

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**

**ESCOLA DE ENGENHARIA**

**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

Luis Santiago Ramos Junior

**DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURA DE CONTENÇÃO COM  
ESTACAS JUSTAPOSTAS NA AVENIDA SILVA PAES EM PORTO  
ALEGRE**

Porto Alegre

Abril 2023

**LUIS SANTIAGO RAMOS JUNIOR**

**DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURA DE CONTENÇÃO COM ESTACAS  
JUSTAPOSTAS NA AVENIDA SILVA PAES EM PORTO ALEGRE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil  
da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção  
do título de Engenheiro Civil

Orientador: Prof. Dr. Cesar Alberto Ruver

Porto Alegre  
Abril 2023

-----  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**

Reitor: Prof. Dr. Carlos André Bulhões Mendes

Vice-Reitora: Patricia Pranke

**ESCOLA DE ENGENHARIA**

Diretora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Carla Schwengber ten Caten

Vice-Diretor: Prof. Dr. Afonso Reguly

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Chefe: Prof. PhD Lélío Antonio Teixeira Brito

Chefe substituto: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Luciani Somensi Lorenzi

**COMISSÃO DE GRADUAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

Coordenador: Prof. Dr. Enio Carlos Mesacasa Júnior

Coordenador Substituto: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vanessa Fátima Pasa Dutra

**CIP - Catalogação na Publicação**

RAMOS JUNIOR, LUIS SANTIAGO  
DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURA DE CONTENÇÃO COM  
ESTACAS JUSTAPOSTAS NA AVENIDA SILVA PAES EM PORTO  
ALEGRE / LUIS SANTIAGO RAMOS JUNIOR. -- 2023.  
82 f.  
Orientador: Cesar Alberto Ruver.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de  
Engenharia, Curso de Engenharia Civil, Porto Alegre,  
BR-RS, 2023.

1. Dimensionamento Geotécnico. 2. Dimensionamento  
Estrutural. 3. Estacas Justapostas. 4. Estrutura de  
Contenção. I. Ruver, Cesar Alberto, orient. II.  
Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Escola de Engenharia

Departamento de Engenharia Civil

Praça Argentina, 09 - Centro Histórico

Porto Alegre, RS, Brasil - CEP 90040-020

Telefone: (51) 3308-4240

E-mail: [chefia.deciv@ufrgs.br](mailto:chefia.deciv@ufrgs.br)

Luis Santiago Ramos Junior

**DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURA DE CONTENÇÃO COM ESTACAS  
JUSTAPOSTAS NA AVENIDA SILVA PAES EM PORTO ALEGRE**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pelo/a Professor/a Orientador/a e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, abril de 2023.

Banca Examinadora:

---

**Prof. Dr.Cesar Alberto Ruver (orientador) - UFRGS**

---

**Profª. Drª.Wai Ying Yuk Gehling -UFRGS**

---

**Me.João Júlio Klusener - Vice-Superintendência de Projetos e de Obras da SUINFRA**

Dedico aos meus avós, pais e amigos que de alguma  
forma sempre me auxiliaram nessa caminhada.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus Avós Adão e Celina que sempre me incentivaram a estudar e me ensinaram a agradecer as coisas boas que a vida nos dá e aprender com as dificuldades.

Aos meus pais Sandra Mara e Luis Santiago pelas oportunidades que me foram dadas e ensinamentos que fortalecem meu caráter.

As minhas Irmãs Patrícia e Maria Isabel por serem os melhores presentes que meus pais poderiam me dar.

Aos meus tios Manoela e Nelson por me receberem e abrirem portas para o conhecimento e experiencia que adquire nesse período da graduação, sem eles esse sonho estaria pouco mais distante.

A todas as amizades que cultivei durante os anos de graduação pelo apoio e orientação, Sames, Michele, Lucas, Lara, Matheus que me apoiaram e me ajudaram a crescer em diversos momentos.

Ao Professor Cesar Alberto Ruver, pelos ensinamentos, ideias, paciência e o apoio durante a elaboração deste trabalho assim como a inspiração por querer aprender mais sobre conteúdo.

Agradeço a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, por todas as oportunidades que me foram ofertadas e principalmente aos setores em que fui bolsista por me apoiarem nos momentos mais complicados da graduação.

“É por isso que as histórias nos atraem, elas nos dão a clareza e a simplicidade que faltam à vida real.”

*Kvothe*

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma segunda opção de projeto de execução de estrutura de contenção, utilizando estacas justapostas do tipo hélice contínua na duplicação do trecho 02, da Avenida Silva Paes (conhecida como “Avenida Tronco”), Bairro Cruzeiro, Porto Alegre/RS. O local apresenta desnível de aproximadamente 5 m. O projeto original, que está sendo implantado, trata-se de uma contenção em muro de arrimo em concreto armado. Desta forma, considerando os volumes de corte e de aterro demandados, o prazo executivo e preço da solução adotada, teve-se o intuito de identificar alternativas viáveis de acordo com as condições da região. Considerando-se as informações do solo e influência que a estrutura representa. Foi elaborado o dimensionamento da estrutura de contenção (geotécnico e estrutural) onde foi apresentada uma análise da estabilidade, os cálculos dos esforços e os preços da execução.

A execução da duplicação da Av. Tronco é de fundamental importância devido ao fato de ela se estender por cerca de 7 km, ligando bairros da zona sul como Medianeira e Cristal, cujos benefícios incluem melhoria de tráfego na região de trânsito da região, reduzindo o deslocamento entre a zona sul e norte de Porto Alegre. Sua duplicação promove melhoria no transporte público, pois proporciona aumento de circulação de ônibus pela região. É fator de estímulo comercial, valorização imobiliária e de espaços públicos de lazer para uma região que carece de investimentos.

**Palavras-chave:** Contenção. Cortina de Estacas Justapostas. Dimensionamento Geotécnico e Estrutural.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização obra da Avenida Tronco (-30.06972, -51.21213).....	14
Figura 2- Localização da contenção a ser executada. ....	15
Figura 3 - Limpeza terreno fevereiro/2022.....	15
Figura 4- Início da execução do muro de arrimo dezembro/2022.....	16
Figura 5- NBR 6118-2014.....	20
Figura 6 - NBR 6122 (ABNT, 2019).....	21
Figura 7- Método de Blum para paredes em balanço com ficha mínima (Falconi et al, 2019) .....	24
Figura 8- Tensões ativas e passivas.....	25
Figura 9 - Diagrama de tensões (Método de Blum).....	26
Figura 10 – Equilíbrio de momentos, Empuxos ativos e passivos e seus respectivos braços de alavanca.....	27
Figura 11 - Execução Hélice contínua (Geofix fundações).....	37
Figura 12 - Arrasamento das estacas. ....	39
Figura 13 - Execução viga de coroamento.....	39
Figura 14 - Escavação do terreno.....	39
Figura 15 - Influência dos serviços e materiais da estaca justaposta.....	41
Figura 16- Influência dos serviços e materiais do muro de arrimo.....	44
Figura 17 - Principais itens da cortina de estaca justaposta e muro de arrimo.....	45

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Altura (h) do trecho da estaca em balanço.....	17
Tabela 2- Ângulo de atrito do solo .....	19
Tabela 3- Ângulo de Atrito médio .....	19
Tabela 4- Identificação do solo (Joppert Junior, 2007) .....	19
Tabela 5- Parâmetros médios adotados para o solo .....	19
Tabela 6 – Carregamento da estrutura. ....	21
Tabela 7- Parâmetro do solo .....	25
Tabela 8 - Tensões das estacas.....	26
Tabela 9 – Profundidade do ponto de rotação .....	27
Tabela 10 - Determinação da ficha .....	28
Tabela 11 - Ficha de projeto com fator de segurança 20% (metros) .....	29
Tabela 12 - Comprimento das estacas (metros).....	29
Tabela 13 - Tensões horizontais .....	30
Tabela 14 - Cálculo das solicitações.....	31
Tabela 15 - Dimensionamento da armadura longitudinal por estaca.....	33
Tabela 16 - Armadura longitudinal principal.....	33
Tabela 17 - Detalhamento dos preços da estaca justaposta .....	40
Tabela 18 – Quantitativos de itens.....	42
Tabela 19 - Detalhamento dos preços do muro de arrimo em concreto armado .....	43

## Sumário

1.	INTRODUÇÃO .....	12
2.	OBJETIVO .....	13
3.	CARACTERISTICAS DO TERRENO .....	14
4.	METODOLOGIA .....	17
5.	PARÂMETROS DO SOLO.....	18
5.1	ÂNGULO DE ATRITO .....	18
6.	CARACTERISTICAS DO PROJETO: .....	20
6.1	CARREGAMENTO .....	21
6.2	DETERMINAÇÃO DOS EMPUXOS - TEORIA DE RANKINE (1857) .....	21
7.	CÁLCULO DO EQUILÍBIO - MÉTODO BLUM .....	24
8.	DIMENSIONAMENTO GEOTÉCNICO.....	25
9.	DIMENSIONAMENTO DAS ARMADURAS .....	31
9.1	SOLICITAÇÕES .....	31
9.2	ARMADURA LONGITUDINAL .....	31
9.3	ARMADURA TRANSVERSAL.....	34
10.	ARMADURA DA VIGA DE LIGAÇÃO.....	35
11.	PROCEDIMENTO EXECUTIVO.....	36
12.	SEQUENCIA EXECUTIVA .....	38
13.	ELABORAÇÃO ORÇAMENTO .....	40
13.1	ORÇAMENTO CORTINA DE ESTACA JUSTAPOSTA .....	40
13.2	ORÇAMENTO MURO DE ARRIMO EM CONCRETO ARMADO .....	42
14.	ANALISE DOS RESULTADOS.....	45
15.	CONCLUSÃO .....	46
	REFERENCIAS.....	47
	ANEXO e APENDICE .....	48
	APÊNDICE A .....	49
	APÊNDICE B .....	59
	APÊNDICE C .....	69
	ANEXO A.....	80

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com o desenvolvimento da sociedade e o aumento populacional nas grandes cidades decorre a necessidade de expansão para regiões de topografia acidentadas, que apresentam aclives de grande proporção; devido a isso são necessárias diversas soluções de estrutura de contenção para garantir a segurança da população e otimização do espaço disponível para a construção de edifícios, shoppings, centros comerciais e infraestrutura urbana.

Frente a estas condições são apresentados diversos modelos de estrutura de contenção que podem ser executadas de acordo com os procedimentos técnicos mais viáveis economicamente e que atendam às condições do local onde será executada a obra, algumas das opções são: muro de gravidade, estacas justapostas, parede diafragma atirantada e grampeamento de solo.

## **2. OBJETIVO**

O presente trabalho tem como objetivo elaborar um projeto de dimensionamento de uma estrutura de contenção em estacas justapostas, com uso de hélice contínua, na duplicação do trecho 02, da Avenida Silva Paes (chamada de “Avenida Tronco”), em Porto alegre, que apresenta uma extensão de 120 m com alturas entre 1,6 m e 5,00 m. No trabalho será apresentado o dimensionamento geotécnico e estrutural, além do detalhamento da estrutura. Também foi feita a comparação, em termos de valor financeiro, com o projeto original que tem como modelo muro de arrimo em concreto armado.

### 3. CARACTERÍSTICAS DO TERRENO

O local apresentava apenas uma pista em sentido a Rua Carlos Gomes, sendo necessário a desapropriação de várias residências do local assim como a remoção de vegetação para atender as condições de execução do projeto, que consiste na duplicação da avenida. A figura 1 apresenta uma vista geral da duplicação da Avenida Troco (imagem de satélite com a localização da obra). Já a figura 2 apresenta o local da implantação da estrutura de contenção. Já as figuras 3 e 4 mostram fotografias feitas no local da obra de implantação da contenção.

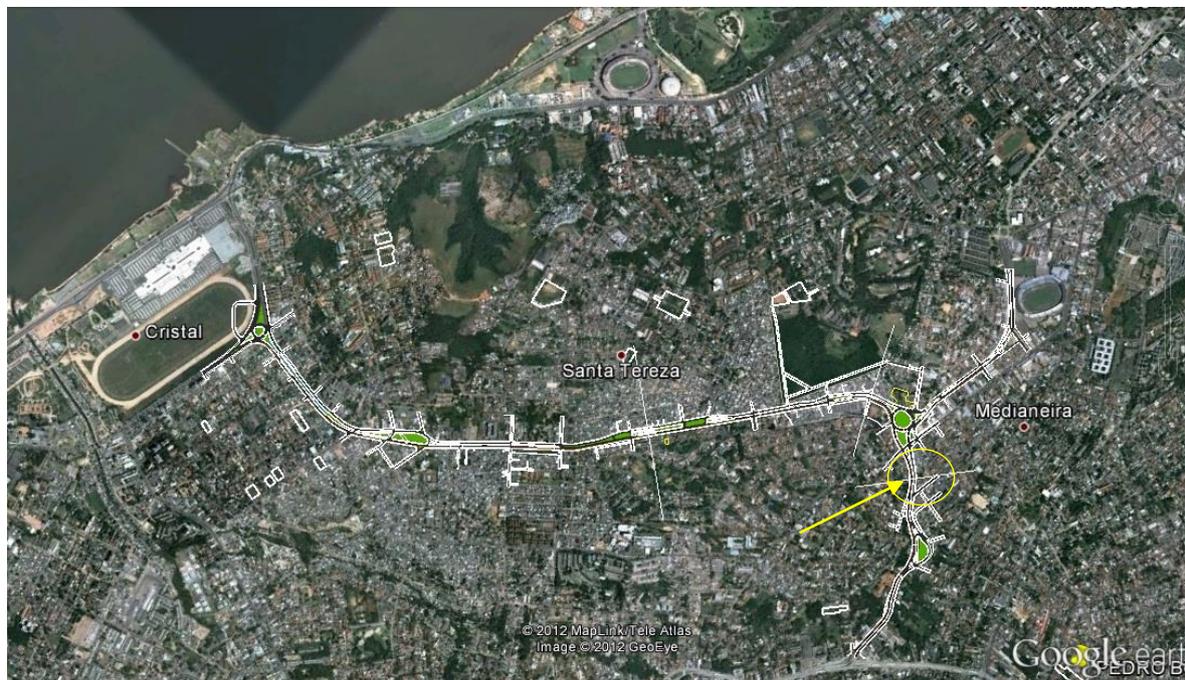


Figura 1 - Localização obra da Avenida Tronco (-30.06972, -51.21213)  
Fonte Projeto base.

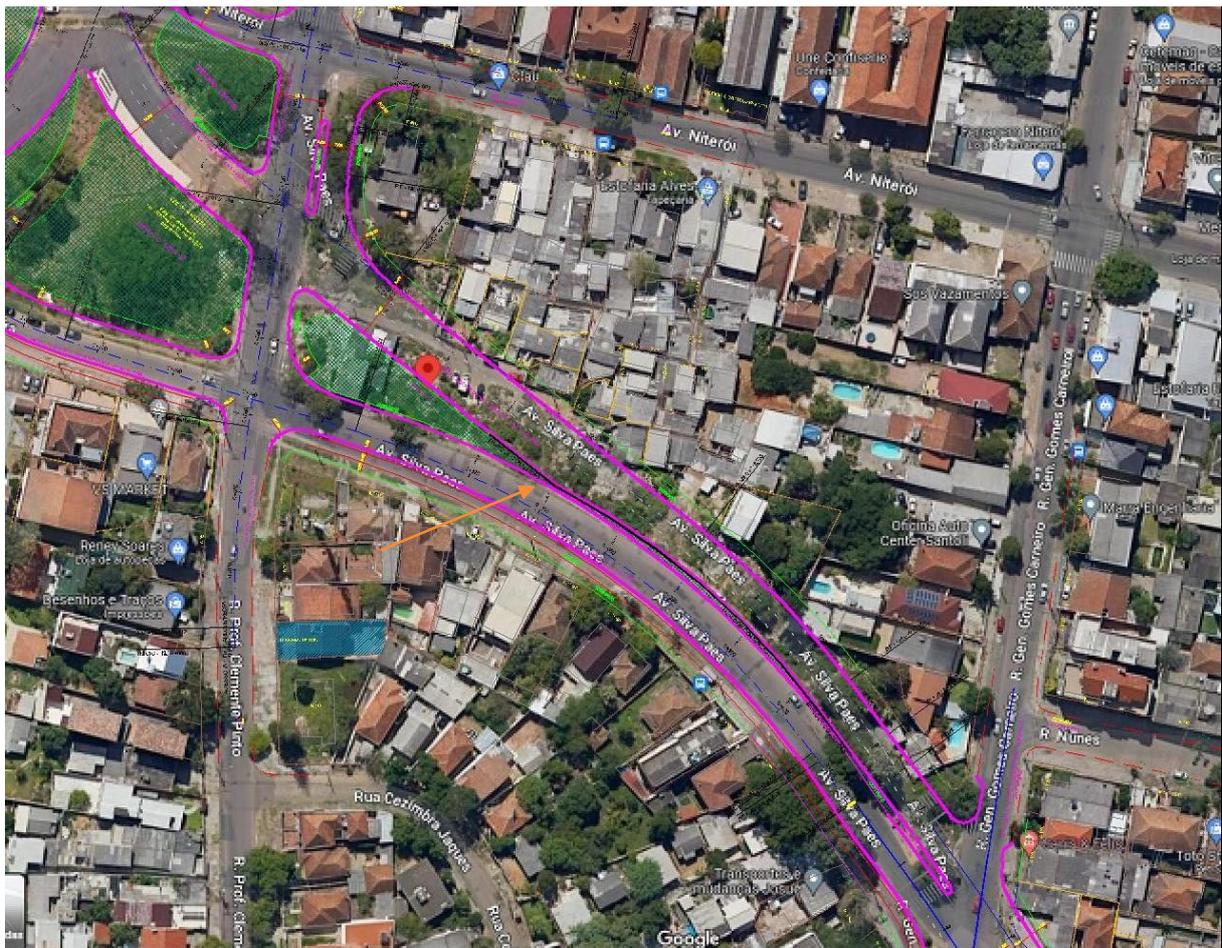


Figura 2- Localização da contenção a ser executada.  
Fonte Google Maps, 2021.



Figura 3 - Limpeza terreno fevereiro/2022  
Fonte: Autor



Figura 4- Início da execução do muro de arrimo dezembro/2022  
Fonte: Autor

## 4. METODOLOGIA

Será apresentado um memorial descritivo e de cálculo referente as etapas utilizadas para elaboração do dimensionamento da estrutura, onde será utilizado o método clássico ou método do equilíbrio limite. Para determinar os parâmetros do solo foi utilizado ensaio de SPT (anexo A). Para o dimensionamento geotécnico foram utilizadas as teorias de Rankine (1857) e método Blum (1931) para a determinação da ficha mínima.

A estrutura dimensionada foi dividida em 9 módulos conforme variação do comprimento da estaca em balanço como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Altura (h) do trecho da estaca em balanço

<b>MOD</b>	<b>h (m)</b>
1	4,950
2	4,470
3	3,990
4	3,530
5	3,080
6	2,600
7	2,130
8	1,850
9	1,580

## 5. PARÂMETROS DO SOLO

Com base nas informações obtidas pelas sondagens de simples reconhecimento SPT (Anexo A) realizadas no local, foi possível determinar o  $N_{SPT}$  médio do subsolo por meio do cálculo da média aritmética dos valores obtidos em cada um dos dois ensaios de SPT realizados. A partir do valor médio de  $N_{SPT}$ , obteve-se os parâmetros geotécnicos do solo, utilizando algumas das expressões usualmente adotadas para o dimensionamento de fundações, obtidas de referência bibliográfica reconhecida no meio técnico.

### 5.1 ÂNGULO DE ATRITO

O ângulo de atrito foi determinado utilizando as expressões:

- Texeira (1996, apud Schnaid e Odebrecht, 2012)

$$\phi'_p = 15^\circ + \sqrt{24 \cdot N_{SPT}}$$

- Godoy (1983, apud Schnaid e Odebrecht, 2012)

$$\phi'_p = 28^\circ + 0,4N_{SPT}$$

Tabela 2- Ângulo de atrito do solo

NSPT Teixeira (1996)			NSPT Godoy (1983)		
	NSPT 1	NSPT 2		NSPT 1	NSPT 2
NSPT,médio	14	12,75	NSPT	14	12,75
$\phi_p$	33,330	32,493	$\phi_p$	33,6	33,1

Tabela 3- Ângulo de Atrito médio

Média Ângulo de Atrito		
	NSPT 1	NSPT 2
$\phi_p$	33,465	32,796

Tabela 4- Identificação do solo (Joppert Junior, 2007)

Areia e Solos Arenoso		
Compacidade	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	$\phi$
Fofa	1,6	25 - 30
Pouco Compacta	1,8	30 - 35
Medianamente Compacta	1,9	35 - 40
Compacta	2	40 - 45
Muito Compacta	> 2	> 45

Com os resultados obtidos determinou-se o ângulo de atrito médio de 33° conforme a elaboração dos cálculos apresentados e com isso obtemos peso específico em 18 kN/m<sup>3</sup> um solo arenoso pouco compacto.

Tabela 5- Parâmetros médios adotados para o solo

Peso específico	Ângulo de atrito
$\gamma$	$\phi$
18 kN/m <sup>3</sup>	33°

## 6. CARACTERÍSTICAS DO PROJETO:

Para a elaboração do projeto de estacas justaposta, escolheu-se à estaca do tipo hélice continua com diâmetro de 80 cm, com comprimento compatível com as fichas de cada um dos módulos, conforme será apresentado nas próximas seções.

De acordo com a tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA) da NBR 6118 (ABNT, 2014), segundo as condições de exposição da estrutura, determinou-se a classe de agressividade ambiental II – Moderada – Urbana (Figura 5).

Figura 5- NBR 6118-2014

Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana <sup>a, b</sup>	Pequeno
III	Forte	Marinha <sup>a</sup>	Grande
		Industrial <sup>a, b</sup>	
IV	Muito forte	Industrial <sup>a, c</sup>	Elevado
		Respingos de maré	

<sup>a</sup> Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

<sup>b</sup> Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

<sup>c</sup> Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Os parâmetros de dimensionamento da estaca foram determinados e o tipo de concreto escolhido foi de classe C30, com Fck de 30 Mpa, de acordo com a tabela da NBR 6122 (ABNT, 2019) (Figura 6). Foi verificado que o consumo mínimo de cimento deve ser de 400 kg/m<sup>3</sup> e que o fato a/c deve ser menor ou igual a 0,6. Estes critérios foram considerados para garantir a resistência e durabilidade da estaca. O aço para a armadura escolhido foi o aço CA-50, barras nervuradas.

Figura 6 - NBR 6122 (ABNT, 2019)

**Tabela 4 – Estacas moldadas *in loco* e tubulões: parâmetros para dimensionamento**

Tipo de estaca	Classe de agressividade ambiental (CAA) conforme ABNT NBR 6118	Classe de concreto/ resistência característica da argamassa ou concreto	$\gamma_c$	% de armadura mínima e comprimento útil mínimo (incluindo trecho de ligação com o bloco)		Tensão de compressão simples atuante abaixo da qual não é necessário armar (exceto ligação com o bloco) MPa	Anexo onde se encontram definidos concreto/ argamassa
				Armadura %	Comprimento m		
Hélice/hélice de deslocamento/ hélice com trado segmentado <sup>a</sup>	I, II	C30	2,7	0,4	4,0	6,0	N / O / P
	III, IV	C40	3,6				

## 6.1 CARREGAMENTO

Para a determinação do carregamento da estrutura foram considerados os valores apresentados na tabela 6:

Tabela 6 – Carregamento da estrutura.

Carregamentos	Valores empregados
Sobrecarga permanente (g)	15 kN/m <sup>2</sup>
Carga acidental (q1)	5 kN/m <sup>2</sup>
Carga acidental (Q)	15 kN/m <sup>2</sup>

A sobrecarga permanente foi determinada com largura infinita, as cargas acidentais foram determinadas considerando o deslocamento da carga móvel rodoviária padrão TB-450 é indicada pela NBR 7188 (ABNT, 2013),  $q_1 = 5 \text{ kN/m}^2$  e  $Q=15 \text{ kN/m}^2$ , totalizando um carregamento vertical total de  $35 \text{ kN/m}^2$ . Este carregamento foi considerado, para fins de cálculo somente no lado da estrutura sujeita ao empuxo ativo, sendo desprezado no lado onde há atuação do empuxo passivo, por questões de segurança.

## 6.2 DETERMINAÇÃO DOS EMPUXOS - TEORIA DE RANKINE (1857)

De acordo com Das (2007) a expressão do equilíbrio plástico no solo se refere a condição em que cada ponto em uma massa de solo está na iminência de ruptura. O autor cita que Rankine em 1857, investigou as condições de tensão no solo em um estado de equilíbrio plástico.

A determinação da tensão vertical em um elemento de solo na profundidade “z” é dada pela equação:

$$\sigma_v = \gamma \cdot z$$

$$\sigma'_v = \sigma_v - u$$

Onde:

$\sigma_v$  = Tensão vertical total (kPa);

$\sigma'_v$  = Tensão vertical efetiva (kPa);

$\gamma$  = Peso específico do solo ( $\text{kN}/\text{m}^3$ );

$z$  = Profundidade (m);

$u$  = poro – pressão (kPa);

O coeficiente de empuxo ativo e passivo é dado por:

$$K_a = \tan^2\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right)$$

$$K_p = \tan^2\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)$$

$K_a$  = Coeficiente de empuxo ativo;

$K_p$  = Coeficiente de empuxo passivo;

$\phi$  = Ângulo de atrito (graus);

A tensão horizontal efetiva é dada pela equação;

$$\sigma'_{ah} = K_a \cdot \gamma \cdot z - 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}$$

$$\sigma'_{ph} = K_p \cdot \gamma \cdot z - 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_p}$$

Onde:

$\sigma_{ah}$  = Tensão horizontal ativa (kPa);

$\sigma_{ph}$  = Tensão horizontal passiva (kPa);

$\gamma$  = Peso específico do solo ( $\text{kN}/\text{m}^3$ );

$z$  = Profundidade (m);

$c$  = coesão (kPa);

$K_a$  = Coeficiente de empuxo ativo;

$K_p$  = Coeficiente de empuxo passivo;

A tensão horizontal total é agora obtida, somando-se a poro-pressão subtraída inicialmente na tensão vertical

$$\sigma_{ah} = \sigma'_{ah} + u$$

$$\sigma_{ph} = \sigma'_{ph} + u$$

O empuxo, sem a presença de poro-pressão, é dado pela equação:

$$E_a = \frac{1}{2} K_a \cdot \gamma \cdot H - 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}$$

$$E_p = \frac{1}{2} K_p \cdot \gamma \cdot H - 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_p}$$

Onde:

$E_a$  = Empuxo ativo (kN)

$E_p$  = Empuxo passivo (kN)

$H$  = altura (m)

$c$  = intercepto coesivo (kN/m<sup>2</sup>)

## 7. CÁLCULO DO EQUILÍBIO - MÉTODO BLUM

De acordo com Falconi et al (2019), o método desenvolvido por Blum, consiste na aplicação das equações de equilíbrio em relação as forças atuantes dos empuxos ativos e passivos sobre a estrutura onde o momento atuante é nulo em relação ao ponto R, conforme a figura 7.

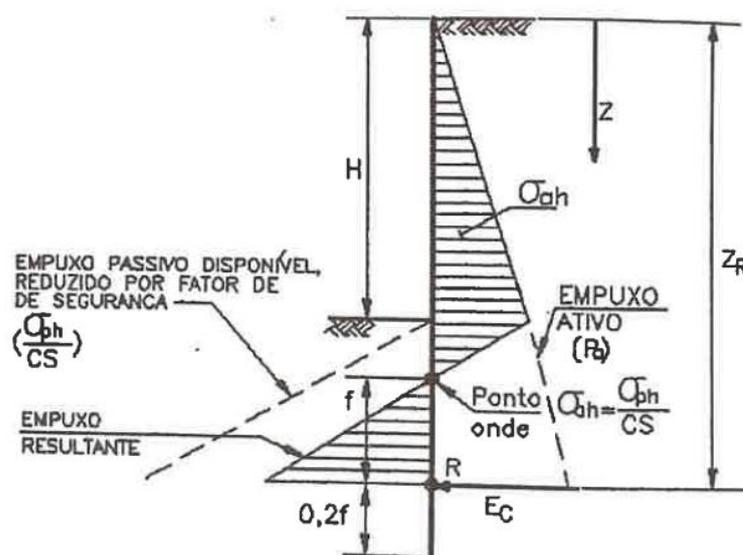


Figura 7- Método de Blum para paredes em balanço com ficha mínima (Falconi et al, 2019)

O método de Blum é composto pelas seguintes etapas:

- Cálculo das tensões do solo ativas e passivas;
- Cálculo do diagrama de carregamento conforme Blum;
- Cálculo do ponto de rotação da estrutura;
- Cálculo da ficha a partir do equilíbrio de momentos da base da cortina.

## 8. DIMENSIONAMENTO GEOTÉCNICO

A partir da metodologia anteriormente apresentada (Teoria de Rankine) e com a determinação dos parâmetros a partir dos ensaios de SPT, determinou-se os coeficientes de empuxo ativo e passivos, mostrados na tabela 7.

Tabela 7- Parâmetro do solo

Peso específico	Ângulo de atrito	Empuxo Ativo	Empuxo Passivo
$\gamma$	$\phi$	$K_a$	$K_p$
18 kN/m <sup>3</sup>	33°	0,295	3,392

Com isso apresenta-se as tensões horizontais ativas e passivas no solo conforme esquema apresentado anteriormente para cada um dos módulos (ilustrado na figura 8). A tabela 8 apresenta a compilação das tensões horizontais ativas em cada um dos módulos. Vale ressaltar que como não foi encontrado nível de água nas sondagens, verifica-se que as tensões verticais e horizontais totais são iguais as efetivas, simplificando os cálculos.

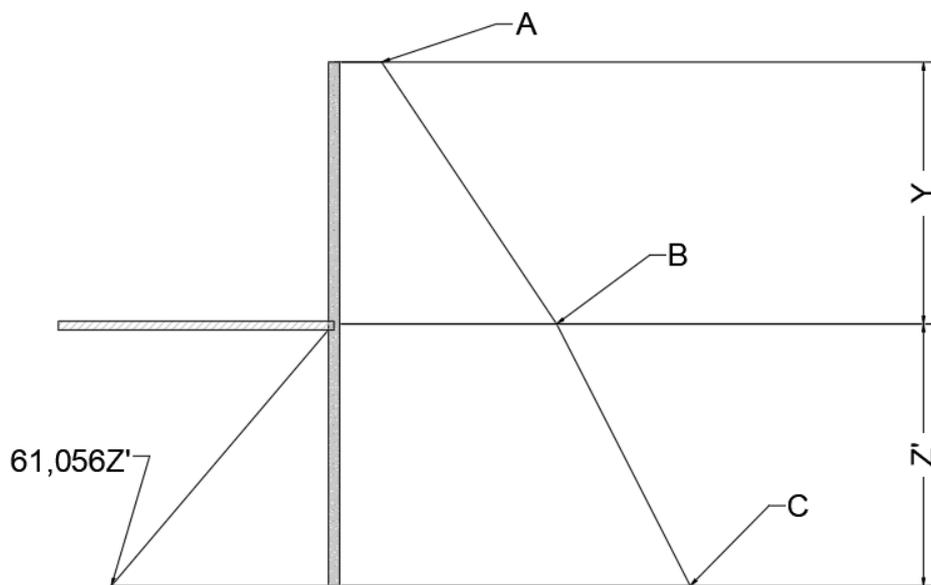


Figura 8- Tensões ativas e passivas

Tabela 8 - Tensões das estacas.

MOD	A (kPa)	B (kPa)	C (kPa)
1	10,318	34,038	34,038 + 5,306.z'
2	10,318	34,038	34,038 + 5,306.z'
3	10,318	31,491	31,491 + 5,306.z'
4	10,318	29,050	29,050 + 5,306.z'
5	10,318	26,662	26,662 + 5,306.z'
6	10,318	24,115	24,115 + 5,306.z'
7	10,318	21,621	21,621 + 5,306.z'
8	10,318	20,135	20,135 + 5,306.z'
9	10,318	18,702	18,702 + 5,306.z'

As tensões calculadas no pondo C está definida em relação a profundidade da estaca z. A tensão horizontal passiva é determinada em função de z, como apresentado na equação:

$$\sigma_{hC,p} = K_p \cdot \gamma \cdot z = 3,392.18 \cdot z = 61,056 \cdot z$$

Após determinadas as tensões horizontais, resolveu-se o diagrama de Blum. Pelo diagrama Blum, é possível terminar o ponto de giro da estrutura para cada modulo, igualando a zero as tensões na base da estaca nos permite determinar o valor o ponto de rotação (z'), como apresentado na figura 9. A tabela 9 apresenta a profundidade (ponto z') em que ocorre o giro de cada de cada módulo.

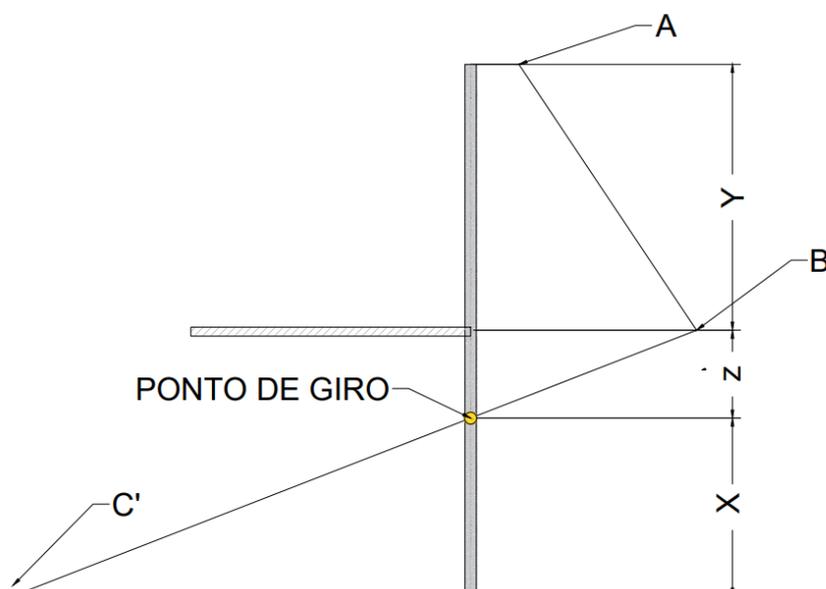


Figura 9 - Diagrama de tensões (Método de Blum)

Tabela 9 – Profundidade do ponto de rotação

c	c'	z(m)
$34,038 + 5,306.z'$	$-34,038 z' - 55,752$	0,611
$34,038 + 5,306.z'$	$-34,038 z' - 55,752$	0,611
$31,491 + 5,306.z'$	$-31,491 z' - 55,752$	0,565
$29,050 + 5,306.z'$	$-29,050 z' - 55,752$	0,521
$26,662 + 5,306.z'$	$-26,662 z' - 55,752$	0,478
$24,115 + 5,306.z'$	$-24,115 z' - 55,752$	0,433
$21,621 + 5,306.z'$	$-21,621 z' - 55,752$	0,388
$20,135 + 5,306.z'$	$-20,135 z' - 55,752$	0,361
$18,702 + 5,306.z'$	$-18,702 z' - 55,752$	0,335

Para a determinação do valor de X será necessário a aplicação das equações de equilíbrio de momento na base da estrutura ( $\sum M_{base} = 0$ ). A figura 10 ilustra como foram determinados os momentos, sendo inicialmente, determinada a força resultante, pela área das figuras de distribuição das tensões horizontais, multiplicadas pelos respectivos braços de alavanca, contados a partir da ponta das estacas.

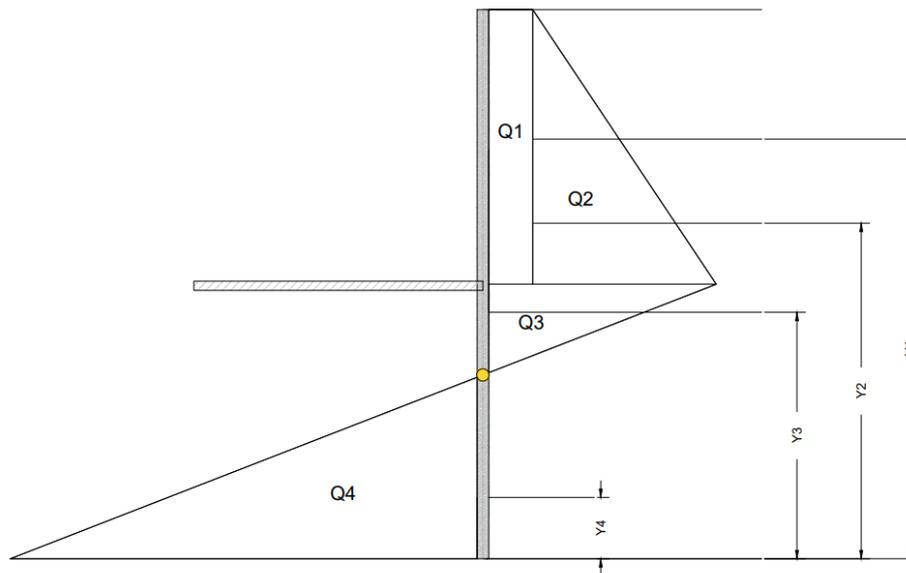


Figura 10 – Equilíbrio de momentos, Empuxos ativos e passivos e seus respectivos braços de alavanca.

Os cálculos foram elaborados utilizando planilhas eletrônicas, sendo os valores mostrados na tabela 10. O apêndice A apresenta as planilhas de cálculo de cada módulo.

Tabela 10 - Determinação da ficha

MOD	$\Sigma M_{base}$			X (m)	z (m)
1	$-9,292 x^3$	109,525x	246,825	4,247	0,611
2	$-9,292 x^3$	109,525x	246,825	4,247	0,611
3	$-9,292 x^3$	92,302x	188,771	3,893	0,565
4	$-9,292 x^3$	77,052x	142,022	3,549	0,521
5	$-9,292 x^3$	63,324x	104,048	3,210	0,478
6	$-9,292 x^3$	63,324x	104,048	2,842	0,433
7	$-9,292 x^3$	38,207x	46,227	2,474	0,388
8	$-9,292 x^3$	31,805x	34,305	2,250	0,361
9	$-9,292 x^3$	26,063x	24,759	2,029	0,335

O somatório de  $z' + X$ , corresponde a ficha das estacas, que fornecerão o equilíbrio. Porém, conforme recomendação de Falconi et al (2019), a ficha deve ser 20%, sendo este valor considerado a ficha de projeto ( $F_d$ ): A tabela 11, apresenta os valores das fichas de projeto de cada um dos módulos. A tabela 12, apresenta o comprimento de cada conjunto de estacas ( $h + F_d$ ), destacando a altura do muro ( $h$ ) e a ficha de projeto ( $F_d$ ).

Tabela 11 - Ficha de projeto com fator de segurança 20% (metros)

<b>MOD</b>	<b>Fsegurança</b>	<b>Fsegurança</b>
1	5,830	6
2	5,830	6
3	5,349	5,5
4	4,885	5
5	4,426	4,5
6	3,930	4
7	3,435	3,5
8	3,134	3,5
9	2,838	3

Tabela 12 - Comprimento das estacas (metros)

<b>MOD</b>	<b>h (m)</b>	<b>Fd (m)</b>	<b>Comprimento total (m)</b>
1	4,950	6,000	10,950
2	4,470	6,000	10,470
3	3,990	5,500	9,490
4	3,530	5,000	8,530
5	3,080	4,500	7,580
6	2,600	4,000	6,600
7	2,130	3,500	5,630
8	1,850	3,500	5,350
9	1,580	3,000	4,580

Uma vez obtida a ficha é possível a determinação da tensão horizontal atuante junto a base da estaca ( $C'$ ), cujos valores encontra-se na tabela 13.

Tabela 13 - Tensões horizontais

<b>TENSÕES HORIZONTAIS</b>	
<b>MOD</b>	<b>C'</b>
1	202,766
2	202,766
3	185,530
4	168,838
5	152,295
6	134,340
7	116,329
8	105,319
9	94,434

## 9. DIMENSIONAMENTO DAS ARMADURAS

### 9.1 SOLICITAÇÕES

Para a determinação das solicitações foi utilizado o software de análise estrutural Ftool. Ele realiza análises estáticas, elásticas, assim como a modelagem bidimensional, de elementos estruturais como viga e pilar.

A determinação das solicitações do esforço cortante e momentos fletores foi utilizado o carregamento baseado na figura 8, de acordo com a ficha de projeto obtida para cada módulo, considerando o diâmetro da estaca de 80 cm. A tabela 14 resume os valores dos momentos e esforço cortantes máximos e pontos de aplicação de cada módulo. O apêndice B, apresenta os diagramas de carregamento horizontal, esforço cortante e momento fletor de cada módulo.

Tabela 14 - Cálculo das solicitações

MOD	Q (kN/m)	M (kN.m/m)
1	422,200	522,300
2	411,900	493,600
3	344,300	378,500
4	282,400	277,700
5	227,600	201,700
6	179,300	140,000
7	135,900	93,800
8	121,400	81,900
9	93,400	54,200

### 9.2 ARMADURA LONGITUDINAL

Para o dimensionamento da armadura foi utilizado as recomendações da NBR 6118 (ABNT 2014), considerando a estrutura como uma viga. Obteve-se os seguintes resultados em relação ao domínio da armadura e quantitativo de aço.

Aço CA-50:

$f_{yk}$  = Resistência característica do aço à tração

$\gamma_s$  = Coeficiente de ponderação da resistência do aço

$E_s$  = Módulo de elasticidade do aço.

$$f_{yk} = 50 \text{ kN/cm}^2$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 21000 \text{ kN/cm}^2$$

CONCRETO

$f_{ck}$  = Resistência característica à compressão do concreto

$\gamma_c$  = Coeficiente de ponderação da resistência do concreto

$b, h$  = considerado como seção quadrada na elaboração do dimensionamento da armadura

$\gamma_f$  = Coeficiente de ponderação que multiplica as ações características

$$f_{ck} = 3 \text{ kN/cm}^3$$

$$\gamma_c = 2,7$$

Seção transversal

$$b = h = 73 \text{ cm}$$

Carregamento:

$M_{\text{máx}}$  = Determinado de acordo com cada modulo:

$$\gamma_f = 1,4$$

Cálculos:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

$$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 0,00207$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1,786 \text{ kN/cm}^2$$

$$d = 0,9 * h$$

$$X_{23} = \frac{3,5}{13,5} * d = \text{ cm}$$

$$X_{23} = \frac{0,0035}{0,0035 + \varepsilon_{yd}} * d = \text{cm}$$

$$M_d = \gamma_f * M = \text{kN.cm}$$

$$X = 1,25 * d * \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{M_d}{0,425 * f_{cd} * b * d^2}} \right]$$

$$A_s = \frac{M_d}{\sigma_{sd} * (d - 0,4x)} = \text{cm}^2$$

A tabela 15 apresenta o resumo do cálculo estrutural com a armadura longitudinal necessária para resistir a momento fletor. Já a tabela 16, apresentar o detalhamento da armadura.

Tabela 15 - Dimensionamento da armadura longitudinal por estaca

ARMADURA LONGITUDINAL ESTACA							
MOD	d (cm)	x23 (cm)	x34 (cm)	Md (kN.cm)	x (cm)	Dominio	As (cm <sup>2</sup> )
1	65,700	17,033	41,281	58497,600	18,148	3	23,022
2	65,700	17,033	41,281	55283,200	17,019	2	21,591
3	65,700	17,033	41,281	42392,000	12,677	2	16,082
4	65,700	17,033	41,281	31102,400	9,086	2	11,526
5	65,700	17,033	41,281	22590,400	6,491	2	8,234
6	65,700	17,033	41,281	15680,000	4,447	2	5,642
7	65,700	17,033	41,281	10505,600	2,952	2	3,745
8	65,700	17,033	41,281	9172,800	2,572	2	3,262
9	65,700	17,033	41,281	6070,400	1,693	2	2,147

Tabela 16 - Armadura longitudinal principal

MOD.	Nº BARRAS	BITOLA	Nº BARRAS	BITOLA
1	2,00	10	8	20
2	2,00	10	7	20
3	2,00	10	6	20
4	2,00	10	6	16
5	2,00	10	5	16
6	2,00	10	3	16
7	2,00	10	4	12,5
8	2,00	10	3	12,5
9	2,00	10	2	12,5

Detalhamento da Armadura no apêndice C.

### 9.3 ARMADURA TRANSVERSAL

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014), refere-se à verificação da resistência a força cortante de vigas de concreto armado para seções circulares.

$$V_{rd2} = 0,25 \cdot \phi \cdot f_{cd} \cdot 0,72 \cdot \phi$$

Onde:

$$b_w = \phi \text{ e } d = 0,72 \cdot \phi$$

$$V_{sd} \leq V_{rd2},$$

$V_c$  é calculado por:

$$V_c = 0,6 \cdot f_{ctd} \cdot \phi \cdot 0,72 \cdot \phi$$

O espaçamento dos estribos:

$$s = \frac{A_{sw}}{V_{sd} - V_c} \cdot 0,72 \cdot \phi \cdot f_{ywd}$$

De onde obtemos para estribos de 6,3 mm  $S=22,11$  cm ( $\emptyset 6,3$  c/22,11)

Armadura mínima resultante em ( $\emptyset 6,3$  c/8)

## **10. ARMADURA DA VIGA DE LIGAÇÃO**

A viga de ligação terá dimensões de 80x60 cm e fará a solidarização das estacas de acordo com cada modulo conforme apresentado essa escolha de execução se dá devido as movimentações que a estrutura apresentar assim como a dilação do concreto, onde será utilizado a armadura mínima longitudinal.

Será apresentado em apêndice detalhamento.

## 11. PROCEDIMENTO EXECUTIVO

De acordo com NBR 6122 (ABNT, 2019) os procedimentos a serem adotados na execução são(Figura 11):

- Deve ser elaborado o gabarito das estacas a serem executadas, com isso evita-se o desalinhamento da cortina e auxiliando na execução das demais, a perfuração se dá pela introdução do trado de forma contínua por rotação.
- Concreto é bombeado através do tubo central, preenchendo simultaneamente a cavidade deixada pelo trado, a velocidade da extração da hélice está relacionada com a pressão e o consumo de concreto, de forma que não apresente vazios.
- Colocação da armadura: A colocação da armadura deve ser feita imediatamente após a retirada do trado, pode ser inserida pelo peso ou vibrador.
- Não se deve executar estacas com espaçamento inferior a cinco diâmetros em intervalo inferior a 12 horas.
- O espaçamento mínimo entre as estacas depende de diversos fatores como as cargas a ser suportada, as condições do terreno,
- Tempo de cura do concreto fck 30 Mpa, apresenta em 7 dias 70% da sua resistência máxima o recomendado para atender sua resistência máxima o prazo de 28 dias.
- Slump do concreto determina a capacidade do concreto se moldar sem perder a homogeneidade, os fatores que influenciam são a dosagem do concreto, tipo de cimento, teor de umidade dos agregados e presença de aditivo, o valor recomendado para o concreto fck de 30 Mpa é de  $220 \pm 30$  mm.

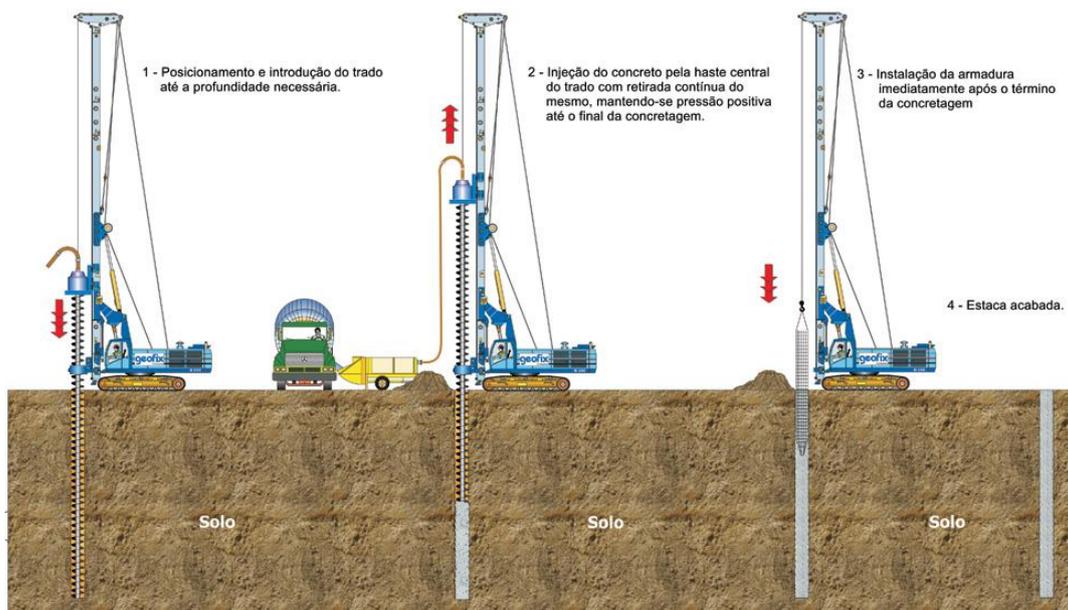
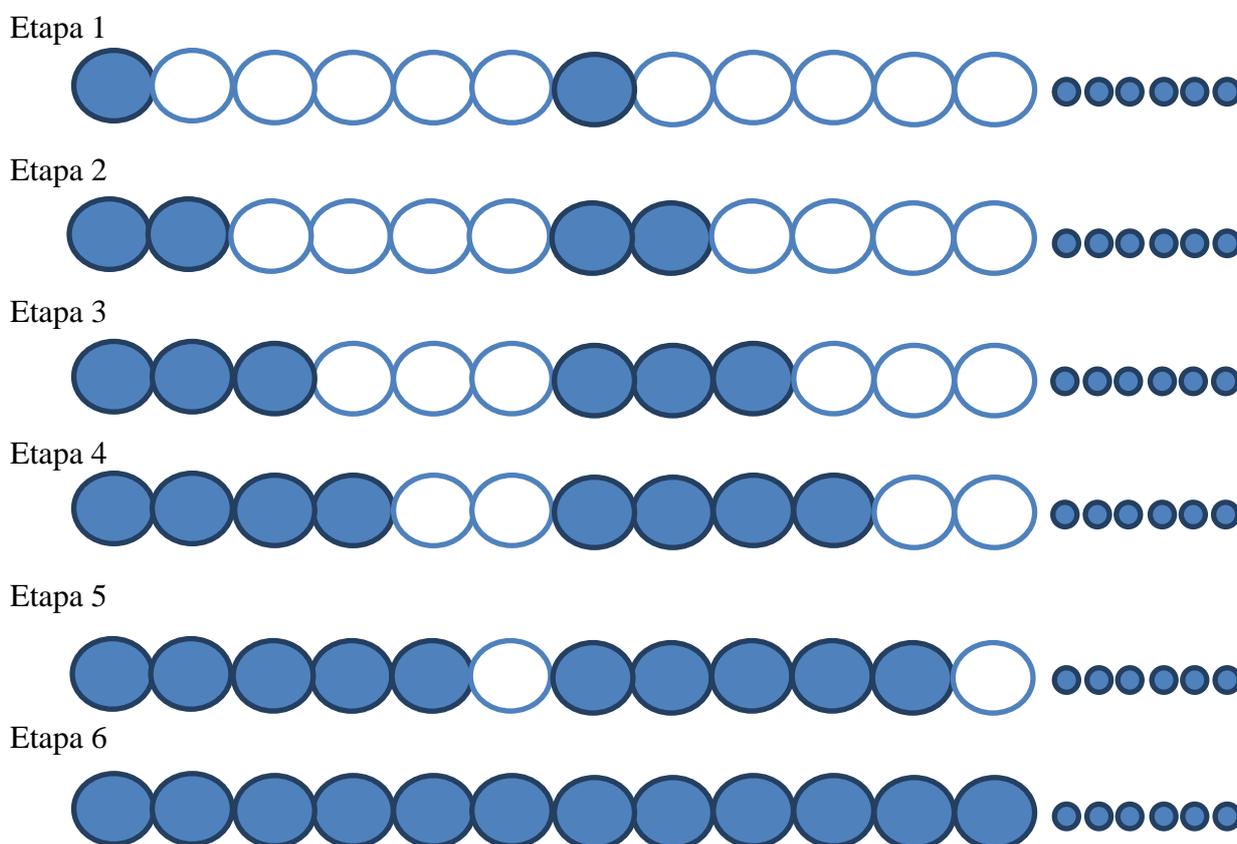


Figura 11 - Execução Hélice contínua (Geofix fundações)

## 12. SEQUENCIA EXECUTIVA

Para a execução das estacas é necessário elaborar um gabarito adequado, com as marcações de cada modulo e seus respectivos comprimentos.

O número de estacas a serem executadas é de 150 unidades (790 metros de estacas), logo para atender as recomendações da norma de espaçamento mínimo de cinco diâmetros da estaca para ser executada, teremos uma produtividade de execução de 30 unidades por dia, logo para a completa execução das estacas a estimativa é de seis dias.



Após a execução das estacas será aguardado o período de cura de 28 dias, para que o concreto atinja o  $f_{ck}:30$  Mpa, conforme a NBR 6118 (ABNT 2014).

Será iniciado o arrasamento das estacas para a execução da viga de coroamento da estrutura.

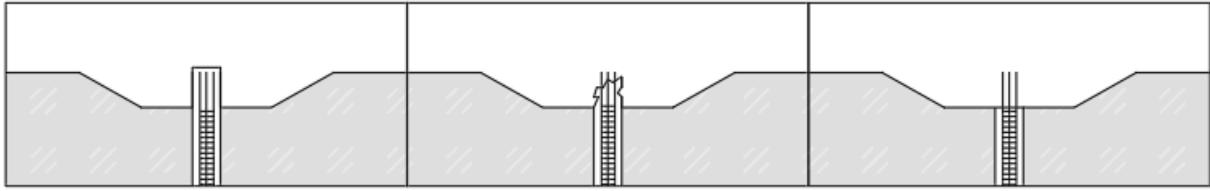


Figura 12 - Arrasamento das estacas.  
 Fonte: Autor



Figura 13 - Execução viga de coroamento.  
 Fonte: Autor

Escavação do terreno.

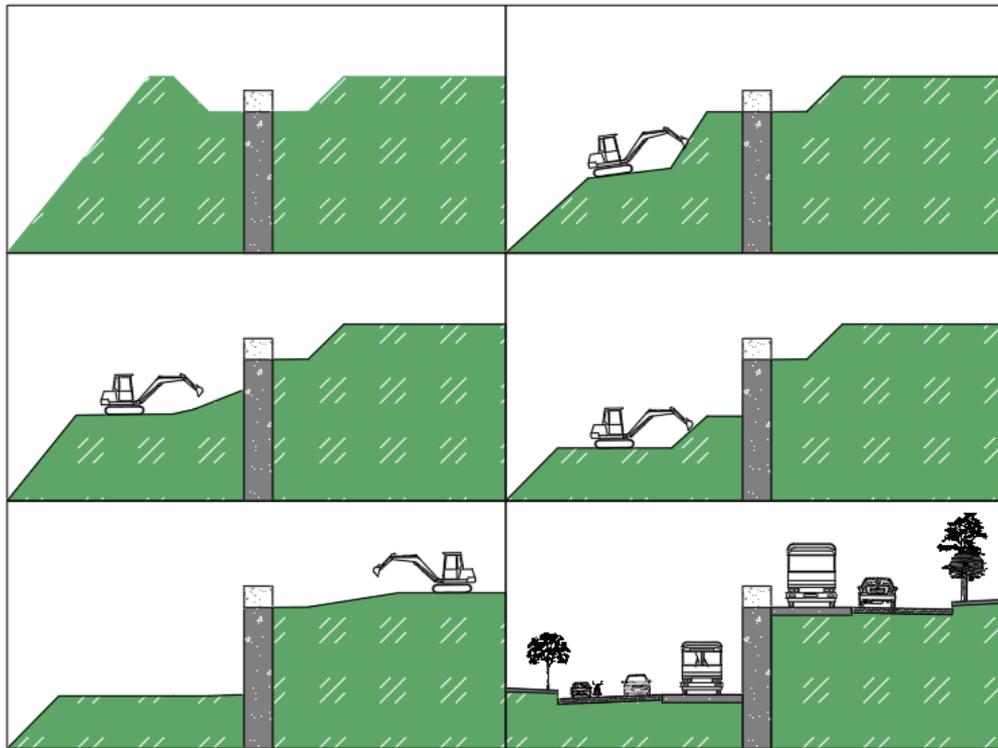


Figura 14 - Escavação do terreno.

### 13. ELABORAÇÃO ORÇAMENTO

Foi elaborado orçamento referente à estrutura de contenção neste trabalho e feito comparativo com o projetado muro de arrimo em concreto armado, os preços unitários utilizados foram retirados da base de preço do SINAPI RS janeiro/2023 utilizados como referência para elaboração de serviços de engenharia em todo o país.

#### 13.1 ORÇAMENTO CORTINA DE ESTACA JUSTAPOSTA

Os preços para execução das contenções de acordo com sua altura apresentada na tabela 11 e sua extensão de 120 m foi calculada em R\$833.764,89. Os valores obtidos para a execução das estacas são apresentados no valor global conforme o detalhamento dos preço abaixo.

Tabela 17 - Detalhamento dos preços da estaca justaposta

COMPOSIÇÃO DE CUSTOS CORTINA ESTCA JUSTAPOSTA						
ORIGEM	CODIGO	DESCRIÇÃO	UND	QUANT	P. UNIT (R\$)	P.TOTAL (R\$)
<b>INFRAESTRUTURA E SUPERESTRUTURA</b>						
SINAPI	100654	Estaca Hélice Contínua, DN 80 cm, Fck=30 Mpa	m	1022,52	R\$ 581,62	R\$ 594.718,08
SINAPI	34493	Concreto usinado fck=30Mpa, lançam/adensam (viga de coroamento)	m <sup>3</sup>	57,6	R\$ 502,01	R\$ 28.915,78
SINAPI	95581	Montagem de Armadura viga de coroamento	kg	788,2	R\$ 10,86	R\$ 8.559,85
SINAPI	1358	Chap/Painel de madeira compensado resinada	m <sup>2</sup>	73	R\$ 85,23	R\$ 6.221,79
SINAPI	101134	Escavação horizontal, incluindo carga e descarga e transporte do solo	m <sup>3</sup>	1860	R\$ 14,98	R\$ 27.862,80
Subtotal serviços preliminares						R\$ 666.278,30
<b>DRENAGEM</b>						
DRENAGEM						R\$ 16.296,31
Subtotal serviços preliminares						R\$ 16.296,31
SUBTOTAL						R\$ 682.574,61
BDI=22,15% SUB TOTAL						R\$ 151.190,28
<b>TOTAL DA OBRA</b>						<b>R\$ 833.764,89</b>

Os dados acima proporcionam uma análise dos principais serviços e materiais para a execução da contenção em cortina de estaca justaposta, e determinou-se que devido a não haver necessidade de reaterro tem-se uma diminuição considerável de formas em relação a outros modelos de contenção, para a demonstração do quantitativo de aço e concreto utilizado

foram retiradas as informações em porcentagem da composição 100654 da tabela SINAPI onde obtém-se 60,76% do valor é referente ao concreto 30 Mpa e 19,78% do aço, com isso se verifica que o concreto corresponde a 49,74% dos custos totais da execução da obra e o aço 16,19%.

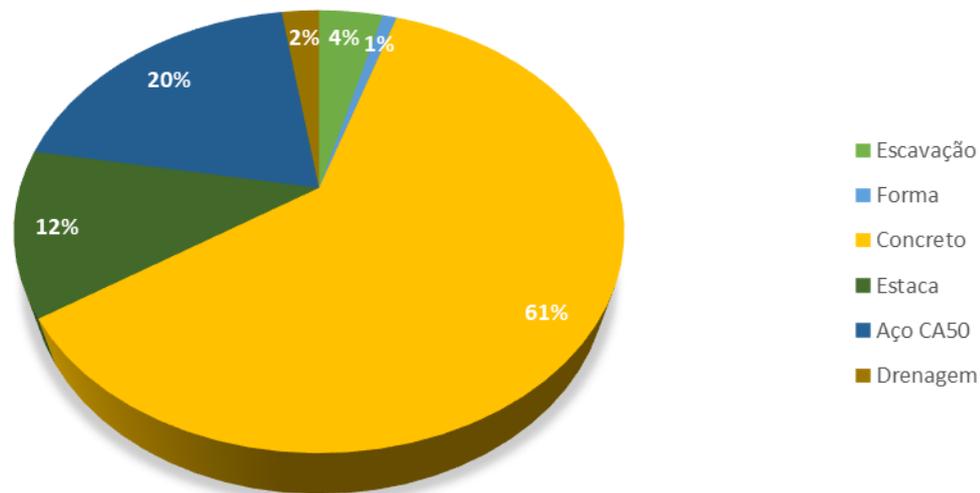


Figura 15 - Influencia dos serviços e materiais da estaca justaposta

Os quantitativos apresentados a seguir, foram elaborados a partir composição 100654 SINAPI:

Concreto:

$$\text{Comprimento total das estacas} = 1022,52 \text{ metros}$$

$$\text{Coeficiente consumo de concreto} = 0,6437 \text{ m}^3/\text{m}$$

$$\text{Volume de concreto} = 954 * 0,6437 = 658,19 \text{ m}^3$$

$$\text{Comprimento da viga de coroamento} = 120 \text{ m}$$

$$\text{Dimensões} = 0,8 \times 0,6 \text{ m}$$

$$\text{Volume de concreto} = 0,48 * 120 = 57,6 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume de concreto total} = 658,19 + 57,6 = 715,80 \text{ m}^3$$

Aço:

$$\text{Comprimento total das estacas} = 1022,52 \text{ metros}$$

$$\text{Coeficiente consumo de aço} = 11,09 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso do aço} = 954 * 11,09 = 11339,75 \text{ kg}$$

$$\text{Peso do aço viga coroamento} = 788,22$$

$$\text{Peso do aço total} = 10579,86 + 788,22 = 12127,95 \text{ kg}$$

Forma:

$$\text{Comprimento da viga de coroamento} = 120$$

$$\text{Dimensões} = 0,8 \times 0,6 \text{ m}$$

$$\text{Área de forma da viga de coroamento} = 0,6 * 120 = 72 \text{ m}^2$$

$$\text{Área das pontas} = 0,8 * 0,6 * 2 = 0,96 = 1 \text{ m}^2$$

Tabela 18 – Quantitativos de itens

ITEM	ESTACA JUSTAPOSTA
Reaterro (m <sup>3</sup> )	-
Concreto (m <sup>3</sup> )	715,80
Aço (kg)	12127,95
Forma (m <sup>2</sup> )	73,00
Escavação (m <sup>3</sup> )	1860,00

### 13.2 ORÇAMENTO MURO DE ARRIMO EM CONCRETO ARMADO

Foram utilizados os mesmos parâmetros para a elaboração do orçamento levando em consideração os serviços necessários para a execução, com isso o valor calculado para a execução do muro de arrimo é de R\$642.513,42, onde tem-se a maior parte dos preços em aço, concreto e forma. A tabela 17 apresenta o detalhamento dos preços.

Tabela 19 - Detalhamento dos preços do muro de arrimo em concreto armado

COMPOSIÇÃO DE CUSTOS MURRO DE ARRIMO						
ORIGEM	CODIGO	DESCRIÇÃO	UND	QUANT	P. UNIT (R\$)	P.TOTAL (R\$)
<b>INFRAESTRUTURA E SUPERESTRUTURA</b>						
SINAPI	101134	Escavação horizontal, incluindo carga e descarga e transporte do solo	m <sup>3</sup>	4650	R\$ 14,98	R\$ 69.657,00
SINAPI	93366	Reaterro mecanizado com escavadeira largura de 1,5m e profundidade 6 m.	m <sup>3</sup>	1860	R\$ 13,54	R\$ 25.184,40
SINAPI	34493	Concreto usinado fck=25Mpa, lançam/adensam (Estrutura )	m <sup>3</sup>	249,35	R\$ 485,81	R\$ 121.136,72
SINCRO	100348	Fornecimento Preparo e colocação de Aço CA 50	kg	16716,75	R\$ 11,05	R\$ 184.720,09
SINCRO	92419	Forma em madeira, inclusive escoramento e desforma. Utilização 3x	m <sup>2</sup>	1183,595	R\$ 92,10	R\$ 109.009,10
Subtotal serviços preliminares						R\$ 509.707,31
<b>DRENAGEM</b>						
DRENAGEM						R\$ 16.296,31
Subtotal serviços preliminares						R\$ 16.296,31
SUBTOTAL						R\$ 526.003,62
BDI=22,15% SUB TOTAL						R\$ 116.509,80
<b>TOTAL DA OBRA</b>						<b>R\$ 642.513,42</b>

Os itens de maior impacto na execução do muro de arrimo são o aço, concreto e forma de madeira que tem a maior influência nos preços, assim como a verificação dos serviços de escavação apresentam valor significativo devido a este modelo ter a necessidade de regularização do terreno para sua execução.

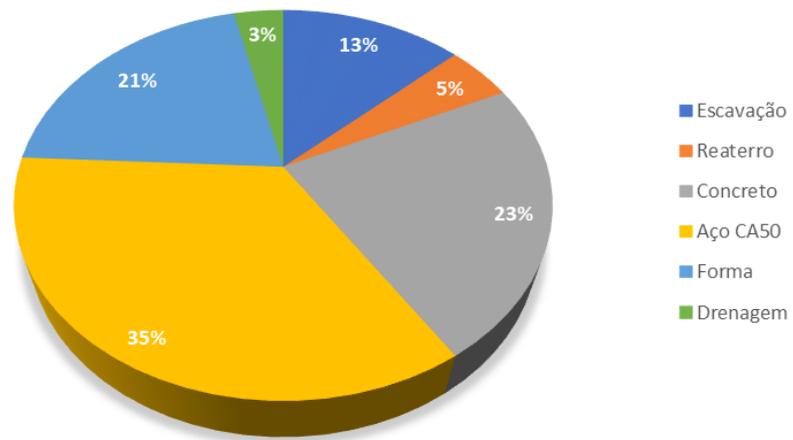


Figura 16-Influência dos serviços e materiais do muro de arrimo

## 14. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Apresenta-se uma análise dos principais itens utilizados no processo construtivo das opções de contenção, estes que apresentam influência de forma direta nos preços.

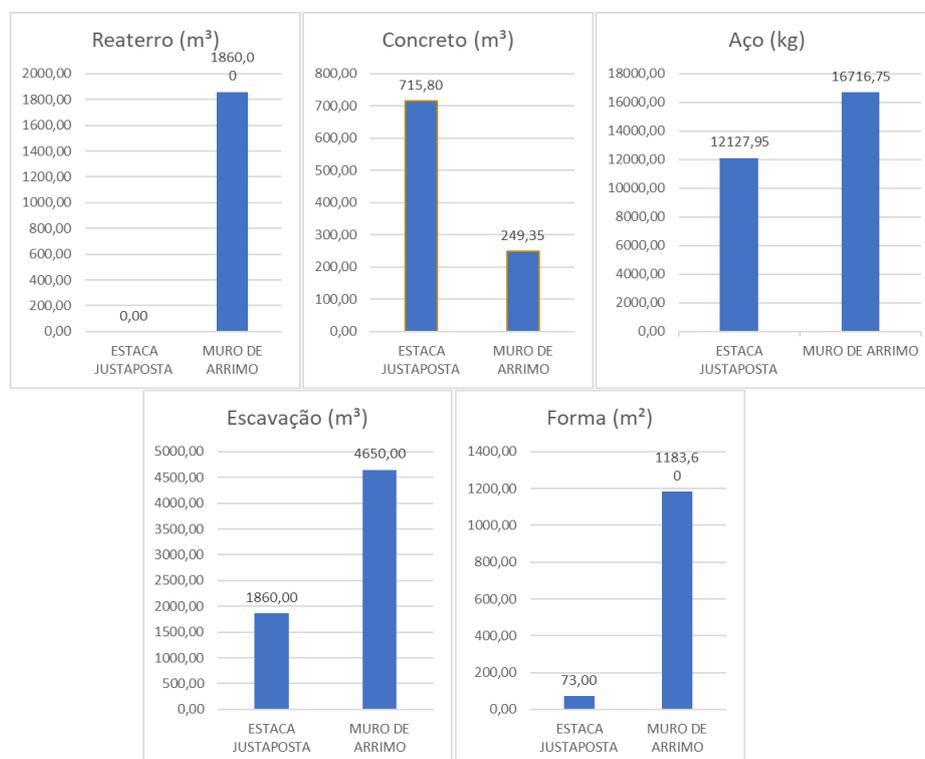


Figura 17 - Principais itens da cortina de estaca justaposta e muro de arrimo

Consegue-se identificar que o modelo de contenção muro de arrimo tem um consumo de aço muito mais elevado devido a estrutura ser executada em “L” apresentando a necessidade de armadura pesada nas junções entre as paredes e a sapata, situação que não ocorre na estrutura de estacas no qual é uma estrutura mais rígida e que apresenta uma seção linear utilizando o comprimento da estaca enterrada como engaste, entretanto esse modelo foi necessário a utilização de uma quantidade maior de concreto.

O item do consumo de forma de madeira é bem mais elevado na execução do muro de arrimo devido a necessidade de modelagem da estrutura assim como a necessidade de escavação devido a limpeza do terreno onde será feita a montagem da armadura e formas, situação que não ocorre na execução da cortina de estaca justaposta onde se é utilizado o trado rotativo até a profundidade determinada em projeto, não havendo necessidade de formas.

Em ambos os modelos de estrutura de contenção apresentados identifica-se que o preço de execução da estrutura de cortina de estacas justaposta é 29,76 % maior, no qual alguns itens apresentam uma diferença significativa nos preços devido ao seu processo executivo mais rápido comparado ao muro de arrimo que tem a necessidade de escavação, montagem de armadura e formas.

## 15. CONCLUSÃO

Pode-se concluir que as duas soluções de contenção são estruturas estáveis, e de execução técnica viáveis, atendendo aos requisitos mínimos de segurança estabelecidos pelas normas vigentes.

Economicamente a cortina estaca justaposta apresentou preço de execução de 29,76 % a mais em comparação ao muro de arrimo, devido a ficha mínima ter apresentado comprimentos elevados. Feita análise dos itens utilizados consegue-se identificar a variação de consumo dos materiais onde a estaca justaposta devido a necessidade de 150 estacas com diâmetro de 80 cm foi necessária 187,1% de concreto a mais e 27,5% a menos de aço em relação ao muro de arrimo.

Conclui-se que o modelo de contenção do muro de arrimo é uma solução mais eficaz economicamente para a estabilização do talude em estudo, entretanto o muro de arrimo apresenta desvantagem na execução em relação às cortinas de estaca justaposta devido a necessidade de escavação e regularização do terreno para a montagem de armadura e formas, assim como a logística da região que é afetada por um período mais longo devido ao seu processo demandar mais tempo de execução. Com isso se destaca o processo executivo da estaca justaposta devido à eficiência que o modelo traz na execução, acelerando o processo construtivo sem depender da escavação do terreno para o início das atividades gerando menos transtornos à região. Entretanto para a execução deste modelo é necessário mão de obra especializada devido ao fato de trabalhar com equipamento específico.

Com isso tem-se que as estacas justapostas apresentam maior vantagem executiva, e por mais que o preço venha ser elevado, essa desvantagem apresenta retorno significativo em função de outras atividades que poderão ser executadas assim que a estrutura estiver pronta.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto** – Procedimento. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122: Projeto e Execução de Fundações**. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7188: Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas**. 2013.

DAS. BRAJA M. **Fundamentos de Engenharia Geotécnica**. Tradução: 6ª edição. São Paulo: Editora Thomson Learning, 2007.

DAS. BRAJA M. **Fundamentos de Engenharia de Fundações**. Tradução: 8ª edição. São Paulo: Editora Cengage Learning, 2016.

FALCONI, **Fundações teoria e prática** 3 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

JOPPERT JUNIOR, I. **Fundações e Contensões de Edifícios**. São Paulo: PINI, 2007.

MARZIONNA, et al. **Fundações: teoria e prática**. 2.ed. São Paulo: PINI, 1998. ISBN PINI.

SICRO2. Sistema de Custos Rodoviários (DNIT).

SINAPI. Sistema nacional de pesquisa de preço e índices da construção civil (CAIXA).

## **ANEXO e APENDICE**

## APÉNDICE A

**MODULO 01**

	<b>SOLO 1</b>	<b>SOLO 2</b>	
<b>q1</b>	35		kPa
<b>q2</b>			
<b>γ</b>	18	18	kN/m <sup>3</sup>
<b>φ</b>	33	33	°
<b>c'</b>	0	0	kPa
<b>Coefficiente de empuxo</b>			
<b>ka</b>	0,295	0,295	
<b>Kp</b>	3,392	3,392	
<b>Tensão horizontal</b>			
<b>d'h,ativo</b>	<b>Altura (m)</b>		
<b>d'1</b>	0,00	10,318	10,318
<b>d'2a</b>	4,47	34,038	34,038
<b>d'2b</b>	4,47	34,038	
<b>d'3a</b>		34,038	5,306 z'
<b>d'h,passivo</b>			
<b>d'3b</b>		0,000	61,058 z'
<b>z0'=x'</b>	<b>0,611</b>	0,000	PONTO DE GIRO
<b>z'=x+z0'</b>			
<b>Pe</b>		55,752 z'	-34,038

<b>Y1</b>	2,846+x	E1	46,12
<b>Y2</b>	2,101+x	E2	53,01
<b>Y3</b>	,41+x	E3	10,39
<b>Y4</b>	,33 x	E4	27,876x <sup>2</sup>

<b>Equação 01</b>	-	53,013x	111,356
<b>Equação 02</b>	-	46,122x	131,240
<b>Equação 03</b>	-	10,390x	4,229
<b>Equação 04</b>	9,292 x <sup>3</sup>	-	-
<b>Equaçã Geral</b>	<b>-9,292 x<sup>3</sup></b>	109,525x	<b>246,825</b>

<b>Mo</b>	0,00	N.m <sup>3</sup>
<b>x</b>	<b>4,247</b>	m
<b>z</b>	4,858	m
<b>fseg</b>	5,830	m

**MODULO 02**

	<b>SOLO 1</b>	<b>SOLO 2</b>	
q1	35		kPa
q2			
$\gamma$	18	18	kN/m <sup>3</sup>
$\varphi$	33	33	°
c'	0	0	kPa
<b>Coefficiente de empuxo</b>			
ka	0,295	0,295	
Kp	3,392	3,392	
<b>Tensão horizontal</b>			
d'h,ativo	h		
d'1	0	10,32	10,318
d'2a	4,47	34,04	34,038
d'2b	4,47	34,04	
d'3a		34,04	5,306 z'
d'h,passivo			
d'3b		0,000	61,058 z'
z0'=x'	<b>0,611</b>	0,000	PONTO DE GIRO
z'=x+z0'			
Pe		55,752 z'	-34,038

Y1	2,846+x	E1	46,12
Y2	2,101+x	E2	53,01
Y3	,41+x	E3	10,39
Y4	,33 x	E4	27,876x <sup>2</sup>

Equação 01	-	53,013x	111,356
Equação 02	-	46,122x	131,240
Equação 03	-	10,390x	4,229
Equação 04	9,292 x <sup>3</sup>	-	-
Equaçã Geral	-9,292 x <sup>3</sup>	109,525x	<b>246,825</b>

Mo	0,00	N.m <sup>3</sup>
x	<b>4,247</b>	m
z	4,858	m
fseg	5,830	m

**MODULO 03**

	<b>SOLO 1</b>	<b>SOLO 2</b>	
<b>q1</b>	35		kPa
<b>q2</b>			
$\gamma$	18	18	kN/m <sup>3</sup>
$\varphi$	33	33	°
<b>c'</b>	0	0	kPa
<b>Coefficiente de empuxo</b>			
<b>ka</b>	0,295	0,295	
<b>Kp</b>	3,392	3,392	
<b>Tensão horizontal</b>			
<b>d'h,ativo</b>	h		
<b>d'1</b>	0,000	10,318	10,318
<b>d'2a</b>	3,990	31,491	31,491
<b>d'2b</b>	3,990	31,491	
<b>d'3a</b>		31,491	5,306
<b>d'h,passivo</b>			
<b>d'3b</b>		0,000	61,058 z'

<b>z0'=x'</b>	<b>0,565</b>	0,000	PONTO DE GIRO
<b>z'=x+z0'</b>			
<b>Pe</b>		55,752 z'	-31,491

<b>Y1</b>	2,560+x	E1	41,17
<b>Y2</b>	1,895+x	E2	42,24
<b>Y3</b>	,38+x	E3	8,89
<b>Y4</b>	,33 x	E4	27,876x <sup>2</sup>

<b>Equação 01</b>	-	42,239x	80,037
<b>Equação 02</b>	-	41,169x	105,386
<b>Equação 03</b>	-	8,894x	3,349
<b>Equação 04</b>	9,292 x <sup>3</sup>	-	-
<b>Equaçã Geral</b>	<b>-9,292 x<sup>3</sup></b>	92,302x	<b>188,771</b>

<b>Mo</b>	0,00	N.m <sup>3</sup>
<b>x</b>	<b>3,893</b>	m
<b>z</b>	4,457	m
<b>fseg</b>	5,349	m

**MODULO 04**

	<b>SOLO 1</b>	<b>SOLO 2</b>	
<b>q1</b>	35		kPa
<b>q2</b>		0	
<b>γ</b>	18	18	kN/m <sup>3</sup>
<b>φ</b>	33	33	°
<b>c'</b>	0	0	kPa
<b>Coefficiente de empuxo</b>			
<b>ka</b>	0,295	0,295	
<b>Kp</b>	3,392	3,392	
<b>Tensão horizontal</b>			
<b>d'h,ativo</b>	h		
<b>d'1</b>	0	10,318	10,318
<b>d'2a</b>	3,53	29,050	29,050
<b>d'2b</b>	3,53	29,050	
<b>d'3a</b>		29,05	5,306 z'
<b>d'h,passivo</b>			
<b>d'3b</b>		0,000	61,058 z'

<b>z0'=x'</b>	<b>0,521</b>	0,000	PONTO DE GIRO
<b>z'=x+z0'</b>			
<b>Pe</b>		55,752 z'	-29,050

<b>Y1</b>	2,286+x	E1	36,42
<b>Y2</b>	1,698+x	E2	33,06
<b>Y3</b>	,35+x	E3	7,57
<b>Y4</b>	,33 x	E4	27,876x <sup>2</sup>

<b>Equação 01</b>	-	33,061x	56,129
<b>Equação 02</b>	-	36,423x	83,264
<b>Equação 03</b>	-	7,568x	2,629
<b>Equação 04</b>	9,292 x <sup>3</sup>	-	-
<b>Equaçã Geral</b>	<b>-9,292 x<sup>3</sup></b>	77,052x	<b>142,022</b>

<b>Mo</b>	0,00	N.m <sup>3</sup>
<b>x</b>	<b>3,549</b>	m
<b>z</b>	4,070	m
<b>fseg</b>	4,885	m

**MODULO 05**

	<b>SOLO 1</b>	<b>SOLO 2</b>	
<b>q1</b>	35		kPa
<b>q2</b>		0	
<b>γ</b>	18	18	kN/m <sup>3</sup>
<b>φ</b>	33	33	°
<b>c'</b>	0	0	kPa
<b>Coefficiente de empuxo</b>			
<b>ka</b>	0,295	0,295	
<b>Kp</b>	3,392	3,392	
<b>Tensão horizontal</b>			
<b>d'h,ativo</b>	h		
<b>d'1</b>	0	10,32	10,318
<b>d'2a</b>	3,08	26,66	26,662
<b>d'2b</b>	3,08	26,66	
<b>d'3a</b>		26,66	5,306 z'
<b>d'h,passivo</b>			
<b>d'3b</b>		0,000	61,058 z'

<b>z0'=x'</b>	<b>0,478</b>	0,000	PONTO DE GIRO
<b>z'=x+z0'</b>			
<b>Pe</b>		55,752 z'	-26,662

<b>Y1</b>	2,018+x	E1	31,78
<b>Y2</b>	1,505+x	E2	25,17
<b>Y3</b>	,32+x	E3	6,38
<b>Y4</b>	,33 x	E4	27,876x <sup>2</sup>

<b>Equação 01</b>	-	25,169x	37,877
<b>Equação 02</b>	-	31,780x	64,138
<b>Equação 03</b>	-	6,375x	2,032
<b>Equação 04</b>	9,292 x <sup>3</sup>	-	-
<b>Equaçã Geral</b>	<b>-9,292 x<sup>3</sup></b>	63,324x	<b>104,048</b>

<b>Mo</b>	0,00	N.m <sup>3</sup>
<b>x</b>	<b>3,210</b>	m
<b>z</b>	3,688	m
<b>fseg</b>	4,426	m

**MODULO 06**

	SOLO 1	SOLO 2	
q1	35		kPa
q2		0	
$\gamma$	18	18	kN/m <sup>3</sup>
$\varphi$	33	33	°
c'	0	0	kPa
<b>Coefficiente de empuxo</b>			
ka	0,295	0,295	
Kp	3,392	3,392	
<b>Tensão horizontal</b>			
d'h,ativo	h		
d'1	0	10,32	10,318
d'2a	2,6	24,11	24,115
d'2b	2,6	24,11	
d'3a		24,11	5,306 z'
d'h,passivo			
d'3b		0,000	61,058 z'
z0'=x'	<b>0,433</b>	0,000	PONTO DE GIRO
z'=x+z0'			
Pe		55,752 z'	-24,115

Y1	1,733+x	E1	26,83
Y2	1,299+x	E2	17,94
Y3	,29+x	E3	5,22
Y4	,33 x	E4	27,876x <sup>2</sup>

Equação 01	-	17,936x	23,302
Equação 02	-	26,827x	46,479
Equação 03	-	5,215x	1,504
Equação 04	9,292 x <sup>3</sup>	-	-
Equaçã Geral	-9,292 x <sup>3</sup>	49,978x	<b>71,285</b>

Mo	0,00	N.m <sup>3</sup>
x	<b>2,842</b>	m
z	3,275	m
fseg	3,930	m

**MODULO 07**

	<b>SOLO 1</b>	<b>SOLO 2</b>	
q1	35		kPa
q2		0	
$\gamma$	18	18	kN/m <sup>3</sup>
$\varphi$	33	33	°
c'	0	0	kPa
<b>Coefficiente de empuxo</b>			
ka	0,295	0,295	
Kp	3,392	3,392	
<b>Tensão horizontal</b>			
d'h,ativo	ALTURA		
d'1	0	10,318	10,318
d'2a	2,13	21,621	21,621
d'2b	2,13	21,621	
d'3a		21,621	5,306 z'
d'h,passivo			
d'3b		0,000	61,058 z'
z0'=x'	<b>0,388</b>	0,000	PONTO DE GIRO
z'=x+z0'			
Pe		55,752 z'	-21,621

Y1	1,453+x	E1	21,98
Y2	1,098+x	E2	12,04
Y3	,26+x	E3	4,19
Y4	,33 x	E4	27,876x <sup>2</sup>

Equação 01	-	12,037x	13,215
Equação 02	-	21,977x	31,929
Equação 03	-	4,192x	1,084
Equação 04	9,292 x <sup>3</sup>	-	-
Equaçã Geral	-9,292 x <sup>3</sup>	38,207x	<b>46,227</b>

Mo	0,00	N.m <sup>3</sup>
x	<b>2,474</b>	m
z	2,862	m
fseg	3,435	m

**MODULO 08**

	<b>SOLO 1</b>	<b>SOLO 2</b>	
q1	35		kPa
q2			
$\gamma$	18	18	kN/m <sup>3</sup>
$\varphi$	33	33	°
c'	0	0	kPa
<b>Coefficiente de empuxo</b>			
ka	0,295	0,295	
Kp	3,392	3,392	
<b>Tensão horizontal</b>			
d'h,ativo	h		
d'1	0	10,318	10,318
d'2a	1,85	20,135	20,135
d'2b	1,85	20,135	
d'3a		20,135	5,306 z'
d'h,passivo			
d'3b		0,000	61,058 z'

z0'=x'	<b>0,361</b>	0,000	PONTO DE GIRO
z'=x+z0'			
Pe		55,752 z'	-20,135

Y1	1,286+x	E1	19,09
Y2	,978+x	E2	9,08
Y3	,24+x	E3	3,64
Y4	,33 x	E4	27,876x <sup>2</sup>

Equação 01	-	9,081x	8,879
Equação 02	-	19,088x	24,551
Equação 03	-	3,636x	0,875
Equação 04	9,292 x <sup>3</sup>	-	-
Equaçã Geral	-9,292 x <sup>3</sup>	31,805x	<b>34,305</b>

Mo	0,00	N.m <sup>3</sup>
x	<b>2,250</b>	m
z	2,611	m
fseg	3,134	m

**MODULO 09**

	<b>SOLO 1</b>	<b>SOLO 2</b>	
q1	35		kPa
q2		0	
$\gamma$	18	18	kN/m <sup>3</sup>
$\varphi$	33	33	°
c'	0	0	kPa
<b>Coefficiente de empuxo</b>			
ka	0,295	0,295	
Kp	3,392	3,392	
<b>Tensão horizontal</b>			
d'h,ativo	h		
d'1	0	10,318	10,318
d'2a	1,58	18,702	18,702
d'2b	1,58	18,702	
d'3a		18,702	5,306 z'
d'h,passivo			
d'3b		0,000	61,058 z'

z0'=x'	<b>0,335</b>	0,000	PONTO DE GIRO
z'=x+z0'			
Pe		55,752 z'	-18,702

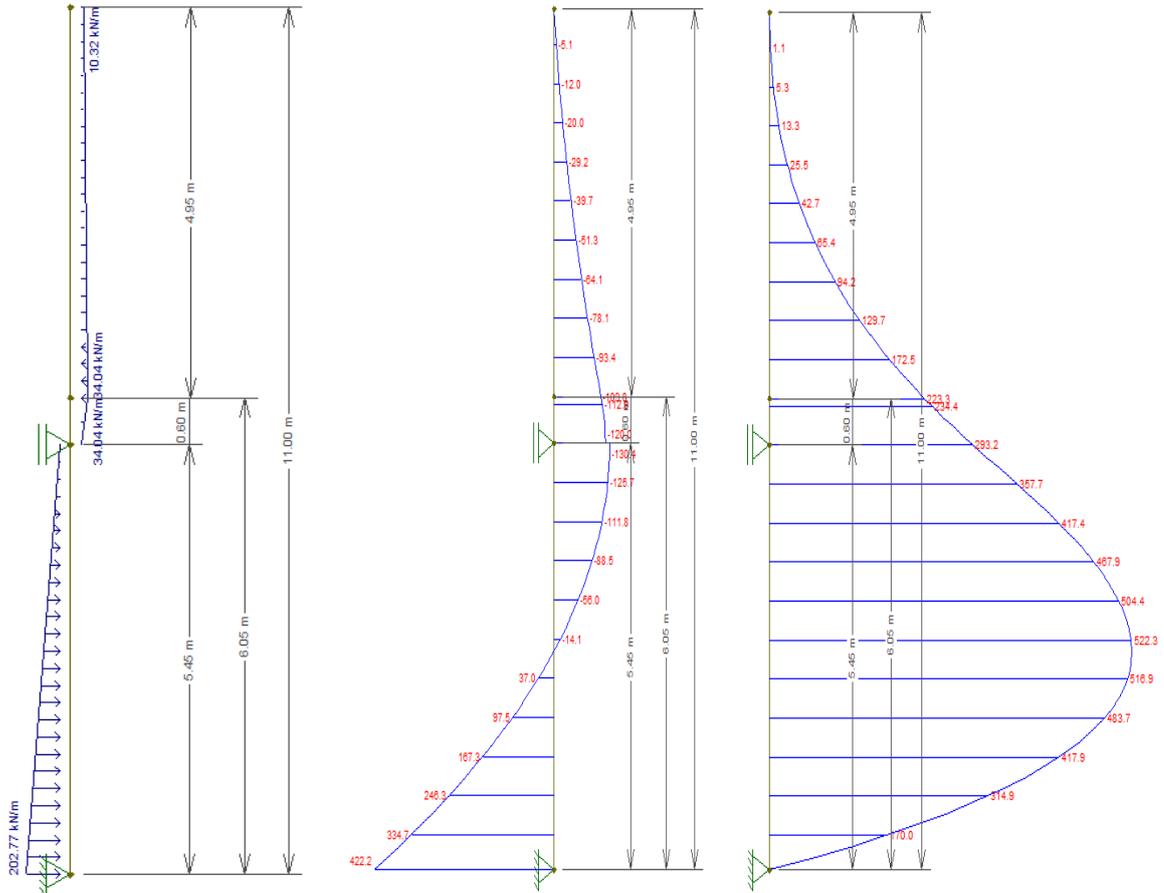
Y1	1,125+x	E1	16,30
Y2	,862+x	E2	6,62
Y3	,22+x	E3	3,14
Y4	,33 x	E4	27,876x <sup>2</sup>

Equação 01	-	6,623x	5,710
Equação 02	-	16,302x	18,348
Equação 03	-	3,137x	0,702
Equação 04	9,292 x <sup>3</sup>	-	-
Equaçã Geral	-9,292 x <sup>3</sup>	26,063x	<b>24,759</b>

Mo	0,00	N.m <sup>3</sup>
x	<b>2,029</b>	m
z	2,365	m
fseg	2,838	m

## **APÊNDICE B**

# MODULO 01

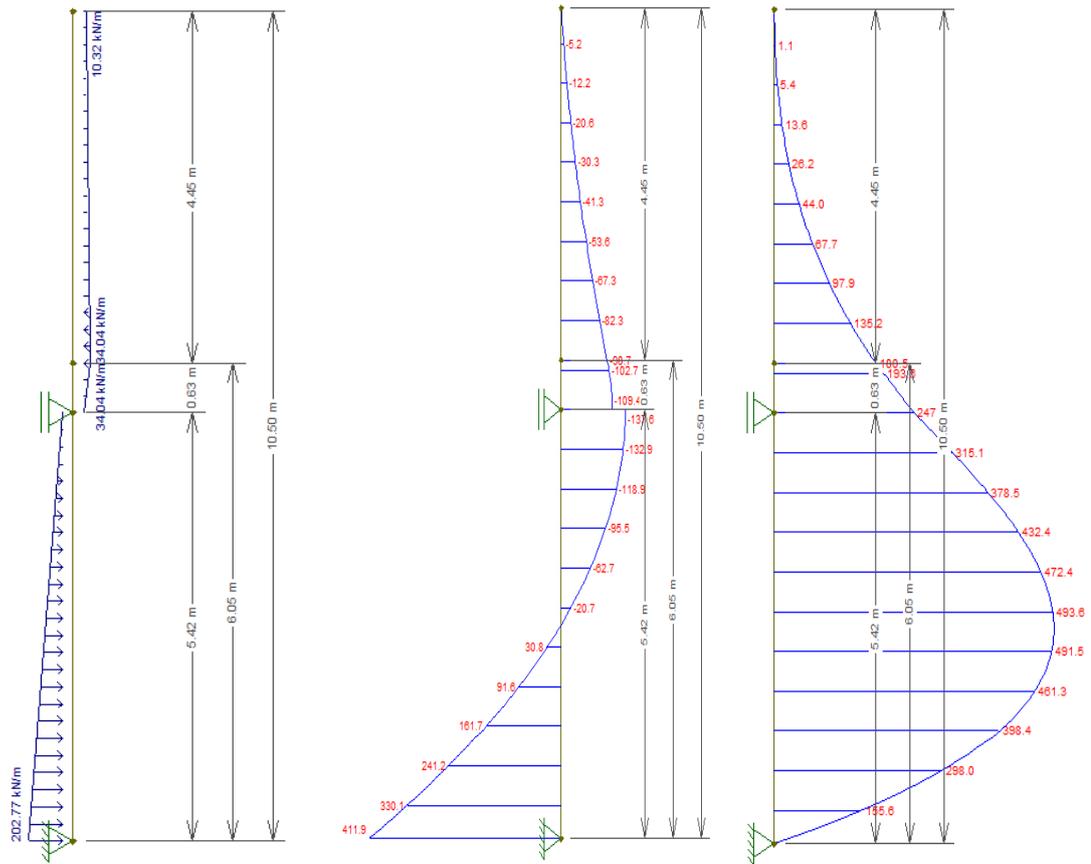


Cálculo das solicitações (I) Carregamento aplicado ;(II)Esforços cortante (kN/m); (III) Momentos fletores (kNm/m).

Com as informações obtidas utilizando Ftool, conseguimos determinar o momento fletor máximo e o esforço cortante máximo e considerando o diâmetro de 80 cm obtemos:

MOD	Q (kN/m)	M (kN.m/m)	Vmáx (kN)	Mmáx (kN.m)
1	422,200	522,300	337,760	417,840

## MODULO 02

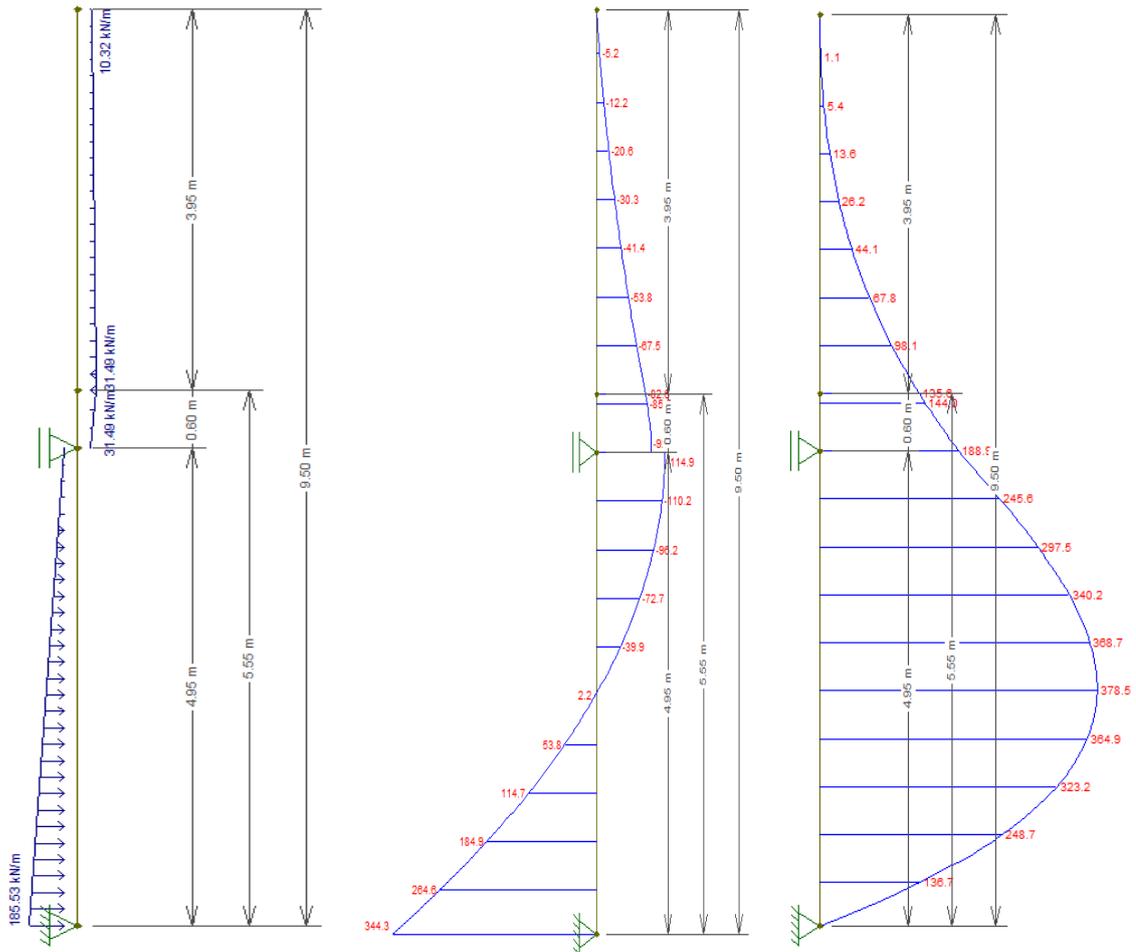


Cálculo das solicitações (I) Carregamento aplicado ;(II) Esforços cortante (kN/m); (II) Momentos fletores (kNm/m).

Com as informações obtidas utilizando Ftool, conseguimos determinar o momento fletor máximo e o esforço cortante máximo e considerando o diâmetro de 80 cm obtemos:

MOD	Q (kN/m)	M (kN.m/m)	V <sub>máx</sub> (kN)	M <sub>máx</sub> (kN.m)
2	411,900	493,600	329,520	394,880

## MODULO 03

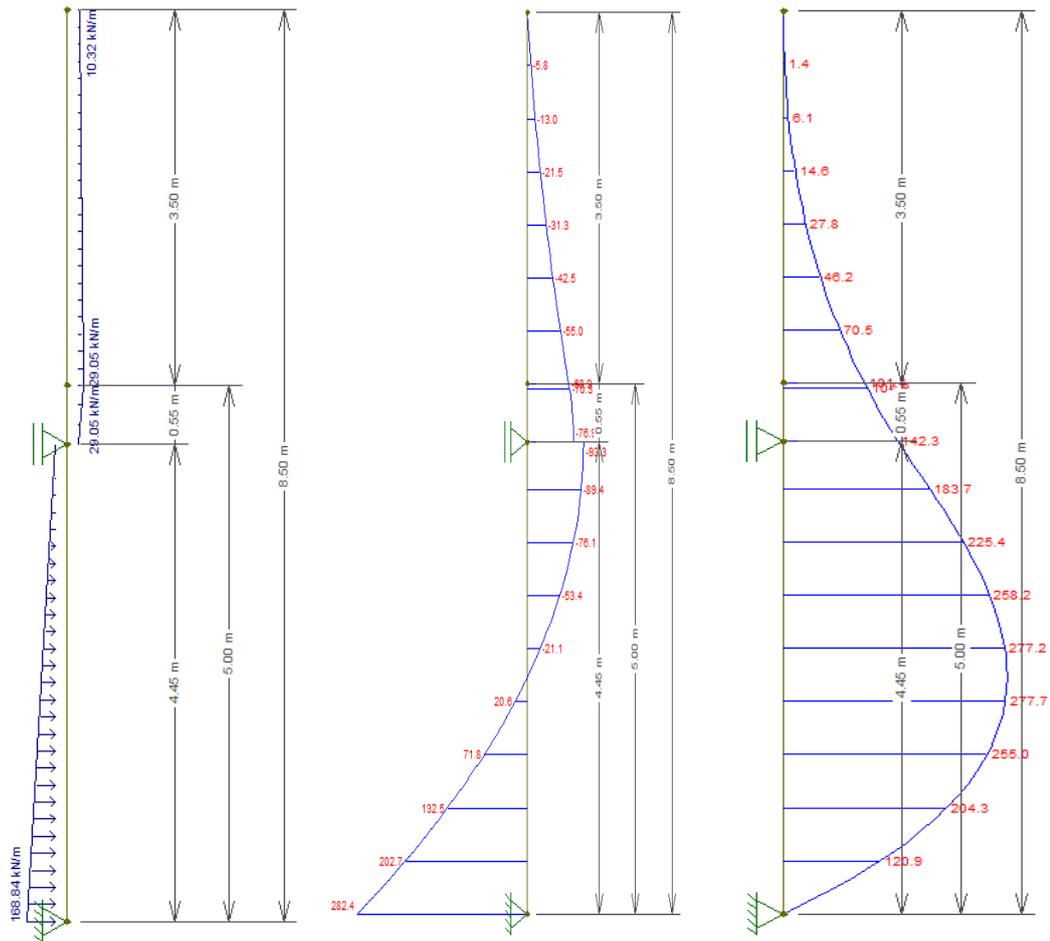


Cálculo das solicitações (I) Carregamento aplicado ;(II) Esforços cortante (kN/m); (II) Momentos fletores (kNm/m).

Com as informações obtidas utilizando Ftool, conseguimos determinar o momento fletor máximo e o esforço cortante máximo e considerando o diâmetro de 80 cm obtemos:

MOD	Q (kN/m)	M (kN.m/m)	Vmáx (kN)	Mmáx (kN.m)
3	344,300	378,500	275,440	302,800

## MODULO 04

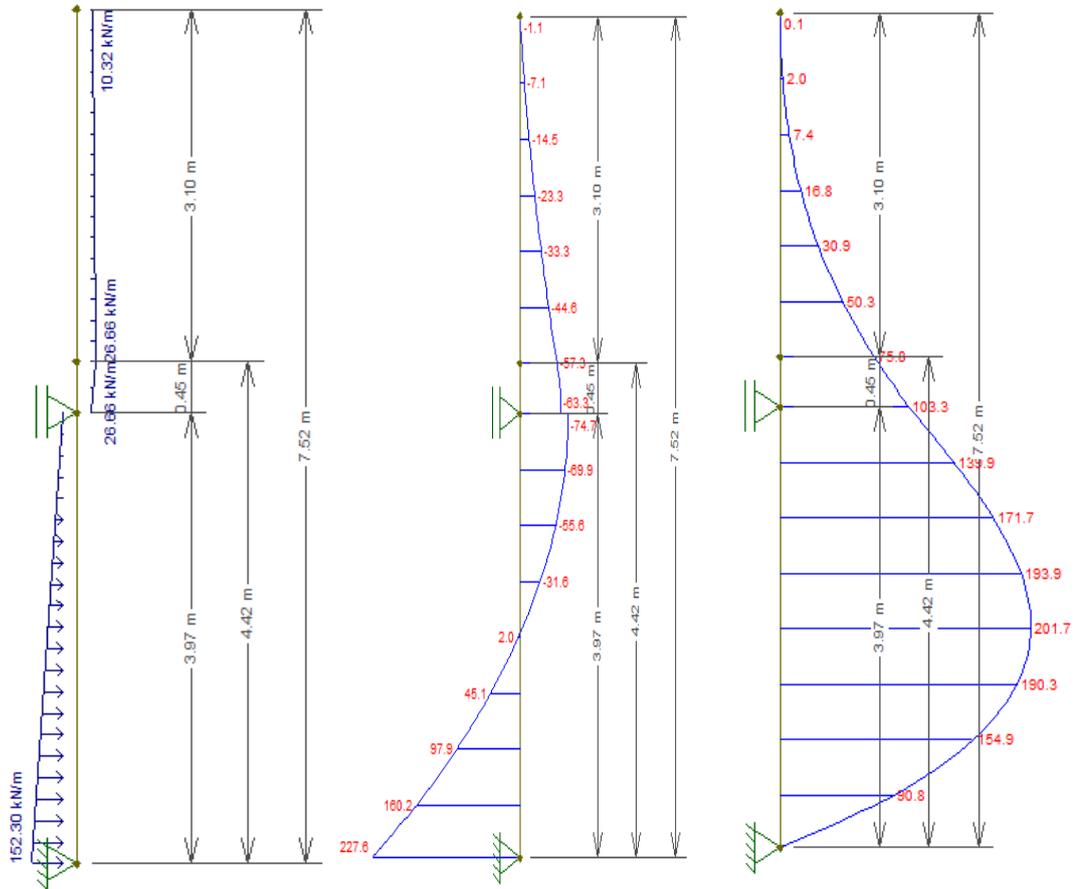


Cálculo das solicitações (I) Carregamento aplicado ;(II) Esforços cortante (kN/m); (II) Momentos fletores (kNm/m).

Com as informações obtidas utilizando Ftool, conseguimos determinar o momento fletor máximo e o esforço cortante máximo e considerando o diâmetro de 80 cm obtemos:

MOD	Q (kN/m)	M (kN.m/m)	Vmáx (kN)	Mmáx (kN.m)
4	282,400	277,700	225,920	222,160

## MODULO 05

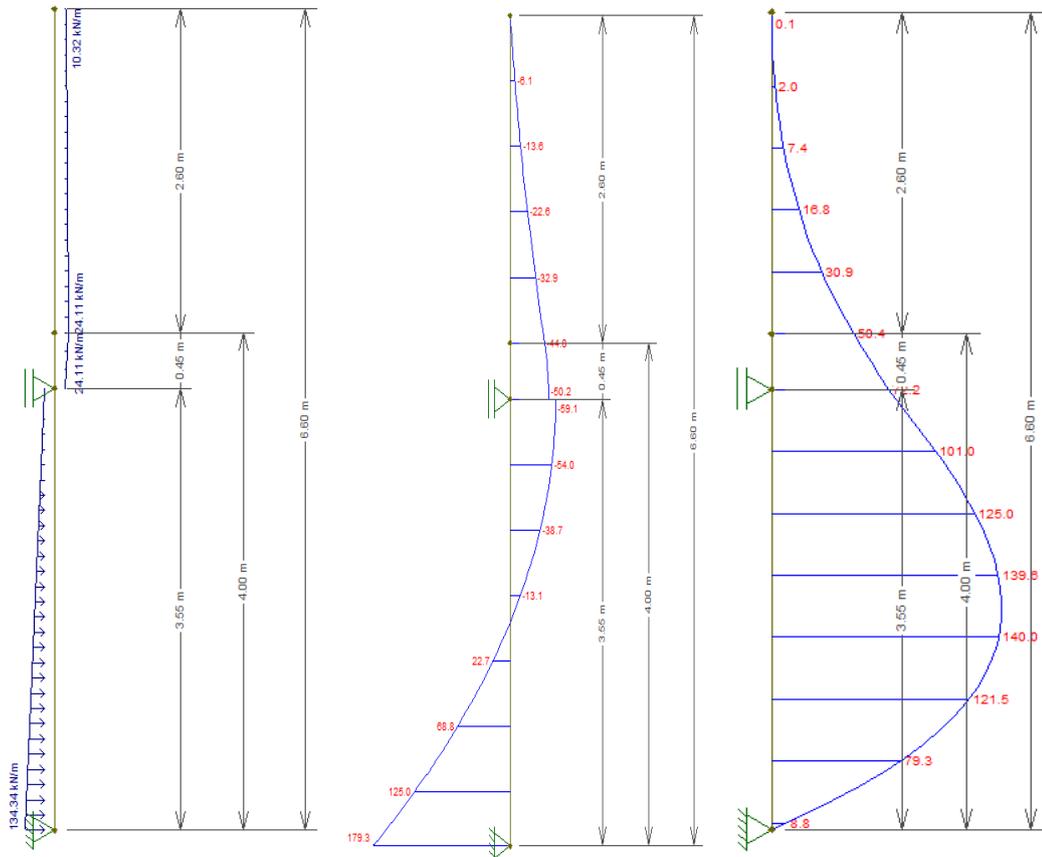


Cálculo das solicitações (I) Carregamento aplicado ;(II) Esforços cortante (kN/m); (II) Momentos fletores (kNm/m).

Com as informações obtidas utilizando Ftool, conseguimos determinar o momento fletor máximo e o esforço cortante máximo e considerando o diâmetro de 80 cm obtemos:

MOD	Q (kN/m)	M (kN.m/m)	Vmáx (kN)	Mmáx (kN.m)
5	227,600	201,700	182,080	161,360

## MODULO 06

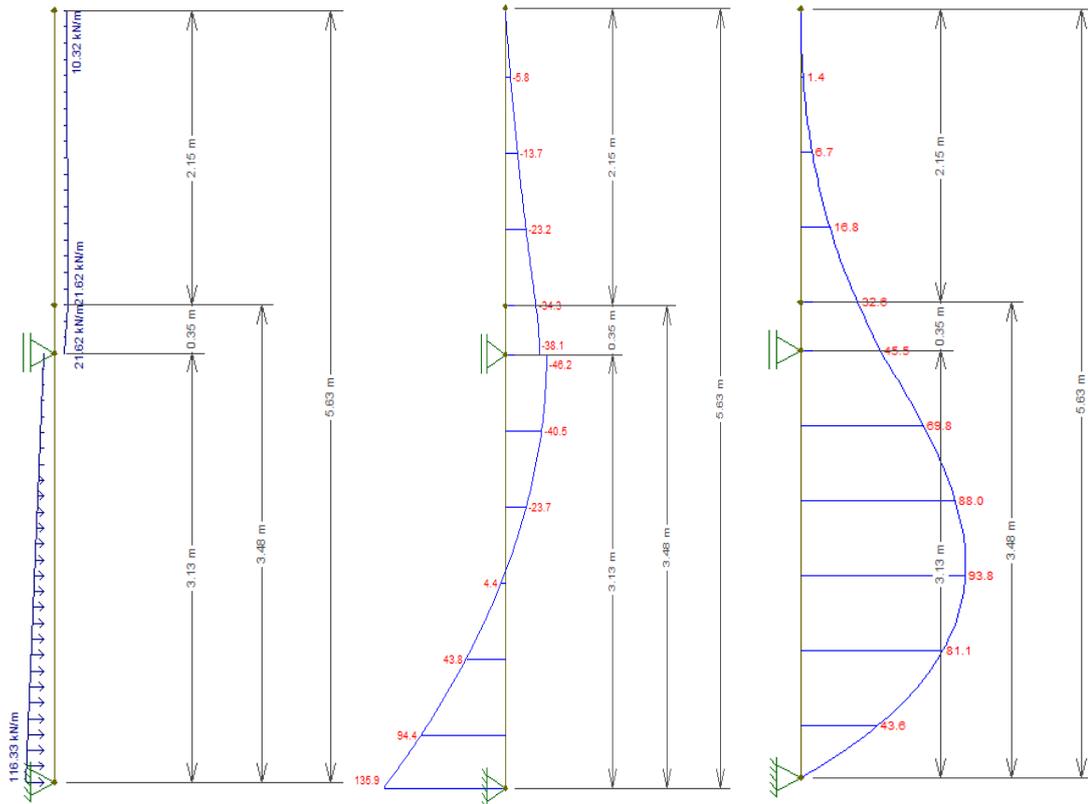


Cálculo das solicitações (I) Carregamento aplicado ;(II) Esforços cortante (kN/m); (II) Momentos fletores (kNm/m).

Com as informações obtidas utilizando Ftool, conseguimos determinar o momento fletor máximo e o esforço cortante máximo e considerando o diâmetro de 80 cm obtemos:

MOD	Q (kN/m)	M (kN.m/m)	Vmáx (kN)	Mmáx (kN.m)
6	179,300	140,000	143,440	112,000

## MODULO 07

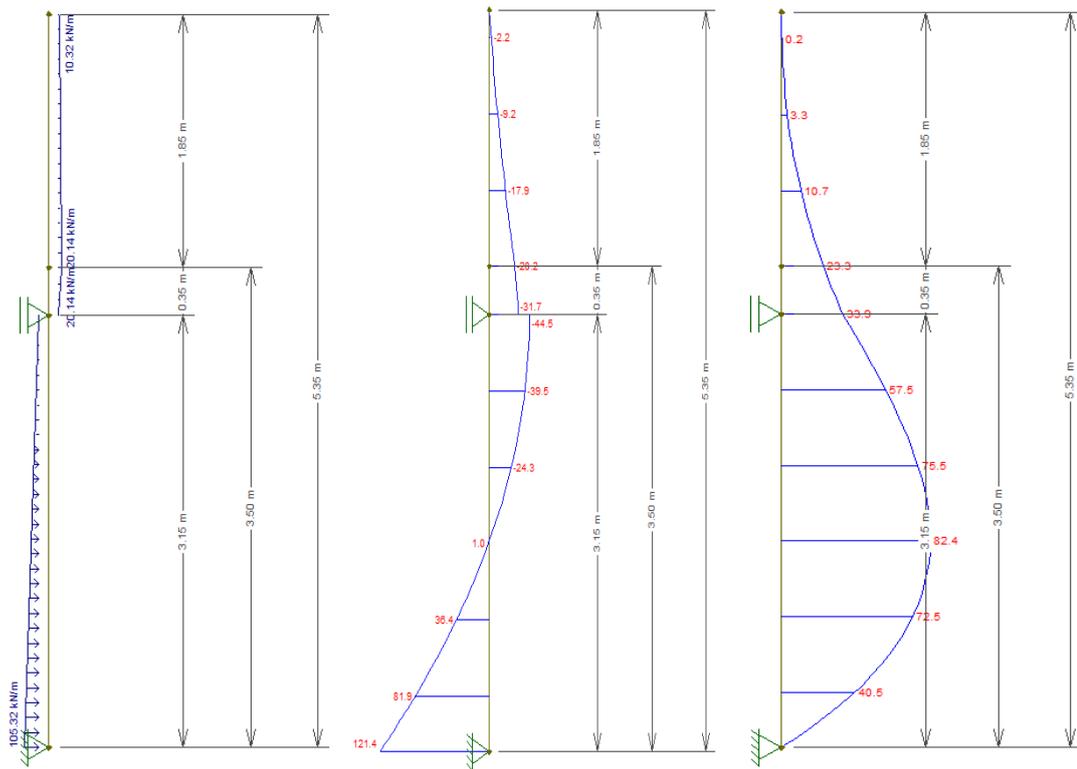


Cálculo das solicitações (I) Carregamento aplicado ;(II) Esforços cortante (kN/m); (II) Momentos fletores (kNm/m).

Com as informações obtidas utilizando Ftool, conseguimos determinar o momento fletor máximo e o esforço cortante máximo e considerando o diâmetro de 80 cm obtemos:

MOD	Q (kN/m)	M (kN.m/m)	Vmáx (kN)	Mmáx (kN.m)
7	135,900	93,800	108,720	75,040

## MODULO 08

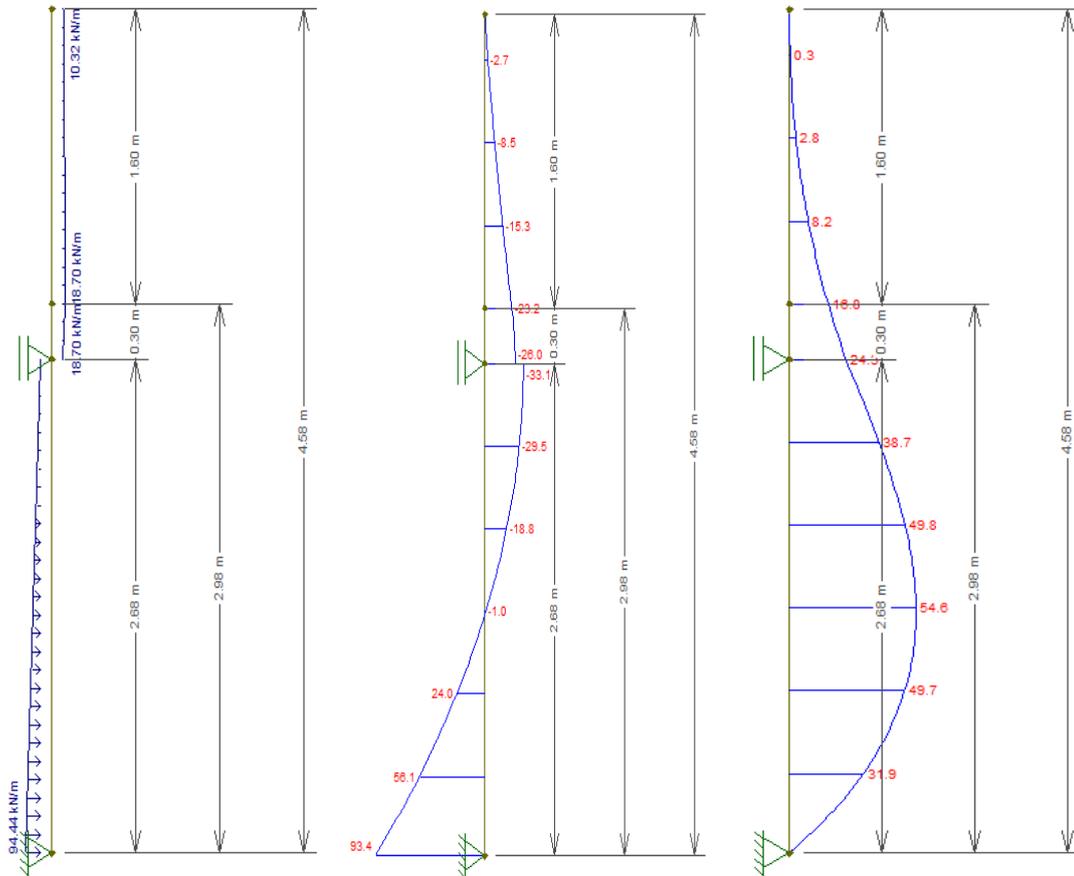


Cálculo das solicitações (I) Carregamento aplicado ;(II) Esforços cortante (kN/m); (II) Momentos fletores (kNm/m).

Com as informações obtidas utilizando Ftool, conseguimos determinar o momento fletor máximo e o esforço cortante máximo e considerando o diâmetro de 80 cm obtemos:

MOD	Q (kN/m)	M (kN.m/m)	Vmáx (kN)	Mmáx (kN.m)
8	121,400	81,900	97,120	65,520

## MODULO 9

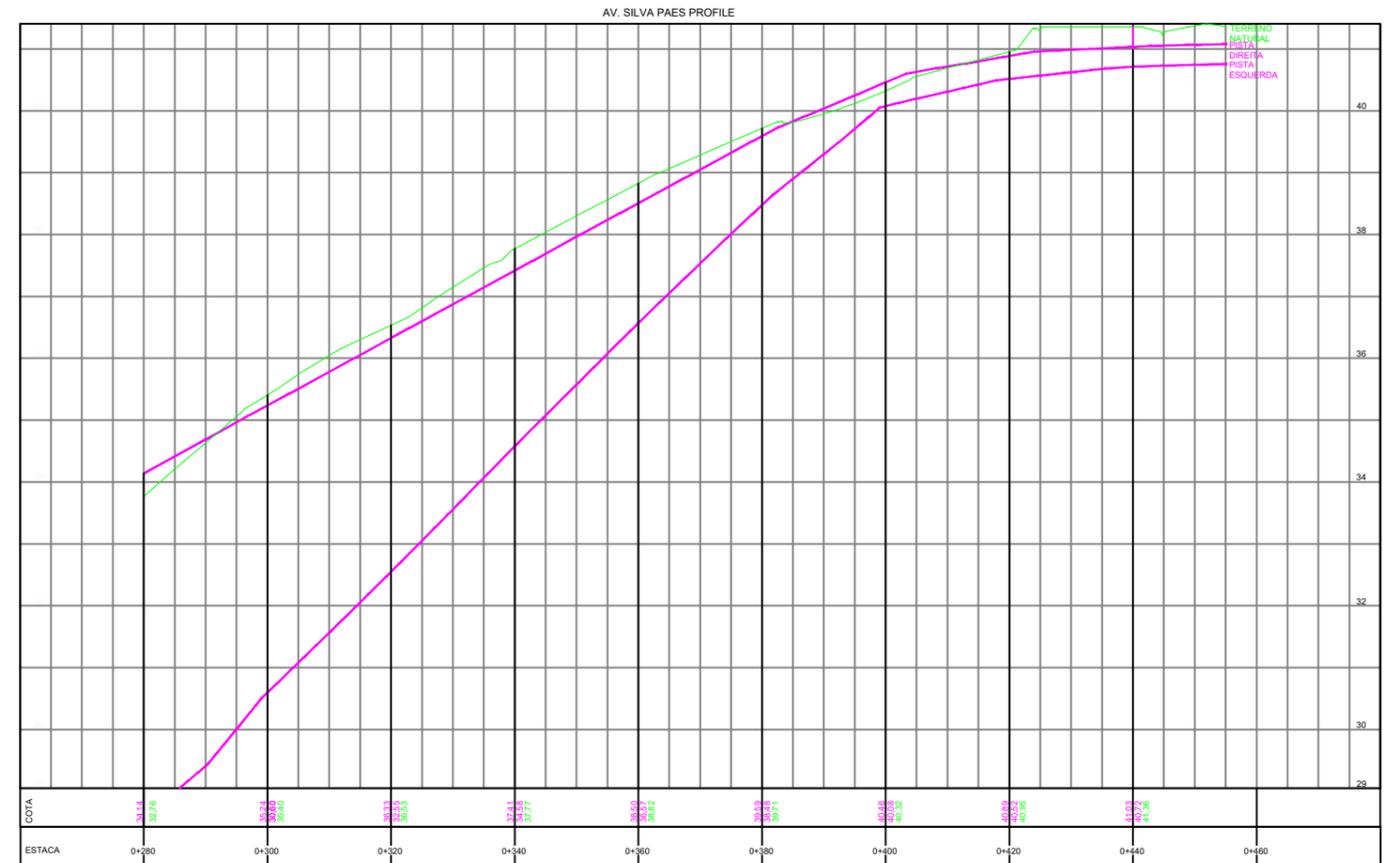
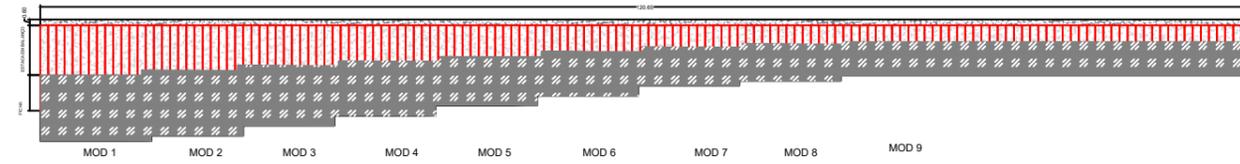


Cálculo das solicitações (I) Carregamento aplicado ;(II) Esforços cortante (kN/m); (II) Momentos fletores (kNm/m).

Com as informações obtidas utilizando Ftool, conseguimos determinar o momento fletor máximo e o esforço cortante máximo e considerando o diâmetro de 80 cm obtemos:

MOD	Q (kN/m)	M (kN.m/m)	V <sub>máx</sub> (kN)	M <sub>máx</sub> (kN.m)
9	93,400	54,200	74,720	43,360

## APÉNDICE C



OBRA  
**AV. TRONCO**  
**CORTINA DE ESTACA JUSTAPÓSTAS**  
 AV. SILVA PAES.  
 PORTO ALEGRE RS

RESPONSÁVEL TÉCNICO:  
 LUIS SANTIAGO RAMOS JUNIOR  
 ORIENTADOR:  
 CESAR ALBERTO RUYER

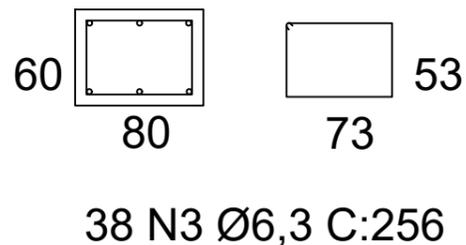
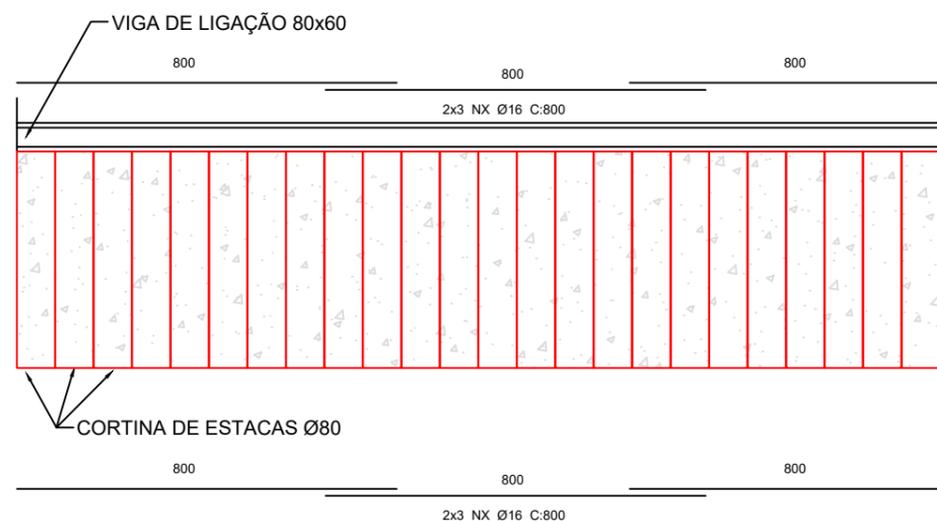
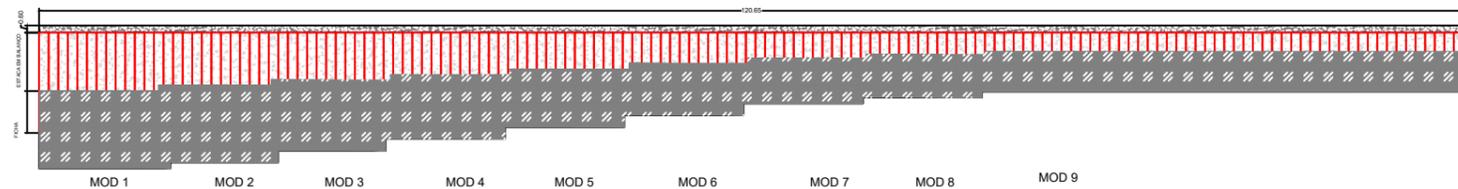
Detalhamento  
 ASSUNTO  
**DETALHAMENTO DA ESTRURA  
 DE ESTACA JUSTAPOSTA**

DATA:  
 01/03/2023

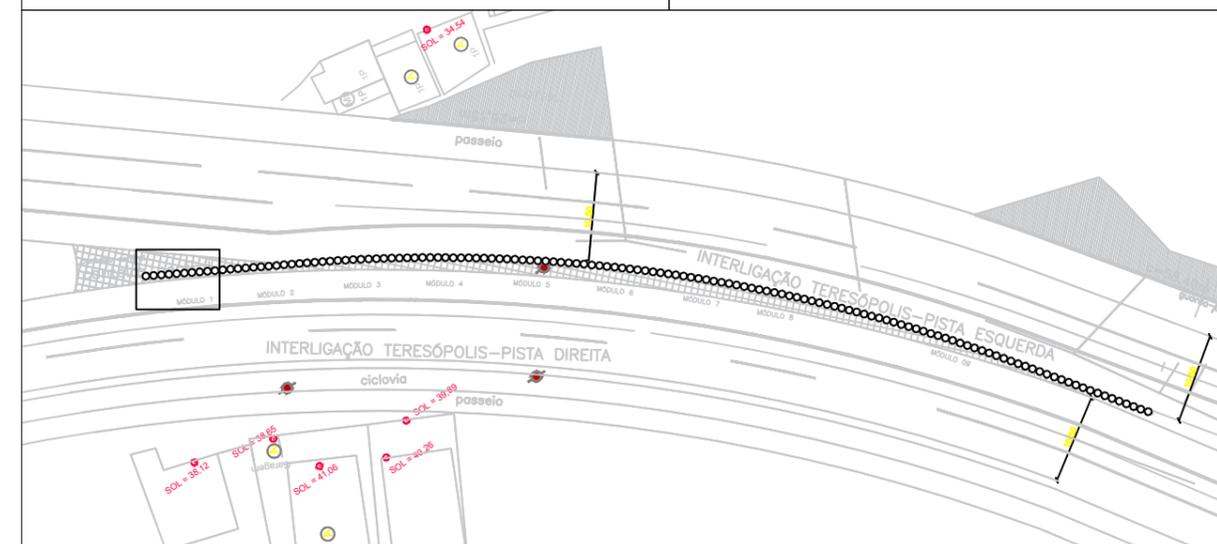
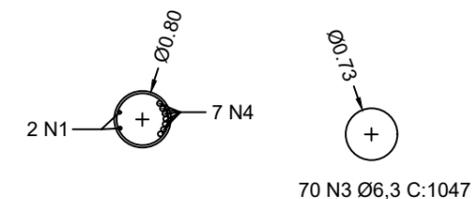
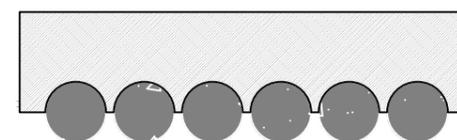
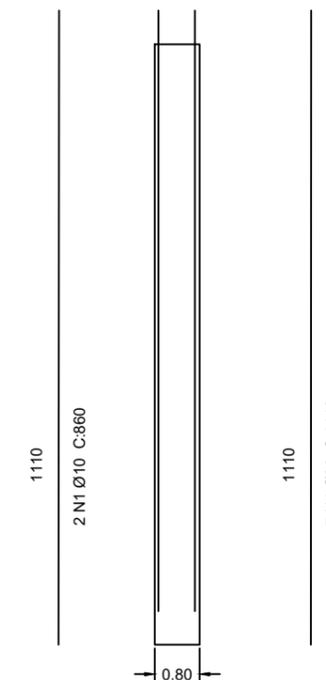
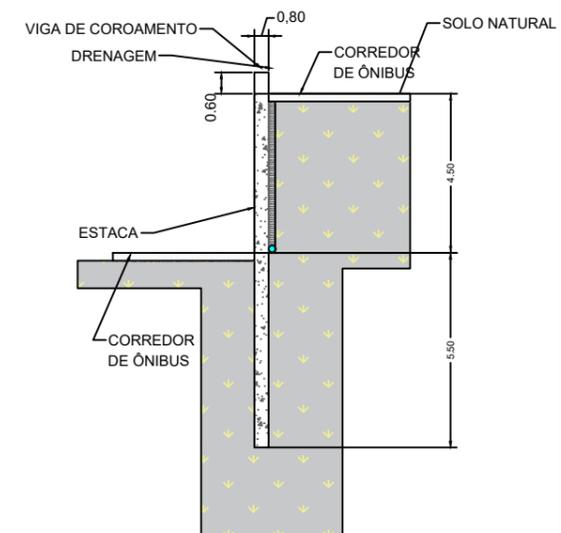
DIMENSÕES :  
 420X 279

PRANCHA  
**01**

REV.  
 00



QUANTITATIVO ESTACA MODULO 01				
POSIÇÃO	Ø (mm)	QUANT.	C.TOTAL (m)	PESO (kg)
N5	20,000	8,000	10,950	217,248
N1	10,000	2,000	10,950	13,666
CONCRETO:	5,475 m <sup>3</sup>		TOTAL	230,914



OBRA  
**AV. TRONCO**  
**CORTINA DE ESTACA JUSTAPÓSTAS**  
 AV. SILVA PAES,  
 PORTO ALEGRE RS

RESPONSÁVEL TÉCNICO:  
 LUIS SANTIAGO RAMOS JUNIOR  
 ORIENTADOR:  
 CESAR ALBERTO RUVER

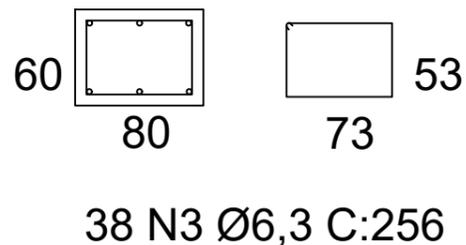
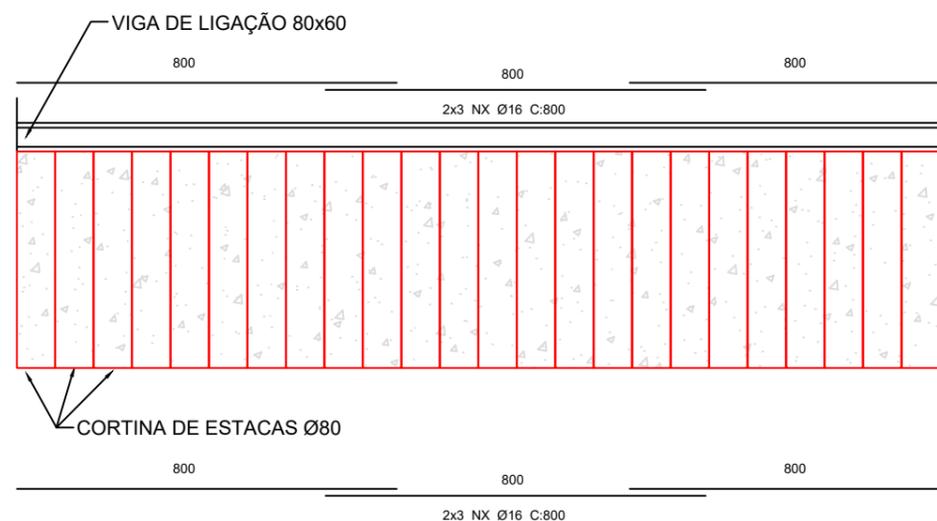
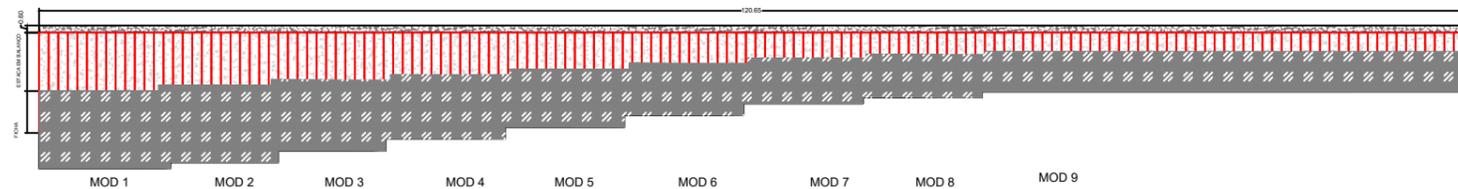
MÓDULO 01  
 ASSUNTO  
**DETALHAMENTO DA ESTRURA  
 DE ESTACA JUSTAPOSTA**

DATA:  
 01/03/2023

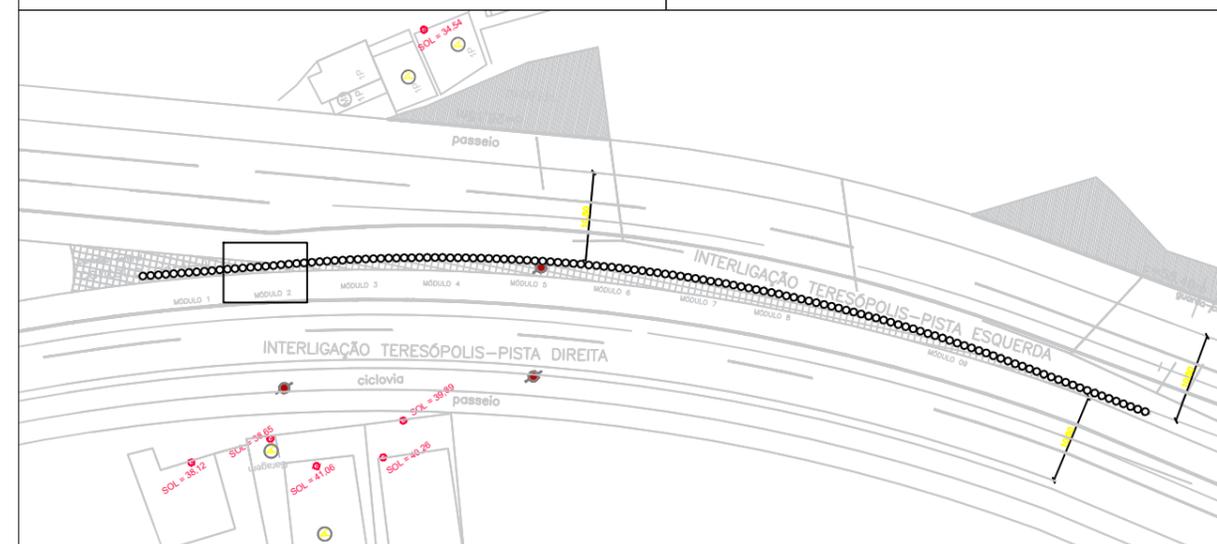
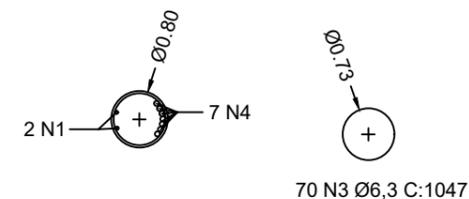
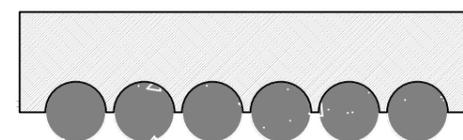
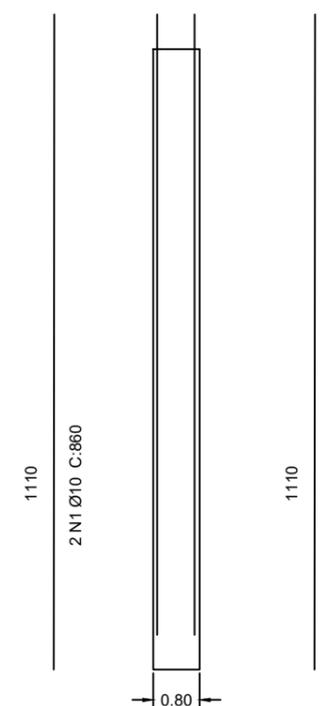
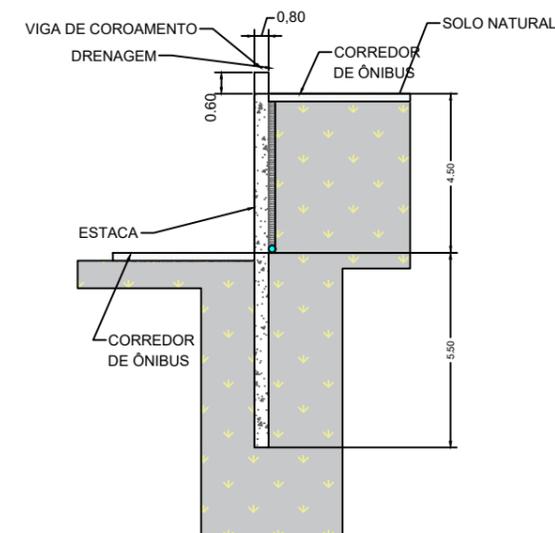
DIMENSÕES :  
 420X 279

PRANCHA  
**02**

REV.  
 00



QUANTITATIVO ESTACA MODULO 02				
POSIÇÃO	Ø (mm)	QUANT.	C.TOTAL (m)	PESO (kg)
N5	20,000	7,000	10,470	181,759
N1	10,000	2,000	10,470	13,067
CONCRETO:	5,475 m <sup>3</sup>		TOTAL	194,826



OBRA  
**AV. TRONCO**  
**CORTINA DE ESTACA JUSTAPÓSTAS**  
 AV. SILVA PAES,  
 PORTO ALEGRE RS

RESPONSÁVEL TÉCNICO:  
 LUIS SANTIAGO RAMOS JUNIOR  
 ORIENTADOR:  
 CESAR ALBERTO RUVER

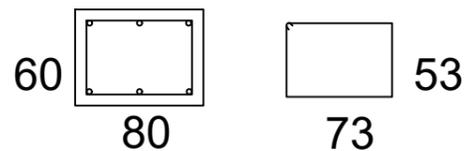
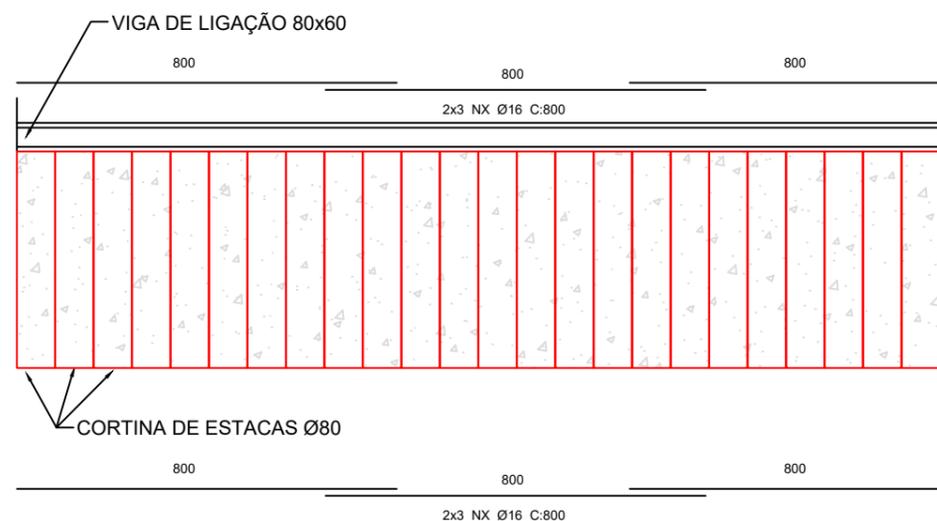
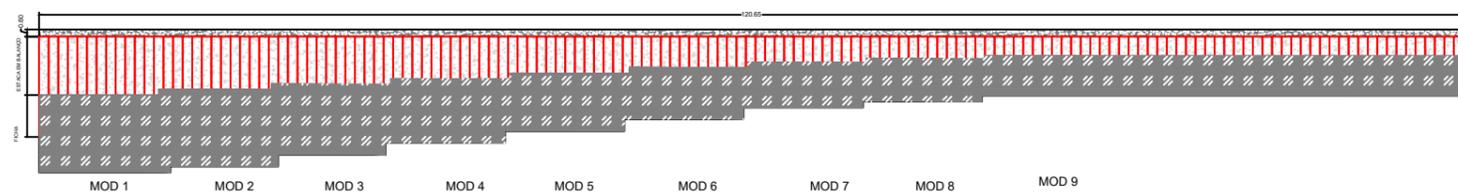
MÓDULO 02  
 ASSUNTO  
**DETALHAMENTO DA ESTRURA  
 DE ESTACA JUSTAPOSTA**

DATA:  
 01/03/2023

DIMENSÕES :  
 420X 279

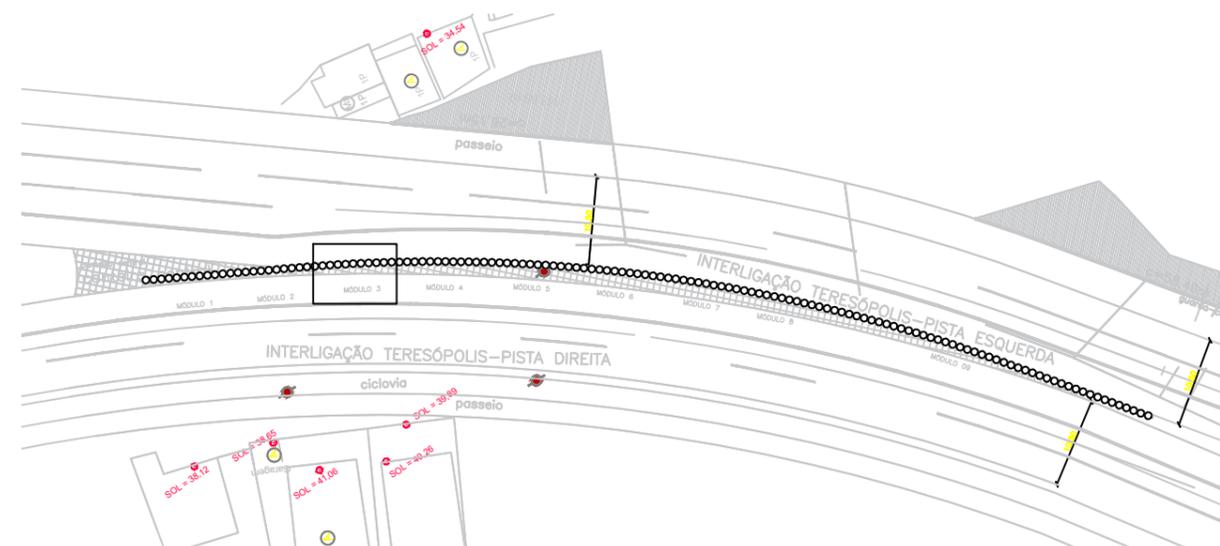
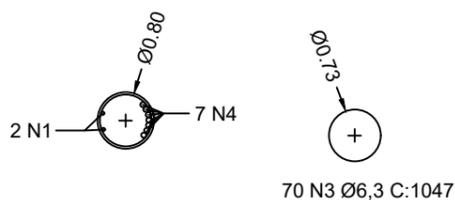
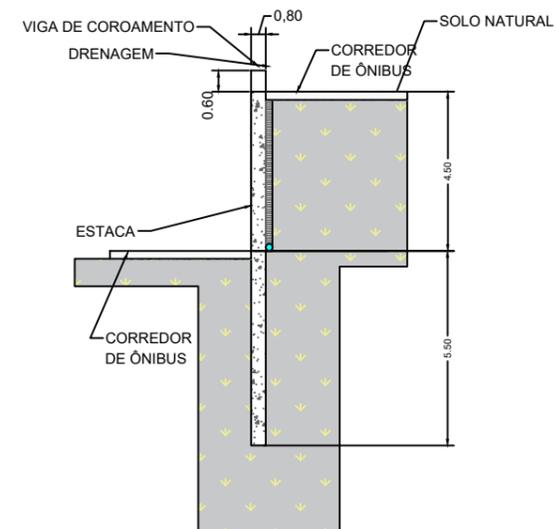
PRANCHA  
**03**

REV.  
 00



38 N3 Ø6,3 C:256

QUANTITATIVO ESTACA MODULO 03				
POSIÇÃO	Ø (mm)	QUANT.	C.TOTAL (m)	PESO (kg)
N5	20,000	6,000	9,490	141,211
N1	10,000	2,000	9,490	11,844
CONCRETO:	4,751 m <sup>3</sup>		TOTAL	153,055



OBRA  
**AV. TRONCO**  
**CORTINA DE ESTACA JUSTAPÓSTAS**  
AV. SILVA PAES.  
PORTO ALEGRE RS

MÓDULO 03  
ASSUNTO  
**DETALHAMENTO DA ESTRURA  
DE ESTACA JUSTAPOSTA**

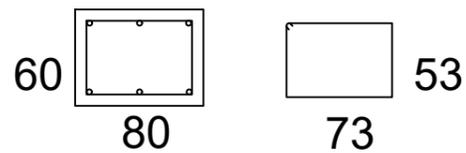
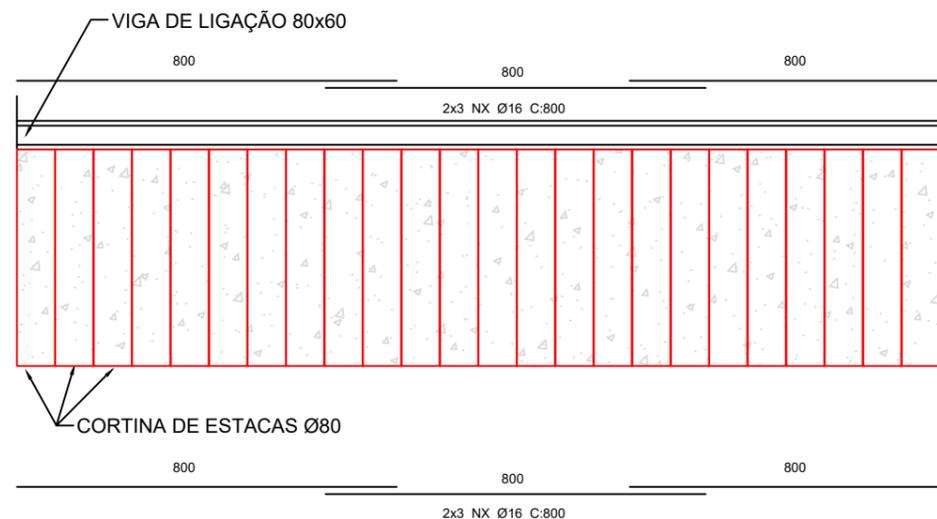
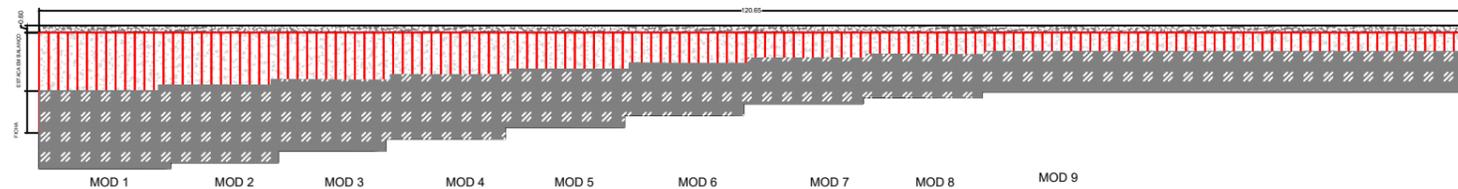
RESPONSÁVEL TÉCNICO:  
LUIS SANTIAGO RAMOS JUNIOR  
ORIENTADOR:  
CESAR ALBERTO RUVER

DATA:  
01/03/2023

DIMENSÕES :  
420X 279

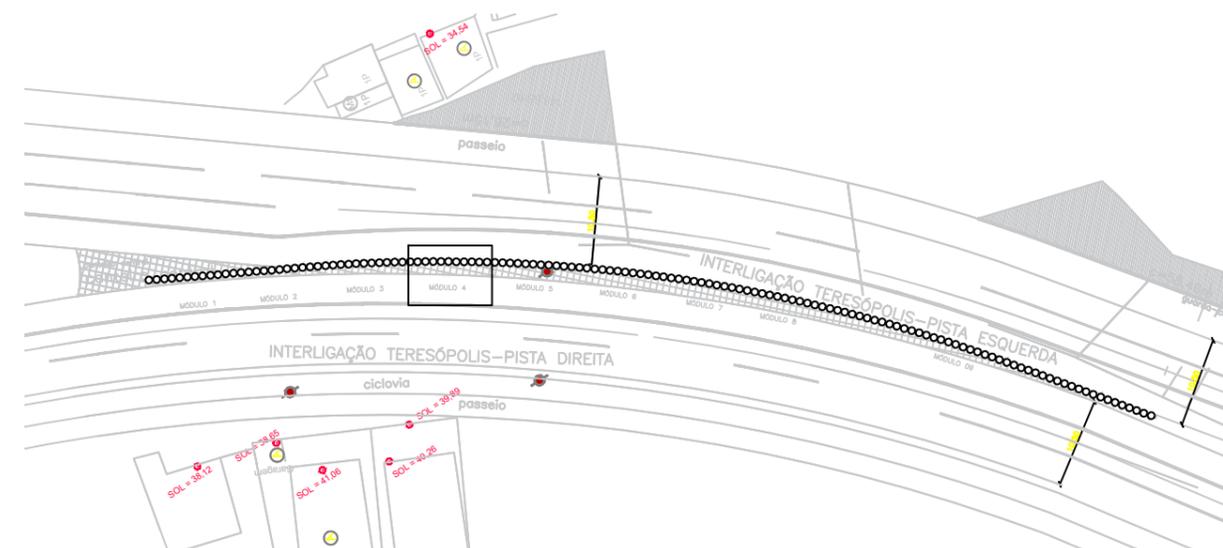
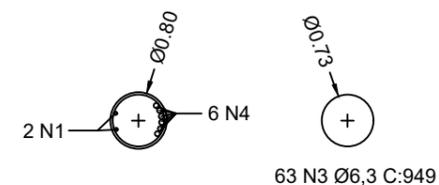
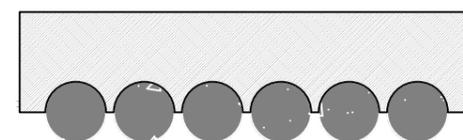
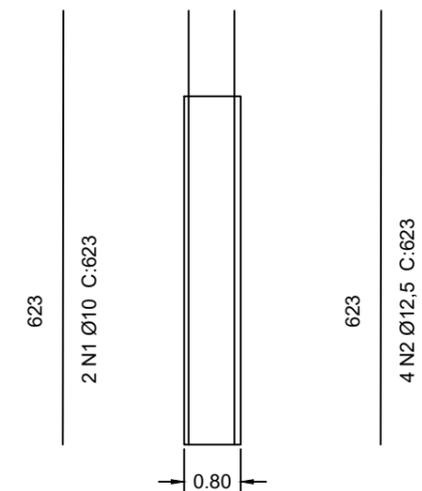
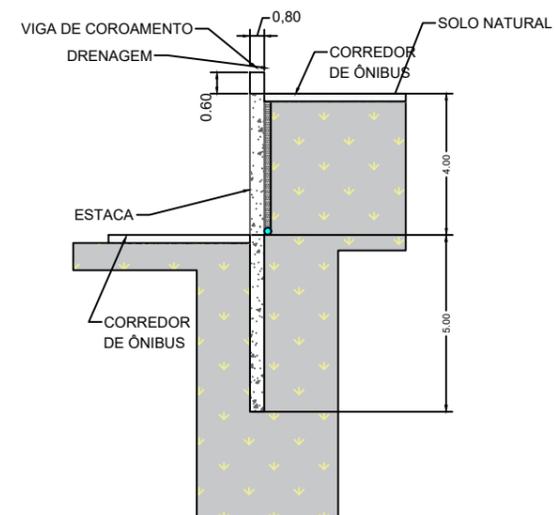
PRANCHA  
**04**

REV.  
00



38 N3 Ø6,3 C:256

QUANTITATIVO ESTACA MODULO 04				
POSIÇÃO	Ø (mm)	QUANT.	C.TOTAL (m)	PESO (kg)
N4	16,000	6,000	8,530	80,353
N1	10,000	2,000	8,530	10,645
CONCRETO:	4,276 m <sup>3</sup>		TOTAL	90,998



OBRA  
**AV. TRONCO**  
**CORTINA DE ESTACA JUSTAPÓSTAS**  
 AV. SILVA PAES,  
 PORTO ALEGRE RS

MÓDULO 04  
 ASSUNTO  
**DETALHAMENTO DA ESTRURA**  
**DE ESTACA JUSTAPOSTA**

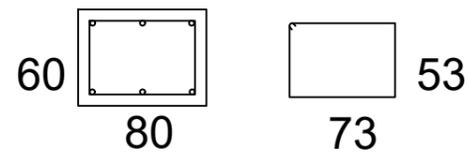
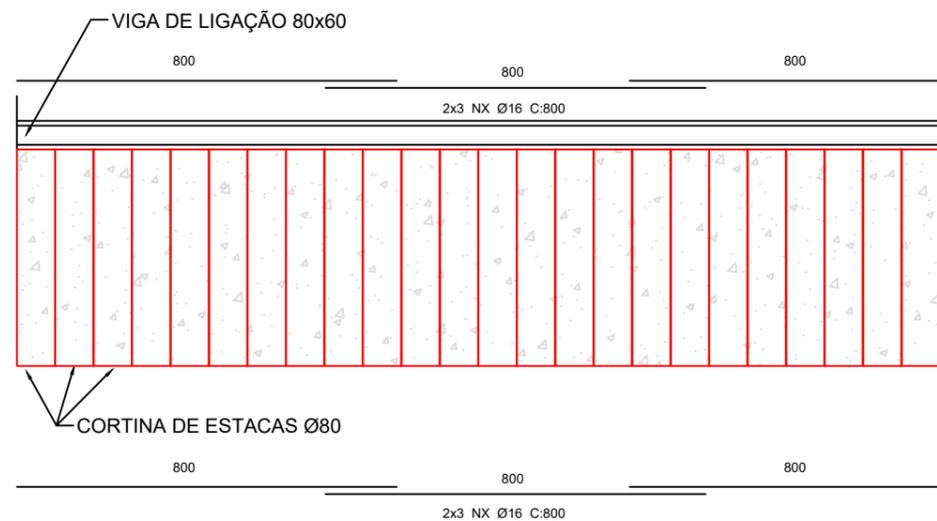
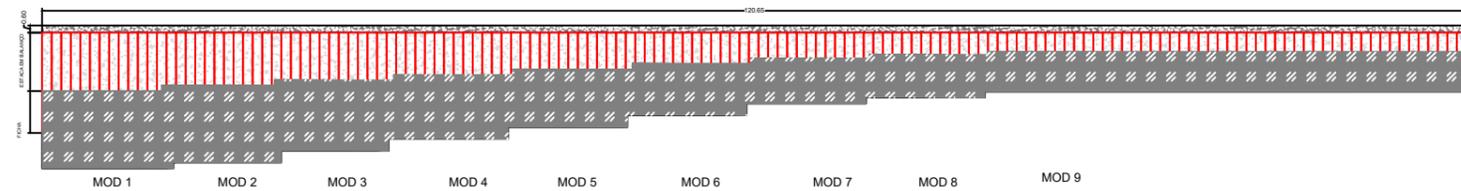
RESPONSÁVEL TÉCNICO:  
 LUIS SANTIAGO RAMOS JUNIOR  
 ORIENTADOR:  
 CESAR ALBERTO RUVER

DATA:  
 01/03/2023

DIMENSÕES :  
 420X 279

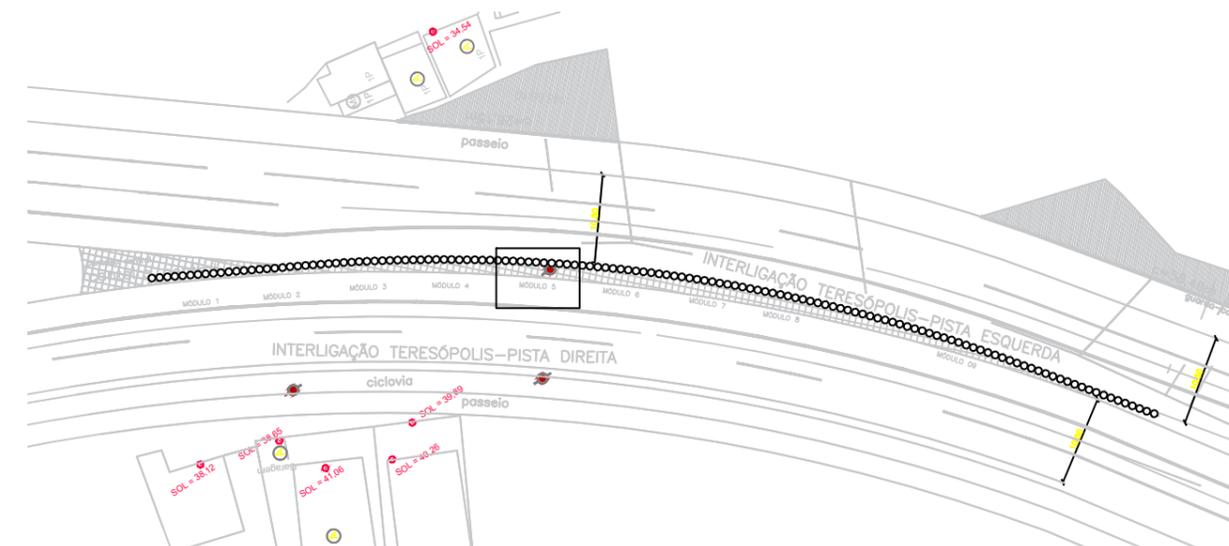
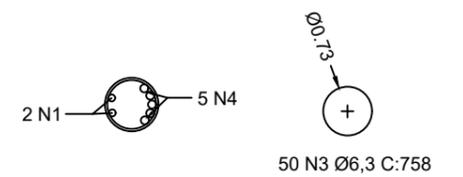
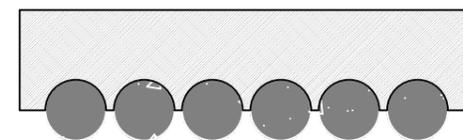
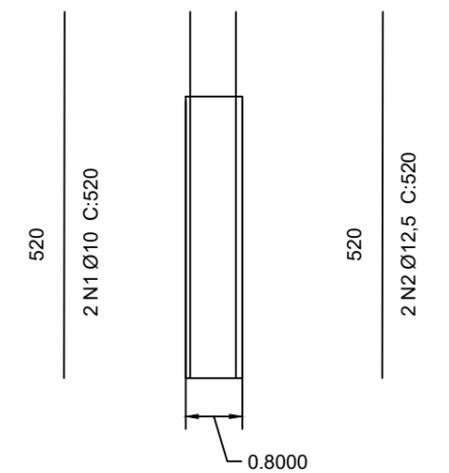
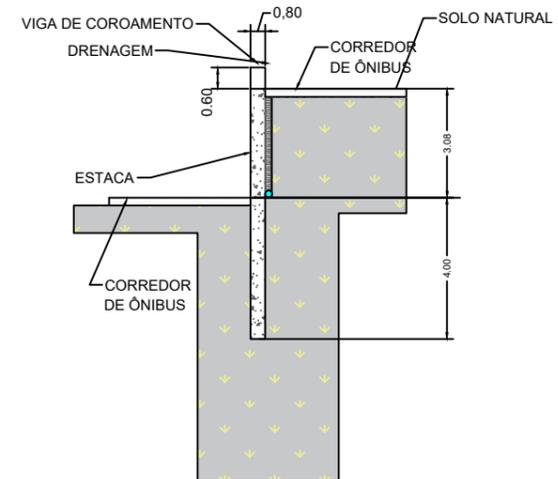
PRANCHA  
**05**

REV.  
 00



38 N3 Ø6,3 C:256

QUANTITATIVO ESTACA MODULO 05				
POSIÇÃO	Ø (mm)	QUANT.	C.TOTAL (m)	PESO (kg)
N4	16,000	5,000	7,580	59,503
N1	10,000	2,000	7,580	9,460
CONCRETO:	3,801 m <sup>3</sup>		TOTAL	68,963



OBRA  
**AV. TRONCO**  
**CORTINA DE ESTACA JUSTAPÓSTAS**  
AV. SILVA PAES.  
PORTO ALEGRE RS

RESPONSÁVEL TÉCNICO:  
LUIS SANTIAGO RAMOS JUNIOR  
ORIENTADOR:  
CESAR ALBERTO RUVER

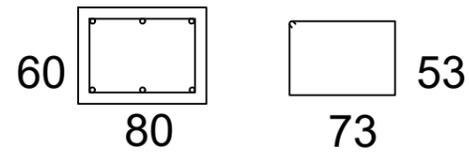
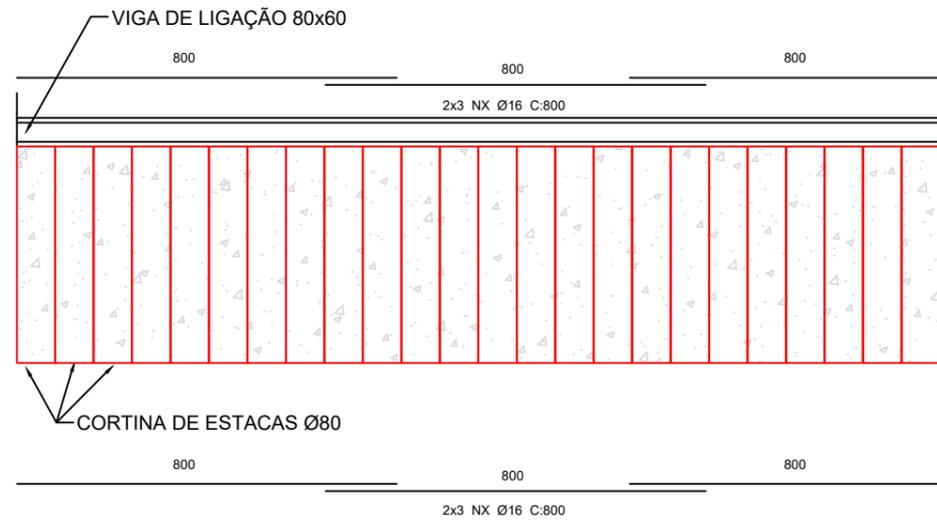
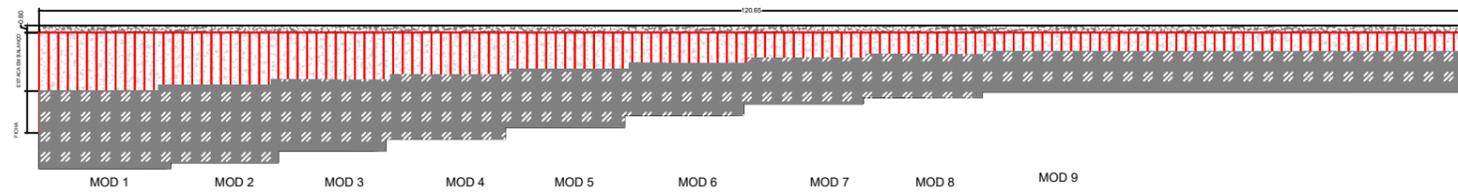
MÓDULO 05  
ASSUNTO  
**DETALHAMENTO DA ESTRURA  
DE ESTACA JUSTAPOSTA**

DATA:  
01/03/2023

DIMENSÕES :  
420X 279

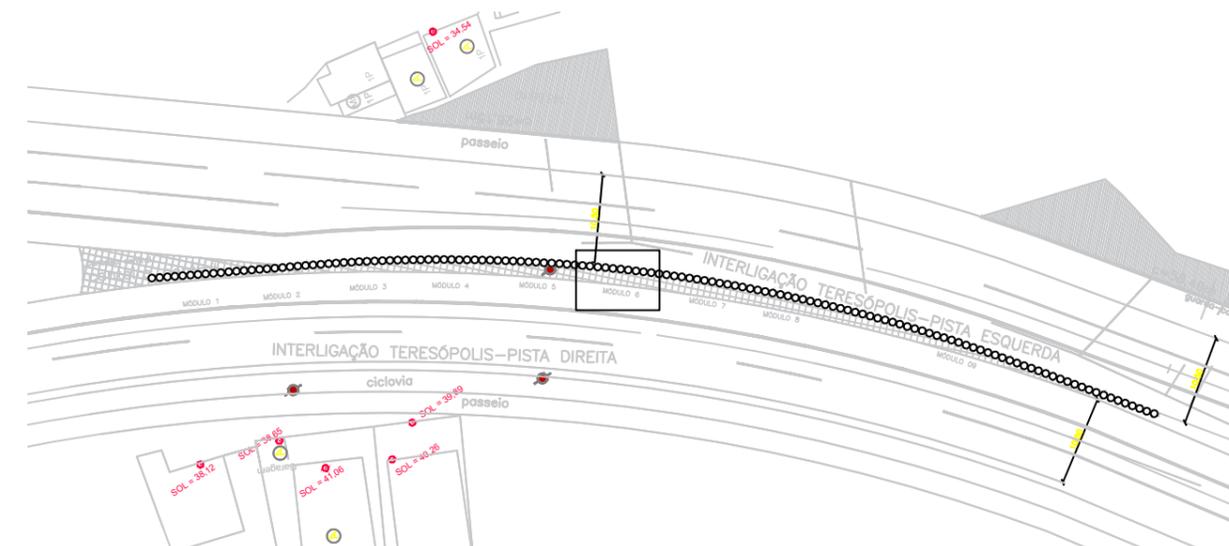
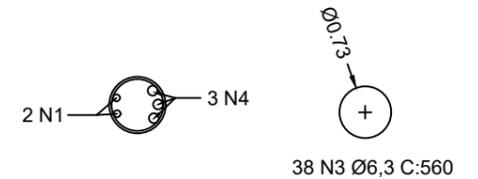
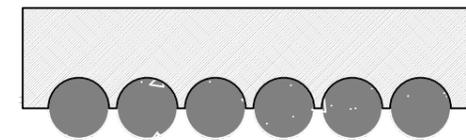
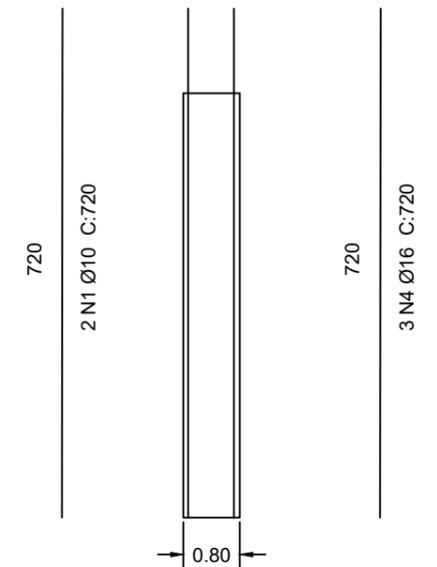
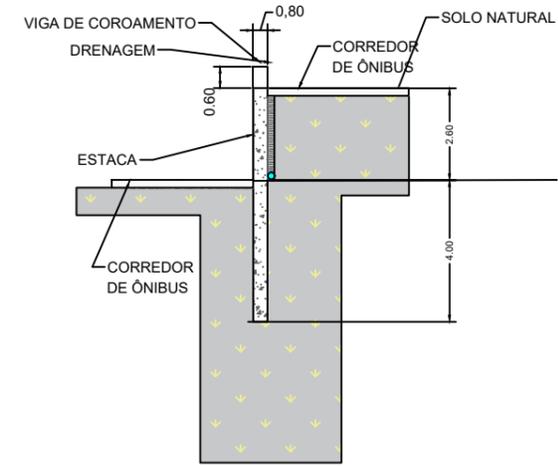
PRANCHA  
**06**

REV.  
00



38 N3 Ø6,3 C:256

QUANTITATIVO ESTACA MODULO 06				
POSIÇÃO	Ø (mm)	QUANT.	C.TOTAL (m)	PESO (kg)
N4	16,000	3,000	6,600	31,086
N1	10,000	2,000	6,600	8,237
CONCRETO:	3,313 m <sup>3</sup>		TOTAL	39,323



OBRA  
**AV. TRONCO**  
**CORTINA DE ESTACA JUSTAPÓSTAS**  
AV. SILVA PAES,  
PORTO ALEGRE RS

RESPONSÁVEL TÉCNICO:  
LUIS SANTIAGO RAMOS JUNIOR  
ORIENTADOR:  
CESAR ALBERTO RUVER

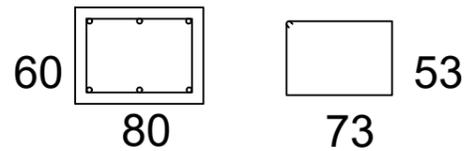
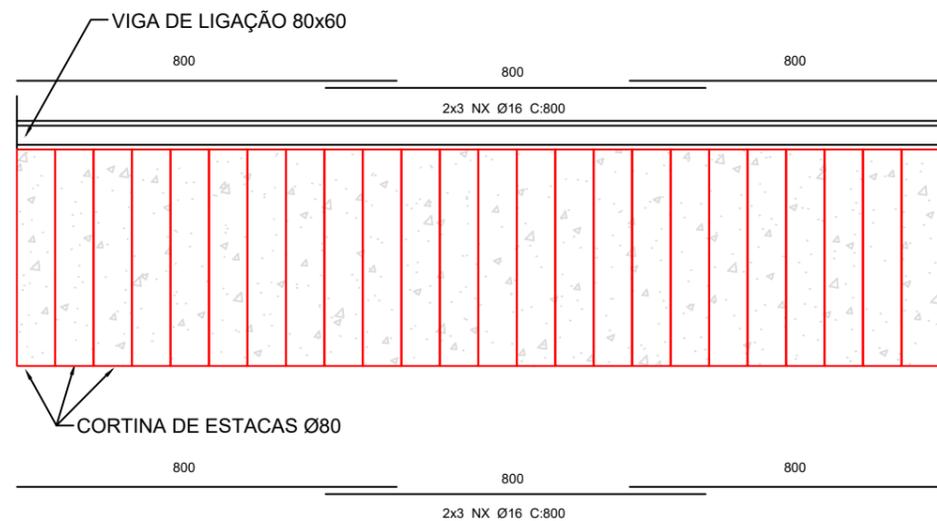
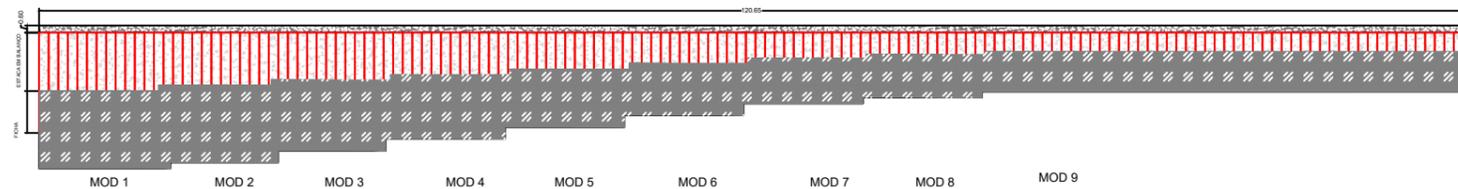
MÓDULO 06  
ASSUNTO  
**DETALHAMENTO DA ESTRURA  
DE ESTACA JUSTAPOSTA**

DATA:  
01/03/2023

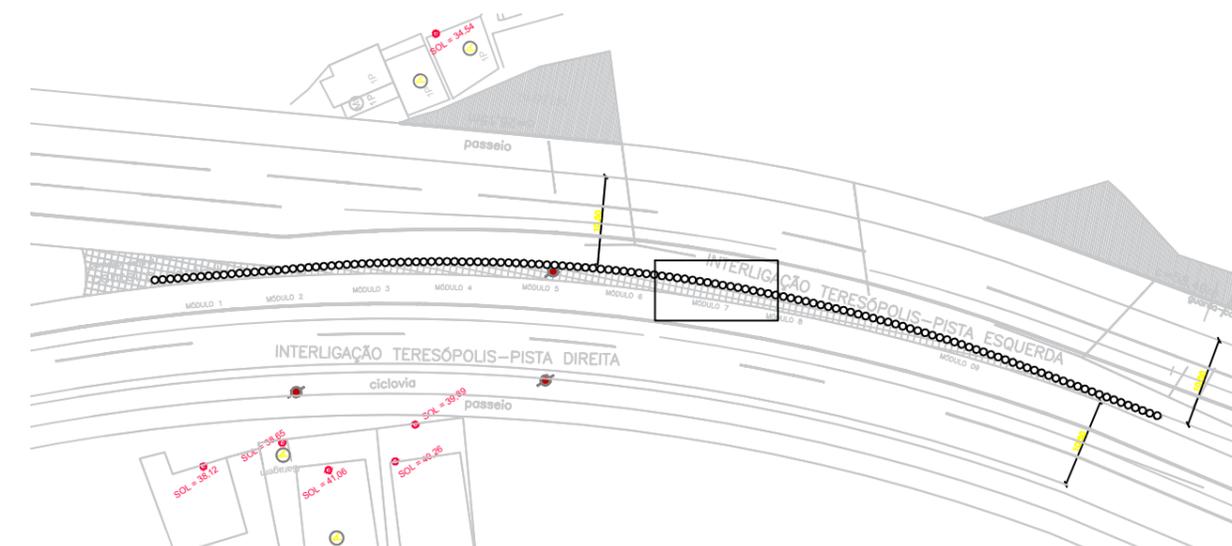
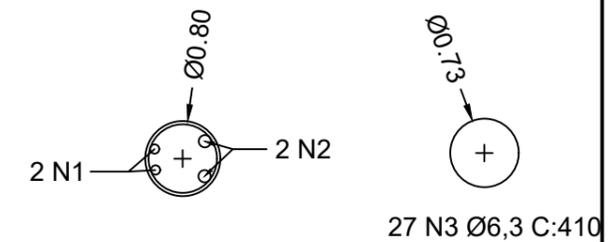
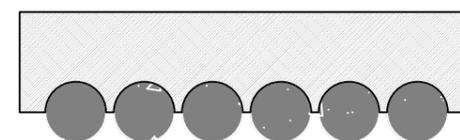
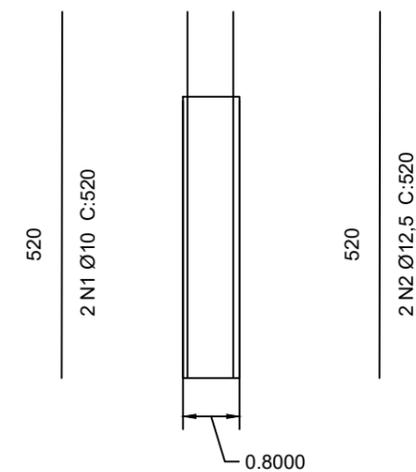
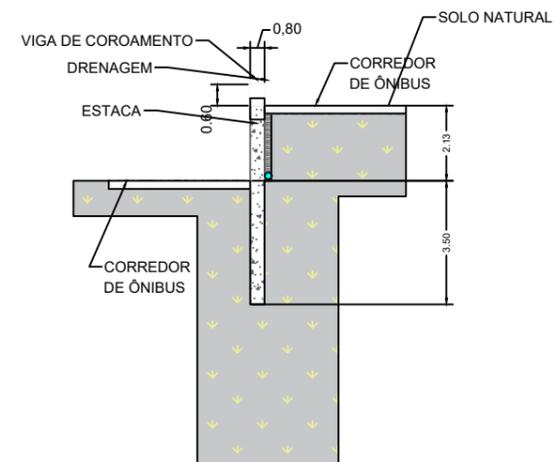
DIMENSÕES:  
420X 279

PRANCHA  
**07**

REV.  
00



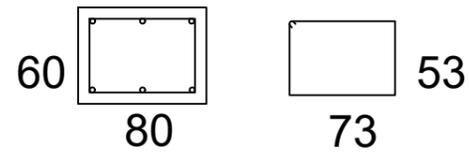
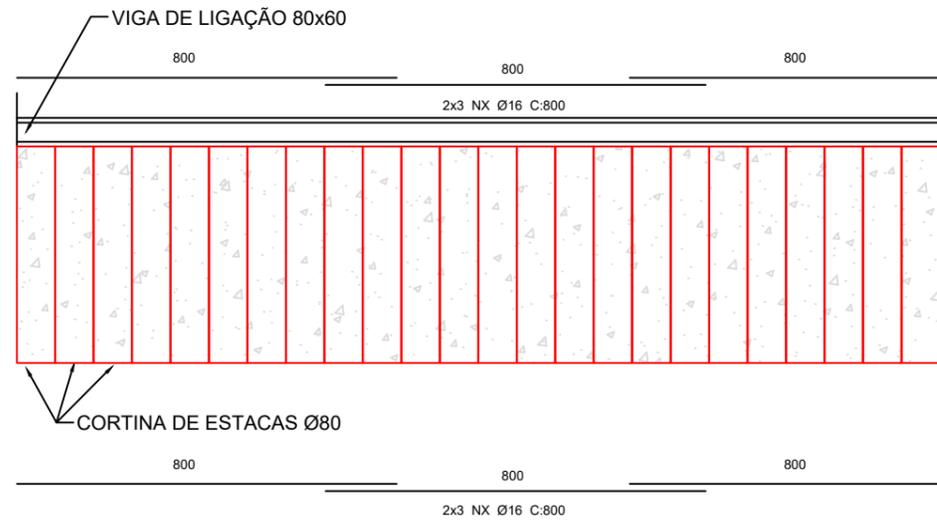
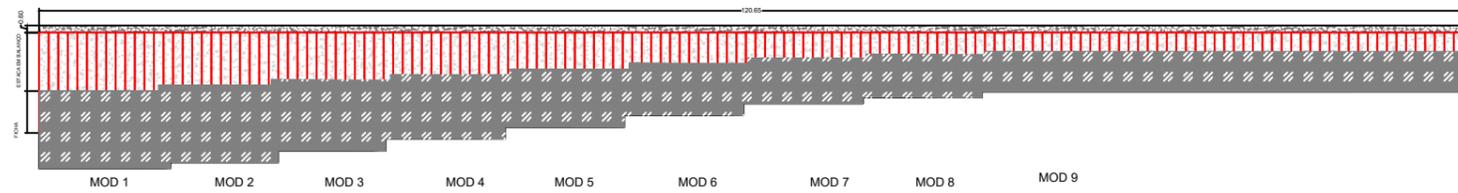
38 N3 Ø6,3 C:256



QUANTITATIVO ESTACA MODULO 07				
POSIÇÃO	Ø (mm)	QUANT.	C.TOTAL (m)	PESO (kg)
N2	12,500	4,000	5,630	22,250
N1	10,000	2,000	5,630	7,026
CONCRETO:	2,826 m <sup>3</sup>		TOTAL	29,276

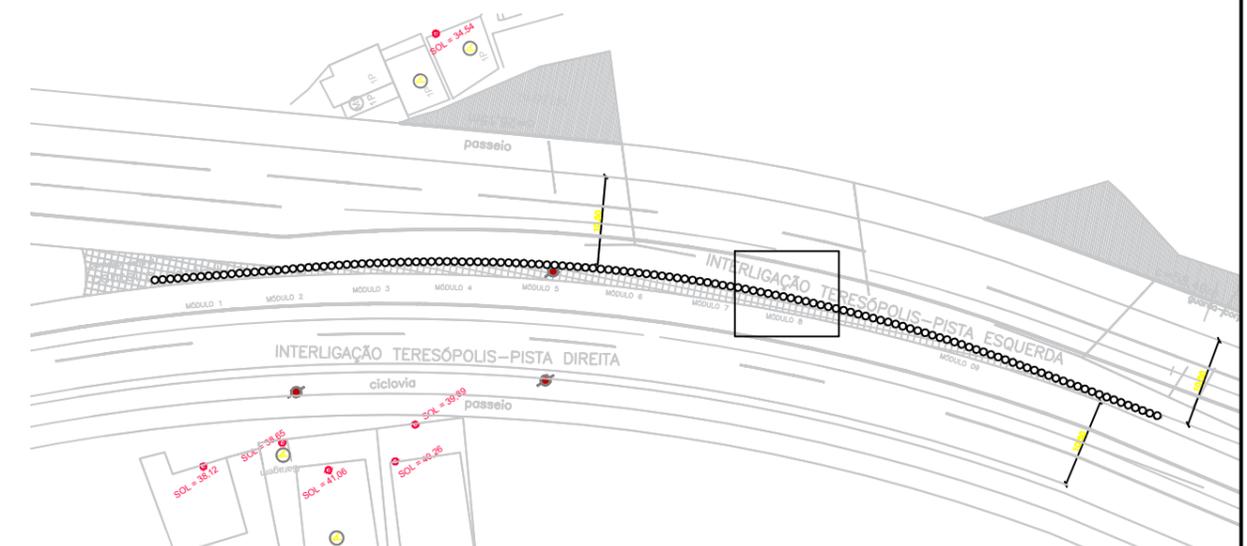
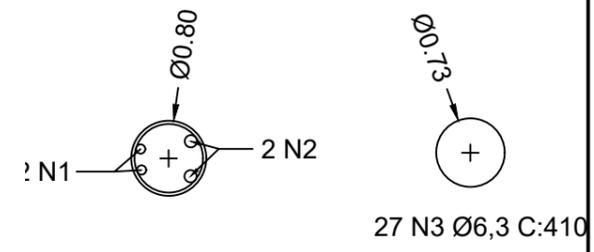
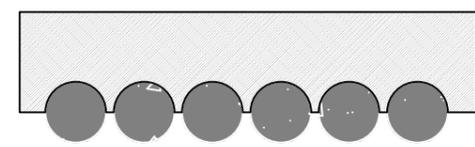
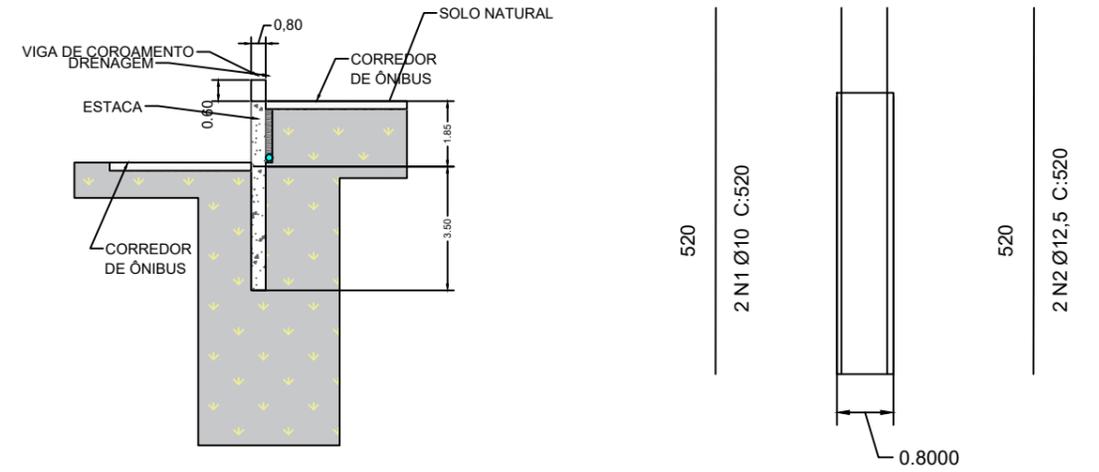


OBRA <b>AV. TRONCO</b> <b>CORTINA DE ESTACA JUSTAPÓSTAS</b> AV. SILVA PAES, PORTO ALEGRE RS		RESPONSÁVEL TÉCNICO: LUIS SANTIAGO RAMOS JUNIOR ORIENTADOR: CESAR ALBERTO RUVER	
MÓDULO 07 ASSUNTO <b>DETALHAMENTO DA ESTRURA DE ESTACA JUSTAPOSTA</b>		DATA: 01/03/2023	DIMENSÕES : 420X 279
PRANCHA <b>08</b>		REV. 00	

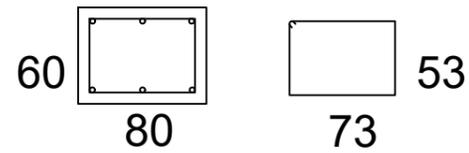
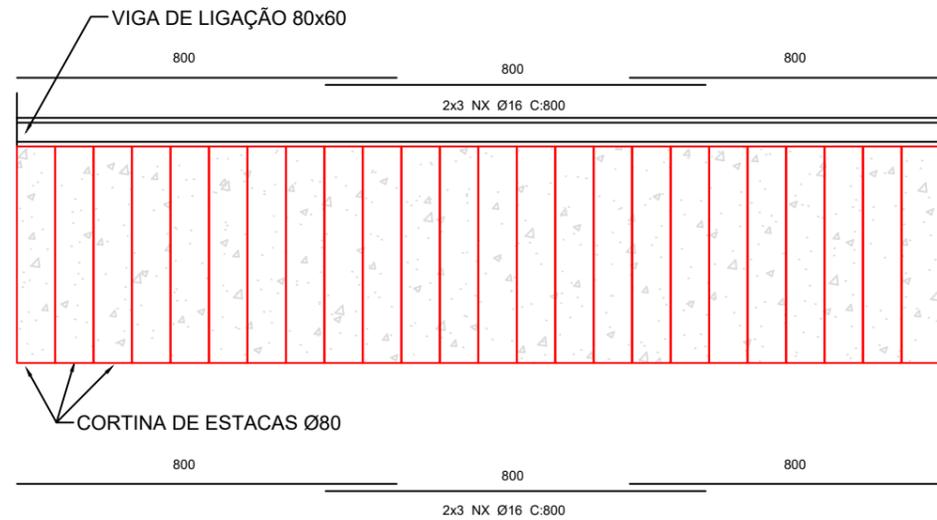
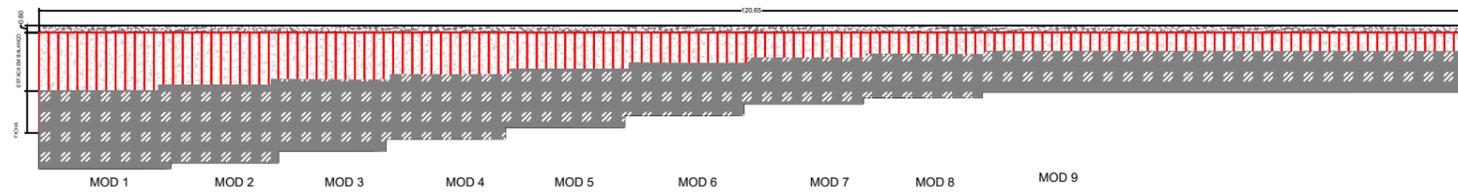


38 N3 Ø6,3 C:256

QUANTITATIVO ESTACA MODULO 08				
POSIÇÃO	Ø (mm)	QUANT.	C.TOTAL (m)	PESO (kg)
N2	12,500	3,000	5,350	15,857
N1	10,000	2,000	5,350	6,677
CONCRETO:	2,686 m <sup>3</sup>		TOTAL	22,534

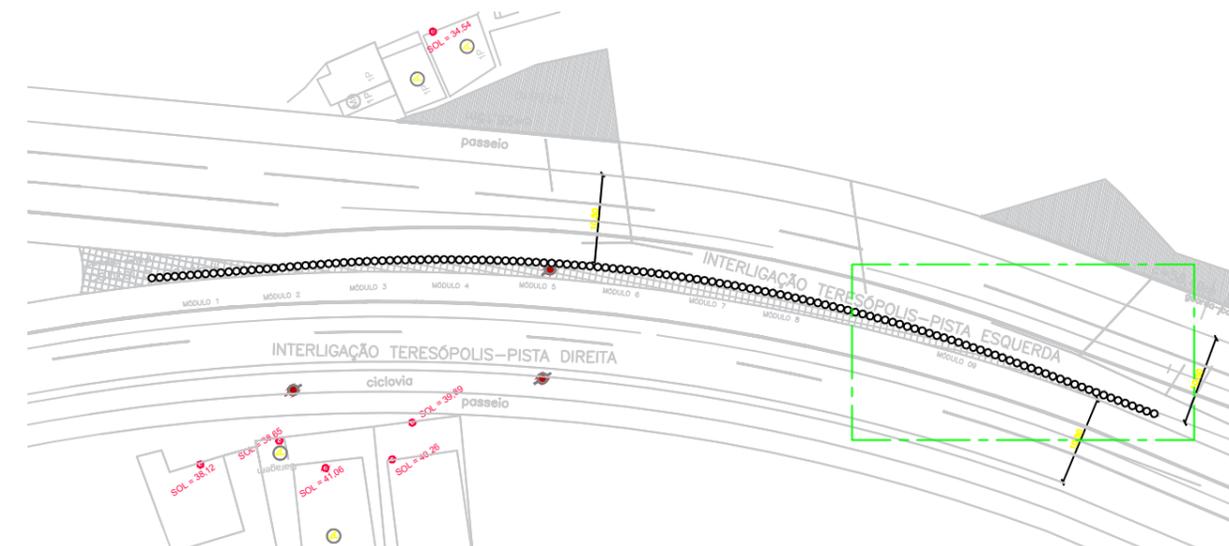
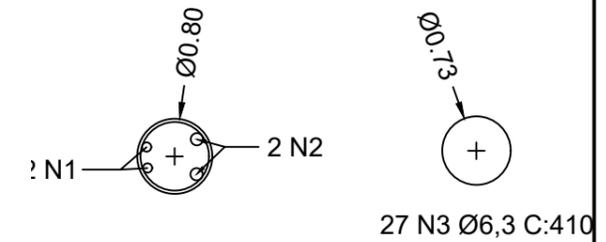
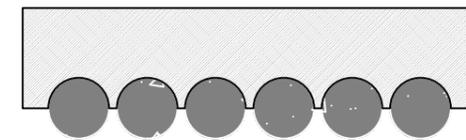
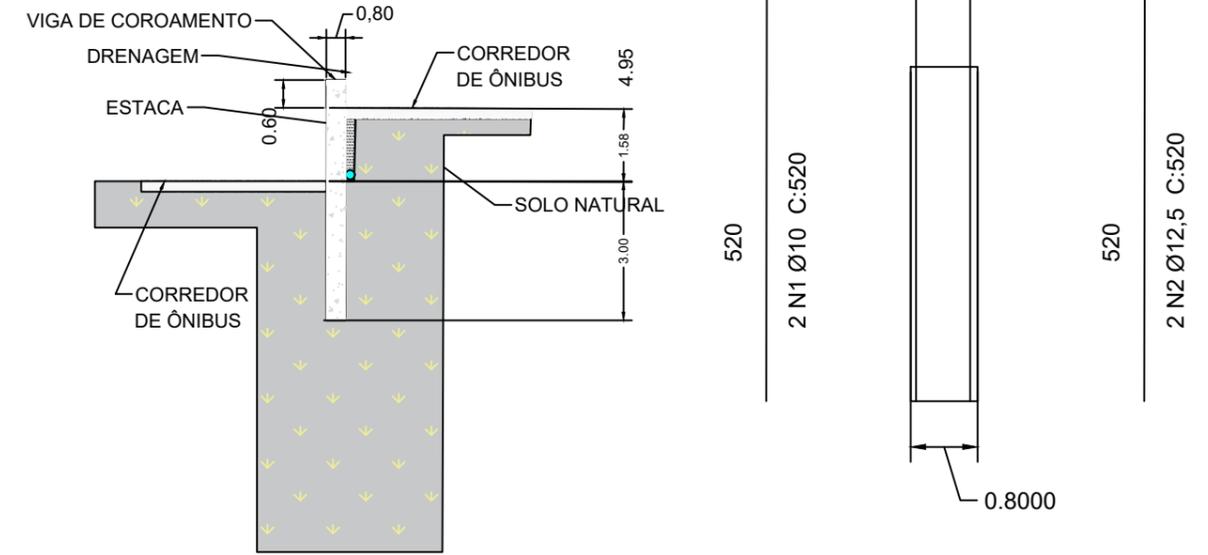


OBRA <b>AV. TRONCO</b> <b>CORTINA DE ESTACA JUSTAPÓSTAS</b> AV. SILVA PAES, PORTO ALEGRE RS		RESPONSÁVEL TÉCNICO: LUIS SANTIAGO RAMOS JUNIOR ORIENTADOR: CESAR ALBERTO RUVER	
MÓDULO 08 ASSUNTO <b>DETALHAMENTO DA ESTRURA DE ESTACA JUSTAPOSTA</b>		DATA: 01/03/2023	DIMENSÕES : 420X 279
PRANCHA <b>09</b>		REV. 00	



38 N3 Ø6,3 C:256

QUANTITATIVO ESTACA MODULO 08				
POSIÇÃO	Ø (mm)	QUANT.	C.TOTAL (m)	PESO (kg)
N2	12,500	2,000	4,580	9,050
N1	10,000	2,000	4,580	5,716
CONCRETO:	2,300 m <sup>3</sup>		TOTAL	14,766



OBRA  
**AV. TRONCO**  
**CORTINA DE ESTACA JUSTAPÓSTAS**  
AV. SILVA PAES.  
PORTO ALEGRE RS

MÓDULO 09  
ASSUNTO  
**DETALHAMENTO DA ESTRURA  
DE ESTACA JUSTAPOSTA**

RESPONSÁVEL TÉCNICO:  
LUIS SANTIAGO RAMOS JUNIOR  
ORIENTADOR:  
CESAR ALBERTO RUVER

DATA: 01/03/2023	DIMENSÕES : 420X 279
PRANCHA <b>10</b>	REV. 00

## **ANEXO A**

# PERFIL DE SONDAGEM

LOCAL		PORTO ALEGRE/RS							
PROJETO		MURO DE ARRIMO SILVA PAES-ESTACA 0+220						AVANÇO COM TRADO HELEICODAL(CM)	
SP		INICIO		14/07/2021					
1		FINAL		14/07/2021		PROF:		0 A 100	
NÚMERO DE GOLPES PARA PENETRAÇÃO DE 30 cm DO AMOSTRADOR		AMOSTRADOR Ø INT. 1 3/8" (34,8 mm)		PESO = 65 kg		INICIO DE PERFURAÇÃO POR LAVAGEM(CM)=145			
		ALT. DE QUEDA=75 CM		REVESTIMENTO Ø INT. 1 3/8" (67 mm)					
1º e 2º 2º e 3º		10 20 30 40 50		PROFU ND. (m)		NIVEL D'ÁGUA A (m)		COTA EIM RELAÇ PERFIL LITOLÓGICO	
1ª e 2ª		2ª e 3ª		10 20 30 40 50		PROFU ND. CAMADA (M)		Classificação do Material (sondagem a percussão)	
10		10		1		0,20		CAMADA VEGETAL	
11		12		2		4,30		AREIA SILTOSA, COMPACIDADE MEDIANAMENTE COMPACTA, COR MARROM	
14		14		3					
14		15		4					
16		16		5					
16		17		6		8,00		AREIA SILTOSA, COMPACIDADE MEDIANAMENTE COMPACTA, COR VARIEGADA	
18		18		7					
-		-		8		8,00		LIMITE DA SONDAGEM	
-		-		9					
-		-		10					
-		-		11					
-		-		12					
-		-		13					
-		-		14					
-		-		15					
-		-		16					
-		-		17					
-		-		18					
-		-		19					
-		-		20					
OPERADOR:		MARCO AURELIO		PROF. (m)		N.A		COTA RN	
RESPONSÁVEL TÉCNICO:				NA(M)24H		PERFIL LITOLÓG.		PROF. CAMADA	
				SECO		OBSERVAÇÕES:			
						Classificação do Material			

# PERFIL DE SONDAGEM

LOCAL		PORTO ALEGRE/RS						
PROJETO		MURO DE ARRIMO SILVA PAES-ESTACA 0+180					AVANÇO COM TRADO HELEICODAL(CM)	
SP		INICIO		14/07/2021				
2		FINAL		14/07/2021		PROF:		
						0 A 100		
NÚMERO DE GOLPES PARA PENETRAÇÃO DE 30 cm DO AMOSTRADOR		AMOSTRADOR Ø INT. 1 3/8" (34,8 mm)		PESO = 65 kg		INICIO DE PERFURAÇÃO POR LAVAGEM(CM)=145		
		ALT. DE QUEDA=75 CM		REVESTIMENTO Ø INT. 1 3/8" (67 mm)				
1º e 2º 2º e 3º		PROFU ND. (m)		NIVEL D'ÁGUA (m)		COTA EM RELAC		
1ª e 2ª 2ª e 3ª		10 20 30 40 50		PERFIL LITOLÓGICO		PROFU ND. CAMADA (M)		
						<b>Classificação do Material</b> (sondagem a percussão)		
						CAMADA VEGETAL		
9 10		1				0,20		
11 12		2				3,90		
12 13		3						
15 16		4				5,00		
-		5				5,00		
-		6						
-		7						
-		8						
-		9						
-		10						
-		11						
-		12						
-		13						
-		14						
-		15						
-		16						
-		17						
-		18						
-		19						
-		20						
OPERADOR:		MARCO AURELIO		PROF. (m)		N.A		
RESPONSÁVEL TÉCNICO:		NA(M)24H		COTA RN		PERFIL LITOLÓG.		
		SECO		PROF. CAMADA		OBSERVAÇÕES:		
						Classificação do Material		