

200 ANOS
DE INDEPENDÊNCIA:

TRILHOS PARA O
FUTURO
DO BRASIL

13 a 16
SETEMBRO
2022

28ª SEMANA DE TECNOLOGIA
METROFERROVIÁRIA

REALIZAÇÃO
AEAMESP
ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS E ARQUITETOS DE METRÔ



Construção de paredes diafragmas com análise do tempo de contato entre armadura e a lama bentonítica

Autores:

Andreia Cristina Rodrigues
Daniel Agra
Diego B. da Silva
Gabriel Ariosto Beulke Bonsanto
Larissa Carreiro Fogaça
Rodrigo Correa de Souza

INTRODUÇÃO

Nas obras de expansão da linha 2-Verde, o método construtivo de Vala a Céu Aberto (VCA), foi adotado para contenção e escavação das futuras estações com a utilização de parede diafragma, :

- Anália Franco;
- Guilherme Giorgi;
- Aricanduva e;
- Penha.

INTRODUÇÃO

Principais Características:

- Valas de grandes dimensões e profundidades;
- Lamelas com grandes volumes de escavação, concreto, aço e muitas etapas de execução;
- Localizadas em bairros na zona leste de São Paulo densamente urbanizados;
- Próximas a grandes avenidas com trânsito intenso.

OBJETIVO

Avaliar o efeito do tempo de contato da lama bentonítica com a armadura de aço, relacionando a aderência entre ambos e o concreto, durante a execução das lamelas.

PRATICAS ATUAIS NO METRÔ-SP - CONTROLE DA LAMA

- Processo de limpeza do fundo da escavação e desarenação;
- Características da lama (peso específico, viscosidade, pH e teor de areia);
- O METRÔ-SP, especifica e limita o tempo máximo de permanência da armadura dentro da lama em **2 (duas) horas**.

LAMA BENTONÍTICA

- Lama bentonítica é formada por uma suspensão de água e argila montmorilonítica
- A coluna de lama exerce sobre as paredes da vala uma pressão que impede o desmoronamento, formando uma película impermeável denominada "cake"

CARACTERÍSTICAS RECOMENDADAS PARA LAMA BENTONÍTICA NBR 6122

A desarenação da lama deve ser feita com o seu lançamento em um reciclador. A bomba remove todo o material do fundo da estaca, encaminhando-o junto com a lama para o reciclador, o qual remove todo o material suspenso.

Propriedades	Valores	Equipamentos para ensaio
Densidade	1,025 g/cm ³ a 1,10 g/cm ³	Densímetro
Viscosidade	30 s/qt a 90 s/qt	Funil Marsh
pH	7 a 11	Indicador de pH
Teor de areia	Até 3 %	Baroid sand content ou similar

OBJETO DO ESTUDO – VCA ESTAÇÃO GUILHERME GIORGI

Características das Lamelas:

- Profundidades que variam entre 38 e 45,5 m;
- Volume de concreto variando de 90 a 275m³;
- 118 lamelas com geometrias distintas;
- Largura padrão de 1 metro, comprimentos entre 2,50 e 6,33 m;
- Foram utilizados 14.938,02 m³ de concreto;
- Gaiolas de armadura que pesavam entre 7,25 e 66,63 toneladas.



Fonte: METRÔ-SP, 2022

28^a SEMANA DE TECNOLOGIA
METROFERROVIÁRIA

EXECUÇÃO LAMELAS – ESTAÇÃO GUILHERME GIORGI

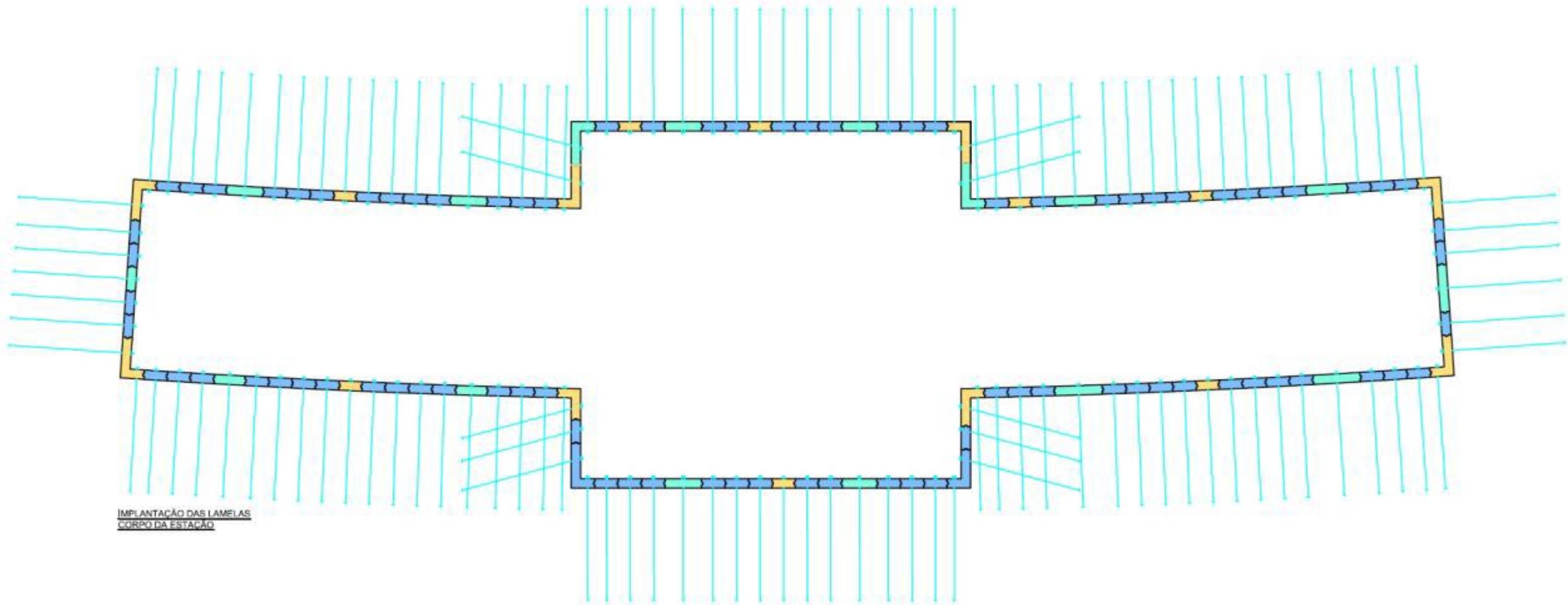


Lamela tipo P1

Volume aproximado de 265m³

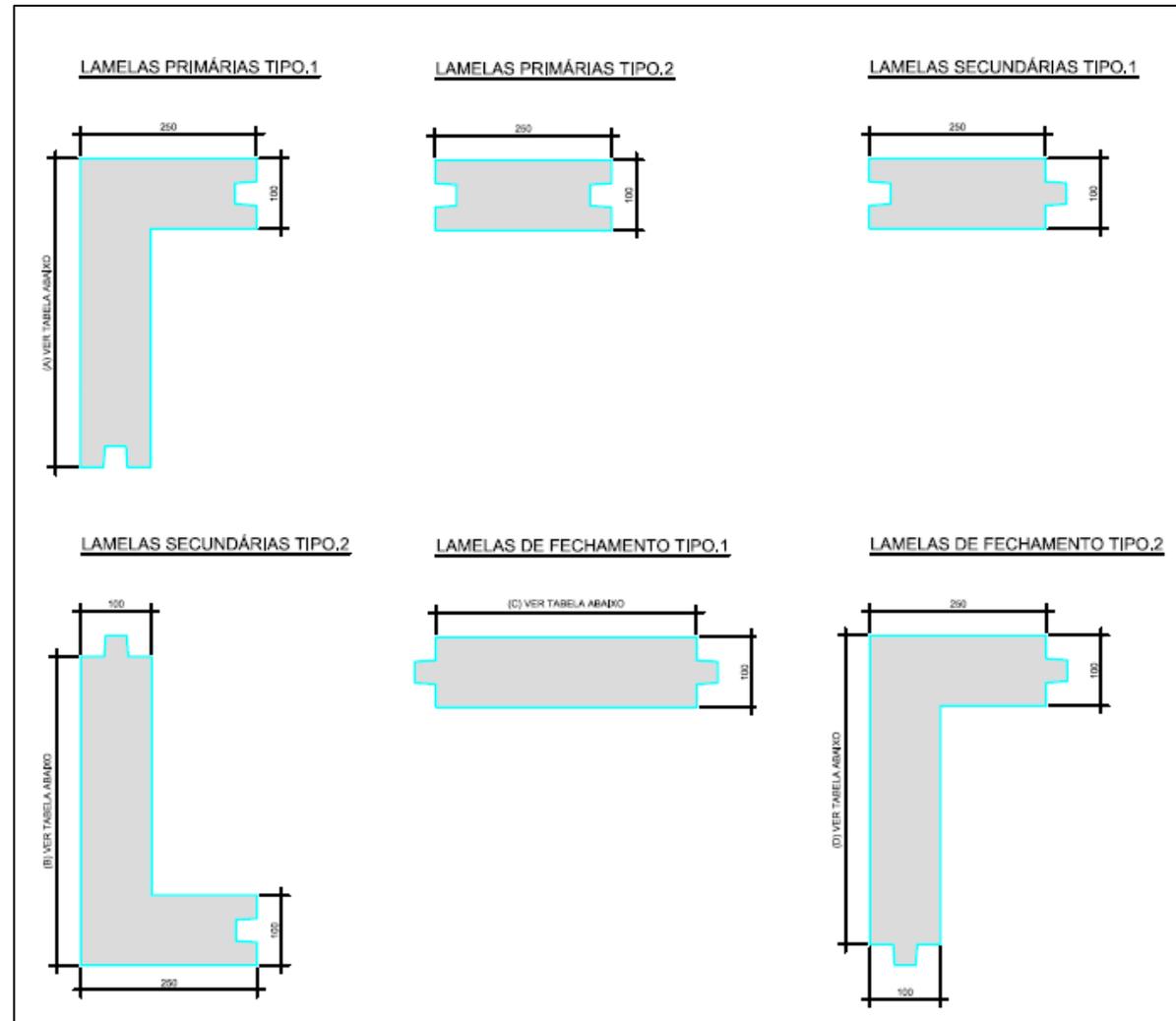
Profundidade de 45m

SISTEMA DE CONTENÇÃO DO CORPO DA ESTAÇÃO E ACESSO PRINCIPAL DA ESTAÇÃO GUILHERME GIORGI



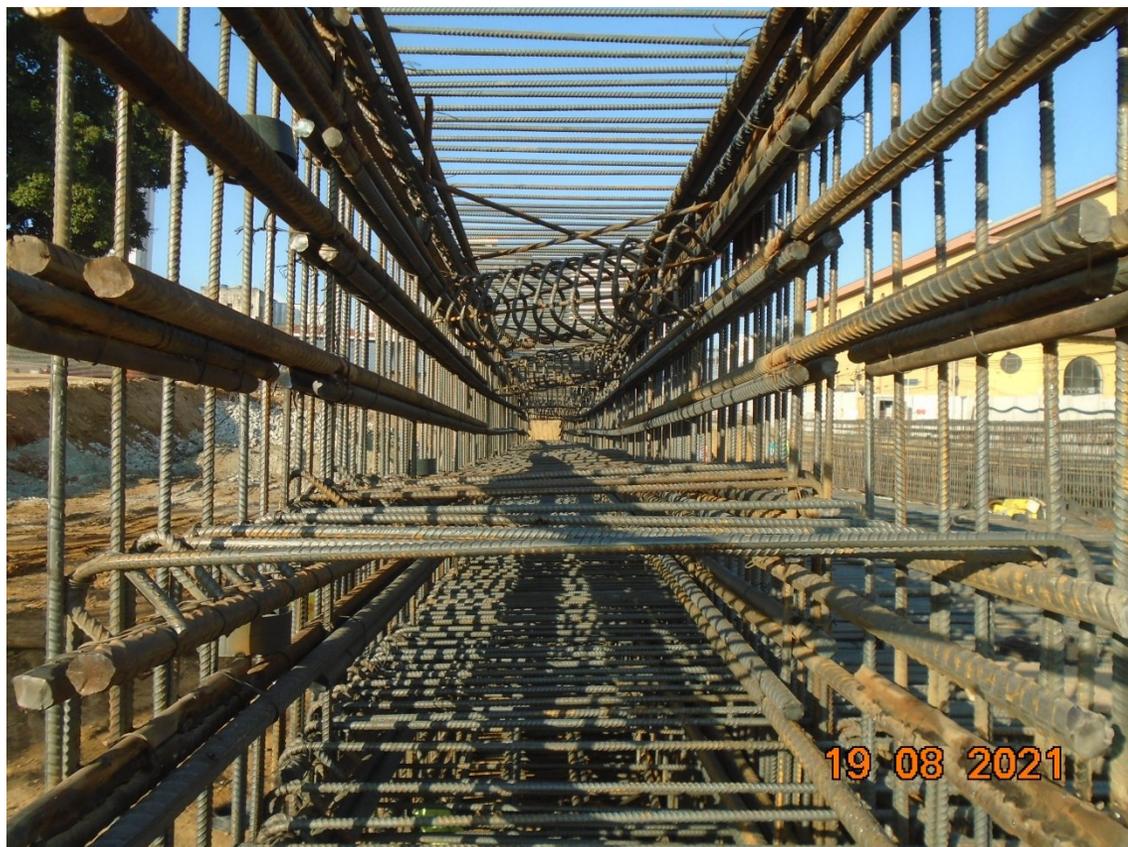
Fonte: METRÔ-SP, 2022

GEOMETRIA DAS LAMELAS DO CORPO DA ESTAÇÃO E ACESSO PRINCIPAL DA ESTAÇÃO GUILHERME GIORGI



Fonte: METRÔ-SP, 2022

METODOLOGIA EXECUTIVA DA PAREDE DIAFRAGMA



- Montagem das armaduras (gaiolas);

METODOLOGIA EXECUTIVA DA PAREDE DIAFRAGMA



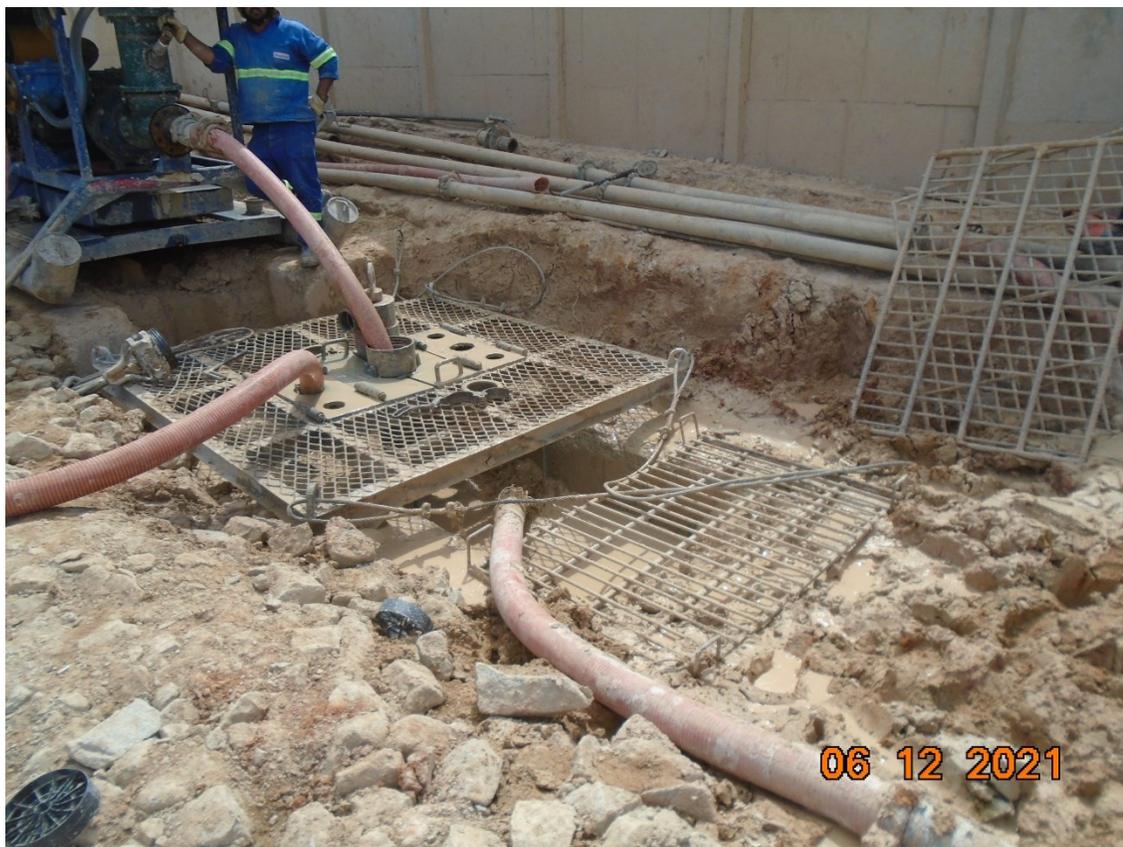
- Locação e implantação de muretas guia;

METODOLOGIA EXECUTIVA DA PAREDE DIAFRAGMA



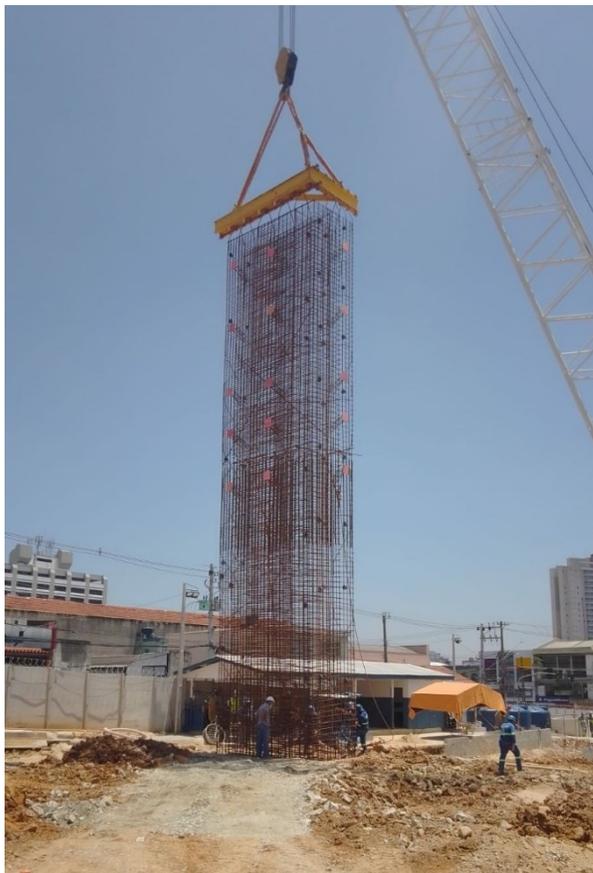
- Escavação com fluido estabilizante;

METODOLOGIA EXECUTIVA DA PAREDE DIAFRAGMA



- Desarenação, quando necessário;

METODOLOGIA EXECUTIVA DA PAREDE DIAFRAGMA



- Colocação das gaiolas (armação) e chapas juntas;

METODOLOGIA EXECUTIVA DA PAREDE DIAFRAGMA



- Colocação do conjunto tremonha;

METODOLOGIA EXECUTIVA DA PAREDE DIAFRAGMA



- Concretagem e posterior retirada das chapa juntas.

OBRAS EM MEIO URBANO

Tempo médio da armação imersa em lama bentonítica até o final da concretagem

Volume (m ³)	Tempo médio (horas)				
	Colocação de armação + junta + tremonha	Execução da Desarenação	Transporte + início lançamento	Concretagem	TOTAL
18 a 25	01:04	00:46	01:32	01:05	04:28
40	01:15	00:50	01:35	01:42	05:24
90 a 100	03:32	06:40	01:56	04:15	16:24
101 a 120	04:35	06:00	01:36	05:13	17:24
121 a 165	04:37	01:03	01:32	05:30	12:43
166 a 200	04:40	01:34	01:34	06:32	14:20
201 a 250	08:09	05:45	01:46	07:41	23:22
251 a 275	07:45	06:00	01:39	08:07	23:31

ENSAIO PROPOSTO - Formas



Centralização dos vergalhões - fundo



Centralização dos vergalhões - topo

ENSAIO PROPOSTO – Lama bentonítica



- ✓ Densidade
- ✓ Viscosidade
- ✓ pH
- ✓ Teor de areia

ENSAIO PROPOSTO

IMERSÃO DOS VERGALHÕES (HORAS)

0	03
06	12
24	72
192	



ENSAIO PROPOSTO - Concretagem



- ✓ fck 30 MPa
- ✓ Consumo de cimento = 400 kg/m³
- ✓ Brita 0 e 1
- ✓ a/c 0,53



ENSAIO PROPOSTO - Arrancamento



Sistema de reação



Deflectômetros



Luva prensada



Bomba hidráulica



Manômetro

ENSAIO PROPOSTO - Resultados

GRAMPO	COMPRIMENTO CONCRETADO (m)	TEMPO DE EXPOSIÇÃO A BENTONITA (horas)	CARGA MÁXIMA (tf)	DESLOCAMENTO MÁXIMO (mm)
1	1,00	0	30	6,14
6	1,00	3	30	10,64
4	1,00	6	28	11,15
5	1,00	12	28	10,77
7	0,81	24	22	14,37
3	1,00	72	29	7,21
2	1,00	192	29	6,51

ENSAIO PROPOSTO - Resultados

GRAMPO	COMPRIMENTO CONCRETADO (m)	TEMPO DE EXPOSIÇÃO A BENTONITA (horas)	CARGA MÁXIMA (tf)	DESLOCAMENTO MÁXIMO (mm)
1	1,00	0	30	6,14
6	1,00	3	30	10,64
4	1,00	6	28	11,15
5	1,00	12	28	10,77
7	0,81	24	22	14,37
3	1,00	72	29	7,21
2	1,00	192	29	6,51



28ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

REALIZAÇÃO
AEAMESP
ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS E ARQUITETOS DE METRÔ



Obrigado!

Autores:

Andreia Cristina Rodrigues
Daniel Agra
Diego B. da Silva
Gabriel Ariosto Beulke Bonsanto
Larissa Carreiro Fogaça
Rodrigo Correa de Souza