camada)}$ = SPT médio da camada de solo atravessada pela estaca
(não inclui o SPT da ponta da estaca)

$N_{SPT(ponta)}$ = SPT na ponta da estaca (média entre o SPT da ponta da estaca, 1m acima da ponta e 1m abaixo da ponta)

Tipo de solo	C (KPa)
Areia	400
Areia siltosa	400
Areia silto-argilosa	400
Areia argilosa	400
Areia argilo-siltosa	400
Silte	200
Silte arenoso	250
Silte areno-argiloso	250
Silte argiloso	200
Silte argilo-arenoso	200
Argila	120
Argila arenosa	120
Argila areno-siltosa	120
Argila siltosa	120
Argila silto-arenosa	120

Valores de C (coeficiente característico do solo)

Tipo de solo	Escavada	Hélice cont.	Raiz	Strauss
Areia	0,5	0,3	0,5	0,5
Areia siltosa	0,6	0,3	0,6	0,6
Areia silto-argilosa	0,6	0,3	0,6	0,6
Areia argilosa	0,6	0,3	0,6	0,6
Areia argilo-siltosa	0,6	0,3	0,6	0,6
Silte	0,6	0,3	0,6	0,6
Silte arenoso	0,6	0,3	0,6	0,6
Silte areno-argiloso	0,6	0,3	0,6	0,6
Silte argiloso	0,6	0,3	0,6	0,6
Silte argilo-arenoso	0,6	0,3	0,6	0,6
Argila	0,85	0,3	0,85	0,85
Argila arenosa	0,6	0,3	0,6	0,6
Argila areno-siltosa	0,6	0,3	0,6	0,6
Argila siltosa	0,6	0,3	0,6	0,6
Argila silto-arenosa	0,6	0,3	0,6	0,6

Valores de α

Tipo de solo	Escavada	Hélice cont.	Raiz	Strauss
Areia	0,5	1	1,5	0,5
Areia siltosa	0,65	1	1,5	0,65
Areia silto-argilosa	0,65	1	1,5	0,65
Areia argilosa	0,65	1	1,5	0,65
Areia argilo-siltosa	0,65	1	1,5	0,65
Silte	0,65	1	1,5	0,65
Silte arenoso	0,65	1	1,5	0,65
Silte areno-argiloso	0,65	1	1,5	0,65
Silte argiloso	0,65	1	1,5	0,65
Silte argilo-arenoso	0,65	1	1,5	0,65
Argila	0,8	1	1,5	0,8
Argila arenosa	0,65	1	1,5	0,65
Argila areno-siltosa	0,65	1	1,5	0,65
Argila siltosa	0,65	1	1,5	0,65
Argila silto-arenosa	0,65	1	1,5	0,65

Valores de β

OBS: Os valores propostos para α e β nas estacas pré-moldadas e tipo Franki é igual a 1.0

2.3 - MÉTODO DE TEIXEIRA

De maneira resumida, o método consiste em determinar duas parcelas da carga transmitida pela fundação ao solo e somá-las ao final:

- Resistência lateral;
- Resistência de ponta.

A resistência lateral é a carga que é transmitida ao solo ao longo de todo o comprimento da estaca através de sua área lateral.

Já a resistência de ponta é referente à carga que é transmitida ao solo somente pela “base”, ou ponta, da estaca, ou seja, não é acumulada ao longo da profundidade, como a resistência lateral.

Com base na utilização prática e contínua de diversos métodos, como Aoki-Velloso, Décourt - Quaresma e outros, Teixeira propõe uma espécie de equação unificada para a capacidade de carga, com a seguinte formulação:

$$P_{geo} = P_p + P_l$$

$$P_p = \alpha * N_{SPT(ponta)} * A_p$$

$$P_l = \sum \beta * N_{SPT(camada)} * A_l$$

A_p = área da base da estaca

A_l = área lateral da estaca que atravessa determinada camada de solo

α = fator que varia de acordo com o tipo de estaca e o tipo de solo

β = fator que varia de acordo com o tipo de estaca

$N_{SPT(camada)}$ = SPT médio da camada de solo atravessada pela estaca

$N_{SPT(ponta)}$ = SPT na ponta da estaca (média do SPT medido no intervalo de 4 diâmetros acima da ponta da estaca e 1 diâmetro abaixo)

Tipo de solo	Pré-moldada	Franki	Escavada	Raiz	Strauss	Hélice cont.
Areia	400	340	270	260	270	270
Areia siltosa	360	300	240	220	240	240
Areia silto-argilosa	360	300	240	220	240	240
Areia argilosa	300	240	200	190	200	200
Areia argilo-siltosa	300	240	200	190	200	200
Silte	160	120	110	110	110	110
Silte arenoso	260	210	160	160	160	160
Silte areno-argiloso	260	210	160	160	160	160
Silte argiloso	160	120	110	110	110	110
Silte argilo-arenoso	160	120	110	110	110	110
Argila	110	100	100	100	100	100
Argila arenosa	210	160	130	140	130	130
Argila areno-siltosa	210	160	130	140	130	130
Argila siltosa	110	100	100	100	100	100
Argila silto-arenosa	110	100	100	100	100	100

Valores de α

Estaca	β
Pré-moldada	4
Franki	5
Escavada	4
Raiz	6
Hélice cont.	4
Strauss	4

Valores de β

2.4 - MÉTODO DE ANTUNES E CABRAL

Antunes e Cabral propuseram um método de previsão da capacidade de carga exclusivo para hélice contínua baseados em resultados de ensaio de percussão SPT. O método foi desenvolvido a partir da comparação entre o resultado de nove provas de carga estáticas e a previsão da capacidade de carga pelos métodos de Aoki e Velloso e de Décourt e Quaresma.

De maneira resumida, o método consiste em determinar duas parcelas da carga transmitida pela fundação ao solo e somá-las ao final:

- Resistência lateral;
- Resistência de ponta.

A resistência lateral é a carga que é transmitida ao solo ao longo de todo o comprimento da estaca através de sua área lateral.

Já a resistência de ponta é referente à carga que é transmitida ao solo somente pela “base”, ou ponta, da estaca, ou seja, não é acumulada ao longo da profundidade, como a resistência lateral.

$$P_{geo} = P_p + P_l$$

$$P_p = \beta_2 * N_{SPT(ponta)} * A_p$$

$$P_l = \beta_1 * N_{SPT(camada)} * A_l$$

A_p = área da base da estaca

A_l = área lateral da estaca que atravessa determinada camada de solo

β_1 = Coeficiente de atrito lateral que depende do tipo de solo (em kgf/cm²)

β_2 = parâmetro para o cálculo da resistência de ponta que depende do tipo de solo (em kgf/cm²)

$N_{SPT(camada)}$ = SPT médio da camada de solo atravessada pela estaca

$N_{SPT(ponta)}$ = SPT na ponta da estaca

OBS: O produto $\beta_2 * N_{SPT(ponta)}$ deve ser menor ou igual a 40kgf/cm²

Tipo de solo	$\beta_1(\%)$	β_2
Areia	4,5	2,25
Areia siltosa	4,5	2,25
Areia silto-argilosa	4,5	2,25
Areia argilosa	4,5	2,25
Areia argilo-siltosa	4,5	2,25
Silte	3	1,5
Silte arenoso	3	1,5

Valores de β_1 (kgf/cm²) e β_2 (kgf/cm²)

Tipo de solo	$\beta_1(\%)$	β_2
Silte areno-argiloso	3	1,5
Silte argiloso	3	1,5
Silte argilo-arenoso	3	1,5
Argila	2,75	1,25
Argila arenosa	2,75	1,25
Argila areno-siltosa	2,75	1,25
Argila siltosa	2,75	1,25
Argila silto-arenosa	2,75	1,25

Valores de β_1 (kgf/cm²) e β_2 (kgf/cm²)

3 - PARÂMETROS DE CÁLCULO

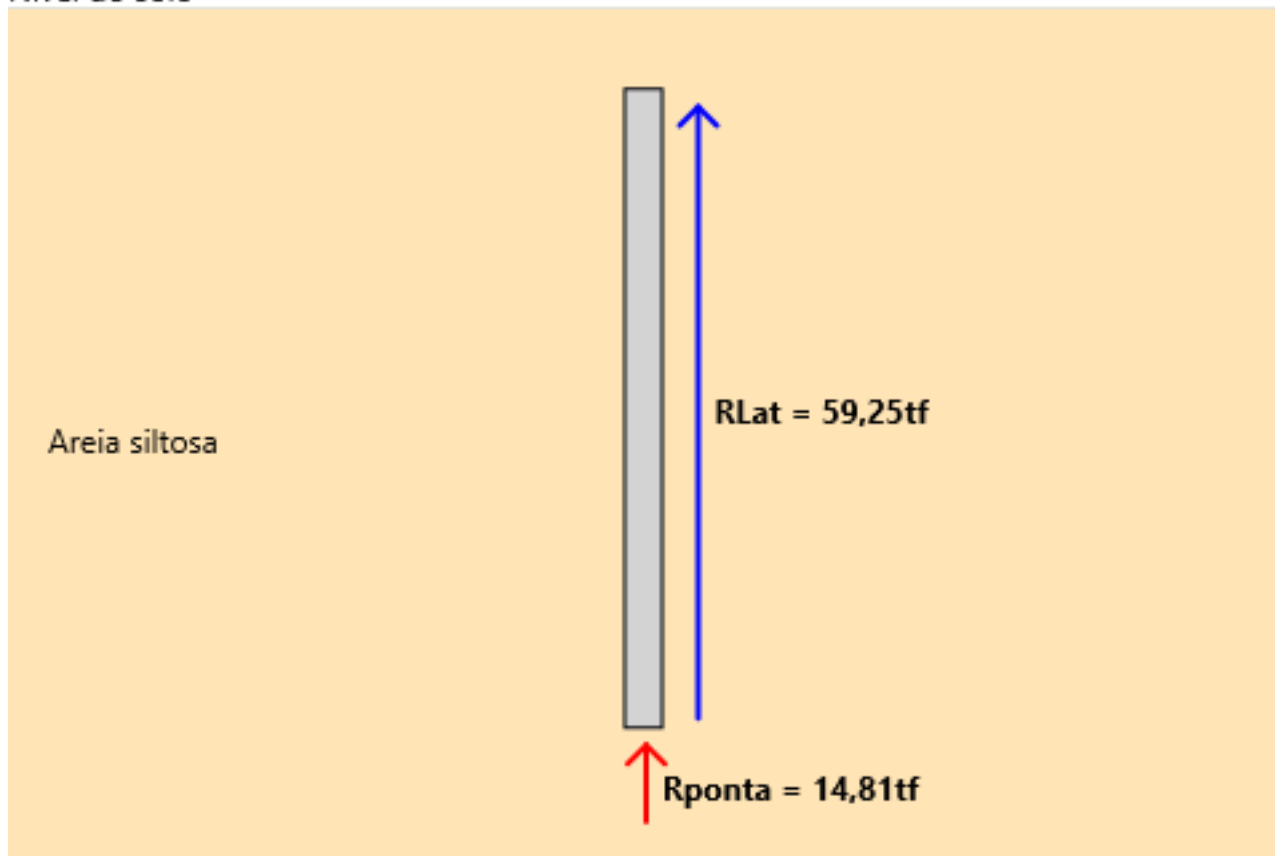
- 1) Tipo de estaca = Hélice contínua
- 2) Formato da estaca = circular
- 3) Seção da estaca = Diâmetro de 50cm
- 4) Foi desconsiderado o atrito lateral no 1º metro da estaca para determinação da resistência lateral dela
- 5) A resistência de ponta da estaca foi limitada a 25% da resistência lateral
- 6) Profundidade da estaca = 11m
- 7) Fator de segurança global = 2
- 8) Fator de segurança lateral (Décourt-Quaresma) = 1.3
- 9) Fator de segurança na ponta (Décourt-Quaresma) = 4

4 - RELATÓRIO DOS RESULTADOS OBTIDOS

4.1 - Furo de sondagem SP-01

4.1.1 - Método de Aoki-Velloso

Nível do solo



$$P_{geo} = R_{ponta} + \text{soma}(R_{lat}(\text{camada}))$$

$$P_{geo} = 14.81tf + 59.25tf$$

$$P_{geo} = 74.07tf$$

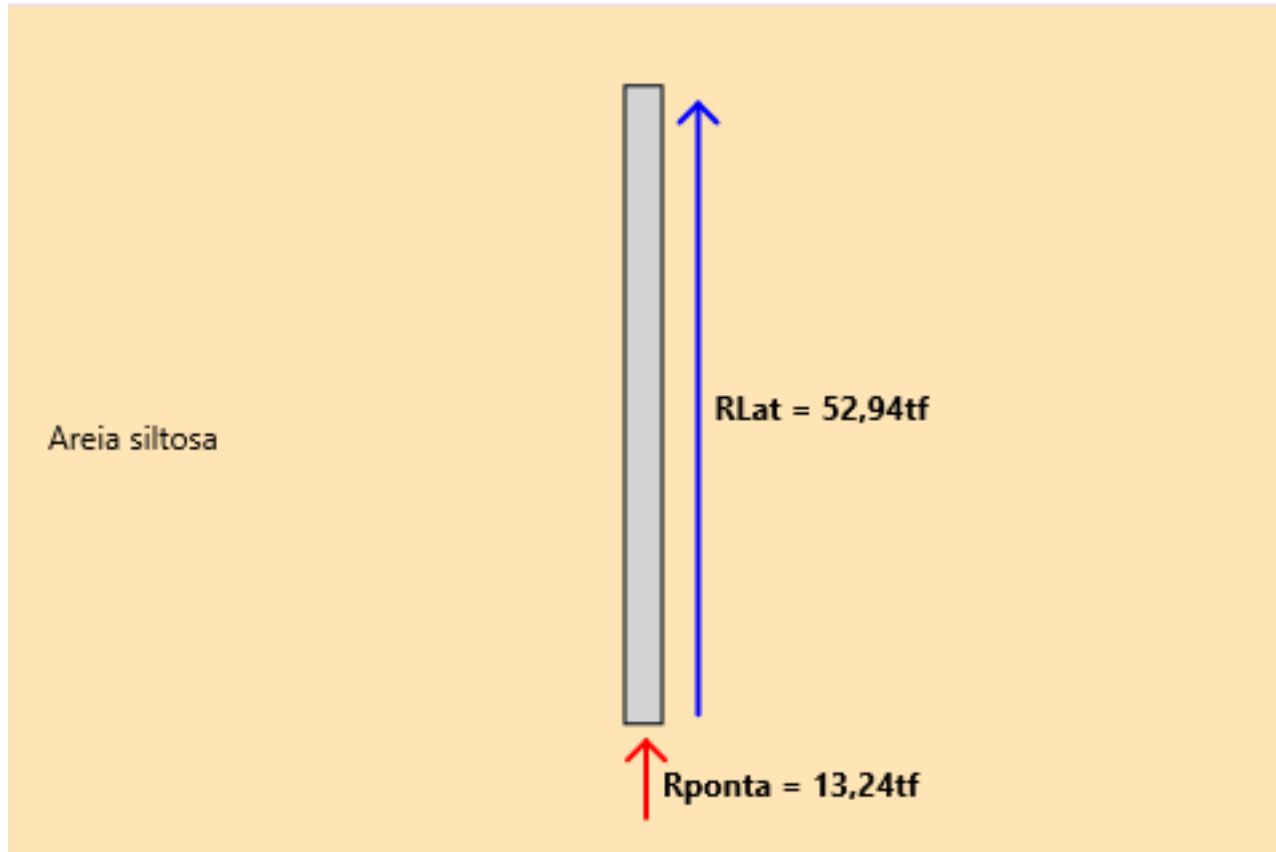
$$P_{adm} = P_{geo}/FS$$

$$P_{adm} = 74.07tf / 2.00)$$

$$\mathbf{P_{adm} = 37.03tf}$$

4.1.2 - Método de Décourt-Quaresma

Nível do solo



$$P_{geo} = R_{ponta} + \text{soma}(R_{lat}(\text{camada}))$$

$$P_{geo} = 13.24tf + 52.94tf$$

$$P_{geo} = 66.18tf$$

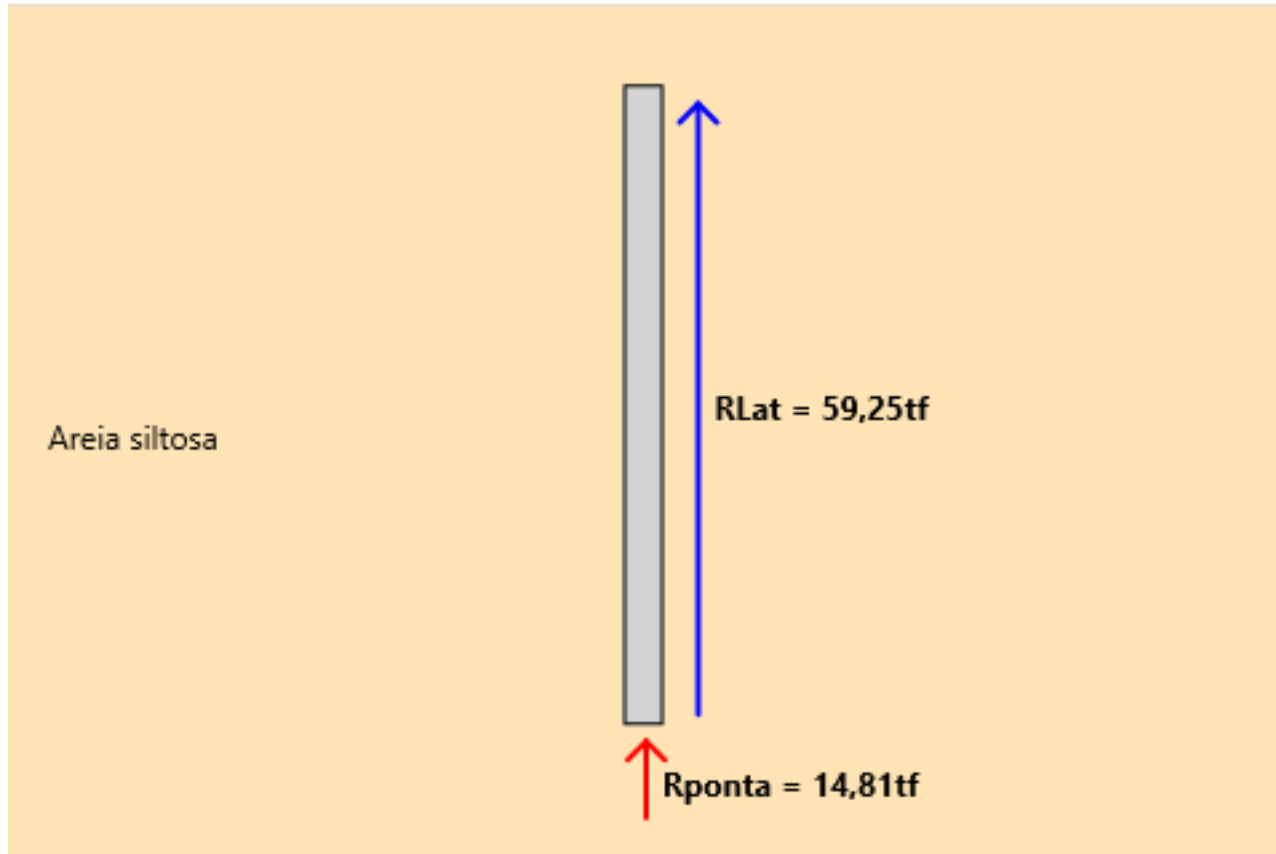
$$P_{adm} = P_{geo}/FS, R_{ponta}/FS_{ponta}(\text{Decourt}) + \text{soma}(R_{lat}(\text{camada}))/FSLat(\text{Decourt})$$

$$P_{adm} = 66.18tf / 2.00, 13.24tf / 4.00 + 52.94tf / 1.30)$$

$$\mathbf{P_{adm} = 33.09tf}$$

4.1.3 - Método de Teixeira

Nível do solo



$$P_{geo} = R_{ponta} + \text{soma}(R_{lat}(\text{camada}))$$

$$P_{geo} = 14.81tf + 59.25tf$$

$$P_{geo} = 74.07tf$$

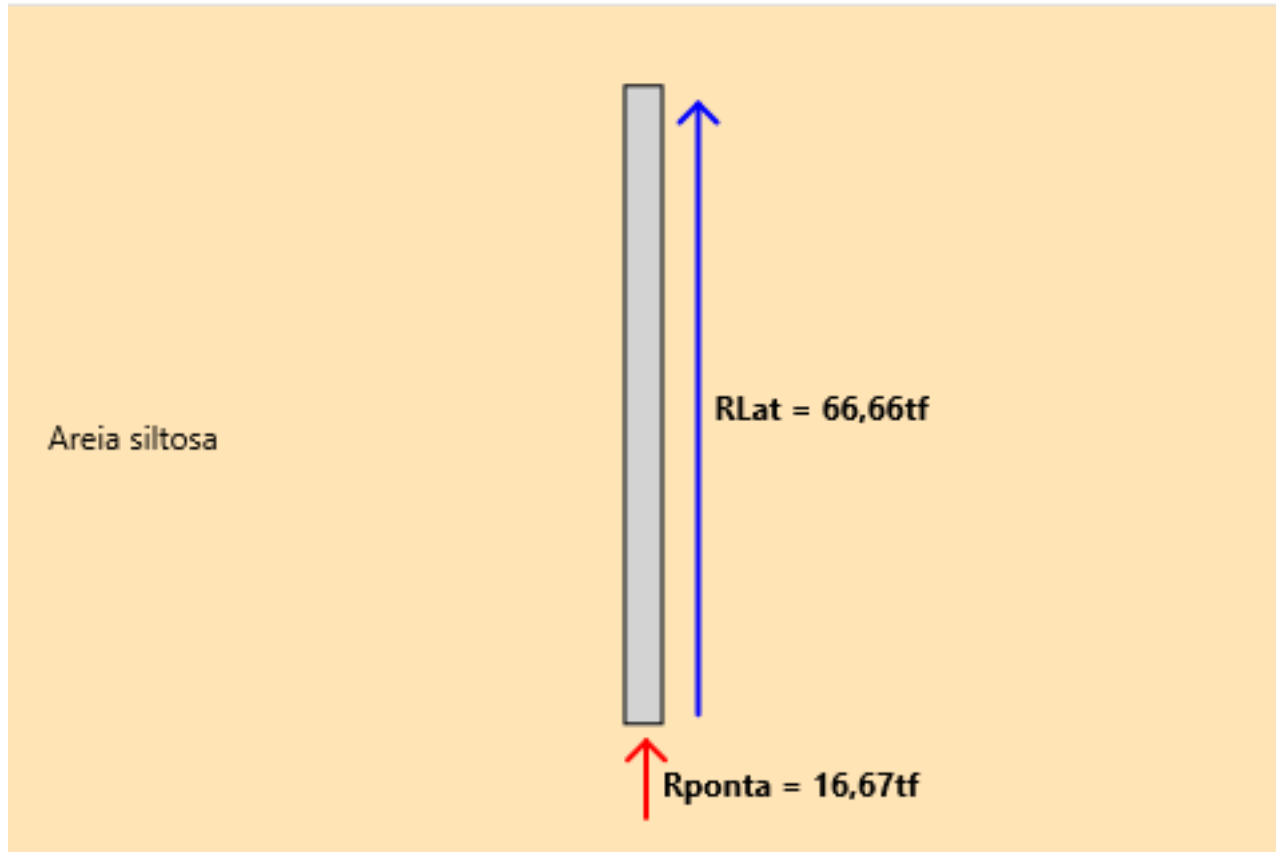
$$P_{adm} = P_{geo}/FS$$

$$P_{adm} = 74.07tf / 2.00)$$

$$\mathbf{P_{adm} = 37.03tf}$$

4.1.4 - Método de Antunes e Cabral

Nível do solo



$$P_{geo} = R_{ponta} + \text{soma}(R_{lat}(\text{camada}))$$

$$P_{geo} = 16.67tf + 66.66tf$$

$$P_{geo} = 83.33tf$$

$$P_{adm} = P_{geo}/FS$$

$$P_{adm} = 83.33tf / 2.00)$$

$$\mathbf{P_{adm} = 41.66tf}$$

4.1.5 - Resumo dos resultados

Método	Pponta(tf)	Plat(tf)	Pgeo(tf)	Padm(tf)
Aoki-Velloso	14.81	59.25	74.07	37.03
Décourt-Quaresma	13.24	52.94	66.18	33.09
Teixeira	14.81	59.25	74.07	37.03
Antunes e Cabral	16.67	66.66	83.33	41.66

Pponta = carga de ponta da estaca

Plat = carga lateral da estaca

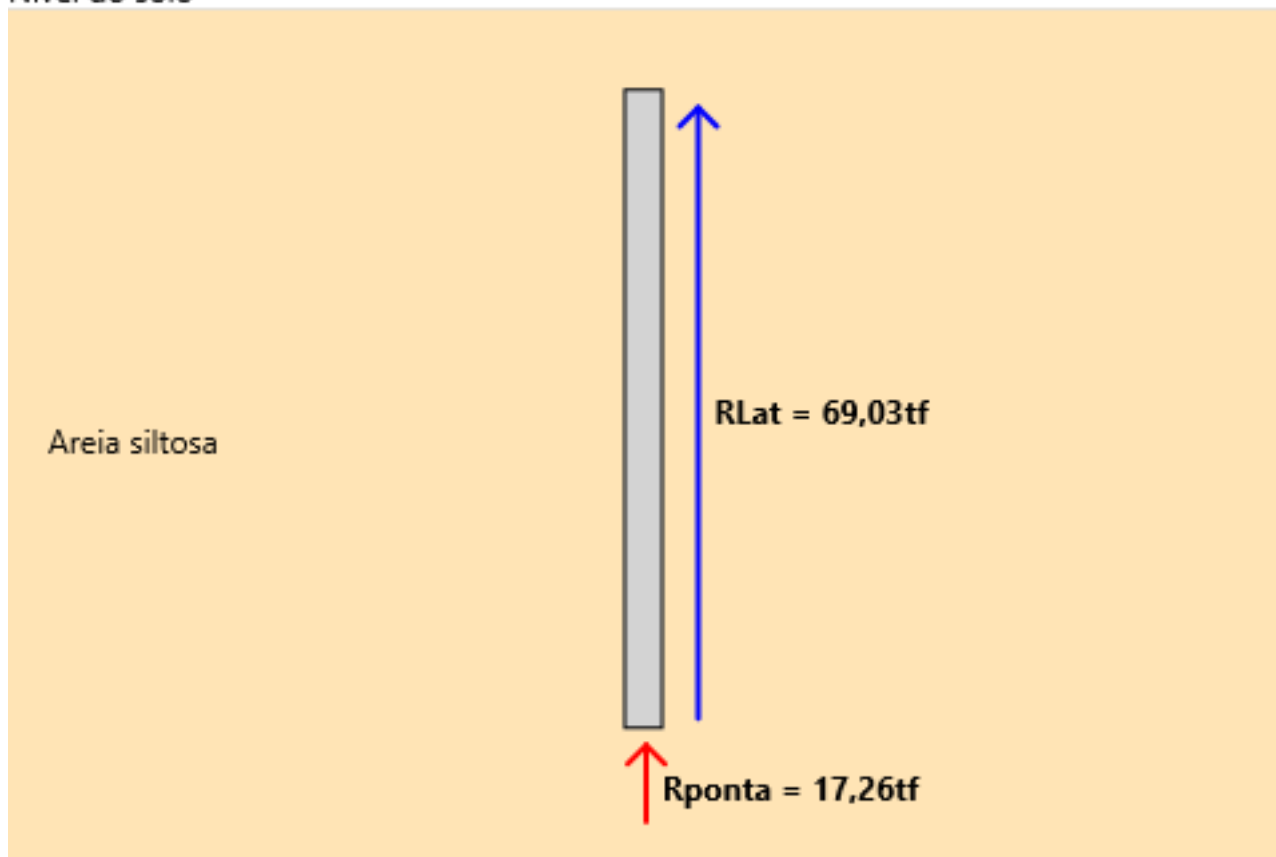
Pgeo = carga máxima geotécnica da estaca

Padm = carga admissível da estaca

4.2 - Furo de sondagem SP-02

4.2.1 - Método de Aoki-Velloso

Nível do solo



$$P_{\text{geo}} = R_{\text{ponta}} + \text{soma}(R_{\text{lat}}(\text{camada}))$$

$$P_{\text{geo}} = 17.26\text{tf} + 69.03\text{tf}$$

$$P_{\text{geo}} = 86.28\text{tf}$$

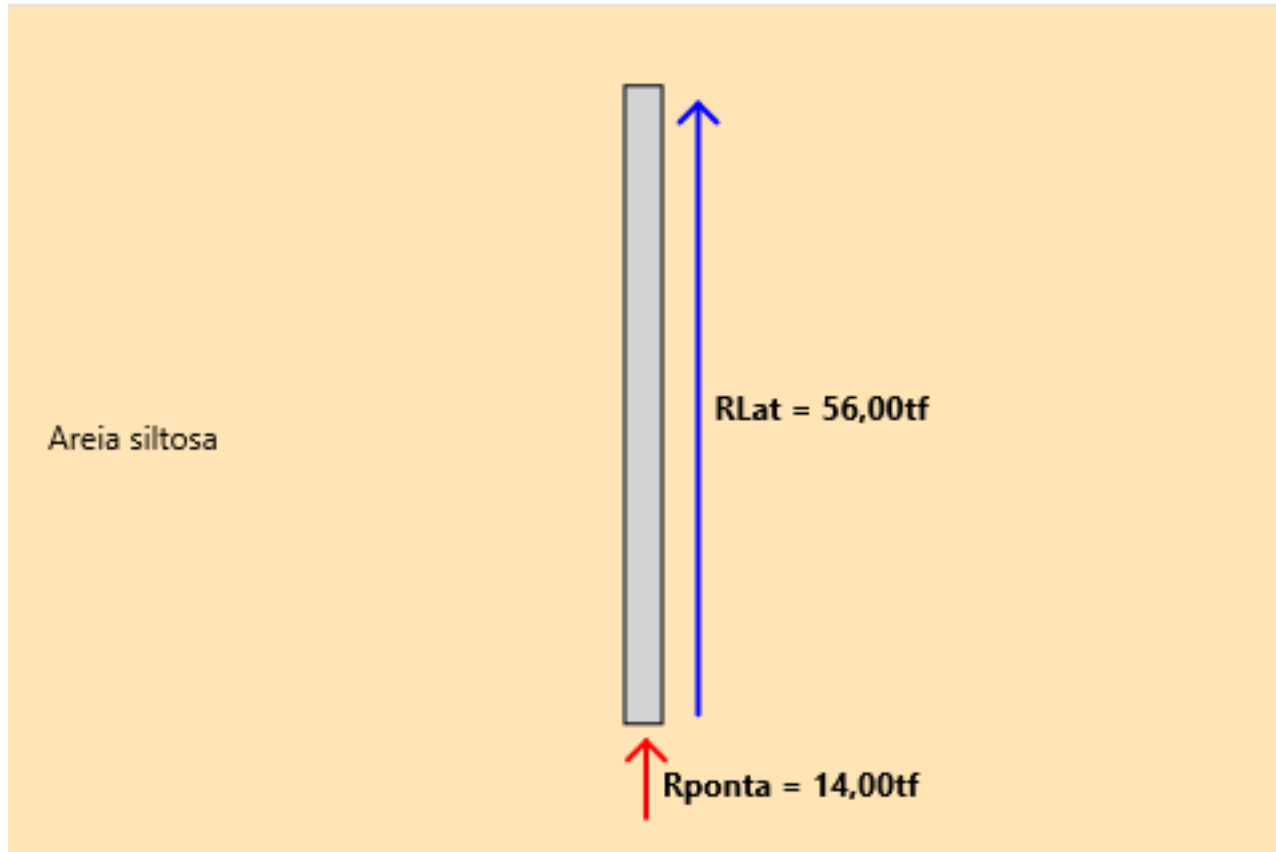
$$P_{\text{adm}} = P_{\text{geo}}/FS$$

$$P_{\text{adm}} = 86.28\text{tf} / 2.00)$$

$$\mathbf{P_{adm} = 43.14\text{tf}}$$

4.2.2 - Método de Décourt-Quaresma

Nível do solo



$$P_{geo} = R_{ponta} + \text{soma}(R_{lat}(\text{camada}))$$

$$P_{geo} = 14,00tf + 56,00tf$$

$$P_{geo} = 70,00tf$$

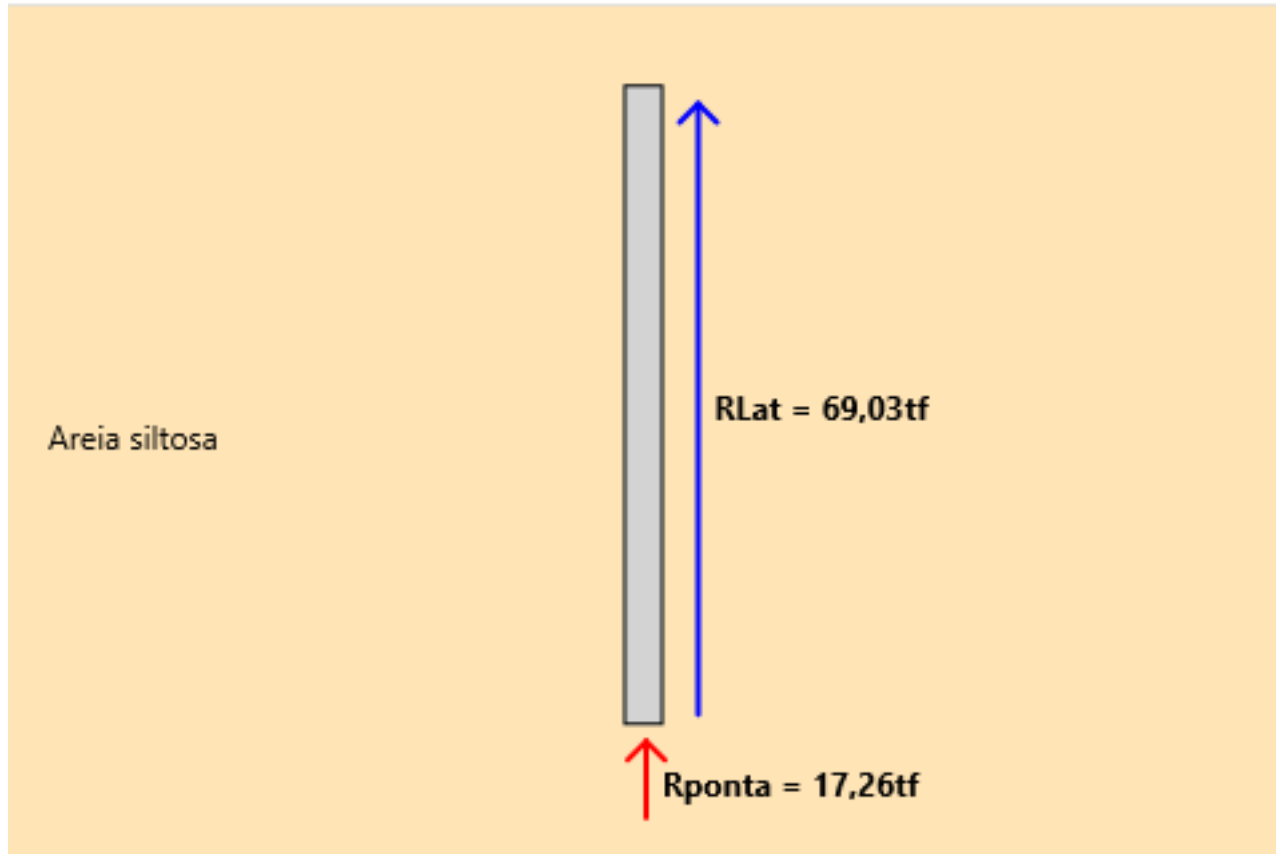
$$P_{adm} = \text{mínimo} (P_{geo}/FS, R_{ponta}/F_{Sponta}(\text{Decourt}) + \text{soma}(R_{lat}(\text{camada}))/F_{SLat}(\text{Decourt}))$$

$$P_{adm} = \text{mínimo} (70,00tf / 2,00, 14,00tf / 4,00 + 56,00tf / 1,30)$$

$$\mathbf{P_{adm} = 35,00tf}$$

4.2.3 - Método de Teixeira

Nível do solo



$$P_{geo} = R_{ponta} + \text{soma}(R_{lat}(\text{camada}))$$

$$P_{geo} = 17.26tf + 69.03tf$$

$$P_{geo} = 86.28tf$$

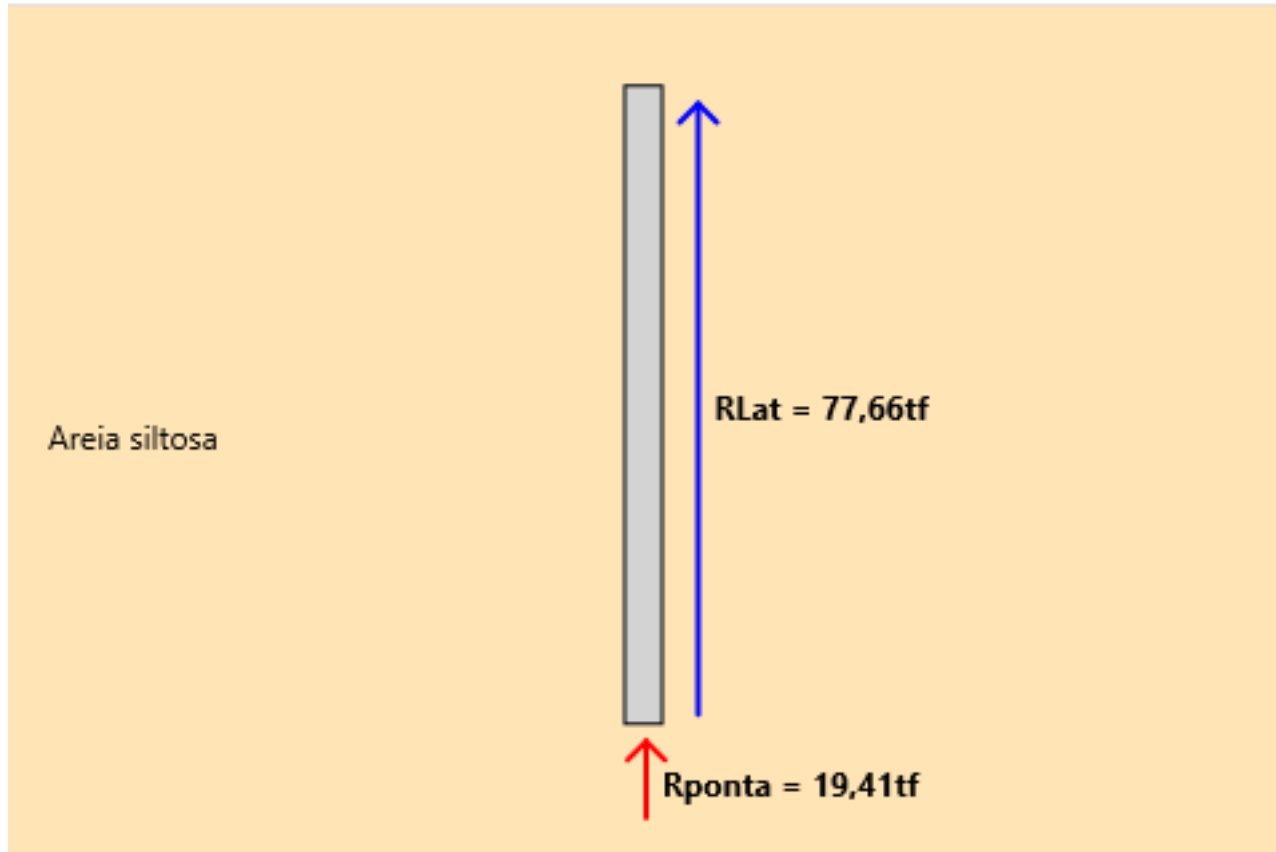
$$P_{adm} = P_{geo}/FS$$

$$P_{adm} = 86.28tf / 2.00)$$

$$\mathbf{P_{adm} = 43.14tf}$$

4.2.4 - Método de Antunes e Cabral

Nível do solo



$$P_{geo} = R_{ponta} + \text{soma}(R_{lat}(\text{camada}))$$

$$P_{geo} = 19.41\text{tf} + 77.66\text{tf}$$

$$P_{geo} = 97.07\text{tf}$$

$$P_{adm} = P_{geo}/FS$$

$$P_{adm} = 97.07\text{tf} / 2.00)$$

$$\mathbf{P_{adm} = 48.54\text{tf}}$$

4.2.5 - Resumo dos resultados

Método	Pponta(tf)	Plat(tf)	Pgeo(tf)	Padm(tf)
Aoki-Velloso	17.26	69.03	86.28	43.14
Décourt-Quaresma	14.00	56.00	70.00	35.00
Teixeira	17.26	69.03	86.28	43.14
Antunes e Cabral	19.41	77.66	97.07	48.54

Pponta = carga de ponta da estaca

Plat = carga lateral da estaca

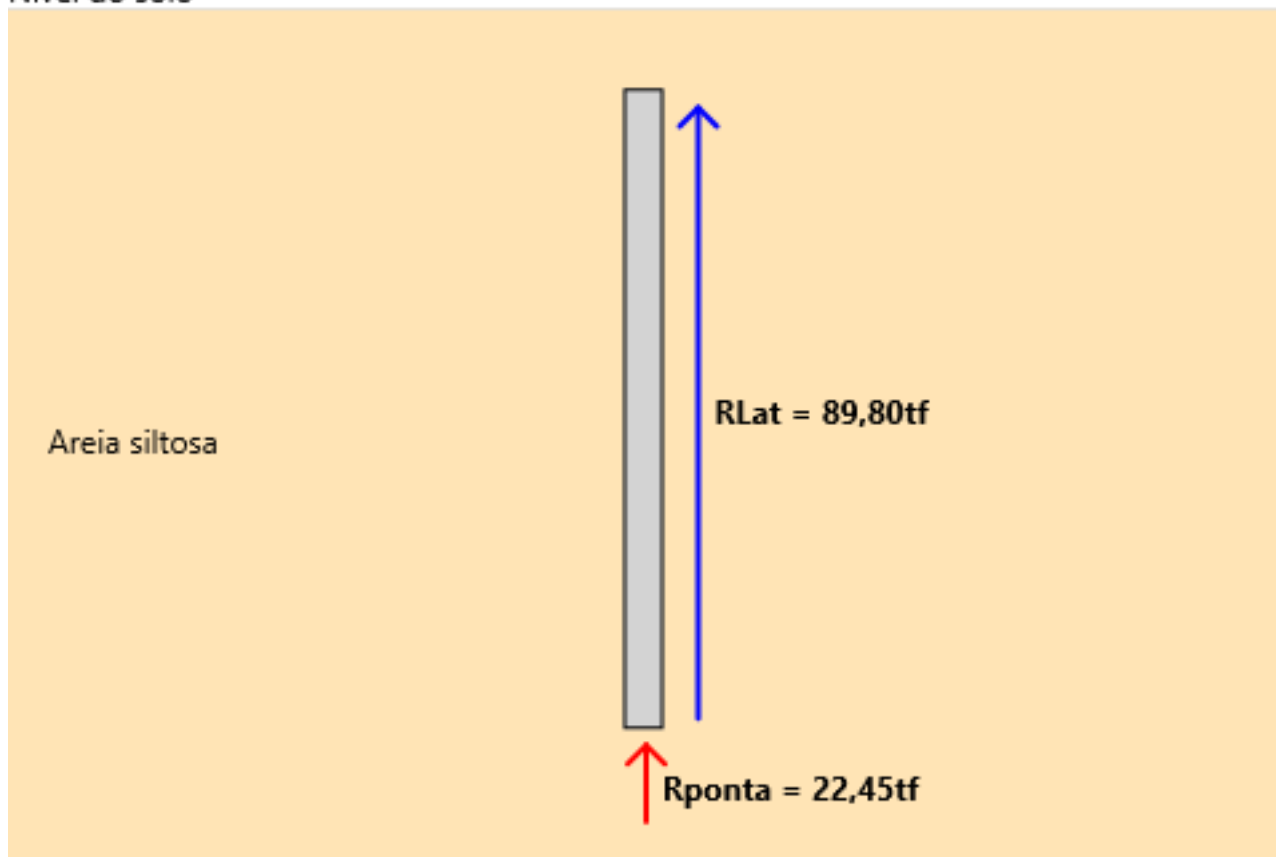
Pgeo = carga máxima geotécnica da estaca

Padm = carga admissível da estaca

4.3 - Furo de sondagem SP-03

4.3.1 - Método de Aoki-Velloso

Nível do solo



$$P_{geo} = R_{ponta} + \text{soma}(R_{lat}(\text{camada}))$$

$$P_{geo} = 22.45tf + 89.80tf$$

$$P_{geo} = 112.25tf$$

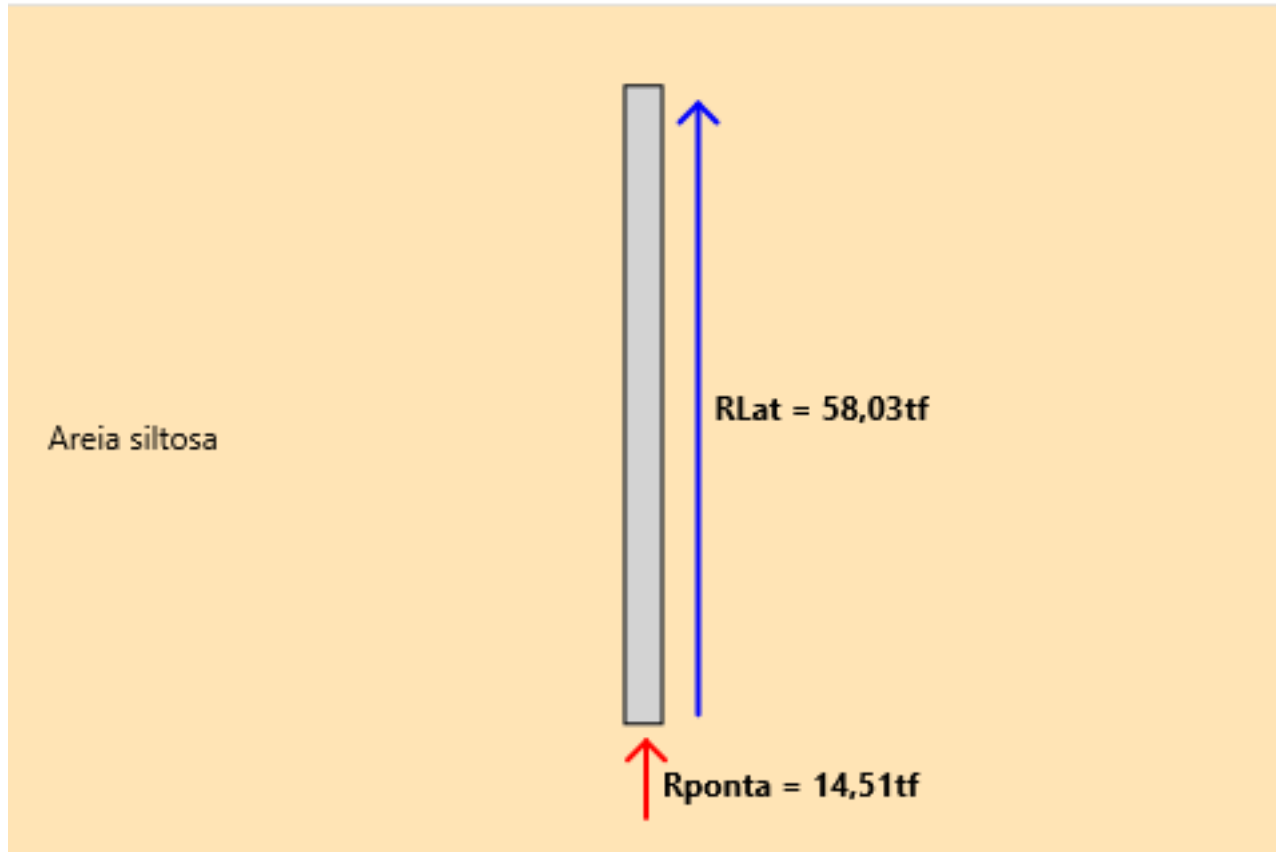
$$P_{adm} = P_{geo}/FS$$

$$P_{adm} = 112.25tf / 2.00)$$

$$\mathbf{P_{adm} = 56.12tf}$$

4.3.2 - Método de Décourt-Quaresma

Nível do solo



$$P_{geo} = R_{ponta} + \text{soma}(R_{lat}(\text{camada}))$$

$$P_{geo} = 14.51tf + 58.03tf$$

$$P_{geo} = 72.54tf$$

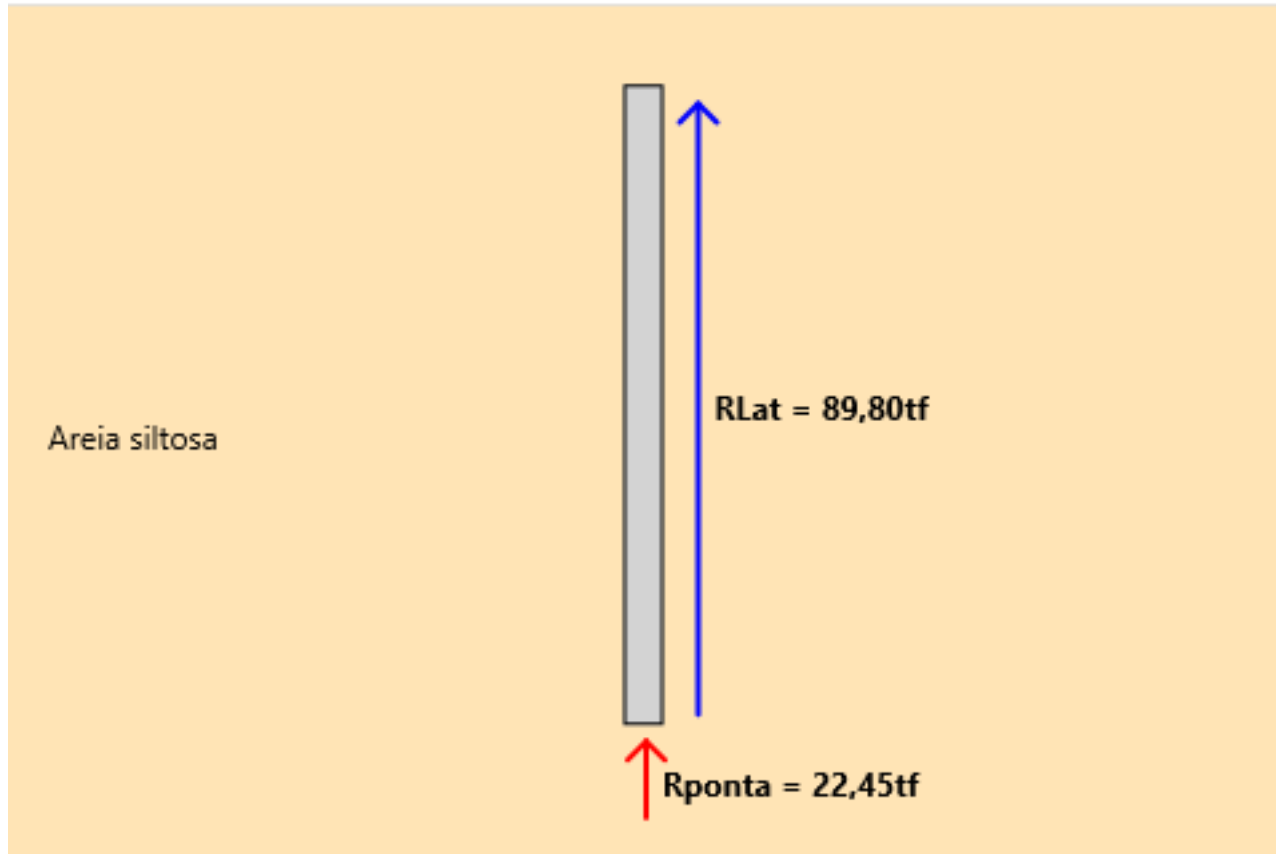
$$P_{adm} = \text{mínimo} (P_{geo}/FS, R_{ponta}/F_{Sponta}(\text{Decourt}) + \text{soma}(R_{lat}(\text{camada}))/F_{SLat}(\text{Decourt}))$$

$$P_{adm} = \text{mínimo} (72.54tf / 2.00, 14.51tf / 4.00 + 58.03tf / 1.30)$$

$$\mathbf{P_{adm} = 36.27tf}$$

4.3.3 - Método de Teixeira

Nível do solo



$$P_{geo} = R_{ponta} + \text{soma}(R_{lat}(\text{camada}))$$

$$P_{geo} = 22.45tf + 89.80tf$$

$$P_{geo} = 112.25tf$$

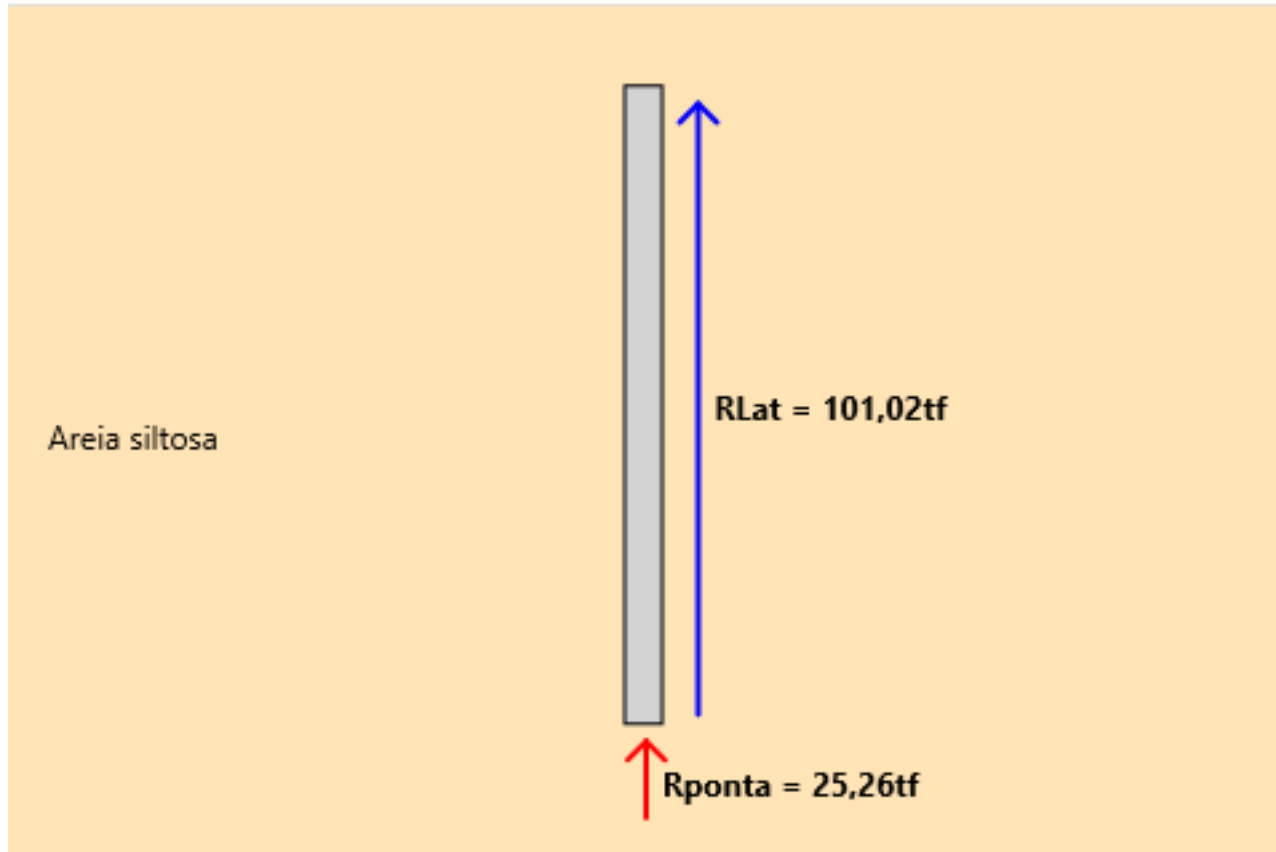
$$P_{adm} = P_{geo}/FS$$

$$P_{adm} = 112.25tf / 2.00)$$

$$\mathbf{P_{adm} = 56.12tf}$$

4.3.4 - Método de Antunes e Cabral

Nível do solo



$$P_{geo} = R_{ponta} + \text{soma}(R_{lat}(\text{camada}))$$

$$P_{geo} = 25.26\text{tf} + 101.02\text{tf}$$

$$P_{geo} = 126.28\text{tf}$$

$$P_{adm} = P_{geo}/FS$$

$$P_{adm} = 126.28\text{tf} / 2.00)$$

$$\mathbf{P_{adm} = 63.14\text{tf}}$$

4.3.5 - Resumo dos resultados

Método	P _{ponta} (tf)	P _{lat} (tf)	P _{geo} (tf)	P _{adm} (tf)
Aoki-Velloso	22.45	89.80	112.25	56.12
Décourt-Quaresma	14.51	58.03	72.54	36.27
Teixeira	22.45	89.80	112.25	56.12
Antunes e Cabral	25.26	101.02	126.28	63.14

P_{ponta} = carga de ponta da estaca

P_{lat} = carga lateral da estaca

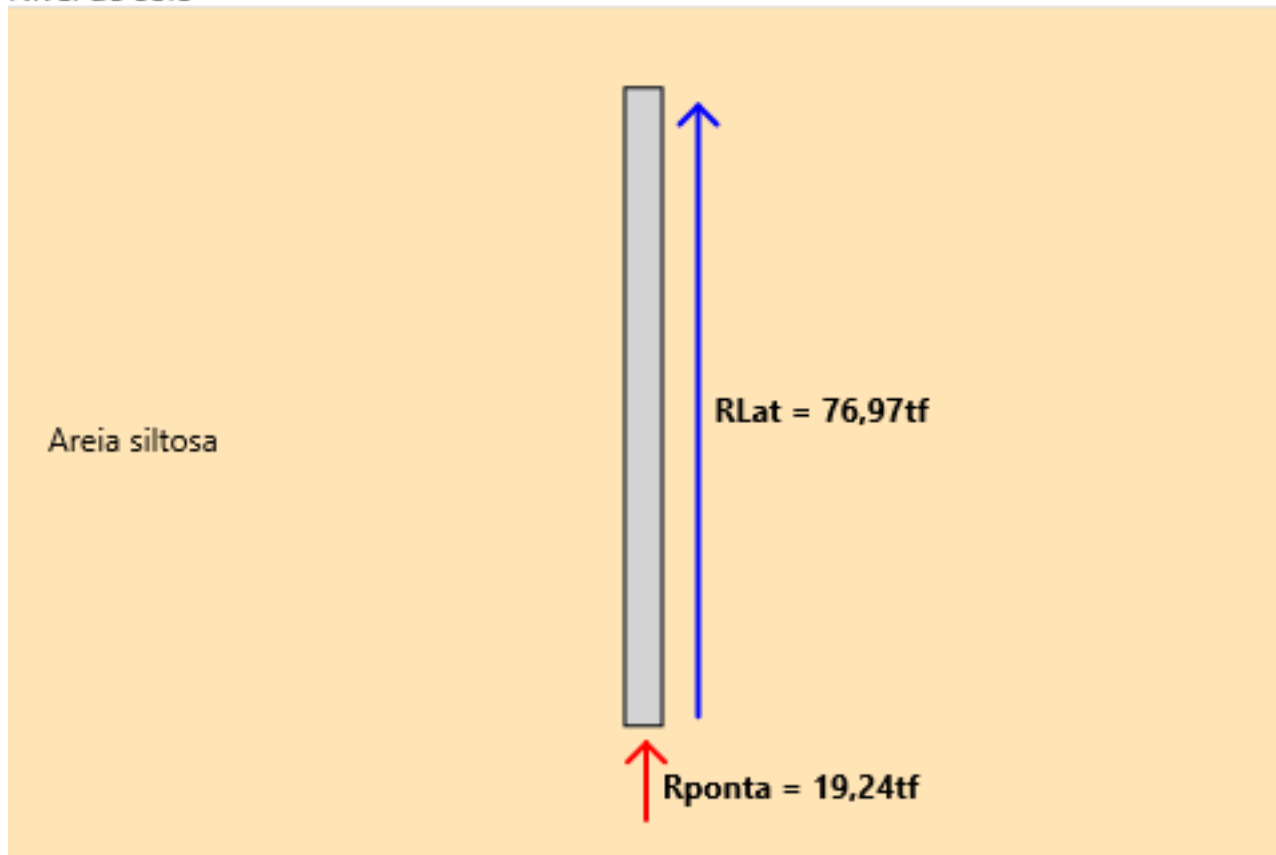
P_{geo} = carga máxima geotécnica da estaca

P_{adm} = carga admissível da estaca

4.4 - Furo de sondagem SP-04

4.4.1 - Método de Aoki-Velloso

Nível do solo



$$P_{geo} = R_{ponta} + \text{soma}(R_{lat}(\text{camada}))$$

$$P_{geo} = 19.24tf + 76.97tf$$

$$P_{geo} = 96.21tf$$

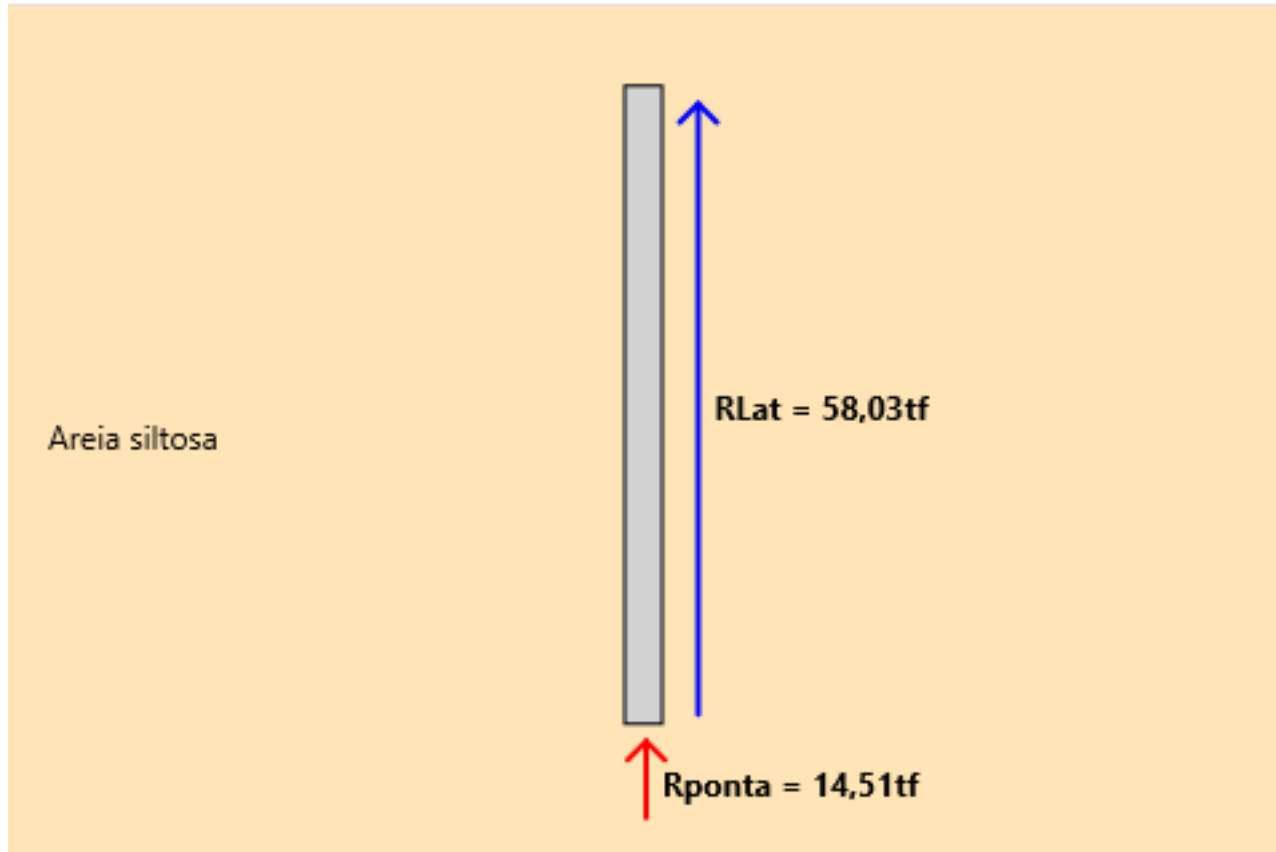
$$P_{adm} = P_{geo}/FS$$

$$P_{adm} = 96.21tf / 2.00)$$

$$\mathbf{P_{adm} = 48.11tf}$$

4.4.2 - Método de Décourt-Quaresma

Nível do solo



$$P_{\text{geo}} = R_{\text{ponta}} + \text{soma}(R_{\text{lat}}(\text{camada}))$$

$$P_{\text{geo}} = 14.51\text{tf} + 58.03\text{tf}$$

$$P_{\text{geo}} = 72.54\text{tf}$$

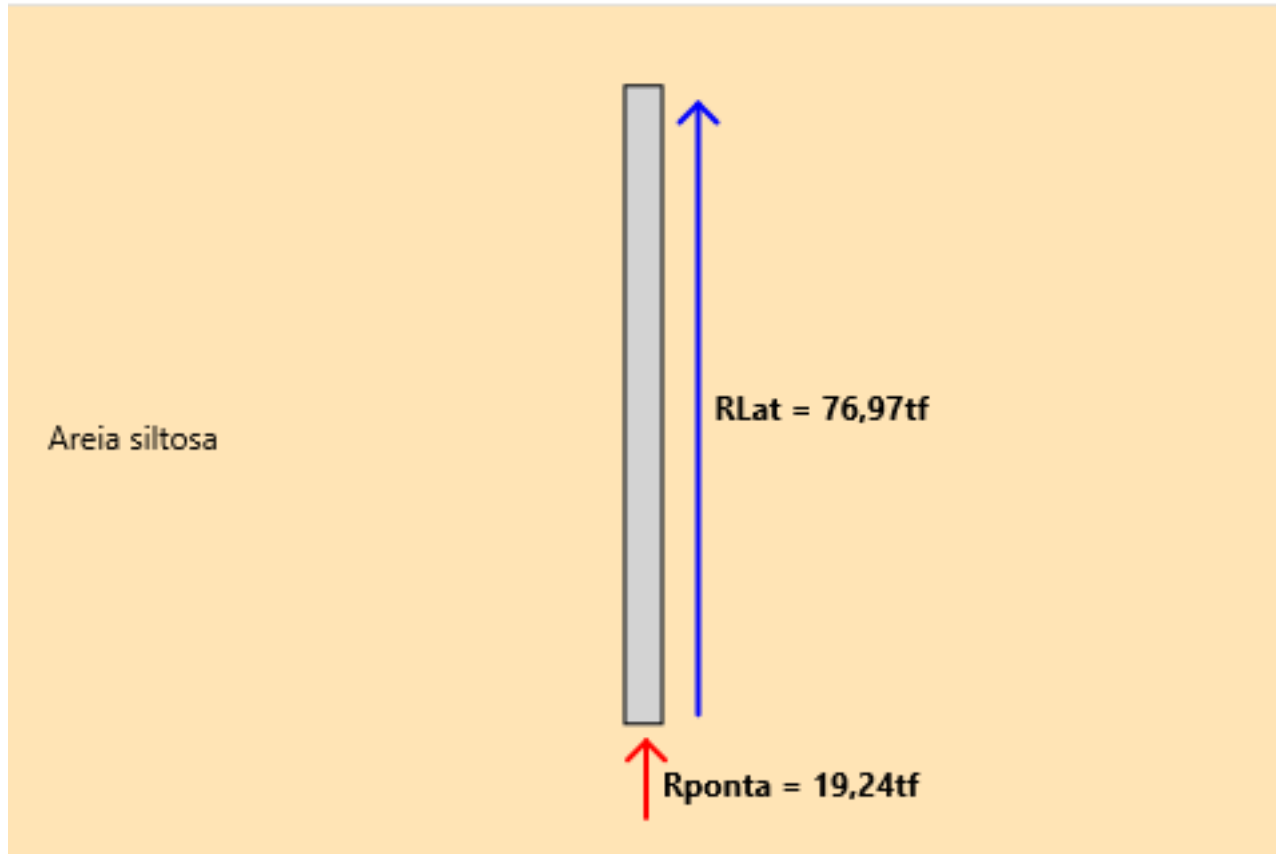
$$P_{\text{adm}} = \text{mínimo} (P_{\text{geo}}/FS, R_{\text{ponta}}/FS_{\text{ponta}}(\text{Decourt}) + \text{soma}(R_{\text{lat}}(\text{camada}))/FSL_{\text{at}}(\text{Decourt}))$$

$$P_{\text{adm}} = \text{mínimo} (72.54\text{tf} / 2.00, 14.51\text{tf} / 4.00 + 58.03\text{tf} / 1.30)$$

$$\mathbf{P_{adm} = 36.27\text{tf}}$$

4.4.3 - Método de Teixeira

Nível do solo



$$P_{geo} = R_{ponta} + \text{soma}(R_{lat}(\text{camada}))$$

$$P_{geo} = 19.24tf + 76.97tf$$

$$P_{geo} = 96.21tf$$

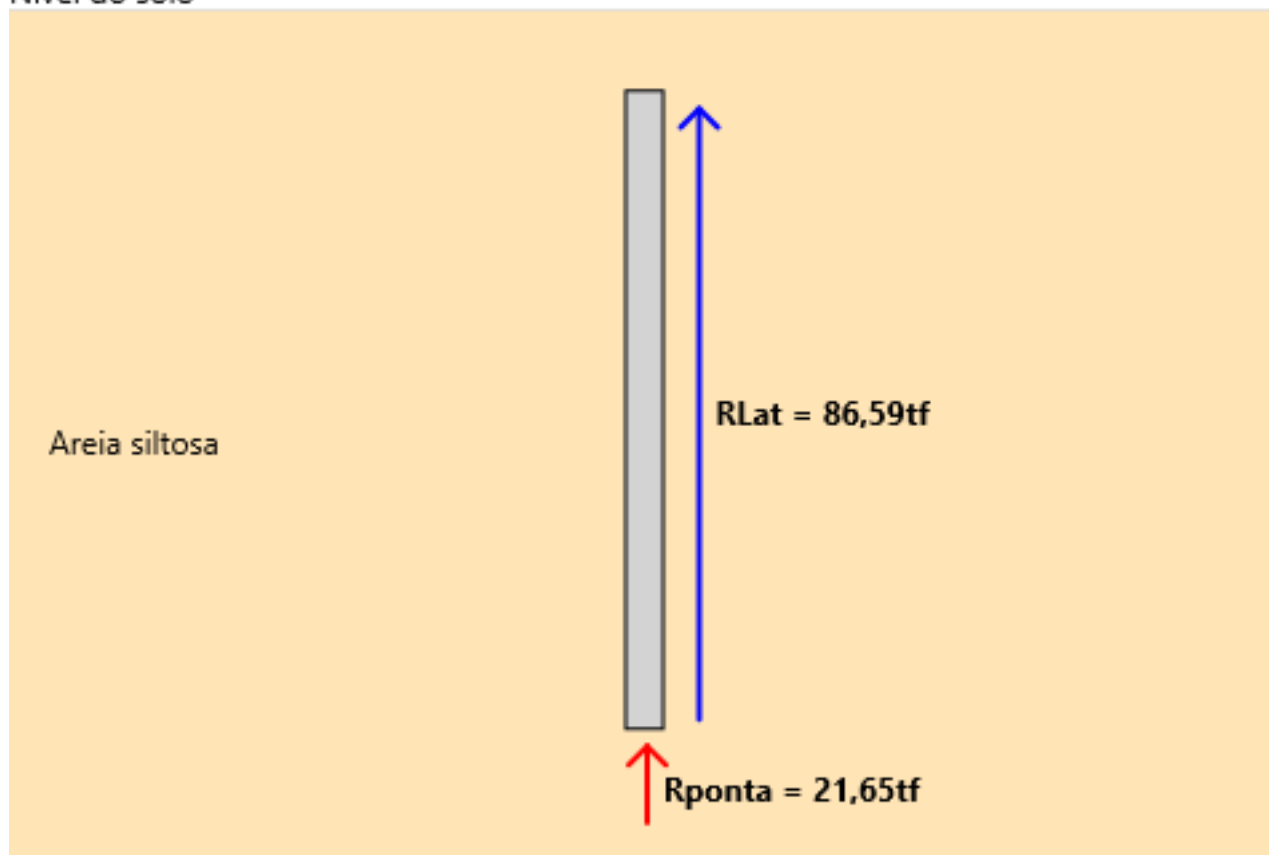
$$P_{adm} = P_{geo}/FS$$

$$P_{adm} = 96.21tf / 2.00)$$

$$\mathbf{P_{adm} = 48.11tf}$$

4.4.4 - Método de Antunes e Cabral

Nível do solo



$$P_{geo} = R_{ponta} + \text{soma}(R_{lat}(\text{camada}))$$

$$P_{geo} = 21.65tf + 86.59tf$$

$$P_{geo} = 108.24tf$$

$$P_{adm} = P_{geo}/FS$$

$$P_{adm} = 108.24tf / 2.00)$$

$$\mathbf{P_{adm} = 54.12tf}$$

4.4.5 - Resumo dos resultados

Método	P _{ponta} (tf)	P _{lat} (tf)	P _{geo} (tf)	P _{adm} (tf)
Aoki-Velloso	19.24	76.97	96.21	48.11
Décourt-Quaresma	14.51	58.03	72.54	36.27
Teixeira	19.24	76.97	96.21	48.11
Antunes e Cabral	21.65	86.59	108.24	54.12

P_{ponta} = carga de ponta da estaca

P_{lat} = carga lateral da estaca

P_{geo} = carga máxima geotécnica da estaca

P_{adm} = carga admissível da estaca

5 - MENORES CARGAS ADMISSÍVEIS (P_{adm}) OBTIDAS

Método	Furo SPT	P _{geo} (tf)	P _{adm} (tf)
Aoki-Velloso	SP-01	74.07	37.03
Décourt-Quaresma	SP-01	66.18	33.09
Teixeira	SP-01	74.07	37.03
Antunes e Cabral	SP-01	83.33	41.66

Furo SPT = furo de sondagem no qual é obtido o menor valor de carga admissível da estaca

P_{geo} = carga máxima geotécnica da estaca

P_{adm} = carga admissível da estaca