



# **GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA**

**SEDUR – SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO URBANO  
CTB COMPANHIA DE TRANSPORTES DO ESTADO DA BAHIA**

**SISTEMA METROVIÁRIO DE SALVADOR E LAURO DE  
FREITAS – SMSL**

## **MEMORIAL DESCRITIVO**

R4

Setembro/2018

4	D	Formatação					
3	D	Revisão Geral					
2	C	Revisão Geral					
1	B	Revisão Geral					
0	A	Emissão Inicial					
REV	TE	DESCRIÇÃO	PROJ	ORG	VER	APR	DATA
TIPO DE EMISSÃO							
(A) PRELIMINAR		(D) PARA COTAÇÃO		(G) CONFORME OBRA			
(B) PARA APROVAÇÃO		(E) PARA CONSTRUÇÃO		(H) CANCELADO			
(C) PARA CONHECIMENTO		(F) CONFORME COMPRADO					

<b>1</b>	<b>PREÂMBULO .....</b>	<b>5</b>
1.1	APRESENTAÇÃO DOS VOLUMES .....	5
1.2	CONTEÚDO DOS VOLUMES .....	5
1.2.1	Volume 1 – Memorial Descritivo (Formato A4) .....	5
1.2.2	Volume 2 - Desenhos dos Estudos e Projetos ( <b>Formato A1/A1+</b> ) .....	5
1.2.3	Volume 3 – Memórias do Projeto ( <b>Formato A4</b> ) .....	5
<b>2</b>	<b>REQUISITOS ESTABELECIDOS PARA O ANTEPROJETO .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>CONHECIMENTO DO PROBLEMA .....</b>	<b>10</b>
3.1	INTRODUÇÃO .....	10
3.1.1	Estudos de Alternativas de Traçado.....	11
3.1.2	Descrição geral do Traçado adotado .....	12
3.2	DESCRIÇÃO DAS SOLUÇÕES DE OBRAS DE ARTES .....	13
<b>4</b>	<b>NORMAS E REGULAMENTOS.....</b>	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>ANTEPROJETO .....</b>	<b>20</b>
5.1	ESTUDOS GEOTÉCNICOS.....	20
5.2	ANTEPROJETO GEOMÉTRICO .....	20
5.2.1	Geométrico Rodoviário .....	20
5.2.2	Geométrico Metro Ferroviário.....	22
5.2.3	Segurança Viária .....	25
5.3	ANTEPROJETO DE TERRAPLENAGEM.....	26
5.3.1	Metodologia de cálculo de volumes.....	26
5.3.2	Terraplanagem Via Permanente .....	27
5.3.3	Terraplanagem Estação Águas Claras .....	30
5.3.4	Terraplanagem Terminal de passageiros Águas Claras .....	32
5.3.5	Terraplanagem Acessos as Garagens.....	35
5.3.6	Tratamento das fundações .....	36
5.4	RELATÓRIO DE PAVIMENTAÇÃO.....	41
5.5	VIA PERMANENTE .....	53
5.6	ANTEPROJETO DE SINALIZAÇÃO (HORIZONTAL E VERTICAL).....	56
5.6.1	Sinalização Horizontal .....	57
5.6.2	Sinalização Vertical .....	58
5.6.3	Dispositivos Auxiliares .....	64
5.7	ANTEPROJETO DE ARQUITETURA DAS ESTAÇÕES.....	64
5.7.1	Projeto Arquitetônico.....	65
5.7.2	Condições Gerais .....	67
5.8	ANTEPROJETO DE OBRAS DE ARTE (INFRA, MESO E SUPERESTRUTURAS).....	67

5.8.1	Considerações Gerais:	67
5.8.2	OAE 01 – Viaduto de Pirajá	68
5.8.3	OAE 02 – Viaduto Campinas	71
5.8.4	OAE 03 - Passagem inferior de Porto Seco	72
5.8.5	OAE 04 – Viaduto Águas Claras	73
5.8.6	OAE 05 - Passagem inferior de Águas Claras	75
5.8.7	OAE 06 - Passagem inferior de Pedestres	76
5.8.8	OAE 07 – Viaduto do Rabicho de Manobra	76
5.9	ANTEPROJETO DE DRENAGEM	77
5.9.1	Estudos Hidrológicos	78
5.9.2	- Drenagem Rodoviária	98
5.9.3	- Drenagem Metro Ferroviária	105
5.10	ANTEPROJETO DE ILUMINAÇÃO E ENERGIA	112
5.10.1	Iluminação Pública	112
5.10.2	Alimentação de Energia	113
5.11	ANTEPROJETO DE DESAPROPRIAÇÃO	116
5.12	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS	118
5.12.1	Memória de Cálculo da OAE 01 - Viaduto Pirajá	118
5.12.2	Memória de Cálculo da OAE 02 - Viaduto de Campinas	136
5.12.3	OAE 04 - Viaduto Águas Claras – Memória de Cálculo	153
5.12.4	OAE 07 – Memória de Cálculo	178
5.12.5	PASSAGEM INFERIOR	193
<b>6</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>201</b>
6.1	ANEXO 1: ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇOS	201
6.1.1	Obras de Artes	201
6.1.2	Terraplanagem	205
6.1.3	Drenagem	207
6.1.4	Pavimento Rígido	212
6.1.5	Pavimento Flexível	214
6.1.6	Sinalização	216
6.1.7	Arquitetura das estações	218
6.1.8	Inspeção e Testes	236
6.2	ANEXO 2: LOCAÇÃO DE SONDAgens EXISTENTES	237
6.3	ANEXO 3: LOGS DE SONDAgEM	245

## 1 PREÂMBULO

Apresentamos o Volume 1 – Memorial Descritivo, parte integrante do Anteprojeto para Obras Civas e Expansão do Sistema Metroviário de Salvador e Lauro Freitas, Trecho: Estação Pirajá-Estação Águas Claras.

### 1.1 Apresentação dos Volumes

O Anteprojeto de Engenharia contém os volumes definidos a seguir:

- **Volume 1:** Memorial Descritivo
- **Volume 2:** Caderno de Desenhos.
- **Volume 3:** Quantitativos e Orçamento Paramétrico.

### 1.2 Conteúdo dos Volumes

#### 1.2.1 Volume 1 – Memorial Descritivo (Formato A4)

Finalidade: Apresentar o serviço realizado fornecendo uma ideia global da região, suas características principais, o estado atual do Porto, dos Estudos e Projetos efetuados e seus respectivos resultados.

#### 1.2.2 Volume 2 - Desenhos dos Estudos e Projetos (**Formato A1/A1+**)

Finalidade: Fornecer todas as plantas e quadros necessários ao conhecimento do projeto e sua execução. Contêm o desenho do Arranjo Geral e os Projetos Geométricos, de Terraplenagem, de Estruturas, de Iluminação, Drenagem, e Pavimentação.

#### 1.2.3 Volume 3 – Memórias do Projeto (**Formato A4**)

Finalidade: Justificar através de cálculos as soluções do projeto expondo a metodologia aplicada e os resultados obtidos.

## 2 REQUISITOS ESTABELECIDOS PARA O ANTEPROJETO

O Estado da Bahia ao incorporar a CTS - atualmente CTB, assume, a responsabilidade de **prover** no sentido de tomar providência, regular, ordenar, dispor, providenciar e **promover**, pretendendo com isto dar impulso, trabalhar para, fazer avançar e fomentar, está elaborando, objetivando sublimar e superar o tempo que dispôs para preparar um Programa de Necessidade estruturado em um Plano Funcional adequado e consistente de mobilidade para a instalação e operação de um Sistema de Transporte Ferroviário Metropolitano.

Este Sistema, devidamente integrando os Modais Urbanos Rodoviários, Metroviários e até Marítimo, está apoiado em princípios e premissas de um **Processo de Planejamento**, e de um Programa de Necessidades de Mobilidade, complementando assim todas as atitudes que vem tomando ao planejar e começar a construir, na Cidade do Salvador uma série de corredores destinados a estruturar melhor os modais integrantes do Sistema de Mobilidade Urbana incluindo a conclusão e operação do Sistema Metroviário, revisto operacionalmente e expandido para atender até o centro urbano de Lauro de Freitas, passando pelo Aeroporto e no outro viés as futuras instalações da Nova Estação Rodoviária em Águas Claras.

As dificuldades para o enfrentamento desta propositura vão desde a necessidade de requalificação, reaparelhamento e implementação de estruturas existentes até a necessidade de ampliação de determinados trechos considerados estratégicos para atingir o objetivo pretendido.

Para ampliar o atendimento no sentido de incrementar as ações de mobilidade e integração modal, seria necessário ampliar e complementar metas já planejadas como é o caso do Tramo 3, considerado uma ampliação Norte do Sistema Metroviário no sentido de alcançar o local onde serão instaladas as Estações Rodoviárias Interestaduais, Estaduais e um terminal Rodoviário Urbano de Grande movimentação.



Como o propósito do governo é implantar a Ampliação Norte da linha Lapa Pirajá de modo a alcançar a Localidade de Águas Claras – Tramo 3 ligando a Estação de Pirajá ao Complexo de Terminais Rodoviários antes referido, iniciou-se uma série de

procedimentos de avaliação das condições para implantação de uma Via Permanente, que pudesse chegar ao centro do referido Complexo Rodoviário, sem interferir na operacionalidade da BR\_324, mas utilizando, sempre que possível, espaço no interior da Faixa de Domínio da BR\_324, sob forma compartilhada e sem prejudicar os níveis de acessibilidade a esta via e ao próprio sistema viário da Cidade. Estas preocupações são oriundas da condicionalidade de segregação imposta pela operação de qualquer sistema Metroviário, principalmente quando instalados no interior de zonas urbanas de ocupação intensa, como é o caso.

Este documento foi editado para subsidiar a formação das decisões e o direcionamento temporal das atividades requeridas para realizar este Empreendimento, o Governo do Estado, apoiou-se em um Programa de Necessidades como base de um processo de planejamento, estruturado nos tradicionais, **conceito, objetivos, diretrizes e metas.**

### **Conceito**

**Projeto de Referência:** componente grafo textual, que representa os reais interesses do Estado enquanto Instituição, na Implantação do Empreendimento requerido, traduzidas em objetivos, diretrizes e metas. Neste sentido as responsabilidades técnicas traduzidas pelas anotações de responsabilidades técnicas – ART, não se referem a construção ou processos construtivos e dimensionais, mas limitam-se a traduzir o que o Estado como Instituição deseja, para garantir a adequação e confiabilidade da Normatização Metodológica, a qualidade dos materiais utilizados e uma quantificação de referência para custo consistida e isenta de concepções exageradas, e se extinguem na oportunidade da Elaboração do Projeto Executivo, onde novas informações podem alterar o dimensionamento e mesmo a concepção de alguns componentes.

### **Objetivos**

- Implantar uma via permanente estruturada em via dupla, destinada a ampliação Norte – Tramo 3, partindo da Estação Pirajá até alcançar o Complexo de Terminais Rodoviários a ser implantado na Localidade de Águas Claras;
- Implantar uma Estação Metroviária Intermediária, nas proximidades da Brasilgás;
- Implantar uma Estação Metroviária Terminal, no Centro do Complexo de Terminais Rodoviários, com características que possam facilitar a Integração do Sistema Metroviário com os Rodoviários de diferentes naturezas;
- Implantar a Infraestrutura Viária para um Terminal Rodoviário Interurbano;
- Reservar espaço para implantação de um Terminal Rodoviário Interestadual e Intermunicipal, junto ao Complexo de Terminais Rodoviários de Águas Claras e que possa comportar um sistema viário adequado de circulação e acessibilidade tanto a BR\_324 como as vias locais;
- Na necessidade comprovada e justificada, como é o caso de Concepções Elevadas, manter a altura em limites necessários e suficientes par cobrir os gabaritos rodoviários, que no caso são duplos, na interseção Campinas e Porto Seco;
- Compatibilizar no exercício de alcance destes objetivos, todos os sistemas, componentes, instalações e estruturas, características Técnicas Horizontais e Verticais com as já existentes no Sistema Metroviário de Salvador, no sentido de evitar dificuldades operacionais e de manutenção.

### **Diretrizes**

- Utilizar, sempre que possível, para implantação da Via Permanente Metroviária, o espaço da Faixa de Domínio da Br\_324, de modo a evitar o desconforto de relocação de populações ou instalações comerciais e as conseqüentes desapropriações;
- Garantir em qualquer circunstância as condições de segregabilidade absoluta da Via Permanente para manutenção do grau de segurança e operacionalidade requeridos por este tipo de modal;
- Evitar ao máximo, e na medida do possível para implantação da Via Permanente Metroviária, interferências com o sistema viário da BR\_324, incluindo vias marginais, no sentido de garantir a esta as condições de circulação, operacionalidade e segurança;
- Evitar ao máximo, e na medida do possível para implantação da Via Permanente Metroviária, interferências com o sistema drenante do viário da BR\_324, incluindo vias marginais, no sentido de garantir a esta a manutenção das condições de capacidade e veiculação de deflúvios em todos os seus dispositivos drenantes;
- Evitar ao máximo, e na medida do possível para implantação da Via Permanente Metroviária, interferências com o sistema viário que possa mesmo de maneira indireta, servir de circulação ao sistema viário da Prefeitura Municipal de Salvador - PMS, no sentido de garantir a esta as condições de circulação, operacionalidade e segurança;
- Evitar ao máximo, e na medida do possível para implantação da Via Permanente Metroviária, interferências com Edificações Residenciais, Instalações Comerciais e Industriais;
- Evitar ao máximo, e na medida do possível para implantação da Via Permanente Metroviária, interferências e interrupções com Sistema de Suprimento de serviços Públicos em Rede (água, gás, telefone, comunicações, eletricidade, iluminação etc);
- Manter em qualquer circunstância os Padrões Técnicos requeridos pelas Normas, tanto nos Procedimentos Técnicos de Projeto e Construtivos quanto no requisito de Materiais que devem ser sempre compatíveis com a idade da Vida Útil decidida para o Empreendimento.

### **Metas**

- Iniciar o traçado horizontal e vertical como continuidade do da Via Permanente Existente, na Estação Pirajá, mantendo o geofrenciamento de continuidade na Mesma Base Topográfica e com o mesmo referencial de Coordenadas;
- Compatibilizar o traçado horizontal e vertical de maneira tal que não cause interferências com os componentes de interseções da Av. Gal Costa, inclusive a necessidade de manutenção do gabarito da Via Permanente do Metrô sob o Viaduto de Transposição da Gal Costa sobre a BR\_324 e Vias Marginais;
- Não interferir no Sistema Drenante da BR\_324, no trecho inicial logo após a Estação de Pirajá, onde existe um dispositivo drenante – bueiro de grota em travessia de talvegue desta BR - de com capacidade de vazão insuficiente;
- Caso a opção seja de Via Permanente Elevada, neste trecho, deve-se garantir os gabaritos verticais requeridos (zona rural DNIT), tanto para a via principal como para as vias marginais, no trecho de travessia, avaliando inclusive o efeito de superelevação na geometria das estruturas em todo o curso afetado;

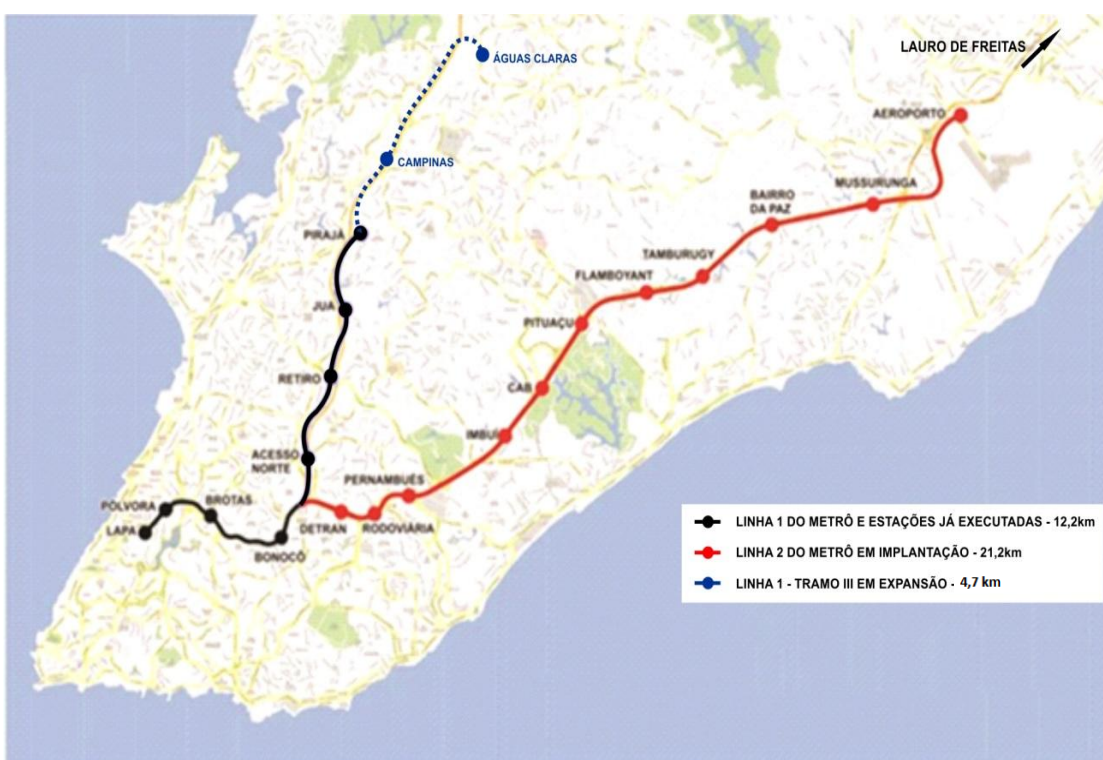
- Escolher o melhor local para implantação da Estação Campinas, evitando interferências com o Sistema Viário local principalmente com a Interseção Campinas existente na BR\_324;
- Adotar para esta Estação um modelo arquitetônico, compatível com a demanda da referida estação, mas semelhante em funcionalidade com as demais estações existentes;
- Evitar interferência com o sistema viário e a Interseção existente no Porto Seco, onde caso se use Concepção elevada o gabarito de travessia é mais uma vez duplo;
- Evitar no trecho Porto Seco – Travessia de Aguas Claras, no qual existem variadas unidades comerciais e industriais, interferências que dificultem a acessibilidade ou a interrupção de circulação na via marginal da BR\_324. Nestas situações a modulação dos pilares deverá ter geometria e ser distribuída de modo a garantir a acessibilidade e a circulação ordinária dos veículos;

### 3 CONHECIMENTO DO PROBLEMA

#### 3.1 Introdução

O Tramo III da Linha 1 do SMSL tem o seu traçado desenvolvido em paralelo à rodovia BR-324 (Salvador – Feira de Santana), atualmente o principal acesso à Salvador, que liga a capital às áreas de maior movimentação econômica do País. Ao longo da mesma, encontram-se instalados e operando diversas empresas que compõem o Polo Industrial e Logístico de Região, áreas de cluster do óleo e gás, bem como bairros de moradia com grande demanda de mobilidade urbana, por transporte público de qualidade.

A extensão do trecho é de 4.659,56 m, partindo da Estação Pirajá e indo até a Estação de Águas Claras.



**Figura 1 - Implantação Metrô Salvador**

Atualmente o Metrô Bahia, operado pela concessionária CCR, é constituído por duas linhas – Linha 1 e Linha 2. A Linha 1 encontra-se em operação entre as estações da Lapa e Pirajá. A Linha 2 encontra-se concluída.

O Sistema Metroviário de Salvador e Lauro de Freitas (SMSL) está sendo implantado através de contrato de concessão, e engloba a execução das obras, aquisição e instalação de equipamentos, sistemas e material rodante. Além de, reforma, manutenção, adequação e operação dos terminais de integração de passageiros, e principalmente, a operação do sistema de Metrô, Linha 1; Tramo I, II e III, além, da Linha 2.

As condicionantes e diretrizes básicas para o prolongamento da obra da Linha 1, foram definidas e aprovadas em conjunto como Governo do Estado, contemplando o planejamento global e estratégico da Região Metropolitana.

Desta forma, o Tramo III está devidamente alinhado e compatibilizado com importante estudos e projetos de transporte em andamento para a região, tais como:

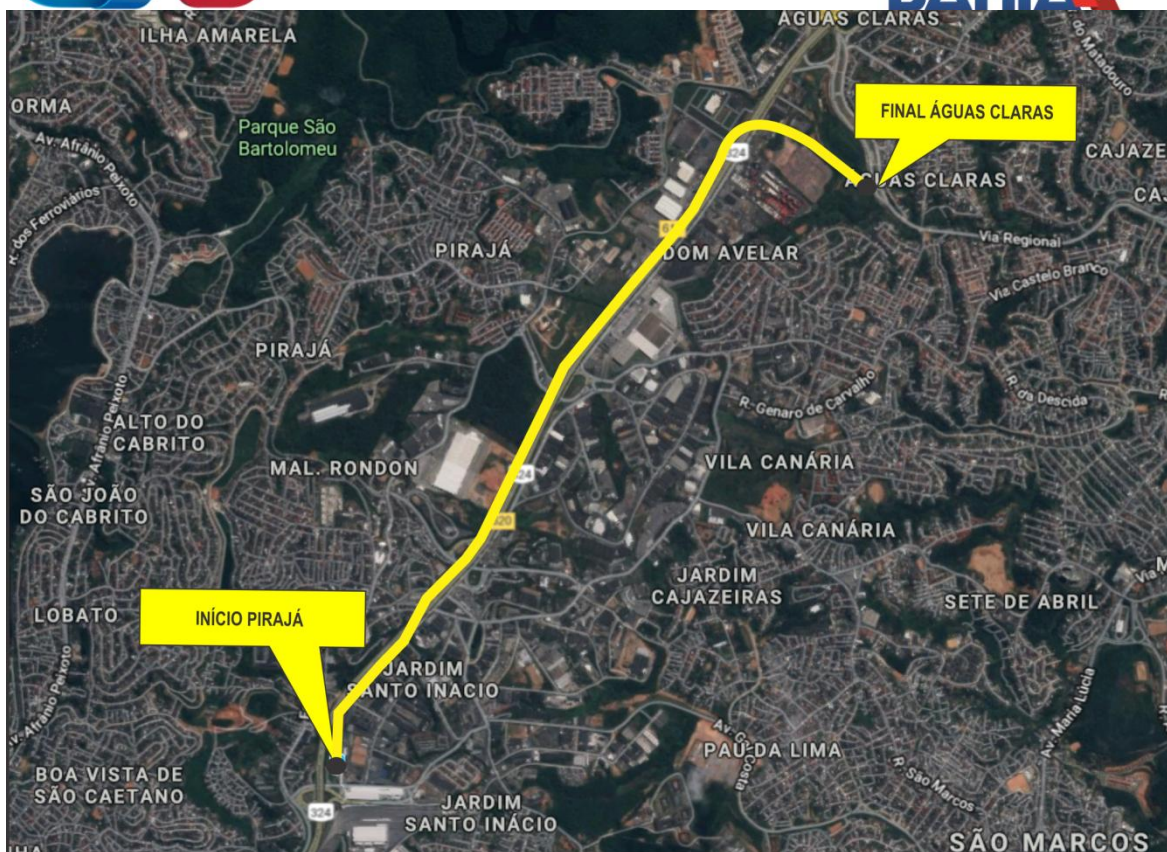
- O Tramo III trata-se da continuidade da Linha 1, portanto os componentes técnicos estão compatibilizados com o trecho do Metrô em operação. Assim, os elementos como velocidade diretriz, condicionantes geométricas (rampa máxima, raios mínimos), bitola, trilho, sistema de lastro LVT, sistema de alimentação elétrica, energia, sinalização, comunicação e material rodante foram especificados considerando a continuidade de elementos já implantados na Linha 1 para garantir os procedimentos operacionais e de manutenção;
- A futura Estação Rodoviária de Salvador: este empreendimento, a ser implantada e integrada ao Tramo III da Linha 1, na Estação Águas Claras: envolverá não só a sua área operacional, mas, além disso, irá promover uma remodelação no sistema viário, englobando rodovias e vias urbanas, além de agregar vários empreendimentos no seu entorno com Shopping Center, edifícios comerciais e outras unidades que se traduzem em pontos geradores de tráfego;
- Projeto de duplicação da Avenida Gal Costa, também denominada Corredor Transversal I: Este segmento, também componente do sistema viário principal da Região Metropolitana de Salvador, e futuramente um importante corredor de transporte público com operação de BRT, e que tem como ponto de integração com o Metrô a Estação Pirajá (início do Tramo III);

Implantação da Avenida 29 de Março e duplicação da Av. Orlando Gomes também denominada Corredor Transversal II, com operação de BRT e que tem como ponto de integração com o metrô, a Estação Cajazeiras/ Águas Claras (Final do Tramo III).

### 3.1.1 Estudos de Alternativas de Traçado

Foram estudadas duas alternativas de traçado, uma pelo lado direito da BR-324, no sentido Feira de Santana, e outra pelo lado esquerdo. A alternativa pelo lado direito foi descartada, após cadastramento, por apresentar diversas interferências com adutoras da Embasa, rede de gás, fibra ótica e rede alta tensão.

Inicialmente, devido à restrição de gabarito rodoviário padrão DNIT com 5,50m de altura, optou-se por soluções de viga invertida através de arco metálico ou viaduto em treliça metálica espacial ou viaduto em balanços sucessivos, optando-se pela solução de pórticos perpendiculares ao eixo da rodovia BR-324. A análise comparativa destas soluções está detalhada a seguir.



LINHA: 01  
 TRECHO: LAPA - ÁGUAS CLARAS  
 SUBTRECHO: TRAMO 3 (PIRAJÁ - ÁGUAS CLARAS)

O traçado proposto, portanto, se desenvolve pelo lado esquerdo da rodovia BR-324, no sentido Feira de Santana. Esta diretriz minimiza sobremaneira a necessidade de remanejamentos das três adutoras de 1.200mm e 1.600mm, que seguem através do canteiro lateral direito da rodovia, bem como da rede de gás que segue o mesmo caminhamento.

Destaca-se que nos estudos realizados foram considerados os viadutos existentes.

Ao longo do trecho, foi projetada uma via de exclusiva de acesso as garagens das empresas localizadas no início da via metroviária, três Passagens Inferiores (PIs Porto Seco, Águas Claras e de Pedestres) e quatro viadutos ferroviários: Pirajá, Campinas, Águas Claras e Rabicho de Manobra.

Além disso, estão previstas no anteprojeto intervenções como a execução de estações de passageiros, terminal de integração, acessos, interseções desniveladas, passarelas, iluminação pública, urbanização e paisagismo, remanejamento de interferências, demolições e sistemas elétricos.

Na figura, a seguir, está representado o traçado para a implantação da Linha 1 – Tramo III do SMSL.

### 3.1.2 Descrição geral do Traçado adotado

O traçado da via permanente do Metrô de Salvador, Linha 1, Tramo III, Pirajá-Águas Claras, tem seu início na estaca 0, depois da Estação Pirajá (existente), e seu término

na Estaca 232+19,56, na região onde será implantada a futura Estação Águas Claras, totalizando 4.659,56 de extensão.

Até estaca 20+11,87, onde tem início a OAE1 – Viaduto Pirajá, para transposição da BR-324, com extensão de 599,45m. Este viaduto tem seu final na Estação Campinas na estaca 50+11,32.

Após a Estação Campinas, na estaca 57+7,32, tem início a OAE2 – Viaduto Campinas, com extensão 539,45m, que segue até a estaca 84+6,77, onde tem início trecho em terrapleno.

Na estaca 84+6,77 inicia-se trecho em terrapleno, que segue até a estaca 107+2,85, perfazendo uma extensão de 456,08m, onde está previsto corte com altura de até 14,00m, aproximadamente. Na estaca 107+2,85 é prevista a implantação da OAE3 – Passagem Inferior Porto Seco (PI Porto Seco).

Na estaca 114+9,71 tem início trecho elevado, OAE4 – Viaduto Águas Claras, com extensão de 1.768,90m. Este elevado segue paralelo e à esquerda da Rodovia BR-324, até a estaca 180+0,00, onde através de curva à direita, transpõe a referida rodovia, e chega ao seu término na estaca 202+18,61, onde, novamente ao nível do solo, segue até a estaca 204+11,47. Neste trecho é prevista a implantação da OAE5 – Passagem Inferior Águas Claras (PI Águas Claras).

Da estaca 210+0,00 até a estaca 217+19,72 será implantada, sobre o solo elevado, a Estação Águas Claras. Na estaca 215+9,58 é prevista a implantação da OAE6 – Passagem Inferior de Pedestres (PI Pedestres), sob a Estação Águas Claras.

A partir da estaca 217+19,72 inicia-se a OAE7 dando suporte ao Rabicho de Manobra, onde serão implantadas duas vias adicionais de estacionamento de composições, com extensão de 299,84m, configurando o término do Tramo III, fixado na estaca 232+19,56.

### 3.2 Descrição das Soluções de Obras de Artes

Para a implantação do Trecho entre as Estações Pirajá - Águas Claras será necessária a execução de 07 Obras de Artes Especiais (OAEs), sendo 04 Viadutos e 03 Passagens Inferiores (PIs).

As soluções estruturais estão resumidas no quadro abaixo e descritas com maiores detalhes no item 4.8.

OAE	Nome	Comp(m)	Estaca
OAE 01	Viaduto de Pirajá	599,45	20+11,87 a 50+11,32
OAE 02	Viaduto de Campinas	539,45	57+7,32 a 84+6,77
OAE 03	PI de porto Seco	14,20	107+2,85
OAE 04	Viaduto de Águas Claras	1768,90	114+9,71 a 202+18,61
OAE 05	PI de Águas Claras	25,00	204+11,47
OAE 06	PI de Pedestres	42,00	215+9,58
OAE 07	Viaduto Rabicho de Manobras	299,84	217+19,72 a 232+19,56

## 4 NORMAS E REGULAMENTOS

Os trabalhos foram desenvolvidos segundo as normas técnicas e manuais vigentes da ABNT, ANTT, DNIT e normas dos demais órgãos reguladores competentes, normas internacionais), bem como as especificações técnicas particulares ao projeto concernentes às disciplinas desenvolvidas, conforme segue:

- NBR 6118 – Projeto de Estruturas de Concreto
- NBR 6122 – Projeto e Execução de Fundações
- NBR 8800 – Projeto de Estrutura de Aço e de Estrutura Mista de Aço e Concreto de Edifício
- NBR 7187 – Projeto de Pontes de Concreto Armado e Protendido – Procedimento
- NBR 7188 – Carga móvel rodoviária e de pedestre em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas
- NBR 6123 – Forças devido ao vento em edificações
- NBR 5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão – Procedimento
- NBR 5101 – Iluminação Pública – Procedimento
- NBR 5129 – Luminárias para Iluminação Pública - Requisitos Particulares
- NBR 8451 – Poste de concreto armado para rede de distribuição de Energia Elétrica.
- NBR 10844 - Instalações prediais de águas pluviais.
- IPR-724 – Manual de Drenagem de Rodovias
- ISF-210 – Projeto de Drenagem
- IPR-719 – Manual de Pavimentação
- IPR-667 – Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis
- ISF-213 – Projeto de Superestrutura da Via Permanente – Trilhos e Dormentes.
- ISF-212 – Projeto de Superestrutura da Via Permanente – Lastro e Sublastro.
- ISF-214 – Projeto de Superestrutura da Via Permanente – Acessórios.
- ISF-215 – Projeto de Superestrutura da Via Permanente – Aparelhos de Mudança de Via (AMV).
- IPR-740 – Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas.
- IPR-706 – Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais.
- ISF-209 – Projeto Geométrico.

- ISF-218 – Projeto de Pátios Ferroviários.
- NBR -6484/2001 – Sondagens Simples Reconhecimento com SPT – Método de Ensaio.
- DNER-PRO 102/97 – Sondagem de Reconhecimento pelo Método Rotativo.
- NBR 6459/84 – Solo – Determinação do Limite de Liquidez.
- NBR7180/84 – Solo – Determinação do Limite de Plasticidade.
- NBR 7181/84 – Solo – Análise Granulométrica.
- NBR 7182/86 – Solo – Ensaio de Compactação.
- NBR 7185/86 – Solo – Determinação da Massa Específica Aparente “In Situ”, com Emprego de Frasco de Areia.
- DNER-ME 049/94 – Solo – Índice de Suporte Califórnia Utilizando – Método de Ensaio.
- NBR 6508/84 – Determinação da Massa Específica.
- DNER-ME 052/94 – Determinação Da Umidade Com Emprego Do “Speedy” Determinação da Densidade Real.
- NBR 9603/86 – Sondagem a Trado.
- NBR 9604/86 – Abertura de Poço e Trincheira de Inspeção.
- ISF-207 – Estudos Geotécnicos .
- IPR-746 – Diretrizes Básicas para Desapropriação.
- ISF-224 – Projeto de Desapropriação.
- IPR-743 – Manual de Sinalização Rodoviária, 3ª Edição.
- ISF-217 – Projeto de Sinalização Ferroviária.
- 696/100 – Manual de Implantação Básica.
- ISF-211 – Projeto de Terraplenagem.
- Normas da ABNT e do INMETRO:
- NBR 5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão – Procedimento
- NBR 5101 – Iluminação Pública – Procedimento
- NBR 5129 – Luminárias para Iluminação Pública - Requisitos Particulares
- NBR 8451 – Poste de concreto armado para rede de distribuição de Energia Elétrica.

- NBR NM 247-3: Cabos isolados com policloreto de vinila (PVC) para tensões nominais até 450/750 V, inclusive – parte 3: Condutores isolados (sem cobertura) para instalações fixas (IEC 60227-3, MOD);
- NBR 5111: Fios de cobre nu, de seção circular, para fins elétricos;
- NBR 5356: Transformador de Potência;
- NBR 5368: Fios de cobre mole estanhados para fins elétricos;
- NBR 5410: Instalações Elétricas de Baixa Tensão;
- NBR 5419: Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas;
- NBR 6251: Cabos de potência com isolamento extrudada para tensões de 1 a 35 kV – Requisitos Construtivos;
- NBR 6323: Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente;
- NBR 6813: Fios e cabos elétricos – Ensaio de resistência de isolamento;
- NBR 6814: Fios e cabos elétricos – Ensaio de resistência elétrica;
- NBR 6820: Transformador de potencial indutivo;
- NBR 6858: Transformador de corrente;
- NBR 6881: Fios e cabos elétricos de potencia ou controle – Ensaio de tensão elétrica;
- NBR 7116: Relés elétricos – Ensaio de isolamento;
- NBR 7118: Disjuntores de alta tensão;
- NBR 7277: Transformadores e reatores – Determinação do nível de ruído;
- NBR 7286: Cabos de potência com isolamento extrudada de borracha etileno propileno (EPR) para tensões de 1 kV a 35 kV – Requisitos de desempenho;
- NBR 7290: Cabo de controle com isolamento extrudada de XLPE ou EPR para tensões até 1 kV – Requisitos de Desempenho
- NBR 7294: Fios e cabos elétricos – Ensaio de descargas parciais;
- NBR 7295: Fios e cabos elétricos – Ensaio de capacitância e fator de dissipação;
- NBR 7300: Fios e cabos elétricos – Ensaio de resistividade volumétrica;
- NBR 7307: Fios e cabos elétricos – Ensaio de fragilização;
- NBR 7397: Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – Determinação da massa do revestimento por unidade de área;

- NBR 7398: Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – Verificação da aderência do revestimento;
- NBR 7399: Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – Verificação da espessura do revestimento por processo não-destrutivo;
- NBR 7400: Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – Verificação da uniformidade do revestimento;
- NBR 9070: Equipamento retificador de silício para subestação de eletrificação ferroviária;
- NBR 9314: Emendas e terminais para cabos de potência com isolamento para tensões de 3,6/6 kV a 27/35 kV;
- NBR 9511: Cabos elétricos – Raios mínimos de curvatura para instalação e diâmetros mínimos de núcleos de carretéis para acondicionamento;
- NBR 10151: Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando conforto da comunidade – Procedimento
- NBR 10152: Níveis de ruído para conforto acústico
- NBR 10295: Transformadores de potência secos
- NBR 10299: Análise estatística de rigidez dielétrica de cabos elétricos em corrente alternada e a impulso;
- NBR 10495: Fios e cabos elétricos – Determinação da quantidade de gás ácido halogenado emitida durante a combustão de materiais poliméricos;
- NBR 10898: Sistema de Iluminação de Emergência
- NBR 11300: Fios e cabos elétricos – Determinação da densidade de fumaça emitida em condições definidas de queima;
- NBR 11633: Fios e cabos elétricos – Ensaio de determinação do grau de acidez de gases desenvolvidos durante a combustão de componentes;
- NBR 12139: Fios e cabos elétricos – Ensaio de determinação do índice de toxidez dos gases desenvolvidos durante a combustão dos materiais poliméricos;
- NBR 12179: Tratamento acústico em recintos fechados
- NBR 13248: Cabos de potência e controle e condutores isolados sem cobertura, com isolamento extrudada e com baixa emissão de fumaça para tensões até 1 kV - Requisitos de desempenho;
- NBR 13434-1,2 e 3 Sinalização de Segurança Contra Incêndio e Pânico
- NBR 13570: Instalações elétricas em locais de afluência de público – Requisitos específicos;

- NBR 14039: Instalações elétricas de média tensão (de 1 kV a 36,2 kV)
- NBR 14306: Proteção elétrica e compatibilidade eletromagnética em redes internas de telecomunicações em edificações - Projeto;
- NBR 14773: Cabo óptico dielétrico protegido contra ataque de roedores para aplicação em linha de dutos;
- NBR NM IEC 60332-1: Métodos de ensaios em cabos elétricos sob condições de fogo. Parte 1: Ensaio em um único condutor ou cabo isolado na posição vertical;
- NBR NM IEC 60332-3-10: Métodos de ensaios para cabos elétricos submetidos ao fogo. Parte 3-10: Ensaio de propagação vertical da chama de cabos em feixes na posição vertical - Equipamento de ensaio;
- NBR NM IEC 60332-3-21: Métodos de ensaios para cabos elétricos sob condições de fogo. Parte 3-21: Ensaio de propagação vertical da chama em condutores ou cabos em feixes montados verticalmente - Categoria A F/R;
- NBR NM IEC 60332-3-22: Métodos de ensaio para cabos elétricos sob condições de fogo. Parte 3-22: Ensaio de propagação vertical da chama em condutores ou cabos em feixes montados verticalmente - Categoria A;
- NBR NM IEC 60332-3-23: Métodos de ensaios para cabos elétricos sob condições de fogo. Parte 3-23: Ensaio de propagação vertical da chama em condutores ou cabos em feixes montados verticalmente - Categoria B;
- NBR NM IEC 60332-3-24: Métodos de ensaios para cabos elétricos sob condições de fogo. Parte 3-21: Ensaio de propagação vertical da chama em condutores ou cabos em feixes montados verticalmente - Categoria A F/R;
- NBR IEC 60439-1: Conjuntos de manobra e controle de baixa tensão-Parte 1: Conjuntos com ensaios de tipo totalmente testados (TTA) e conjuntos com ensaios de tipo parcialmente testados (PTTA);
- NBR IEC 60439-3: Conjunto de manobra e controle de baixa tensão – Parte 3: Requisitos particulares para montagem de acessórios de baixa tensão destinados a instalação em locais acessíveis a pessoas não qualificadas durante sua utilização – Quadros de distribuição;
- NBR IEC 60529: Invólucros de Equipamentos Elétricos - Proteção
- NBR NM IEC 60811-1-1: Métodos de ensaios comuns para os materiais de isolamento e de cobertura de cabos elétricos e ópticos– Parte 1: Métodos para aplicação geral – Capítulo 1: Medição de espessuras e dimensões externas – Ensaios para a determinação das propriedades mecânicas;
- NBR NM IEC 60811-1-2: Métodos de ensaios comuns para os materiais de isolamento e de cobertura de cabos elétricos – Parte 1: Métodos para aplicação geral – Capítulo 2: Métodos de envelhecimento térmico;
- NBR NM-IEC 60811-2-1: Métodos de ensaio comuns para materiais de isolamento e de cobertura de cabos elétricos e ópticos – Parte 2: Métodos

específicos para materiais elastoméricos. Capítulo 1: Ensaio de resistência ao ozônio, de alongamento a quente e de imersão em óleo mineral.

- NBR IEC 60947-1: Dispositivo de manobra e comando de baixa tensão – Parte 1: Regras gerais
- NBR IEC 60947-2: Dispositivo de manobra e comando de baixa tensão – Parte 2: Disjuntores
- NBR IEC 60947-6-1: Dispositivo de manobra e comando de baixa tensão – Parte 6-1: Dispositivos multifuncionais – Equipamento de comutação de transferência automática
- NBR-17240 - Execução de sistemas de detecção e alarme de incêndio;
- NBR-11836 - Detectores automáticos de fumaça para proteção contra incêndio - especificação;
- NBR ISO 9001: Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos;
- NBR NM 280: Condutores de cabos isolados.
- NR: Normas Reguladoras (Cap. V, Título II, da CLT).
- NR -10: Instalações e Serviços em Eletricidade;

Obedecerão também Códigos, Leis, Decretos, Portarias e Normas Federais, Estaduais e Municipais, inclusive normas de concessionárias de serviços públicos, em particular da COELBA; Instruções e Resoluções dos Órgãos do Sistema CREA-CONFEA.

## 5 ANTEPROJETO

### 5.1 Estudos Geotécnicos

Foram desenvolvidos os estudos geotécnicos baseados nas investigações geotécnicas realizadas com Ensaios do tipo SPT conforme data descrita a seguir:

- a) Data: maio de 2014 e maio de 2015;

Os boletins de sondagens informados, encontram-se no anexo 02 deste relatório.

### 5.2 Anteprojeto Geométrico

O projeto geométrico tem por objetivo avaliar os problemas detectados na fase preliminar de estudos e apresentar a melhor alternativa de menor custo global em relação às alterações a serem introduzidas para implantação do referido modal, seja rodoviário ou metro ferroviário.

Estes melhoramentos introduzidos no traçado visam suprimir pontos críticos, melhorar a funcionalidade operacional e de mobilidade e aumentar a fluidez e a segurança de tráfego de veículos e de pedestres.

#### 5.2.1 Geométrico Rodoviário

Ao longo do trecho da Via permanente foi projetada uma via de acesso a empreendimentos localizados na via marginal a BR-324. Esta via promove o acesso exclusivo a duas empresas privadas de transportes que tiveram sua entrada suprimida em função da interferência com a via metroviária.

Devido a sua localização e função dentro do sistema viário existente, esta via classifica-se como uma rodovia urbana local. Dentro deste contexto as curvas tiveram seus raios simulados de acordo com o gabarito do veículo de projeto adequado as empresas e foram lançadas rampas inferiores a 2%.

#### ➤ Perfil

Os critérios adotados para o projeto de alinhamento vertical obedeceram às condições existentes da rodovia, como também, ao Manual Geometria do DNIT.

As rampas lançadas em perfil não excederam o limite máximo e buscou-se como parâmetro mínimo, rampas de 0,35%. Entretanto onde foi necessário o aproveitamento do greide existente não foi possível manter as rampas desejadas.

A concordância vertical foi projetada com parábolas do 2º grau, com o parâmetro de curvatura K igual aos determinados para a classe e o tipo de curva vertical (convexas e côncavas). Os comprimentos horizontais mínimos das curvas verticais foram calculados pela expressão apresentada a seguir:

$$L = K \cdot A$$

Onde:

L = comprimento horizontal da parábola (m)

K = parâmetro de curvatura

A = diferença algébrica das inclinações das rampas.

Onde K é dado pelas expressões:

Curva convexa

$$K = \frac{Dp^2}{412}$$

Curva côncava

$$K = \frac{Dp^2}{122 + 3,5 * Dp}$$

Os comprimentos horizontais das parábolas foram majorados para valores múltiplos de 20,00 m sempre que possível.

- Seção Transversal Tipo

As características adotadas para a seção transversal foram:

<b>CARACTERÍSTICAS DE SEÇÃO TRANSVERSAL</b>	
LARGURA DA FAIXA DE ROLAMENTO (m)	3,50
LARGURA DA FAIXA DE SEGURANÇA (m)	0,60
PASSEIO (m)	2,00
ABAULAMENTO DA PLATAFORMA (m)	-3,00%
INCLINAÇÃO DO TALUDE DE CORTE (H:V)	2;3
INCLINAÇÃO DO TALUDE DE ATERRO (H:V)	3;2
SUPERELEVAÇÃO MÁX (%)	8,00
DISTRIBUIÇÃO DA SUPERELEVAÇÃO	100% ESPIRAL OU 50% TANGENTE 50% CURVA

A seguir estão sendo apresentados o quadro com os resumos de características técnicas e a seção transversal tipo, as quais encontram-se detalhadas no Volume 02 – Caderno de Desenhos.

Resumo das Características Técnicas da Via Exclusiva de Acesso as Garagens				
Tramo 3 / Pirajá - Águas Claras				
<b>MATERIAL RODANTE</b>				
Extensão Total	166,920 m			
Extensão em Tangente (m)	75,280 m			
Extensão em Tangente (%)	45,100%			
Comprimento da Maior Tangente (m)	40,620 m			
Comprimento da Menor Tangente (m)	14,730 m			
Extensão em Curva (m)	91,640 m			
Extensão em Curva (%)	54,900%			
Número de Curvas	4			
<b>Filtro - Curvas</b>				
	<b>Frequência</b>	<b>Extensão</b>		
R <= 120 m	2	51,40		
120 m < R <= 200 m	2	40,24		
200 m < R <= 300 m	0	0,00		
300 m < R <= 400 m	0	0,00		
400 m < R <= 500 m	0	0,00		
R > 500 m	0	0,00		
<b>Filtro - Rampas</b>				
	<b>Active</b>		<b>Declive</b>	
	<b>Frequência</b>	<b>Extensão (m)</b>	<b>Frequência</b>	<b>Extensão (m)</b>
i = 0%	0	0,00	0	0,00
0% < i <= 1,0 %	0	0,00	0	0,00
1,0% < i <= 2,0 %	1	166,92	0	0,00
2,0% < i <= 3,0 %	0	0,00	0	0,00
3,0% < i <= 4,0 %	0	0,00	0	0,00
4,0% < i <= 5,0 %	0	0,00	0	0,00
Active/ Declive Máximo	1,85%		0,00%	
Extensão em Rampa Máxima	166,92 m		0 m	

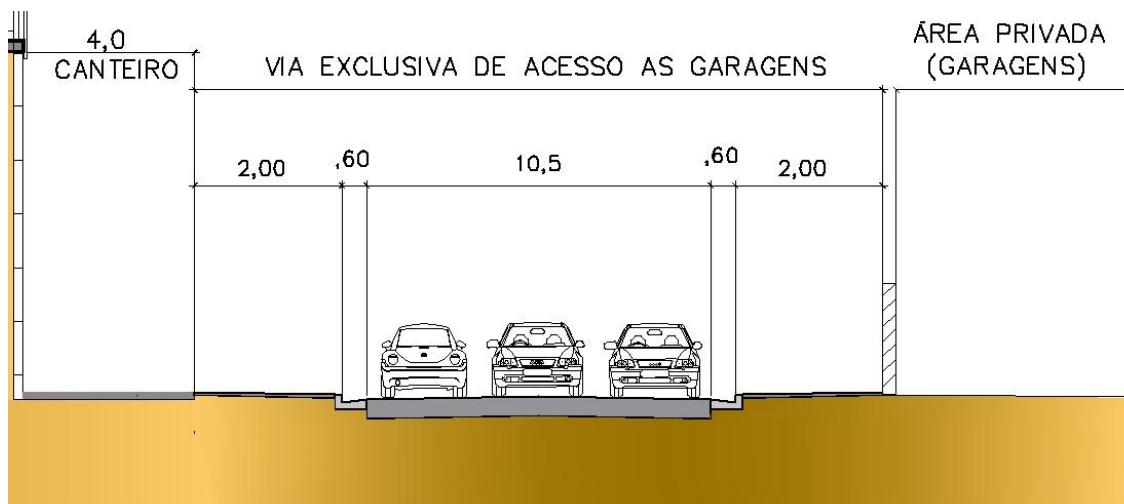


Figura 01 – Seção transversal tipo – Acesso Exclusivo as Garagens

### 5.2.2 Geométrico Metro Ferroviário

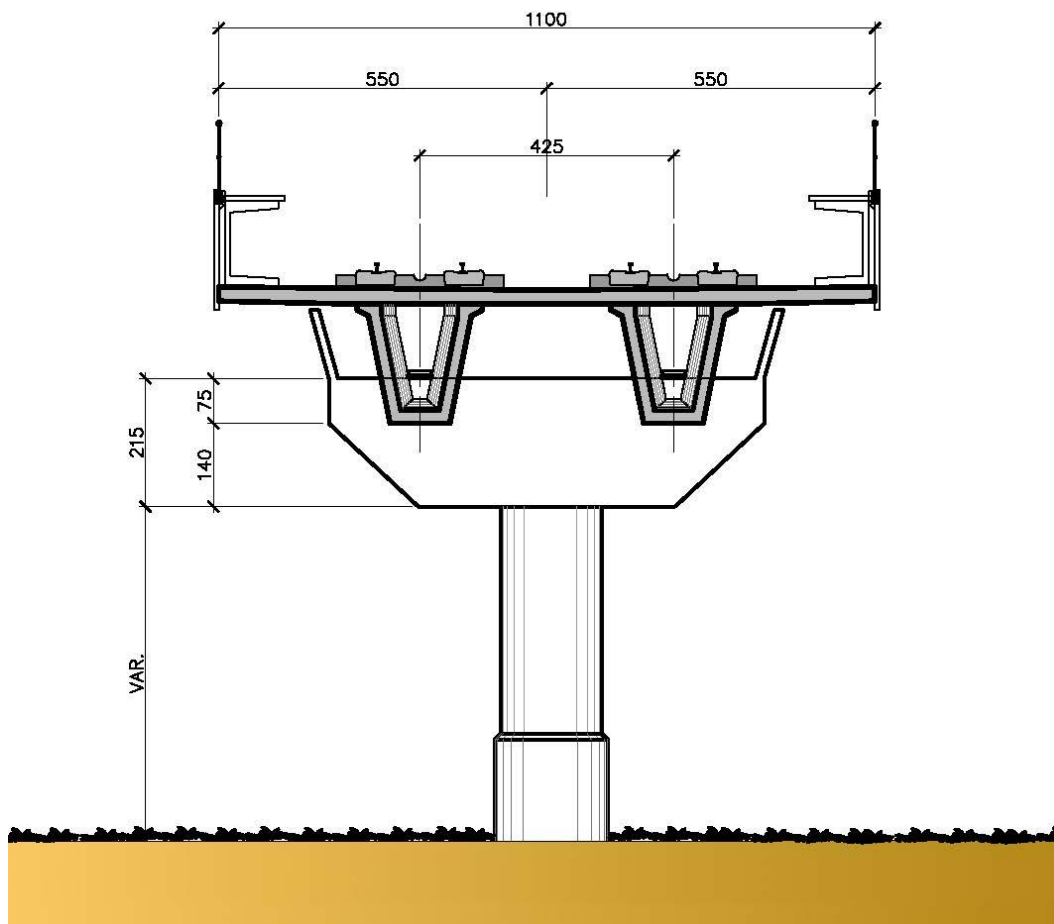
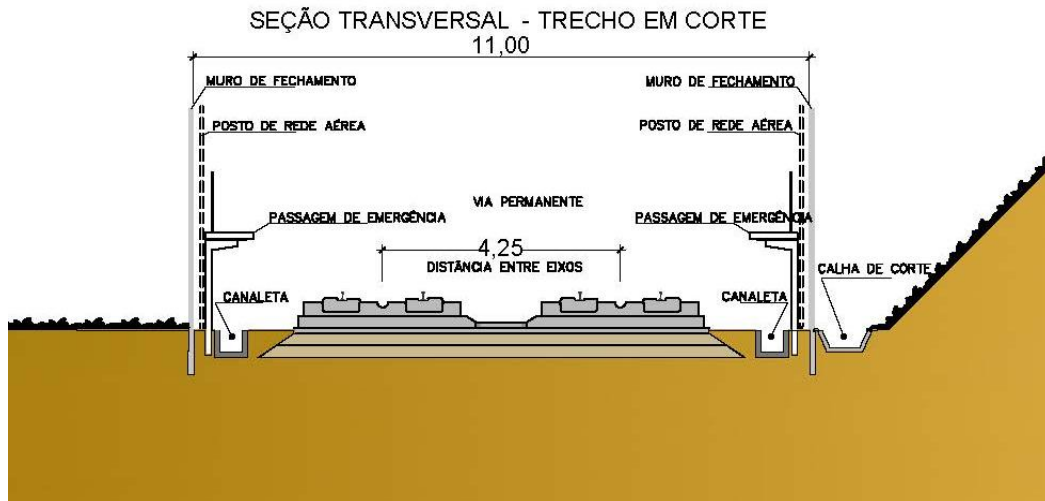
O Tramo 3 da Linha 1 Metrô de Salvador – Pirajá / Águas Claras, tem sua diretriz de traçado desenvolvida em paralelo com a rodovia BR-324, atravessando-a dois pontos.

O embasamento para escolha da diretriz aqui projetada surge da demanda por mobilidade, onde ao longo do trecho encontram-se em operação diversas empresas que compõem o importante polo industrial e logístico da região, áreas do cluster de Óleo e Gás, além de bairros densamente habitados e com grande demanda por transporte público de qualidade.

Diante do exposto o projeto geométrico do metrô se desenvolve a partir da estação Pirajá, passando por duas passagens inferiores e três viadutos. Além destas obras o traçado cruza por cima de duas passagens inferiores, uma de acesso de veículos e outra de pedestre, ambas para o acesso a futura rodoviária.

A seguir está sendo apresentado o quadro com o resumo das características técnicas adotadas, assim como as seções transversais tipo de projeto.

Resumo das Características Técnicas da Via Permanente				
Tramo 3 / Pirajá - Águas Claras				
<b>MATERIAL RODANTE</b>				
Carros	Trens compostos por 4 (quatro) carros com expansão para 6 (seis) carros			
Bitola (mm)	1.435 mm			
Tipo de Trilho	UIC 60			
Superelevação Máxima (mm) para Raio = 300,00 m	150 mm			
Distância Mínima entre Vias (mm)	4.250			
Raio Mínimo Concava (mm)	2.000 mm			
Raio Mínimo Convexa (mm)	3.000 mm			
Plataforma e Estações Comprimento (m) Campinas/Águas Claras	136 /159,55 m			
Plataforma e Estações Altura (m)	1,05 m			
Rampa Máxima (%)	4%			
Velocidade Máxima (km/h)	80,00 km/h			
Extensão Total	4.659,56 m			
Extensão em Tangente (m)	2.806,115 m			
Extensão em Tangente (%)	60,22%			
Comprimento da Maior Tangente (m)	945,63 m			
Comprimento da Menor Tangente (m)	57,213 m			
Extensão em Curva (m)	1.853,44 m			
Extensão em Curva (%)	39,78%			
Número de Curvas	7			
Raio Mínimo	300 m			
<b>Filtro - Curvas</b>				
	Frequência		Extensão	
R <= 300 m	1		589,92	
300 m < R <= 400 m	1		253,62	
400 m < R <= 600 m	3		388,41	
600 m < R <= 800 m	0		0,00	
800 m < R <= 1000 m	1		354,48	
R > 1000 m	1		267,01	
<b>Filtro - Rampas</b>				
	Aclive		Declive	
	Frequência	Extensão (m)	Frequência	Extensão (m)
i = 0%	3	907,52	0	0,00
0% < i <= 1,0 %	1	890,00	0	0,00
1,0% < i <= 2,0 %	1	1.460,00	1	220,00
2,0% < i <= 3,0 %	1	0,00	0	0,00
3,0% < i <= 4,0 %	1	462,50	0	0,00
4,0% < i <= 5,0 %	0	0,00	0	0,00
Aclive / Declive Máxima	4,00%		1,09%	
Extensão em Rampa Máxima	462,50 m		220,00 m	



### 5.2.3 Segurança Viária

#### QUADRO DE DISPOSITIVOS DE CONTENÇÃO LADO DIREITO

DEFENSAS METÁLICAS - LADO DIREITO BR-324								
LOCALIZAÇÃO			LADO	ANCORAGEM (m)	ATENUADOR DE IMPACTO (m)	DEFENSA (m)	TOTAL (m)	OBSERVAÇÃO
LOCAL	EST. INICIAL	EST. FINAL						
MARGINAL	21 + 6,92	25 + 8,64	D	32		50	82	PROTEÇÃO DE PILARES DOS ELEVADOS
MARGINAL	26 + 7,50	30 + 0,00	D	32		41	73	PROTEÇÃO DE PILARES DOS ELEVADOS
BR324	29 + 2,69	40 + 7,36	D	16	12	209	237	PROTEÇÃO DE PILARES DOS ELEVADOS
MARGINAL	137 + 1,32	154 + 12,37	D	32		319	351	PROTEÇÃO DE PILARES DOS ELEVADOS
MARGINAL	155 + 3,69	168 + 1,86	D	32		226	258	PROTEÇÃO DE PILARES DOS ELEVADOS
BR324	190 + 0,00	191 + 8,82	D	16	12	13	41	PROTEÇÃO DE PILARES DOS ELEVADOS
BR324	193 + 4,47	195 + 5,75	D	16	12	25	53	PROTEÇÃO DE PILARES DOS ELEVADOS
<b>SUBTOTAL</b>				<b>176</b>	<b>36</b>	<b>882</b>	<b>1.094</b>	-

#### QUADRO DE DISPOSITIVOS DE CONTENÇÃO LADO ESQUERDO

DEFENSAS METÁLICAS - LADO ESQUERDO								
LOCALIZAÇÃO			LADO	ANCORAGEM (m)	ATENUADOR DE IMPACTO (m)	DEFENSA (m)	TOTAL (m)	OBSERVAÇÃO
LOCAL	EST. INICIAL	EST. FINAL						
MARGINAL	29 + 2,69	40 + 7,36	E	32		193	225	PROTEÇÃO DE PILARES DOS ELEVADOS
BR324	33 + 6,66	40 + 6,69	E	16	12	124	140	PROTEÇÃO DE PILARES DOS ELEVADOS
BR324	63 + 2,43	63 + 13,66	E	32		-	32	PROTEÇÃO DE PILARES DOS ELEVADOS
BR324	65 + 19,45	67 + 0,00	E	32		-	32	PROTEÇÃO DE PILARES DOS ELEVADOS
BR324	131 + 17,77	136 + 5,22	E	32		55	87	PROTEÇÃO DE PILARES DOS ELEVADOS
BR324	137 + 1,32	154 + 12,37	E	32	-	319	351	PROTEÇÃO DE PILARES DOS ELEVADOS
MARGINAL	137 + 1,32	143 + 1,75	E	32	-	88	120	PROTEÇÃO DE PILARES DOS ELEVADOS
BR324	155 + 3,69	168 + 1,86	E	32	-	226	258	PROTEÇÃO DE PILARES DOS ELEVADOS
MARGINAL	169 + 9,64	173 + 1,56	E	32	-	40	72	PROTEÇÃO DE PILARES DOS ELEVADOS
MARGINAL	174 + 6,18	176 + 1,83	E	32		4	36	PROTEÇÃO DE PILARES DOS ELEVADOS
BR324	187 + 14,47	193 + 9,13	E	16	12	99	115	PROTEÇÃO DE PILARES DOS ELEVADOS
MARGINAL	190 + 0,00	191 + 8,82	E	32		-	32	PROTEÇÃO DE PILARES DOS ELEVADOS
MARGINAL	193 + 4,47	194 + 5,75	E	32		-	32	PROTEÇÃO DE PILARES DOS ELEVADOS
<b>SUBTOTAL</b>				<b>384</b>	<b>24</b>	<b>1148</b>	<b>1532</b>	

#### QUADRO RESUMO

QUADRO RESUMO DE DEFENSAS			
	ANCORAGEM (m)	ATENUADOR DE IMPACTO (m)	DEFENSA (m)
LADO DIREITO	176	36	882
LADO ESQUERDO	384	24	1148
<b>TOTAL</b>	<b>560</b>	<b>60</b>	<b>2.030</b>

OBS: Para o trecho compreendido entre a estaca 63+2,43 a 63+13,66, estaca 65+19,45 a 67+0,00, estaca 190+0,00 a 191+8,82, estaca 193+4,47 a 194+5,75, o comprimento necessário para a proteção dos pilares atende apenas com a ancoragem.

### 5.3 Anteprojeto de Terraplenagem

O Projeto de Terraplenagem para o trecho da via permanente, assim como da via de acesso as garagens foram desenvolvidos de acordo com as Normas, Especificações e Instruções de Serviços, atualmente em vigor, para trabalhos desta natureza e também com base nas informações provenientes dos estudos geotécnicos e do projeto geométrico.

#### 5.3.1 Metodologia de cálculo de volumes

Os Volumes de Cubação foram calculados de acordo com os dados fornecidos pelo Projeto Geométrico, onde foram ponderadas as alternativas de greide e em seguida elaborado o mapa de cubação das vias projetadas.

Os volumes foram calculados no software Autocad Civil 3D, pelo método da semi-soma das áreas dos prismóides.

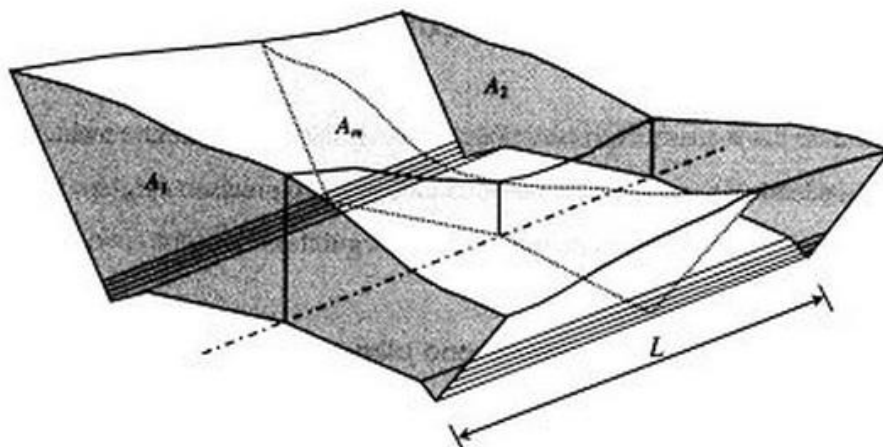


Figura 01: Prismóide (Fonte: Pontes Filho, 1988)

Uma formula comumente utilizada para o cálculo dos volumes dos prismóides é a chamada fórmula das áreas médias e estar sendo apresentada a seguir:

$$V_m = \frac{L}{2} \cdot (A_1 + A_2)$$

Onde:

Vm = Volume Médio de Terra para cada segmento em corte e aterro;

L = Distância entre as estacas;

A1 e A2 = Área referente a cada estaca.

Apresentamos a seguir o Mapa de Cubação, Quadro de Distribuição de Massas, Resumo dos Volumes de Terraplenagem para a Linha Projetada Permanente, Via de acesso as garagens, Estação Águas Claras e Terminal de Passageiros Águas Claras, considerando já os trechos onde foram projetados os Elevados Rodoviários.

### 5.3.2 Terraplenagem Via Permanente

#### 5.3.2.1 Mapa de Cubação

MAPA DE CUBAÇÃO - VIA PERMANENTE											
ESTACAS	OCORRÊNCIAS				ÁREA DE CORTE (m²)	VOLUME DE CORTE (m³)	OCORRÊNCIAS			ÁREA DE ATERRO (m²)	VOLUME DE ATERRO (m³)
	DESCRIÇÃO	VOL 1º CAT	VOL 2º CAT	VOL 3º CAT			DESCRIÇÃO	VOL. TOTAL (m³)	VOL. EMP (m³)		
0 + 0,00	INÍCIO C 01				4,17	-				-	-
1 + 0,00					4,22	83,90				-	-
2 + 0,00					22,00	262,20				-	-
3 + 0,00					8,89	308,90	INÍCIO A 01			0,16	1,60
4 + 0,00					0,81	97,00				16,39	165,50
5 + 0,00					18,76	195,70				18,20	345,90
6 + 0,00					13,38	321,40				24,30	425,00
7 + 0,00					2,64	160,20				38,03	623,30
8 + 0,00					0,39	30,30				56,22	942,50
9 + 0,00	FINAL C 01	1.463,50			-	3,90				73,84	1.300,60
10 + 0,00					-	-				90,88	1.647,20
11 + 0,00					-	-				84,44	1.753,20
12 + 0,00					-	-				79,66	1.641,00
13 + 0,00					-	-				66,18	1.458,40
14 + 0,00					-	-				45,36	1.115,40
15 + 0,00					-	-	FINAL A 01	12.122,50	15.153,13	24,93	702,90
15 + 13,67	CONTENÇÃO EM TERRA ARMADA (OAE 01)										
20 + 8,67	OAE 01										
20 + 8,67	ESTAÇÃO DE CAMPINAS										
50 + 11,68	OAE 02										
50 + 11,68	CONTENÇÃO EM TERRA ARMADA (OAE 02)										
85 + 17,15	OAE 02										
86 + 0,00					-	-	INÍCIO A 02			65,50	93,34
87 + 0,00					-	-				47,93	1.134,30
88 + 0,00	INÍCIO C 02				0,38	3,80				25,77	737,00
89 + 0,00					14,65	150,30				2,03	278,00
90 + 0,00					52,65	673,00	FINAL A 02	2.262,94	2.828,67	-	20,30
91 + 0,00					70,69	1.233,40				-	-
92 + 0,00					124,33	1.950,20				-	-
93 + 0,00					179,99	3.043,20				-	-
94 + 0,00					236,06	4.160,50				-	-
95 + 0,00					289,46	5.255,20				-	-
96 + 0,00					313,20	6.026,60				-	-
97 + 0,00					320,93	6.341,30				-	-
98 + 0,00					321,52	6.424,50				-	-
99 + 0,00					319,67	6.411,90				-	-
100 + 0,00					317,27	6.369,40				-	-
101 + 0,00					314,49	6.317,60				-	-
102 + 0,00					317,86	6.323,50				-	-
103 + 0,00					306,25	6.241,10				-	-
104 + 0,00					278,37	5.846,20				-	-
105 + 0,00					275,42	5.537,90				-	-
106 + 0,00					271,61	5.470,30				-	-
107 + 0,00	FINAL C 02	62.437,62	17.839,32	8.919,66	270,06	5.416,70				-	-
107 + 13,35	OAE 03										
108 + 7,53	OAE 03										
109 + 0,00	INÍCIO C 03				36,00	224,46				-	-
110 + 0,00					21,91	579,10				-	-
111 + 0,00					21,35	432,60				-	-
112 + 0,00	FINAL C 03	1.119,27	319,79	159,90	14,93	362,80				-	-
112 + 19,71	CONTENÇÃO EM TERRA ARMADA (OAE 04)										
114 + 6,51	OAE 04										
114 + 6,51	OAE 04										
203 + 1,96	CONTENÇÃO EM TERRA ARMADA (OAE 04)										
203 + 1,96	OAE 04										
203 + 8,76	OAE 04										
204 + 0,00	INÍCIO C 04				9,14	51,37				-	-
204 + 15,24	FINAL C 04	304,73			24,11	253,36				-	-
204 + 15,24	OAE 05										
206 + 2,64	OAE 05										
207 + 0,00	INÍCIO C 05				74,73	648,66				-	-
208 + 0,00					97,63	1.723,60				-	-
209 + 0,00					88,19	1.858,20				-	-
210 + 0,00	FINAL C 05	5.935,40			82,30	1.704,94				-	-

MAPA DE CUBAÇÃO - VIA PERMANENTE											
ESTACAS	OCORRÊNCIAS			ÁREA DE VOLUME DE CORTE (m²)	VOLUME DE CORTE (m³)	DESCRIÇÃO	OCORRÊNCIAS		VOL. EMP (m³)	ÁREA DE ATERRO (m²)	VOLUME DE ATERRO (m³)
	DESCRIÇÃO	VOL 1º CAT	VOL 2º CAT				VOL 3º CAT	VOL. TOTAL (m³)			
210 + 0,00											
217 + 19,56											
217 + 19,56											
218 + 0,00				147,64	32,48						
219 + 0,00				157,06	3.047,00						
220 + 0,00				237,05	3.941,10						
221 + 0,00				340,98	5.780,30						
222 + 0,00				462,15	8.031,30						
223 + 0,00				506,38	9.685,30						
224 + 0,00				438,81	9.451,90						
225 + 0,00				294,90	7.337,10						
226 + 0,00				148,41	4.433,10						
226 + 18,00	FINAL C 06	53.294,15		24,32	1.554,57						
226 + 18,00											
232 + 19,56											
<b>TOTAL</b>		124.554,67	18.159,11	9.079,56	151.793,34		14.385,44	17.981,80			14.385,44

ESTAÇÃO ÁGUAS CLARAS E OAE 06

INÍCIO OAE 07 (TRECHO EM CORTE PARA IMPLANTAÇÃO DA ESTRUTURA)

OAE 07 (TRECHO SEM MOVIMENTAÇÃO DE TERRA)

### 5.3.2.2 Distribuição de massas

DISTRIBUIÇÃO DE MASSAS - VIA PERMANENTE												
CORTE (C); EMPRÉSTIMO (EMP);	ORIGEM DO MATERIAL ESCAVADO						ATERRO (A);	DESTINO DO MATERIAL ESCAVADO			ACUM.	
	LOCALIZAÇÃO		VOLUME (m³)			LOCALIZAÇÃO		VOLUME (m³)				
	ESTACA INICIAL	ESTACA FINAL	1ª CAT	2ª CAT	3ª CAT	ESTACA INICIAL		ESTACA FINAL	PARCIAL			
CORTE - 01	0 + 0,00	9 + 0,00	1.463,50				ATERRO - 01	3 + 0,00	15 + 0,00	1.463,50	1.463,50	
CORTE - 02	88 + 0,00	107 + 0,00	13.689,63					3 + 0,00	15 + 0,00	13.689,63	15.153,13	
CORTE - 02	88 + 0,00	107 + 0,00	2.828,67				ATERRO - 02	86 + 0,00	90 + 0,00	2.828,67	2.828,67	
CORTE - 06	218 + 0,00	226 + 18,00	10.041,11				ATERRO 01 - ESTAÇÃO ÁGUAS CLARAS	210 + 0,00	217 + 19,56			
CORTE - 02	88 + 0,00	107 + 0,00	45.919,32	17.839,32	8.919,66			0 + 15,93	54 + 18,59			
CORTE - 03	109 + 0,00	112 + 0,00	1.119,27	319,79	159,90			0 + 15,93	54 + 18,59			
CORTE - 04	204 + 0,00	204 + 15,24	304,73				ATERRO 01 - TERMINAL	0 + 15,93	54 + 18,59			
CORTE - 05	207 + 0,00	210 + 0,00	5.935,40					0 + 15,93	54 + 18,59			
CORTE - 06	218 + 0,00	226 + 18,00	43.253,04					0 + 15,93	54 + 18,59			
<b>TOTAL ORIGEM</b>			<b>124.554,67</b>	<b>18.159,11</b>	<b>9.079,56</b>		<b>TOTAL DESTINO</b>				<b>17.981,80</b>	

### 5.3.2.3 Origem dos materiais escavados

Origem	1ª Categoria	2ª Categoria	3ª Categoria	Total
Corte	124.554,67	18.159,11	9.079,56	151.793,34

### 5.3.2.4 Destino dos materiais escavados

Destino	1ª Categoria	2ª Categoria	3ª Categoria	Total
Aterro	17.981,80			17.981,80
Aterro Estação Águas Claras	10.041,11			10.041,11
Aterro Terminal	96.531,76	18.159,11	9.079,56	123.770,43

OBS: O material destinado aos aterros da via de acesso as garagens e do terminal Águas Claras, foram quantificados em seus respectivos itens.

### 5.3.2.5 Quadro resumo da distribuição dos materiais

DISTRIBUIÇÃO DOS MATERIAIS ESCAVADOS – VIA PERMANENTE				
Faixa DMT	1ª Categoria	2ª Categoria	3ª Categoria	Total
0,05 – 0,20km	4.292,17			4.292,17
1,60 – 1,80km	13.689,63			13.689,63

Compactação de aterro: 17,891,80 m<sup>3</sup>

Compactação a 100% do PROCTOR Intermediário: 2.822,40 m<sup>3</sup>

Compactação a 100% do PROCTOR Normal: 15.159,40 m<sup>3</sup>

Obs: O grau mínimo de compactação a 100% do PROCTOR Intermediário corresponde a 60cm da última camada de compactação.

## 5.3.3 Terraplanagem Estação Águas Claras

### 5.3.3.1 Mapa de Cubação

MAPA DE CUBAÇÃO - ESTAÇÃO ÁGUAS CLARAS											
ESTACAS	OCORRÊNCIAS				ÁREA DE CORTE (m²)	VOLUME DE CORTE (m³)	OCORRÊNCIAS			ÁREA DE ATERRO (m²)	VOLUME DE ATERRO (m³)
	DESCRIÇÃO	VOL 1º CAT	VOL 2º CAT	VOL 3º CAT			DESCRIÇÃO	VOL. TOTAL (m³)	VOL. EMP (m³)		
210 + 0,00	INÍCIO C 01				115,36	-	INÍCIO A 01			103,44	-
211 + 0,00					137,57	2.529,30				113,62	2.170,60
212 + 0,00					118,80	2.563,70				123,62	2.372,40
213 + 0,00					110,58	2.293,80				132,54	2.561,60
214 + 0,00					101,80	2.123,80				140,98	2.735,20
215 + 0,00					91,86	1.936,60				150,89	2.918,70
216 + 0,00					84,89	1.767,50				162,53	3.134,20
217 + 0,00					82,88	1.677,70				175,89	3.384,20
217 + 19,56	FINAL C 01	16.307,96			61,86	1.415,56	FINAL A 01	21.079,26	26.349,07	8,40	1.802,36
<b>TOTAL</b>		16.307,96	-	-		16.307,96		21.079,26	26.349,07		21.079,26

### 5.3.3.2 Distribuição de massas

DISTRIBUIÇÃO DE MASSAS - ESTAÇÃO ÁGUAS CLARAS										
CORTE (C) EMPRÉSTIMO (E)	ORIGEM DO MATERIAL ESCAVADO					ATERRO (A)	DESTINO DO MATERIAL ESCAVADO			
	LOCALIZAÇÃO		VOLUME (m³)				LOCALIZAÇÃO		VOLUME (m³)	
	ESTACA INICIAL	ESTACA FINAL	1ª CAT	2ª CAT	3ª CAT		ESTACA INICIAL	ESTACA FINAL	PARCIAL	ACUM.
ESTAÇÃO - CORTE - 01	210 + 0,00	217 + 19,56	16.307,96			ATERRO - 01	210 + 0,00	217 + 19,56	16.307,96	16.307,96
CORTE 06 - VIA PERMANENTE	218 + 0,00	226 + 18,00	10.041,11				210 + 0,00	217 + 19,56	10.041,11	26.349,07
<b>TOTAL ORIGEM</b>			26.349,07	-	-	<b>TOTAL DESTINO</b>			26.349,07	

### 5.3.3.3 Origem dos materiais escavados

Origem	1ª Categoria	2ª Categoria	3ª Categoria	Total
Corte	16.307,96			16.307,96
Corte Via Permanente	10,041,11			10,041,11

### 5.3.3.4 Destino dos materiais escavados

Destino	1ª Categoria	2ª Categoria	3ª Categoria	Total
Aterro	26.349,07			26.349,07

### 5.3.3.5 Quadro resumo da distribuição dos materiais

DISTRIBUIÇÃO DOS MATERIAIS ESCAVADOS				
Faixa DMT	1ª Categoria	2ª Categoria	3ª Categoria	Total
0 – 0,05km	16.307,96			16.307,96
2,00 – 3,00km	10.041,11			10.041,11

Compactação de aterro: 26.349,07 m<sup>3</sup>

Compactação a 100% do PROCTOR Intermediário: 4.107,07 m<sup>3</sup>

Compactação a 100% do PROCTOR Normal: 22.242,00 m<sup>3</sup>

Obs: O grau mínimo de compactação a 100% do PROCTOR Intermediário corresponde a 60 cm da última camada de compactação.

### 5.3.4 Terraplanagem Terminal de passageiros Águas Claras

#### 5.3.4.1 Mapa de Cubação

MAPA DE CUBAÇÃO - TERMINAL ÁGUAS CLARAS									
ESTACA	OCORRÊNCIAS		ÁREA DE CORTE (m²)	VOLUME DE CORTE (m³)	OCORRÊNCIAS			ÁREA DE ATERRO (m²)	VOLUME DE ATERRO (m³)
	DESCRIÇÃO	VOL 1º CAT (m³)			DESCRIÇÃO	VOL TOTAL (m³)	VOL EMPOLADO (m³)		
0 + 15,93			-	-	INÍCIO A 01			97,99	-
1 + 0,00			-	-				106,95	416,75
2 + 0,00			-	-				139,79	2.467,40
3 + 0,00			-	-				1.253,21	13.930,00
4 + 0,00			-	-				1.958,31	32.115,20
5 + 0,00			-	-				2.215,76	41.740,70
6 + 0,00			-	-				2.277,15	44.929,10
7 + 0,00			-	-				2.289,22	45.663,70
8 + 0,00			-	-				1.741,19	40.304,10
9 + 0,00			-	-				1.077,26	28.184,50
10 + 0,00	INICIO C 01		82,25	822,50				605,92	16.831,80
11 + 0,00			165,09	2.473,40				505,66	11.115,80
12 + 0,00			212,57	3.776,60				468,38	9.740,40
13 + 0,00			36,76	2.493,30				418,00	8.863,80
14 + 0,00			-	367,60				340,34	7.583,40
15 + 0,00			-	-				145,06	4.854,00
15 + 18,28			-	-				51,69	1.798,59
16 + 7,56			-	-				145,73	915,73
17 + 0,00			-	-				129,02	1.708,95
18 + 0,00			0,08	0,80				85,64	2.146,60
19 + 0,00			6,58	66,60				22,43	1.080,70
20 + 0,00			6,10	126,80				-	224,30
21 + 0,00			17,39	234,90				-	-
22 + 0,00			23,59	409,80				-	-
23 + 0,00			20,06	436,50				-	-
24 + 0,00			32,72	527,80				-	-
25 + 0,00			39,95	726,70				-	-
26 + 0,00			39,69	796,40				-	-
27 + 0,00			57,31	970,00				-	-
28 + 0,00			45,37	1.026,80				-	-
29 + 0,00			64,73	1.101,00				-	-
30 + 0,00			67,30	1.320,30				-	-
30 + 1,82			50,42	107,01				-	-
31 + 0,00			257,07	2.795,39				-	-
32 + 0,00			762,53	10.196,00				-	-
33 + 0,00			767,43	15.299,60				-	-
34 + 0,00			726,56	14.939,90				-	-
35 + 0,00			565,13	12.916,90				-	-
36 + 0,00			411,29	9.764,20				141,01	1.410,10
37 + 0,00			219,74	6.310,30				625,39	7.664,00
38 + 0,00			45,51	2.652,50				1.427,92	20.533,10
39 + 0,00			32,10	776,10				1.828,44	32.563,60
40 + 0,00			30,36	624,60				1.736,63	35.650,70
41 + 0,00			28,18	585,40				1.606,76	33.433,90
42 + 0,00			24,74	529,20				1.401,88	30.086,40
42 + 17,43			23,38	419,44				909,38	20.146,10
43 + 0,00			24,12	60,97				15,42	1.186,98
44 + 0,00			114,27	1.383,90				-	154,20
44 + 8,53			123,17	1.012,44				-	-
45 + 0,00			120,96	1.400,33				-	-
46 + 0,00			-	1.209,60				64,27	642,70
46 + 7,83			-	-				145,85	822,51
46 + 12,81			0,02	0,05				397,03	1.350,96
47 + 0,00	FINAL C 01	100.661,70	-	0,07				389,53	2.829,26
48 + 0,00			-	-				317,59	7.071,20
49 + 0,00			-	-				761,04	10.786,30
50 + 0,00			-	-				511,09	12.721,30
51 + 0,00			-	-				353,24	8.643,30
52 + 0,00			-	-				243,07	5.963,10
53 + 0,00			-	-				150,33	3.934,00
54 + 0,00			-	-				207,14	3.574,70
54 + 18,59			-	-	FINAL A 01	560.872,50	701.090,62	125,09	3.088,58
<b>TOTAL</b>				<b>100.661,70</b>					<b>560.872,50</b>

### 5.3.4.2 Distribuição de massas

DISTRIBUIÇÃO DE MASSAS - TERMINAL ÁGUAS CLARAS											
CORTE (C) EMPRÉSTIMO (E)	ORIGEM DO MATERIAL ESCAVADO						ATERRO (A)	DESTINO DO MATERIAL ESCAVADO			
	LOCALIZAÇÃO		VOLUME (m³)					LOCALIZAÇÃO		VOLUME (m³)	
	ESTACA INICIAL	ESTACA FINAL	1ª CAT	2ª CAT	3ª CAT	ESTACA INICIAL		ESTACA FINAL	PARCIAL	ACUM.	
TERMINAL - CORTE - 01	10 + 0,00	47 + 0,00	100.661,70				0 + 15,93	54 + 18,59	100.661,70	100.661,70	
CORTE 02 - VIA PERMANENTE	88 + 0,00	107 + 0,00	45.919,32	17.839,32	8.919,66		0 + 15,93	54 + 18,59	72.678,30	173.340,00	
CORTE 03 - VIA PERMANENTE	109 + 0,00	112 + 0,00	1.119,27	319,79	159,90		0 + 15,93	54 + 18,59	1.598,96	174.938,96	
CORTE 04 - VIA PERMANENTE	204 + 0,00	204 + 15,24	304,73				0 + 15,93	54 + 18,59	304,73	175.243,69	
CORTE 05 - VIA PERMANENTE	207 + 0,00	210 + 0,00	5.935,40				0 + 15,93	54 + 18,59	5.935,40	181.179,09	
CORTE 06 - VIA PERMANENTE	218 + 0,00	226 + 18,00	43.253,04				0 + 15,93	54 + 18,59	43.253,04	224.432,13	
CORTE 01 - ACESSOS AS GARAGENS E 01	0 + 0,00	8 + 6,92	361,57				0 + 15,93	54 + 18,59	361,57	224.793,70	
	190 + 0,00	190 + 6,00	463.720,32				0 + 15,93	54 + 18,59	463.720,32	688.514,02	
<b>TOTAL ORIGEM</b>			<b>661.275,35</b>	<b>18.159,11</b>	<b>9.079,56</b>		<b>TOTAL DESTINO</b>		<b>688.514,02</b>		

<b>OBS:</b>	
TRATAMENTO DE FUNDAÇÃO - COLCHÃO DE BRITA CORRIDA (r	12.576,60
VOLUME DE ATERRO EM SOLO (m³)	688.514,02
<b>VOLUME TOTAL DE ATERRO EMPOLADO (m³)</b>	<b>701.090,62</b>

### 5.3.4.3 Origem dos materiais escavados

Origem	1ª Categoria	2ª Categoria	3ª Categoria	Total
Corte	100.661,70			100.661,70
Corte acesso as garagens	361,57			361,57
Corte Via Permanente	96.531,76	18,159,11	9.079,56	123.770,43
Empréstimo	463.720,32			463.720,32

### 5.3.4.4 Destino dos materiais escavados

Destino	1ª Categoria	2ª Categoria	3ª Categoria	Total
Aterro	688.514,02			688.514,02

### 5.3.4.5 Quadro resumo da distribuição dos materiais

DISTRIBUIÇÃO DOS MATERIAIS ESCAVADOS				
Faixa DMT	1ª Categoria	2ª Categoria	3ª Categoria	Total
0 – 0,05km	100.661,70			100.661,70
2,00 – 3,0km	96.531,76	18.159,11	9.079,56	123.770,43
3,00 – 4,00km	361,57			361,57
5,00 – 6,00km	463,720,32			463,720,32

Compactação de aterro: 688.514,02 m<sup>3</sup>

Compactação a 100% do PROCTOR Intermediário: 34.740,00 m<sup>3</sup>

Compactação a 100% do PROCTOR Normal: 653.774,02 m<sup>3</sup>

Obs: O grau mínimo de compactação a 100% do PROCTOR Intermediário corresponde a 60cm da última camada de compactação.

### 5.3.5 Terraplanagem Acessos as Garagens

#### 5.3.5.1 Mapa de Cubação

MAPA DE CUBAÇÃO - RODOVIÁRIO - ACESSO AS GARAGENS										
ESTACAS	OCORRÊNCIAS			ÁREA DE CORTE (m²)	VOLUME DE CORTE (m³)	OCORRÊNCIAS			ÁREA DE ATERRO (m²)	VOLUME DE ATERRO (m³)
	DESCRIÇÃO	VOL 1º CAT	VOL 2º CAT			VOL 3º CAT	DESCRIÇÃO	VOL. TOTAL (m³)		
0 + 0,00				16,59	-				-	-
1 + 0,00	INICIO C 01			8,44	250,30				-	-
2 + 0,00				13,47	219,10				-	-
3 + 0,00				10,24	237,10				-	-
4 + 0,00				4,29	145,30	INICIO A 01			1,83	18,30
5 + 0,00				2,29	65,80				3,85	56,80
6 + 0,00				6,99	92,80				14,73	185,80
7 + 0,00				-	69,90				7,84	225,70
8 + 0,00				0,17	1,70				1,84	96,80
8 + 6,92	FINAL C 01	1.098,78		4,68	16,78	FINAL A 01	589,77	737,21	-	6,37
<b>TOTAL</b>		<b>1.098,78</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>1.098,78</b>		<b>589,77</b>	<b>737,21</b>	<b>-</b>	<b>589,77</b>

### 5.3.5.2 Distribuição de massas

DISTRIBUIÇÃO DE MASSAS - RODOVIÁRIO - VIA EXCLUSIVA DE ACESSO AS GARAGENS										
CORTE (C); EMPRÉSTIMO (EMP);	ORIGEM DO MATERIAL ESCAVADO					ATERRO (A);	DESTINO DO MATERIAL ESCAVADO			
	LOCALIZAÇÃO		VOLUME (m³)				LOCALIZAÇÃO		VOLUME (m³)	
	ESTACA INICIAL	ESTACA FINAL	1ª CAT	2ª CAT	3ª CAT		ESTACA INICIAL	ESTACA FINAL	PARCIAL	ACUM.
CORTE - 01	0 + 0,00	8 + 6,92	737,21			ATERRO - 01	4 + 0,00	8 + 6,92	737,21	737,21
CORTE - 01	0 + 0,00	8 + 6,92	361,57			ATERRO 01 - TERMINAL	1 + 0,00	54 + 18,59	CORTE 01 DA VIA DE ACESSO AS GARAGENS DESTINADO AO TERMINAL E CONTABILIZADO NA	
<b>TOTAL ORIGEM</b>			<b>1.098,78</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>TOTAL DESTINO</b>			<b>737,21</b>	

### 5.3.5.3 Origem dos materiais escavados

Origem	1ª Categoria	2ª Categoria	3ª Categoria	Total
Corte	1.098,78			1.098,78

### 5.3.5.4 Destino dos materiais escavados

Destino	1ª Categoria	2ª Categoria	3ª Categoria	Total
Aterro	737,21			737,21
Aterro Terminal	361,57			361,57

### 5.3.5.5 Quadro resumo da distribuição dos materiais

DISTRIBUIÇÃO DOS MATERIAIS ESCAVADOS				
Faixa DMT	1ª Categoria	2ª Categoria	3ª Categoria	Total
0 – 0,05km	737,21			737,21

Compactação de aterro: 737,21 m³

Compactação a 100% do PROCTOR Intermediário: 737,21 m³

Obs: O grau mínimo de compactação a 100% do PROCTOR Intermediário corresponde a 60cm da última camada de compactação.

### 5.3.6 Tratamento das fundações

O objetivo deste procedimento é apresentar os indicadores, estabelecer normas e selecionar padrões que possibilitem a avaliação de sítios, que pelas características locais, requeiram tratamento especial das fundações.

A partir dos elementos fornecidos pelos Estudos Geotécnicos, o Projetista avalia a necessidade ou não de tratamentos locais ou generalizados das fundações dos aterros ou até mesmo em alguns cortes. São situações típicas tais como: cortes em rocha, escavações com presença de água oriunda de contribuição permanente ou não, de lençol freático, aterros a serem implantados sobre solos incompetentes em relação à capacidade de suporte, em zonas inundadas, embrejadas ou onde ocorrem nascentes localizadas.

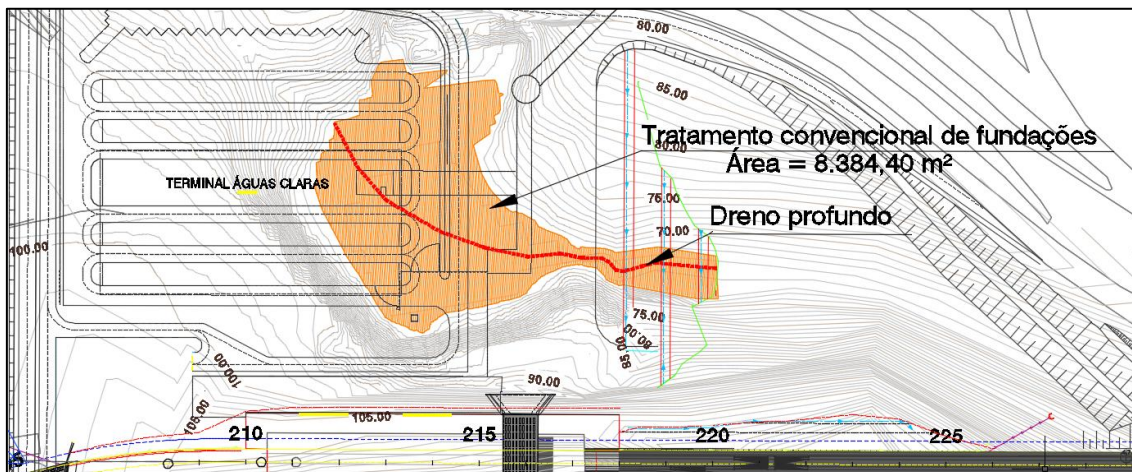
As recomendações resultantes da identificação de necessidade de tratamento podem ser, mas não só, as seguintes:

- Remoção de solos do terreno natural, com presença de matéria orgânica;
- Remoção de solos do terreno natural que apresentem capacidade de suporte incompatível com as cargas aplicadas quando da implantação dos terraplenos ou mesmo dos pavimentos;
- Implantação de dispositivos capazes de promover à dissipação do excedente de pressões neutras aplicadas às bases dos terraplenos;
- Implantação de dispositivos capazes de promover à drenagem adequada das águas nas proximidades ou na base dos terraplenos;
- Implantação de dispositivos capazes de promover a neutralização da ação de solos expansivos quando em presença de água;
- Remoção de estratos de materiais rochosos em decomposição;
- Preenchimento de cavas onde se removeu solos inadequados, com materiais selecionados voltados para melhoria de suporte da fundação do terrapleno, drenagem de águas presente nas proximidades ou fundações, dissipação do excedente de pressões neutras etc;

No caso particular, identificou-se alguns aterros, neste trecho, que requerem pelas suas características geotécnicas, tratamentos convencionais de fundação, outros em razão da degradação dos solos locais, por assoreamento progressivo e devido a ação de gradientes hidráulicos expressivos, merecem tratamentos especiais.

**Tratamento convencional de fundações** → Este tratamento seria conceitualmente a remoção de 1,00 m do solo na base do aterro e a complementação com uma camada de areia ou “bica corrida” com 1,50 m de espessura, ficando os 50 cm excedentes para possibilitar a dissipação do excedente de pressões neutras.

O anteprojeto indica explicitamente a utilização de tratamento convencional das fundações do aterro que será executado para implantação do Terminal de passageiros Águas Claras, conforme desenho a seguir:



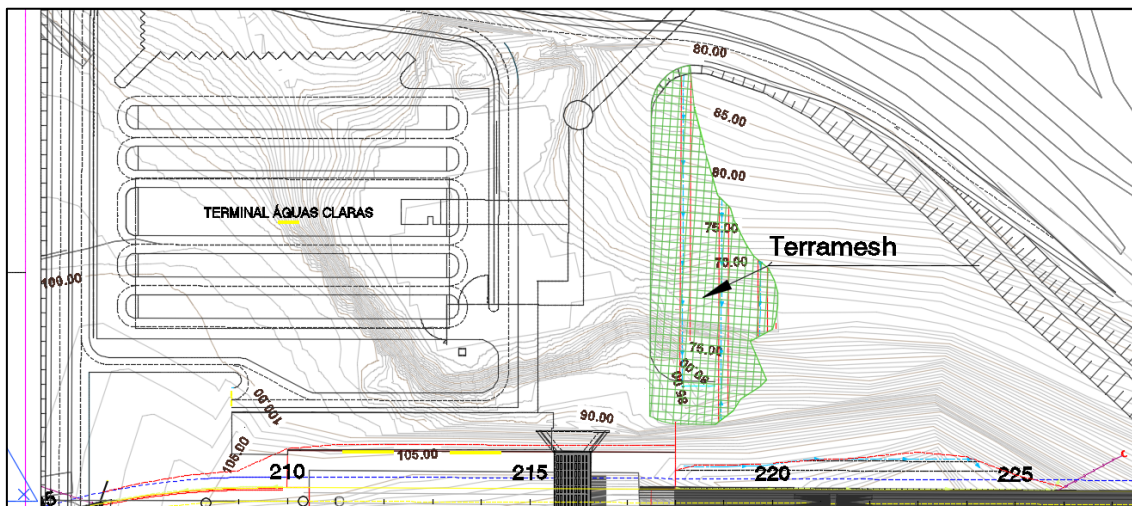
Para rebaixamento do lençol freático está sendo indicado dreno longitudinal de brita envelopado com manta a ser implantado no fundo do vale que será aterrado. O quantitativo do dreno consta em drenagem e o tratamento em terraplenagem, conforme a seguir:

TERRAPLENAGEM - TRATAMENTO DE FUNDAÇÕES					
ITEM	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	ÁREA	VOLUME (m³)
1	TRATAMENTO EM CAMADA DE BRITA CORRIDA	m	1,50	8.384,40	12.576,60
<b>TOTAL (m³)</b>					<b>12.576,60</b>

**Tratamento especial de base de aterros com Terramesh** → nos locais em base de aterros onde foram identificados fluxos permanentes de água – riachos em talwegues naturais e ou decorrente de contribuições de base de elevações próximas causados por gradientes expressivos de água de lençol, foram indicados como elemento de prevenção para a estabilidade adequada destes aterros e para facilitar a dissipação do excedente de pressões neutras, Tratamento de Fundações e Taludes com Terramesh.

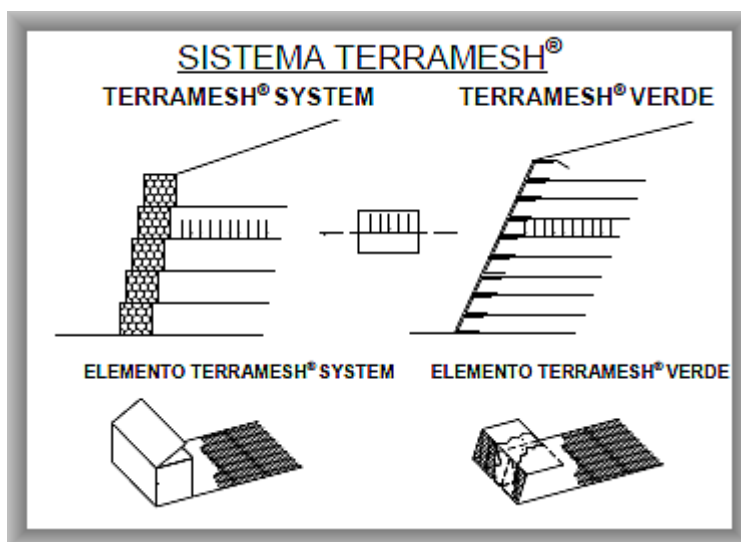
*“Os elementos Terramesh são utilizados para a contenção de faces íngremes de aterros compactados, formados pela associação de um reforço metálico em malha hexagonal de dupla torção, associado a um paramento frontal em gabiões caixa, ambos formados por um único pano, que forma o reforço, a base, a face e a tampa do gabião, fabricados com arames em aço de elevada resistência à tração e baixos níveis de alongamento. O Terramesh permite a construção de paramentos externos escalonados (levemente inclinados em 6°) ou totalmente verticais.*

O anteprojeto indica explicitamente a utilização de tratamento das fundações do aterro que será executado para implantação do Terminal de passageiros Águas Claras, com a tecnologia Terramesh, conforme desenho a seguir:



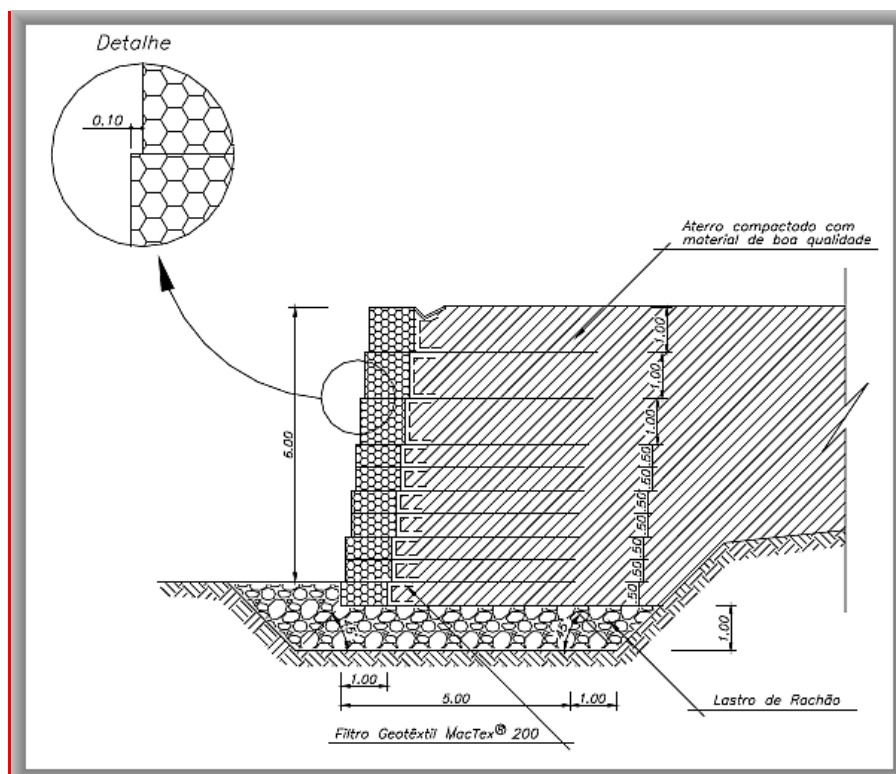
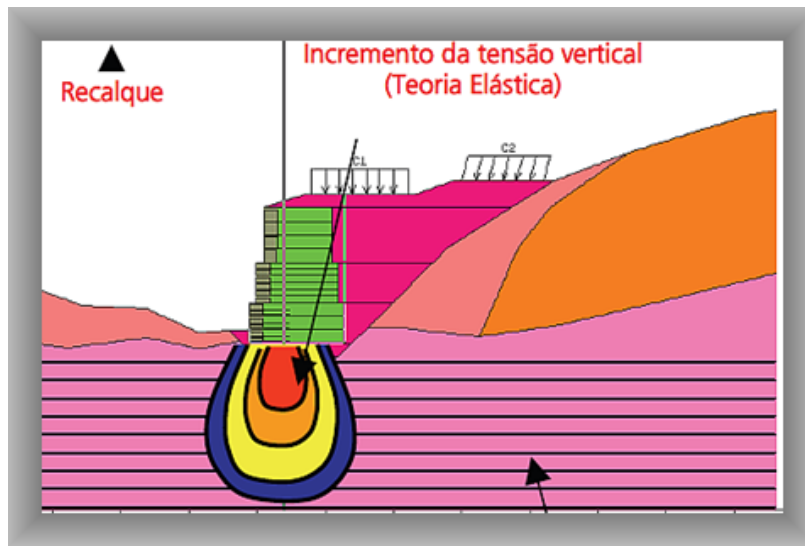
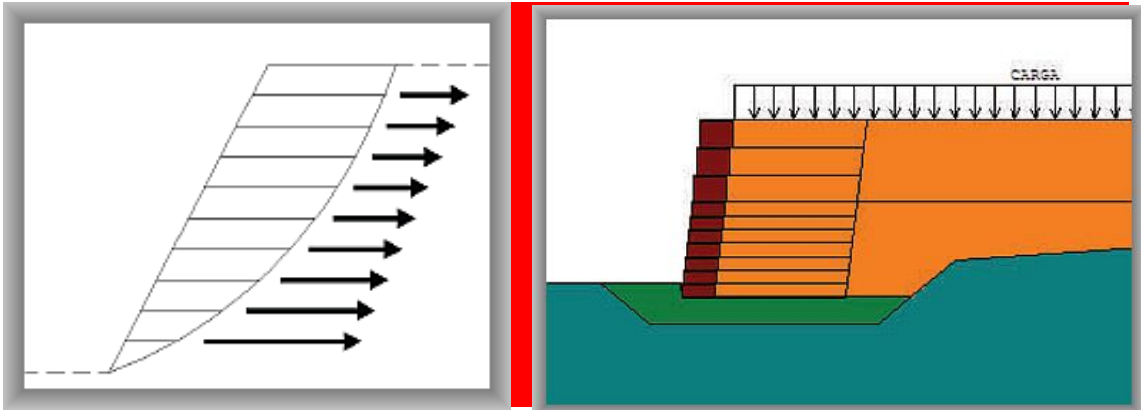
Esta tecnologia, possibilita:

- À estrutura a capacidade de acompanhar os assentamentos do terreno de apoio, mantendo a sua integridade estrutural;
- Garantir a permeabilidade do paramento externo que garante para possibilitar a drenagem do terreno;



A simulação dos esforços neste sistema estão apresentados nas gravuras a seguir e objetivam:

- Avaliar e garantir a capacidade de ancoragem;
- Avaliar e garantir a resistência da armadura quando confinada



## 5.4 Relatório de Pavimentação

### ➤ Introdução

Bernucci et al. (2008, p.9) definem pavimento da seguinte maneira:

Pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança.

De uma forma geral, os pavimentos rodoviários são classificados em três tipos (BRASIL, 2006, p. 95):

- a) flexíveis são caracterizados pelo fato de que todas as camadas sofrem deformações elásticas significativas com a aplicação de carga. São executados tipicamente com base de brita revestida com camada asfáltica;
- b) semi-rígidos são caracterizados pela camada de base ser com algum tipo de aglutinante com propriedades cimentícias, como camada de solo-cimento revestida por uma camada de asfalto;
- c) rígidos são constituídos tipicamente com camada de revestimento à base de lajes de concreto de cimento Portland. As tensões provenientes do carregamento são praticamente absorvidas por esta camada.

A escolha do tipo de pavimento e dos materiais a serem utilizados em determinada obra, está relacionada à minimização dos custos, já que este fator é um dos maiores limitantes na concepção de um projeto rodoviário para as agências e operadores viários. Em uma obra de pavimentação é de fundamental importância a pesquisa de materiais disponíveis nas proximidades, bem como de considerar a dificuldade de sua extração e transporte (BALBO, 2007, p. 16).

Balbo (1993, p.3) apresenta as diferenças de aplicação de carga em pavimentos rígidos e flexíveis (figura 01). A aplicação de cargas em pavimentos flexíveis gera um campo de tensões muito concentrado nas proximidades da aplicação da carga. Já em pavimentos rígidos, o campo de tensões é bem mais disperso e a distribuição das cargas é semelhante em toda a dimensão da placa, gerando menores esforços verticais sobre o subleito. Já o pavimento semi-rígido, pode, intuitivamente, apresentar um comportamento equivalente a um meio termo entre o pavimento flexível e rígido.

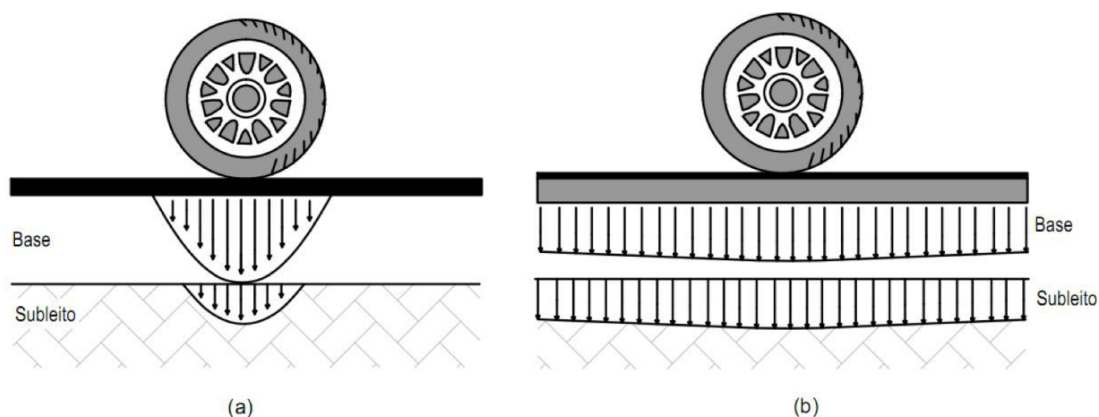


Figura01 – (a) campo de tensões de pavimento flexível; (b) campo de tensões de pavimento rígido (adaptado de BALBO, 2007, p. 47)

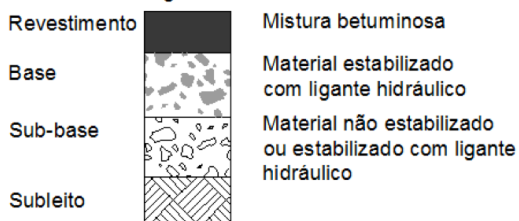
Os pavimentos semi-rígidos são caracterizados por possuírem uma camada composta com material estabilizado com ligante hidráulico, tendo um comportamento considerado a meio caminho entre pavimentos flexíveis e rígidos (BALBO, 1993, p. 3-4).

O mesmo autor destaca que após a adição de ligante hidráulico a um material de pavimentação, há aumento de resistência a esforços de tração, além de evidente ganho em relação à compressão, devido à presença do cimento hidratado. Porém, esses pavimentos apresentam desuniformidades na formação de deformações plásticas em sua superfície, ou seja, as deformações plásticas ocorridas em pavimentos flexíveis são mais homogêneas (em termos de profundidade), o que causa menores variações nas inclinações das trilhas de roda, embora sejam mais profundas.

Segundo Balbo (2007, p. 51), existem quatro tipos de situações possíveis para estrutura de pavimentos com camadas estabilizadas com ligante hidráulico apresentadas na figura 02.

O caso A é uma típica estrutura de pavimento semi-rígido, como designado pelos técnicos rodoviários. Já no caso B, o material estabilizado com ligante hidráulico encontra-se na subbase do pavimento, esta estrutura é designada híbrida ou mista. No caso C, a presença de base granular sobre a sub-base estabilizada caracteriza a utilização da expressão pavimento invertido. Enfim, o caso D mostra uma estrutura de pavimento composta por um antigo pavimento, restaurada com sobreposição de outras camadas juntamente com uma camada estabilizada com ligante hidráulico.

**Caso A**  
Estrutura semi-rígida tradicional



**Caso B**  
Estrutura semi-rígida híbrida ou mista



**Caso C**  
Estrutura semi-rígida invertida



**Caso D**  
Estrutura semi-rígida após reabilitação

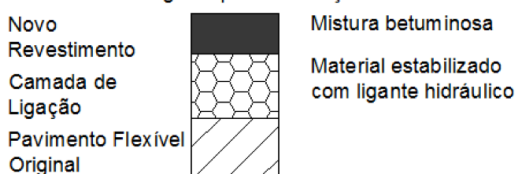


Figura 02 – tipos de pavimento semi-rígido (BALBO, 2007, p.52)

No presente relatório será avaliada a solução proposta em pavimento intertido, caso C.

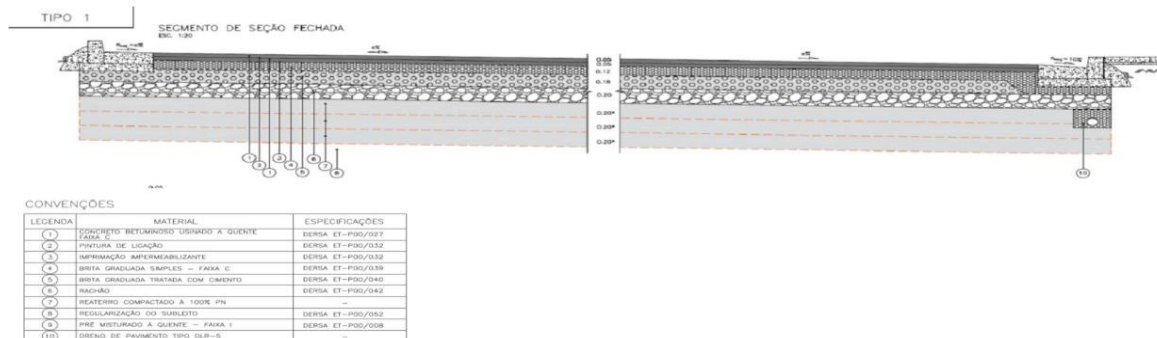
➤ Parâmetros e Esforços

Inicialmente, é importante frisar que para determinação correta do Módulo de Resiliência dos materiais deveriam ser realizados ensaios triaxiais dinâmicos. Entretanto, estes ensaios não foram fornecidos, assim, de forma aproximada, serão utilizadas as correlações para estimar a característica resiliente dos materiais. Em relação ao subleito, foi utilizada a formulação presente na AASHTO T193-The California Bearing Ratio, conforme segue:

$$M_R \text{ (MPa)} = 17.6 \text{ ( CBR )}^{0.64}$$

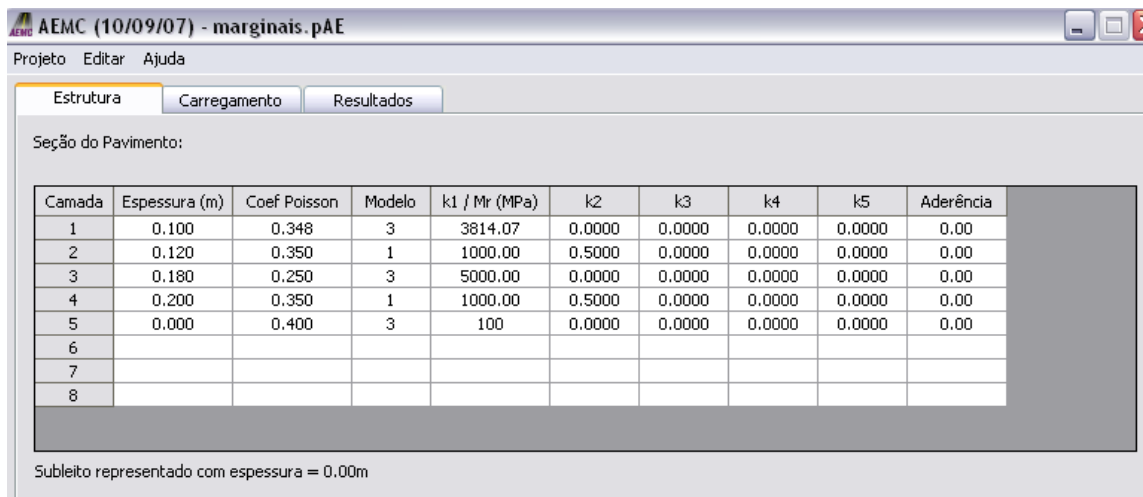
Para a presente equação e utilizando-se o CBR do subleito de projeto 8%, foi possível determinar o módulo de resiliência do subleito.

Utilizando a Ferramenta Computacional SisPav (2007), foi possível determinar as tensões e deformações geradas no pavimento da nova seção transversal proposta, que encontra-se apresentada a seguir:



Os parâmetros dos módulos de resiliência dos materiais envolvidos foram adotados em função de valores médios encontrados na literatura e incluídos na biblioteca do software Sis pav, conforme segue:

Para determinar as tensões e deformações em uma estrutura de pavimento, faz-se necessário definir a carga padrão equivalente que gere esses esforços, conforme figura a seguir:



AEMC (10/09/07) - marginais.pAE

Projeto Editar Ajuda

Estrutura Carregamento Resultados

Seção do Pavimento:

Camada	Espessura (m)	Coef Poisson	Modelo	k1 / Mr (MPa)	k2	k3	k4	k5	Aderência
1	0.100	0.348	3	3814.07	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00
2	0.120	0.350	1	1000.00	0.5000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00
3	0.180	0.250	3	5000.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00
4	0.200	0.350	1	1000.00	0.5000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00
5	0.000	0.400	3	100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00
6									
7									
8									

Subleito representado com espessura = 0.00m

Na seqüência, encontra-se apresentada as tabelas 1 (a e b) com os resultados dos esforços gerados na estrutura analisada.

Ponto	X (m)	Y (m)	Z (m)	Ux (µm)	Uy (µm)	Uz (µm)	Sx (MPa)	Sy (MPa)	Sz (MPa)	Ex (m/m)	Ey (m/m)	Ez (m/m)
1	0	0	0,001	0	0	312,6211	-0,23398	-0,53012	-0,00786	-1,2E-05	-0,00012	0,000068
2	0	0	0,099	0	0	311,3752	-0,05256	0,677865	-0,15088	-6,2E-05	0,000196	-9,7E-05
3	0	0	0,2199	0	0	231,024	-0,07569	-0,07609	-0,12632	-3,3E-05	-3,7E-05	-0,00051
4	0	0	0,2999	0	0	230,3696	0,001708	0,0105	-0,07791	0,000004	0,000006	-1,6E-05
5	0	0	0,4001	0	0	227,59	-0,0034	-0,00223	-0,0284	0,000051	0,000061	-0,00018

### ➤ Avaliação Mecânica

a) Deformações verticais no topo do subleito (Modelo da Shell 1999, c/ confiabilidade de 95%)

$$\varepsilon_v = A \cdot N^B$$

Os parâmetros A e B do modelo da expressão de previsão de deformação vertical limite no topo do subleito da Shell Oil (Monismith & Brown, 1999) encontram-se apresentados no quadro a seguir:

Nível de confiança	A	B
50%	0,028	-0,25
85%	0,021	-0,25
95%	0,019	-0,21

Para o N igual a  $7 \times 10^6$ , teríamos uma deformação vertical admissível de aproximadamente de  $694 \times 10^{-6}$  m/m, bem superior aos  $180 \times 10^{-6}$  m/m, que foi estimado para a nova estrutura proposta. Para gerar deformações verticais que comprometam o subleito o Número N de projeto deverá ser superior a  $1 \times 10^8$ .

b) Deflexão admissível (Preussler e Pinto, 1994)

$$\begin{cases} \log(D) = 3,148 - 0,188 \cdot \log(N_f) & \text{para } h < 10\text{cm} \\ \log(D) = 3,479 - 0,289 \cdot \log(N_f) & \text{para } h \geq 10\text{cm} \end{cases}$$

Utilizando-se as equações acima tem-se uma deflexão admissível no topo da capa de rolamento de  $72 \times 10^{-2}$  mm, para o Número N originalmente apresentado de  $7 \times 10^6$ . Para a nova estrutura proposta, a deflexão prevista é da ordem de  $31,3 \times 10^{-2}$  mm, conforme tabela 1. O número N que estaria compatível com uma deflexão admissível da ordem da estrutura proposta seria superior a  $N = 1,0 \times 10^8$ .

c) Tensões verticais no topo do subleito (Heukelom e Klomp, 1962)

$$\sigma_{vadm} = \frac{0,006 MR}{1 + 0,70 \log N}$$

Considerando o Módulo de Resiliência do subleito como  $MR = 100$  MPa, para um  $N = 1 \times 10^8$ , teríamos uma uma tensão admissível no topo do subleito de 0,091 MPa. Como a tensão vertical no subleito calculada foi de 0,028 MPa entende-se que a seção transversal proposta atende à grandes solicitações de tráfego, pois o subleito encontra-se muito bem protegido.

d) Tensão de tração na sub-base de BGTC

Na camada de base ou sub-base de brita graduada tratada com cimento, ocorre a fadiga de forma idêntica à da camada de solo-cimento. As deformações horizontais de tração,  $\epsilon_t$ , ou tensões horizontais de tração,  $\sigma_t$ , na fibra inferior da camada cimentada, causadas pelos carregamentos na superfície dos pavimentos, podem causar sua ruptura por fadiga se forem excessivas. Logo, para a análise mecanicista recomenda-se a equação de fadiga quanto à flexão de misturas de brita graduada tratada com cimento ensaiada in situ com o Heavy Vehicle Simulator desenvolvida na África do Sul.

$$N = 10^{7,19 \times \left(1 - \frac{\sigma_t}{8 \times \sigma_r}\right)}$$

Onde:

N: número equivalente de operações de eixo simples padrão de rodas duplas de 80 kN na tensão máxima de tração sob a camada cimentada,  $\sigma_t$ , requerido para se iniciar a primeira trinca por fadiga;

$\sigma_t$ : tensão de tração atuante ( $\text{kgf/cm}^2$ );

$\sigma_r$ : tensão de tração na ruptura do material ( $\text{kgf/cm}^2$ ).

Com relação ao desempenho, a vida de serviço de um pavimento invertido pode ser caracterizada por duas fases distintas:

Para o caso de bases ou sub-bases cimentadas em BGTC, a resistência a tração na flexão, a menos de dosagem probatória, não poderá ser assumida como superior a 1,0 MPa para material com 4% de cimento em peso, brita graduada fechada (faixa B da ABNT) e de origem granito/gnaiss, compactada na energia modificada e com teor de umidade em torno de 2% abaixo da umidade ótima (ramo seco).

- fase íntegra: quando as camadas asfálticas e cimentadas sofrem consumo à fadiga, mas encontram-se ainda sem trincamento severo;

- fase pós-trincamento: quando a sub-base cimentada encontra-se trincada e a fadiga da camada asfáltica é acelerada.

Para as condições calculadas temos um número N de repetições equivalente que comece o processo de trincamento por fadiga da BGTC foi determinado na ordem de  $N = 1,52 \times 10^7$ . Com a adoção de uma camada de 12,0 cm de BGS sobre a camada de BGTC as trincas provenientes da camada cimentada se dissiparão na camada granular.

#### e) Deformação de tração (fadiga) em misturas asfálticas

Os materiais betuminosos utilizados em revestimentos de pavimentos, quando são submetidos a carregamentos dinâmicos de curta duração e tensões muito abaixo das que possam provocar plastificação excessiva do material, tem um comportamento aproximadamente elástico. Estas condições são compatíveis com àquelas que ocorrem nos pavimentos sob ação do tráfego (Preussler, 1983).

Nos últimos anos, têm-se realizado vários estudos sobre comportamento à fadiga de misturas betuminosas. Para que possam ser aplicados programas computacionais, baseados na teoria de camadas elásticas, para analisar estruturas de pavimentos

flexíveis, deve-se conhecer a vida de fadiga do revestimento betuminoso sob tensões repetidas.

Os ensaios que melhor poderiam reproduzir as condições de carregamento induzidas pelo tráfego, para estimar a vida de fadiga de misturas betuminosas, seriam os ensaios dinâmicos.

Segundo Preussler (1983), a vida de fadiga de uma mistura betuminosa é definida em termos de vida de fratura ou vida de serviço. A vida de fratura refere-se ao número total de aplicações de uma certa carga necessária à fratura completa da amostra e a vida de serviço ao número total de aplicações desta mesma carga que reduzem o desempenho ou a rigidez inicial da amostra a um nível pré-estabelecido.

Em 1991, S. Pinto apresentou resultados de ensaios de fadiga em vigotas de material betuminoso fabricados em laboratório, à tensão controlada, à deformação controlada e à flexão alternada.

Segundo Pinto (1991), no ensaio à deformação controlada, o fim da vida de fadiga foi alcançado quando a carga necessária para manter a deformação constante foi reduzida de 40% da inicialmente aplicada.

Os resultados do ensaio permitiram estabelecer o seguinte modelo de fadiga para deformação controlada em termos de deformação específica de tração:

$$N = 2,99 \times 10^{-6} \cdot (1/\varepsilon_t)^{2,15}$$

Vale salientar que para o uso desta equação faz-se necessário o uso do fator de correção Lab-Campo =  $10^5$ . Assim, o Número N admissível à fadiga da camada betuminosa de 10,0 cm é de  $N = 2,8 \times 10^7$ .

Em resumo, para as cinco análises realizadas temos um Número N admissível para cada situação, conforme tabela a seguir:

Análise	Metodologia	Número N Admissível
Deformações verticais no topo do subleito	$\varepsilon_v = A \cdot N^B$	$> 1 \times 10^8$
Deflexão admissível	$\begin{cases} \log(D) = 3,148 - 0,188 \cdot \log(N_f) & \text{para } h < 10\text{cm} \\ \log(D) = 3,479 - 0,289 \cdot \log(N_f) & \text{para } h \geq 10\text{cm} \end{cases}$	$> 1 \times 10^8$
Tensões verticais no topo do subleito	$\sigma_{Vadm} \frac{0,006 MR}{1 + 0,70 \log N}$	$> 1 \times 10^8$
Tensão de tração na sub-base de BGTC	$N = 10^{7,19 \times \left(1 - \frac{\sigma_t}{8 \times \sigma_r}\right)}$	$1,52 \times 10^7$

Deformação de tração (fadiga) em misturas asfálticas	$N = 2,99 \times 10^{-6} \cdot (1/\epsilon_t)^{2,15}$	$2,8 \times 10^7$
--	---	-------------------

Logo, o Número N mínimo para a nova seção transversal proposta é de  $1,52 \times 10^7$ .

As espessuras das camadas de pavimentação adotadas para a via exclusiva de acesso às garagens e acessos ao terminal de passageiros são as seguintes:

- 1 – Concreto Betuminoso Usinado a Quente Faixa C com 10cm executado em duas camadas de 5cm com pintura de ligação entre as duas camadas;
- 2 – Brita Graduada Simples – Faixa C (e = 12cm)
- 3 – Brita Graduada Tratada com Cimento (e = 18cm)
- 4 – Camada de Rachão (e=20cm)
- 5 – Aterro/Reaterro compactado a 100% do Proctor Normal (e = 20cm) 3 últimas camadas de 20cm;

Esta seção adotada absorve um do tráfego em função número “N” de:

$$10^7 < N < 5 \times 10^7$$

- Memória de Cálculo do Pavimento rígido

A pavimentação rígida em concreto será utilizada em três locais, nomeadamente como base da via permanente, como revestimento e pavimento das áreas de circulação rodoviária dentro do Terminal de Integração e área de carga e descarga da estação Campinas.

- Considerações gerais sobre o método de dimensionamento

No dimensionamento do pavimento rígido foi utilizado o método da Portland Cement Association 1984, apresentado no Manual de Pavimentos Rígidos Publicação IPR - 714 de 2005, do DNIT e na publicação da ABCP, “Dimensionamento de Pavimentos Rodoviários e Urbanos de Concreto pelo Método da PCA.

O dimensionamento do pavimento foi baseado no uso concomitante do modelo modificado de fadiga e do modelo de ruína por erosão da fundação do pavimento, no qual se embute o modelo de ruína por formação de “degraus” ou escalonamento nas juntas transversais.

Em vez de simplesmente considerar que a camada de sub-base trará um ganho no coeficiente estrutural, este procedimento considera que a sub-base de concreto rolado contribui efetivamente na diminuição dos valores de tensões e deformações do pavimento, considerando o pavimento composto não monolítico (completamente separados a sub-base da placa).

O cálculo da espessura do pavimento foi determinado por iteração, procurando-se obter espessuras que levem a valores inferiores a 100% de consumo de fadiga e de dano por erosão.

No procedimento de cálculo foram considerados os seguintes aspectos:

- O solo do subleito do pavimento com CBR > 8% e com expansão inferior a 2%;
- Intensidade do tráfego na ordem de  $1,52 \times 10^7$  que solicitará o pavimento;
- Adotou-se para o concreto de Revestimento uma resistência característica à tração na flexão de  $F_{ctmk} = 4,5$  Mpa;
- Adotou-se para o concreto de Revestimento uma resistência característica à compressão axial de  $F_{ck} = 35$  Mpa;
- Sub-base de Brita Tratada com Cimento  $F_{ctmk} = 1,6$  Mpa;
- Período de projeto recomendado de 20 anos.

➤ **Coefficiente de recalque**

Para avaliação preliminar do coeficiente de recalque do sistema subleito/sub-base, foi utilizado o ábaco apresentado a seguir. Segundo o Manual do DNIT é recomendável limitar o valor máximo do coeficiente de recalque no topo da sub-base, a ser considerado no cálculo da espessura necessária de concreto, em cerca de 150 MPa/m.

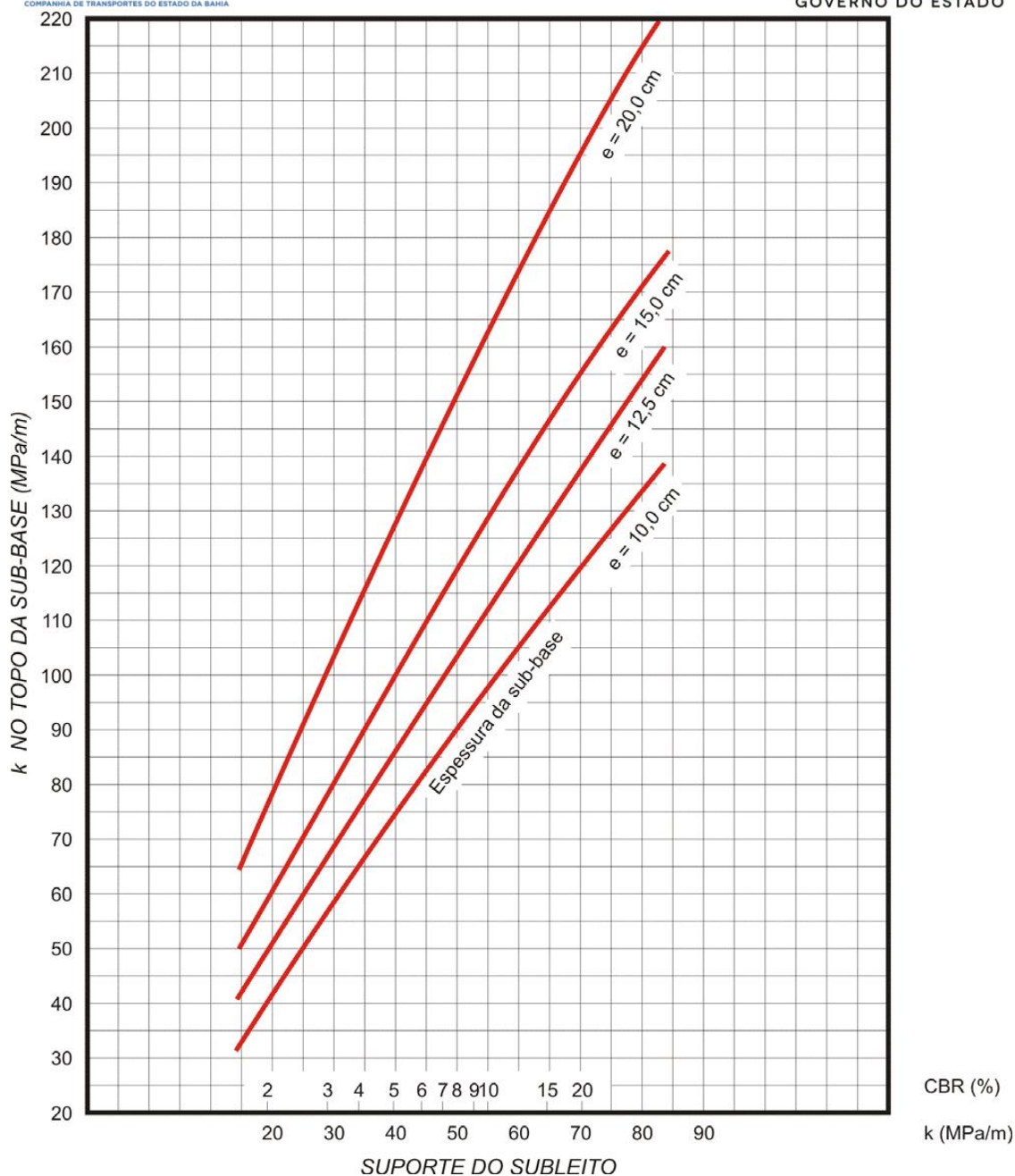


Figura 3 – Aumento de k devido à presença de sub-base de brita tratada com cimento

➤ **Modelos de Ruína**

A seguir são apresentados os parâmetros de composição do método e a maneira como este os delimita e considera.

**a) Fadiga**

As tensões de tração por flexão consideradas no cálculo, são as produzidas pela carga tangente à borda longitudinal; a curva de fadiga alcança valores abaixo da relação de tensões limite de 0,50, o que elimina a descontinuidade nesse ponto e afasta a possibilidade de acontecer casos irrealis de dimensionamento quanto ao

número admissível de solicitações. O critério de fadiga está mostrado na figura a seguir:

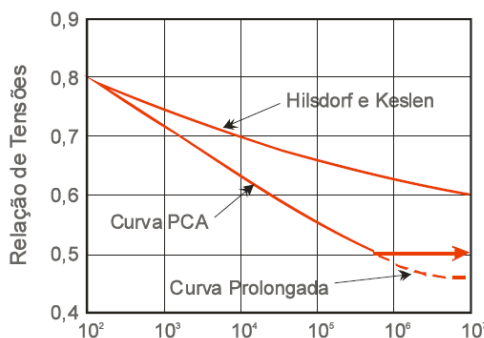


Figura 4 - Curvas de fadiga

## b) Erosão

Entende-se por erosão a perda de material da camada de suporte direto da placa de concreto, por ação combinada da água e da passagem de cargas (principalmente dos eixos múltiplos), dando-se o fato também nas laterais do pavimento.

Os efeitos da erosão manifestam-se sob a forma de deformações verticais críticas, nos cantos e nas bordas longitudinais das placas, causando escalões ou "degraus" nas juntas transversais (principalmente se elas foram desprovidas de barras de transferência), podendo ser ambas as ocorrências causadas por bombeamento, formação de vazios sob a placa e perda de suporte ou contato entre a placa e a fundação.

Paralelamente ao desenvolvimento desses enfoques, tornou-se possível considerar no projeto os seguintes aspectos:

- A influência das sub-bases estáveis, normalmente as tratadas com cimento;
- O papel do tipo de transferência de carga nas juntas e bordas do pavimento, representado pelas barras de transferência e pelos acostamentos de concreto;
- As consequências da ocasional ocorrência de contato parcial entre o pavimento e a sua fundação;
- A ação de diferentes distribuições de tráfego, com relação à geometria das placas;
- Os efeitos do empenamento térmico e higroscópio do concreto no nível de tensões;
- No projeto das juntas, a adoção do reservatório do selante, capaz de aumentar a eficiência do sistema de juntas, com os reflexos benéficos correspondentes na durabilidade.

A prática atual no projeto de pavimentos rígidos tem sido a intercalação de uma sub-base entre a placa de concreto e o subleito.

Esta sub-base é uma camada delgada, com as seguintes funções:

- a) uniformizar o suporte disponível ao longo da faixa do pavimento,
- b) evitar os efeitos das mudanças excessivas de volume dos solos do subleito,
- c) eliminar a ocorrência do fenômeno de bombeamento de finos plásticos, porventura presentes no solo de fundação, quando da presença de água em excesso e cargas pesadas.

A Sub-Base tratada com Cimento Portland são compostas de Misturas de agregados, água e Cimento Portland.

O Quadro a seguir, fornece indicações sobre tipos de sub-base estabilizada com Cimento Portland, faixas granulométricas indicadas, requisitos de dosagem, espessuras recomendadas e utilização ótima de cada tipo.

Quadro 1 – Características usuais de sub-bases estabilizadas com cimento. Fonte: Manual de Pavimentos Rígidos do DNIT, Publicação IPR – 714.

Tipos de Estabilização	Requisitos Mínimos de Granulometria e Outros	Requisitos de Dosagem	Espessuras Usuais
Solo-cimento	Figura 14	1) Resistência mínima à compressão simples, aos 7 dias, entre 1,4 e 2,1 MPa 2) Consumo mínimo de cimento igual a 5% em massa	10cm a 20cm
Brita tratada com cimento	Figura 15	1) Resistência à compressão simples, aos 7 dias, entre 3,5 e 5,0 MPa 2) Consumo mínimo de cimento igual a 3% em massa	10cm a 20cm
Concreto pobre (ou rolado)	Figura 16	1) Resistência característica à compressão simples, aos 7 dias, entre 3,0 e 7,0 MPa. 2) Relação cimento:agregado entre 1:15 e 1:22	7,5cm a 15cm
Solo melhorado com cimento	DNER-ESP09-71	1) Índice de suporte Califórnia igual ou maior que 30% (conforme DNER-ES-P 09-71) 2) Consumo mínimo de cimento igual a 3% em massa	10cm a 20cm

As espessuras das camadas de pavimentação adotadas para o pavimento rígido do terminal rodoviário, da parada de ônibus e área de carga e descarga da estação Campinas são as seguintes:

- 1 – Laje de concreto armado  $f_{ck} = 35 \text{ Mpa}$  ( $e = 25 \text{ cm}$ ) com barras de transferência;
- 2 – Sub-base de Brita Graduada Tratada com Cimento ( $e = 20 \text{ cm}$ )

#### ➤ Barras de Transferência

Serão usadas barras de transferência de cargas nas juntas transversais do pavimento.

Comparando-se pavimentos com e sem barras de transferência, verifica-se que a contribuição destas barras pode ser tão grande a ponto de trazer uma economia de até 5 cm na espessura na placa, no caso de cotejo com pavimentos sem acostamento

de concreto e sem sub-base, para tráfego pesado (Manual de Pavimentos Rígidos do DNIT, Publicação IPR – 714).

O projeto é complementado com as seguintes indicações:

- Juntas de contração espaçadas a cada 5,00m com barras de transferência de Aço CA-25 com 20,0mm de diâmetro, com comprimento de 51,0cm e espaçadas de 20,0cm;
- As barras de ligação serão de Aço CA-50, com diâmetro de 12,5mm.

#### ➤ Juntas Transversais

As juntas transversais são construídas no sentido da largura da placa de concreto, sendo os tipos principais, quanto à sua serventia, os seguintes :

- de retração (ou contração);
- de retração com barras de transferência;
- de construção;
- de expansão (ou dilatação).

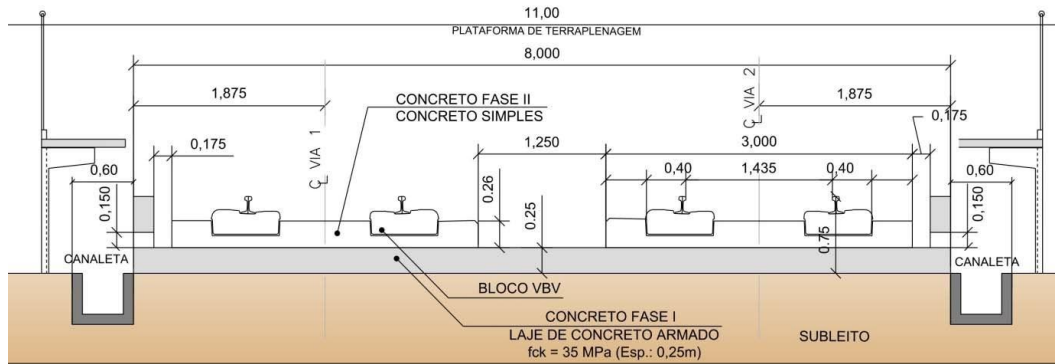
Quadro 2 – Espaçamento recomendado entre as juntas transversais. Fonte: Manual de Pavimentos Rígidos do DNIT, Publicação IPR – 714.

Tipo de Agregado Graúdo	Espaçamento Recomendado entre Juntas Transversais (m)
Pedra britada granítica	até 7,5
Pedra britada calcária, sílico-calcária ou pedregulho de calcário	até 6,0
Seixo rolado, cascalho ou escória com dimensão máxima menor que 19 mm.	até 4,5

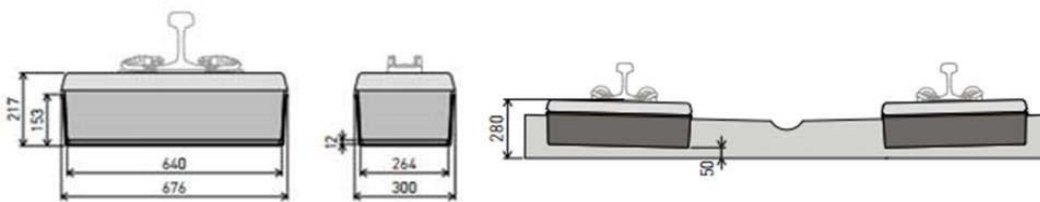
A experiência brasileira tem demonstrado que uma distância máxima de 6 m entre as juntas transversais é perfeitamente adequada às nossas condições gerais.

### 5.5 Via Permanente

A via permanente faz parte da superestrutura viária e sua instalação será realizada após a execução do lastro da via permanente (concreto fase I), que é composto de laje de concreto sobre a fundação (base e sub-base).



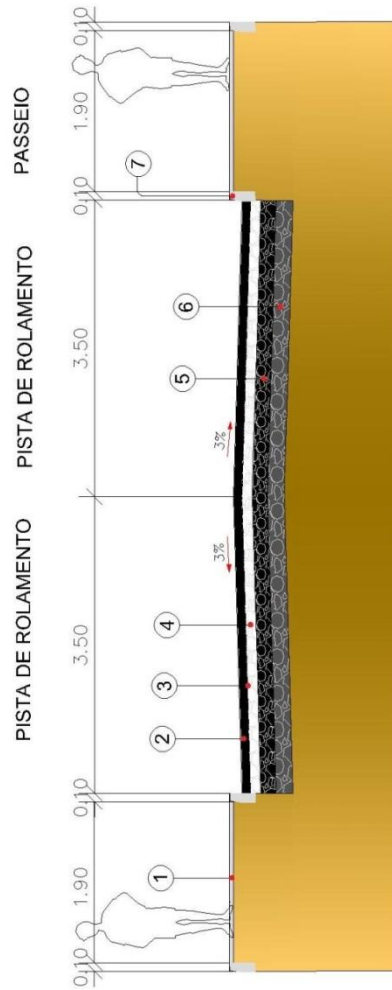
Para o Tramo III da Linha 1, preconizou-se uma solução construtiva do tipo VBV (via de baixa vibração) de Via Sem Lastro. A prescrição de VBV para o Metrô de Salvador já adotada pela Concessionária para o Tramo II da Linha 1 e para a Linha 2 é diferenciada, sendo utilizada uma solução construtiva VBV de última geração. Esta solução traz o diferencial de reduzir o ruído e vibração emitidos, resultando num menor impacto ambiental do sistema. Abaixo está indicado croqui contendo as especificações e geometria dos blocos e dos elementos de ligação. Esta solução é especialmente indicada pelo seu excelente desempenho de rolamento dos carros, em especial para sistemas de metrô (concreto fase II).



Para a Linha 1 – Tramo III do Metrô de Salvador, o VBV (concreto fase II), será construído sobre uma base composta de laje de concreto com largura de 8 m (concreto fase I). Aplicada sobre base e sub-base que compõem uma plataforma de 11m de largura, além dos sistemas de drenagem da própria plataforma e das seções de corte e aterro por onde passa, conforme seções a seguir apresentadas (salvo situações especiais que exijam outro tipo de fundação, de acordo com o tipo de solo), bem como passarelas de emergência e fechamento lateral da via.

➤ Seções transversais típicas

ACESSOS AO TERMINAL DE PASSAGEIROS - PAV. SEMI-RÍGIDO



1 – Passeio em Concreto  $f_{ck} = 15 \text{ MPa}$

2 – Revestimento de Concreto Betuminoso a Quente – CBUQ (e = 10 cm)

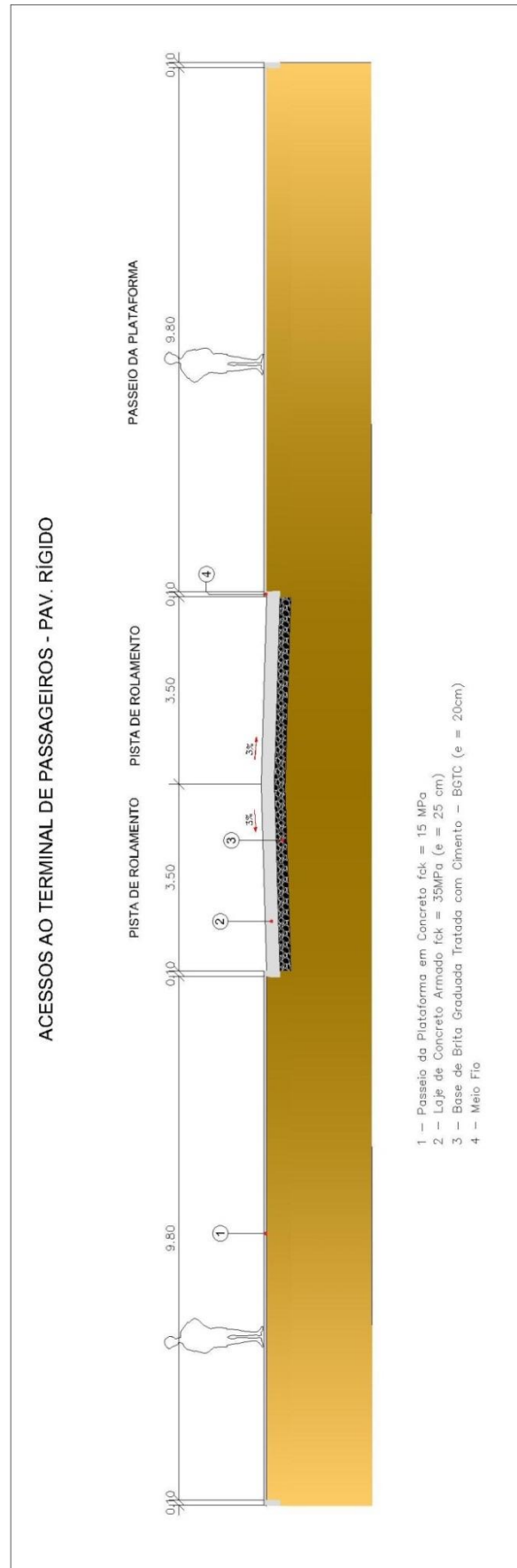
3 – Imprimação

4 – Base de Brita Graduada Simples "Faixa C" – BGS (e = 12cm)

5 – Base de Brita Graduada Tratada com Cimento – BGTC (e = 18cm)

6 – Camada de Rachão (e = 20 cm)

7 – Meio Fio



## 5.6 Anteprojeto de Sinalização (Horizontal e Vertical)

A sinalização permanente, composta por placas, painéis, marcas no pavimento e elementos auxiliares, constitui-se num sistema de dispositivos fixos de controle de tráfego que, por sua simples presença no ambiente operacional de uma via, regulam, advertem e orientam os seus usuários.

Este projeto prevê a sinalização horizontal e vertical necessária para a implantação e pavimentação do Sistema Metroviário de Salvador e Lauro de Freitas - SMSL. A metodologia utilizada na elaboração do projeto levou em consideração os seguintes aspectos e documentos:

- Obediência ao Manual de Sinalização Rodoviária do DNIT - Publicação IPR – 743;
- Instruções de Serviços – IS-215 - do DNIT;
- Código de Trânsito Brasileiro (LEI Nº 9.503, DE 23 DE SETEMBRO DE 1997);
- Análise do Projeto Geométrico e de Interseção;
- Adotou-se uma única filosofia na sinalização, harmonizando todo o projeto, com intuito de obter um maior rendimento do Tráfego.

O sistema de sinalização foi projetado com o objetivo de assegurar atenção, compreensão e resposta às mensagens, através da padronização de legendas, símbolos, cores, formas e dimensões adequadas e simplificadas, compondo-se de sinalização vertical (compreendendo placas de sinais e dispositivos especiais) e sinalização horizontal (abrangendo faixas ou linhas de demarcação, legenda e símbolos), além de dispositivos auxiliares.

Para efeito de exposição do projeto, estabeleceu-se a seguinte subdivisão:

- Projeto de Sinalização Horizontal;
- Projeto de Sinalização Vertical;
- Dispositivos Auxiliares;

#### 5.6.1 Sinalização Horizontal

A sinalização horizontal da rodovia exerce importante função no controle de trânsito de veículos, regulamentando, orientando e canalizando a circulação do mesmo de forma a se obter o melhor resultado. É também utilizada para advertir os usuários sobre limitações de ultrapassagem e zonas especiais de conflito com pedestres ou passagem de nível, sem desviar a atenção para fora da via.

Deste modo, foram utilizadas, na sinalização horizontal, a cor branca para orientação e canalização. A sinalização horizontal da Rodovia consistiu de:

- Faixas Delimitadoras de Trânsito;
- Faixas Delimitadoras de Bordo;
- Faixas de Continuidade;
- Faixas de Canalização;

##### a) Faixas Delimitadoras de Trânsito

- Linha Dupla Contínua (LFO-03):

São linhas de eixo contínuas, pintadas na cor amarela, com 0,10 m de largura e se localizarão no eixo da pista.

b) Linha de Bordo

As linhas de bordo são contínuas, na cor branca, com 0,10 m de largura e 0,10 m de afastamento dos bordos do pavimento.

c) Faixa de canalização

Essas faixas serão colocadas nos locais onde houver necessidade de se fazer canalização do tráfego, como interseções.

Elas promovem a canalização do fluxo de veículos nas interseções ao longo da Rodovia, objetivando balizar as alterações de percurso em áreas de convergência ou divergência de tráfego. Deverão possuir largura e cor da faixa a qual está dando prosseguimento.

➤ Material da Sinalização Horizontal

Para a execução dos elementos da sinalização horizontal, propõe-se o uso de tinta termoplástica, aplicada por aspersão, devendo a espessura ser de 1,5 mm. Para garantir uma melhor refletorização, devem ser utilizadas microesferas de vidro, por meio do sistema premix.

## 5.6.2 Sinalização Vertical

O Projeto de Sinalização Vertical foi elaborado com base nos seguintes princípios:

- A sinalização deverá ser posicionada de tal forma que seja vista e/ou entendida sob qualquer condição climática de visibilidade e de trânsito;
- As mensagens deverão ser apresentadas de maneira uniforme, empregando sempre os mesmos termos e símbolos;
- Os dispositivos deverão ser colocados de forma a prevenir o motorista oportunamente, dando-lhe tempo suficiente para tomar uma decisão;
- A sinalização deverá ser projetada de maneira especial em pontos nos quais o motorista tenha que fazer uma manobra inesperada.

A Velocidade máxima adotada para o dimensionamento da sinalização vertical do trecho foi de 50 Km/h.

O dimensionamento das placas segue o critério que preconiza o Manual de Sinalização Rodoviária do DNIT-2010 (IPR-743), onde o mesmo recomenda o dimensionamento das placas em função da velocidade de operação e da classe da rodovia.

A distância de visibilidade necessária para a visualização do sinal foi definida pela distância de percurso na velocidade de operação da via, correspondente ao tempo de percepção e reação, acrescida da distância que vai desde o ponto limite do campo visual do motorista, até o sinal. Quadro 02 relaciona distâncias de visibilidade para as

velocidades de operação comumente consideradas, tendo sido adotada para fixação dos parâmetros deste projeto.

<b>Quadro 02 - Distâncias de visibilidade para as velocidades de operação</b>	
Velocidade de Operação (km/h)	Distância Mínima de Visibilidade (m)
40	70
60	85
80	105
100	120
110	130

**Fonte:** Manual de sinalização do DNIT

O presente projeto prevê os seguintes dispositivos:

a) Placas de regulamentação

Os sinais ou placas de regulamentação têm por objetivo notificar o usuário sobre as restrições, proibições e obrigações que governam o uso da via e cuja violação constitui infração prevista no Código de Trânsito Brasileiro.

As dimensões dos sinais variam em função das características da via, principalmente no tocante à sua velocidade de operação, de forma a possibilitar a percepção do sinal, e a legibilidade e compreensão de sua mensagem, por parte do usuário, dentro de um tempo hábil para que se realize a operação ditada por esta mensagem.

Em função da velocidade de projeto adotada, as placas de regulamentação possuirão as seguintes dimensões:

- Circulares: :  $\varnothing = 0,80$  m;
- Triangular : L = 0,80 m

b) Placas de advertência

Os sinais ou placas de advertência são utilizados sempre que se julgar necessário chamar a atenção dos usuários para situações permanentes ou de eventuais perigos, nas vias ou em suas adjacências. Estas situações exigem cuidados adicionais e reações de intensidade diversa por parte dos motoristas, que podem ir desde um simples estado de alerta, quando a situação é eventual, à adoção de manobras mais

complexas de direção, a reduções de velocidades ou até mesmo à parada do veículo, quando a situação é permanente.

Também em função da velocidade de projeto adotada, as placas de advertência terão formato quadrado, com largura igual a 0,80 m.

#### c) Placas indicativas

Os sinais ou placas de indicação têm como finalidade principal orientar os usuários da via no curso de seu deslocamento, fornecendo-lhes as informações necessárias para a definição das direções e sentidos a serem por eles seguidos, e as informações quanto às distâncias a serem percorridas nos diversos segmentos do seu trajeto.

São também utilizados para informar aos usuários quanto à existência de serviços ao longo da via, tais como postos de abastecimento e restaurantes, quanto à ocorrência de pontos geográficos de referência, como divisas de estados e municípios, à localização de áreas de descanso, à existência de parques e lugares históricos, além de fornecer-lhes mensagens educativas ligadas à segurança de trânsito.

As dimensões das placas indicativas dependerão do número e tamanho das letras e algarismos empregados, que por sua vez, são função da velocidade de projeto e da distância transversal das placas à linha de visada do usuário, sendo todas retangulares.

Para o projeto em tela, propõe-se o uso de letras e algarismos e espaçamento entre letras conforme preconiza o ANEXO B – ALFABETOS SÉRIES “D” E “E”, do Manual de Sinalização Rodoviária do DNIT.

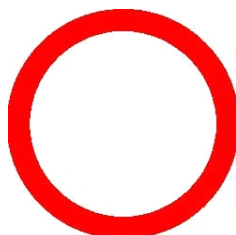
#### d) Placas educativas

As placas educativas têm o propósito de instruir os condutores quanto a preceitos gerais e prática de direção segura. Suas mensagens destacam procedimentos básicos de segurança a serem adotados em situação de caráter geral. Suas dimensões estão diretamente relacionadas ao tamanho da mensagem, devendo esta ser breve e objetiva.

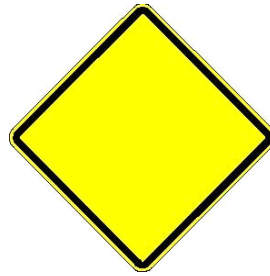
##### ➤ Material da Sinalização Vertical

As placas da sinalização vertical a serem implantadas deverão ser confeccionadas em chapas de aço zincado, na espessura de 1,25 mm, com um mínimo de 270 g/m<sup>2</sup> de zinco. As placas deverão ser adesivadas com adesivos totalmente refletiva, nas cores indicadas nos detalhes e tabela seguintes, e fixadas sobre suporte de madeira.

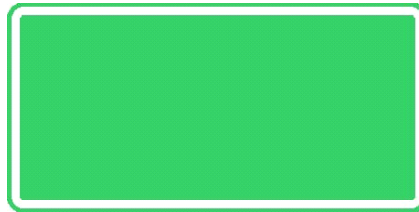
**Figura 1** – Categorias dos sinais – Formas e cores



Os sinais de regulamentação utilizam predominantemente a forma circular, a cor branca em seu fundo e a cor vermelha em sua borda.



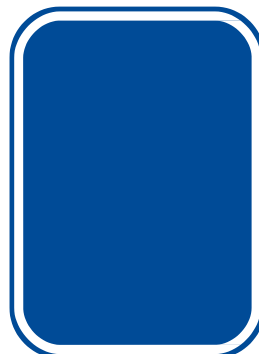
Os sinais de advertência têm a forma quadrada, com posicionamento definido por diagonal na vertical, e fundo na cor amarela.



Os sinais de indicação são predominantemente retangulares com posicionamento do lado maior na horizontal e fundo nas seguintes cores: verde para localidades e azul para mensagens de nome de rodovias.



Os sinais educativos são predominantemente retangulares, com posicionamento do lado maior na horizontal e fundo na cor branca.



Os sinais de referência quilométrica (identificação quilométrica ou marco quilométrico) possuem forma retangular com o posicionamento do lado maior na vertical e fundo na cor azul.



Os sinais de atrativos turísticos são predominantemente retangulares, com posicionamento do lado maior na horizontal e fundo na cor marrom.



Sinais de identificação de rodovia, com a forma de brasão e fundo na cor branca. As rodovias estaduais têm outro tipo de brasão.



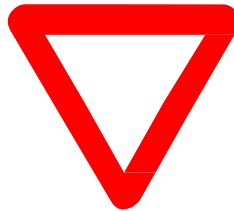
Os sinais de identificação de municípios, logradouros e regiões de interesse de tráfego, de identificação de pontes, passarelas, viadutos túneis e passarelas, de identificação de limites, divisas e fronteiras, de praças de pedágio, indicativas de nome de rodovia, indicativas de distância de rodovias são predominantemente retangulares, com o lado maior na horizontal e fundo na cor azul.



Os sinais de indicação de serviços auxiliares, de forma retangular, com o lado maior na vertical e com fundo branco, são dispostos em placas de fundo azul formando placas, predominantemente, placas retangulares com o lado maior na horizontal.



Sinal de regulamentação de Parada obrigatória de forma octogonal e com fundo vermelho.



Sinal de regulamentação, dê a preferência, de forma triangular, com o vértice na parte inferior, com fundo branco e borda vermelha.

Quadro 03 - Padrões e códigos de cada cor		
Cor	Padrão	Código
Branca	Munsell	N 9,5
Preta	Munsell	N 0,5
Verde	Munsell	10 G 3/8
Azul	Munsell	5 PB 2/8
Amarela	Munsell	10 YR 7,5/14

Marron		5 YR 6/14
Nota: A cor preta é utilizada nas legendas, símbolos, orlas e tarjas.		
Fonte: Manual de sinalização do DNIT		

### 5.6.3 Dispositivos Auxiliares

#### a) Tacha

Será prevista a implantação de tachas monodirecionais com o objetivo de auxiliar no direcionamento do usuário, mais especificamente à noite, e para funcionar como obstáculo físico na inibição de invasão de faixa de tráfego.

Estas serão empregadas nas faixas delimitadoras de trânsito e nas faixas delimitadoras de bordo. No primeiro caso, as tachas possuirão elementos refletivos em ambas as faces, sendo posicionadas de 4,0 em 4,0 m. No segundo caso, as tachas possuirão elementos refletivos branco, sendo posicionadas de 16,0 em 16,0 m nos trechos em tangente e de 4,0 em 4,0 m nos trechos com proibição de ultrapassagem e trechos sinuosos.

#### b) Tachão

Os tachões serão implantados nas interseções e zebrados, devendo ser posicionadas sobre as faixas delimitadoras de trânsito. Também são projetados sobre as marcações de canalização, sendo as cores e tipos de elementos refletivos definidos em função da cor adotada para a referida marcação. Os espaçamentos serão de 2,0 em 2,0 m.

## 5.7 Anteprojeto de Arquitetura das Estações

O presente Memorial tem como finalidade apresentar um breve relato sobre a proposta arquitetônica das Estações Campinas de Pirajá e Águas Claras que, fazem parte do Tramo 03 do metrô de Salvador, situadas a margem da BR324, no município de Salvador – BA.

O anteprojeto das Estações de Metrô de Campinas de Pirajá e de Águas Claras, e o Terminal Rodoviário de Águas Claras, foram desenvolvidos para atender aos moradores das suas regiões e a população do município de Salvador.

Conforme supracitado, as Estações do Metrô fazem parte do tramo 03, considerado um trecho da Linha 01 do Metrô de Salvador. Com essas novas estações, a Linha 01 do Metrô possibilitará a ligação entre a Lapa e Cajazeiras, aumentando o número de paradas para dez e ampliando o acesso da população ao Metrô.

Este projeto compreenderá um total de duas estações de superfície, sendo uma típica e uma projetada sob condições específicas, incluindo um terminal rodoviário urbano associado.

As estações foram posicionadas em áreas urbanas de diferentes configurações, que condicionarão particularidades de implantação, apesar das premissas de padronização de projeto.

A Estação de Águas Claras foi desenvolvida em dois pavimentos, com as plataformas em nível elevado com relação ao Terminal e a Rodovia BR-324 e o mezanino no pavimento superior. Com essas diferentes cotas de implantação, houve necessidade do acesso por passarelas metálicas a fim de promover travessias aos pedestres.

Com relação à Estação de Campinas de Pirajá, devido à alta elevação da linha do metrô, esta foi proposta em dois pavimentos elevados e um pavimento no nível da Rodovia BR-324 tendo seus acessos propostos também através de passarelas metálicas a serem projetadas.

#### 5.7.1 Projeto Arquitetônico

Os Projetos das Estações de Águas Claras e Campinas, seguem o mesmo programa já utilizados nas Estações existentes.

A Estação de Águas Claras, possui um porte maior com relação a Estação de Campinas pois a mesma servirá como estação de transbordo e interligação a outros sistemas de transportes públicos da cidade como a Nova Rodoviária, o Terminal de Ônibus e o BRT a ser localizado na Av.29 de Março.

Esta Estação possui dois pavimentos, conforme citado anteriormente, sendo que o pavimento térreo compreende a linha viária do metrô com suas plataformas de embarque e o pavimento superior (mezanino), pavimento de acesso da população que será subdividido pelos seguintes ambientes: Hall da Estação, Bilheteria com área para cofre, Eclusa e SSO – Supervisão

Operacional, Sanitários Públicos Masculinos, Femininos e Infantil, assim como, os Acessíveis. Espaço para Primeiros Socorros, Ente Gestor e Almojarifado.

Servidor, Setor Operacional com Sala para o Supervisor da Estação, Sala Operadores do Trem com sala para Escalante e Sala para Supervisor. Sala de Descompressão, Sala de Reunião, Refeitório, Vestiários Feminino e Masculino para Funcionários, bem como, Vestiário PCD, DML e Lixo.

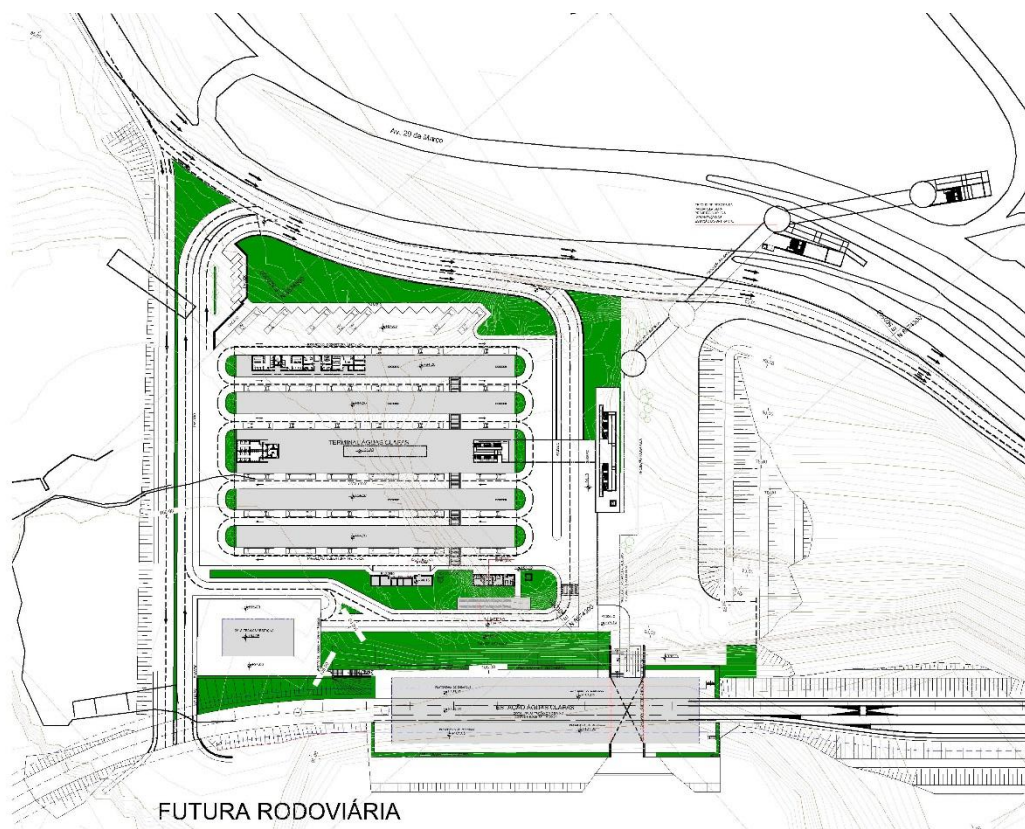
Ainda nesta edificação, haverá três edificações de apoio: Subestação e Sala do Gerador, Bicicletário e Reservatório Inferior Apoiado com Casa de Bombas.

Com relação as áreas construídas, a Estação de Águas Claras possui área total de aproximadamente 7.944,70 m<sup>2</sup>.

#### **Estrutura**

- Área da Estação: 7.944,70 m<sup>2</sup>,
- 2 Plataformas laterais;
- Escadas rolantes;

- Elevador;
- Bicicletário;
- 02 Sanitários (01 Masculino e 01 Feminino);
- 02 Sanitários para pessoas Portadoras de Necessidades Especiais;
- 01 Sanitário Infantil.



Com relação a Estação de Campinas, a mesma possui uma tipologia atípica com relação as Estações existentes pois a implantação da mesma, segue a cota de implantação da Linha do Metrô que está situada na cota +81,00, ou seja, a aproximadamente 16 metros acima do nível da BR324.

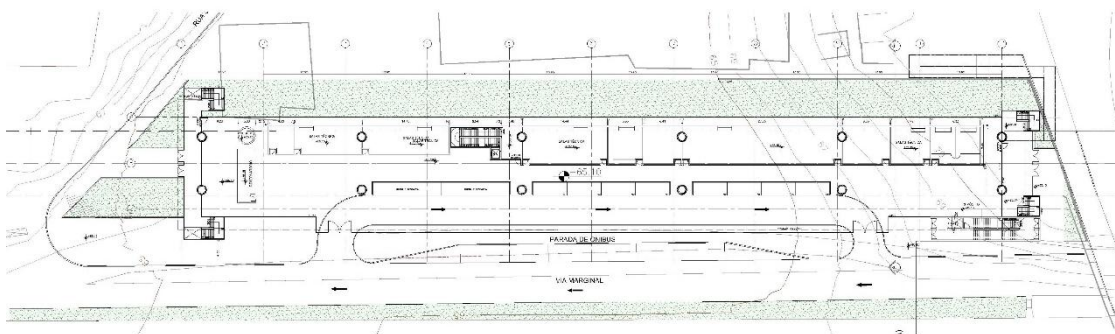
Esta Estação dispõe de 03 pavimentos, sendo que no térreo estão localizadas as Salas Técnicas como Subestação e Sala do Gerador, Reservatório e Casa de Bombas, entre outras salas. Neste pavimento também estão localizadas as Escadas de Emergência e Escada e Elevador de Serviço, com acesso restrito, interligando o pavimento Térreo ao 1º pavimento apenas.

No 1º Pavimento, que é o pavimento de acesso da população que se dá através de rampas metálicas, está subdividido pelos seguintes ambientes: Hall da

Estação, Bilheteria com área para cofre, Eclusa e SSO – Supervisão Operacional. Sanitários Públicos Masculinos, Femininos e Infantil assim como os Acessíveis. Espaço para Primeiros Socorros, Ente Gestor e Almoxarifado. Servidor, Setor Operacional com Sala para o Supervisor da Estação, Sala Operadores do Trem com sala para Escalante e Sala para Supervisor. Sala de Descompressão, Sala de Reunião, Refeitório, Vestiários Feminino e Masculino para Funcionários, bem como Vestiário PCD, DML e Lixo.

O 2º pavimento compreende a linha do metrô com suas plataformas de embarque.

Com relação as áreas construídas, a Estação de Campinas de Pirajá possui área total de 4.788,52 m<sup>2</sup>.



### Estrutura

- Área da Estação: 4.788,52 m<sup>2</sup>,
- 2 Plataformas laterais;
- Escadas rolantes;
- Elevador;
- 02 Sanitários (01 Masculino e 01 Feminino);
- 02 Sanitários para pessoas Portadoras de Necessidades Especiais;
- 01 Sanitário Infantil.

#### 5.7.2 Condições Gerais

Todos os projetos foram desenvolvidos seguindo as Normas e Legislações vigentes. As rampas para pedestres foram projetadas visando a acessibilidade de pessoas portadores de necessidades especiais em atendimento a NBR9050 e NBR9077.

Para todos os materiais a serem discriminados deverão ser devidamente observadas e seguidas as recomendações de instalação, execução e manutenção dos seus fabricantes.

### 5.8 Anteprojeto de Obras de Arte (Infra, Meso e Superestruturas)

#### 5.8.1 Considerações Gerais:

##### a) Carregamentos Considerados no Cálculo:

- ❖ Cargas Permanentes: (massas específicas)  
 Concreto armado ou protendido – 25 kN/m<sup>2</sup>  
 Via Permanente (VBV) – 25 kN/m<sup>3</sup>

Aço Estrutural – 78,5 kN / m<sup>3</sup>

- ❖ Cargas Variáveis:  
Trem-Tipo de referência: NCO3- SP (Metrô de São Paulo)  
Carga de multidão nos passeios: 5 kN/m<sup>2</sup>

b)  Materiais

- ❖ Concreto da Infraestrutura: fck = 25 MPa (estacas)  
fck = 30 MPa (blocos)
- ❖ Concreto da Meso-Estrutura: fck = 30 MPa (pilares)  
fck = 40 MPa (travessas)
- ❖ Concreto da Superestrutura: fck = 40 MPa (vigas, lajes e pré-moldados)
- ❖ Armadura Passiva: Aço CA50A
- ❖ Armadura Ativa: Aço CP190
- ❖ Estrutura Metálica: SAC 350
- ❖ Aparelhos de apoio: neoprene fretado

c) Gabarito

- ❖ Gabarito Metro Ferroviário 6.50m
- ❖ Gabarito Rodoviário 5.50m

5.8.2 OAE 01 – Viaduto de Pirajá

A OAE 02 - Viaduto Pirajá é uma obra de arte especial projetada sobre a rodovia BR-324, localizado entre as Estações Pirajá (Existente) e Campinas (a ser implantada). É uma obra parcialmente esconsa com cerca de 567,30m de extensão, composta por dois trechos em tangente (inicial e final) paralelos à rodovia BR-324 e um trecho com 2 curvas reversas e segmento em tangente com 180m de extensão esconso e vencendo o vão livre sobre a Rodovia. O viaduto inicia-se no km 22+4,37m, após uma rampa sobre o solo com uma contenção em Terra Armada em seu trecho inicial e termina no km 50+11,67m, na chegada à estação Campinas.

a) **Estrutura da OAE 01- Viaduto Pirajá:**

- ❖ **Vãos Paralelos à rodovia BR-324:** Estes dois trechos do OAE 01 – Viaduto Pirajá são compostos de 16 vãos de 30m entre apoios, sendo o tabuleiro de concreto protendido. Os 9 primeiros vãos paralelos a BR-324, são localizados antes do Vão Central sobre a BR-324 e os 7 vãos finais, também paralelos a BR-324, são localizados entre o Vão Central e a Estação Campinas. Os tabuleiros dos 16 vãos têm 11m de largura, formados por laje de concreto armado, sobre a qual será instalada a Via Permanente no sistema VBV (Via de Baixa Vibração). As lajes são suportadas por 2 vigas tipo “V” bi-apoiadas de Concreto Protendido. Nestes trechos os tabuleiros em estrutura de concreto estarão apoiados em travessas de concreto sobre pilar central, também em concreto. As travessas de apoio serão em concreto armado e serão executadas com auxílio de formas industrializadas e de cimbramento em perfis metálicos.
- ❖ **Vãos Esconsos sobre a BR-324:** Estes são os 5 vãos que compõem o Vão Central do Viaduto Pirajá. Os 5 vãos com o tabuleiro de 11m de largura, são formados por estrutura mista de concreto e aço. As lajes de concreto armado,

sobre as quais será instalada a Via Permanente no sistema VBV (Via de Baixa Vibração), são suportadas por 2 vigas tipo “V” bi-apoiadas fabricadas em estrutura metálica. Neste trecho central, os tabuleiros em estrutura mista, se apoiam em travessas metálicas autoportantes, que formam pórticos com pilares de concreto nas extremidades, dando suporte às estruturas dos tabuleiros e aos equipamentos de lançamento.

- ❖ **Vão Central sobre a Rodovia BR-324:** Com o objetivo de vencer o vão livre de 180m, os estudos de alternativas integrante do presente Anteprojeto, analisaram algumas soluções estruturais e foram desenvolvidas com o objetivo de obter-se a solução estrutural que proporcionasse ao mesmo tempo economia de custo e bom desempenho estrutural, considerando a segurança, a minimização dos prazos construtivos e a otimização dos recursos envolvidos. Assim foram analisados 3 soluções estruturais distintas com o objetivo de minimizar as interferências como trânsito e as redes e adutoras locais, sem adotar apoios intermediários nos canteiros da BR-324.

As soluções estudadas para estrutura do Vão Central foram: *Vão Central Isostático em Arco Metálico*; *Vão Central em Treliça Metálica Contínua, ou Isostática*; *Vão central em Balanços Sucessivos com Aduelas em Concreto Protendido* e *Vão Central em Pórticos Transversais, apoiando Tabuleiros Longitudinais*;

- ❖ **Vão Central Isostático em Arco Metálico** = é uma solução tradicionalmente utilizada para vencer vãos de maior porte, tanto em obras metro-ferroviárias (como o viaduto em Arco Metálico, com 110m de vão livre entre apoios, sobre a Av. Francisco Bicalho, no Metro do Rio de Janeiro), como em obras rodoviárias (como a Ponte JK, em Brasília, com 3 vãos de 240m de vão livre entre apoios, sobre o lago de Paranoá). A análise sobre esta alternativa, passa pela boa estética arquitetônica da solução em Arco que tem sido muito utilizado atualmente. Verifica-se que ela é de fato uma solução tecnicamente bem adequada, cuja tecnologia de montagem é conhecida, é econômica no seu custo de forma global e não exige elevação no greide da via permanente para manter o gabarito rodoviário inferior, porém, em função das características locais, da geometria do traçado e do volume de tráfego da BR-324, obrigaria à algumas interrupções do tráfego durante o período de montagem do Arco Metálico e a necessidade de implantação de apoios provisórios nos canteiros centrais e laterais, que irão trazer alguns inconvenientes aos usuários da via.
- ❖ **Vão Central em Treliça Metálica contínua, ou Isostática** = da mesma forma que o *Viaduto com Vão Central em Arco Metálico*, é uma solução tradicionalmente utilizada para vencer vãos de maior porte, tanto em obras metro-ferroviárias, **como** em obras rodoviárias. Se equivale tecnicamente aos viadutos em Arco Metálico, porém dificilmente se consegue soluções harmônicas de geometria que são necessárias para as obras urbanas, mantendo custo global mais baixo que as obras em Arco.
- ❖ **Vão Central em Balanços Sucessivos com Aduelas em Concreto Protendido** = é uma solução também tradicionalmente utilizada para ultrapassagem de grandes vãos, porém tem a sua utilização mais frequente em locais sem restrições de **extensão de rampas** altura das vigas principais e elevação do greide da via permanente. É uma solução tecnicamente bem desenvolvida, cuja tecnologia de montagem é conhecida, é econômica no seu custo de forma global, porém exige uma significativa elevação do greide da via permanente (em torno de 10m para 180m de vão livre), o que inviabiliza a sua

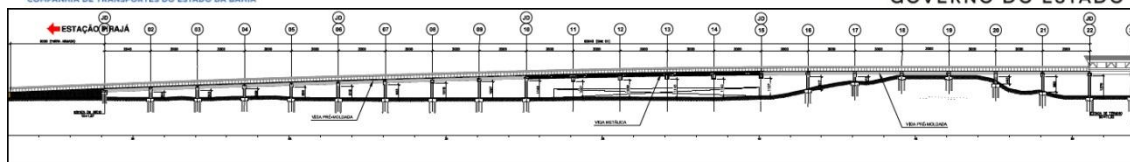
utilização como solução estrutural para o Viaduto Pirajá-OAE01, em função da rampa limite de 4%.

- ❖ **Vão Central em Pórticos Transversais, apoiando Tabuleiros Longitudinais** = é uma solução utilizada com muita frequência e adotada em estruturas para suporte de tabuleiros de vias elevadas de corredores expressos para sistemas de transporte de passageiros ou cargas. A estrutura de suporte será composta por pórticos perpendiculares ao eixo da BR-324, formados por vigas travessas em **estrutura mista de aço e concreto** e apoiadas sobre pilares de concreto nas extremidades, vencendo vãos de 40m para transpor a distância entre as pistas centrais da rodovia suportando os tabuleiros longitudinais do Viaduto Pirajá. Estes pórticos estarão espaçados a cada 30m no sentido longitudinal da rodovia, sendo necessários 4 Pórticos para superar o vão central da OAE01 - Viaduto Pirajá. Esta solução **tem sido** utilizada com sucesso nas obras dos Corredores de Transporte como o BRT do Rio de Janeiro – Transcarioca = trecho Penha / Galeão com 4km de elevados, vigas de suporte da Baias Operacionais da Ponte Rio-Niterói, Elevado da Linha Vermelha – 2ªEtapa = trecho 7 km de elevados.

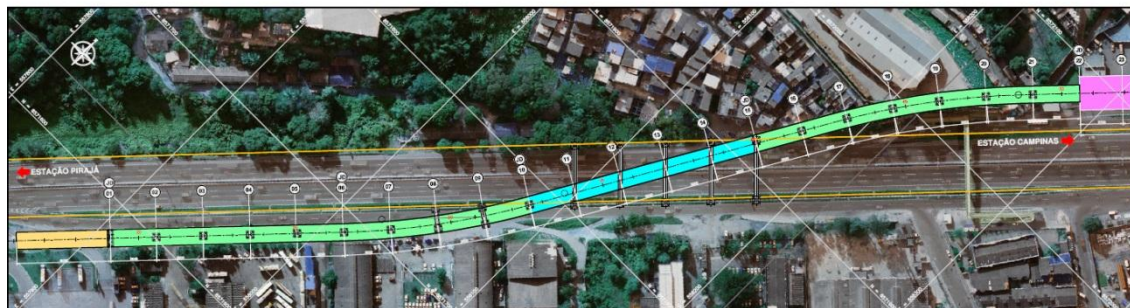
✓ **Sistema Estrutural adotado:** Para os vãos de 30m, verifica-se pelas características geométricas do traçado, pela topografia do trecho e pela existência das vias de acesso no local da obra, que a solução estrutural escolhida para o Anteprojeto, com tabuleiro em laje de concreto sobre vigas pré-moldadas em Concreto Protendido ou por Vigas Metálicas, é a melhor alternativa técnica e econômica para atravessar os obstáculos já citados. Estas estruturas se utilizam de vãos menores que as demais alternativas, dividindo as cargas nas fundações e poderão ser montadas com auxílio de guindastes de médio porte ou por intermédio de treliça de lançamento, minimizando as interferências com o tráfego da Rodovia BR-324 e com o acesso pelas marginais. Para o vão central optou-se pela solução, “Vão Central em Pórticos Transversais”, já que serão adotadas peças pequenas de custo inferior a das outras alternativas e pouca interferência no tráfego local usando para montagem os mesmos equipamentos dos vãos de 30m.

#### **b) Fundações do Viaduto Pirajá:**

Pelas condições geotécnicas do subsolo da região, contendo material de baixa resistência nas primeiras camadas e chegando ao impenetrável em uma profundidade entre 12m até 18m e com presença de lençol freático alto, as fundações serão preferencialmente executadas com estacas do tipo escavadas com penetração em solo de alteração de rocha e com grande capacidade de carga. Estas estacas são necessárias devido à existência de grandes cargas provenientes do tabuleiro com 30m de vão livre e também com o objetivo de minimizar a possibilidade de interferências como a adutora e outras redes de serviço público existente nas proximidades da Estação Pirajá. Entre os diversos tipos de estacas escavadas de grande capacidade de carga, selecionamos as estacas tipo “WIRTH” com diâmetro de 80cm, pela sua versatilidade de emprego, pela facilidade de mobilização e curto prazo de execução. Destaca-se também a baixa interferência com meio ambiente, uma vez que, este método, se utiliza de ferramentas mecânicas na cravação das camisas metálicas e na escavação do material do interior da estaca. Destaca-se que a execução das fundações do viaduto com estacas de diâmetro de 80cm, nas proximidades na estação Campinas aproximadamente entre as estacas Est. 44+11.00 e Est. 47+02,00, irão minimizar de forma significativa a possibilidade de interferência com os tirantes de contenção do muro existente nesta região.



ELEVACÃO GERAL



ARRANJO GERAL

### 5.8.3 OAE 02 – Viaduto Campinas

**A OAE 2 – Viaduto Campinas** é uma obra de arte especial que é um prolongamento da Estação Campinas paralelo à rodovia BR-324 e tem 539,46m de comprimento. Inicia-se no Km 57+7,69m e termina no Km 84+7,15m no encontro com o trecho em terrapleno.

#### a) Estrutura da OAE 2 – Viaduto Campinas

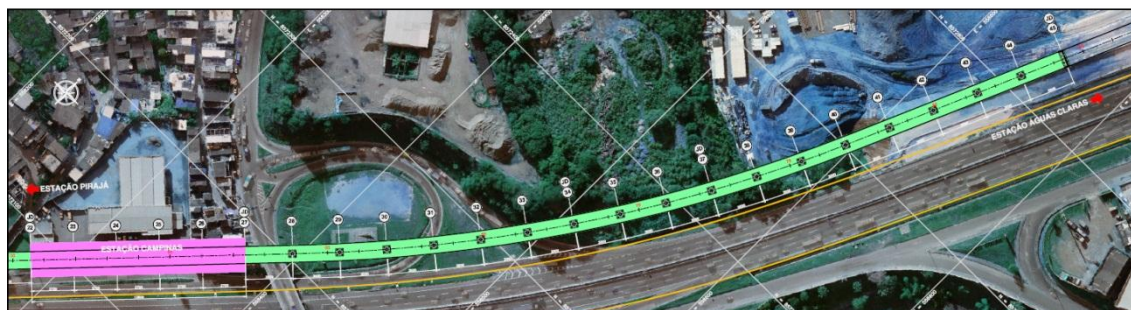
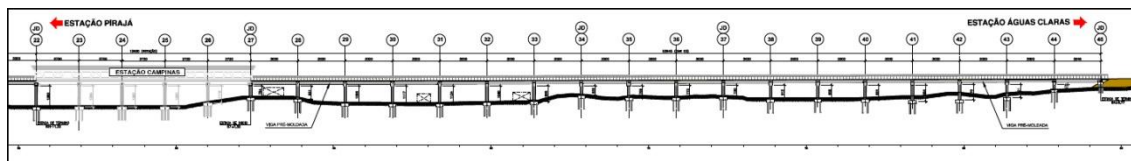
A OAE 2 é composta de 18 vãos de 30m entre apoios sendo o tabuleiro de concreto protendido.

Os tabuleiros tem 11m de largura, formados por laje de concreto armado, sobre a qual será instalada a Via Permanente no sistema VBV (Via de Baixa Vibração). As lajes são suportadas por 2 vigas tipo “V” bi-apoiados de concreto protendido. Os tabuleiros estão apoiados em travessas de concreto sobre pilar central, também de concreto. As travessas de apoio serão em concreto armado e serão executadas em auxílio de formas industrializadas e de cimbramento em perfis metálicos.

#### b) Fundação da OAE – 2 Viaduto Campinas

Serão adotadas estacas escavadas do tipo “ WIRTH”, 80 cm de diâmetro, pelas mesmas razões que levaram a escolher este tipo de fundação para OAE 2:

- Versatilidade de emprego
- Grande capacidade de carga
- Facilidade de mobilização
- Certo prazo de execução
- Baixa interferência com meio ambiente



Viaduto Campinas

#### 5.8.4 OAE 03 - Passagem inferior de Porto Seco

A passagem Inferior Porto Seco (OAE 03) permite a transposição da rua Alegria de Campinas sobre a Via Permanente.

A extensão da passagem é de aproximadamente 14,2m e inicia-se na estaca 107 + 4,85m.

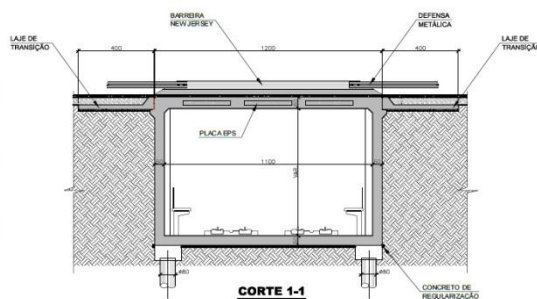
A solução adotada utiliza uma estrutura com apenas um vão de 11m executada com laje alveolar, com alvéolos preenchidos com placas de EPS.

A laje está apoiada em paredes de contenção em concreto armado. As paredes vão transferir as cargas verticais para a laje inferior na qual estão assentados os trilhos do Metrô. O vão livre entre a laje superior e inferior foi fixado em função do greide da Via Permanente e do greide da rua Alegria de Campinas.

A fundação é profunda com estacas do tipo “Wirth” sob laje inferior.

Estão previstos muros ala nas extremidades das PI para a contenção dos aterros e laje de aproximação sob a rua Alegria de Campinas.

O método de execução será do tipo “Cut and Cover” escavando, executando a passagem e cobrindo com solo ou a laje de cobertura.



PI de Porto Seco

### 5.8.5 OAE 04 – Viaduto Águas Claras

**A OAES 4 – Viaduto Aguas Claras** é uma obra de arte especial projetada no seu trecho inicial paralelo à rodovia BR-324 e um trecho curvo sobre a rodovia BR – 324 quando se aproxima da Estação Aguas Claras. A obra tem aproximadamente 1.769,05m de comprimento, inicia-se na estaca Km114+9,71m e termina na estaca Km 202+18,76m.

#### a) **Estrutura da OAE 4 – Viaduto Aguas Claras**

- ❖ **Vãos paralelos à rodovia BR-324:** Este trecho da OAE 4 – Viaduto Aguas Claras é composto de 31 vãos de 30m entre apoios sendo o tabuleiro em concreto protendido, 3 vãos de 20m com tabuleiro de concreto protendido, 3 vãos de 40m formados por estruturas mistas de concreto e aço.

Os tabuleiros têm 11m de largura, formados por laje de concreto armado, sobre a qual será instalada a Via Permanente no sistema VBV (Via de Baixa Vibração). As lajes são suportadas por 2 vigas tipo “V” bi apoiados de concreto protendido. Os tabuleiros estarão apoiados em travessas de concreto sobre pilar central, também de concreto. As travessas de apoio serão em concreto armado e serão executadas em auxílio de formas industrializadas e de cimbramento em perfis metálicos.

- ❖ **Vãos curvos sobre a rodovia BR-324:** Neste trecho temos 1 vão de 20m com tabuleiro de concreto protendido, 1 vão de 40m formado por estrutura mista de concreto e aço, 17 vãos de 30m com tabuleiro de concreto protendido e, sobre a rodovia BR-324, 3 vãos de 30m de estrutura mista de concreto e aço. Nos vãos com tabuleiro de concreto protendido, os tabuleiros têm 11m de largura formados por laje de concreto armado sobre a qual será instalada a Via Permanente no sistema VBV (Via de Baixa Vibração). As lajes são suportadas por 2 vigas tipo “V” bi apoiadas de concreto protendido. Os tabuleiros em concreto estarão apoiado em travessas de concreto sobre pilar central também em concreto. Nos vãos com estruturas mista, as lajes de concreto armado, sobre as quais será instalada a Via Permanente no sistema VBV (Via de Baixa Vibração) são suportados por 2 vigas tipo “V”, bi apoiados, fabricados em

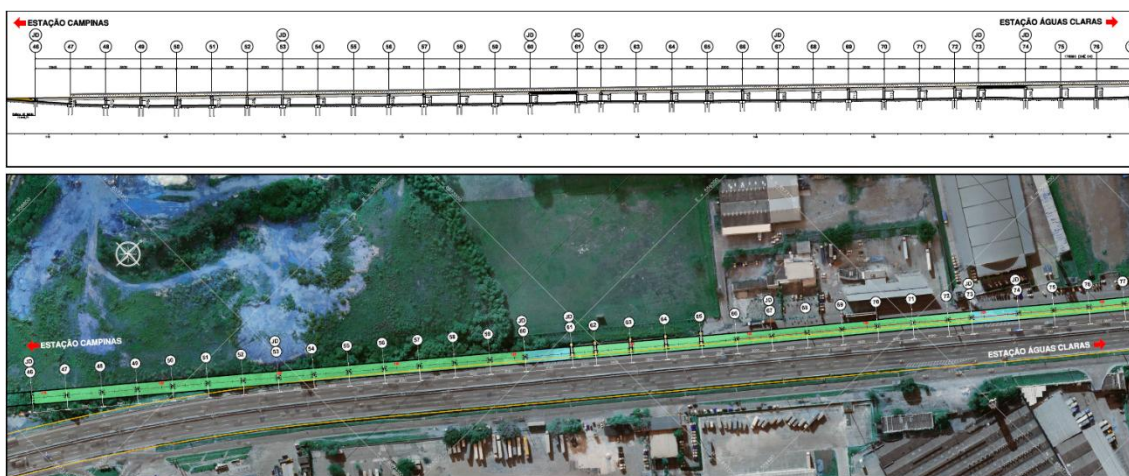
estruturas metálicas. Nos vãos em estruturas mistas sobre a rodovia BR-324, os tabuleiros se apoiam em travessas metálicas autoportantes, que formam pórticos protendido com pilares de concreto nas extremidades. São necessários 2 pórticos, vencendo vão de 40m, para transpor a distância entre as pistas da Rodovia.

✓ Sistema Estrutural Adotado: A solução de transpor a rodovia com vigas metálicas sobre travessas metálicas foi adotada pelas mesmas razões apresentadas para OAE-1.

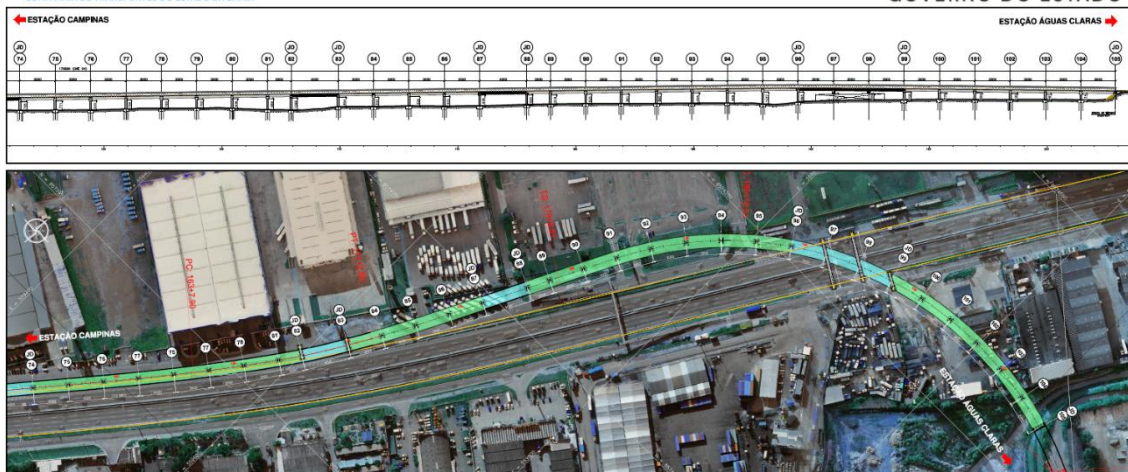
#### **b) Fundações da OAE 4 – Viaduto Aguas Claras**

Serão adotadas estacas escavadas do tipo “ WIRTH”, 80 cm de diâmetro pelas mesmas razões que levaram a escolher este tipo de fundação para OAE 1:

- Versatilidade de emprego
- Grande capacidade de carga
- Facilidade de mobilização
- Certo prazo de execução
- Baixa interferência com meio ambiente



Viaduto de águas claras – trecho 01 de 02



Viaduto de águas claras – trecho 02 de 02

#### 5.8.6 OAE 05 - Passagem inferior de Águas Claras

A passagem Inferior de Águas Claras (OAE 05) é uma estrutura criada para permitir a circulação de veículos sob a Via Permanente e atender à interligação entre o futuro Terminal de Ônibus e Estação Rodoviária, situada antes da Estação Águas Claras.

A extensão da passagem é de aproximadamente 25m e inicia-se na estaca 204 + 11,47m.

A solução adotada utiliza uma estrutura com apenas um vão de 11m executada com laje alveolar, com alvéolos preenchidos com placas de EPS.

A laje é apoiada em paredes de contenção em concreto armado. As paredes vão transferir as cargas verticais para a laje inferior na qual estão assentados os trilhos do Metrô. O vão livre entre a laje superior e inferior está fixado em função do greide de Via Permanente e do greide da via de ligação entre o futuro Terminal de Ônibus e a Estação Rodoviária.

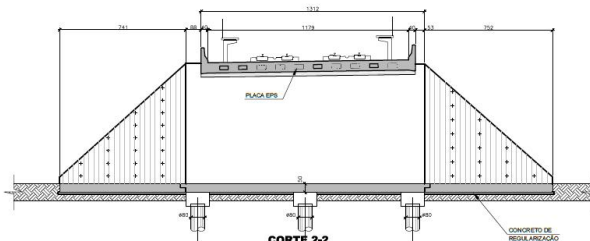
A fundação é profunda com estacas do tipo “Wirth” sob laje inferior.

Estão previstos muros ala nas extremidades das PI para a contenção dos aterros, e lajes de aproximação sob a laje da Via Permanente.

O método de execução será do tipo “Cut and Cover” escavando, executando a passagem e cobrindo com solo ou a laje de cobertura.



PLANTA DE SITUAÇÃO  
ESCL:1/500



## PI águas Claras

### 5.8.7 OAE 06 - Passagem inferior de Pedestres

A passagem Inferior de Pedestres (OAE 06) atende à circulação de usuários sob a estação Águas Claras.

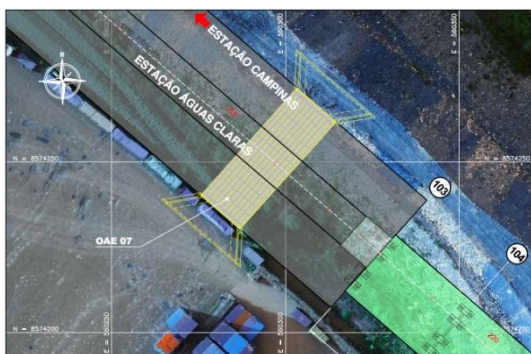
A extensão da passagem é de aproximadamente, 42m e inicia-se na estaca 215 + 10,02m.

A solução adotada foi uma estrutura com apenas um vão de 11m executada com laje alveolar, com alvéolos preenchidos com placas de EPS.

A laje é apoiada em paredes de contenção em concreto armado. As paredes irão transferir as cargas verticais para a laje inferior. O vão livre entre a laje superior e inferior foi fixado em 3m.

A fundação é profunda com estacas do tipo “Wirth” sob a laje inferior.

Estão previstos muros ala nas extremidades das PI para a contenção dos aterros, e lajes de aproximação sob a laje da Estação Águas Claras.



PLANTA DE SITUAÇÃO  
ESCL:1/500



## Pi de Pedestres

### 5.8.8 OAE 07 – Viaduto do Rabicho de Manobra

O viaduto se situa após a Estação Águas Claras tem 300m e atende à extensão necessária para operação e manobra com o AMV em “X”.

**a) Estrutura da OAE 7 – Viaduto do Rabicho da Manobra**

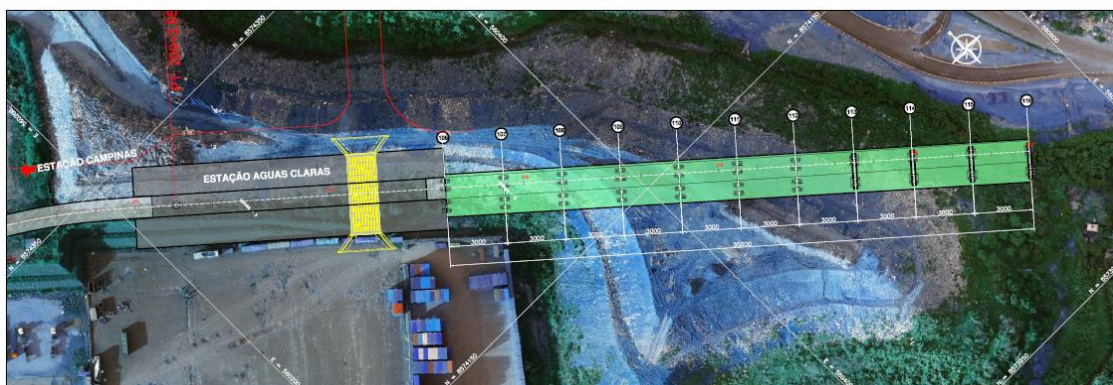
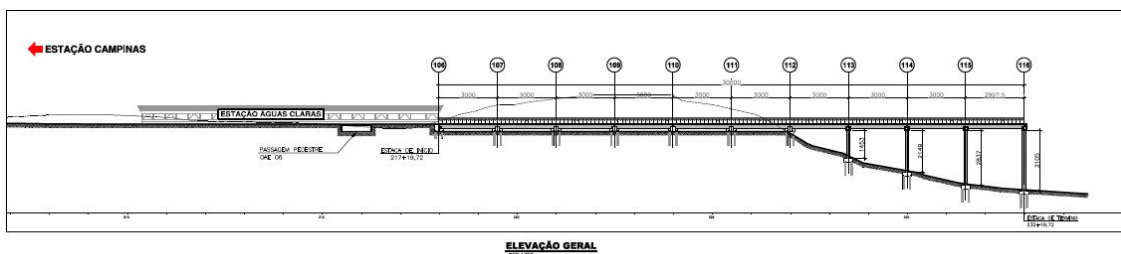
A OAE 7 – Viaduto do rabicho de Manobra é composta de 10 vãos de 30m entre apoios sendo o tabuleiro em concreto protendido.

A seção transversal tem 11 m de largura e contempla via dupla com distância entre vias de 4,25m.

Os tabuleiros estão apoiados em 4 vigas tipo “V” bi-apoiada em concreto protendido. Estas vigas se apoiarão em uma travessa de concreto sobre 2 pilares também de concreto que por sua vez se apoiam.

**b) Fundação da OAE 7 – Viaduto do Rabicho da Manobra**

Serão adotadas estacas tipo “Wirth” que atravessarão aterros de lixo com até 30m de altura até atingir o solo resistente.



Viaduto Rabicho da Manobra

**5.9 Anteprojeto de Drenagem**

O Sistema de Drenagem na sua concepção e desenvolvimento compreende a definição, o cálculo e a localização de obras de engenharia com os seguintes objetivos:

Permitir, com segurança, a travessia do sistema viário sobre as linhas naturais de drenagem situadas na área de influência do projeto citado;

Interceptar as águas superficiais e subsuperficiais afluentes ao empreendimento, conduzindo-as às linhas naturais de drenagem mais próximas e permitindo o trânsito livre das águas dentro da área da planície de inundação;

Orientar o fluxo das águas de chuvas precipitadas e conduzi-las para ponto de entrega e deságue seguro;

Neste documento são abordados os aspectos técnicos, conceituais que nortearam a confecção, implantação e a conexão ou descarga do sistema proposto de drenagem em local apropriado e seguro.

Os elementos que serviram de base ao projeto, foram os seguintes:

- Estudo Hidrológico - Obtidas as características das bacias de contribuição, regime de chuvas intensas das regiões, valores das descargas de pico;
- Estudo Topográfico - Configuração planialtimétrica cadastral, cadastro das redes de drenagem, canais e obras de arte correntes existentes;
- Projeto Geométrico - Desenho urbano resultante da área, obras e as notas de serviço de greide;
- Estudos geotécnicos: boletins de sondagens.

#### 5.9.1 Estudos Hidrológicos

##### **Coleta de Dados**

Os estudos hidrológicos foram elaborados com a finalidade de identificar e qualificar as circunstâncias climáticas, pluviométricas e hídricas da área onde se localiza o trecho em estudo, para o dimensionamento das novas obras e para a adequação do sistema de drenagem existente.

Pela sua localização geográfica, os traçados metroviários e rodoviários projetados acompanham o sistema viário existente, em grande parte. O eixo intercepta diversos cursos d'água e pequenas linhas de drenagem que foram contemplados nos estudos em questão.

Os estudos foram iniciados com a coleta de informações sobre as obras de arte correntes, obtidas através de visitas de campo incluindo informações sobre o sistema de drenagem existente. Paralelamente realizou-se a coleta de dados hidrológicos para a caracterização climática e pluviométrica, com a coleta de elementos para a definição das dimensões das bacias, utilizando-se levantamentos aerofotogramétricos e cartas topográficas disponíveis.

Com os dados coletados executou-se o seu processamento para subsidiar o dimensionamento hidráulico das obras de arte correntes, assim como drenagem superficial.

Os dados utilizados para realização dos Estudos Hidrológicos estão abaixo relacionados:

- Dados pluviométricos fornecidos pela SIH/ANA - Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas. A estação escolhida foi a mais representativa do regime pluviométrico da região, sendo:

Dados da Estação	
Código	01338007
Nome	SALVADOR - ONDINA
Código Adicional	83229
Bacia	ATLÂNTICO, TRECHO LESTE (5)
Sub-bacia	RIOS PARAGUAÇÚ, JEQUIRICÁ E ... (51)
Rio	-
Estado	BAHIA
Município	SALVADOR
Responsável	INMET
Operadora	INMET
Latitude	-13:1:0
Longitude	-38:53:0
Altitude (m)	51,41
Área de Drenagem (km2)	-

- Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – DNER, Classificação Climática de Wladimir Köppen, Rio de Janeiro RJ;
- Ministério de Minas e Energia, Projeto RADAM BRASIL. Rio de Janeiro RJ. 1982;
- Centro de Estatística e Informações – CEI e Companhia de Desenvolvimento de Região Metropolitana de Salvador – CONDER. Informações Básicas dos Municípios Baianos v.7 – Metropolitana de Salvador. Salvador BA. 1994;
- Cartas topográficas na escala de 1:12.500 e 1:2.000, editadas pela Companhia de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Salvador – CONDER;

A região possui um clima tropical predominantemente quente, com maior concentração de chuvas no inverno e verão seco. Chega a extremos de 15°C no inverno e a 38°C no verão. A brisa oriunda do Oceano Atlântico deixa agradável a temperatura da cidade mesmo nos dias mais quentes.

O clima da cidade do Salvador, segundo a classificação de Wladimir Köppen pode ser considerado como quente e úmido, variando entre as classes “Af” e “Am”, sendo que predomina o tipo “Af” na maior faixa territorial com chuvas de verão.

Segundo Serebrenick, o clima é do tipo tropical úmido por apresentar precipitação anual superior a 1.500 mm, situar-se entre as isotermas 24°C e 25°C, entre as isohigras de 80% e 85%, além de correlação entre a distribuição das chuvas com a umidade.

O estudo Caminho das Águas em Salvador indica que os bairros, sob influência direta do empreendimento estão acomodados em cima de três grandes bacias descritas a seguir:

Rio Camarajipe – considerada a terceira maior em extensão, a bacia nasce nos bairros Marechal Rondon, Boa Vista de São Caetano, Calabetão e Mata Escura, chega a ter 20 metros de largura, percorre 14 km passando por Pero Vaz, IAPI, Cx. d’Água, Pau Miúdo e Saramandaia e deságua na Praia do Costa Azul. Atualmente muito poluído;

Rio do Cobre – é a quinta maior bacia do município, ela nasce na Lagoa da Paixão no bairro Moradas da Lagoa, faz parte do sistema de abastecimento de água da Capital. Corta o Paq. São Bartolomeu, desaguando na Península de Itapagipe;

Rio Jaguaribe – situada integralmente no município de Salvador é tida como a maior dentre as bacias em ocupação territorial, suas nascentes localizam-se nos bairros de Águas Claras, Valéria e Castelo Branco percorrendo uma distância de 15,2 km, passando por Jardim Nova Esperança, Cajazeiras VIII, Nova Brasília, Trobogy, Mussurunga, Bairro da Paz, indo desaguar em Piatã.



Figura 2-Divisão em bacias hidrográficas do município de Salvador.

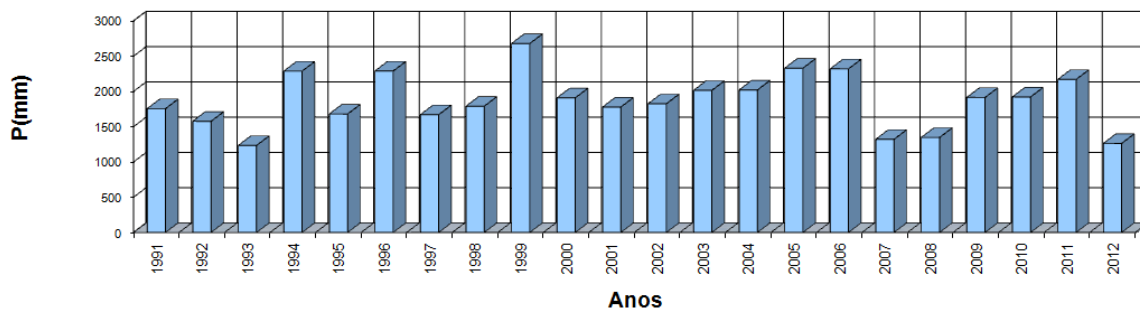
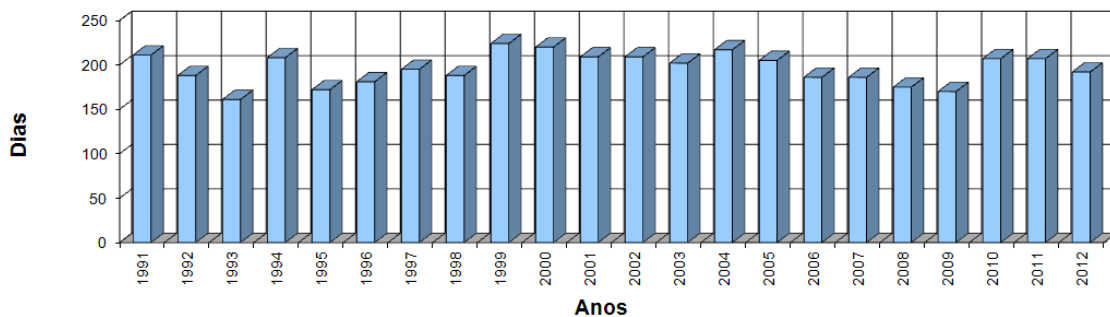
### Regime Pluviométrico da Região

Das informações retiradas da estação de observação estudada (pluviométrica), foram obtidos os seguintes dados, os quais são apresentados nos gráficos e tabelas adiante:

- Pluviograma – Precipitações Totais Anuais, Precipitações Mensais e Número de Dias de Chuva por ano;
- Histograma do Ano de Maior Pluviosidade na Região;
- Análise Estatística Pluviométrica das Precipitações Máximas Diárias.

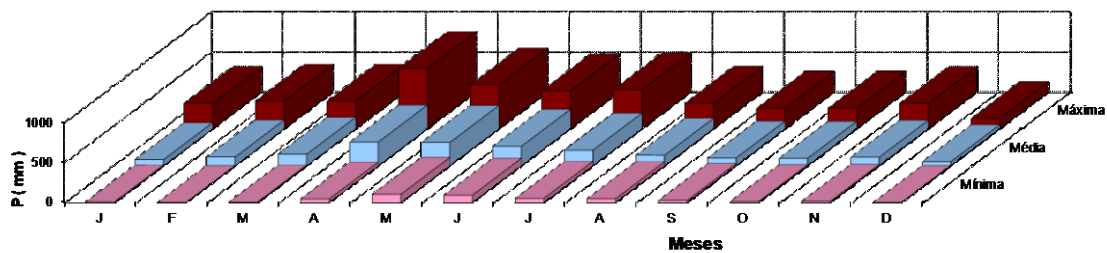
Estação : SALVADOR - ONDINA

Número de Dias de Chuva por Ano

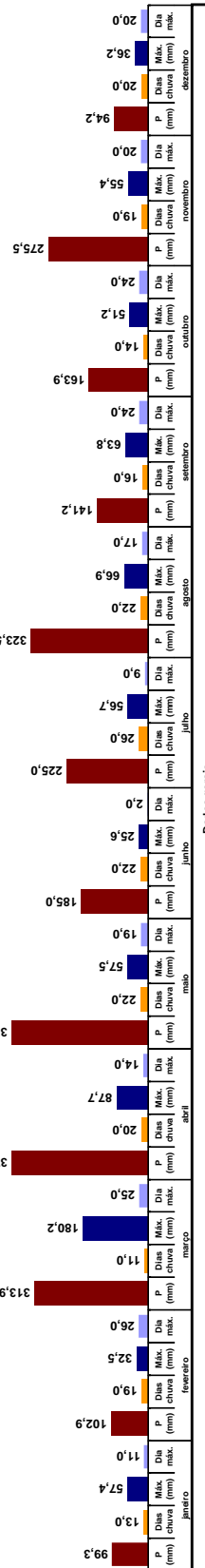


Estação : SALVADOR - ONDINA

Precipitações Mensais



HISTOGRAMA DO ANO DE MAIOR PLUVIOSIDADE NA REGIAO



Dados Gerais

ANO	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total	Dias de chuva	Máxima (mm)	Dia máxima
1999	99,3	102,9	313,9	180,2	376,6	185,0	225,0	323,5	141,2	163,9	275,5	94,2	2.677,9	224	160,199997	250/1999



## Determinação da precipitação, duração e frequência de chuvas

### Precipitações

Com os dados coletados de chuva elaborou-se o presente estudo, visando à determinação das alturas para diferentes períodos de recorrência e diferentes durações.

A metodologia empregada foi o método de "Probabilidade Extrema de Gumbel" - maiores detalhes, ver Manual de Hidrologia Básica para estruturas de drenagem, (IPR, PUBL., 715).

Para este estudo escolheu-se a maior altura de chuva em cada ano durante todo o período, para os postos estudados. Para tempos de duração menores que um dia, foram feitas correções pelo Método das Isozonas.

Em 1951, Ven Te Chow, mostrou que a maioria das funções de frequência empregadas em análises hidrológicas pode ser resolvida por equações do tipo:

$$X_t = \bar{X} + K \times \sigma$$

O método de Gumbel é igualmente possível fazer, de acordo com Ven Te Chow:

$$Pr = \bar{P} + K \times \sigma$$

Descrição dos índices usados nos cálculos, para análises pluviométricas:

- Pr = precipitação à um certo período de recorrência;
- $\bar{P}$  = Precipitação média;
- K = Coeficiente que depende do número de amostras tomadas e do período de recorrência. Valor tabelado por Weise e Reid;
- $\sigma$  = desvio padrão das máximas precipitações diárias anuais.

Cálculo para os períodos de recorrência, no cálculo utilizou-se para cada ordem sua probabilidade aplicando a fórmula de Kimball:

$$F = \frac{n}{m+1} \times 100$$

, sendo

- F = Frequência de vazões de enchentes observadas;
- n = Número de ordem, variável de 1 a n;
- m = Números de anos observados;

$$Tr = \frac{1}{F} \text{ Tempo de recorrência.}$$

## **Avaliação das Relações Intensidade-Duração-Frequência**

Dada a necessidade de se avaliar as relações intensidade/duração/frequência das chuvas de curta duração numa região onde as únicas informações disponíveis são as chuvas diárias, apresenta-se a seguir o método que permite avaliar as chuvas de curta duração a partir das chuvas de 24 horas.

### **Método das Isozonas**

A necessidade de conhecimento das alturas de precipitação para tempos de duração inferiores a 24 horas, e a baixa densidade de postos pluviográficos que possam proporcionar estes dados, obrigam a extrapolação destes postos distantes até o local de projeto. O método utilizado para esta extrapolação é o das Isozonas, esta correlação permite, de maneira simples, a dedução da precipitação para os tempos de concentração necessários inferiores a 24 horas.

O trabalho do Eng<sup>o</sup> Torrico partiu da observação que para determinadas áreas geográficas, ao se desenhar em um papel de probabilidade as precipitações de 24 horas e 1 hora de diferentes estações pluviográficas do Brasil, e prolongando-se as respectivas retas de altura de precipitação/duração, estas tendem a cortar o eixo das abscissas em um mesmo ponto. Esta tendência significa que, em cada área homóloga, a relação entre as precipitações de 1 e 24 horas, para um mesmo tempo de recorrência, é constante e independe de alturas de precipitação.

A estas áreas homólogas, o autor denominou de Isozonas e elaborou o mapa, relacionando as alturas de precipitações máximas com duração de 1 a 24 horas para tempo de recorrência de 5 a 10.000 anos e com duração de 6 minutos e 24 horas para tempo de recorrência de 5 a 100 anos.

#### Descrição da metodologia adotada:

A partir do estudo estatístico, citado anteriormente, calculou-se para as estações em estudo, a chuva de um dia, no tempo de recorrência previsto.

Converteu-se esta chuva de um dia, em chuva de 24 horas, multiplicando-se esta, pelo coeficiente 1,10, que é a relação 24 horas/1 dia.

Determinou-se no mapa apresentado a seguir, a isozona correspondente a região do projeto.

Em nosso estudo a isozona utilizada foi a Isozona B, tipifica a zona de influência marítima, com coeficientes de intensidade suaves.

Após ter-se determinado a isozona, fixam-se para a mesma as porcentagens correspondentes a 6 minutos e 1 hora.

Após a determinação das alturas de precipitação para duração de 24 horas, 1 hora e 6 minutos, para cada tempo de recorrência considerado, marcaram-se estes valores no papel de probabilidade de Hershfield e Wilson, e ligando-se os pontos marcados, obtiveram-se as alturas de precipitação para qualquer duração entre 6 minutos e 24 horas.

Segue a apresentação do mapa das isozonas (Figura 2), quadro com os valores característicos.

### MÉTODO DAS ISOZONAS DE IGUAL RELAÇÃO

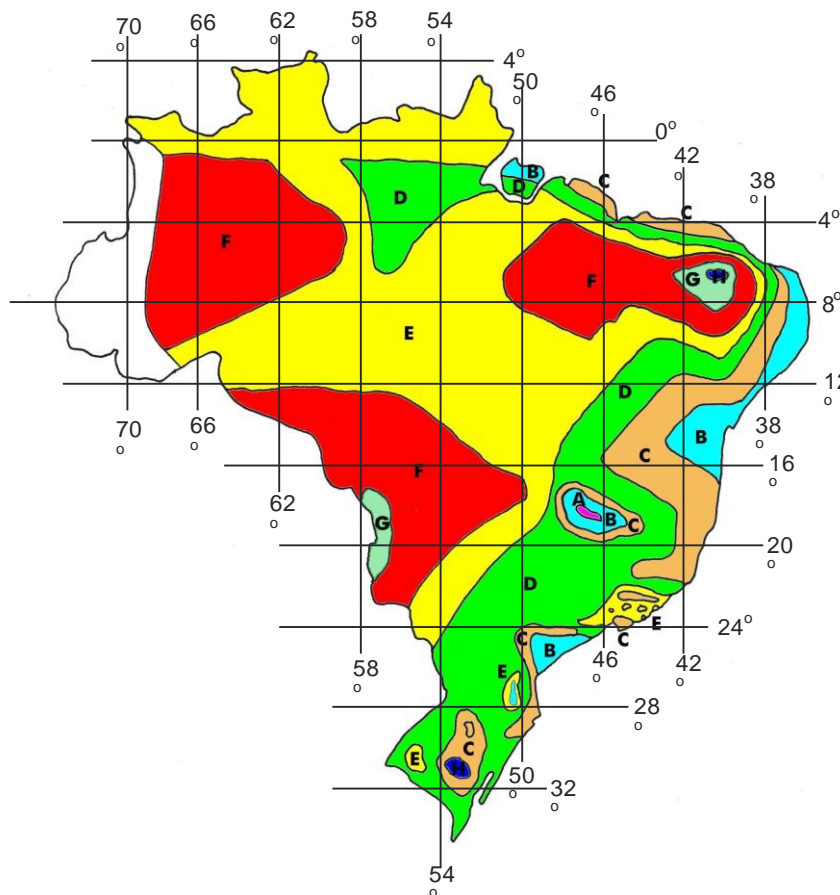


Figura 3 – Izozonas de igual relação

TEMPO DE RECORRÊNCIA EM ANOS												
ZONA	1 HORA/24 HORAS CHUVAS										6min. - 24h	
	8	10	15	20	25	30	50	100	1000	10000	5-50	100
A	36,2	35,8	35,6	35,6	35,4	36,3	35	34,7	33,6	32,5	7	6,3
B	38,1	37,8	37,5	37,5	37,3	37,2	36,9	36,6	35,4	34,3	8,4	7,5
C	40,1	39,7	39,5	39,5	39,2	39,1	38,6	38,4	37,2	36,2	8,8	8,5
D	42	41,8	41,4	41,2	41,1	41	40,7	40,3	39	37,3	11,2	10
E	44,9	43,6	43,3	43,2	43	42,9	42,6	42,2	40	39,6	12,6	11,2
F	46	45,6	45,3	45,1	44,9	44,7	44,5	44,1	42,7	41,3	13,2	12,4
G	47,9	47,6	47,2	47	46,6	46,7	46,7	45,1	44,5	43,1	15,4	13,7
H	49,9	49,4	49,1	48,9	48,8	48,5	48,3	47,8	46,5	44,8	16,7	14,9

## Conclusões

Pela análise dos dados conclui-se que:

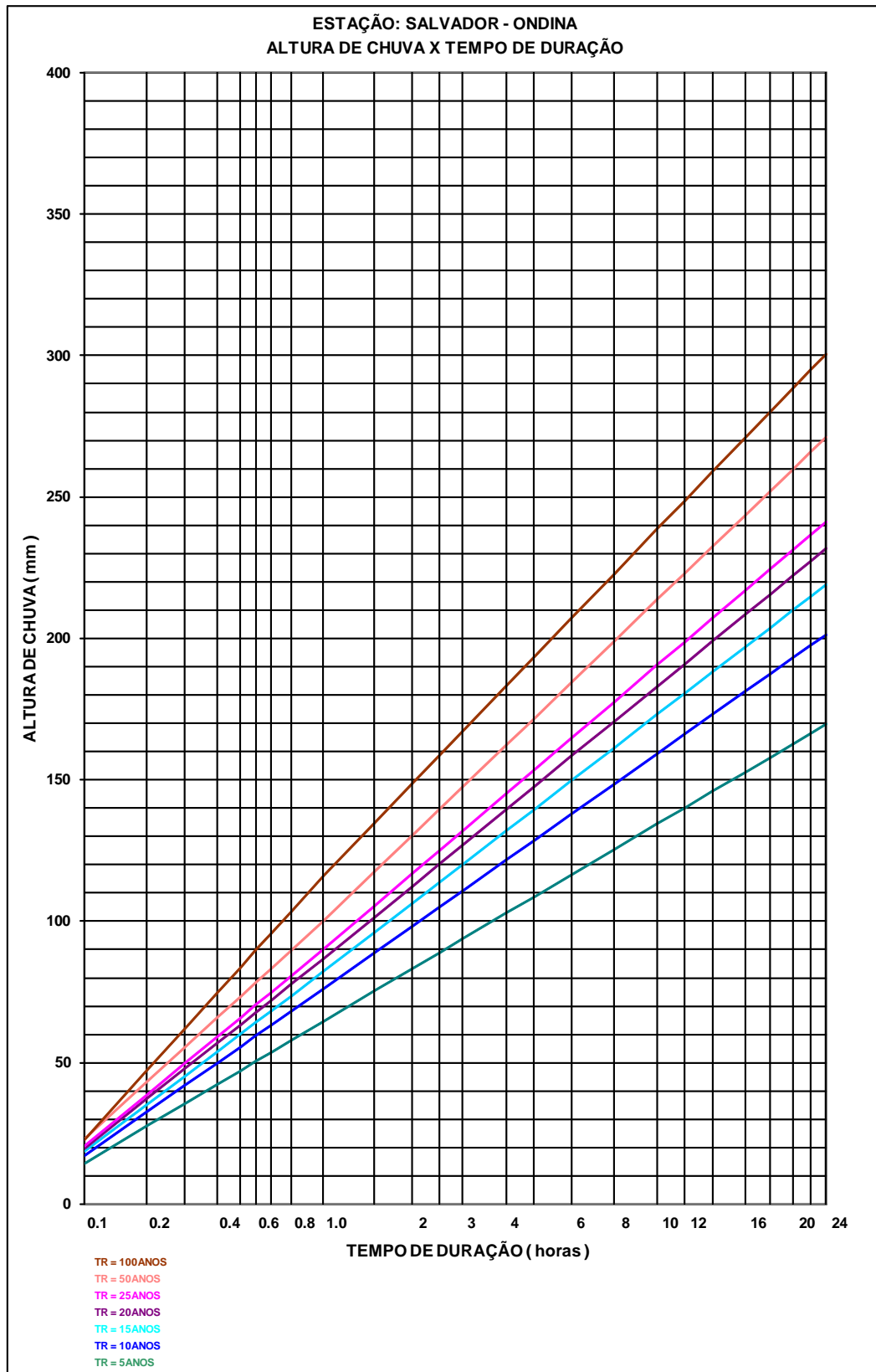
A estação de Salvador - Ondina tem um período de observação de 49 anos (1963 – 2012), tem maior proximidade média com o trecho e por apresentar valores maiores de precipitações. Representa a pluviometria da região, portanto, foi escolhida para fornecer os dados de precipitações para dimensionamentos e verificações hidráulicas das obras de drenagem do trecho.

A seguir apresentam-se o Quadro de Precipitações e Intensidade em função da Duração da Precipitação e do Tempo de Recorrência e os gráficos contendo as relações entre altura de chuva, tempo de duração e tempo de recorrência, para a distribuição de chuvas para o trecho em estudo, para a Estação Salvador-Ondina.

## Quadro de Precipitação e Intensidade

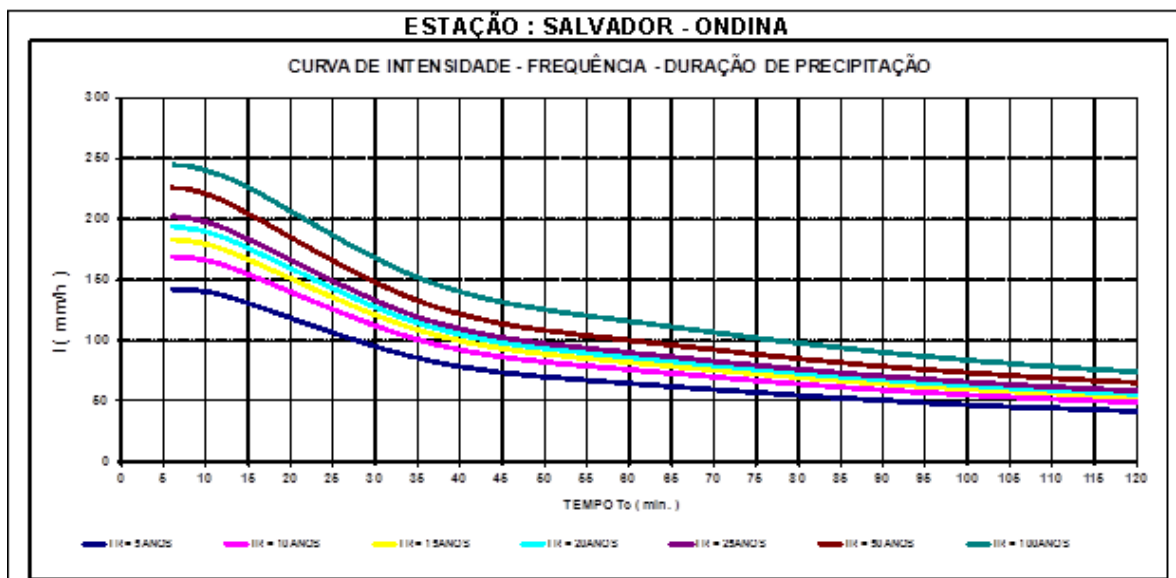
ISOZONA "B"										ESTAÇÃO : SALVADOR - ONDINA							
Tempo de Recorrência em anos	1 hora / 24 horas chuva <sup>(A)</sup>							6 min / 24 horas <sup>(B)</sup>		Duração	Tempo de Recorrência						
	5	10	15	20	25	50	100	5 a 50	100		5	10	15	20	25	50	100
Porcentagem	38,1	37,8	37,5	37,4	37,3	36,9	38,6	8,4	7,5	<b>24 horas <sup>(C)</sup></b>	169,41	201,12	218,79	231,51	241,14	270,85	300,34
As isozonas B e C tipificam a zonas de influência marítima, com coeficientes de intensidade suaves.  Fonte: "Práticas Hidrológicas", José Jaime Taborga Torrico, Rio, 1974. Método das Isozonas										<b>1 hora <sup>(D)</sup></b>	64,54	76,02	82,05	86,58	89,95	99,94	115,93
										<b>6 minutos <sup>(E)</sup></b>	14,23	16,89	18,38	19,45	20,26	22,75	22,53
										Notas: Macha de cálculo: 1 - (C) = $P_T (mm) \times 1,10$ , onde $P_T (mm)$ é dado pela fórmula de VEM TECHOW 2 - (D) = (C) x (A) 3 - (E) = (C) x (B)							
<b>ESTAÇÃO : SALVADOR - ONDINA - QUADRO DE PRECIPITAÇÕES E INTENSIDADES, EM FUNÇÃO DA DURAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO E DO TEMPO DE RECORRÊNCIA</b>																	
Tempo de Recorrência	5 anos		10 anos		15 anos		20 anos		25 anos		50 anos		100 anos				
Tempo de Duração de Chuva	P (mm)	I (mm/h)	P (mm)	I (mm/h)	P (mm)	I (mm/h)	P (mm)	I (mm/h)	P (mm)	I (mm/h)	P (mm)	I (mm/h)	P (mm)	I (mm/h)			
6 min. (0,1 h)	14,23	142,30	16,89	168,94	18,38	183,78	19,45	194,47	20,26	202,56	22,75	227,52	22,53	225,25			
12 min. (0,2 h)	<b>27,47</b>	137,35	<b>32,45</b>	162,27	<b>35,13</b>	175,66	<b>37,11</b>	185,57	<b>38,60</b>	192,98	<b>43,07</b>	215,33	<b>47,11</b>	235,53			
36 min. (0,6 h)	<b>50,35</b>	83,92	<b>59,34</b>	98,90	<b>64,09</b>	106,81	<b>67,64</b>	112,74	<b>70,29</b>	117,14	<b>78,17</b>	130,28	<b>89,58</b>	149,30			
60 min. (1,0 h)	64,54	64,54	76,02	76,02	82,05	82,05	86,58	86,58	89,95	89,95	99,94	99,94	115,93	115,93			
120 min. (2,0 h)	<b>83,10</b>	41,55	<b>98,16</b>	49,08	<b>106,25</b>	53,12	<b>112,24</b>	56,12	<b>116,71</b>	58,35	<b>130,20</b>	65,10	<b>148,57</b>	74,28			
240 min. (4,0 h)	<b>102,71</b>	25,68	<b>121,56</b>	30,39	<b>131,82</b>	32,96	<b>139,34</b>	34,83	<b>144,98</b>	36,25	<b>162,15</b>	40,54	<b>183,05</b>	45,76			
1440 min. (24,0 h)	169,41	7,06	201,12	8,38	218,79	9,12	231,51	9,65	241,14	10,05	270,85	11,29	300,34	12,51			
Região hidrográfica: RIO SÃO FRANCISCO / Carta Topográfica:																	
Obs.: As precipitações de 0,1 hora, 1 hora e 24 horas foram plotadas no papel de probabilidade de "Hershfield e Wilson", sendo as demais obtidas pela interpolação gráfica.																	

Gráfico 1 – Altura de Chuva x Tempo de Duração



Fonte: PAPEL DE PROBABILIDADE DE HERSHFIELD E WILSON

**Gráfico 2 – Curva de Intensidade – Frequência – Duração de Precipitação**



### Cálculo das Vazões Afluentes – Qp

#### Bacias Hidrográficas

O cálculo dos parâmetros, ou seja, área da bacia drenada, comprimento do talvegue principal e desnível entre o ponto mais alto nas cabeceiras dos mananciais e a seção de drenagem foram determinados com suficiente precisão através da individualização das bacias contribuintes feita pelo traçado em planta topográfica das linhas dos divisores de águas ou espigões. Esta delimitação foi feita através de cartas topográficas na escala 1:12.500 e 1:2.000, editadas pela Companhia de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Salvador – CONDER.

As plantas cartográficas foram georreferenciadas e os dados geométricos das bacias foram obtidos pelo software AUTOCAD.

#### Tempo de Recorrência- Tr

O tempo de recorrência para o projeto dos dispositivos de drenagem foi fixado, levando-se em consideração os seguintes fatores:

- Importância e segurança da obra;
- No caso de interrupção do tráfego, os prejuízos econômicos;
- Danos às obras de drenagem;
- Estimativa de custos de restauração, na hipótese de destruição;
- Periculosidade de subestimação das vazões pelos danos que as cheias possam ocasionar às populações ribeirinhas e às propriedades;
- Outros fatores de ordem econômica.

Em face desses fatores, foram usados os seguintes períodos de recorrência segundo a Instrução de Serviço – IS-203 do DNIT:

<b>Tempo ou Período de Recorrência – Tr</b>	
Espécie	Tempo de recorrência em (anos)
Drenagem Superficial	5 a 10
Drenagem subsuperficial	10
Bueiros Tubulares	15 (como canal)
	25 (como orifício)
Bueiro Celular	25 (como canal)
	50 (como orifício)
Pontilhão	50
Ponte	100

### Coeficientes de Escoamento- C

Para cada Método Racional e Hidrograma Unitário Triangular - HUT os coeficientes de drenagem superficial ou de escoamento e o do complexo solo-vegetação foram adotados com o auxílio do quadro a seguir:

<b>Fixação do coeficiente de escoamento ( C ), para o método racional e racional corrigido, e o coeficiente do complexo solo vegetação ( CN ), para o método do hidrograma unitário triangular ( HUT )</b>							
Condições de Superfície	Drografia	Plano		Ondulado		Montanhoso	
		C	CN	C	N	C	CN
Terrenos estéreis e áreas urbanizadas	A	0,10	50	0,20	55	0,30	65
	B	0,20	55	0,30	60	0,40	70
	C	0,40	60	0,50	65	0,60	75
	D	0,60- 0,80	70	0,60- 0,90	75	0,60- 1,00	80
Cerrados, pastagens e matas ralas	A	0,20	45	0,30	50	0,40	60
	B	0,25	50	0,35	55	0,45	65
	C	0,30	60	0,40	60	0,50	70
	D	0,40	65	0,50	70	0,60	75
Culturas e pastagens terraceadas	A	0,10	35	0,30	45	0,40	50
	B	0,20	40	0,35	50	0,45	55
	C	0,30	50	0,40	60	0,50	60
	D	0,40	60	0,50	65	0,60	70
Culturas terraceadas	A	0,10	30	0,20	40	0,30	50
	B	0,15	40	0,30	50	0,40	55
	C	0,20	50	0,40	55	0,50	60
	D	0,40	60	0,50	65	0,60	70
A = Superfície muito permeável ("LOESS" em camadas espessas);		C = Superfície semi-permeável (Solos Siltosos e Argilosos); e					
B = Superfície permeável ("LOESS" em camadas rasas e areias);		D = Superfície pouco permeável (Solos com argilas expansivas e pavimentos).					

A área de intervenção, de acordo com a poligonal de projeto, envolve uma faixa territorial urbana sendo então adotado o coeficiente c de 0,75.

### **Tempo de Concentração - Tc**

É definido como sendo o tempo necessário para que a área de drenagem passe a contribuir para a vazão na seção estudada. De uma maneira geral, o tempo de concentração de uma bacia qualquer depende de vários parâmetros tais como:

- Área da bacia e sua forma;
- Comprimento e declividade do canal mais longo (principal);
- Tipo, recobrimento vegetal, uso da terra, etc.

Segundo estudos, as características que influem principalmente no tempo de concentração são as três citadas acima.

Para o cálculo do tempo de concentração adotou-se a fórmula de Kirpich (segundo recomendações das especificações técnicas para estudos hidrológicos, do DNIT):

$$T_c = 0,39 (L^2/S)^{0,385}$$

Onde:

- Tc - Tempo de concentração em horas;
- L- Comprimento do talvegue em km e;
- S- Declividade média ponderada do talvegue em %.

### **Metodologia de Cálculo**

As avaliações das vazões de projeto para as bacias cujas áreas drenadas são inferiores aos 10 km<sup>2</sup> foram feitas mediante o emprego do Método Racional, sendo utilizado o coeficiente de dispersão (ou de distribuição) sempre que essas áreas superarem 1 km.

O trecho em estudo desenvolve-se num segmento da BR-324/BA, principal via de ligação entre a capital baiana e o interior do estado, não sendo constatados atualmente problemas de drenagem relevantes, desta forma foram evitadas grandes intervenções no sistema existente.

#### ➤ Método Racional

Os limites de aplicação do chamado Método Racional, segundo os hidrólogos, são muito variáveis. Adotou-se o seguinte procedimento:

Para o cálculo das vazões afluentes em bacias hidrográficas com áreas até 10 km<sup>2</sup>, adotou-se o Método Racional e para o cálculo de descarga de pico, acredita-se na fórmula:

$$Q_p = 0,278 \times C \times I \times A_d,$$

Onde:

- $Q_p$  = Descarga do projeto ou pico de vazão, em m<sup>3</sup>/s;
- $C$  = Coeficiente adimensional de deflúvio ou escoamento Superficial; e
- $I$  = Intensidade de precipitação, sobre toda a área drenada, dada pela relação:

$$I = \frac{P}{T_c}, \text{ em mm/h}$$

Onde:

- $P$  = altura de chuva para o tempo de concentração (mm); e
- $T_c$  = tempo de concentração, em horas, calculado pela fórmula do Kirpich:

$$T_c = 0,39 (L^2/S)^{0,385}$$

Sendo:

- $T_c$  = tempo de concentração em horas;
- $L$  = comprimento do talvegue em km;
- $S$  = declividade média ponderada do talvegue em %;
- $A_d$  = área da bacia, em km<sup>2</sup>.

### Coeficiente de distribuição

Para corrigir os efeitos da distribuição das chuvas nas bacias hidrográficas, consideradas uniformes no método Racional, principalmente em bacias de médio porte com áreas superiores a 1 km<sup>2</sup>, são introduzidos coeficientes redutores das chuvas de pontas designados coeficientes ou fatores de distribuição.

O mais comum destes fatores, normalmente utilizado em projetos rodoviários é dado por:

$$n = A^{-0,10}, \text{ onde}$$

- $A$  = área da bacia, em Km<sup>2</sup>.

Para o pré dimensionamento dos bueiros foi utilizada a tabela a seguir do Manual de Drenagem de Rodovias do DNIT, onde apresenta as vazões calculadas para os bueiros celulares funcionando como canal no regime crítico.

TIPO	BASE X ALTURA (mxm)	ÁREA MOLHADA CRÍTICA (m <sup>2</sup> )	VAZÃO CRÍTICA (m <sup>3</sup> /s)	VELOCIDADE CRÍTICA (m/s)	DECLIVIDADE CRÍTICA (%)
BSCC	1,0 x 1,0	0,67	1,71	2,56	0,78
BSCC	1,5 x 1,5	1,50	4,70	3,14	0,68
BSCC	2,0 x 1,5	2,00	6,26	3,14	0,56
BSCC	2,0 x 2,0	2,67	9,64	3,62	0,62
BSCC	2,0 x 2,5	3,33	13,48	4,05	0,69
BSCC	2,0 x 3,0	4,00	17,72	4,43	0,76
BSCC	2,5 x 2,5	4,17	16,85	4,05	0,58
BSCC	3,0 x 1,5	3,00	9,40	3,14	0,44
BSCC	3,0 x 2,0	4,00	14,47	3,62	0,47
BSCC	3,0 x 2,5	5,00	20,22	4,05	0,51
BSCC	3,0 x 3,0	6,00	26,58	4,43	0,54
BDCC	2,0 x 1,5	4,00	12,53	3,14	0,56
BDCC	2,0 x 2,0	5,33	19,29	3,62	0,62
BDCC	2,0 x 2,5	6,67	26,96	4,05	0,69
BDCC	2,0 x 3,0	8,00	35,44	4,43	0,76
BDCC	2,5 x 2,5	8,33	33,70	4,05	0,58
BDCC	3,0 x 1,5	6,00	17,79	3,14	0,44
BDCC	3,0 x 2,0	8,00	28,93	3,62	0,47
BDCC	3,0 x 2,5	10,00	40,44	4,05	0,51
BDCC	3,0 x 3,0	12,00	53,16	4,43	0,54
BTCC	2,0 x 2,0	8,00	28,93	3,62	0,62
BTCC	2,0 x 2,5	10,00	40,44	4,05	0,69
BTCC	2,5 x 2,5	12,50	50,55	4,05	0,58
BTCC	3,0 x 2,0	12,00	43,40	3,63	0,47
BTCC	3,0 x 2,5	15,00	60,66	4,05	0,51
BTCC	3,0 x 3,0	18,00	79,73	4,43	0,54

**Tabela 1 - Vazão, velocidade e declividade crítica de bueiros celulares de concreto trabalhando como canal**

A seguir são apresentados os dados das bacias de contribuição, as vazões de projeto e o mapa de bacias.

**RELAÇÃO DE VAZÕES E DE OBRAS DAS MAIORES BACIAS CONTRIBUINTES**

Bacia	Localização Estaca	Área (ha)	Área (m <sup>2</sup> )	Área (km <sup>2</sup> )	Comprimento do Talvegue (km)	COTA MAIOR (m)	COTA MENOR (m)	Desnível (m)	Declividade m/km	Declividade média (%)	Tc (hora)	C	Vazão de Projeto Q (m <sup>3</sup> /s)	Método de cálculo
1	TERMINAL DE PASSAGEIROS	62,742	627.417,14	0,63	1,480	102,00	65,00	37,00	25,00	2,5000	0,37	0,80	19,60	Método racional

MÉTODO RACIONAL

Linha: Linha 1  
 Trecho: Lapa - Águas Claras  
 Subtrecho: Tremo 3/Pirajá - Águas Claras

Nº Bacia	Localização Estaca	Área (ha)	H (m)	L (km)	S (m/km)	Tc (hora)	Tc (Min)	C	n	PRECIPITAÇÃO (cm)			INTENSIDADE DE CHUVA (cm/h)			DESCARGA (m³/s)			OBRA PROJETADA COMO CANAL
										P <sub>15</sub>	P <sub>25</sub>	P <sub>50</sub>	I <sub>15</sub>	I <sub>25</sub>	I <sub>50</sub>	Q <sub>15</sub>	Q <sub>25</sub>	Q <sub>50</sub>	
1	TERMINAL DE PASSAGEIROS	62,74	37,00	1,4803	24,995	0,37	22,24	0,80	1,00	4,75	5,21	5,80	12,81	14,06	58,05	17,86	19,60	80,94	BDCC 2.0 x 2,0 m

Parâmetros adotados:

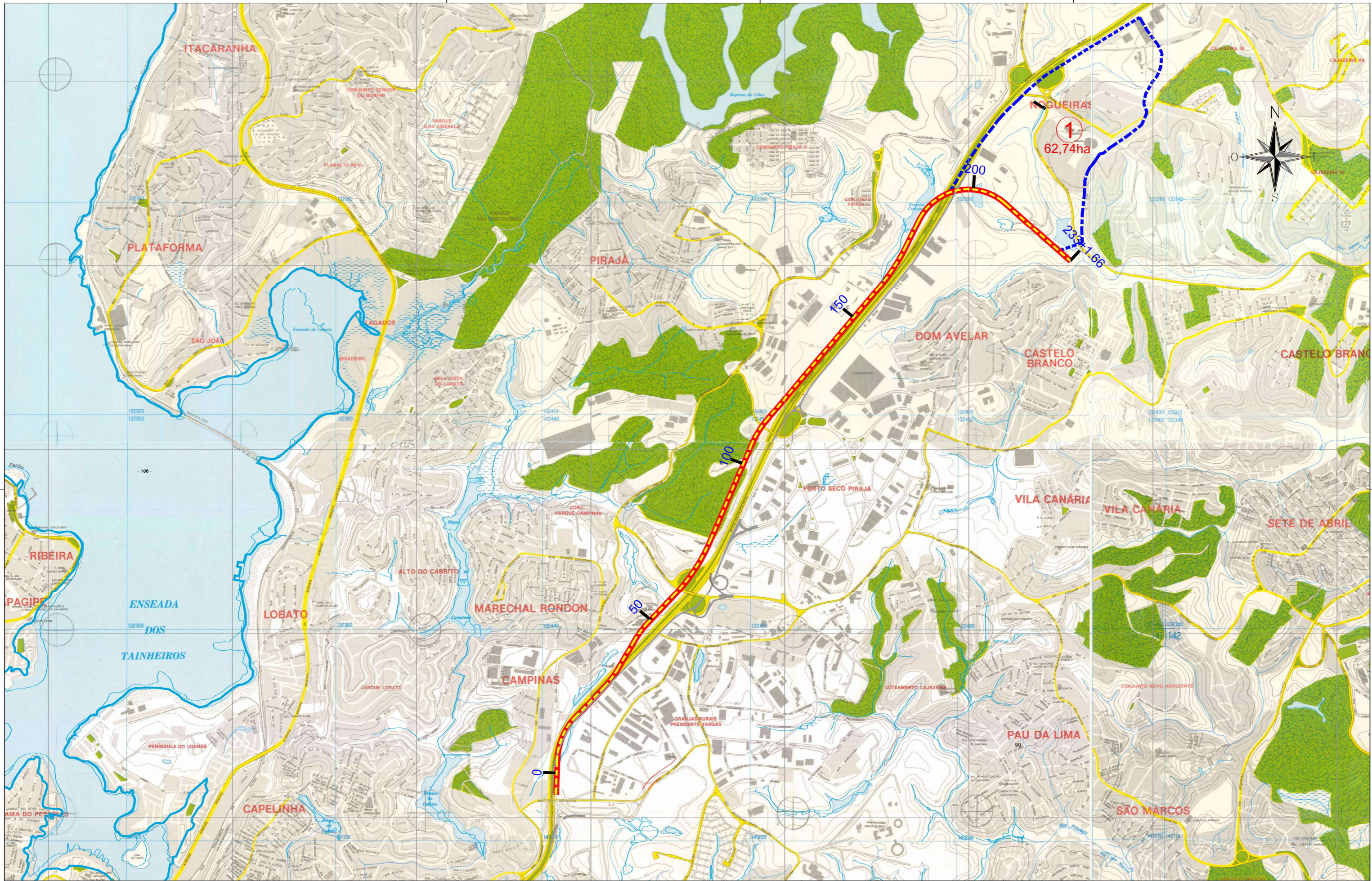
H = Desnível da bacia (m)  
 L = Comprimento do talvegue (km)  
 S = Declividade da bacia (m/km)  
 Tc = Tempo de concentração da bacia  
 S(%) = Declividade média da bacia em percentual (%)  
 n = Coeficiente de distribuição  
 n = A<sup>-0,10</sup>

Fórmula: 
$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A \cdot n}{36}$$

onde:

Q = Vazão da bacia para 15, 25 e 50 anos (m³/s)  
 C = Coeficiente de escoamento da bacia  
 I = Intensidade de chuva para 15, 25 e 50 anos (cm/h)  
 A = Área da bacia (ha)

O bueiro duplo celular (BDCC 2,0 m x 2,0 m) deverá ser implantado apoiado no aterro devidamente compactado que será executado para implantação do terminal de passageiros.



NOTAS

1- COTAS EM CENTÍMETRO, ELEVAÇÕES E COORDENADAS EM METRO

LEGENDA:

— EIXO DE PROJETO

--- LIMITE DAS BACIAS

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

243.01-00-AP-DE-101-001 A0 018

REV. T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	DATA
0	A EMISSÃO INICIAL	ELVIS N.	DIRLA C.	DANIELA M.	TRISSO M.	03/10/2018
REVISÕES						
(A) PRELIMINAR	(C) PARA CONHECIMENTO	(E) PARA CONSTRUÇÃO	(G) CONFORME CONSTRUÇÃO	(I) CANCELADO		
(B) PARA APROVAÇÃO	(D) PARA COTAÇÃO	(F) CONFORME COTAÇÃO	(H) CANCELADO	(J) CANCELADO		





SISTEMA METROVIÁRIO DE SALVADOR E LAURO DE FREITAS - SMSL

ANTEPROJETO DO METRÔ (VIA EXCLUSIVA E PERMANENTE)

ANTEPROJETO MAPA DE BACIAS (PLANTA)

ESCALA 1:15.000

Nº PROJETAISTA 243.01-00-AP-DE-H01-001

DATA:

FOLHA R3

### 5.9.2 - Drenagem Rodoviária

A concepção, localização e distribuição dos dispositivos de drenagem da via exclusiva de acesso as garagens e do terminal de passageiros acompanham a configuração geométrica de terraplenagem e de pavimentação da seção, buscando proteger a infraestrutura viária, taludes de cortes e aterros os quais foram definidos pelo arranjo do sistema viário projetado.

A área de intervenção em questão foi inspecionada do início ao fim e nesta oportunidade foram levantados dados e registros relacionados à drenagem, avaliadas as condições do local e realizadas as observações de campo.

O cadastro das obras de arte e dispositivos superficiais realizado no levantamento topográfico teve a finalidade de reunir os dados de localização, dimensões, condições de funcionamento e o estado de conservação que subsidiaram o projeto de drenagem.

O sistema de drenagem pluvial na sua concepção de projeto, arranjo funcional e distribuição espacial, ficou condicionado às condições urbanas pré-existentes e às peculiaridades do sítio da obra.

Os elementos principais da microdrenagem são compostos pelos dispositivos: meios-fios, entradas e descidas d'água, dissipadores, sarjetas, valetas, bocas-de-lobo simples, caixas coletoras e galerias de águas pluviais.

Os elementos que compõem a microdrenagem deste projeto são os seguintes:

- Meio-Fio (MFC): são estruturas de concreto localizado entre o passeio e a pista de rolamento, foram projetados meios-fios com e sem linha d'água;
- Sarjetas: devem localizar-se em todos os cortes, sendo construídas à margem dos acostamentos e banquetas ou bermas terminando em pontos de saída convenientes.
- Entrada e descida d'água: complemento para o sistema de deságue das sarjetas e meio fios.
- Valeta de proteção: onde o terreno apresenta inclinação no sentido do corpo estradal foram projetadas valetas de proteção trapezoidais.
- Dissipadores de energia: são dispositivos destinados a dissipar energia do fluxo d'água, reduzindo consequentemente sua velocidade.
- Bocas-de-lobo simples (BLS): caixas coletoras em alvenaria de bloco de concreto, a serem executadas junto aos meios-fios;
- Caixa coletora (CC): Caixa de concreto com grelha de concreto para coletar as águas provenientes das valetas e sarjetas.
- Galerias: Canalizações destinadas a receber as águas pluviais captadas na superfície e encaminhá-las ao seu destino final.

Após avaliação hidráulica destes dispositivos em relação às várias situações em que os mesmos se encontram inseridos, foram adotados os projetos-tipo constantes do Álbum de Projetos - Tipos de Dispositivos de Drenagem – DNIT IPR-736.

### Dimensionamento

O estudo do dimensionamento dos dispositivos de drenagem superficial constitui na determinação da máxima extensão admissível a qual não ocorra transbordamento da mesma ou atinja uma largura de inundação permitida. Esta extensão está condicionada a capacidade máxima de vazão da seção em análise. Para isto levou-se em consideração o tipo da obra e sua declividade de instalação.

No dimensionamento hidráulico das sarjetas e valetas utilizou-se para cálculos a fórmula de Manning:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{I} < V_c$$

, onde:

- V = velocidade do escoamento em m/s;
- n = coeficiente de rugosidade de Manning;
- R = raio hidráulico, em m. (A = área molhada, em m<sup>2</sup>; P = perímetro molhado, em m);

$$R = \frac{A}{P}$$

- I = declividade máxima admissível, em m/m;
- V<sub>c</sub> = velocidade máxima admissível, em m/s.

Quadro 01

<b>Coeficiente de Manning</b>	
<b>MATERIAL</b>	<b>n</b>
Concreto liso	0,010
Concreto rústico	0,015
Aço corrugado	0,015
Pedra arrumada ou rip-rap	0,022
Canais regulares em terra	0,020
Canais irregulares em terra	0,033
Superfícies gramadas	0,030

Utilizou-se, também, a equação da continuidade: Q = A x V, onde: A = área da seção molhada do canal em m<sup>2</sup>, e V = velocidade do escoamento em m/s. Combinando-se a fórmula de Manning com a equação da continuidade, tem-se:

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times R^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{I}$$

A vazão de contribuição foi determinada através da fórmula do método racional:

$$Q_0 = \frac{C \times I \times Ad}{360} \quad ; \text{ onde:}$$

- $Q_0$  = Vazão em metros cúbicos por segundo;
- $I$  = intensidade de precipitação em mm/h para um período de recorrência de 10 anos e tempo de concentração de 6 min.;
- $Ad$  = área de contribuição, sendo considerada a largura média de contribuição (Impluvium) e a extensão do dispositivo, em hectares; e
- $C$  = coeficiente de escoamento superficial (runoff).

A área de contribuição pode ser formada por superfícies de diferentes coeficientes de escoamento superficial. Neste caso, o valor do coeficiente de escoamento final foi determinado pela média ponderada dos valores de coeficientes de escoamento adotados, usando como peso, as respectivas larguras dos implúvios. Logo:

$$c = \frac{L_1 \times c_1 + L_2 \times c_2 + \dots + L_n \times c_n}{\sum_1^n L}$$

sendo:

- $L_1$  = faixa da plataforma da rodovia que contribui para o dispositivo considerado;
- $L_2$  = largura de canteiro com vegetação;
- $L_3$  = largura de passeio;
- $C_1$  = coeficiente de escoamento superficial da plataforma da rodovia;
- $C_2$  = coeficiente de escoamento superficial de canteiros;
- $C_3$  = coeficiente de escoamento superficial dos passeios.

Determinação da capacidade de vazão dos dispositivos pela fórmula de Manning, associada à equação da continuidade.

$$V = \frac{R^{2/3} \times I^{1/2}}{n} \quad \text{e } Q = AV \quad \text{sendo :}$$

- $V$  = velocidade de escoamento da água, em m/s;

- R = raio hidráulico, em m;
- I = declividade longitudinal do dispositivo, em m/m;
- N = coeficiente de rugosidade de Manning, considerado como sendo igual a 0,017 (dispositivo revestido em concreto);
- Q = vazão máxima permissível, em m<sup>3</sup>/s;
- A = área da seção molhada, em m<sup>2</sup>.

Procedimentos:

Igualando-se a equação proposta pelo Método Racional e a fórmula de Manning, e considerando a área de implúvio como sendo igual a  $A = L \times d$ , tem-se:

$$\frac{c \times i \times L \times d}{36 \times 10^4} = \frac{A \times R^{2/3} \times I^{1/2}}{n} \quad \therefore$$

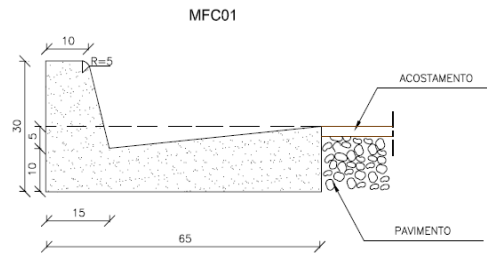
$$d = 36 \times 10^4 \times \frac{A \times R^{2/3} \times I^{1/2}}{c \times i \times L \times n}$$

- Na equação acima, os valores de A, R e n são conhecidos, conforme a seção escolhida; os valores de c, i e L, são conhecidos, em função da chuva de projeto, dos tipos de superfícies e das características geométricas da rodovia. A única variável existente é a declividade longitudinal (I);

- Determina-se o comprimento crítico e estabelece-se a velocidade de escoamento para este comprimento. Esta velocidade deve ser condicionada à velocidade limite de erosão do material utilizado no revestimento adotado para o dispositivo.

O dimensionamento do comprimento crítico utilizando a fórmula de Manning e equação da continuidade está sendo apresentado a seguir.

<b>TIPO DE DISPOSITIVO:</b>	Meio-fio tipo MF-01 do DNIT	<b>NOTA:</b> 0,50 metro da largura do acostamento
<b>TIPO DE REVESTIMENTO:</b>	Concreto sem acabamento (n= 0,017)	foi considerado como sendo a largura
<b>SITUAÇÃO DA PLATAFORMA:</b>	Pista tangente	do meio-fio para drenagem da pista.
<b>VERIFICAÇÃO DA NECESSIDADE DO DISPOSITIVO</b>		
Condição para utilização de meios-fios	$V_{ebp} > V_e$	
$V_{ebp}$ (velocidade de erosão na borda da plataforma)	0,642	
$V_e$ (velocidade de erosão do material do aterro -tabela)		
I (declividade da reta de maior declive)	5,000	
K (coeficiente de rugosidade de Strickler)	58,82	
c (coeficiente de escoamento superficial)	0,80	
i (intensidade de chuva)	16,89	
L (largura do implúvio)	3,50	
$\alpha$ (declividade transversal da plataforma)	3,00	

**SEÇÃO TIPO**


<b>DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DE CONTRIBUIÇÃO</b>			
Cálculo do coeficiente de escoamento superficial			
C1 (coeficiente de escoamento superficial da plataforma)	0,80	L1 (largura da plataforma)	3,50
C2 (coeficiente de escoamento superficial do talude)	0,00	L2 (largura da projeção horizontal do talude)	0,00
C3 (coeficiente de escoamento superficial do ter. natural)	0,00	L3 (largura do terreno natural)	0,00
C (coeficiente de escoamento superficial adotado)	0,80	L (largura do implúvio)	3,50
i (intensidade de chuva para TR=10anos e tc=6 minutos)	16,89		
A área da contribuição = (L1 + L2 +L3) *d (extensão)	3,5 d		
Qp (Vazão de contribuição)	0,00013 d		

<b>CAPACIDADE DE VAZÃO DO DISPOSITIVO</b>			
A (área da seção de vazão do dispositivo)	0,025		
P (perímetro molhado da seção de vazão do dispositivo)	1,085		
R (raio hidráulico da seção de vazão do dispositivo)	0,02	$R^{2/3} = 0,07$	
n (coeficiente de rugosidade de Manning)	0,017		
I (declividade longitudinal do local de instalação)	variável		
Qc (Capacidade de vazão)	$0,102 I^{1/2}$		

Fazendo  $Q_p = Q_c$ , tem-se  $d = 785 I^{1/2}$

<b>DETERMINAÇÃO DO COMPRIMENTO CRÍTICO (d) E DA VELOCIDADE DE ESCOAMENTO (V)</b>																	
I	0,1	0,2	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5
$I^{1/2}$	0,03	0,04	0,07	0,1	0,12	0,14	0,16	0,17	0,19	0,2	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27
d	24	31	55	79	94	110	126	133	149	157	165	173	181	188	196	204	212
V	0,12	0,16	0,29	0,41	0,49	0,58	0,66	0,70	0,78	0,82	0,86	0,91	0,95	0,99	1,03	1,07	1,11

**ESTUDO DE CAPACIDADE HIDRÁULICA  
MEIO-FIO TIPO MFC-01**

**TIPO DE DISPOSITIVO:** Meio-fio tipo MF-05 do DNIT

**TIPO DE REVESTIMENTO:** CBUQ (n= 0,016)

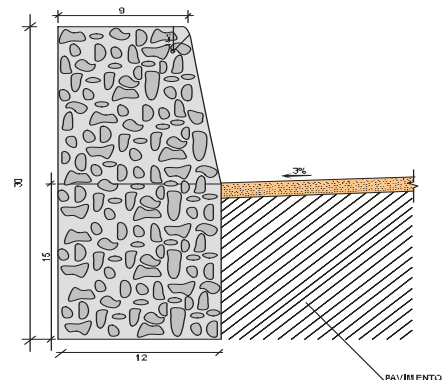
**SITUAÇÃO DA PLATAFORMA:** Pista em tangente

**VERIFICAÇÃO DA NECESSIDADE DO DISPOSITIVO**

Condição para utilização de meios-fios	$V_{ebp} > V_e$
$V_{ebp}$ (velocidade de erosão na borda da plataforma)	0,510
$V_e$ (velocidade de erosão do material do aterro -tabela)	
I (declividade da reta de maior declive)	3,415
K (coeficiente de rugosidade de Strickler)	62,50
c (coeficiente de escoamento superficial)	0,80
i (intensidade de chuva)	16,89
L (largura do implúvio)	3,50
$\alpha$ (declividade transversal da plataforma)	3,00
$\beta$ (declividade longitudinal da rodovia)	

**NOTA:** 1,00 metro da largura do acostamento foi considerado como sendo a largura do meio-fio para drenagem da pista.

**SEÇÃO TIPO**



**DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DE CONTRIBUIÇÃO**

Cálculo do coeficiente de escoamento superficial

C1 (coeficiente de escoamento superficial da plataforma)	0,80	L1 (largura da plataforma)	3,50
C2 (coeficiente de escoamento superficial do talude)	0,00	L2 (largura da projeção horizontal do talude)	0,00
C3 (coeficiente de escoamento superficial do ter. natural)	0,00	L3 (largura do terreno natural)	0,00
C (coeficiente de escoamento superficial adotado)	0,80	L (largura do implúvio)	3,50
i (intensidade de chuva para TR=10anos e tc=6 minutos)	16,89		
A área da contribuição = (L1 + L2 +L3) *d (extensão)	3,5 d		
Qp (Vazão de contribuição)	0,00013 d		

**CAPACIDADE DE VAZÃO DO DISPOSITIVO**

A (área da seção de vazão do dispositivo)	0,015	
P (perímetro molhado da seção de vazão do dispositivo)	1,031	
R (raio hidráulico da seção de vazão do dispositivo)	0,01	$R^{2/3} = 0,05$
n (coeficiente de rugosidade de Manning)	0,016	
I (declividade longitudinal do local de instalação)	variável	
Qc (Capacidade de vazão)	$0,047 I^{1/2}$	

Fazendo  $Q_p = Q_c$ , tem-se  $d = 363 I^{1/2}$

**DETERMINAÇÃO DO COMPRIMENTO CRÍTICO (d) E DA VELOCIDADE DE ESCOAMENTO (V)**

I	0,1	0,2	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5
$I^{1/2}$	0,03	0,04	0,07	0,1	0,12	0,14	0,16	0,17	0,19	0,2	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27
d	11	15	25	36	44	51	58	62	69	73	76	80	83	87	91	94	98
V	0,09	0,13	0,22	0,31	0,38	0,44	0,50	0,53	0,59	0,63	0,66	0,69	0,72	0,75	0,78	0,81	0,84

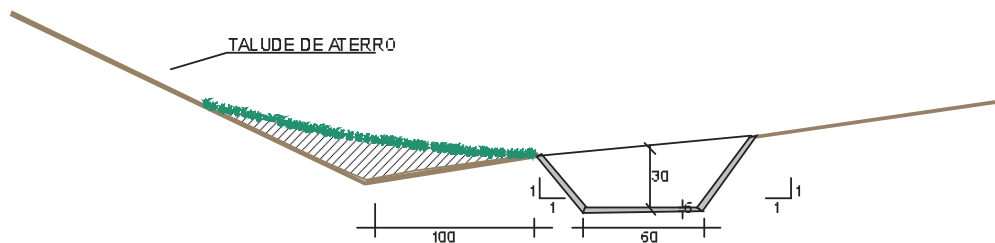
**ESTUDO DE CAPACIDADE HIDRÁULICA  
MEIO-FIO TIPO MFC-05**

**TIPO DE DISPOSITIVO:** Valeta de Proteção em Aterro Tipo VPA-04 do DNIT

**TIPO DE REVESTIMENTO:** Concreto sem acabamento ( $n = 0,017$ )

**SITUAÇÃO DA PLATAFORMA:** Pista em curva e tangente

**SEÇÃO TIPO**



**DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DE CONTRIBUIÇÃO**

Cálculo do coeficiente de escoamento superficial

C1 (coeficiente de escoamento superficial da plataforma)	0,80	L1 (largura da plataforma)	7,00
C2 (coeficiente de escoamento superficial do talude)	0,50	L2 (largura da projeção horizontal do talude)	12,00
C3 (coeficiente de escoamento superficial do ter. natural)	0,40	L3 (largura do terreno natural)	30,00
C (coeficiente de escoamento superficial adotado)	0,48	L (total)	49,00
i (intensidade de chuva para TR=10anos e tc=6 minutos)	16,89		
A área da contribuição = $(L1 + L2 + L3) * d$ (extensão)	49 d		
Qp (Vazão de contribuição)	0,00110 d		

**CAPACIDADE DE VAZÃO DO DISPOSITIVO**

A (área da seção de vazão do dispositivo)	0,27	
P (perímetro molhado da seção de vazão do dispositivo)	1,449	
R (raio hidráulico da seção de vazão do dispositivo)	0,19	$R^{2/3} = 0,33$
n (coeficiente de rugosidade de Manning)	0,017	
I (declividade longitudinal do local de instalação)	variável	
Qc (Capacidade de vazão)	$5,24 I^{1/2}$	

Fazendo  $Q_p = Q_c$ , tem-se  $d = 4764 I^{1/2}$

**DETERMINAÇÃO DO COMPRIMENTO CRÍTICO (d) E DA VELOCIDADE DE ESCOAMENTO (V)**

I	0,1	0,2	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5
$I^{1/2}$	0,03	0,04	0,07	0,1	0,12	0,14	0,16	0,17	0,19	0,2	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27
d	143	191	333	476	572	667	762	810	905	953	1000	1048	1096	1143	1191	1239	1286
V	0,58	0,78	1,36	1,94	2,33	2,72	3,11	3,3	3,69	3,88	4,08	4,27	4,46	4,66	4,85	5,05	5,24

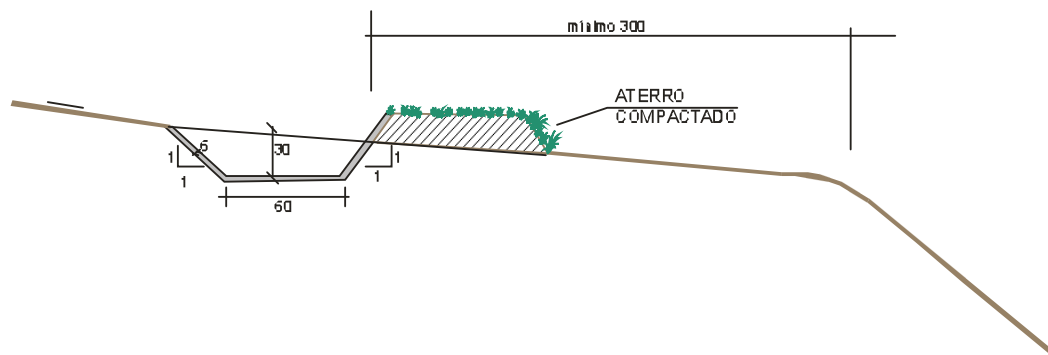
**ESTUDO DE CAPACIDADE HIDRÁULICA  
VALETA DE PROTEÇÃO DE ATERRÃO TIPO VPA-04**

**TIPO DE DISPOSITIVO:** Valeta de Proteção em Corte Tipo VPC-04 do DNIT

**TIPO DE REVESTIMENTO:** Concreto sem acabamento (n = 0,017)

**SITUAÇÃO DA PLATAFORMA:** Pista em curva e tangente

**SEÇÃO TIPO**



**DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DE CONTRIBUIÇÃO**

Cálculo do coeficiente de escoamento superficial

C1 (coeficiente de escoamento superficial da plataforma)	0,00	L1 (largura da plataforma)	0,00
C2 (coeficiente de escoamento superficial do talude)	0,00	L2 (largura da projeção horizontal do talude)	0,00
C3 (coeficiente de escoamento superficial do ter. natural)	0,40	L3 (largura do terreno natural)	20,00
C (coeficiente de escoamento superficial adotado)	0,40	L (total)	20,00

i (intensidade de chuva para TR=10anos e tc=6 minutos) 16,89

A área da contribuição = (L1 + L2 +L3) \*d (extensão) 20 d

Qp (Vazão de contribuição) 0,00038 d

**CAPACIDADE DE VAZÃO DO DISPOSITIVO**

A (área da seção de vazão do dispositivo) 0,27

P (perímetro molhado da seção de vazão do dispositivo) 1,449

R (raio hidráulico da seção de vazão do dispositivo) 0,19  $R^{2/3} = 0,33$

n (coeficiente de rugosidade de Manning) 0,017

I (declividade longitudinal do local de instalação) variável

Qc (Capacidade de vazão) 5,24 I<sup>1/2</sup>

Fazendo Qp = Qc, tem-se d = 13789 I<sup>1/2</sup>

**DETERMINAÇÃO DO COMPRIMENTO CRÍTICO (d) E DA VELOCIDADE DE ESCOAMENTO (V)**

I	0,1	0,2	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5
I <sup>1/2</sup>	0,03	0,04	0,07	0,1	0,12	0,14	0,16	0,17	0,19	0,2	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27
d	414	552	965	1379	1655	1930	2206	2344	2620	2758	2896	3034	3171	3309	3447	3585	3723
V	0,58	0,78	1,36	1,94	2,33	2,72	3,11	3,3	3,69	3,88	4,08	4,27	4,46	4,66	4,85	5,05	5,24

**ESTUDO DE CAPACIDADE HIDRÁULICA  
VALETA DE PROTEÇÃO DE CORTE TIPO VPC-04**

5.9.3 - Drenagem Metro Ferroviária

Os elementos principais da drenagem ferroviária são compostos por canaletas de concreto, caixas coletoras de canaleta, ralos com grelha para OAE, sarjetas, valetas e galerias que foram dimensionados para o escoamento de águas pluviais.

Os elementos que compõem a microdrenagem deste projeto são os seguintes:

- Canaletas de concreto: canalizações em concreto, onde drenará todo escoamento proveniente da plataforma do metrô;
- Caixa coletora de canaleta (CCC): caixas em alvenaria de bloco de concreto, com tampão externo para inspeção, onde coletará toda água das canaletas presentes na plataforma do metrô;
- Caixa coletora (CC): Caixa de concreto com grelha de concreto para coletar as águas provenientes das valetas e sarjetas;
- Sarjetas: drenará as banquetas ou bermas terminando em pontos de saída convenientes.
- Valeta de proteção: onde o terreno apresenta inclinação no sentido da via permanente foram projetadas valetas de proteção trapezoidais.
- Galerias: Canalizações destinadas a receber as águas pluviais captadas na superfície e encaminhá-las ao seu destino final.
- Ralos com grelha para OAE: conectados a tubos de queda com o objetivo de coletar as águas pluviais da plataforma elevada do metrô.

### **Dimensionamento Hidráulico das Canaletas:**

Para o dimensionamento das canaletas, a metodologia proposta baseou-se na teoria do escoamento crítico, na qual, a energia específica mínima é tomada como sendo igual à altura da calha.

Entre os regimes de fluxos possíveis de ocorrer (crítico, rápido e subcrítico), optou-se pela adoção do fluxo crítico.

No dimensionamento hidráulico utilizaram-se as seguintes equações:

### **Equação de Manning**

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{I} < V_c ,$$

onde:

- $V$  = velocidade de escoamento (m/s);
- $n$  = coeficiente de rugosidade de Manning, igual a 0,017 para o concreto;
- $R$  = raio hidráulico da seção molhada (m);
- $I$  = declividade máxima admissível (m/m);
- $V_c$  = velocidade máxima admissível (m/s).

A declividade foi definida com base nos condicionantes altimétricos da bacia. Tanto a geometria da seção (trapezoidal) quanto a relação entre as suas dimensões (base maior, base menor e altura) foram estabelecidas em função das características do local. De fato, existem limitações com relação à largura da calha, que não pode ser grande para não impactar na largura da seção via permanente.

### Equação da continuidade

$$Q = A \cdot V$$

onde:

- $Q$  = vazão (m<sup>3</sup>/s);
- $A$  = área da seção molhada (m<sup>2</sup>);
- $V$  = velocidade de escoamento (m/s).

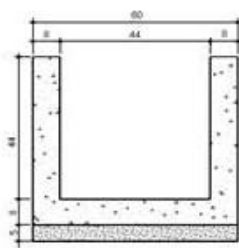
Combinando estas equações, pode-se calcular a capacidade hidráulica do canal, empregando a seguinte equação:

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times R^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{I}$$

sendo:

- $Q$  = vazão de contribuição (m<sup>3</sup>/s);
- $A$  = área de escoamento na seção transversal (m<sup>2</sup>);
- $I$  = declividade da tubulação (m/m);
- $R$  = raio hidráulico (m);
- $n$  = coeficiente de Manning (depende do material).

De posse das vazões de contribuição das bacias, foi possível calcular as seções transversais dos canais, sendo escolhida a seção retangular, conforme a seguir:

TIPO DE DISPOSITIVO:	Canaleta em concreto																
TIPO DE REVESTIMENTO:	Concreto sem acabamento (n= 0,017)																
SITUAÇÃO DA PLATAFORMA:	Plataforma do metrô																
SEÇÃO TIPO																	
<b>DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DE CONTRIBUIÇÃO</b>																	
Cálculo do coeficiente de escoamento superficial																	
C1 (coeficiente de escoamento superficial da plataforma)	0.80	L1 (largura da plataforma)	5.40														
C2 (coeficiente de escoamento superficial do talude)	0.00	L2 (largura da projeção horizontal do talude)	0.00														
C3 (coeficiente de escoamento superficial do ter. natural)	0.00	L3 (largura do terreno natural)	0.00														
C (coeficiente de escoamento superficial adotado)	0.80	L (total)	5.40														
i (intensidade de chuva para TR=10anos e tc=6 minutos)	16.89																
A (área da contribuição = (L1 + L2 + L3) * d (extensão))	5 d																
Qp (Vazão de contribuição)	0.00020 d																
<b>CAPACIDADE DE VAZÃO DO DISPOSITIVO</b>																	
A (área da seção de vazão do dispositivo)	0.19																
P (perímetro molhado da seção de vazão do dispositivo)	1.32																
R (raio hidráulico da seção de vazão do dispositivo)	0.15	R <sup>2/3</sup> = 0.28															
n (coeficiente de rugosidade de Manning)	0.02																
I (declividade longitudinal do local de instalação)	variável																
Qc (Capacidade de vazão)	3.19 I <sup>1/2</sup>																
Fazendo Qp = Qc, tem-se d = 15950 I <sup>1/2</sup>																	
<b>DETERMINAÇÃO DO COMPRIMENTO CRÍTICO (d) E DA VELOCIDADE DE ESCOAMENTO (V)</b>																	
I	0.1	0.1	0.2	0.3	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
I <sup>1/2</sup>	0.03	0.04	0.05	0.06	0.1	0.12	0.14	0.16	0.17	0.19	0.2	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26
d	479	638	798	957	1595	1914	2233	2552	2712	3031	3190	3350	3509	3669	3828	3988	4147
V	0.49	0.66	0.82	0.99	1.65	1.98	2.31	2.64	2.80	3.13	3.29	3.46	3.62	3.79	3.95	4.12	4.28
<b>ESTUDO DE CAPACIDADE HIDRÁULICA</b>																	
CANALETA EM CONCRETO																	
<b>DR - 05</b>																	

### Dimensionamento Hidráulico dos ralos para OAE:

Nas plataformas elevadas do metrô estão previstos ralos em forma retangular nas dimensões 0,30 x 0,50 m para realizar a retirada das águas pluviais não permitindo acumulação das mesmas. Os ralos serão conectados a tubos de queda em PVC que

descerão pelos pilares da estrutura até atingir o deságue seguro em dissipadores, valetas, canais ou caixas coletoras direcionadas para galerias.

Os ralos deverão conter grelha metálica removível para facilitar a limpeza.

A Vazão de projeto foi calculada pela fórmula a seguir, conforme NBR 10844.

$$Q = \frac{I \times Ad}{60}; \text{ onde:}$$

- Q = Vazão de projeto, em L/min
- I = intensidade pluviométrica, em mm/h
- Ad = área de contribuição, em m<sup>2</sup>

Considerando a intensidade I = 168,94 mm/h, para o tempo de concentração de 6 min. e período de recorrência de 10 anos, temos:

LARGURA (m)	DISTÂNCIA ENTRE RALOS (m)	ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO (m <sup>2</sup> )	VAZÃO (L/min.)
5,5	30	165	464,59
5,5	40	220	619,45
5,5	60	330	929,17
5,5	90	495	1393,76

Utilizando a tabela a seguir, foi adotada a distância entre ralos de 30 m e tubulação de descarga de 200 mm.

	Diâmetro interno (D) (mm)	n = 0,011				n = 0,012				n = 0,013			
		0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
6	200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.190	1.670	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
7	250	2.350	3.310	4.660	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
8	300	3.820	5.380	7.590	10.800	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

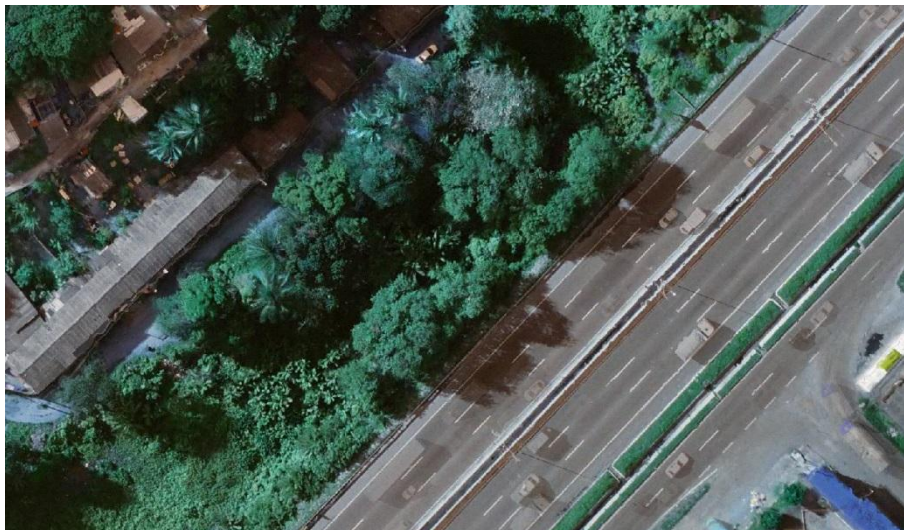
**Tabela 2 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min.). Fonte: NBR 10844 - Instalações prediais de águas pluviais**

A área onde será instalado o tramo 3 do metrô de Salvador e a via de exclusiva de acesso as garagens é urbanizada e possui poucos locais para deságue seguro do sistema de drenagem projetado, desta forma foram considerados 05 saídas de deságues principais que são cursos de águas naturais existentes no entorno do projeto.

A destinação final das contribuições do sistema de drenagem projetado está distribuída de acordo com os locais a seguir:



SAÍDA 01 – Deságue em córrego na estaca 0, lado direito da BR 324/BA.



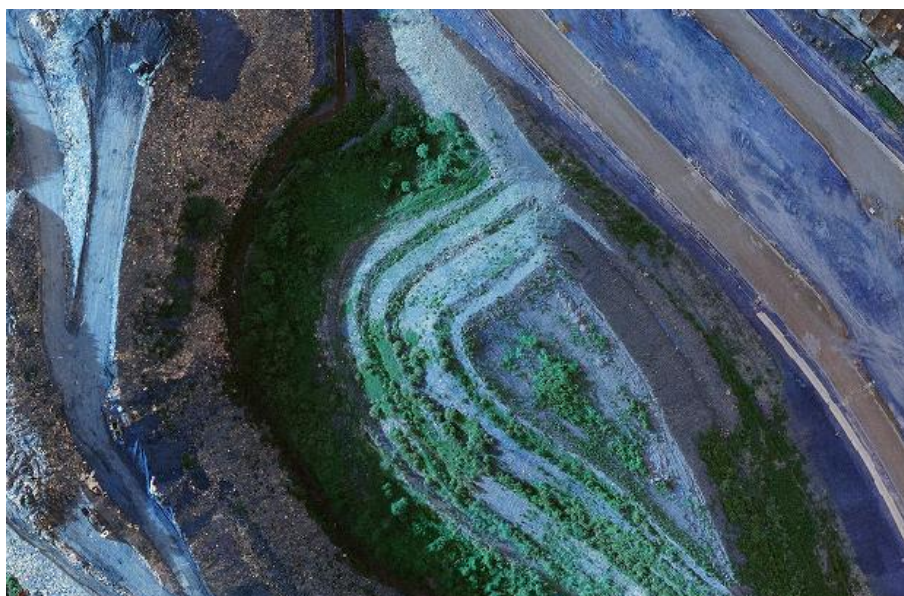
SAÍDA 02 – Deságue na Estaca 25 em córrego no lado esquerdo da BR 324/BA.



SAÍDA 03 – Terreno Natural – Curso de Água Natural. Bueiro BSTM  $\varnothing=2,0\text{m}$  sendo implantado no local de deságue.



SAÍDA 04 – Deságue em tubulação Existente - BSTM  $\varnothing=1,40\text{m}$ . Estrutura de dissipação à montante do bueiro existente



SAÍDA 05 – Deságue em curso de água perene afluente do Rio Águas Claras.

## 5.10 Anteprojeto de Iluminação e Energia

### 5.10.1 Iluminação Pública

A rede de iluminação será alimentada a partir de postes da rede aérea existente nas proximidades dos trechos em pontos a serem definidos.

Nos postes serão instalados luminárias LED Cone Led, linha UMA/CLU – M200, 167W, 22146Lm ou similar comandadas por células fotoelétricas.

A rede de iluminação será em BT, 220/127V tensão de distribuição da COELBA em Salvador e será montada em armações Presbow em postes de concreto de 9m, 400 Dn exclusivos para a iluminação.

Algumas luminárias serão fixadas diretamente sob o viaduto do SMSL não sendo necessários portanto postes para estas luminárias.

### Memória de Cálculo

As redes de iluminação das vias periféricas ao Sistema Metroviário de Salvador e Lauro de Freitas – SMSL terá a configuração:

- Passagem inferior Porto Seco 1 e Rótula.
- Terminal Águas Claras, contiguo a Estação Águas Claras

Rede trifásica, 220V, alimentando 71 luminárias

Portanto a corrente máxima na rede será:

$$I = (71 \times 167)/(380 \times 0,92) = 33,9A$$

Será padronizado com folga cordoalha de alumínio nu #4AWG na rede aérea e cabos de alumínio #16mm<sup>2</sup>, isolamento 0,6/1kV nos pequenos trechos em que for necessário implantar rede subterrânea, com 2 (dois) dutos Kanaflex Ø 50mm.

#### 5.10.2 Alimentação de Energia

O sistema de Tramo III, Linha 1, compreenderá:

- 1 subestação retificadora implantada na Estação Águas Clara para alimentação da rede aérea de tração;
- 1 Subestação auxiliar instalada conjuntamente com a subestação retificadora supra para atender as cargas demandadas pelos equipamentos da estação (elevadores, escadas rolantes, etc.);
- 1 subestação auxiliar implantada na Estação Campinas para atender as cargas demandadas pelos equipamentos da estação em questão.
- 1 cabine de seccionamento e paralelismo para equalizar o potencial da rede aérea de tração.

A Subestação Retificadora converterá/retificará a tensão alternada em tensão contínua para alimentação dos trens que será feita através de uma rede aérea em 3.000 VCC com tecnologia de catenária autocompensada.

As subestações retificadoras serão localizadas uniformemente ao longo da via para garantir que as quedas de tensão na rede de tração (3.000 VCC) fiquem dentro do limite suportável pelo material rodante.

Nos casos de saída de operação de uma subestação retificadora, sua carga será

assumida pela(s) subestação(ões) adjacente(s) sem provocar qualquer degradação na operação dos trens.

A Subestação Retificadora da Estação Águas Claras será alimentada em média tensão de 34,5kV, através de uma rede em anel alimentada por sua vez a partir da SE de 69kV no CCO.

As Subestações Auxiliares fornecerão alimentação elétrica em baixa tensão para os serviços auxiliares das estações, a partir do anel de 34,5kV e da saída dos transformadores a seco de 500kVA.

### Equipamentos principais

- **Disjuntores de 34,5kV**

Os disjuntores deverão ser projetados, construídos e ensaiados de acordo com os requisitos da norma IEC 62271-100 e IE 62271-1

Os disjuntores deverão ser a SF6 (hexafluoreto de enxofre) deverão atender as normas IEC referenciadas e também as específicas aplicáveis aos mesmos.

Os disjuntores devem ser equipados com bobina de mínima tensão contato NC e intertravamento elétrico.

Características especificadas a serem seguidas no projeto:

Tensão nominal .....34,5kV (eficaz)

Tensão máxima de operação ..... 36 kV (eficaz)

Nível básico de impulso atmosférico mínimo, 1,2x50  $\mu$ s ..170 kV (crista)

Frequência nominal.....60 Hz

Corrente nominal, não inferior a .....1250 A (eficaz)

Corrente mínima de tempo limitado, 3 seg, sob tensão nominal.....16 kA(eficaz)

Capacidade de corrente máxima suportável (crista).....31,5kA

Duração nominal da corrente de curto circuito .....3 seg

Tempo nominal total de desligamento, não superior a .....5 ciclos

Tensão de comando .....125 Vcc

Tensão do mecanismo .....125 Vcc

Ciclo de operações.....O - 0.3 sec - CO - 3 min - CO

Os disjuntores deverão interromper qualquer corrente de defeito de até 100% da capacidade de ruptura nominal (com qualquer fator de potência) bem como as correntes magnetizantes dos transformadores e as potências de energização dos cabos de 34,5 kVca compostas, no pior caso, por 3 cabos singelos de cobre com seção de 240 mm<sup>2</sup> por fase, isolados na classe de 36 kV, sem que se verifiquem

sobretensões de manobra perigosas, reigitação, arcos externos e danos.

- **Transformador para retificadores**

O transformador deverá ser de construção robusta, levando em consideração as exigências de instalação, montagem e colocação em serviço, conforme normas EN 50329/IEC 62695, Classe VI da IEC 60146.

Deverá ter centro de gravidade tal que lhes confira um bom grau de estabilidade, até uma inclinação da base, em relação ao plano horizontal, de 15 graus.

O transformador deverá resistir, sem sofrer danos, aos esforços mecânicos e elétricos ocasionados por curto-circuito externos. Deverá ser capaz de suportar os efeitos das sobre correntes resultantes de curto-circuito nos terminais de qualquer um dos seus enrolamentos, com a tensão e a frequência nominais.

Com o transformador em regime térmico poder-se-á, ainda, ter até dois curto-circuito consecutivos, com fator de assimetria igual a dois, sendo sua duração acumulada dentro do limite acima indicado.

O transformador deverá ser projetado de forma a permitir, posteriormente, o acoplamento do sistema de ventilação forçada para aumento da capacidade de potência em cerca de 40%, caso seja solicitado pela CONTRANTE.

- **Enrolamentos**

Os enrolamentos deverão ser constituídos de materiais com elevada pureza e de qualidade condizente com as solicitações térmicas, elétricas e mecânicas previstas.

Os materiais isolantes utilizados deverão estar de acordo com os limites de elevação de temperatura descritos.

A distribuição dos conectores e dos materiais isolantes deverá ser feita de tal forma que não existam pontos fracos nos enrolamentos.

Os enrolamentos secundários poderão ser interligados ou não, entendendo-se como sendo interligados quando a tensão de curto-circuito entre ambos não ultrapasse 1,5%.

A medição da elevação de temperatura deverá ser feita pelo método de variação da resistência, conforme NBR 10295, depois de atingido o regime referente à operação contínua com 100% de carga, de tal modo que a carga eficaz possa exceder 100%.

Os terminais dos enrolamentos e as derivações intermediárias deverão ser rigidamente fixados de modo a evitar quaisquer danos ocasionados por vibrações.

- **Núcleo**

O núcleo dos transformadores deverá ser construído com chapas de aço silício de cristais orientados, laminados a frio, isolados com material inorgânico e com corte de baixas perdas. As chapas deverão ser isentas de impurezas ou rebarbas após o seu corte e perfeitamente planas.

Deverão ser previstos canais de ventilação entre núcleo e enrolamentos de baixa tensão e também entre os enrolamentos de alta e baixa tensão, de modo que possa,

em função da necessidade, ser instalado um sistema de ventilação forçada.

- **Retificadores**

### **Ponte Retificadora**

As pontes retificadoras deverão ser conforme norma EN 50328/IEC 62590 em "Ponte de Graetz", trifásica de onda completa possibilitando uma retificação de 6 pulsos por unidade. As saídas das duas pontes retificadoras deverão ser ligadas em paralelo. A construção deverá assegurar uma distribuição de corrente equalizada e equilibrada entre as duas pontes, entre os braços das pontes e entre os diodos dos braços.

O efeito das duas pontes de 6 pulsos defasadas de 30 graus na alimentação deverá proporcionar uma tensão retificada "equilibrada" de 12 pulsos, e assim, não introduzir no sistema de corrente alternada harmônicos não característicos.

As pontes deverão suportar uma corrente de 100% da corrente de curto-circuito para um curto aplicado nos terminais no lado de corrente contínua, por tempo não inferior à 230ms, sem danos para qualquer de seus componentes, diodos, fusíveis.

### **Diodos**

Os diodos deverão ter características adequadas contra tensão inversa nas extremidades de cada elemento semiconductor e entre grupos de elementos ligados em série.

Os diodos deverão ser hermeticamente selados e instalados sobre radiadores adequados para dispersão de calor e deverão ser instalados de maneira a permitir fácil manutenção e circulação de ar de resfriamento.

A escolha e o arranjo dos diodos, fusíveis e conexões deverão assegurar uma satisfatória distribuição de corrente entre os componentes ligados em paralelo, e limitar ao mínimo a quantidade de diodos em paralelo em cada braço.

As pontes retificadoras deverão ser dimensionadas de modo que não haja diodos em série em um mesmo braço. A queima de um diodo em cada braço não deverá interferir no funcionamento do grupo retificador, havendo apenas sinalização do fato ocorrido.

### **Sinalização de queima de diodos:**

Deverão ser previstos fusíveis de proteção do tipo rápido para cada diodo, com curva de energia específica passante ( $I^2.t$ ) compatível com os níveis de energia suportáveis pelos diodos.

### **5.11 Anteprojeto de Desapropriação**

As desapropriações necessárias para implantação da Linha 01 - Tramo 03 correspondem basicamente às áreas relativas à implantação da linha metroviária, das estações e uma via exclusiva de acesso as garagens dos galpões localizados nos limites do empreendimento. As desapropriações fazem parte do rol de ações comum aos empreendimentos do Metrô, haja vista que as estações e áreas de apoio terão inserção em área consolidada, que muitas vezes apresenta-se com alto adensamento demográfico e de edificações. Sendo assim, os processos de desapropriação são inerentes à obra da Linha 01 – Tramo 3 que, em contrapartida, produzirá

externalidades positivas de alta relevância, sobretudo para a população que atualmente reside em áreas desprovidas da malha metroviária.

Os Bairros mais afetados positivamente com a construção do metrô são Campinas de Pirajá e Águas Claras. O bairro de Pirajá fica localizado nas margens da BR-324 e do Subúrbio Ferroviário de Salvador. Seu acesso pode ser feito pela BR-324 (pelo Norte e Leste), Estrada do DERBA (pelo Norte), Estrada Velha de Campinas e (pelo Sul) e Ligação Pirajá-Suburbana (pelo Oeste). Pirajá tem pouquíssimas ligações, vias e transporte para a Região do Subúrbio Ferroviário e bairros vizinhos. Águas Claras é um bairro situado às margens da BR-324, próximo ao limite do município, à noroeste. Enfrenta, como a maioria dos bairros do miolo central, problemas como a insuficiência de infraestrutura básica. Várias ações no campo do voluntariado e dos governos têm auxiliado para amenizar essa situação.

O anteprojeto de Desapropriação foi baseado nas plantas do Anteprojeto Geométrico e dados levantados pela topografia, calculando-se a superfície ocupada por propriedades dentro dos limites das faixas estabelecidas. O parâmetro essencial para a determinação das áreas que serão desapropriadas é a faixa de domínio da BR-324, as áreas que ultrapassam a faixa de domínio foram delimitadas e serão imprescindíveis para a construção da malha metroviária e da via exclusiva de acesso as garagens.

O Anteprojeto geométrico metroviário foi baseado em uma seção total de 20 m, sendo 11m da plataforma metroviária e 9 m para caminho de serviço. Algumas áreas também foram definidas através dos offsets de Corte e de Aterro do mesmo projeto. Foram gerados 11 polígonos e calculados as suas respectivas áreas.

## 5.12 Memória de Cálculo das Estruturas

### 5.12.1 Memória de Cálculo da OAE 01 - Viaduto Pirajá

O objetivo do presente memorial de cálculo é justificar as dimensões dos principais elementos estruturais que compõem o viaduto de Pirajá, no tramo 3 da linha 1 do metrô de Salvador, através de pré-dimensionamentos e verificações das estruturas adotadas.

#### 5.12.1.1 Descrição e geometria da obra

O Viaduto de Pirajá, localizado entre as estações Pirajá e Campinas, transpõe a BR-324, em um trecho aproximado de 150 m, do P09 ao P14. O viaduto possui 21 vãos de 30m de comprimento e 11m de largura, sendo os 5 vãos sobre a rodovia em superestrutura mista, vigas V metálicas e laje de concreto armado, e para o apoio destas, pórticos com travessa metálica de 40m comprimento, capaz de vencer a rodovia existente sem interferir no tráfego local e os demais vãos em superestrutura de concreto armado e protendido.

Os vãos típicos em concreto, são formados por duas vigas pré-moldadas protendidas, seção em V, com 2 m de altura, com transversinas de apoio nas extremidades dos tabuleiros.

As superestruturas de concreto apoiam-se travessas de apoio são em concreto armado, altura de 2,15 m, e largura variando de 4,3m a 7,3m. Os pilares, únicos e centrados em relação às travessas, têm seção circular constante e igual a 1,70 m, com altura de até 12,5m.

As lajes do tabuleiro, com 25 cm de espessura, são em concreto armado, formadas por pré-laje treliçada com nichos especialmente locados para permitir a solidarização com a 2ª concretagem.

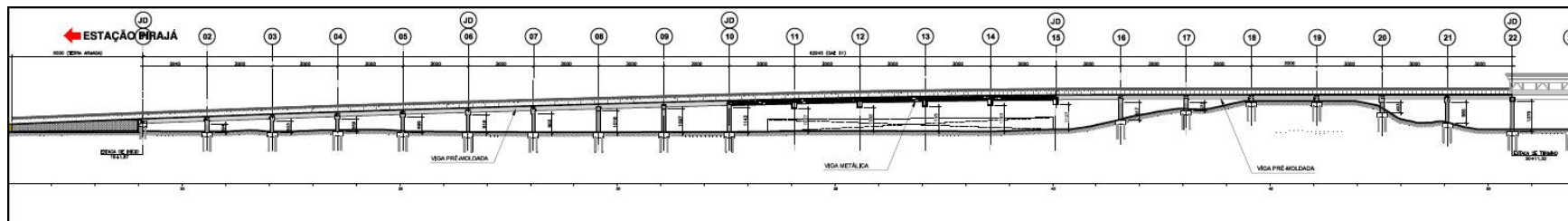
Cada tabuleiro comporta duas vias com trilhos distantes 4,25 m entre seus eixos e ligados à laje através da via de baixa vibração (VBV). Nas laterais dos tabuleiros estão situadas as passarelas de emergência.

As juntas de dilatação localizam-se em um intervalo aproximado de 7 vãos, dependendo das alturas dos pilares para a transferência de esforços horizontais para as fundações.

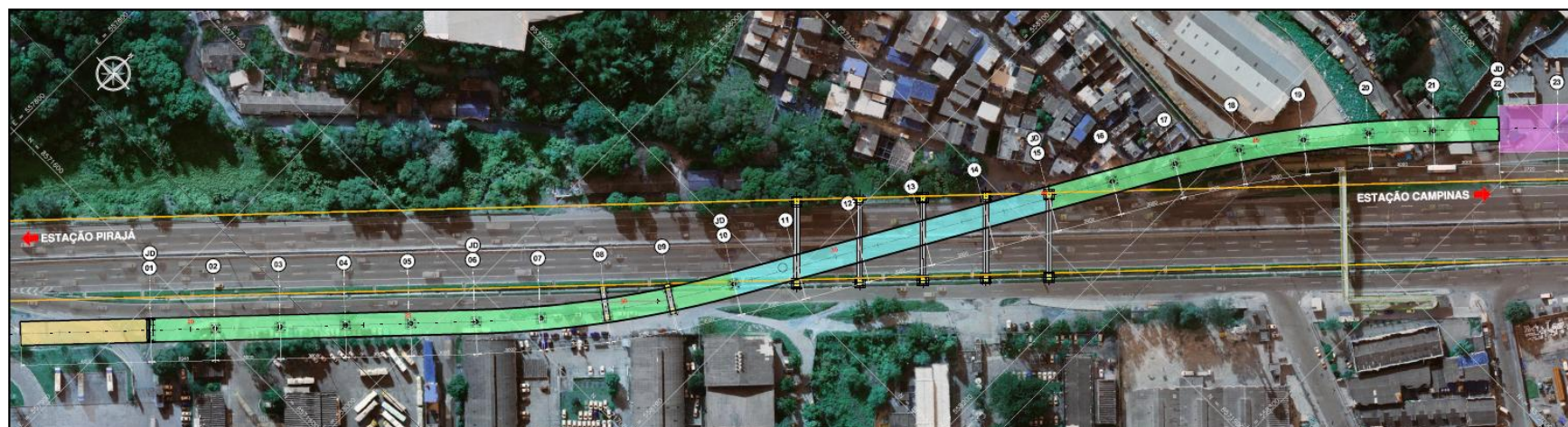
As vigas longarinas apoiam-se sobre aparelhos de apoio em neoprene fretado, com dimensões compatíveis com as cargas a eles transmitidas.

Os blocos de fundação apresentam dimensões adequadas para transmitir as cargas dos pilares às estacas de fundação, prevendo-se a utilização de estacas Wirth com diâmetro de 80 cm em solo e 70 cm em rocha.

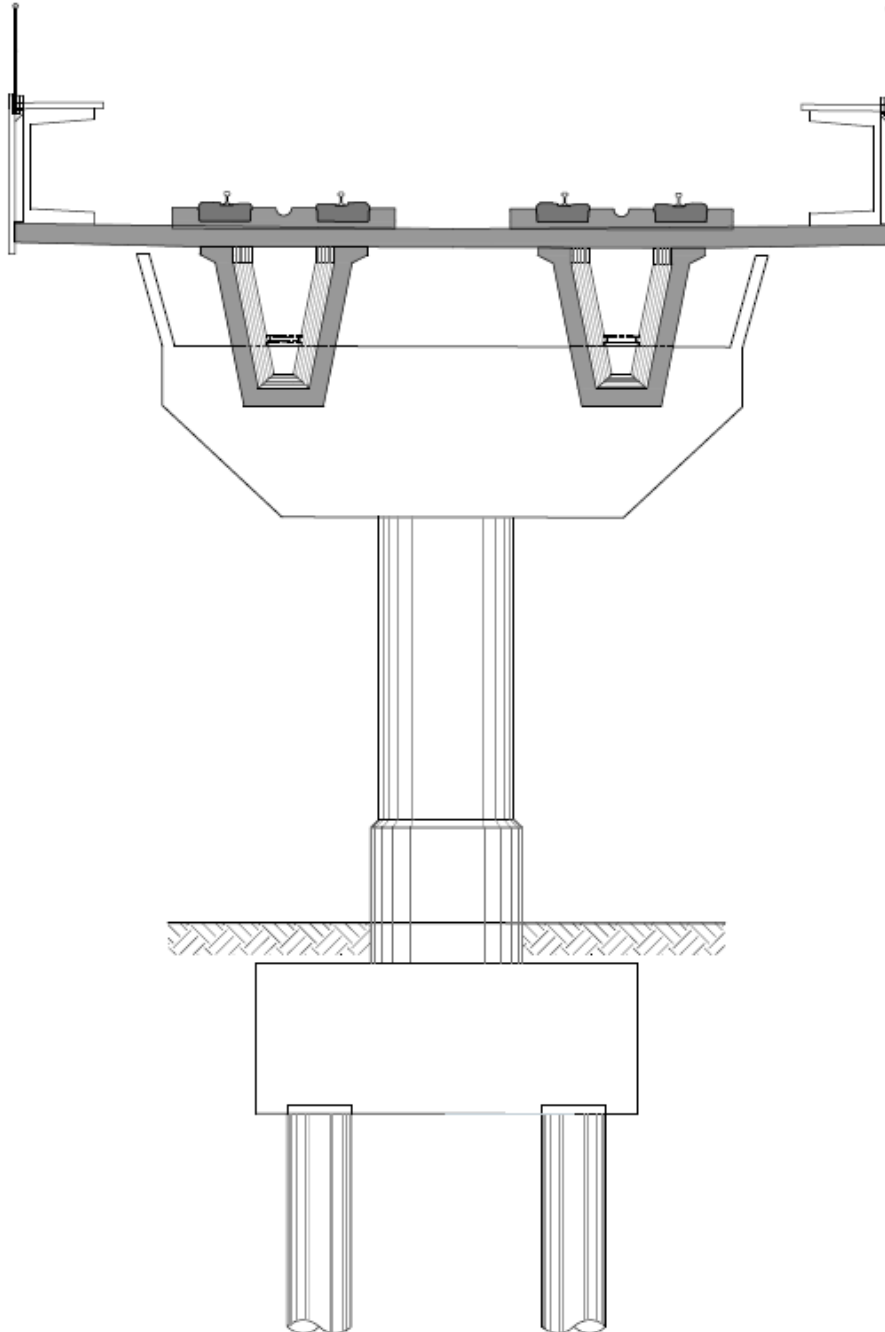
Este viaduto é considerado em região com Classe de Agressividade II. A seguir é apresentada a planta e a elevação do Viaduto Pirajá.



**ELEVAÇÃO GERAL**  
ESC.1/750



Na Figura a seguir é apresentada a meso e infraestrutura, seção transversal do apoio dos vãos típicos, considerando as vigas V em concreto protendido. A meso estrutura é composta pela travessa que recebe as cargas da superestrutura e o pilar circular que transmite os esforços à fundação.



**Seção transversal do apoio dos vãos típicos considerando as vigas em concreto protendido.**

**Critérios de Projeto**

O projeto foi elaborado seguindo as normas da ABNT em vigor e o trem tipo considerado foi o da Linha 2 do Metropolitano de São Paulo (NC03 - Companhia Metropolitano S. Paulo), com cargas de 17,5 tf por eixo. A seguir são apresentadas as cargas permanentes e variáveis consideradas no pré-dimensionamento da estrutura.

### Cargas Permanentes

Peso próprio:

Para concreto comum, armado ou protendido  $\rho_c = 25 \text{ kN/m}^3$ .

Para estruturas metálicas =  $78,5 \text{ kN/m}^3$ .

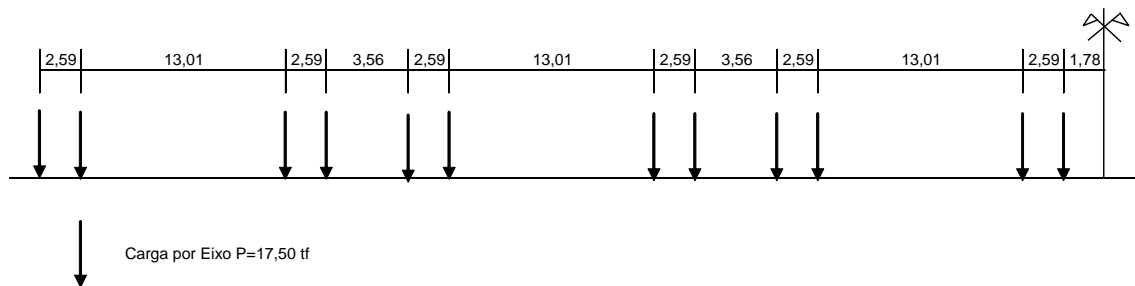
### Cargas Variáveis

Trem-tipo metroviário – segundo NC 03 – Companhia Metropolitano S. Paulo.

O trem tipo adotado neste item corresponde ao TT adotado para cálculo no viaduto do metrô de Salvador.

Segundo a NC03 - Companhia Metropolitano S. Paulo, na qual a carga do eixo é de  $P=175\text{kN}$ .

Características geométricas da composição metroviária:



Fator de impacto:

Coefficiente de impacto  $\rho = 0,001 ( 1600 - 60 l^{1/2} + 2,25 l ) > 1,20$ .

Para 30 m -  $\rho\rho = 1,34$

Carga concentrada considerando os coeficientes de ponderação das cargas verticais:

$$Q_{NC03} = P_{NC03} * CIV = 87.5 \times 1.34 = 117,25\text{kN}$$

Carga concentrada por eixo considerando os coeficientes de ponderação das cargas verticais:

$$Q_{NC03\_ex} = 2 * Q_{NC03} = 2 * 117,25 = 234.3\text{kN}$$

Força de Frenagem e Aceleração - segundo NC 03 – Companhia Metropolitano S. Paulo.

Segundo a NC03 - Companhia Metropolitano S. Paulo, na qual a carga do eixo é de  $P=175\text{kN}$ .

- Aceleração máxima de partida =  $1,12 \text{ m/s}^2$ .

- Frenagem máxima de emergência = 1,50 m/s<sup>2</sup>.

Em se tratando de duas vias e considerando apenas as solicitações devidas à frenagem:

- $H / \text{eixo} = 1,50 / 9,81 \times 175$  (carga por eixo) = 26,76 kN/ eixo.

Para o comprimento de um carro = 21,75m, temos uma carga equivalente por metro linear igual a

- $H / m = 26,76 \text{ kN/ eixo} \times 4 \text{ eixos} / 21,75 \text{ m} = 9,84 \text{ kN} / \text{m}$

As cargas apresentadas são consideradas sem impacto vertical.

**Força Centrífuga.** - Segundo NC 03 – Companhia Metropolitana S.Paulo

Força avaliada em percentagem igual a 9% da carga móvel, por eixo, com impacto vertical, atuando no centro de gravidade do trem, considerado a 1,60m do topo do boleto.

Temperatura

$\Delta T = \pm 15^\circ \text{C}$

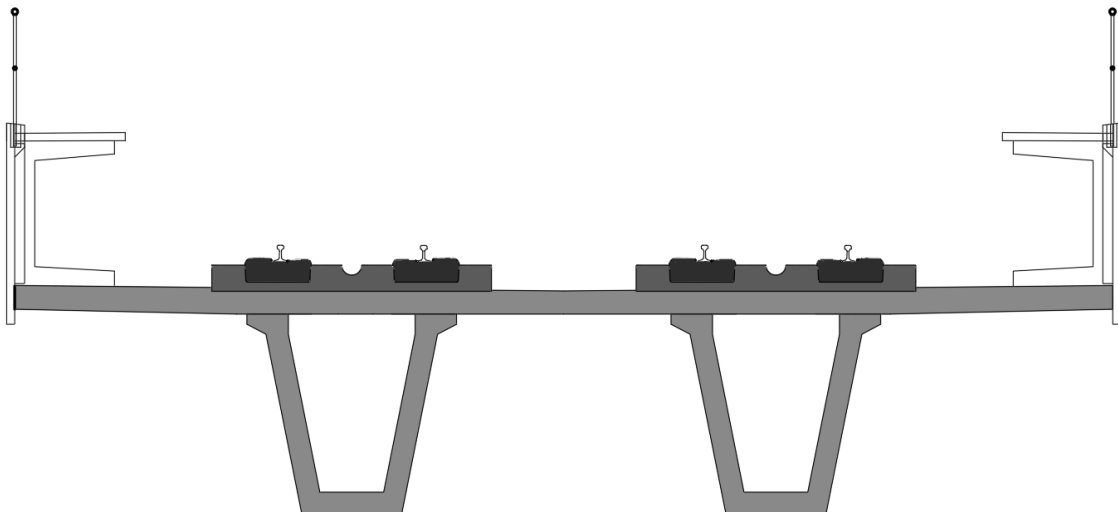
Vento

Forças devidas ao vento em Edificações - NBR 6123:1988

Vento: 0,8 kN/m<sup>2</sup>

### 5.12.1.2 Verificação da superestrutura

A seguir é apresentada a seção transversal considerando as vigas em concreto protendido.



**Seção transversal dos vãos típicos considerando as vigas em concreto protendido.**

A seguir são apresentados os carregamentos atuantes na superestrutura em concreto:



A seguir são apresentadas as Características geométricas da seção transversal das vigas em concreto protendido.

Características geométricas		
Altura	2	m
Área	1,09	m <sup>2</sup>
Y inf	0,65	m
Y sup	1,35	m
Inércia	0,543	m <sup>4</sup>
W inf	0,841	m <sup>3</sup>
W sup	0,401	m <sup>3</sup>

A seguir são apresentadas as solicitações, no meio do vão, nas vigas em concreto protendido.

Solicitações (kN.m)	
Peso Próprio da viga	2.879
Peso da laje	3.867
Peso do Low Vibration Track	2.106
Estrut Met - pass emerg	116
Multidão - pass emerg	563
Carga móvel	5.599

Máximo momento positivo: 21.350 kN.m

Com o braço de alavanca da seção transversal em 1,9m, resultando na força longitudinal atuante de 11.237 kN.

A área de armadura protendida necessária para conter o esforço de tração na seção é de 84 cm<sup>2</sup>, equivalente a 60 cordoalhas de 15,2 mm, considerando o aço CP-190-RB.

Com 4 cabos com 15 cordoalhas de 15,2 mm, o qual o esforço exercido pela protensão é de até 14.364 kN.

Tensões (MPa)	$\sigma$ inf	$\sigma$ sup	$\sigma$ sup'
Peso Próprio da viga	-3,4	7,2	
Protensão após perdas iniciais	16,5	-3,2	
Peso da laje	-4,6	9,7	
Peso do VBV	-1,8	0,4	0,7
Estrutura- pass emerg	-0,1	0	0
Multidão - pass emerg	-0,5	0,1	0,2
Carga móvel	-4,7	1,2	1,9
Somatório das solicitações antes das perdas lentas	1,5	15,4	2,8
Perdas lentas	-2,3	-0,2	0,1
Somatório das solicitações após das perdas lentas	-0,8	15,2	2,9

As tensões atuantes na viga são inferiores às tensões de resistência para a seção considerada.

#### 5.12.1.2.3 Verificação das Vigas Metálicas

Os vãos sobre a rodovia BR-324 são em estrutura mista, vigas metálicas com laje de concreto.

A seguir são apresentadas as tensões atuantes na estrutura mista.

Aço	$\sigma_{sup}$	196	MPa
	$\sigma_{inf}$	285	MPa
	$\sigma_w$	46	MPa
Concreto	$\sigma_c$	8	MPa

As tensões atuantes na estrutura são inferiores às tensões de resistência para a seção considerada.

#### 5.12.1.3 Verificação das travessas

A seguir são apresentadas as verificações da travessa sobre o pilar central e da travessa metálica sobre a rodovia BR-324.

##### 5.12.1.3.1 Verificação da travessa sobre o Pilar central

A seguir é apresentada a verificação da travessa sobre o pilar central.

Abaixo são apresentados os carregamentos atuantes na travessa sobre o pilar central:

Peso próprio da laje = 2063 kN

Peso próprio das vigas longarinas = 1790kN

Peso próprio das vigas transversinas = 58kN

Peso de BVB = 1170kN

Peso da estrutura para passagem de emergência = 62kN

Carga permanente de 1 vão = 5.143 kN

Multidão na passagem de emergência = 300kN

Carga móvel (trem-tipo metroviário – NC03) sobre 1 vão (2 vias) = 2.314 kN (com impacto)

Carga de 1 vão = 7.757 kN

Carga majorada sobre a travessa central:

$$1,4 \times 5.143 \text{ kN} + 1,5 \times 2.714 \text{ kN} = 11.271 \text{ kN}$$

A seguir é apresentada a verificação da travessa sobre o pilar central quanto ao cisalhamento.

$$V_d = 11.271 \text{ kN}$$

$$\sigma_{wd} = 11.271 \text{ kN} / b / d = 11.271 \text{ kN} / 430 \text{ cm} / 200 \text{ cm} = 1,31 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{lim} = 0,15 * f_{cd} = 0,15 * 35 \text{ MPa} / 1,4 = 3,75 \text{ MPa}$$

#### 5.12.1.3.2 Verificação da travessa metálica do pórtico sobre a rodovia

A seguir é apresentada a verificação da travessa metálica sobre a rodovia BR-324.

Abaixo são apresentados os carregamentos atuantes na travessa metálica sobre a rodovia BR-324.

Peso próprio da laje = 2063 kN

Peso próprio das vigas longarinas metálicas = 1.070 kN

Peso de BVB = 1170kN

Peso da estrutura para passagem de emergência = 62kN

Peso da travessa metálica – aço= 836 kN

Peso da travessa metálica – concreto = 55 kN

Peso da travessa metálica = 891 kN

Carga permanente de 1 vão = 5.256kN

Multidão na passagem de emergência = 300kN

Carga móvel (trem-tipo metroviário – NC03) sobre 1 vão (2 vias) = 2.314 kN (com impacto)

Carga de 1 vão = 7.870 kN

O máximo momento solicitante de cálculo na travessa é de 102.184 kN.m, inferior ao momento resistente para a seção da travessa metálica utilizada.

As tensões atuantes na travessa são inferiores às tensões de resistência para a seção considerada.

#### **5.12.1.4 Verificação dos Pilares**

A seguir são apresentadas as verificações do pilar central e dos pilares do pórtico da travessa metálica sobre a rodovia BR-324.

##### *5.12.1.4.1 Verificação do Pilar central*

A seguir é apresentada a verificação do pilar central.

Carga de 1 vão = 7.757 kN

Peso próprio das travessas = 550 kN

Peso próprio do pilar = 706 kN

Carga na base do pilar: 9.013 kN

Tensão na base do pilar =  $9.013 \text{ kN} / 2,27 \text{ m}^2 = 3.971 \text{ kN/m}^2 = 3,97 \text{ MPa}$

##### *5.12.1.4.2 Verificação do Pilar do pórtico*

A seguir é apresentada a verificação do pilar do pórtico.

Carga de 1 vão = 7.870 kN

Peso da travessa metálica – aço = 836 kN

Peso da travessa metálica – concreto =  $30 \text{ m}^3 \times 25 \text{ kN/m}^3 = 750 \text{ kN}$

Peso da travessa metálica = 891 kN

Peso próprio do pilar = 644 kN

Carga na base do pilar: 7.386 kN

Tensão na base do pilar =  $7.386 \text{ kN} / 2,27 \text{ m}^2 = 3.254 \text{ kN/m}^2 = 3,25 \text{ MPa}$

### 5.12.1.5 Verificação das Fundações

A seguir são apresentadas as verificações das fundações do pilar central e das fundações dos pilares do pórtico da travessa metálica sobre a rodovia BR-324.

#### 5.12.1.5.1 Fundações para o pilar central

A seguir são apresentadas as verificações das fundações do pilar central.

#### 5.12.1.5.2 Peso próprio da superestrutura:

A seguir são apresentados os carregamentos da superestrutura:

Peso próprio da laje = 2063 kN

Peso próprio das vigas longarinas = 1790kN

Peso próprio das vigas transversinas = 58kN

Peso de BVB = 1170kN

Peso da estrutura para passagem de emergência = 62kN

Carga permanente de 1 vão = 5.143 kN

Multidão na passagem de emergência = 300kN

Carga móvel (trem-tipo metroviário – NC03) sobre 1 vão (2 vias) = 1.727 kN (sem impacto)

Carga de 1 vão = 7.170 kN

#### 5.12.1.5.3 Peso próprio da mesoestrutura:

A seguir são apresentados os carregamentos da mesoestrutura:

Peso próprio das travessas =550 kN

Peso próprio do pilar = 706 kN

#### 5.12.1.5.4 Carga na base dos pilares:

A seguir são apresentados os carregamentos na base dos pilares:

Carga vertical na base do pilar: 8.426 kN

Momento na base do pilar devido à aceleração e à frenagem=  $258 \text{ kN} \times h_{\text{pilar}} = 3212\text{kN.m}$

Momento na base do pilar devido à força centrífuga = 2166kN.m

Peso do bloco de fundação = 1.568 kN

Carga vertical no topo das estacas =  $9.994 \text{ kN} + 3212 \text{ kN.m}/2,4\text{m} + 2166 \text{ kN.m}/2,4\text{m} = 12.235 \text{ kN}$

Capacidade de 4 estacas Wirth  $\Phi$  80 cm = 16.400 kN

A carga atuante sobre o conjunto de 4 estacas Wirth  $\Phi$  80 cm é inferior à sua capacidade de carga.

#### *5.12.1.5.5 Fundações para o pórtico*

A seguir são apresentadas as verificações das fundações dos pilares do pórtico da travessa metálica sobre a rodovia BR-324.

#### *5.12.1.5.6 Peso próprio da superestrutura:*

A seguir são apresentados os carregamentos da superestrutura:

Peso próprio da laje = 2063 kN

Peso próprio das vigas longarinas metálicas = 1.070 kN

Peso de BVB = 1170 kN

Peso da estrutura para passagem de emergência = 62 kN

Carga permanente de 1 vão = 4.365 kN

Multidão na passagem de emergência = 300 kN

Carga móvel (trem-tipo metroviário – NC03) sobre 1 vão (2 vias) = 1.727 kN (sem impacto)

Carga de 1 vão = 6.392 kN

#### *5.12.1.5.7 Peso próprio da mesoestrutura:*

A seguir são apresentados os carregamentos da mesoestrutura:

Peso da travessa metálica = 891 kN

Peso próprio do pilar = 644 kN

#### *5.12.1.5.8 Carga na base dos pilares:*

A seguir são apresentados os carregamentos na base dos pilares:

Carga vertical na base do pilar: 6.308 kN

Momento na base do pilar devido à aceleração e à frenagem =  $258 \text{ kN} \times h = 2931 \text{ kN.m}$

Momento na base do pilar devido à força centrífuga = 1977 kN.m

Peso do bloco de fundação = 1.568 kN

Carga vertical no topo das estacas =  $7.876\text{kN} + 2931\text{kN.m}/2,4\text{m} + 1977\text{kN.m}/2,4\text{m} = 9.921\text{kN}$

A carga atuante sobre o conjunto de 4 estacas Wirth  $\Phi$  80 cm é inferior à sua capacidade de carga.

### Introdução

A seguir será apresentada a memória de cálculo de fundações das Obras de Arte Especiais do Tramo 3 Linha 1 do Metro de Salvador.

#### *5.12.1.5.9 Subsolo local*

Para investigação do perfil de solo conta-se com 19 Sondagens a Percussão e 8 Sondagens Mistas, 11 sondagens locadas nas proximidades das OAEs e as restantes em sua maioria afastadas a mais de 100m do eixo de projeto. A Tabela 4.1 mostra as sondagens disponíveis para análise.

**Tabela 5-1 - Sondagens Tramo 3 Linha 1 Metro de Salvador**

Nº	Nome	Data Ensaio	Coordenadas		Prof. N.A.	Prof. Sond.	Prof. Solo	Critério Parada / RQD Médio	Obra
			E	N					
1	SP-01	23/05/2014	558279	8572315	NE	10,45	10,45	Cliente	OAE 2
2	SP-02	21/05/2014	558425	8572363	NE	10,45	10,45	Cliente	OAE 2
3	SP-03	22/05/2014	559773	8574304	NE	6,45	6,45	Cliente	OAE 4
4	SP-04	23/05/2014	559863	8574445	6,28	8,45	8,45	Cliente	OAE 4
5	SP-05	26/05/2014	559970	8574586	7,32	11,45	11,45	Cliente	OAE 4
6	SP-06	22/05/2014	558156	8572039	NE	10,45	10,45	Cliente	OAE 1
7	SM-02	31/01/2014	560091	8574409	NE	26,19	24,69	Gnaiss-RQD 89%	OAE 4/5
8	SM-03	20/01/2014	560195	8574558	NE	13,57	10,57	Gnaiss-RQD 48%	OAE 4/5
9	SM-04	05/02/2014	560205	8574709	NE	24,15	24,15	Impenetrável	OAE 4/5
10	SP-01	20/05/2015	560093	8574550	NE	11,26	11,26	Impenetrável	OAE 4
11	SP-02	19/05/2015	560221	8574536	NE	12,36	12,36	Impenetrável	OAE 4/5
12	SP-03	19/05/2015	560292	8574477	NE	9,51	9,51	Impenetrável	OAE 5
13	SP-04	06/05/2015	560392	8574404	NE	7,45	7,45	Impenetrável	OAE 6
14	SP-05	15/05/2015	560505	8574171	NE	10,64	10,64	Impenetrável	OAE 7
15	SP-07	05/05/2015	560416	8574344	NE	3,15	3,15	Impenetrável	OAE 7
16	SM-08B	13/05/2015	560435	8574347	NE	24,51	18,51	Gnaiss-RQD 11%	OAE 7
17	SM-09	07/05/2015	560433	8574312	NE	27,47	21,47	Gnaiss-RQD 45%	OAE 7
18	SP-10	05/05/2015	560448	8574320	NE	8,45	8,45	Impenetrável	OAE 7
19	SP-11	13/05/2015	560447	8574281	NE	21,4	21,4	Impenetrável	OAE 7
20	SM-12	30/01/2015	560465	8574289	NE	28,86	24,36	Gnaiss-RQD 6%	OAE 7
21	SP-13	07/05/2015	560430	8574334	NE	6,45	6,45	Impenetrável	OAE 7
22	SP-14	11/05/2015	558453	8572320	5,86	11,38	11,38	Impenetrável	OAE 2
23	SM-15	29/05/2015	558487	8572319	NE	23,4	17,4	Gnaiss-RQD 28%	OAE 2/3
24	SM-16	19/05/2015	558452	8572303	1,91	20,64	14,64	Gnaiss-RQD 27%	OAE 2
25	SP-17	10/05/2015	558466	8572292	1,64	9,48	9,48	Impenetrável	OAE 2
26	SP-18	11/05/2015	558430	8572278	1,55	7,11	7,11	Impenetrável	OAE 2
27	SM-19	20/05/2015	558445	8572264	NE	17,7	13,2	Gnaiss-RQD 56%	OAE 2

As investigações de campo mostram de forma geral um subsolo caracterizado por uma camada de baixa a mediana compactidade com espessura média geral de 15.7m, seguido de alteração de rocha ou rocha gnaiss com RQD médio de 35%.

O nível d'água somente se encontra presente em 6 das 27 sondagens disponíveis, considerando-se, portanto, conservadoramente que o N.A. encontra-se numa profundidade média de 4m.

#### 5.12.1.5.10 Memória de Cálculo do Anteprojeto das Fundações

As sondagens existentes da área de investigação indicaram que a espessura de solo não é suficiente para atender às cargas previstas para as estacas. Deve-se prever, neste estágio de projeto, a necessidade de perfuração em rocha.

Assim, o tipo de estaca mais adequado para este projeto é a estaca tubular metálica com pino Wirth.

A estaca camisa metálica com pino Wirth consiste no emprego de camisas metálicas, cravadas até a profundidade possível, estimada onde se obtém um NSPT-45. A partir desta profundidade, considerou-se o avanço por perfuração do residual muito compacto e da rocha.

A Figura 3.1 mostra um esquema da estaca utilizada.

A cravação da camisa metálica será feita com martelo, o equipamento de perfuração tipo Wirth será instalado sobre a camisa, e a perfuratriz inserida no tubo. Realizada a perfuração com o equipamento Wirth até a profundidade prevista, é feita a limpeza do furo, introduzida a armadura da estaca e executada a concretagem.

### Observações

- Para dimensionamento do anteprojeto das estacas foi utilizado estaca tubular metálica  $\square 80$  cm e pino  $\square 70$  cm, com capacidade de carga de 410 tf,
- As estacas tubulares metálicas atingirão o impenetrável,
- Para dimensionamento do pino adotou-se o RQD médio de 35% em todas as OAEs.

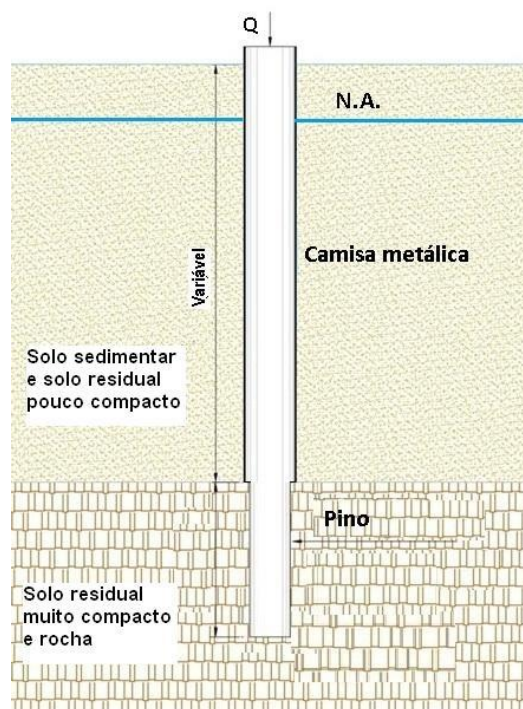


figura 5-1 - Ilustração da estaca com camisa metálica e pino Wirth.

### 5.12.1.5.11 Dimensionamento do Pino em Rocha

Para a previsão de comprimento das estacas com pino em rocha, será adotada a proposta de Juvêncio (2015)<sup>1</sup>, válida para rochas gnáissicas.

Segundo dados publicados pelo autor, a resistência à compressão axial máxima ( $q_u$ ) – correspondente a um RQD de 100% – pode ser adotada igual a 65 MPa. No caso de valores menores de RQD, esta resistência à compressão axial, será considerada proporcional ao RQD, considerando o valor mínimo de 5 MPa (Figura 4.2).

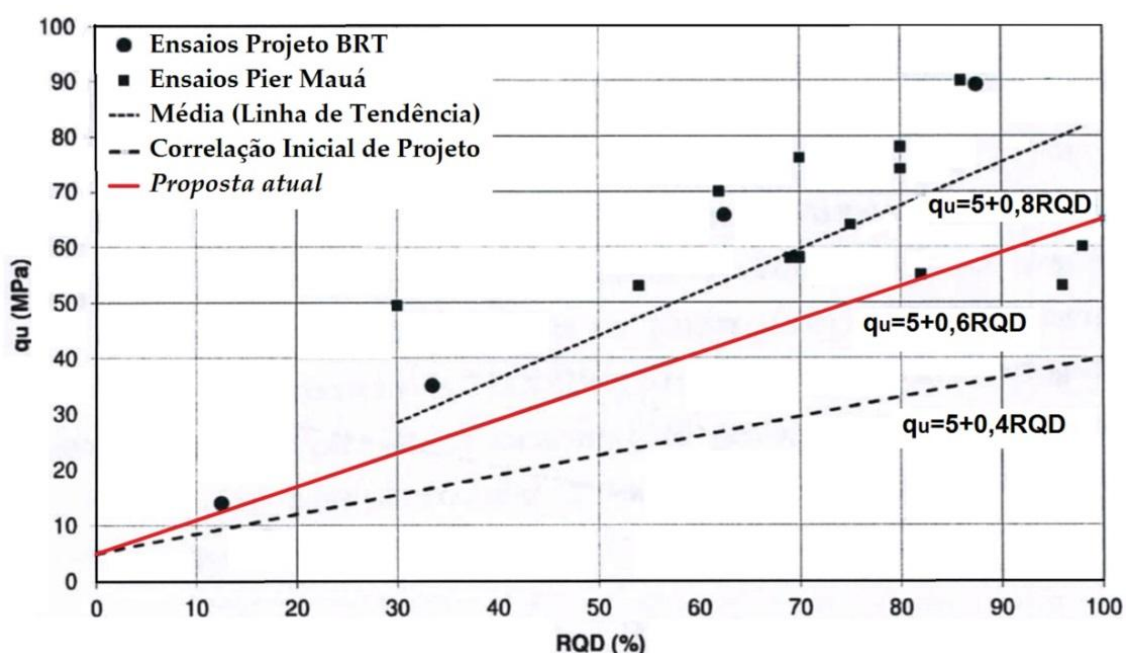


figura 5-2 Variação de  $q_u$  com RQD (Juvêncio, 2015).

A resistência à compressão axial máxima ( $q_u$ ) pode ser calculada pela equação

$$q_u = 5 + 0,6 \times RQD \quad [\text{MPa}]$$

Conforme Figura 3.3, com base em resultados de Ensaio de Carregamento Dinâmico (ECDs), o autor propõe uma equação para estimativa da tensão cisalhante mobilizada máxima ( $\tau_{\max}$ ) para aplicação em projetos de estacas embutidas em rocha gnáissica:

$$\tau_{\max} = \alpha \cdot (q_u)^\beta$$

onde  $\alpha = 0,20$ ;  $\beta = 0,50$ .

A tensão cisalhante admissível da rocha é calculada pela seguinte expressão:

<sup>1</sup> Juvêncio, E. L. (2015). Avaliação do comportamento de estacas parcialmente embutidas em rocha gnáissica. Tese de D.Sc., COPPE-UFRJ.

$$\tau_{rocha-adm} = \tau_{r\acute{m}ax} / 2,0$$

sendo 2,0 o Fator de Segurança.

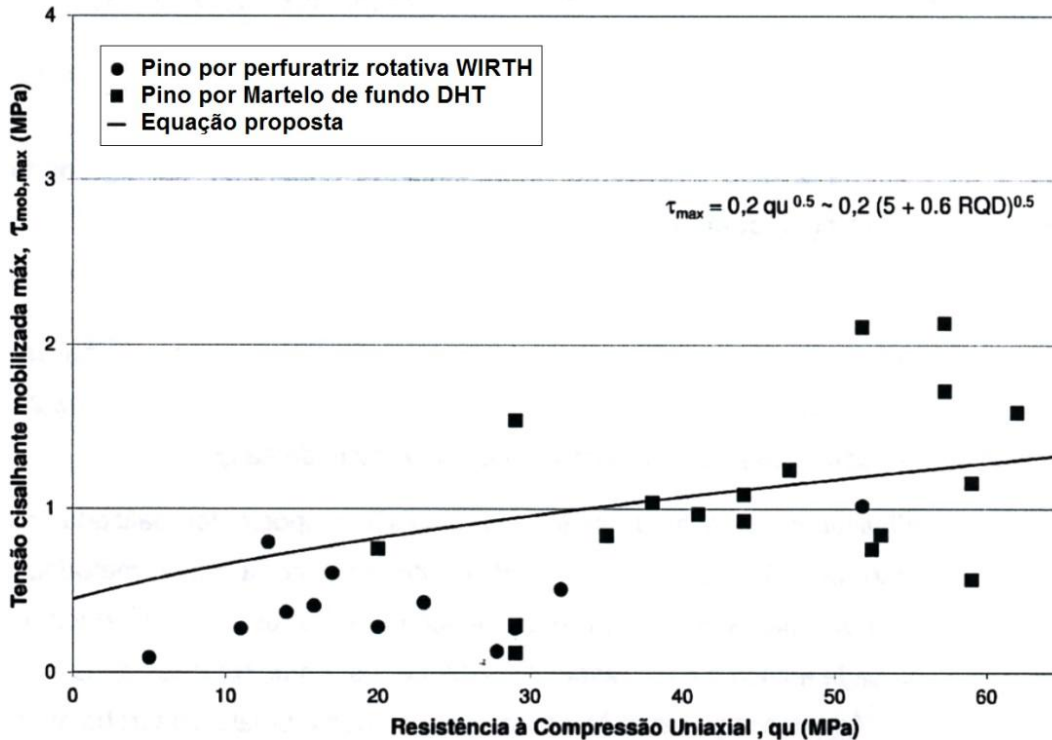


figura 5-3 - Tensão cisalhante mobilizada máxima em ECDs vs resistência à compressão uniaxial (Juvêncio, 2015).

A tensão cisalhante admissível na estaca não pode ser superior à tensão cisalhante admissível do concreto dada por:

$$\tau_{concreto-adm} = 0,05 \cdot f_{ck}$$

O comprimento do pino em rocha será dado por:

$$L_{pino} = \frac{Q_{ser}}{\pi \cdot D \cdot \tau_{adm}}$$

onde

$Q_{ser}$  = carga de serviço;

$D$  = diâmetro da estaca;

$\tau_{adm}$  = menor valor entre as tensões cisalhantes admissíveis do concreto e da rocha.

#### 5.12.1.5.12 Resultados

A tabela 4.2 mostra resultado dos comprimentos adotados para projeto conceitual de cada OAE.

**Tabela 5-2– Comprimentos de estacas OAEs**

Projeto	Comprimento médio [m]		
	Em solo	Em rocha	Total
OAE-01: Viaduto Pirajá	12	4	16
OAE-02: Trecho elevado junto Est. Campinas	15	4	19
OAE-03: PI Poto Seco	20	4	24
OAE-04: Viaduto Aguas Claras	16	4	20
OAE-05: PI Aguas Claras	24	4	28
OAE-06: PI p/pedestres	14	4	18
OAE-07: Viaduto Rabicho de manobra <sup>(1)</sup>	41	4	45

(1). Aterro Sanitario (30m) + Solo (11)

Em anexo mostra-se a locação das sondagens utilizadas para análise.

### 5.12.1.6 Considerações finais

Deverão ser programadas para Projeto Básico sondagens complementares para aferição dos comprimentos das estacas em solo para cada uma das OAEs e se haverá necessidade de adicionar pino. Caso seja verificado que não há necessidade de pino será definido o comprimento de cravação da estaca tubular metálica  $\square 80\text{cm}$  para suporte das OAEs.

## 5.12.2 Memória de Cálculo da OAE 02 - Viaduto de Campinas

O objetivo do presente memorial de cálculo é justificar as

O objetivo do presente memorial de cálculo é justificar as dimensões dos principais elementos estruturais que compõem o viaduto de Campinas, no tramo 3 da linha 1 do metrô de Salvador, através de pré-dimensionamentos e verificações das estruturas adotadas.

### 5.12.2.1 Descrição e geometria da obra

O Viaduto de Campinas, localizado após a estação Campinas, paralelo a BR-324, possui extensão aproximada de 540m, dividido igualmente em 18 vãos de 30m de comprimento e 11m de largura.

Os vãos são em estrutura de concreto, são formados por duas vigas pré-moldadas protendidas, seção em V, com 2 m de altura, com transversinas de apoio nas extremidades dos tabuleiros.

As superestruturas de concreto apoiam-se travessas de apoio são em concreto armado, altura de 2,15 m, e largura variando de 4,3m a 7,3m. Os pilares, únicos e centrados em relação às travessas, têm seção circular constante e igual a 1,70 m, com altura de até 12,5m.

As lajes do tabuleiro, com 25 cm de espessura, são em concreto armado, formadas por pré-laje treliçada com nichos especialmente locados para permitir a solidarização com a 2ª concretagem.

Cada tabuleiro comporta duas vias com trilhos distantes 4,25 m entre seus eixos e ligados à laje através da via de baixa vibração (VBV). Nas laterais dos tabuleiros estão situadas as passarelas de emergência.

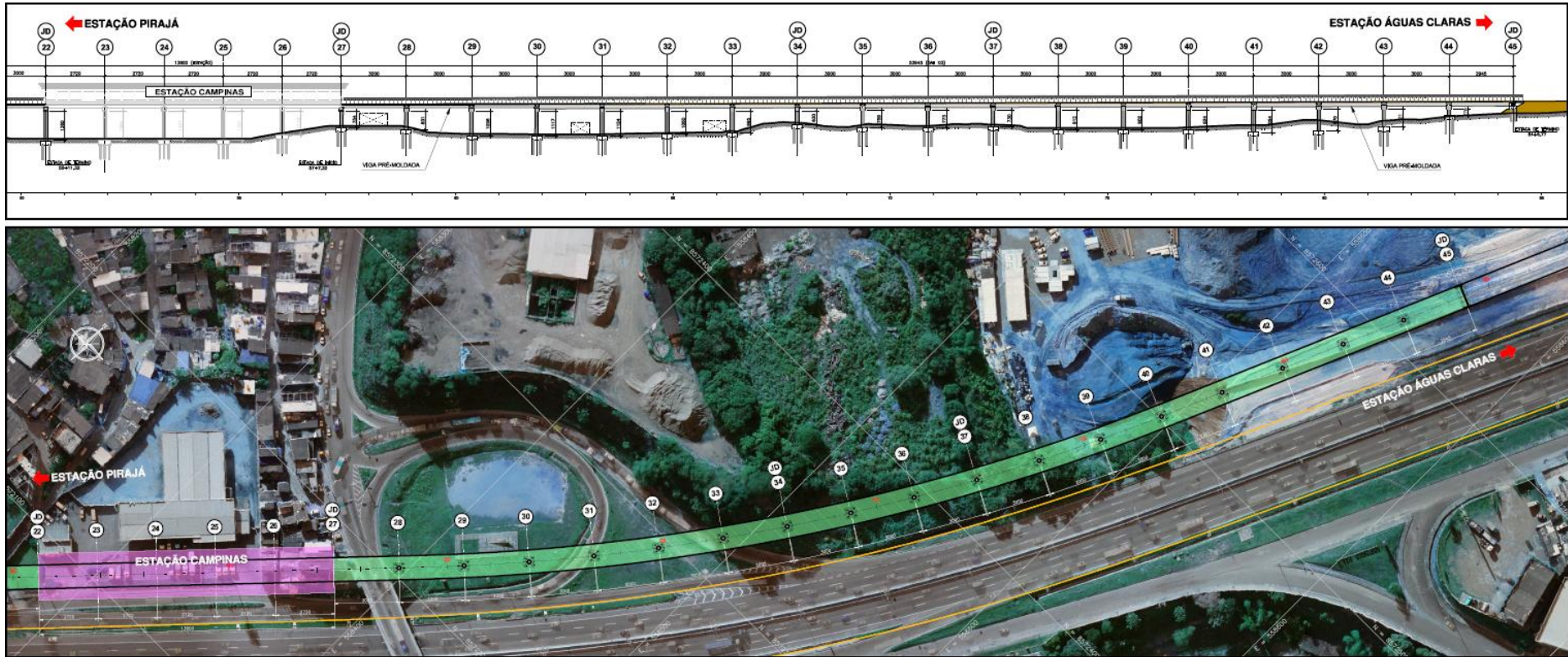
As juntas de dilatação localizam-se em um intervalo aproximado de 7 vãos, dependendo das alturas dos pilares para a transferência de esforços horizontais para as fundações.

As vigas longarinas apoiam-se sobre aparelhos de apoio em neoprene fretado, com dimensões compatíveis com as cargas a eles transmitidas.

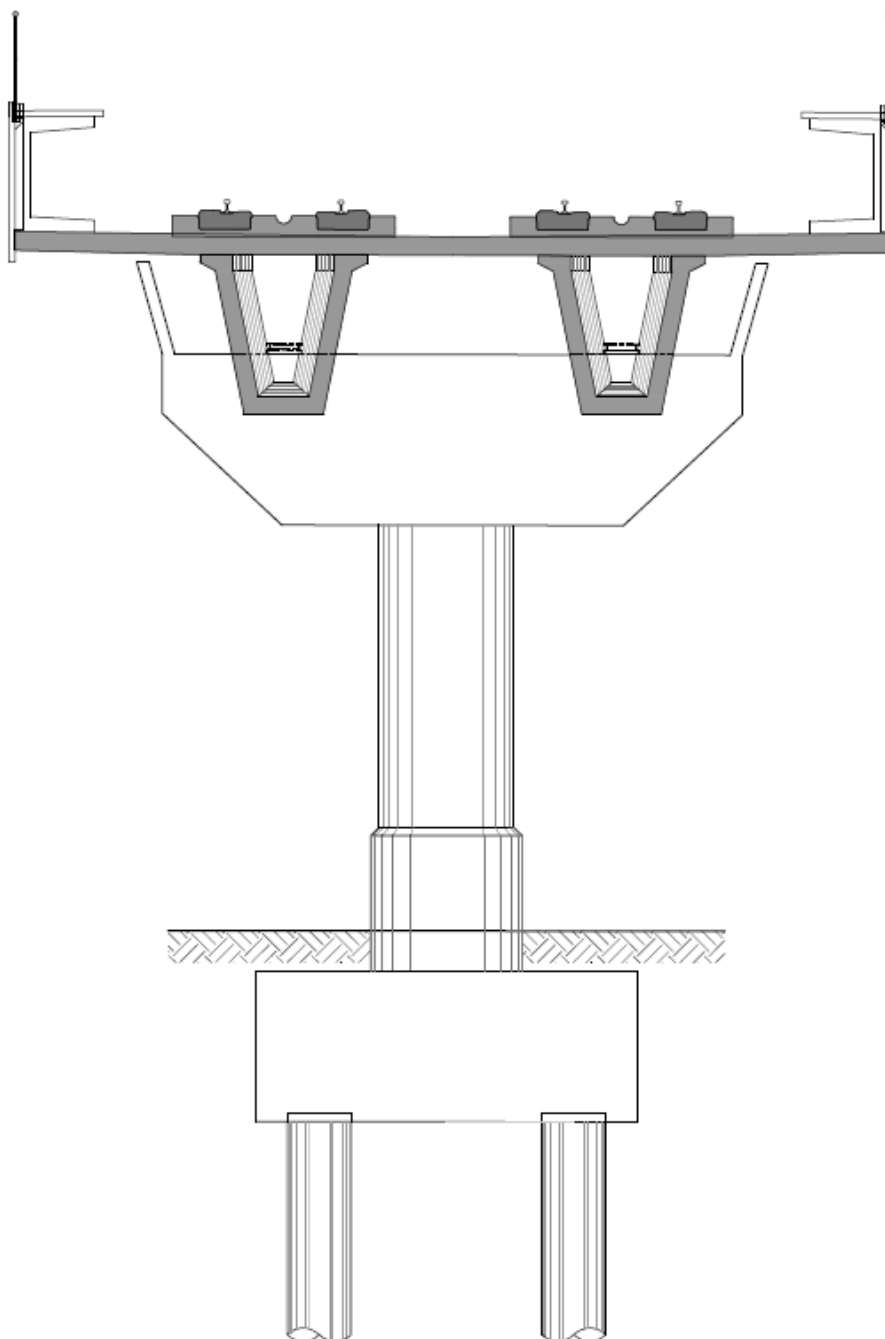
Os blocos de fundação apresentam dimensões adequadas para transmitir as cargas dos pilares às estacas de fundação, prevendo-se a utilização de estacas Wirth com diâmetro de 80 cm em solo e 70 cm em rocha.

Este viaduto é considerado em região com Classe de Agressividade II.

A seguir é apresentada a elevação do Viaduto Campinas.



Na Figura a seguir é apresentada a meso e infraestrutura, seção transversal do apoio dos vãos típicos, considerando as vigas V em concreto protendido. A meso estrutura é composta pela travessa que recebe as cargas da superestrutura e o pilar circular que transmite os esforços à fundação.



**Seção transversal do apoio dos vãos típicos considerando as vigas em concreto protendido.**

#### **Critérios de Projeto**

O projeto foi elaborado seguindo as normas da ABNT em vigor e o trem tipo considerado foi o da Linha 2 do Metropolitano de São Paulo (NC03 - Companhia

Metropolitano S. Paulo), com cargas de 17,5 tf por eixo. A seguir são apresentadas as cargas permanentes e variáveis consideradas no pré-dimensionamento da estrutura.

### Cargas Permanentes

#### Peso próprio

Para concreto comum, armado ou protendido  $\rho_c = 25 \text{ kN/m}^3$ .

Para estruturas metálicas =  $78,5 \text{ kN/m}^3$ .

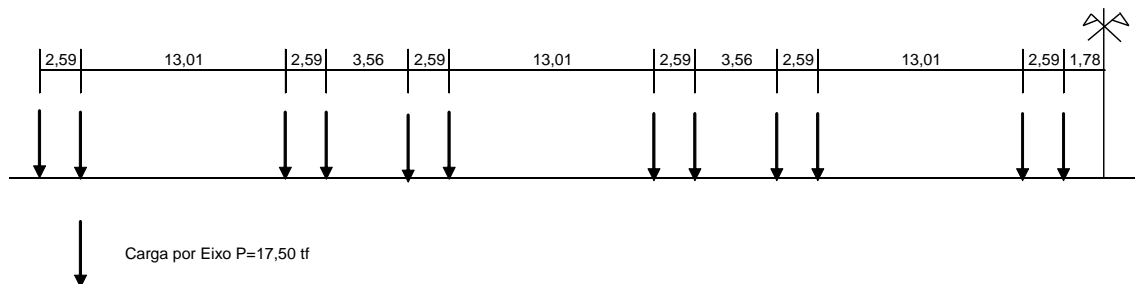
### Cargas Variáveis

Trem-tipo metroviário – segundo NC 03 – Companhia Metropolitano S. Paulo.

O trem tipo adotado neste item corresponde ao TT adotado para cálculo no viaduto do metrô de Salvador.

Segundo a NC03 - Companhia Metropolitano S. Paulo, na qual a carga do eixo é de  $P=175\text{kN}$ .

Características geométricas da composição metroviária:



Fator de impacto:

Coefficiente de impacto  $\rho = 0,001 ( 1600 - 60 l^{1/2} + 2,25 l ) > 1,20$ .

- Para 30 m -  $\rho\rho = 1,34$

Carga concentrada considerando os coeficientes de ponderação das cargas verticais:

$$Q_{NC03} = P_{NC03} * CIV = 87.5 \times 1.34 = 117,25\text{kN}$$

Carga concentrada por eixo considerando os coeficientes de ponderação das cargas verticais:

$$Q_{NC03\_ex} = 2 * Q_{NC03} = 2 * 117,25 = 234.3\text{kN}$$

Força de Frenagem e Aceleração - segundo NC 03 – Companhia Metropolitano S. Paulo.

Segundo a NC03 - Companhia Metropolitan S. Paulo, na qual a carga do eixo é de  $P=175\text{kN}$ .

- aceleração máxima de partida =  $1,12\text{ m/s}^2$ .

- frenagem máxima de emergência =  $1,50\text{ m/s}^2$ .

Em se tratando de duas vias e considerando apenas as solicitações devidas à frenagem:

- $H / \text{eixo} = 1,50 / 9,81 \times 175$  (carga por eixo) =  $26,76\text{ kN} / \text{eixo}$ .

Para o comprimento de um carro =  $21,75\text{m}$ , temos uma carga equivalente por metro linear igual a

- $H / \text{m} = 26,76\text{ kN} / \text{eixo} \times 4 \text{ eixos} / 21,75\text{ m} = 9,84\text{ kN} / \text{m}$

As cargas apresentadas são consideradas sem impacto vertical.

Força Centrífuga. - segundo NC 03 – Companhia Metropolitan S.Paulo

Força avaliada em percentagem igual a 9% da carga móvel, por eixo, com impacto vertical, atuando no centro de gravidade do trem, considerado a  $1,60\text{m}$  do topo do boleto.

Temperatura

$$\Delta T = \pm 15^\circ\text{C}$$

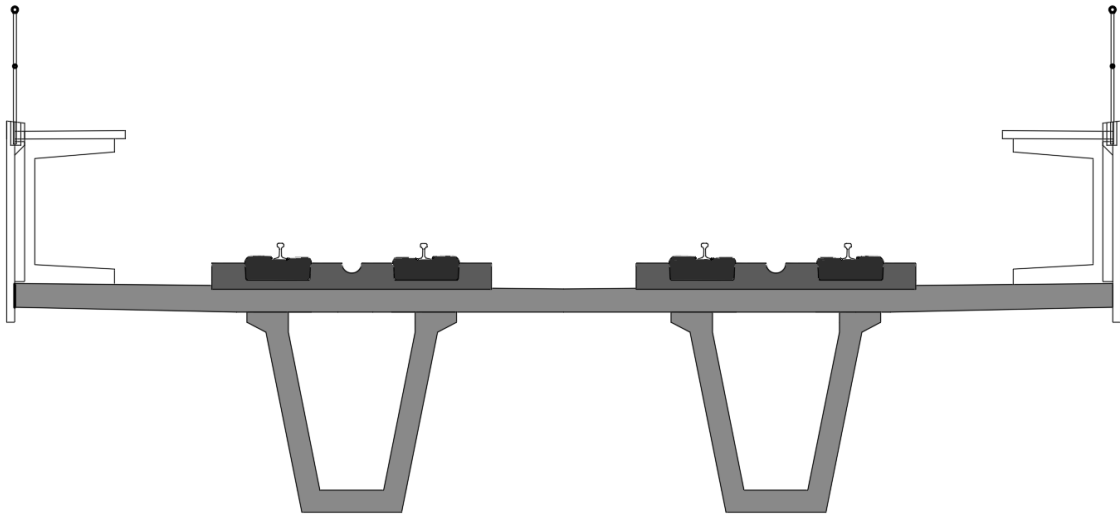
Vento

Forças devidas ao vento em Edificações - NBR 6123:1988

Vento:  $0,8\text{ kN/m}^2$

### **5.12.2.2 Verificação da superestrutura**

A seguir é apresentada a seção transversal considerando as vigas em concreto protendido.



**Seção transversal dos vãos típicos considerando as vigas em concreto protendido.**

A seguir são apresentados os carregamentos atuantes na superestrutura em concreto:

Peso próprio da laje = 2063 kN

Peso próprio das vigas longarinas = 1790kN

Peso próprio das vigas transversinas = 58kN

Peso de BVB = 1170kN

Peso da estrutura para passagem de emergência = 62kN

Carga permanente de 1 vão = 5.143 kN

Multidão na passagem de emergência = 300kN

Carga móvel (trem-tipo metroviário – NC03) sobre 1 vão (2 vias) = 2.314 kN (com impacto)

Carga de 1 vão = 7.757 kN

**5.12.2.2.1 Verificação da Laje**

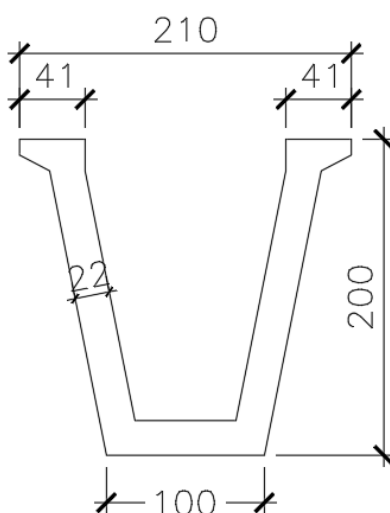
A laje do tabuleiro com altura de 25 cm e largura de 11 m, absorve os esforços das solicitações da via de baixa vibração, estrutura e carga de multidão da passagem de emergência e a o próprio veículo metroviário.

O máximo momento solicitante de cálculo sobre a laje é de 65 kN.m/m, inferior ao máximo momento resistente da laje de concreto armado.

**5.12.2.2.2 Verificação das Vigas em concreto protendido**

As vigas em concreto protendido estão ligadas por 2 transversinas de apoio. As vigas suportam a laje de concreto armado, sendo a transmissão dos esforços da superestrutura para a mesoestrutura feita por aparelhos de apoio de neoprene fretado.

A seguir é apresentada a seção transversal das vigas em concreto protendido.



A seguir são apresentadas as Características geométricas da seção transversal das vigas em concreto protendido.

Características geométricas	
Altura	2,0 m
Área	1,09 m <sup>2</sup>
Y inf	0,65 m
Y sup	1,35 m
Inércia	0,543 m <sup>4</sup>
W inf	0,841 m <sup>3</sup>
W sup	0,401 m <sup>3</sup>

A seguir são apresentadas as solicitações, no meio do vão, nas vigas em concreto protendido.

Solicitações (kN.m)	
Peso Próprio da viga	2.879
Peso da laje	3.867
Peso do Low Vibration Track	2.106
Estrut Met - pass emerg	116
Multidão - pass emerg	563
Carga móvel	5.599

Máximo momento positivo: 21.350 kN.m

Com o braço de alavanca da seção transversal em 1,9m, resultando na força longitudinal atuante de 11.237 kN.

A área de armadura protendida necessária para conter o esforço de tração na seção é de 84 cm<sup>2</sup>, equivalente a 60 cordoalhas de 15,2 mm, considerando o aço CP-190-RB.

Com 4 cabos com 15 cordoalhas de 15,2 mm, o qual o esforço exercido pela protensão é de até 14.364 kN.

Tensões (MPa)	$\sigma$ inf	$\sigma$ sup	$\sigma$ sup'
Peso Próprio da viga	-3,4	7,2	
Protensão após perdas iniciais	16,5	-3,2	
Peso da laje	-4,6	9,7	
Peso do Low Vibration Track	-1,8	0,4	0,7
Estrut Met - pass emerg	-0,1	0,0	0,0
Multidão - pass emerg	-0,5	0,1	0,2
Carga móvel	-4,7	1,2	1,9
Somatório das solicitações antes das perdas lentas	1,5	15,4	2,8
Perdas lentas	-2,3	-0,2	0,1
Somatório das solicitações após das perdas lentas	-0,8	15,2	2,9

As tensões atuantes na viga são inferiores às tensões de resistência para a seção considerada.

### 5.12.2.3 Verificação das travessas

A seguir são apresentadas as verificações da travessa sobre o pilar central.

#### 5.12.2.3.1 Verificação da travessa sobre o Pilar central

A seguir é apresentada a verificação da travessa sobre o pilar central.

Abaixo são apresentados os carregamentos atuantes na travessa sobre o pilar central:

Peso próprio da laje = 2063 kN

Peso próprio das vigas longarinas = 1790kN

Peso próprio das vigas transversinas = 58kN

Peso de BVB = 1170kN

Peso da estrutura para passagem de emergência = 62kN

Carga permanente de 1 vão = 5.143 kN

Multidão na passagem de emergência = 300kN

Carga móvel (trem-tipo metroviário – NC03) sobre 1 vão (2 vias) = 2.314 kN (com impacto)

Carga de 1 vão = 7.757 kN

Carga majorada sobre a travessa central:

$$1,4 \times 5.143 \text{ kN} + 1,5 \times 2.714 \text{ kN} = 11.271 \text{ kN}$$

A seguir é apresentada a verificação da travessa sobre o pilar central quanto ao cisalhamento.

$$V_d = 11.271 \text{ kN}$$

$$\square w_d = 11.271 \text{ kN} / b / d = 11.271 \text{ kN} / 430 \text{ cm} / 200 \text{ cm} = 1,31 \text{ MPa}$$

$$\square \text{lim} = 0,15 * f_{cd} = 0,15 * 35 \text{ MPa} / 1,4 = 3,75 \text{ MPa}$$

#### 5.12.2.4 Verificação dos Pilares

A seguir são apresentadas as verificações do pilar central.

##### 5.12.2.4.1 Verificação do Pilar central

A seguir é apresentada a verificação do pilar central.

Carga de 1 vão = 7.757 kN

Peso próprio das travessas = 550 kN

Peso próprio do pilar = 638 kN

Carga na base do pilar: 8.945 kN

Tensão na base do pilar =  $8.945 \text{ kN} / 2,27 \text{ m}^2 = 3.941 \text{ kN/m}^2 = 3,94 \text{ MPa}$

### 5.12.2.5 Fundações

#### 5.12.2.5.1 Fundações para o pilar central

A seguir são apresentadas as verificações das fundações do pilar central do viaduto Campinas.

#### 5.12.2.5.2 Peso próprio da superestrutura:

A seguir são apresentados os carregamentos da superestrutura:

Peso próprio da laje = 2063 kN

Peso próprio das vigas longarinas = 1790kN

Peso próprio das vigas transversinas = 58kN

Peso de BVB = 1170kN

Peso da estrutura para passagem de emergência = 62kN

Carga permanente de 1 vão = 5.143 kN

Multidão na passagem de emergência = 300kN

Carga móvel (trem-tipo metroviário – NC03) sobre 1 vão (2 vias) = 1.727 kN (sem impacto)

Carga de 1 vão = 7.170 kN

#### 5.12.2.5.3 Peso próprio da mesoestrutura:

A seguir são apresentados os carregamentos da mesoestrutura:

Peso próprio das travessas =550 kN

Peso próprio do pilar = 638 kN

#### 5.12.2.5.4 Carga na base dos pilares:

A seguir são apresentados os carregamentos na base dos pilares:

Carga vertical na base do pilar: 8.358 kN

Momento na base do pilar devido à aceleração e à frenagem=  $258 \text{ kN} \times h_{\text{pilar}} = 2900\text{kN.m}$

Momento na base do pilar devido à força centrífuga = 1956kN.m

Peso do bloco de fundação = 1.568 kN

Carga vertical no topo das estacas =  $9.926 \text{ kN} + 2900\text{kN.m}/2,4\text{m} + 1956\text{kN.m}/2,4\text{m} = 11.949\text{kN}$

Capacidade de 4 estacas Wirth  $\Phi$  80 cm = 16.400 kN

A carga atuante sobre o conjunto de 4 estacas Wirth  $\Phi$  80 cm é inferior à sua capacidade de carga.

#### Introdução

A seguir será apresentada a memória de cálculo de fundações das Obras de Arte Especiais do Tramo 3 Linha 1 do Metro de Salvador.

#### *5.12.2.5.5 Subsolo local*

Para investigação do perfil de solo conta-se com 19 Sondagens a Percussão e 8 Sondagens Mistas, 11 sondagens localizadas nas proximidades das OAEs e as restantes em sua maioria afastadas a mais de 100m do eixo de projeto. A Tabela mostra as sondagens disponíveis para análise.

Sondagens Tramo 3 Linha 1 Metro de Salvador

Nº	Nome	Data Ensaio	Coordenadas		Prof. N.A.	Prof. Sond.	Prof. Solo	Critério Parada / RQD Médio	Obra
			E	N					
1	SP-01	23/05/2014	558279	8572315	NE	10,45	10,45	Cliente	OAE 2
2	SP-02	21/05/2014	558425	8572363	NE	10,45	10,45	Cliente	OAE 2
3	SP-03	22/05/2014	559773	8574304	NE	6,45	6,45	Cliente	OAE 4
4	SP-04	23/05/2014	559863	8574445	6,28	8,45	8,45	Cliente	OAE 4
5	SP-05	26/05/2014	559970	8574586	7,32	11,45	11,45	Cliente	OAE 4
6	SP-06	22/05/2014	558156	8572039	NE	10,45	10,45	Cliente	OAE 1
7	SM-02	31/01/2014	560091	8574409	NE	26,19	24,69	Gnaisse-RQD 89%	OAE 4/5
8	SM-03	20/01/2014	560195	8574558	NE	13,57	10,57	Gnaisse-RQD 48%	OAE 4/5
9	SM-04	05/02/2014	560205	8574709	NE	24,15	24,15	Impenetrável	OAE 4/5
10	SP-01	20/05/2015	560093	8574550	NE	11,26	11,26	Impenetrável	OAE 4
11	SP-02	19/05/2015	560221	8574536	NE	12,36	12,36	Impenetrável	OAE 4/5
12	SP-03	19/05/2015	560292	8574477	NE	9,51	9,51	Impenetrável	OAE 5
13	SP-04	06/05/2015	560392	8574404	NE	7,45	7,45	Impenetrável	OAE 6
14	SP-05	15/05/2015	560505	8574171	NE	10,64	10,64	Impenetrável	OAE 7
15	SP-07	05/05/2015	560416	8574344	NE	3,15	3,15	Impenetrável	OAE 7
16	SM-08B	13/05/2015	560435	8574347	NE	24,51	18,51	Gnaisse-RQD 11%	OAE 7
17	SM-09	07/05/2015	560433	8574312	NE	27,47	21,47	Gnaisse-RQD 45%	OAE 7
18	SP-10	05/05/2015	560448	8574320	NE	8,45	8,45	Impenetrável	OAE 7
19	SP-11	13/05/2015	560447	8574281	NE	21,4	21,4	Impenetrável	OAE 7
20	SM-12	30/01/2015	560465	8574289	NE	28,86	24,36	Gnaisse-RQD 6%	OAE 7
21	SP-13	07/05/2015	560430	8574334	NE	6,45	6,45	Impenetrável	OAE 7
22	SP-14	11/05/2015	558453	8572320	5,86	11,38	11,38	Impenetrável	OAE 2
23	SM-15	29/05/2015	558487	8572319	NE	23,4	17,4	Gnaisse-RQD 28%	OAE 2/3
24	SM-16	19/05/2015	558452	8572303	1,91	20,64	14,64	Gnaisse-RQD 27%	OAE 2
25	SP-17	10/05/2015	558466	8572292	1,64	9,48	9,48	Impenetrável	OAE 2
26	SP-18	11/05/2015	558430	8572278	1,55	7,11	7,11	Impenetrável	OAE 2
27	SM-19	20/05/2015	558445	8572264	NE	17,7	13,2	Gnaisse-RQD 56%	OAE 2

As investigações de campo mostram de forma geral um subsolo caracterizado por uma camada de baixa a mediana compactidade com espessura média geral de 15.7m, seguido de alteração de rocha ou rocha gnaisse com RQD médio de 35%.

O nível d'água somente se encontra presente em 6 das 27 sondagens disponíveis, considerando-se, portanto, conservadoramente que o N.A. se encontra numa profundidade média de 4m.

#### 5.12.2.5.6 Memória de Cálculo do Anteprojeto das Fundações

As sondagens existentes da área de investigação indicaram que a espessura de solo não é suficiente para atender às cargas previstas para as estacas. Deve-se prever, neste estágio de projeto, a necessidade de perfuração em rocha.

Assim, o tipo de estaca mais adequado para este projeto é a estaca tubular metálica com pino Wirth.

A estaca camisa metálica com pino Wirth consiste no emprego de camisas metálicas, cravadas até a profundidade possível, estimada onde se obtém um  $N_{SPT} \sim 45$ . A partir desta profundidade, considerou-se o avanço por perfuração do residual muito compacto e da rocha.

A Figura a seguir mostra um esquema da estaca utilizada.

A cravação da camisa metálica será feita com martelo, o equipamento de perfuração tipo Wirth será instalado sobre a camisa, e a perfuratriz inserida no tubo. Realizada a perfuração com o equipamento Wirth até a profundidade prevista, é feita a limpeza do furo, introduzida a armadura da estaca e executada a concretagem.

### Observações

- Para dimensionamento do anteprojeto das estacas foi utilizado estaca tubular metálica  $\square 80$  cm e pino  $\square 70$  cm, com capacidade de carga de 410 tf,
- As estacas tubulares metálicas atingirão o impenetrável,
- Para dimensionamento do pino adotou-se o RQD médio de 35% em todas as OAEs.

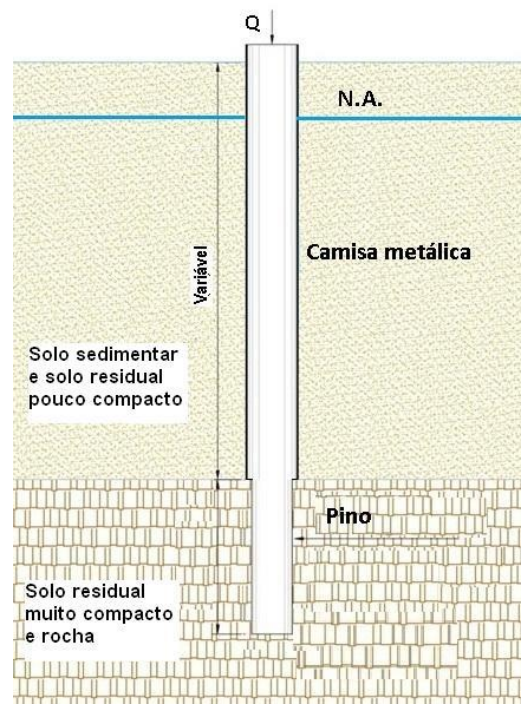
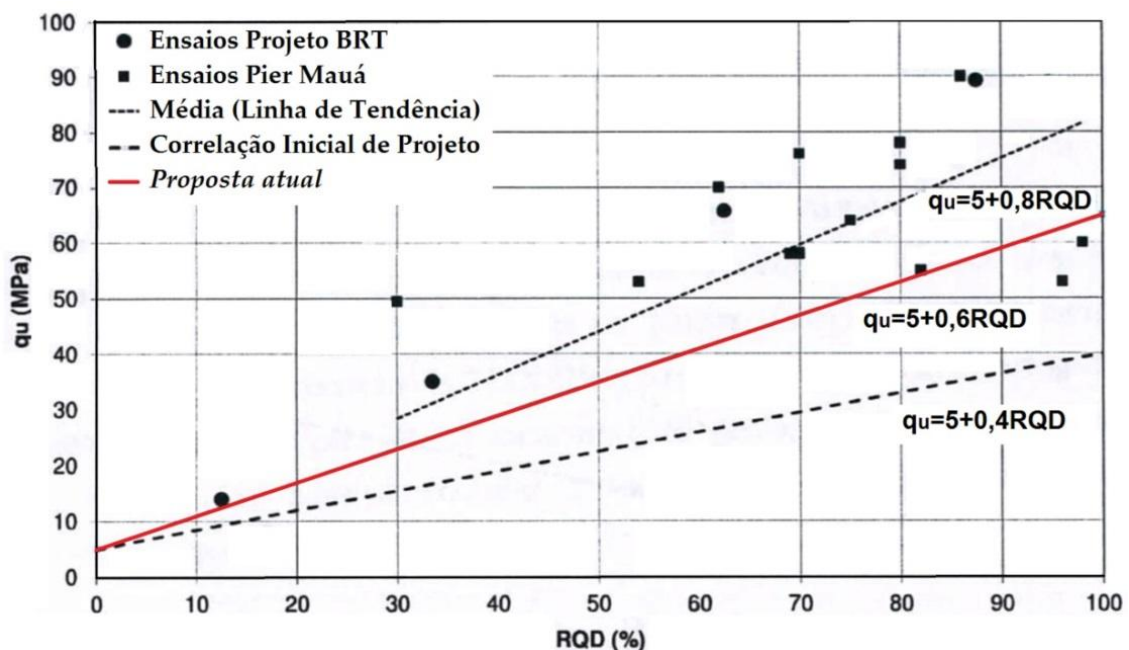


Ilustração da estaca com camisa metálica e pino Wirth.

### 5.12.2.5.7 Dimensionamento do Pino em Rocha

Para a previsão de comprimento das estacas com pino em rocha, será adotada a proposta de Juvêncio (2015)<sup>2</sup>, válida para rochas gnáissicas.

Segundo dados publicados pelo autor, a resistência à compressão axial máxima ( $q_u$ ) – correspondente a um RQD de 100% – pode ser adotada igual a 65 MPa. No caso de valores menores de RQD, esta resistência à compressão axial, será considerada proporcional ao RQD, considerando o valor mínimo de 5 MPa.



Variação de  $q_u$  com RQD (Juvêncio, 2015).

A resistência à compressão axial máxima ( $q_u$ ) pode ser calculada pela equação

$$q_u = 5 + 0,6 \times RQD \quad [\text{MPa}]$$

Conforme Figura 3.3, com base em resultados de Ensaios de Carregamento Dinâmico (ECDs), o autor propõe uma equação para estimativa da tensão cisalhante mobilizada máxima ( $\sigma_{m\acute{a}x}$ ) para aplicação em projetos de estacas embutidas em rocha gnáissica:

$$\tau_{\max} = \alpha \cdot (q_u)^\beta$$

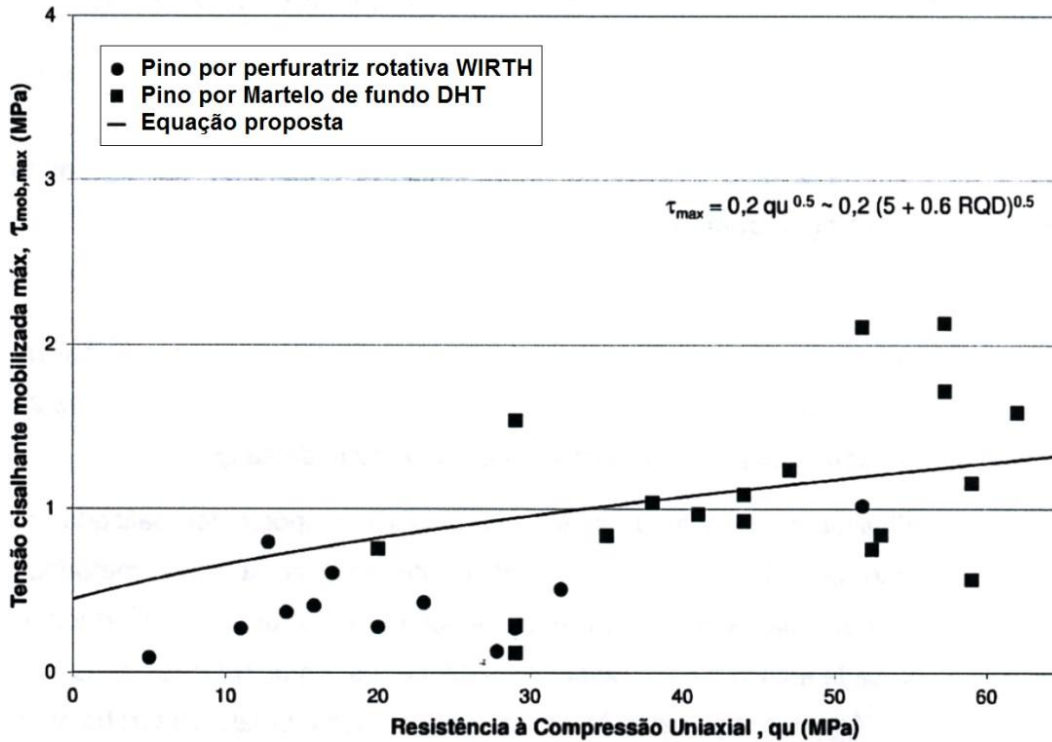
onde  $\alpha = 0,20$ ;  $\beta = 0,50$ .

<sup>2</sup> Juvêncio, E. L. (2015). Avaliação do comportamento de estacas parcialmente embutidas em rocha gnáissica. Tese de D.Sc., COPPE-UFRJ.

A tensão cisalhante admissível da rocha é calculada pela seguinte expressão:

$$\tau_{rocha-adm} = \tau_{m\acute{a}x} / 2,0$$

sendo 2,0 o Fator de Segurança.



Tensão cisalhante mobilizada máxima em ECDs vs resistência à compressão uniaxial (Juvêncio, 2015).

A tensão cisalhante admissível na estaca não pode ser superior à tensão cisalhante admissível do concreto dada por:

$$\tau_{concreto-adm} = 0,05 \cdot f_{ck}$$

O comprimento do pino em rocha será dado por:

$$L_{pino} = \frac{Q_{ser}}{\pi \cdot D \cdot \tau_{adm}}$$

onde

$Q_{ser}$  = carga de serviço;

$D$  = diâmetro da estaca;

$\tau_{adm}$  = menor valor entre as tensões cisalhantes admissíveis do concreto e da rocha.

#### 5.12.2.5.8 Resultados

A tabela mostra resultado dos comprimentos adotados para projeto conceitual de cada OAE.

Tabela 4.1 – Comprimentos de estacas OAEs

Projeto	Comprimento médio [m]		
	Em solo	Em rocha	Total
OAE-01: Viaduto Pirajá	12	4	16
OAE-02: Trecho elevado junto Est. Campinas	15	4	19
OAE-03: PI Poto Seco	20	4	24
OAE-04: Viaduto Aguas Claras	16	4	20
OAE-05: PI Aguas Claras	24	4	28
OAE-06: PI p/pedestres	14	4	18
OAE-07: Viaduto Rabicho de manobra <sup>(1)</sup>	41	4	45

(1). Aterro Sanitario (30m) + Solo (11)

Em anexo mostra-se a locação das sondagens utilizadas para análise.

#### 5.12.2.5.9 Considerações finais

Deverão ser programadas para Projeto Básico sondagens complementares para aferição dos comprimentos das estacas em solo para cada uma das OAEs e se haverá necessidade de adicionar pino. Caso seja verificado que não há necessidade de pino será definido o comprimento de cravação da estaca tubular metálica  $\square$ 80cm para suporte das OAEs.

### 5.12.3 OAE 04 - Viaduto Águas Claras – Memória de Cálculo

O objetivo do presente memorial de cálculo é justificar as dimensões dos principais elementos estruturais que compõem o viaduto de Águas Claras, no tramo 3 da linha 1 do metrô de Salvador, através de pré-dimensionamentos e verificações das estruturas adotadas.

#### **Descrição e geometria da obra**

O Viaduto de Águas Claras, localizado entre as estações Campinas e Águas Claras, transpõe a BR-324, em um trecho aproximado de 90 m, do P94 ao P96. O viaduto possui 59 vãos de 20m a 40m de comprimento e 11m de largura, sendo os 3 vãos sobre a rodovia em superestrutura mista, vigas V metálicas e laje de concreto armado, e para o apoio destas, pórticos com travessa metálica de 40m comprimento, capaz de vencer a rodovia existente sem interferir no tráfego local e os demais vãos em superestrutura de concreto armado e protendido.

Os vãos típicos em concreto, são formados por duas vigas pré-moldadas protendidas, seção em V, com 2 m de altura, com transversinas de apoio nas extremidades dos tabuleiros.

As superestruturas de concreto apoiam-se travessas de apoio são em concreto armado, altura de 2,15 m, e largura variando de 4,3m a 7,3m. Os pilares, únicos e centrados em relação às travessas, têm seção circular constante e igual a 1,70 m, com altura de até 12,5m.

As lajes do tabuleiro, com 25 cm de espessura, são em concreto armado, formadas por pré-laje treliçada com nichos especialmente locados para permitir a solidarização com a 2ª concretagem.

Cada tabuleiro comporta duas vias com trilhos distantes 4,25 m entre seus eixos e ligados à laje através da via de baixa vibração (VBV). Nas laterais dos tabuleiros estão situadas as passarelas de emergência.

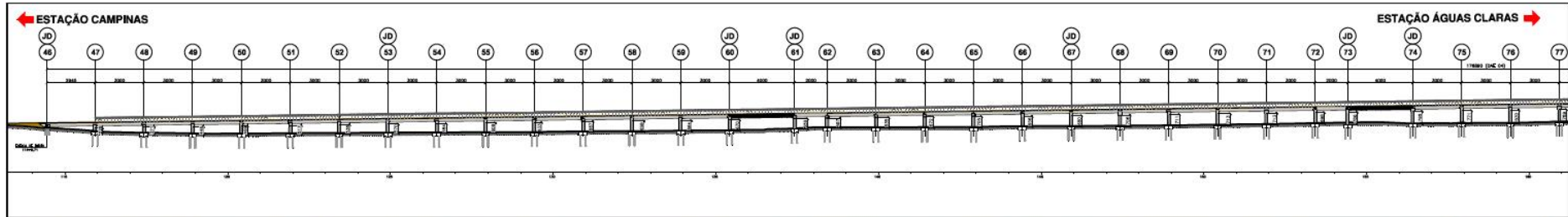
As juntas de dilatação localizam-se em um intervalo aproximado de 7 vãos, dependendo das alturas dos pilares para a transferência de esforços horizontais para as fundações.

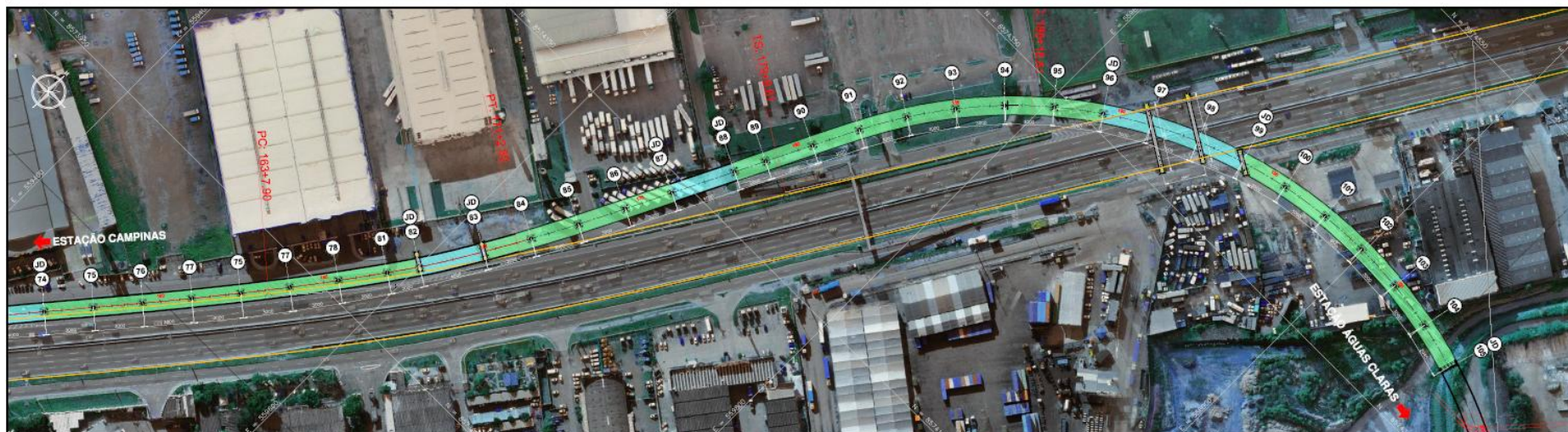
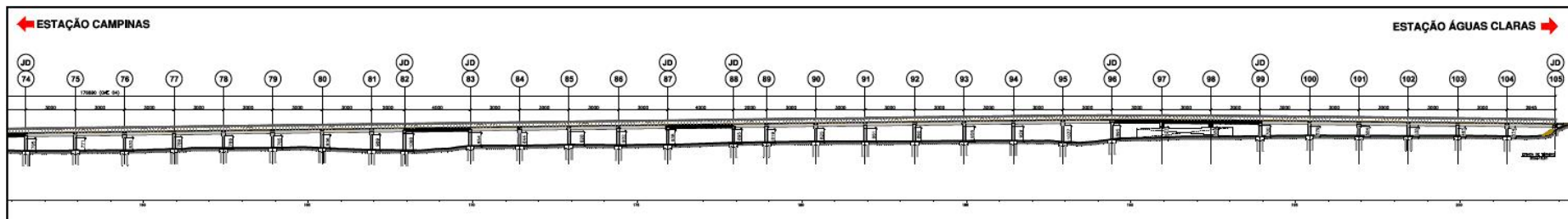
As vigas longarinas apoiam-se sobre aparelhos de apoio em neoprene fretado, com dimensões compatíveis com as cargas a eles transmitidas.

Os blocos de fundação apresentam dimensões adequadas para transmitir as cargas dos pilares às estacas de fundação, prevendo-se a utilização de estacas Wirth com diâmetro de 80 cm em solo e 70 cm em rocha.

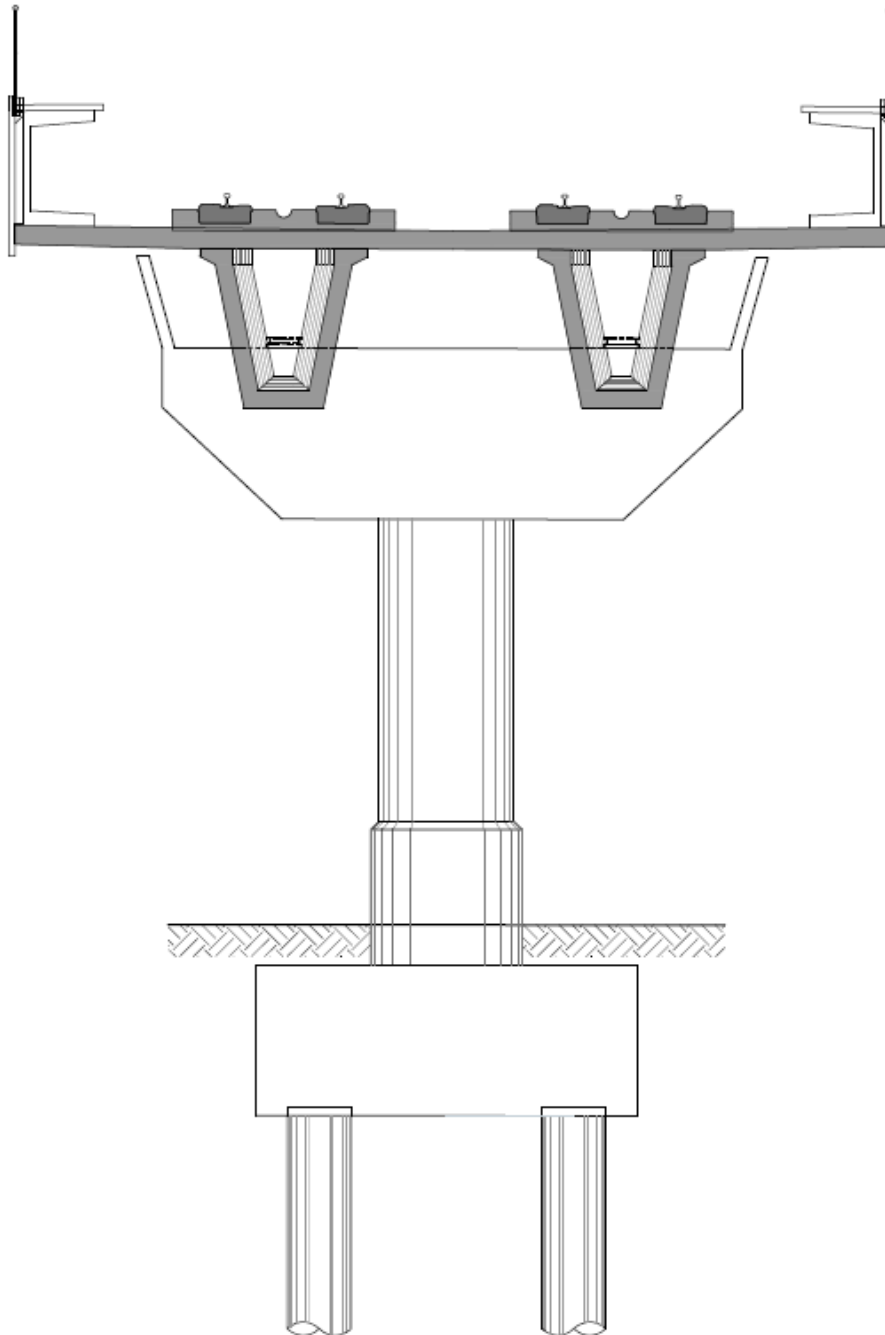
Este viaduto é considerado em região com Classe de Agressividade II.

A seguir é apresentada a planta e a elevação do Viaduto Águas Claras.





Na Figura a seguir é apresentada a meso e infraestrutura, seção transversal do apoio dos vãos típicos, considerando as vigas V em concreto protendido. A meso estrutura é composta pela travessa que recebe as cargas da superestrutura e o pilar circular que transmite os esforços à fundação.



**Seção transversal do apoio dos vãos típicos considerando as vigas em concreto protendido.**

### 5.12.3.1 Critérios de Projeto

O projeto foi elaborado seguindo as normas da ABNT em vigor e o trem tipo considerado foi o da Linha 2 do Metropolitano de São Paulo (NC03 - Companhia Metropolitano S. Paulo), com cargas de 17,5 tf por eixo. A seguir são apresentadas as cargas permanentes e variáveis consideradas no pré-dimensionamento da estrutura.

Cargas Permanentes

Peso próprio

Para concreto comum, armado ou protendido  $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$ .

Para estruturas metálicas =  $78,5 \text{ kN/m}^3$ .

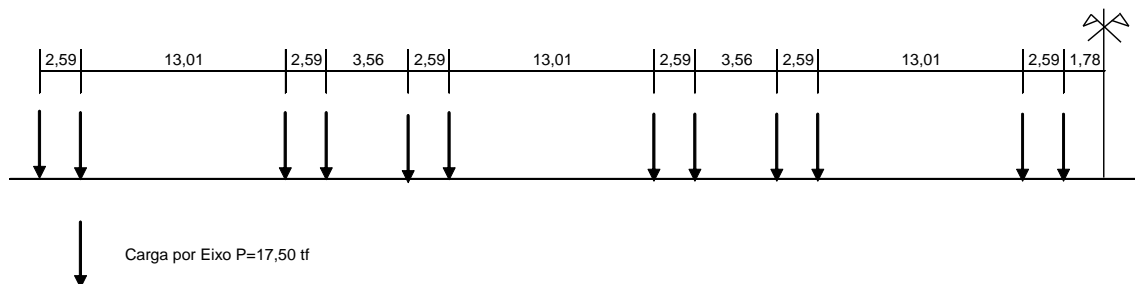
Cargas Variáveis

Trem-tipo metroviário – segundo NC 03 – Companhia Metropolitano S. Paulo.

O trem tipo adotado neste item corresponde ao TT adotado para cálculo no viaduto do metrô de Salvador.

Segundo a NC03 - Companhia Metropolitano S. Paulo, na qual a carga do eixo é de  $P=175\text{kN}$ .

Características geométricas da composição metroviária:



Fator de impacto:

Coefficiente de impacto  $\square = 0,001 ( 1600 - 60 l^{1/2} + 2,25 l ) > 1,20$ .

- Para 20 m -  $\square\square = 1,38$
- Para 30 m -  $\square\square = 1,34$
- Para 40 m -  $\square\square = 1,31$

Carga concentrada considerando os coeficientes de ponderação das cargas verticais:

- Para 20 m -  $Q_{NC03} = P_{NC03} * CIV = 87,5 \times 1,38 = 120,5\text{kN}$
- Para 30 m -  $Q_{NC03} = P_{NC03} * CIV = 87,5 \times 1,34 = 117,25\text{kN}$
- Para 40 m -  $Q_{NC03} = P_{NC03} * CIV = 87,5 \times 1,31 = 114,6\text{kN}$

Carga concentrada por eixo considerando os coeficientes de ponderação das cargas verticais:

- Para 20 m -  $Q_{NC03\_ex} = 241\text{kN}$
- Para 30 m -  $Q_{NC03\_ex} = 234.3\text{kN}$
- Para 40 m -  $Q_{NC03\_ex} = 229.3\text{kN}$

Força de Frenagem e Aceleração - segundo NC 03 – Companhia Metropolitana S. Paulo.

Segundo a NC03 - Companhia Metropolitana S. Paulo, na qual a carga do eixo é de  $P=175\text{kN}$ .

- aceleração máxima de partida =  $1,12\text{ m/s}^2$ .

- frenagem máxima de emergência =  $1,50\text{ m/s}^2$ .

Em se tratando de duas vias e considerando apenas as solicitações devidas à frenagem:

- $H / \text{eixo} = 1,50 / 9,81 \times 175$  (carga por eixo) =  $26,76\text{ kN/ eixo}$ .

Para o comprimento de um carro =  $21,75\text{m}$ , temos uma carga equivalente por metro linear igual a

- $H / \text{m} = 26,76\text{ kN/ eixo} \times 4 \text{ eixos} / 21,75\text{ m} = 9,84\text{ kN / m}$

As cargas apresentadas são consideradas sem impacto vertical.

**Força Centrífuga.** - segundo NC 03 – Companhia Metropolitana S.Paulo

Força avaliada em percentagem igual a 9% da carga móvel, por eixo, com impacto vertical, atuando no centro de gravidade do trem, considerado a  $1,60\text{m}$  do topo do boleto.

### Temperatura

$$\Delta T = \pm 15^\circ\text{C}$$

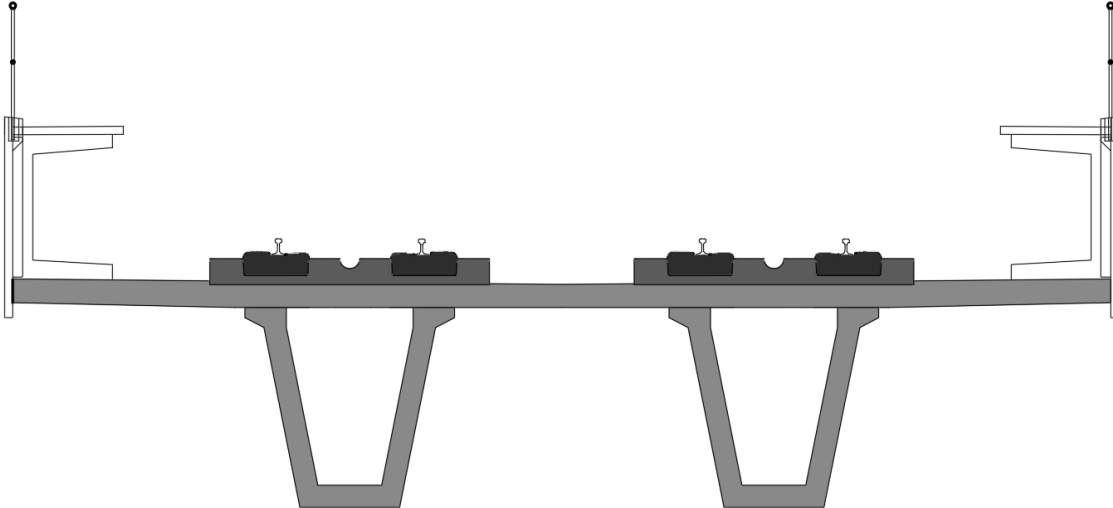
### Vento

Forças devidas ao vento em Edificações - NBR 6123:1988

Vento:  $0,8\text{ kN/m}^2$

### 5.12.3.2 Verificação da superestrutura

A seguir é apresentada a seção transversal considerando as vigas em concreto protendido.



**Seção transversal dos vãos típicos considerando as vigas em concreto protendido.**

A seguir são apresentados os carregamentos atuantes na superestrutura em concreto:

Peso próprio da laje = 2063 kN

Peso próprio das vigas longarinas = 1790kN

Peso próprio das vigas transversinas = 58kN

Peso de BVB = 1170kN

Peso da estrutura para passagem de emergência = 62kN

Carga permanente de 1 vão = 5.143 kN

Multidão na passagem de emergência = 300kN

Carga móvel (trem-tipo metroviário – NC03) sobre 1 vão (2 vias) = 2.314 kN (com impacto)

Carga de 1 vão = 7.757 kN

#### 5.12.3.2.1 Verificação da Laje

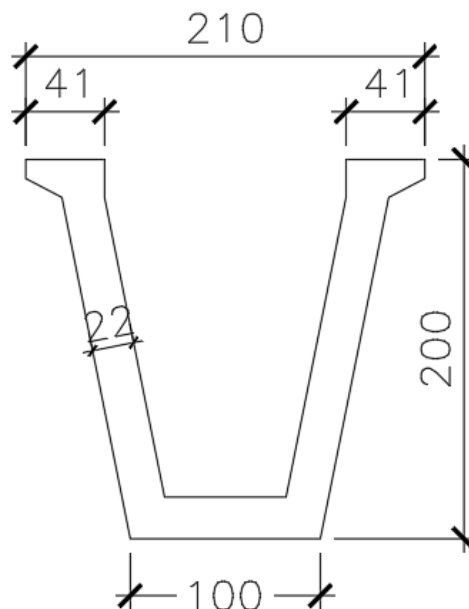
A laje do tabuleiro com altura de 25 cm e largura de 11 m, absorve os esforços das solicitações da via de baixa vibração, estrutura e carga de multidão da passagem de emergência e a o próprio veículo metroviário.

O máximo momento solicitante de cálculo sobre a laje é de 65 kN.m/m, inferior ao máximo momento resistente da laje de concreto armado.

#### 5.12.3.2.2 Verificação das Vigas em concreto protendido

As vigas em concreto protendido, apresentadas na Figura da seção transversal, estão ligadas por 2 transversinas de apoio. As vigas suportam a laje de concreto armado, sendo a transmissão dos esforços da superestrutura para a mesoestrutura feita por aparelhos de apoio de neoprene fretado.

A seguir é apresentada a seção transversal das vigas em concreto protendido.



A seguir são apresentadas as Características geométricas da seção transversal das vigas em concreto protendido.

Características geométricas	
Altura	2,0 m
Área	1,09 m <sup>2</sup>
Y inf	0,65 m
Y sup	1,35 m
Inércia	0,543 m <sup>4</sup>
W inf	0,841 m <sup>3</sup>
W sup	0,401 m <sup>3</sup>

### 5.12.3.2.3 Vigas protendidas para os vãos de 30m

A seguir é apresentada a verificação para as vigas em concreto protendido para o vão de 30m.

A seguir são apresentadas as solicitações, no meio do vão, nas vigas em concreto protendido.

Solicitações (kN.m)	
Peso Próprio da viga	2.879
Peso da laje	3.867
Peso do Low Vibration Track	2.106
Estrut Met - pass emerg	116
Multidão - pass emerg	563
Carga móvel	5.599

Máximo momento positivo: 21.350 kN.m

Com o braço de alavanca da seção transversal em 1,9m, resultando na força longitudinal atuante de 11.237 kN.

A área de armadura protendida necessária para conter o esforço de tração na seção é de 84 cm<sup>2</sup>, equivalente a 60 cordoalhas de 15,2 mm, considerando o aço CP-190-RB.

Com 4 cabos com 15 cordoalhas de 15,2 mm, o qual o esforço exercido pela protensão é de até 14.364 kN.

Tensões (MPa)	$\sigma$ inf	$\sigma$ sup	$\sigma$ sup'
Peso Próprio da viga	-3,4	7,2	
Protensão após perdas iniciais	16,5	-3,2	
Peso da laje	-4,6	9,7	
Peso do Low Vibration Track	-1,8	0,4	0,7

Estrut Met - pass emerg	-0,1	0,0	0,0
Multidão - pass emerg	-0,5	0,1	0,2
Carga móvel	-4,7	1,2	1,9
Somatório das solicitações antes das perdas lentas	1,5	15,4	2,8
Perdas lentas	-2,3	-0,2	0,1
Somatório das solicitações após das perdas lentas	-0,8	15,2	2,9

#### 5.12.3.2.4 Vigas protendidas para os vãos de 20m

A seguir é apresentada a verificação para as vigas em concreto protendido para o vão de 20m.

A seguir são apresentadas as solicitações, no meio do vão, nas vigas em concreto protendido.

Solicitações (kN.m)	
Peso Próprio da viga	1.280
Peso da laje	1.719
Peso do Low Vibration Track	936
Estrutura - pass emerg	52
Multidão - pass emerg	250
Carga móvel	2.489

Máximo momento positivo: 9.489 kN.m

Com o braço de alavanca da seção transversal em 1,9m, resultando na força longitudinal atuante de 1.994 kN.

A área de armadura protendida necessária para conter o esforço de tração na seção é de 34 cm<sup>2</sup>, equivalente a 24 cordoalhas de 15,2 mm, considerando o aço CP-190-RB.

Com 4 cabos com 7 cordoalhas de 15,2 mm, o qual o esforço exercido pela protensão é de até 6.703 kN.

Tensões (MPa)	$\sigma$ inf	$\sigma$ sup	$\sigma$ sup'
Peso Próprio da viga	-1,5	3,2	
Protensão após perdas iniciais	7,7	-1,5	
Peso da laje	-2,0	4,3	
Peso do Low Vibration Track	-0,8	0,2	0,3
Estrutura - pass emerg	-0,0	0,0	0,0
Multidão - pass emerg	-0,2	0,1	0,1
Carga móvel	-2,1	0,5	0,8
Somatório das solicitações antes das perdas lentas	1,0	6,8	1,3
Perdas lentas	-1,1	-0,1	0,0
Somatório das solicitações após das perdas lentas	-0,0	6,7	1,3

As tensões atuantes na viga são inferiores às tensões de resistência para a seção considerada.

#### 5.12.3.2.5 Verificação das Vigas Metálicas ( $L=30m$ )

Os vãos sobre a rodovia BR-324 são em estrutura mista, vigas metálicas com laje de concreto.

A seguir são apresentadas as tensões atuantes na estrutura mista.

Aço	$\sigma_{sup}$	196	MPa
	$\sigma_{inf}$	285	MPa
	$\sigma_w$	46	MPa
Concreto	$\sigma_c$	8	MPa

As tensões atuantes na estrutura são inferiores às tensões de resistência para a seção considerada.

#### 5.12.3.2.6 Verificação das Vigas Metálicas ( $L=40m$ )

Os vãos sobre a rodovia BR-324 são em estrutura mista, vigas metálicas com laje de concreto.

A seguir são apresentadas as tensões atuantes na estrutura mista.

Aço	$\sigma_{sup}$	265	MPa
	$\sigma_{inf}$	274	MPa
	$\sigma_w$	62	MPa
Concreto	$\sigma_c$	11	MPa

As tensões atuantes na estrutura são inferiores às tensões de resistência para a seção considerada.

### 5.12.3.3 Verificação das travessas

A seguir são apresentadas as verificações da travessa sobre o pilar central, da travessa metálica sobre a rodovia BR-324 e da travessa de concreto que compõe o pórtico.

#### 5.12.3.3.1 Verificação da travessa sobre o Pilar central

A seguir é apresentada a verificação da travessa sobre o pilar central.

Abaixo são apresentados os carregamentos atuantes na travessa sobre o pilar central:

Peso próprio da laje = 2063 kN

Peso próprio das vigas longarinas = 1790kN

Peso próprio das vigas transversinas = 58kN

Peso de BVB = 1170kN

Peso da estrutura para passagem de emergência = 62kN

Carga permanente de 1 vão de 30m = 5.143 kN

Multidão na passagem de emergência = 300kN

Carga móvel (trem-tipo metroviário – NC03) sobre 1 vão (2 vias) = 2.314 kN (com impacto)

Carga de 1 vão de 30 m = 7.757 kN

Peso próprio da laje = 2750 kN

Peso próprio das vigas metálicas (40m) = 1430kN

Peso de BVB = 1560kN

Peso da estrutura para passagem de emergência = 83kN

Carga permanente de 1 vão de 40m = 5.823 kN

Multidão na passagem de emergência = 400kN

Carga móvel (trem-tipo metroviário – NC03) sobre 1 vão (2 vias) = 3.085 kN (com impacto)

Carga de 1 vão de 40 m = 9.308 kN

Carga majorada sobre a travessa central: 12.250 kN

A seguir é apresentada a verificação da travessa sobre o pilar central quanto ao cisalhamento.

$$V_d = 12.250 \text{ kN}$$

$$\tau_{wd} = 12.250 \text{ kN} / b / d = 12.250 \text{ kN} / 430 \text{ cm} / 200 \text{ cm} = 1,42 \text{ MPa}$$

$$\tau_{lim} = 0,15 * f_{cd} = 0,15 * 35 \text{ MPa} / 1,4 = 3,75 \text{ MPa}$$

As tensões atuantes na travessa são inferiores às tensões de resistência para a seção considerada.

#### *5.12.3.3.2 Verificação da travessa metálica do pórtico sobre a rodovia*

A seguir é apresentada a verificação da travessa metálica sobre a rodovia BR-324.

Abaixo são apresentados os carregamentos atuantes na travessa metálica sobre a rodovia BR-324.

Peso próprio da laje = 2063 kN

Peso próprio das vigas longarinas metálicas = 1.070 kN

Peso de BVB = 1170kN

Peso da estrutura para passagem de emergência = 62kN

Peso da travessa metálica – aço= 836 kN

Peso da travessa metálica – concreto = 55 kN

Peso da travessa metálica = 891 kN

Carga permanente de 1 vão = 5.256kN

Multidão na passagem de emergência = 300kN

Carga móvel (trem-tipo metroviário – NC03) sobre 1 vão (2 vias) = 2.314 kN (com impacto)

Carga de 1 vão = 7.870 kN

O máximo momento solicitante de cálculo na travessa é de 102.184 kN.m, inferior ao momento resistente para a seção da travessa metálica utilizada.

As tensões atuantes na travessa são inferiores às tensões de resistência para a seção considerada.

#### 5.12.3.3.3 Verificação da travessa do pórtico

A seguir é apresentada a verificação da travessa em concreto que compõe o pórtico.

Abaixo são apresentados os carregamentos atuantes na travessa de concreto.

Peso próprio da laje = 2063 kN

Peso próprio das vigas longarinas = 1790kN

Peso próprio das vigas transversinas = 58kN

Peso de BVB = 1170kN

Peso da estrutura para passagem de emergência = 62kN

Carga permanente de 1 vão de 30m = 5.143 kN

Multidão na passagem de emergência = 300kN

Carga móvel (trem-tipo metroviário – NC03) sobre 1 vão (2 vias) = 2.314 kN (com impacto)

Carga de 1 vão de 30 m = 7.757 kN

Peso próprio da laje = 2750 kN

Peso próprio das vigas metálicas (40m) = 1430kN

Peso de BVB = 1560kN

Peso da estrutura para passagem de emergência = 83kN

Carga permanente de 1 vão de 40m = 5.823 kN

Multidão na passagem de emergência = 400kN

Carga móvel (trem-tipo metroviário – NC03) sobre 1 vão (2 vias) = 3.085 kN (com impacto)

Carga de 1 vão de 40 m = 9.308 kN

Carga majorada sobre a travessa central: 12.250 kN

A seguir é apresentada a verificação da travessa quanto à flexão.

$$M_d = 34.269 \text{ kN}$$

O máximo momento solicitante de cálculo sobre a travessa é de 34.269 kN.m/m, inferior ao máximo momento resistente da seção considerada para a travessa de concreto armado.

A seguir é apresentada a verificação da travessa sobre o pilar central quanto ao cisalhamento.

$$V_d = 12.250 \text{ kN}$$

$$\tau_{wd} = 12.250 \text{ kN} / b / d = 12.250 \text{ kN} / 300 \text{ cm} / 200 \text{ cm} = 2,05 \text{ MPa}$$

$$\tau_{lim} = 0,15 * f_{cd} = 0,15 * 35 \text{ MPa} / 1,4 = 3,75 \text{ MPa}$$

As tensões atuantes na travessa são inferiores às tensões de resistência para a seção considerada.

### 5.12.3.4 Verificação dos Pilares

A seguir são apresentadas as verificações do pilar central e dos pilares dos pórticos.

#### 5.12.3.4.1 Verificação do Pilar central

A seguir é apresentada a verificação do pilar central.

Carga de 1 vão de 30 m = 7.757 kN

Carga de 1 vão de 40 m = 9.308 kN

Peso próprio das travessas = 550 kN

Peso próprio do pilar = 603 kN

Carga na base do pilar: 9.686 kN

Tensão na base do pilar =  $9.686 \text{ kN} / 2,27 \text{ m}^2 = 4.267 \text{ kN/m}^2 = 4,3 \text{ MPa}$

#### 5.12.3.4.2 Verificação do Pilar do pórtico

A seguir é apresentada a verificação do pilar do pórtico.

Carga de 1 vão de 30 m = 7.757 kN

Carga de 1 vão de 40 m = 9.308 kN

Peso da travessa de concreto = 1500 kN

Peso da travessa metálica = 891 kN

Peso próprio do pilar = 833 kN

Carga na base do pilar: 7.452 kN

Tensão na base do pilar =  $7.452 \text{ kN} / 2,27 \text{ m}^2 = 3.283 \text{ kN/m}^2 = 3,3 \text{ MPa}$

### 5.12.3.5 Verificação das Fundações

A seguir são apresentadas as verificações das fundações do pilar central e das fundações dos pilares dos pórticos.

#### 5.12.3.5.1 Fundações para o pilar central

A seguir são apresentadas as verificações das fundações do pilar central.

#### 5.12.3.5.2 Peso próprio da superestrutura:

A seguir são apresentados os carregamentos da superestrutura:

Carga de 1 vão de 30 m = 7.757 kN

Carga de 1 vão de 40 m = 9.308 kN

#### 5.12.3.5.3 Peso próprio da mesoestrutura:

A seguir são apresentados os carregamentos da mesoestrutura:

Peso próprio das travessas = 550 kN

Peso próprio do pilar = 603 kN

#### 5.12.3.5.4 Carga na base dos pilares:

A seguir são apresentados os carregamentos na base dos pilares:

Carga vertical na base do pilar: 9.868 kN

Momento na base do pilar devido à aceleração e à frenagem =  $258 \text{ kN} \times h_{\text{pilar}} = 2743 \text{ kN.m}$

Momento na base do pilar devido à força centrífuga = 1850 kN.m

Peso do bloco de fundação = 1.568 kN

Carga vertical no topo das estacas =  $9.868 \text{ kN} + 2743 \text{ kN.m}/2,4\text{m} + 1850 \text{ kN.m}/2,4\text{m} = 13.349 \text{ kN}$

Capacidade de 4 estacas Wirth  $\Phi 80 \text{ cm} = 16.400 \text{ kN}$

A carga atuante sobre o conjunto de 4 estacas Wirth  $\Phi$  80 cm é inferior à sua capacidade de carga.

#### 5.12.3.5.5 Fundações para o pórtico

A seguir são apresentadas as verificações das fundações dos pilares dos pórticos.

#### 5.12.3.5.6 Peso próprio da superestrutura:

A seguir são apresentados os carregamentos da superestrutura:

Carga de 1 vão de 30 m = 7.757 kN

Carga de 1 vão de 40 m = 9.308 kN

#### 5.12.3.5.7 Peso próprio da mesoestrutura:

A seguir são apresentados os carregamentos da mesoestrutura:

Peso da travessa de concreto = 1500 kN

Peso da travessa metálica = 891 kN

Peso próprio do pilar = 833 kN

#### 5.12.3.5.8 Carga na base dos pilares:

A seguir são apresentados os carregamentos na base dos pilares:

Carga vertical na base do pilar: 7.452 kN

Momento na base do pilar devido à aceleração e à frenagem =  $258 \text{ kN} \times h = 3787 \text{ kN.m}$

Momento na base do pilar devido à força centrífuga =  $2554 \text{ kN.m}$

Peso do bloco de fundação = 1.568 kN

Carga vertical no topo das estacas =  $7.452 \text{ kN} + 3787 \text{ kN.m}/2,4\text{m} + 2554 \text{ kN.m}/2,4\text{m} = 11.662 \text{ kN}$

A carga atuante sobre o conjunto de 4 estacas Wirth  $\Phi$  80 cm é inferior à sua capacidade de carga.

## Introdução

A seguir será apresentada a memória de cálculo de fundações das Obras de Arte Especiais do Tramo 3 Linha 1 do Metro de Salvador.

### 5.12.3.5.9 Subsolo local

Para investigação do perfil de solo conta-se com 19 Sondagens a Percussão e 8 Sondagens Mistas, 11 sondagens localizadas nas proximidades das OAEs e as restantes em sua maioria afastadas a mais de 100m do eixo de projeto. A Tabela 2.1 mostra as sondagens disponíveis para análise.

Sondagens Tramo 3 Linha 1 Metro de Salvador

Nº	Nome	Data Ensaio	Coordenadas		Prof. N.A.	Prof. Sond.	Prof. Solo	Critério Parada / RQD Médio	Obra
			E	N					
1	SP-01	23/05/2014	558279	8572315	NE	10,45	10,45	Cliente	OAE 2
2	SP-02	21/05/2014	558425	8572363	NE	10,45	10,45	Cliente	OAE 2
3	SP-03	22/05/2014	559773	8574304	NE	6,45	6,45	Cliente	OAE 4
4	SP-04	23/05/2014	559863	8574445	6,28	8,45	8,45	Cliente	OAE 4
5	SP-05	26/05/2014	559970	8574586	7,32	11,45	11,45	Cliente	OAE 4
6	SP-06	22/05/2014	558156	8572039	NE	10,45	10,45	Cliente	OAE 1
7	SM-02	31/01/2014	560091	8574409	NE	26,19	24,69	Gnaisse-RQD 89%	OAE 4/5
8	SM-03	20/01/2014	560195	8574558	NE	13,57	10,57	Gnaisse-RQD 48%	OAE 4/5
9	SM-04	05/02/2014	560205	8574709	NE	24,15	24,15	Impenetrável	OAE 4/5
10	SP-01	20/05/2015	560093	8574550	NE	11,26	11,26	Impenetrável	OAE 4
11	SP-02	19/05/2015	560221	8574536	NE	12,36	12,36	Impenetrável	OAE 4/5
12	SP-03	19/05/2015	560292	8574477	NE	9,51	9,51	Impenetrável	OAE 5
13	SP-04	06/05/2015	560392	8574404	NE	7,45	7,45	Impenetrável	OAE 6
14	SP-05	15/05/2015	560505	8574171	NE	10,64	10,64	Impenetrável	OAE 7
15	SP-07	05/05/2015	560416	8574344	NE	3,15	3,15	Impenetrável	OAE 7
16	SM-08B	13/05/2015	560435	8574347	NE	24,51	18,51	Gnaisse-RQD 11%	OAE 7
17	SM-09	07/05/2015	560433	8574312	NE	27,47	21,47	Gnaisse-RQD 45%	OAE 7
18	SP-10	05/05/2015	560448	8574320	NE	8,45	8,45	Impenetrável	OAE 7
19	SP-11	13/05/2015	560447	8574281	NE	21,4	21,4	Impenetrável	OAE 7
20	SM-12	30/01/2015	560465	8574289	NE	28,86	24,36	Gnaisse-RQD 6%	OAE 7
21	SP-13	07/05/2015	560430	8574334	NE	6,45	6,45	Impenetrável	OAE 7
22	SP-14	11/05/2015	558453	8572320	5,86	11,38	11,38	Impenetrável	OAE 2
23	SM-15	29/05/2015	558487	8572319	NE	23,4	17,4	Gnaisse-RQD 28%	OAE 2/3
24	SM-16	19/05/2015	558452	8572303	1,91	20,64	14,64	Gnaisse-RQD 27%	OAE 2
25	SP-17	10/05/2015	558466	8572292	1,64	9,48	9,48	Impenetrável	OAE 2
26	SP-18	11/05/2015	558430	8572278	1,55	7,11	7,11	Impenetrável	OAE 2
27	SM-19	20/05/2015	558445	8572264	NE	17,7	13,2	Gnaisse-RQD 56%	OAE 2

As investigações de campo mostram de forma geral um subsolo caracterizado por uma camada de baixa a mediana compactidade com espessura média geral de 15.7m, seguido de alteração de rocha ou rocha gnaisse com RQD médio de 35%.

O nível d'água somente se encontra presente em 6 das 27 sondagens disponíveis, considerando-se, portanto, conservadoramente que o N.A. se encontra numa profundidade média de 4m.

#### 5.12.3.5.10 *Memória de Cálculo do Anteprojeto das Fundações*

As sondagens existentes da área de investigação indicaram que a espessura de solo não é suficiente para atender às cargas previstas para as estacas. Deve-se prever, neste estágio de projeto, a necessidade de perfuração em rocha.

Assim, o tipo de estaca mais adequado para este projeto é a estaca tubular metálica com pino Wirth.

A estaca camisa metálica com pino Wirth consiste no emprego de camisas metálicas, cravadas até a profundidade possível, estimada onde se obtém um  $N_{SPT} \sim 45$ . A partir desta profundidade, considerou-se o avanço por perfuração do residual muito compacto e da rocha.

A Figura mostra um esquema da estaca utilizada.

A cravação da camisa metálica será feita com martelo, o equipamento de perfuração tipo Wirth será instalado sobre a camisa, e a perfuratriz inserida no tubo. Realizada a perfuração com o equipamento Wirth até a profundidade prevista, é feita a limpeza do furo, introduzida a armadura da estaca e executada a concretagem.

#### **Observações**

- Para dimensionamento do anteprojeto das estacas foi utilizado estaca tubular metálica  $\square 80$  cm e pino  $\square 70$  cm, com capacidade de carga de 410 tf,
- As estacas tubulares metálicas atingirão o impenetrável,
- Para dimensionamento do pino adotou-se o RQD médio de 35% em todas as OAEs.

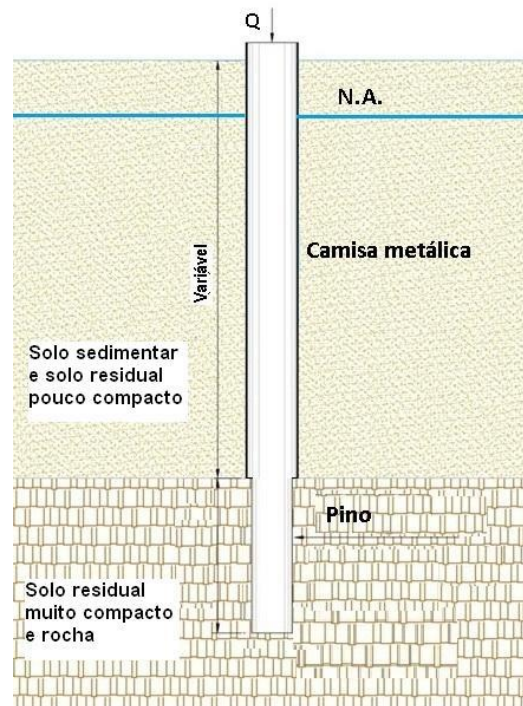


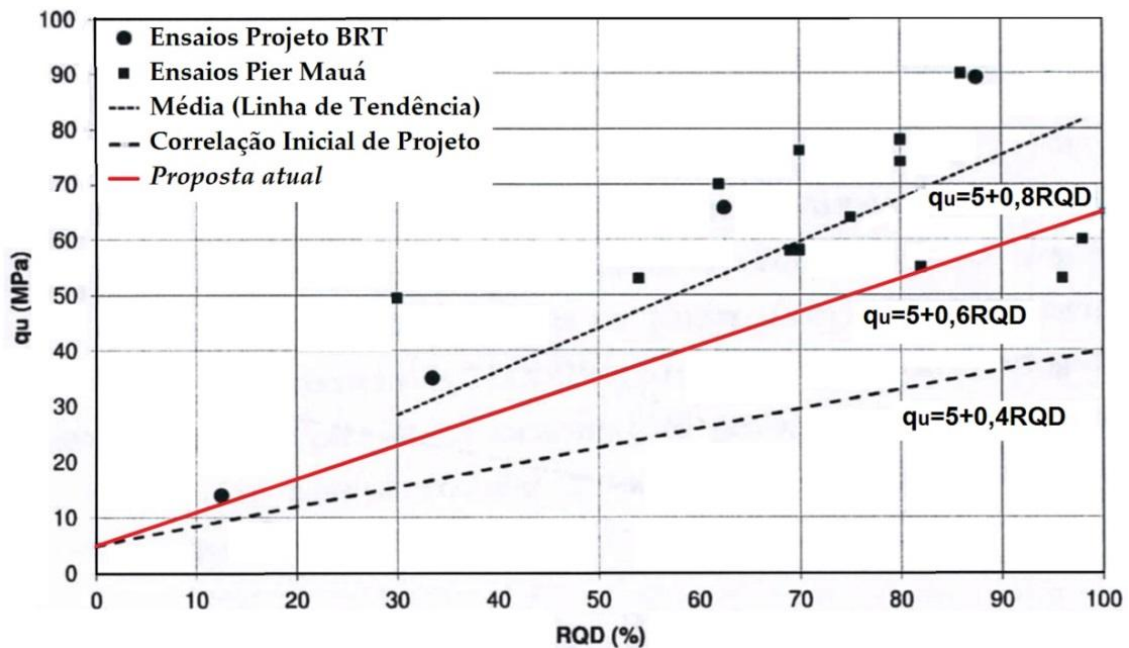
Ilustração da estaca com camisa metálica e pino Wirth.

#### 5.12.3.5.11 Dimensionamento do Pino em Rocha

Para a previsão de comprimento das estacas com pino em rocha, será adotada a proposta de Juvêncio (2015)<sup>3</sup>, válida para rochas gnáissicas.

Segundo dados publicados pelo autor, a resistência à compressão axial máxima ( $q_u$ ) – correspondente a um RQD de 100% – pode ser adotada igual a 65 MPa. No caso de valores menores de RQD, esta resistência à compressão axial, será considerada proporcional ao RQD, considerando o valor mínimo de 5 MPa .

<sup>3</sup> Juvêncio, E. L. (2015). Avaliação do comportamento de estacas parcialmente embutidas em rocha gnáissica. Tese de D.Sc., COPPE-UFRJ.



Variação de  $q_u$  com RQD (Juvêncio, 2015).

A resistência à compressão axial máxima ( $q_u$ ) pode ser calculada pela equação

$$q_u = 5 + 0,6 \times RQD \quad [\text{MPa}]$$

Conforme Figura 3.3, com base em resultados de Ensaios de Carregamento Dinâmico (ECDs), o autor propõe uma equação para estimativa da tensão cisalhante mobilizada máxima ( $\tau_{m\acute{a}x}$ ) para aplicação em projetos de estacas embutidas em rocha gnáissica:

$$\tau_{m\acute{a}x} = \alpha \cdot (q_u)^\beta$$

onde  $\alpha = 0,20$ ;  $\beta = 0,50$ .

A tensão cisalhante admissível da rocha é calculada pela seguinte expressão:

$$\tau_{rocha-adm} = \tau_{m\acute{a}x} / 2,0$$

sendo 2,0 o Fator de Segurança.

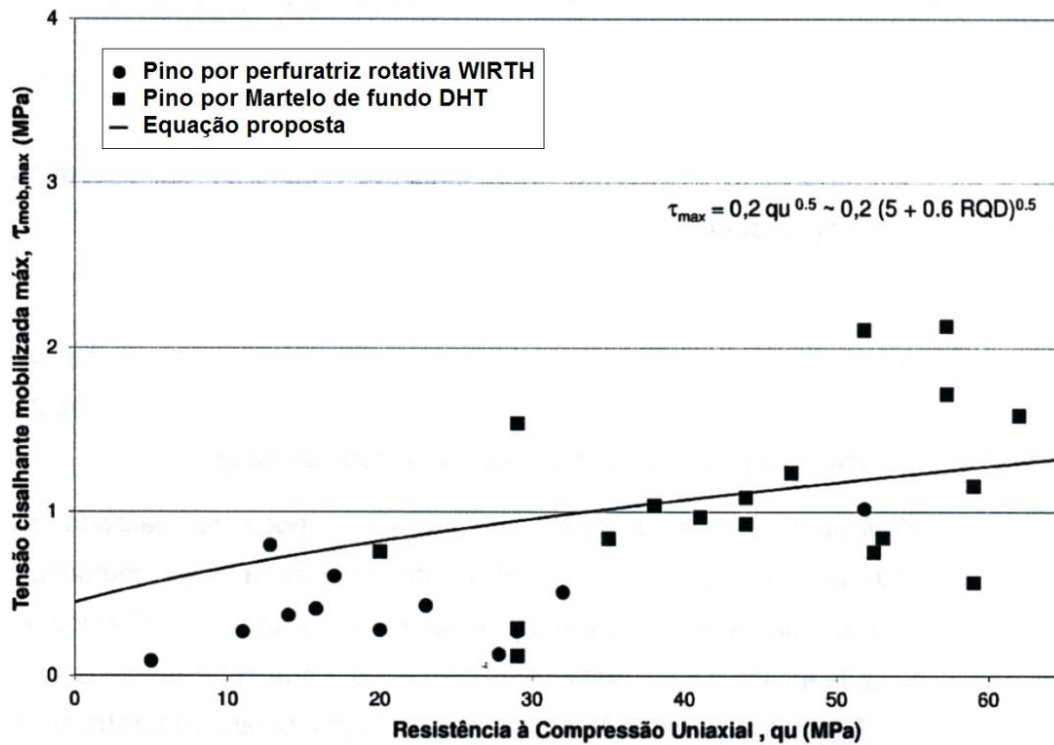


Figura 3.3 – Tensão cisalhante mobilizada máxima em ECDs vs resistência à compressão uniaxial (Juvêncio, 2015).

A tensão cisalhante admissível na estaca não pode ser superior à tensão cisalhante admissível do concreto dada por:

$$\tau_{concreto-adm} = 0,05 \cdot f_{ck}$$

O comprimento do pino em rocha será dado por:

$$L_{pino} = \frac{Q_{ser}}{\pi \cdot D \cdot \tau_{adm}}$$

onde

$Q_{ser}$  = carga de serviço;

$D$  = diâmetro da estaca;

$\tau_{adm}$  = menor valor entre as tensões cisalhantes admissíveis do concreto e da rocha.

#### 5.12.3.5.12 Resultados

A tabela 4.1 mostra resultado dos comprimentos adotados para projeto conceitual de cada OAE.

Tabela 4.1 – Comprimentos de estacas OAEs

Projeto	Comprimento médio [m]		
	Em solo	Em rocha	Total
OAE-01: Viaduto Pirajá	12	4	16
OAE-02: Trecho elevado junto Est. Campinas	15	4	19
OAE-03: PI Poto Seco	20	4	24
OAE-04: Viaduto Aguas Claras	16	4	20
OAE-05: PI Aguas Claras	24	4	28
OAE-06: PI p/pedestres	14	4	18
OAE-07: Viaduto Rabicho de manobra <sup>(1)</sup>	41	4	45

<sup>(1)</sup> Aterro Sanitario (30m) + Solo (11)

Em anexo mostra-se a locação das sondagens utilizadas para análise.

#### 5.12.3.5.13 Considerações finais

Deverão ser programadas para Projeto Básico sondagens complementares para aferição dos comprimentos das estacas em solo para cada uma das OAEs e se haverá necessidade de adicionar pino. Caso seja verificado que não há necessidade de pino será definido o comprimento de cravação da estaca tubular metálica  $\square$ 80cm para suporte das OAEs.

#### 5.12.4 OAE 07 – Memória de Cálculo

O objetivo do presente memorial de cálculo é justificar as dimensões dos principais elementos estruturais que compõem o viaduto após a estação de Águas Claras, no tramo 3 da linha 1 do metrô de Salvador, através de pré-dimensionamentos e verificações das estruturas adotadas.

##### 5.12.4.1 Descrição e geometria da obra

A OAE 07, localizada após a estação de Águas Claras, paralelo a BR-324, possui extensão aproximada de 300m, dividido igualmente em 10 vãos de 30m de comprimento e 11m de largura.

Os vãos são em estrutura de concreto, são formados por quatro vigas pré-moldadas protendidas, seção em V, com 2 m de altura, com transversinas de apoio nas extremidades dos tabuleiros.

As superestruturas de concreto apoiam-se travessas de apoio são em concreto armado. Os pilares, únicos e centrados em relação às travessas, têm seção circular constante e igual a 1,70 m, com altura de até 32m.

As lajes do tabuleiro, com 25 cm de espessura, são em concreto armado, formadas por pré-laje treliçada com nichos especialmente locados para permitir a solidarização com a 2ª concretagem.

Cada tabuleiro comporta duas vias com trilhos distantes 4,25 m entre seus eixos e ligados à laje através da via de baixa vibração (VBV). Nas laterais dos tabuleiros estão situadas as passarelas de emergência.

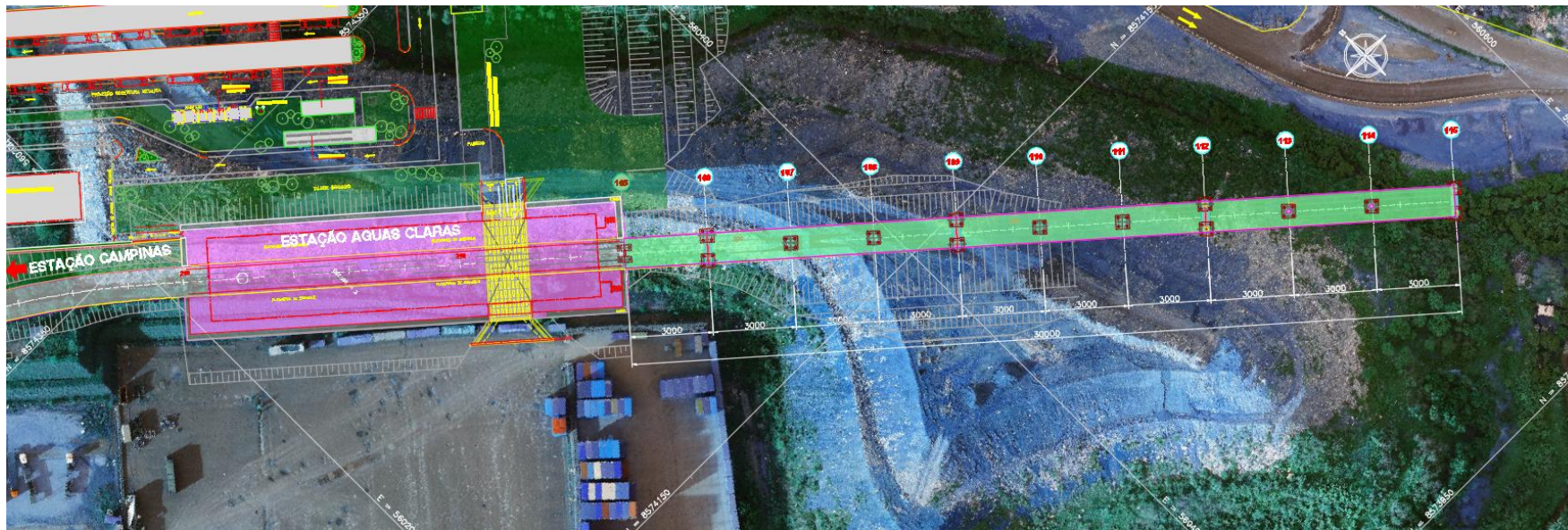
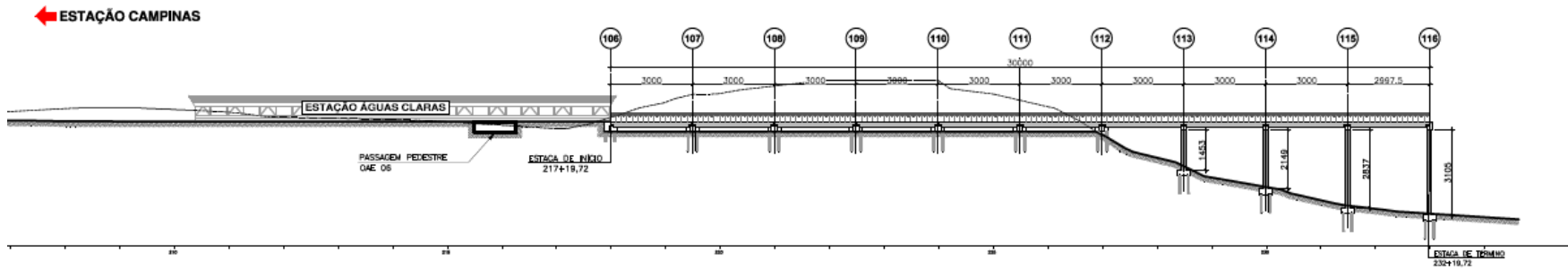
As juntas de dilatação localizam-se em um intervalo aproximado de 7 vãos, dependendo das alturas dos pilares para a transferência de esforços horizontais para as fundações.

As vigas longarinas apoiam-se sobre aparelhos de apoio em neoprene fretado, com dimensões compatíveis com as cargas a eles transmitidas.

Os blocos de fundação apresentam dimensões adequadas para transmitir as cargas dos pilares às estacas de fundação, prevendo-se a utilização de estacas Wirth com diâmetro de 80 cm em solo e 70 cm em rocha.

Este viaduto é considerado em região com Classe de Agressividade II.

A seguir é apresentada a elevação do Viaduto após a estação Águas Claras.



## Critérios de Projeto

O projeto foi elaborado seguindo as normas da ABNT em vigor e o trem tipo considerado foi o da Linha 2 do Metropolitano de São Paulo (NC03 - Companhia Metropolitano S. Paulo), com cargas de 17,5 tf por eixo. A seguir são apresentadas as cargas permanentes e variáveis consideradas no pré-dimensionamento da estrutura.

### Cargas Permanentes

#### *Peso próprio*

Para concreto comum, armado ou protendido  $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$ .

Para estruturas metálicas = 78,5 kN/m<sup>3</sup>.

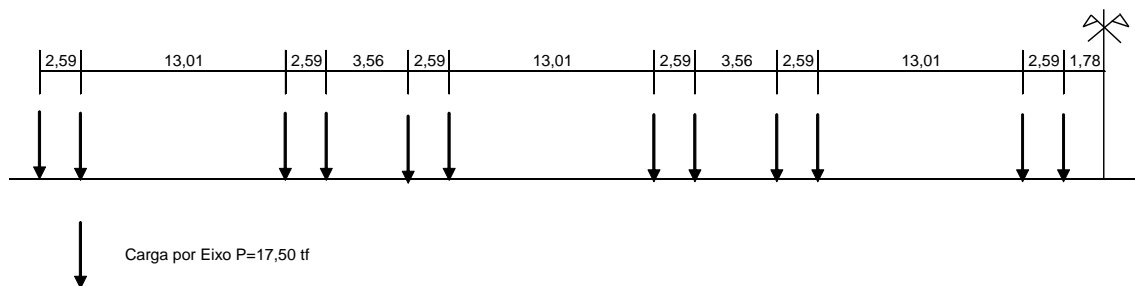
### Cargas Variáveis

Trem-tipo metroviário – segundo NC 03 – Companhia Metropolitano S. Paulo.

O trem tipo adotado neste item corresponde ao TT adotado para cálculo no viaduto do metrô de Salvador.

Segundo a NC03 - Companhia Metropolitano S. Paulo, na qual a carga do eixo é de P=175kN.

Características geométricas da composição metroviária:



### Fator de impacto:

Coefficiente de impacto  $\alpha = 0,001 (1600 - 60 l^{1/2} + 2,25 l) > 1,20$ .

- Para 30 m -  $\alpha = 1,34$

Carga concentrada considerando os coeficientes de ponderação das cargas verticais:

$$Q_{NC03} = P_{NC03} * CIV = 87,5 \times 1,34 = 117,25 \text{ kN}$$

Carga concentrada por eixo considerando os coeficientes de ponderação das cargas verticais:

$$Q_{NC03\_ex} = 2 * Q_{NC03} = 2 * 117,25 = 234,5 \text{ kN}$$

**Força de Frenagem e Aceleração** - segundo NC 03 – Companhia Metropolitano S. Paulo.

Segundo a NC03 - Companhia Metropolitan S. Paulo, na qual a carga do eixo é de  $P=175\text{kN}$ .

- Aceleração máxima de partida =  $1,12\text{ m/s}^2$ .

- Frenagem máxima de emergência =  $1,50\text{ m/s}^2$ .

Em se tratando de duas vias e considerando apenas as solicitações devidas à frenagem:

- $H / \text{eixo} = 1,50 / 9,81 \times 175$  (carga por eixo) =  $26,76\text{ kN} / \text{eixo}$ .

Para o comprimento de um carro =  $21,75\text{m}$ , temos uma carga equivalente por metro linear a

- $H / \text{m} = 26,76\text{ kN} / \text{eixo} \times 4 \text{ eixos} / 21,75\text{ m} = 9,84\text{ kN} / \text{m}$

As cargas apresentadas são consideradas sem impacto vertical.

**Força Centrífuga.** - Segundo NC 03 – Companhia Metropolitan S.Paulo

Força avaliada em percentagem igual a 9% da carga móvel, por eixo, com impacto vertical, atuando no centro de gravidade do trem, considerado a  $1,60\text{m}$  do topo do boleto.

### **Temperatura**

$$\Delta T = \pm 15^\circ\text{C}$$

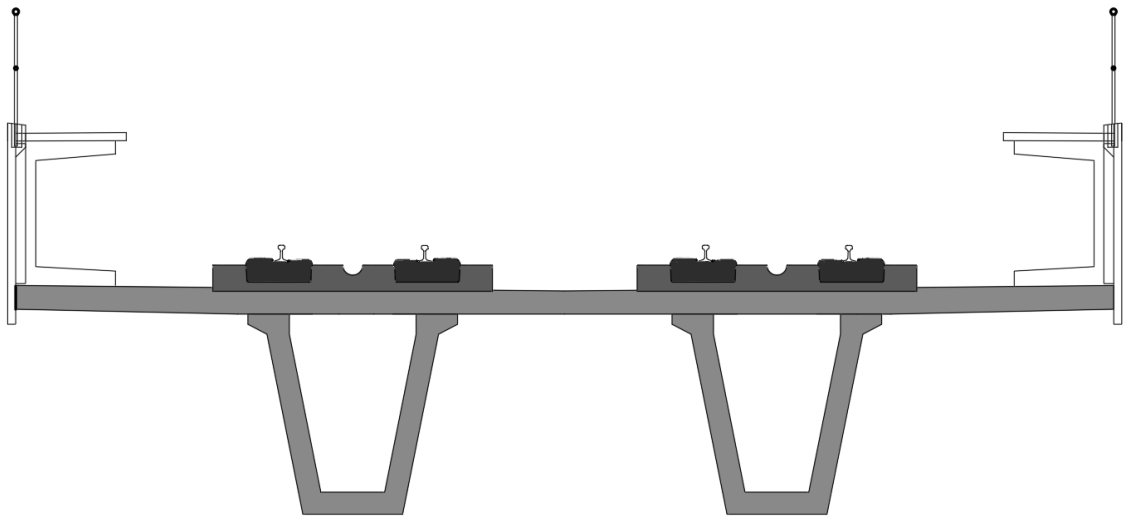
### **Vento**

Forças devidas ao vento em Edificações - NBR 6123:1988

Vento:  $0,8\text{ kN/m}^2$

### 5.12.4.2 Verificação da superestrutura

A seguir é apresentada a seção transversal considerando as vigas em concreto protendido.



#### **Seção transversal dos vãos típicos considerando as vigas em concreto protendido.**

A seguir são apresentados os carregamentos atuantes na superestrutura em concreto:

Peso próprio da laje = 4.126 kN

Peso próprio das vigas longarinas = 3.580kN

Peso próprio das vigas transversinas = 174kN

Peso de BVB = 2.340kN

Peso da estrutura para passagem de emergência = 124kN

Carga permanente de 1 vão = 10.344 kN

Multidão na passagem de emergência = 600kN

Carga móvel (trem-tipo metroviário – NC03) sobre 1 vão (2 vias) = 4.628 kN (com impacto)

Carga de 1 vão = 15.572kN

#### *5.12.4.2.1 Verificação da Laje*

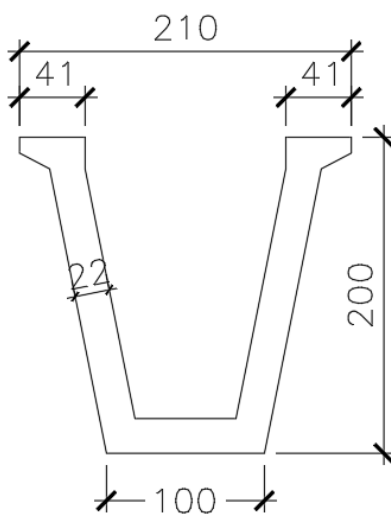
A laje do tabuleiro com altura de 25 cm e largura de 22 m, absorve os esforços das solicitações da via de baixa vibração, estrutura e carga de multidão da passagem de emergência e a o próprio veículo metroviário.

O máximo momento solicitante de cálculo sobre a laje é de 65 kN.m/m, inferior ao máximo momento resistente da laje de concreto armado.

#### 5.12.4.2.2 Verificação das Vigas em concreto protendido

As vigas em concreto protendido estão ligadas por 2 transversinas de apoio. As vigas suportam a laje de concreto armado, sendo a transmissão dos esforços da superestrutura para a mesoestrutura feita por aparelhos de apoio de neoprene fretado.

A seguir é apresentada a seção transversal das vigas em concreto protendido.



A seguir são apresentadas as Características geométricas da seção transversal das vigas em concreto protendido.

Características geométricas	
Altura	2,0 m
Área	1,09 m <sup>2</sup>
Y inf	0,65 m
Y sup	1,35 m
Inércia	0,543 m <sup>4</sup>
W inf	0,841 m <sup>3</sup>

W sup	0,401	m <sup>3</sup>
-------	-------	----------------

A seguir são apresentadas as solicitações, no meio do vão, nas vigas em concreto protendido.

Solicitações (kN.m)	
Peso Próprio da viga	2.879
Peso da laje	3.867
Peso do Low Vibration Track	2.106
Estrut Met - pass emerg	116
Multidão - pass emerg	563
Carga móvel	5.599

Máximo momento positivo: 21.350 kN.m

Com o braço de alavanca da seção transversal em 1,9m, resultando na força longitudinal atuante de 11.237 kN.

A área de armadura protendida necessária para conter o esforço de tração na seção é de 84 cm<sup>2</sup>, equivalente a 60 cordoalhas de 15,2 mm, considerando o aço CP-190-RB.

Com 4 cabos com 15 cordoalhas de 15,2 mm, o qual o esforço exercido pela protensão é de até 14.364 kN.

Tensões (MPa)	$\sigma$ inf	$\sigma$ sup	$\sigma$ sup'
Peso Próprio da viga	-3,4	7,2	
Protensão após perdas iniciais	16,5	-3,2	
Peso da laje	-4,6	9,7	
Peso do Low Vibration Track	-1,8	0,4	0,7
Estrut Met - pass emerg	-0,1	0,0	0,0
Multidão - pass emerg	-0,5	0,1	0,2
Carga móvel	-4,7	1,2	1,9

Somatório das solicitações antes das perdas lentas	1,5	15,4	2,8
Perdas lentas	-2,3	-0,2	0,1
Somatório das solicitações após das perdas lentas	-0,8	15,2	2,9

As tensões atuantes na viga são inferiores às tensões de resistência para a seção considerada.

### 5.12.4.3 Verificação das travessas

A seguir são apresentadas as verificações da travessa sobre o pilar central.

#### 5.12.4.3.1 Verificação da travessa

A seguir é apresentada a verificação da travessa.

Abaixo são apresentados os carregamentos atuantes na travessa:

Carga permanente de 1 vão = 10.344 kN

Carga de 1 vão = 15.572kN

A seguir é apresentada a verificação da travessa sobre o pilar central quanto ao cisalhamento.

$$V_d = 10.900 \text{ kN}$$

$$\sigma_{wd} = 10.900 \text{ kN} / b / d = 5.450 \text{ kN} / 180 \text{ cm} / 180 \text{ cm} = 0,67 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{lim} = 0,15 * f_{cd} = 0,15 * 35 \text{ MPa} / 1,4 = 3,75 \text{ MPa}$$

As tensões atuantes na travessa são inferiores às tensões de resistência para a seção considerada.

### 5.12.4.4 Verificação dos Pilares

A seguir são apresentadas as verificações do pilar central.

#### 5.12.4.4.1 Verificação do Pilar central

A seguir é apresentada a verificação do pilar central.

Carga de 1 vão = 15.572kN

Peso próprio das travessas = 1458 kN

Peso próprio do pilar = 1816 kN

Carga na base do pilar: 6.074 kN

Tensão na base do pilar =  $6.074 \text{ kN} / 2,27 \text{ m}^2 = 2.675 \text{ kN/m}^2 = 2,7 \text{ MPa}$

#### **5.12.4.5 Verificação das Fundações**

##### *5.12.4.5.1 Fundações para o pilar central*

A seguir são apresentadas as verificações das fundações do pilar central do viaduto Campinas.

##### *5.12.4.5.2 Peso próprio da superestrutura:*

A seguir são apresentados os carregamentos da superestrutura:

Carga permanente de 1 vão = 10.344 kN

Multidão na passagem de emergência = 600kN

Carga móvel (trem-tipo metroviário – NC03) sobre 1 vão (2 vias) = 3.454 kN (sem impacto)

Carga de 1 vão = 14.398 kN

##### *5.12.4.5.3 Peso próprio da mesoestrutura:*

A seguir são apresentados os carregamentos da mesoestrutura:

Peso próprio das travessas = 1458 kN

Peso próprio do pilar = 1816 kN

##### *5.12.4.5.4 Carga na base dos pilares:*

A seguir são apresentados os carregamentos na base dos pilares:

Carga vertical na base do pilar: 9.744 kN

Momento na base do pilar devido à aceleração e à frenagem =  $258 \text{ kN} \times h_{\text{pilar}} = 8256 \text{ kN.m}$

Peso do bloco de fundação = 1.568 kN

Carga vertical no topo das estacas =  $11.312 \text{ kN} + 8256 \text{ kN.m} / 2,4 \text{ m} = 14.752 \text{ kN}$

Capacidade de 4 estacas Wirth  $\Phi$  80 cm = 16.400 kN

A carga atuante sobre o conjunto de 4 estacas Wirth  $\Phi$  80 cm é inferior à sua capacidade de carga.

#### Introdução

A seguir será apresentada a **memória de cálculo** de fundações das Obras de Arte Especiais do Tramo 3 Linha 1 do Metro de Salvador.

#### *5.12.4.5.5 Subsolo local*

Para investigação do perfil de solo conta-se com 19 Sondagens a Percussão e 8 Sondagens Mistas, 11 sondagens locadas nas proximidades das OAEs e as restantes em sua maioria afastadas a mais de 100m do eixo de projeto. A Tabela 2.1 mostra as sondagens disponíveis para análise.

Sondagens Tramo 3 Linha 1 Metro de Salvador

Nº	Nome	Data Ensaio	Coordenadas		Prof. N.A.	Prof. Sond.	Prof. Solo	Critério Parada / RQD Médio	Obra
			E	N					
1	SP-01	23/05/2014	558279	8572315	NE	10,45	10,45	Cliente	OAE 2
2	SP-02	21/05/2014	558425	8572363	NE	10,45	10,45	Cliente	OAE 2
3	SP-03	22/05/2014	559773	8574304	NE	6,45	6,45	Cliente	OAE 4
4	SP-04	23/05/2014	559863	8574445	6,28	8,45	8,45	Cliente	OAE 4
5	SP-05	26/05/2014	559970	8574586	7,32	11,45	11,45	Cliente	OAE 4
6	SP-06	22/05/2014	558156	8572039	NE	10,45	10,45	Cliente	OAE 1
7	SM-02	31/01/2014	560091	8574409	NE	26,19	24,69	Gnaiss-RQD 89%	OAE 4/5
8	SM-03	20/01/2014	560195	8574558	NE	13,57	10,57	Gnaiss-RQD 48%	OAE 4/5
9	SM-04	05/02/2014	560205	8574709	NE	24,15	24,15	Impenetrável	OAE 4/5
10	SP-01	20/05/2015	560093	8574550	NE	11,26	11,26	Impenetrável	OAE 4
11	SP-02	19/05/2015	560221	8574536	NE	12,36	12,36	Impenetrável	OAE 4/5
12	SP-03	19/05/2015	560292	8574477	NE	9,51	9,51	Impenetrável	OAE 5
13	SP-04	06/05/2015	560392	8574404	NE	7,45	7,45	Impenetrável	OAE 6
14	SP-05	15/05/2015	560505	8574171	NE	10,64	10,64	Impenetrável	OAE 7
15	SP-07	05/05/2015	560416	8574344	NE	3,15	3,15	Impenetrável	OAE 7
16	SM-08B	13/05/2015	560435	8574347	NE	24,51	18,51	Gnaiss-RQD 11%	OAE 7
17	SM-09	07/05/2015	560433	8574312	NE	27,47	21,47	Gnaiss-RQD 45%	OAE 7
18	SP-10	05/05/2015	560448	8574320	NE	8,45	8,45	Impenetrável	OAE 7
19	SP-11	13/05/2015	560447	8574281	NE	21,4	21,4	Impenetrável	OAE 7
20	SM-12	30/01/2015	560465	8574289	NE	28,86	24,36	Gnaiss-RQD 6%	OAE 7
21	SP-13	07/05/2015	560430	8574334	NE	6,45	6,45	Impenetrável	OAE 7
22	SP-14	11/05/2015	558453	8572320	5,86	11,38	11,38	Impenetrável	OAE 2
23	SM-15	29/05/2015	558487	8572319	NE	23,4	17,4	Gnaiss-RQD 28%	OAE 2/3
24	SM-16	19/05/2015	558452	8572303	1,91	20,64	14,64	Gnaiss-RQD 27%	OAE 2
25	SP-17	10/05/2015	558466	8572292	1,64	9,48	9,48	Impenetrável	OAE 2
26	SP-18	11/05/2015	558430	8572278	1,55	7,11	7,11	Impenetrável	OAE 2
27	SM-19	20/05/2015	558445	8572264	NE	17,7	13,2	Gnaiss-RQD 56%	OAE 2

As investigações de campo mostram de forma geral um subsolo caracterizado por uma camada de baixa a mediana compacidade com espessura média geral de 15.7m, seguido de alteração de rocha ou rocha gnaiss com RQD médio de 35%.

O nível d'água somente se encontra presente em 6 das 27 sondagens disponíveis, considerando-se, portanto, conservadoramente que o N.A. se encontra numa profundidade média de 4m.

5.12.4.5.6 Memória de Cálculo do Anteprojeto das Fundações

As sondagens existentes da área de investigação indicaram que a espessura de solo não é suficiente para atender às cargas previstas para as estacas. Deve-se prever, neste estágio de projeto, a necessidade de perfuração em rocha.

Assim, o tipo de estaca mais adequado para este projeto é a estaca tubular metálica com pino Wirth.

A estaca camisa metálica com pino Wirth consiste no emprego de camisas metálicas, cravadas até a profundidade possível, estimada onde se obtém um  $N_{SPT} \sim 45$ . A partir desta profundidade, considerou-se o avanço por perfuração do residual muito compacto e da rocha.

A Figura 3.1 mostra um esquema da estaca utilizada.

A cravação da camisa metálica será feita com martelo, o equipamento de perfuração tipo Wirth será instalado sobre a camisa, e a perfuratriz inserida no tubo. Realizada a perfuração com o equipamento Wirth até a profundidade prevista, é feita a limpeza do furo, introduzida a armadura da estaca e executada a concretagem.

### Observações

- Para dimensionamento do anteprojeto das estacas foi utilizado estaca tubular metálica  $\square 80$  cm e pino  $\square 70$  cm, com capacidade de carga de 410 tf,
- As estacas tubulares metálicas atingirão o impenetrável,
- Para dimensionamento do pino adotou-se o RQD médio de 35% em todas as OAEs.

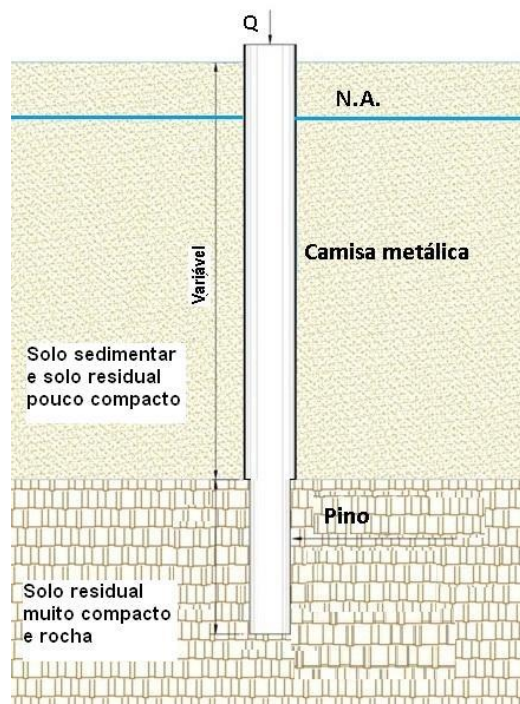
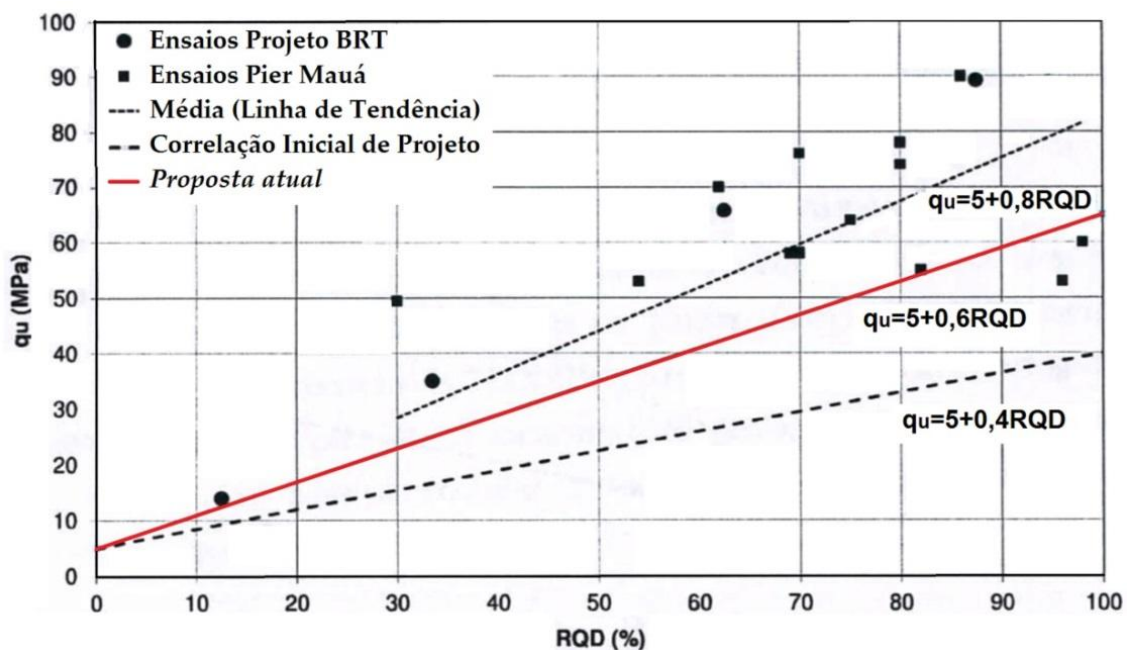


Fig. 3.1: Ilustração da estaca com camisa metálica e pino Wirth.

#### 5.12.4.5.7 Dimensionamento do Pino em Rocha

Para a previsão de comprimento das estacas com pino em rocha, será adotada a proposta de Juvêncio (2015)<sup>4</sup>, válida para rochas gnáissicas.

Segundo dados publicados pelo autor, a resistência à compressão axial máxima ( $q_u$ ) – correspondente a um RQD de 100% – pode ser adotada igual a 65 MPa. No caso de valores menores de RQD, esta resistência à compressão axial, será considerada proporcional ao RQD, considerando o valor mínimo de 5 MPa (Figura 3.2).



Variação de  $q_u$  com RQD (Juvêncio, 2015).

A resistência à compressão axial máxima ( $q_u$ ) pode ser calculada pela equação

$$q_u = 5 + 0,6 \times RQD \quad [\text{MPa}]$$

Conforme Figura 3.3, com base em resultados de Ensaios de Carregamento Dinâmico (ECDs), o autor propõe uma equação para estimativa da tensão cisalhante mobilizada máxima ( $\tau_{\max}$ ) para aplicação em projetos de estacas embutidas em rocha gnáissica:

$$\tau_{\max} = \alpha \cdot (q_u)^\beta$$

onde  $\alpha = 0,20$ ;  $\beta = 0,50$ .

<sup>4</sup> Juvêncio, E. L. (2015). Avaliação do comportamento de estacas parcialmente embutidas em rocha gnáissica. Tese de D.Sc., COPPE-UFRJ.

A tensão cisalhante admissível da rocha é calculada pela seguinte expressão:

$$\tau_{rocha-adm} = \tau_{m\acute{a}x} / 2,0$$

sendo 2,0 o Fator de Segurança.

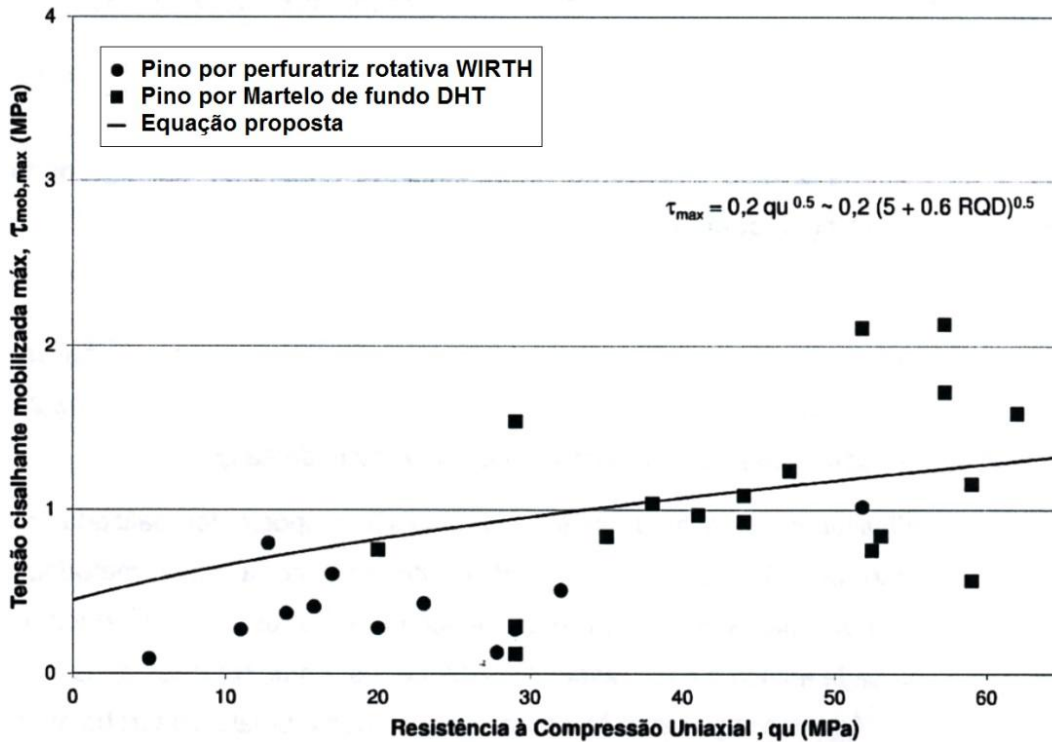


Figura 3.3 – Tensão cisalhante mobilizada máxima em ECDs vs resistência à compressão uniaxial (Juvêncio, 2015).

A tensão cisalhante admissível na estaca não pode ser superior à tensão cisalhante admissível do concreto dada por:

$$\tau_{concreto-adm} = 0,05 \cdot f_{ck}$$

O comprimento do pino em rocha será dado por:

$$L_{pino} = \frac{Q_{ser}}{\pi \cdot D \cdot \tau_{adm}}$$

onde

$Q_{ser}$  = carga de serviço;

$D$  = diâmetro da estaca;

$\tau_{adm}$  = menor valor entre as tensões cisalhantes admissíveis do concreto e da rocha.

#### 5.12.4.5.8 Resultados

A tabela mostra resultado dos comprimentos adotados para projeto conceitual de cada OAE.

Tabela 4.1 – Comprimentos de estacas OAEs

Projeto	Comprimento médio [m]		
	Em solo	Em rocha	Total
OAE-01: Viaduto Pirajá	12	4	16
OAE-02: Trecho elevado junto Est. Campinas	15	4	19
OAE-03: PI Poto Seco	20	4	24
OAE-04: Viaduto Aguas Claras	16	4	20
OAE-05: PI Aguas Claras	24	4	28
OAE-06: PI p/pedestres	14	4	18
OAE-07: Viaduto Rabicho de manobra <sup>(1)</sup>	41	4	45

<sup>(1)</sup>. Aterro Sanitario (30m) + Solo (11)

Em anexo mostra-se a locação das sondagens utilizadas para análise.

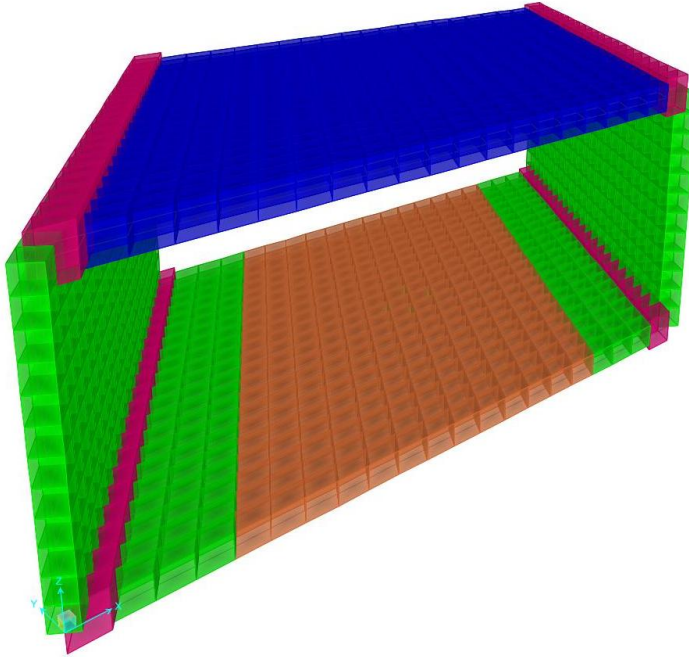
#### 5.12.4.5.9 Considerações finais

Deverão ser programadas para Projeto Básico sondagens complementares para aferição dos comprimentos das estacas em solo para cada uma das OAEs e se haverá necessidade de adicionar pino. Caso seja verificado que não há necessidade de pino será definido o comprimento de cravação da estaca tubular metálica □80cm para suporte das OAEs.

## 5.12.5 PASSAGEM INFERIOR

### 5.12.5.1 Modelo Estrutural

A estrutura é modelada em elementos finitos com elementos de placas que possuem as mesmas características geométricas dos elementos reais. Este modelo é usado para obtenção da tensão no solo dos esforços em todas as peças.



Adotam-se molas no terreno de  $k=10^4 \text{kN/m}^3$ . No modelo tem-se

- Molas no extremo  $k=0,5 \cdot 0,76 \cdot 10^4 / 2 = 2200 \text{kN/m}$
- Molas no vão  $k=0,5 \cdot 0,76 \cdot 10^4 = 4400 \text{kN/m}$

Cargas

**Cargas permanentes ( $C_{perm}$ ):**

Peso próprio da estrutura Automático

Guarda-rodas  $0,23 \cdot 25 \cdot 1,5 \approx 8,6 \text{kN/m}$

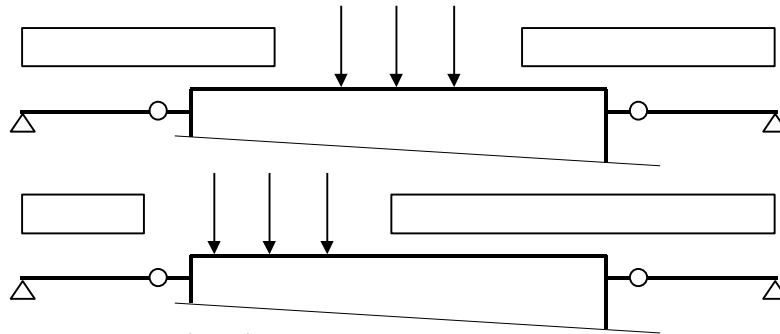
Capeamento  $0,08 \cdot 22 = 1,75 \text{kN/m}^2$

Empuxo de terra na parede  $18 \cdot 5 \cdot 0,5 \cdot 0,5 = 49 \text{kN/m}^2$  (na base da parede)

### Cargas móveis:

Considera-se o espreadimento das cargas correspondentes ao trem tipo TB45 nas áreas determinadas na norma como as das rodas.

Na pista superior, o trem-tipo é posicionado das maneiras a seguir.



E foi modelado transversalmente em duas posições, no centro do vão e na borda, junto a barreira lateral conforme ilustrado a seguir:

Segundo o mesmo método foram aplicadas as cargas na laje inferior.

### Coefficiente de impacto

O coeficiente de impacto varia de acordo com o vão da PI, logo varia de acordo com a esconsidade da mesma, e o seu valor segue de acordo com a seguinte fórmula:

$$\square = 1,4 - 0,007 \cdot l_{\text{vão}} \geq 1,0$$

Para o caso mais desfavorável será admitido um vão de 12.5m e este será adotado para os demais quando da obtenção do coeficiente de impacto.

Portanto o valor encontrado é 1.313.

Resultados da análise matemática

São apresentados os resultados para as seguintes as seguintes combinações:

I -  $1.40 \cdot C_{\text{perm}} + 1.5 \cdot 1.313 \cdot C_{M1} + 1.4 \cdot C_{\text{emp}}$

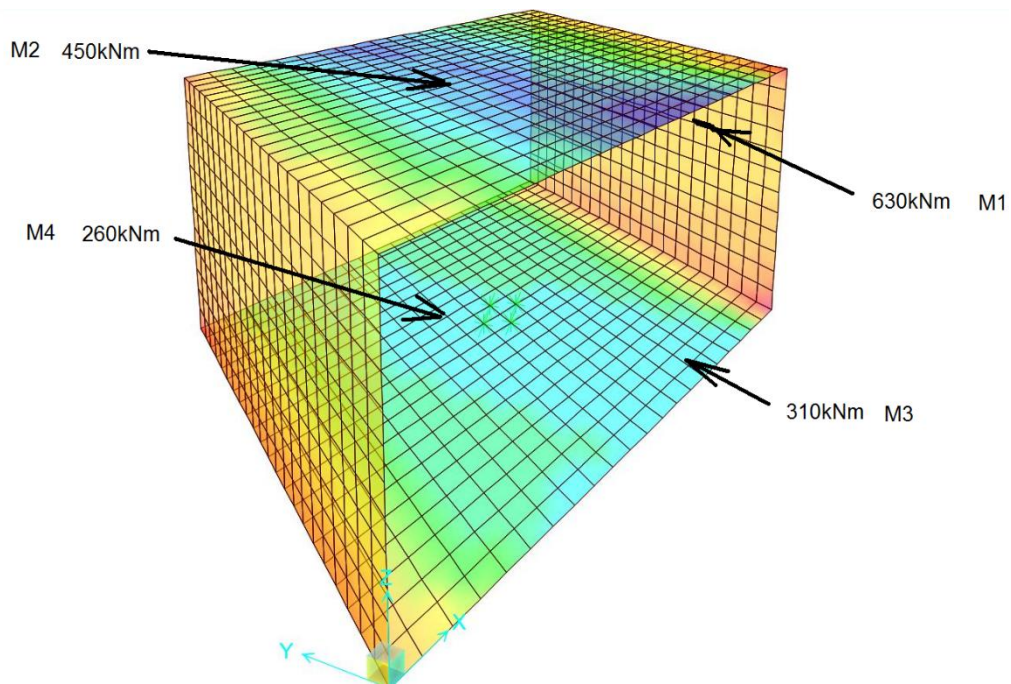
II -  $1.40 \cdot C_{\text{perm}} + 1.5 \cdot 1.313 \cdot C_{M2} + 1.4 \cdot C_{\text{emp}}$

III -  $1.40 \cdot C_{\text{perm}} + 1.5 \cdot 1.313 \cdot C_{M3} + 1.4 \cdot C_{\text{emp}}$

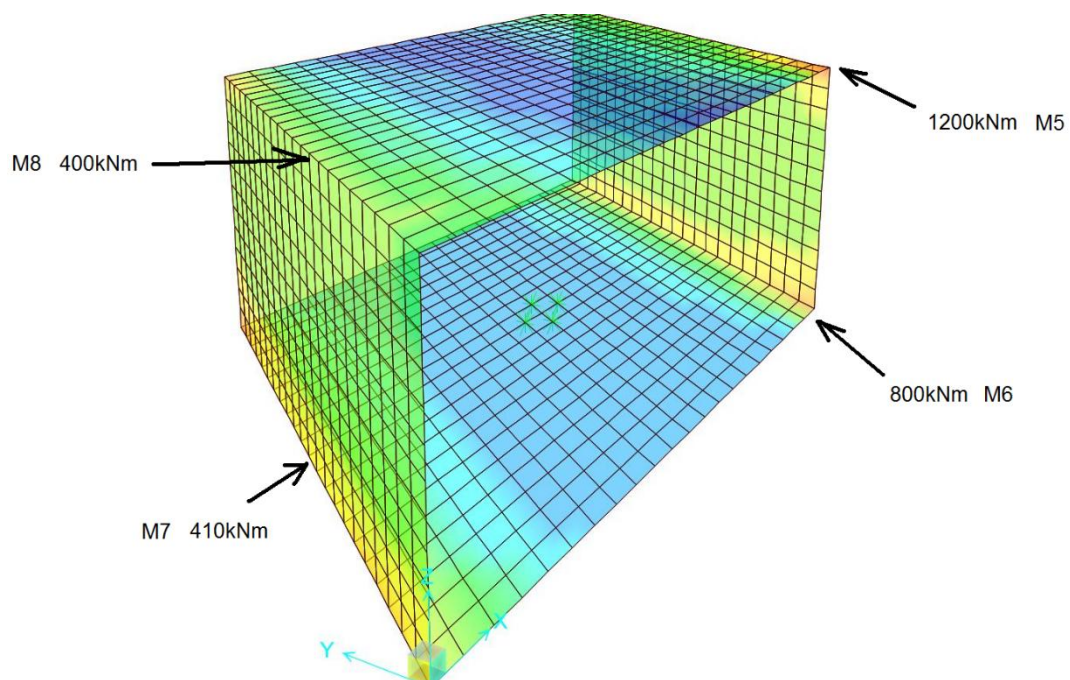
IV -  $1.40 \cdot C_{\text{perm}} + 1.5 \cdot 1.313 \cdot C_{M4} + 1.4 \cdot C_{\text{emp}}$

DIM -  $\text{env}( I ; II ; III ; IV )$

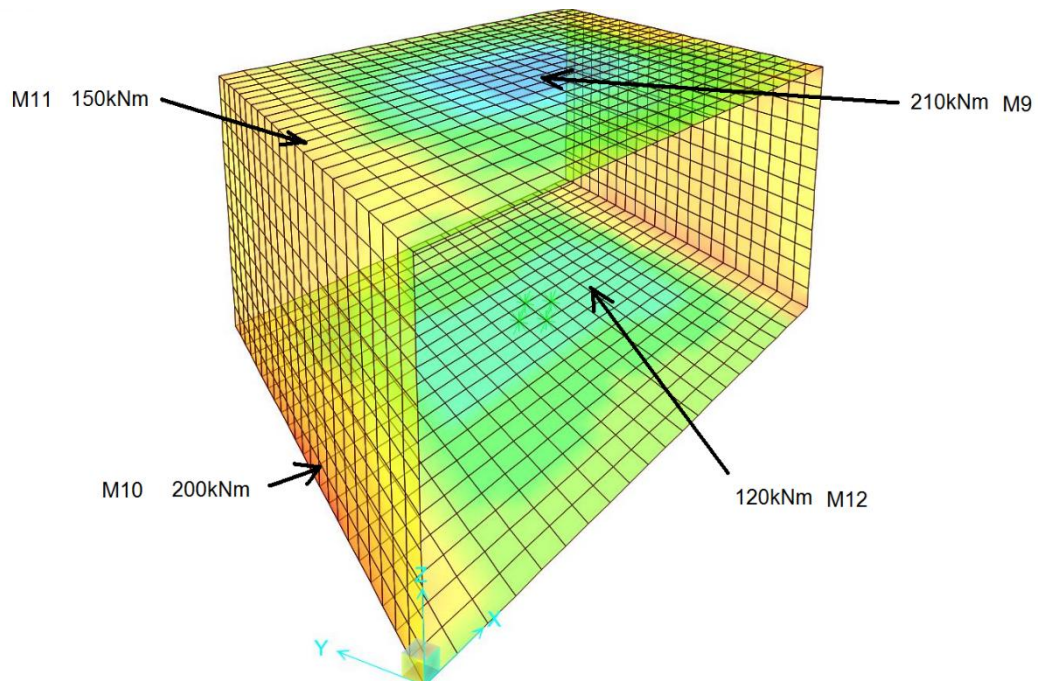
Envoltória dos diagramas de momentos fletores, para ambas as direções para as PIs.



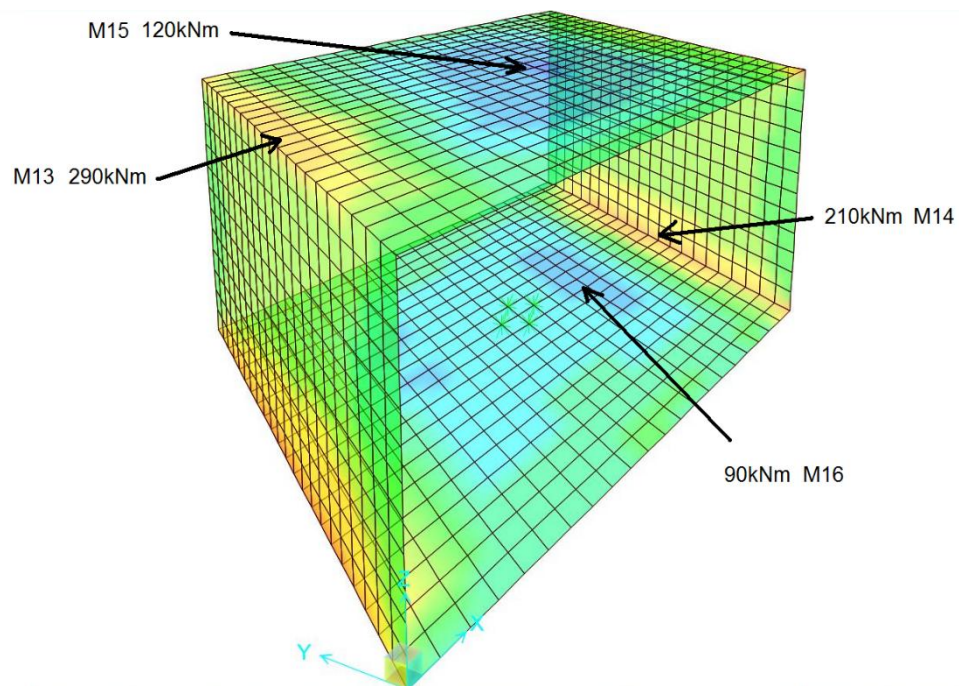
M11 – Envoltória de valores máximos



M11 – Envoltória de valores mínimos



M22 – Envoltória de valores máximos



M22 – Envoltória de valores mínimos

### 5.12.5.2 Dimensionamento

Para os esforços de momentos fletores.

Peça := "M1"

Dimensões da viga:  $b := 1.0\text{m}$   $h := .60\text{m}$

Cobrimento:  $c_{\text{ww}} := 4\text{cm}$   $d := h - c = 56\text{-cm}$

Concreto:  $f_{\text{ck}} := 30\text{MPa}$   $f_{\text{cd}} := \frac{f_{\text{ck}}}{1.4} = 21.429\text{-MPa}$

Aço CA-50:  $f_{\text{yk}} := 500\text{MPa}$   $f_{\text{yd}} := \frac{f_{\text{yk}}}{1.15} = 434.783\text{-MPa}$

Aço Estribo:  $f_{\text{yks}} := 500\text{MPa}$   $f_{\text{yds}} := \frac{f_{\text{yks}}}{1.15} = 434.783\text{-MPa}$

Momento:  $M_d := 630\text{kN}\cdot\text{m}$

Peça := "M2"

Dimensões da viga:  $b := 1.0\text{m}$   $h := .60\text{m}$

Cobrimento:  $c_{\text{ww}} := 4\text{cm}$   $d := h - c = 56\text{-cm}$

Concreto:  $f_{\text{ck}} := 30\text{MPa}$   $f_{\text{cd}} := \frac{f_{\text{ck}}}{1.4} = 21.429\text{-MPa}$

Aço CA-50:  $f_{\text{yk}} := 500\text{MPa}$   $f_{\text{yd}} := \frac{f_{\text{yk}}}{1.15} = 434.783\text{-MPa}$

Aço Estribo:  $f_{\text{yks}} := 500\text{MPa}$   $f_{\text{yds}} := \frac{f_{\text{yks}}}{1.15} = 434.783\text{-MPa}$

Momento:  $M_d := 450\text{kN}\cdot\text{m}$

Peça := "M3"

Dimensões da viga:  $b := 1.0\text{m}$   $h := .50\text{m}$

Cobrimento:  $c := 4\text{cm}$   $d := h - c = 46\text{-cm}$

Concreto:  $f_{ck} := 25\text{MPa}$   $f_{cd} := \frac{f_{ck}}{1.4} = 17.857\text{-MPa}$

Aço CA-50:  $f_{yk} := 500\text{MPa}$   $f_{yd} := \frac{f_{yk}}{1.15} = 434.783\text{-MPa}$

Aço Estribo:  $f_{yks} := 500\text{MPa}$   $f_{yds} := \frac{f_{yks}}{1.15} = 434.783\text{-MPa}$

Momento:  $M_d := 310\text{kN}\cdot\text{m}$

Peça := "M4"

Dimensões da viga:  $b := 1.0\text{m}$   $h := .50\text{m}$

Cobrimento:  $c := 4\text{cm}$   $d := h - c = 46\text{-cm}$

Concreto:  $f_{ck} := 25\text{MPa}$   $f_{cd} := \frac{f_{ck}}{1.4} = 17.857\text{-MPa}$

Aço CA-50:  $f_{yk} := 500\text{MPa}$   $f_{yd} := \frac{f_{yk}}{1.15} = 434.783\text{-MPa}$

Aço Estribo:  $f_{yks} := 500\text{MPa}$   $f_{yds} := \frac{f_{yks}}{1.15} = 434.783\text{-MPa}$

Momento:  $M_d := 260\text{kN}\cdot\text{m}$

Peça := "M5"

Dimensões da viga:  $b := 1.0\text{m}$   $h := .85\text{m}$

Cobrimento:  $c_{\text{ww}} := 4\text{cm}$   $d := h - c = 81\text{-cm}$

Concreto:  $f_{\text{ck}} := 30\text{MPa}$   $f_{\text{cd}} := \frac{f_{\text{ck}}}{1.4} = 21.429\text{-MPa}$

Aço CA-50:  $f_{\text{yk}} := 500\text{MPa}$   $f_{\text{yd}} := \frac{f_{\text{yk}}}{1.15} = 434.783\text{-MPa}$

Aço Estribo:  $f_{\text{yks}} := 500\text{MPa}$   $f_{\text{yds}} := \frac{f_{\text{yks}}}{1.15} = 434.783\text{-MPa}$

Momento:  $M_d := -1200\text{kN}\cdot\text{m}$

Peça := "M6"

Dimensões da viga:  $b := 1.0\text{m}$   $h := .75\text{m}$

Cobrimento:  $c_{\text{ww}} := 4\text{cm}$   $d := h - c = 71\text{-cm}$

Concreto:  $f_{\text{ck}} := 25\text{MPa}$   $f_{\text{cd}} := \frac{f_{\text{ck}}}{1.4} = 17.857\text{-MPa}$

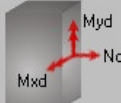
Aço CA-50:  $f_{\text{yk}} := 500\text{MPa}$   $f_{\text{yd}} := \frac{f_{\text{yk}}}{1.15} = 434.783\text{-MPa}$

Aço Estribo:  $f_{\text{yks}} := 500\text{MPa}$   $f_{\text{yds}} := \frac{f_{\text{yks}}}{1.15} = 434.783\text{-MPa}$

Momento:  $M_d := -800\text{kN}\cdot\text{m}$

Pilares parede. Estes serão avaliados por faixa de 1m e verificados utilizando ábacos de iteração adimensionais que relacionam, para a força normal aplicada, os momentos resistentes em ambas direções.

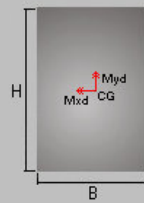
**Solicitações**



Nd (kN): -2400  
Mxd (kN.m): 800  
Myd (kN.m): 0

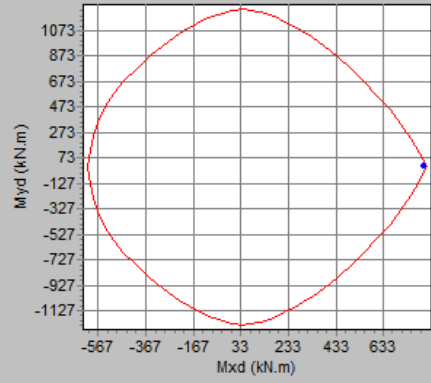
**Materiais**  
Concreto: C-25  
Aço: CA-50 A

**Seção Transversal**



B (cm): 100  
H (cm): 50

**Diagrama de Interação**



**Armadura**

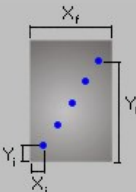
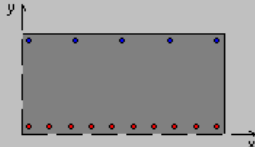
Número de barras na linha: 10  
Diâmetro das barras (mm): 20

$X_i$  (cm): 4       $X_f$  (cm): 96  
 $Y_i$  (cm): 4       $Y_f$  (cm): 4

Horizontal     Vertical     Qualquer

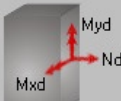
Linha 1  
Linha 2

Adicionar  
Excluir

Acima para as situações N1 e N4 e abaixo para N2 e N3


**Solicitações**



Nd (kN): -1400  
Mxd (kN.m): 410  
Myd (kN.m): 0

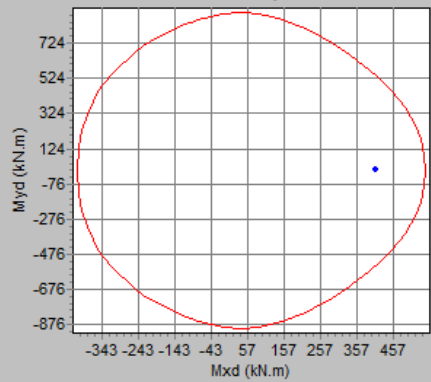
**Materiais**  
Concreto: C-25  
Aço: CA-50 A

**Seção Transversal**



B (cm): 100  
H (cm): 50

**Diagrama de Interação**



**Armadura**

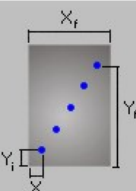
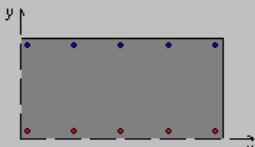
Número de barras na linha: 5  
Diâmetro das barras (mm): 20

$X_i$  (cm): 4       $X_f$  (cm): 96  
 $Y_i$  (cm): 4       $Y_f$  (cm): 4

Horizontal     Vertical     Qualquer

Linha 1  
Linha 2

Adicionar  
Excluir

## 6 ANEXOS

### 6.1 Anexo 1: Especificações de Serviços

As especificações de serviço a serem consideradas para a execução da obra são listadas abaixo e estabelecem diretrizes para a execução dos serviços descritos neste instrumento, contribuindo para a garantia da qualidade dos serviços prestados, implicando no prolongamento da vida útil do empreendimento.

#### 6.1.1 Obras de Artes

##### **Considerações Gerais:**

##### **a) Carregamentos considerados no cálculo:**

##### ❖ Cargas Permanentes: (massas específicas):

Concreto armado ou protendido – 25 kN/m<sup>2</sup>

Concreto de Embutimento dos Blocos (VBV) – 25 kN/m<sup>3</sup>

Aço Estrutural – 78,5 kN / m<sup>3</sup>

##### ❖ Cargas Variáveis:

Trem-Tipo de referência: NCO3- SP (Metrô de São Paulo)

Carga de multidão nos passeios: 5 kN/m<sup>2</sup>

##### **b) Gabaritos:**

##### ❖ Gabarito Metro Ferroviário

6.50m

##### ❖ Gabarito Rodoviário

5.50m

##### **INFRAESTRUTURA:**

Concreto de regularização  $f_{ck} \geq 10$  MPa;

Concreto Estrutural: Blocos,  $f_{ck} \geq 30$  MPa;

- Adição de 5% microssílica.

Outras especificações:

- Fator água/cimento  $\leq 0,45$ ;
- Consumo de cimento  $\geq 360 \text{ kg/m}^3$  de concreto;
- Aço para concreto armado = CA 50;
- Adotar cimento CP RS = resistente a sulfatos.

Cobrimento das armaduras:

- Infraestrutura: 5,0cm;
- Estacas: 5,0cm.

Classificação de agressividade ambiental da obra: Classe IV.

Na armadura, utilizar pastilha plástica para garantir o cobrimento mínimo.

Gancho e dobras conforme Norma ABNT 6118/2014: Projeto de estruturas de concreto - Procedimentos.

Estaca  $\varnothing = 80 \text{ cm}$ , camisa metálica cravada e pino escavado  $\varnothing 70 \text{ cm}$  com equipamento Wirth

- Carga de serviço: 410 tf.
- Execução conforme desenho específico de fundações.
- Concreto de preenchimento da estaca:
- Resistência  $f_{ck} \geq 40 \text{ MPa}$ .
- Consumo mínimo de cimento  $> 400 \text{ kg/m}^3$
- Cobrimento 5,0 cm
- Para ensaio do concreto da estaca, o corpo de prova deve ser retirado do topo da estaca, logo após o término de concretagem da mesma.
- Caso na cravação da estaca ocorra uma diferença superior a 8 cm em relação à locação de projeto, a Projetista deverá ser consultada.

Ensaio

- Estacas  $\varnothing = 80 \text{ cm}$ , escavada com equipamento Wirth
- ✓ Ensaio dinâmico (ECDs) em 5% das estacas ao longo de todo o projeto (um em cada bloco), distribuídas homogêneas e 1 prova de carga estática. O primeiro ensaio deverá ser feito logo na primeira estaca executada. Os ensaios deverão ser feitos após a execução do pino (e concretagem do interior).

Ensaio traço experimental a 7, 14, 21 e 28 dias para traçar a curva de endurecimento experimental.

O ensaio do traço experimental deverá ser refeito, caso haja alteração do tipo ou origem dos seus componentes.

Os ensaios de reatividade de agregados deverão ser realizados para cada fornecedor contratado pela obra.

## MESOESTRUTURA:

Concreto:

- Concreto estrutural:
- ✓ Pilares –  $f_{ck} \geq 40 \text{ MPa}$

- ✓ Travessas -  $f_{ck} \geq 40\text{Mpa}$ ;
- ✓ Adotar cimento CP RS = resistente a sulfatos.
  
- Outras especificações:
  - ✓ Fator água/cimento  $\leq 0,45$ ;
  - ✓ Consumo de cimento  $\geq 360\text{Kg/m}^3$  de concreto;
  - ✓ Adotar slump  $\geq 18$  cm para as travessas e slump  $\geq 12$  cm para pilares.
  
- Aço para concreto armado = CA 50.
  
- Aço para concreto protendido = CP 190-RB  $\varnothing$  15.2mm.

Cobrimento da armaduras

- Mesoestrutura = 5,0cm.

Classificação de agressividade ambiental da obra = Classe IV;

Na armadura, utilizar pastilha plástica para garantir o cobrimento mínimo;

Gancho e dobras conforme Norma ABNT 6118/2014: Projeto de estruturas de concreto - Procedimentos.

Ensaiai traço experimental a 7, 14, 21 e 28 dias para traçar a curva de endurecimento experimental.

O ensaio do traço experimental deverá ser refeito, caso haja alteração do tipo ou origem dos seus componentes.

Os ensaios de reatividade de agregados deverão ser realizados para cada fornecedor contratado pela obra.

## **SUPERESTRUTURA CONCRETO:**

Concreto Armado

- Concreto estrutural
  - ✓ Vigas, Lajes e pré moldados -  $f_{ck} \geq 40\text{Mpa}$ ;
  
- Outras especificações:
  - ✓ Fator água/cimento  $< 0,45$ ;
  - ✓ Consumo de cimento  $\geq 360\text{Kg/m}^3$  de concreto;
  - ✓ Adotar slump  $> 18$  cm para as vigas e transversinas.
  
- Aço para concreto armado = CA 50.
  
- Lajes: Recomendação = Adotar concreto com 5% de microssilica.
  
- Cobrimento da armaduras
  - ✓ Superestrutura = 5,0cm.

- Classificação de agressividade ambiental da obra = Classe IV
- Na armadura, utilizar pastilha plástica para garantir o cobrimento mínimo
- Gancho e dobras conforme Norma ABNT 6118/2014: Projeto de estruturas de concreto - Procedimentos.
- Ensaiai traço experimental a 7, 14, 21 e 28 dias para traçar a curva de endurecimento experimental.
- O ensaio do traço experimental deverá ser refeito, caso haja alteração do tipo ou origem dos seus componentes.
- Os ensaios de reatividade de agregados deverão ser realizados para cada fornecedor contratado pela obra.

### **Concreto Protendido**

- Aço para concreto protendido = CP190 - RBØ 15.2mm
- Caso a diferença entre o alongamento medido na obra e o previsto no projeto for maior que  $\pm 10\%$  em cabos individuais ou 5% da média dos cabos das vigas, a projetista deverá ser consultada.
- A 1º protensão da viga deverá ser executada com  $f_{ck} > 18 \text{ Mpa}$  e no mínimo 48 hs após a concretagem.
- A 2º protensão da totalidade dos cabos, deve ser feita quando o concreto atingir  $f_{ck} \geq 40 \text{ Mpa}$  e no mínimo 7 dias após a concretagem.

#### Aparelhos de apoio

- Os aparelhos de apoio serão em neoprene fretado conforme indicado em desenho específico.

### **SUPERESTRUTURA METÁLICA:**

#### Material

- Aço para superestrutura metálica-SAC 350 ou ASTM A588,GRB.

#### Pintura

- Preparação da base - Jateamento ao metal quase branco - Padrão Sa 2 1/2.
- Pintura base - Primer em 2 demãos (60 micrometros por demão) em epoxi.
- Pintura acabamento - 1 demão de esmalte poliuretano alifático na cor branca (120 micrometros).

#### Aparelhos de apoio

- Os aparelhos de apoio serão metálicos.

Ensaios:

- Todas as soldas estruturais deverão ser avaliadas e aprovadas por ensaios de ultrassom conforme NBR 8800.
- Todas as soldas secundárias deverão ser ensaiadas com líquido penetrante.

## **NORMAS ADOTADAS**

As estruturas da ponte foram concebidas e deverão ser executadas atendendo ao disposto nas normas da ABNT complementadas nas suas omissões pelas normas internacionais discriminada a seguir:

Normas da ABNT

- NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento
- NBR 6122 - Projeto e Execução de Fundações
- NBR 7187 - Cálculo e Execução de Pontes de Concreto Armado
- NBR 7583 - Pavimento de Concreto
- NBR 5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão
- NBR 5101 - Iluminação Pública
- NBR 5419 - Proteção das Estruturas contra Descarga Atmosférica
- NBR 8681 – Ações e segurança nas estruturas - Procedimento

Normas Internacionais

- AISC-ASD89 Manual of Steel Construction
- AWS D1.1 Structure Steel Welding Code
- ASTM-A588 American Society for Testing Materials
- AASHTO 16ªEd.American Association of State Highways and Transportation Officials
- DIN 18800 Deutsche Industrie Normen

### 6.1.2 Terraplanagem

- Serviços Preliminares

Para a realização dos diversos serviços de campo, serão necessários os serviços preliminares de terraplanagem, que constituem o conjunto de operações objetivando a remoção das obstruções naturais ou artificiais, porventura existentes, tais como: árvores, arbustos, tocos, raízes, matacões, camada superior do solo com materiais orgânicos e

resíduos vegetais, a serem realizados nas áreas do empreendimento. Compreenderá os seguintes serviços: Limpeza do Terreno, Desmatamento, Destocamento e Remoção do Expurgo de Terra Vegetal.

As condições específicas pertinentes à execução dos serviços preliminares de terraplenagem propriamente dita estão enunciadas na especificação de serviço DNIT 104/2009 – ES.

As operações devem ser executadas utilizando-se equipamentos adequados, complementados com o emprego de serviço manual. A escolha do equipamento deve ser em função da densidade e do tipo de vegetação local e dos prazos exigidos para a execução da obra. Preferencialmente, devem ser utilizados tratores de esteiras, com lâminas ou com implementos especiais apropriados às tarefas, e motosserras.

Nas operações destinadas à execução dos serviços preliminares, objetivando a preservação do meio ambiente, devem ser devidamente observadas e adotadas as soluções e os respectivos procedimentos específicos atinentes ao tema ambiental, conforme as recomendações e exigências dos órgãos ambientais.

- Cortes

O processo de execução dos cortes compreende a escavação do terreno natural, cuja constituição envolve formações de solos, de alteração de rocha, rocha ou associações destes tipos.

Os serviços de escavação de materiais, objetivando a implantação do empreendimento será realizada após as operações de desmatamento e destocamento, devidamente checadas e, se for o caso, revistas, de sorte a guardarem consonância com a nova configuração da superfície do terreno e com o projeto geométrico. Deverão ser obedecidas as recomendações da Norma DNIT 106/2009 - ES.

A seleção do equipamento deve obedecer às indicações seguintes:

a) Corte em solo - utilizam-se, em geral, tratores equipados com lâminas, escavotransportadores, ou escavadores conjugados com transportadores diversos. A operação deve incluir, complementarmente, a utilização de tratores e moto-niveladoras para escarificação, além de tratores empurradores (“pushers”).

b) Corte em rocha – empregam-se perfuratrizes pneumáticas ou elétricas para o preparo das minas, tratores equipados com lâmina para a operação de limpeza da praça de trabalho, e carregadores conjugados com transportadores para a carga e transporte do material extraído.

Nesta operação, utilizam-se explosivos e detonadores adequados à natureza da rocha e às condições do canteiro de serviço.

Os taludes dos cortes devem apresentar, após a operação de terraplenagem, a inclinação indicada no projeto de engenharia, para cuja definição foram consideradas as indicações provenientes das investigações geológicas e geotécnicas. Os taludes devem se apresentar com a superfície devidamente desempenada, obtida pela normal utilização do equipamento de escavação.

- Aterros

Na compactação correspondente aos serviços de corpo de aterro, a energia de compactação deverá ser igual a 100% do Proctor Normal. Entretanto, as camadas finais, deverão ser executadas com material apresentando melhores características geotécnicas e compactadas com energia de 100% do Proctor Intermediário.

Os trechos que não atingirem as condições mínimas de compactação deverão ser escarificados, homogeneizados, levados à umidade adequada e novamente compactados, de acordo com a massa específica aparente seca exigida.

- Empréstimos

Áreas indicadas no projeto, ou selecionadas, onde devem ser escavados materiais a utilizar na execução da plataforma da rodovia, nos segmentos em aterro. Tais áreas são utilizadas para suprir a deficiência ou insuficiência de materiais extraídos dos cortes.

- Condições Gerais

O processo de seleção e/ou utilização de “empréstimos”, a par de atender aos preceitos do Projeto de Terraplenagem, deve também beneficiar as condições da estrada, seja melhorando as condições topográficas ou de visibilidade, seja garantindo uma melhor drenagem.

- Execução

O início e o desenvolvimento dos serviços de exploração de empréstimos devem obedecer, rigorosamente, à programação de obras estabelecida e consignada na “Segmentação do Diagrama de Bruckner”, Norma DNIT 104/2009 - ES - Serviços Preliminares.

- Condicionantes ambientais

Nas operações destinadas à exploração de caixas de empréstimo, objetivando a preservação ambiental, devem ser devidamente observadas e adotadas as soluções e os respectivos procedimentos específicos atinentes ao tema ambiental, definidos e/ou instituídos no instrumental técnico-normativo pertinente vigente no DNIT e na documentação técnica vinculada à execução das obras, documentação esta que compreende o Projeto de Engenharia, os Programas Ambientais pertinentes do Plano Básico Ambiental e as recomendações e exigências dos órgãos ambientais. O conjunto de soluções e procedimentos, acima reportados, constitui elenco bastante diversificado de medidas condicionantes que, à luz do instrumental técnico-normativo pertinente e referenciado à Norma DNIT 070/2006-PRO.

### 6.1.3 Drenagem

DNIT 015/2006-ES- Drenagem – Dreno Longitudinal

- Drenos subterrâneos

Dispositivos instalados nas camadas sub-superficiais das rodovias, em geral no subleito, de modo a permitir a captação, condução e deságüe das águas que se infiltram pelo pavimento ou estão contidas no próprio maciço e que, por ação do tráfego e carregamento, comprometem a estrutura do pavimento e a estabilidade do corpo estradal.

Quanto à forma construtiva, os drenos poderão ser cegos ou com tubos e, devido à pequena profundidade, podem ser também designados como drenos rasos; recebem, ainda, designações particulares como dreno transversal ou dreno longitudinal de base.

- Condições gerais

Os drenos subterrâneos devem ser implantados durante o acabamento da terraplanagem, de modo a favorecer as condições construtivas. Os drenos cegos poderão ser executados sob a forma de trincheira ou colchão, de acordo com as recomendações de projeto, adequando-se às condições geométricas e inclinação da área a ser esgotada. Os drenos verticais de areia ou geossintéticos, cuja implantação é recomendada para os processos especiais de estabilização de maciço ou de camadas de terraplanagem, passíveis de deformações por ruptura ou adensamento, serão tratados em especificação própria, decorrente de indicação dos estudos geotécnicos.

- Equipamentos

Os equipamentos necessários à execução dos serviços serão adequados aos locais de instalação das obras, atendendo ao que dispõem as prescrições específicas para os serviços similares. Recomendam-se, no mínimo, os seguintes equipamentos:

- a) Caminhão basculante;
- b) Caminhão de carroceria fixa;
- c) Betoneira ou caminhão betoneira;
- d) Motoniveladora;
- e) Pá carregadeira;
- f) Rolo compactador metálico;
- g) Retroescavadeira ou valetadeira;
- h) Guinchos ou caminhões com grua ou “Munck”;
- i) Serra elétrica para formas.

NOTA: Todo equipamento a ser utilizado deverá ser vistoriado antes do início da execução do serviço, de modo a garantir condições apropriadas de operação, sem o que não será autorizada a sua utilização.

- Execução

As valas deverão ser escavadas de acordo com a largura, o alinhamento e as cotas indicados no projeto. Os tubos de tipo e dimensões requeridas deverão ser assentados em berços, adequadamente compactados e acabados, de modo a serem preservadas as cotas de projeto perfeitamente estáveis para o carregamento previsto. O material de envolvimento dos drenos deverá ser firmemente adensado, adotando-se compactador vibratório, de modo a garantir a imobilidade dos tubos, as espessuras das camadas e a perfeita graduação granulométrica dos materiais drenante e filtrante. As juntas da ponta e da bolsa deverão ser colocadas de modo que as bolsas fiquem voltadas para o lado ascendente da declividade. A parte superior da vala deverá então ser preenchida com material argiloso, caso indicado no projeto, cuidando-se quando da utilização de bases granulares para que haja a continuidade de permeabilidade, de modo a favorecer o esgotamento das águas que, por infiltração, possam ficar retidas na camada. Todos os materiais de enchimento deverão ser compactados com equipamentos vibratórios e na umidade adequada para o perfeito adensamento das camadas. Nas extremidades de saída das valas deverão ser instalados tubos ou terminais, em conformidade com as indicações do projeto.

- Manejo ambiental

Durante a execução dos drenos subterrâneos deverão ser preservadas as condições ambientais, exigindo-se, entre outros, os seguintes procedimentos:

- a) Todo o material excedente de escavação ou sobras, deverá ser removido das proximidades dos drenos de modo a não provocar a sua colmatagem.
- b) O material excedente removido será transportado para local pré-definido em conjunto com a Fiscalização cuidando-se ainda para que este material não seja conduzido para os cursos d'água de modo a não causar assoreamento e / ou entupimentos nos sistemas de drenagem naturais ou implantados em função das obras.
- c) Nos pontos de deságüe dos drenos, deverão ser executadas obras de proteção, de modo a não promover a erosão das vertentes ou assoreamento de cursos d'água.
- d) Como em geral as águas subterrâneas afetam os mananciais locais, a Fiscalização verificará se os posicionamentos, caimentos e deságües dos drenos obedecem ao projeto. Caso necessário, em função das condições locais, o projeto poderá ser alterado, de acordo com a Fiscalização.
- e) Especial atenção deverá ser dada à manutenção da estabilidade dos maciços onde são instalados os drenos subterrâneos. Após a implantação dos dispositivos estes maciços deverão ser monitorados, para verificação do surgimento de escorregamentos ou desagregações em função da alteração do nível do lençol freático.
- f) Durante o desenrolar das obras deverá ser evitado o tráfego desnecessário de equipamentos ou veículos por terrenos naturais, de modo a evitar a sua desfiguração.
- g) Além destas, deverão ser atendidas, no que couber, as recomendações da DNER ISA 07- Instrução de Serviço Ambiental, referentes ao escoamento das águas, e proteção contra a erosão, captação, condução e despejo das águas superficiais ou sub-superficiais.

- Drenos sub-superficiais

Dispositivos instalados nas camadas subjacentes dos pavimentos de cortes ou aterros que, liberando parte da água retida, aliviam as tensões e propiciam a preservação desses pavimentos. Quanto à forma construtiva, os drenos poderão ser cegos ou com tubos e, devido à pequena profundidade, podem ser também designados como drenos rasos; recebem, ainda, designações particulares como dreno transversal ou dreno longitudinal de base (ver DNIT 015/2006-ES).

- Materiais

Todo material utilizado deverá satisfazer aos requisitos impostos pelas normas vigentes da ABNT e do DNIT. Deverão ser realizados ensaios e estudos indicadores da textura e da granulometria dos materiais.

- Condições gerais

Os drenos sub-superficiais deverão ser instalados durante o desenvolvimento da camada final de terraplanagem. O fechamento das valas só poderá ser realizado após a vistoria e a comprovação da operacionalidade dos drenos instalados, por meio de inspeção visual. Durante todo o tempo da construção deverão ser mantidos o tamponamento dos tubos e a proteção das camadas filtrantes e de envolvimento dos tubos de modo a impedir o entupimento das canalizações e a colmatação do material permeável. Os dispositivos considerados nesta Norma abrangem aqueles integrantes do Álbum de projetos-tipo de dispositivos de drenagem do DNER ou outros detalhados no projeto.

- Execução

Os drenos sub-superficiais deverão ser construídos cumprindo-se as seguintes etapas:

- a) a abertura das valas deve atender às dimensões estabelecidas no projeto-tipo adotado;
- b) no caso de drenos transversais rasos, as valas deverão ser abertas seguindo as retas de maior declive, nas seções indicadas no projeto;
- c) para os drenos longitudinais rasos, as valas deverão ser abertas no sentido de jusante para montante, paralelas ao eixo, na posição indicada no projeto;
- d) a declividade longitudinal mínima do fundo das valas deverá ser de 1%;
- e) deverá ser utilizado um processo de escavação compatível com a dificuldade de extração do material;
- f) a disposição do material escavado será feita em local próximo aos pontos de passagem, de forma a não prejudicar a configuração do terreno e o escoamento das águas superficiais
- g) instalação dos drenos sub-superficiais;
- h) o preenchimento das valas deverá ser no sentido de montante para jusante, com os materiais especificados no projeto;

i) o espalhamento do material granular no preenchimento das valas deverá ser feito em camadas com espessura máxima de 30cm, com o agregado na umidade indicada no projeto e adensado com rolos vibratórios ou placas metálicas vibratórias manuais.

- Meios-fios

Limitadores físicos da plataforma rodoviária, com diversas finalidades, entre as quais, destaca-se a função de proteger o bordo da pista dos efeitos da erosão causada pelo escoamento das águas precipitadas sobre a plataforma que, decorrentes da declividade transversal, tendem a verter sobre os taludes dos aterros. Desta forma, os meios-fios têm a função de interceptar este fluxo, conduzindo os deflúvios para os pontos previamente escolhidos para lançamento.

- Execução de meios-fios ou guias de concreto

Poderão ser moldados “in loco” ou pré-moldados, conforme disposto no projeto. O processo executivo mais utilizado refere-se ao emprego de dispositivos moldados “in loco” com emprego de fôrmas convencionais.

- Recomendações gerais

Para garantir maior resistência dos meios-fios a impactos laterais, quando estes não forem contidos por canteiros ou passeios, serão aplicadas escoras de concreto magro, em forma de “bolas” espaçadas de 3,0m. Em qualquer dos casos o processo alternativo, eventualmente utilizado, será adequado às particularidades de cada obra.

- Descidas d’água

Dispositivos que possibilitam o escoamento das águas que se concentram em talwegues interceptados pela terraplanagem, e que vertem sobre os taludes de cortes ou aterros. Nestas condições, para evitar os danos da erosão, torna-se necessária a sua canalização e condução através de dispositivos, adequadamente construídos, de forma a promover a dissipação das velocidades e com isto, desenvolver o escoamento em condições favoráveis até os pontos de deságüe, previamente escolhidos.

- Entradas d’água

Dispositivos destinados à transferência das águas captadas para canalizações ou outros dispositivos, possibilitando o escoamento de forma segura e eficiente.

- Dissipador de energia – definição:

Dissipador de energia - dispositivo que visa promover a redução da velocidade de escoamento nas entradas, saídas ou mesmo ao longo da própria canalização de modo a reduzir os riscos dos efeitos de erosão nos próprios dispositivos ou nas áreas adjacentes.

- Tipos de dissipadores

Os dissipadores poderão ter diferentes formas cuja adoção será definida no projeto específico, em função das descargas a serem dissipadas e das condições de deságüe, conforme definição do projeto. Os tipos de dissipadores usualmente adotados são:

- a) Dissipadores de concreto com berço contínuo de pedra argamassada;
- b) Dissipadores de concreto com caixa de pedra argamassada;
- c) Dissipadores de concreto monolítico com dentes de concreto;
- d) Dissipadores de concreto monolítico em degraus.

Os dissipadores com berço contínuo visam a dissipação do deflúvio conduzido por uma canalização ao longo do terreno, em área relativamente ampla. Nas saídas ou entradas de bueiros, onde o fluxo é concentrado são adotados dissipadores com caixas de pedra argamassada ou arrumada de modo a reduzir o impacto do lançamento. Os dissipadores dotados de dentes ou em degraus são adotados em trechos de canalizações muito íngremes onde a dispersão do fluxo visa diminuir a velocidade e, conseqüentemente reduzir os efeitos da erosão da canalização.

- Sarjetas

Dispositivos de drenagem longitudinal construídos lateralmente às pistas de rolamento e às plataformas dos escalonamentos, destinados a interceptar os deflúvios, que escoando pelo talude ou terrenos marginais podem comprometer a estabilidade dos taludes, a integridade dos pavimentos e a segurança do tráfego, e geralmente têm, por razões de segurança, a forma triangular ou semicircular.

- Valetas

Dispositivos localizados nas cristas de cortes ou pés de aterro, conseqüentemente afastados das faixas de tráfego, com a mesma finalidade das sarjetas, mas que por escoarem maiores deflúvios ou em razão de suas características construtivas têm em geral a forma trapezoidal ou retangular.

- Bueiros de grota

Obras-de-arte correntes que se instalam no fundo dos talwegues. No caso de obras mais significativas correspondem a cursos d'água permanentes e, conseqüentemente, obras de maior porte. Por se instalarem no fundo das grotas, estas obras deverão dispor de bocas e alas.

- Bueiros de greide

Obras de transposição de talwegues naturais ou ravinas que são interceptadas pela rodovia e que por condições altimétricas, necessitam dispositivos especiais de captação e deságüe, em geral caixas coletoras e saídas d'água.

#### 6.1.4 Pavimento Rígido

- Sinalização da obra

Antes do início dos serviços deve ser implantada a adequada sinalização da obra, visando à segurança do tráfego no segmento rodoviário, e efetuada sua manutenção permanente durante a execução dos serviços.

- Concreto da sub-base

O concreto de cimento Portland compactado por meio de rolos compressores (concreto rolado) se destina à execução da sub-base de pavimento rígido e deve apresentar a seguinte característica: - Ser dosado por método racional, de modo a se obter com os materiais disponíveis uma mistura fresca, de trabalhabilidade adequada, para ser compactada com rolo liso vibratório, e resulte em produto endurecido com grau de compactação e resistência à compressão exigidos por esta Norma.

- Recebimento de materiais

O recebimento e o armazenamento do cimento Portland e de agregados na obra devem atender às normas DNIT 050/2004-EM, DNER-EM 037/97 e DNER-EM 038/97.

- Materiais
- Cimento Portland

O cimento Portland pode ser de qualquer tipo, desde que satisfaça às exigências específicas da norma DNIT 050/2004-EM, para o cimento a ser empregado.

- Agregados

Os agregados graúdo e miúdo devem atender, respectivamente, às exigências das normas DNER-EM 037/97 e DNER-EM 038/97.

- Água

A água destinada ao amassamento do concreto deve atender às exigências da norma DNER-EM 034/97.

- Material para a Cura

A cura da sub-base deve ser realizada com pintura asfáltica, utilizando-se emulsão asfáltica catiônica de ruptura rápida ou média, em conformidade com a norma DNIT 165/2013 – EM.

- Concreto

O concreto rolado deve ser dosado em laboratório, com os materiais disponíveis na obra, determinando-se a umidade ótima que permita obter a massa específica aparente seca máxima para a energia compatível com os equipamentos de compactação a utilizar na execução da sub-base e a resistência à compressão exigida nesta Norma.

- Equipamentos

Antes do início dos serviços todo equipamento deve ser examinado e aprovado pela Fiscalização. Para execução do concreto compactado com rolo (CCR) são indicados os seguintes equipamentos:

- a) Central de mistura para dosagem, umidificação e homogeneização do material, que pode ser contínua ou intermitente;
- b) Rolos compressores autopropelidos do tipo liso vibratório;
- c) Placa vibratória, ou sapo mecânico;
- d) Caminhão basculante;
- e) Pequenas ferramentas complementares, como pás, enxadas, e régua;
- f) Martelete pneumático, para execução de eventuais juntas de construção;
- g) Vibroacabadora de asfalto, com recurso eletrônico para nivelamento da camada;
- h) Caminhão pipa com barra espargidora (água);
- i) Caminhão tanque com barra espargidora (material para cura).

- Execução
- Plano da qualidade

O trecho experimental deve integrar o projeto de engenharia e sua execução deve ser acompanhada pelos responsáveis pela obra e elaboração do projeto.

- Subleito

O subleito deve ser regularizado segundo os procedimentos da norma DNIT 137/2010-ES e, se necessário, reforçado como indicado na norma DNIT 138/2012-ES.

#### 6.1.5 Pavimento Flexível

- Condições gerais

O concreto asfáltico pode ser empregado como revestimento, camada de ligação (binder), base, regularização ou reforço do pavimento.

Não é permitida a execução dos serviços, objeto desta Especificação, em dias de chuva.

O concreto asfáltico somente deve ser fabricado, transportado e aplicado quando a temperatura ambiente for superior a 10°C.

Todo o carregamento de cimento asfáltico que chegar à obra deve apresentar por parte do fabricante/distribuidor certificado de resultados de análise dos ensaios de caracterização exigidos pela especificação, correspondente à data de fabricação ou ao dia de carregamento para transporte com destino ao canteiro de serviço, se o período entre os dois eventos ultrapassar de 10 dias. Deve trazer também indicação clara da sua procedência, do tipo e quantidade do seu conteúdo e distância de transporte entre a refinaria e o canteiro de obra.

- Materiais

Os materiais constituintes do concreto asfáltico são agregado graúdo, agregado miúdo, material de enchimento filer e ligante asfáltico, os quais devem satisfazer às Normas pertinentes, e às Especificações aprovadas pelo DNIT.

a) Cimento asfáltico

Podem ser empregados os seguintes tipos de cimento asfáltico de petróleo:

- CAP-30/45
- CAP-50/70
- CAP-85/100

b) Agregados

- Agregado graúdo

Agregado graúdo pode ser pedra britada, escória, seixo rolado preferencialmente britado ou outro material indicado nas Especificações Complementares

I. Desgaste Los Angeles igual ou inferior a 50% (DNER-ME 035); admitindo-se excepcionalmente agregados com valores maiores, no caso de terem apresentado comprovadamente desempenho satisfatório em utilização anterior;

II. índice de forma superior a 0,5 (DNER-ME086);

III. durabilidade, perda inferior a 12% (DNERME089).

- Agregado miúdo

O agregado miúdo pode ser areia, pó-de-pedra ou mistura de ambos ou outro material indicado nas Especificações Complementares. Suas partículas individuais devem ser resistentes, estando livres de torrões de argila e de substâncias nocivas. Deve apresentar equivalente de areia igual ou superior a 55% (DNER-ME 054).

- Material de enchimento (filer)

Quando da aplicação deve estar seco e isento de grumos, e deve ser constituída por materiais minerais finamente divididos, tais como cimento Portland, cal extinta, pós-calcários, cinza volante, etc; de acordo com a Norma DNER-EM 367.

- Melhorador de adesividade

Não havendo boa adesividade entre o ligante asfáltico e os agregados graúdos ou miúdos (DNER-ME 078 e DNER-ME 079), pode ser empregado melhorador de adesividade na quantidade fixada no projeto. A determinação da adesividade do ligante com o melhorador de adesividade é definida pelos seguintes ensaios:

a) Métodos DNER-ME 078 e DNER 079, após submeter o ligante asfáltico contendo o dope ao ensaio RTFOT (ASTM – D 2872) ou ao ensaio ECA (ASTM D-1754);

b) Método de ensaio para determinar a resistência de misturas asfálticas compactadas à degradação produzida pela umidade (AASHTO 283). Neste caso a razão da resistência à tração por compressão diametral estática antes e após a imersão deve ser superior a 0,7 (DNER-ME 138).

- Verificação do produto

A verificação final da qualidade do revestimento de Concreto Asfáltico (Produto) deve ser exercida através das seguintes determinações, executadas de acordo com o Plano de Amostragem Aleatório (vide item 7.4):

a) Espessura da camada: Deve ser medida por ocasião da extração dos corpos-de-prova na pista, ou pelo nivelamento, do eixo e dos bordos; antes e depois do espalhamento e compactação da mistura. Admite-se a variação de  $\pm 5\%$  em relação às espessuras de projeto.

b) Alinhamentos: A verificação do eixo e dos bordos deve ser feita durante os trabalhos de locação e nivelamento nas diversas seções correspondentes às estacas da locação. Os desvios verificados não devem exceder  $\pm 5\text{cm}$ .

c) Acabamento da superfície: Durante a execução deve ser feito em cada estaca da locação o controle de acabamento da superfície do revestimento, com o auxílio de duas réguas, uma de 3,00m e outra de 1,20m, colocadas em ângulo reto e paralelamente ao eixo da estrada, respectivamente. A variação da superfície, entre dois pontos quaisquer de contato, não deve exceder a 0,5cm, quando verificada com qualquer das réguas. O acabamento longitudinal da superfície deve ser verificado por aparelhos medidores de irregularidade tipo resposta devidamente calibrados (DNER-PRO 164 e DNER-PRO 182) ou outro dispositivo equivalente para esta finalidade. Neste caso o Quociente de Irregularidade – QI deve apresentar valor inferior ou igual a 35 contagens/km ( $\text{IRI} \leq 2,7$ ).

d) Condições de segurança: O revestimento de concreto asfáltico acabado deve apresentar Valores de Resistência à Derrapagem - VDR  $\geq 45$  quando medido com o Pêndulo Britânico (ASTM-E 303) e Altura de Areia – 1,20mm  $\geq$  HS  $\geq$  0,60mm (NF P-98-216-7). Os ensaios de controle são realizados em segmentos escolhidos de maneira aleatória, na forma definida pelo Plano da Qualidade.

#### 6.1.6 Sinalização

- Sinalização rodoviária horizontal

Conjunto de marcas, símbolos e legendas aplicados sobre o revestimento de uma rodovia, de acordo com um projeto desenvolvido para propiciar condições de segurança e de conforto ao usuário da rodovia.

- Cores das faixas

Podem ser aplicadas nas cores amarela, branca, vermelha, azul e preta. As cores vermelha e azul são usadas em casos excepcionais, destacadas nas respectivas alíneas :

- a) Amarelas: destinadas à regulamentação de fluxos de sentidos opostos, aos controles de estacionamentos e paradas e à demarcação de obstáculos transversais à pista (lombadas físicas);
- b) Brancas - usadas para a regulamentação de fluxos de mesmo sentido, para a delimitação das pistas destinadas à circulação de veículos, para regular movimentos de pedestres e em pinturas de setas, símbolos e legendas;
- c) Vermelha – usadas para demarcar ciclovias ou ciclofaixas e para inscrever uma cruz, como o símbolo indicativo de local reservado para estacionamento ou parada de veículos, para embarque/desembarque de pacientes. Exemplos de uso: em travessias urbanas, no caso das ciclovias ou ciclofaixas, e em locais às margens das rodovias, como estacionamentos de hospitais e clínicas, no caso da cruz vermelha.
- d) Azul - inscrever símbolo indicativo de local reservado para estacionamento ou parada de veículos para embarque/desembarque de portadores de deficiências físicas. Aplicada em locais às margens de rodovias, como estacionamentos de restaurantes e postos de abastecimento.
- e) Preta – usada apenas para propiciar contraste entre o pavimento, especialmente o de concreto, e a sinalização a ser aplicada.

- Sinalização vertical

Subsistema de sinalização, constituído por placas e painéis montados sobre suportes, na posição vertical, implantados ao lado ou sobre a rodovia, por meio dos quais são fornecidas mensagens de caráter permanente e, eventualmente temporário, através de legendas e símbolos legalmente instituídos, com propósito de regulamentar, advertir e indicar o uso das vias para condutores de veículos e pedestres da forma mais segura e eficiente. Considerando o disposto no Código de Trânsito Brasileiro (CTB - Art. 80), que exige sinais com perfeita visibilidade e legibilidade durante o dia e à noite, todos os sinais devem ser confeccionados com material refletivo.

- Placas de sinalização

Dispositivos confeccionados em chapa única montada sobre suportes, na posição vertical, implantados ao lado ou sobre a rodovia, sobre os quais se aplicam películas com as mensagens que se pretende transmitir aos usuários das rodovias.

- Painéis

Dispositivos especiais constituídos por chapas moduladas, montados sobre suportes, implantados ao lado ou sobre a rodovia, sobre os quais se aplicam películas com as mensagens que se pretende transmitir aos usuários das rodovias.

- Suportes

Colunas, postes com braço projetado sobre a rodovia, pórticos, semipórticos e acessórios de fixação, que têm a função de sustentar e manter as placas e painéis de sinalização neles implantados na posição mais apropriada, independente da ação do vento. Eventualmente, partes das obras-de-arte especiais podem ser utilizadas como suporte de placas ou de painéis de sinalização.

- Película

Tipo de material aplicado sobre as placas e painéis com o objetivo de compor as mensagens que se pretende transmitir na cor apropriada. As películas podem ser refletivas, não refletivas opacas e não refletivas translúcidas, conforme disposto na Norma ABNT NBR 14644:2007.

- Material termoplástico para sinalização horizontal rodoviária

Material termoplástico consiste de uma composição em que estão misturados, em proporções convenientes, um elemento aglutinante (resinas naturais e/ou sintéticas), um material inerte (partículas granulares minerais), um agente plastificante (óleo mineral), pigmentos, agentes dispersores e microsferas de vidro.

#### 6.1.7 Arquitetura das estações

Objetivo desta especificação é estabelecer as diretrizes gerais para a execução dos Serviços de Arquitetura para as Estações Campinas de Pirajá e Águas Claras.

Compõem estes serviços:

- Execução de Paredes e Elementos de Fechamento;
- Esquadrias de Madeira;
- Esquadrias Metálicas/ Vidros;
- Coberturas e Acessórios;
- Revestimentos de Piso;
- Revestimentos de Parede;
- Revestimentos de Lajes e Forros;
- Pinturas;
- Impermeabilizações;
- Acabamentos e Arremates;
- Equipamentos e acessórios;
- Inspeção e Testes;
- Equivalência Técnica.

#### **Paredes e elementos de fechamento**

- **Alvenarias de bloco cerâmico**

a) Especificação:

Deverão ser construídas paredes de vedação em blocos cerâmicos furados, conforme indicação do Projeto Executivo de Arquitetura.

A espessura das alvenarias de vedação em bloco cerâmico furado, sabendo-se que se referem às paredes depois de revestidas, deverão seguir a seguintes indicações:

Espessura=15cm (blocos cerâmicos de 9x19x19cm – 6 furos):

Deverão ser de procedência conhecida e idônea, bem curados, compactos, homogêneos e uniformes quanto à textura e cor, isentos de defeitos de moldagem, como fendas, ondulações e cavidades.

Deverão apresentar arestas vivas e faces planas. As nervuras internas deverão ser regulares e com espessura uniforme. Suas características técnicas serão enquadradas nas especificações das Normas Brasileiras. Se necessário, os blocos serão ensaiados em conformidade com os métodos indicados na norma.

O armazenamento e o transporte dos blocos serão realizados de modo a evitar quebras, trincas, lascas e outras condições prejudiciais.

- **Divisórias de granito**

a) Especificação:

Serão usadas no Sanitários e onde indicar o projeto arquitetônico executivo.

**Esquadrias de madeira**

- **Porta em madeira**

a) Indicações:

Deverá ser utilizado sistema tipo porta pronta em ambientes internos do Edifício, conforme o Projeto de Arquitetura. As portas devem atender às medidas indicadas em projeto, variando de 60cm, 70cm, 80cm, 90cm, 120cm, 140cm, 160cm e 200cm, com uma ou duas folhas.

b) Especificação:

Folhas das portas prensadas constituídas por chapas duras de MDF ou compensado montadas sobre um núcleo semi-oco formado por uma estrutura interna de colméia de madeira. Dobradiças em aço inox e fechaduras próprias para portas internas, todas serão fornecidas pelo fabricante.

Aplicação: Nos acessos dos diversos ambientes, conforme indicado no projeto de arquitetura.

- **Ferragens**

a) Indicações

Deverão ser instaladas ferragens e acessórios em todas as portas de madeira, conforme tipo e função das mesmas, de modo a garantir o perfeito funcionamento dos sistemas propostos.

As ferragens e acessórios deverão seguir as indicações subsequentes. Serão fornecidas pelos fabricantes em conjunto com os demais elementos dos sistemas.

b) Observações:

Deverá ser devidamente verificada a conformidade dos materiais e acabamentos com as especificações de projeto, bem como o ajuste, fixação e funcionamento das ferragens.

As portas deverão vir completas, com caixa/ batente, alizar, amortecedor acústico e de impacto no perímetro da caixa-batente. O fabricante também deverá fornecer todas as ferragens necessárias ao perfeito funcionamento do sistema, conforme especificações supracitadas.

### **Esquadrias metálicas / vidros**

- **Esquadrias em alumínio**

a) Indicações:

Deverá ser utilizada esquadria de alumínio com acabamento, conforme indicação do Projeto executivo de Arquitetura.

b) Especificações:

Execução: Em alumínio nas dimensões genéricas indicadas no projeto de arquitetura.

Detalhes: Deverá ser apresentado projeto construtivo para prévia aprovação da fiscalização

Acabamento: Anodizado.

Aplicação: Conforme indicado no projeto de arquitetura.

Portas, janelas, visores e venezianas:

Esquadrias em alumínio com acabamento anodizado conforme indicação do Projeto de Arquitetura. Deverão seguir tipologias de funcionamento conforme projeto específico.

c) Ferragens e acessórios:

Todas as ferragens e acessórios das esquadrias de alumínio deverão ser fornecidos pelo fabricante, devendo estar em conformidade com as tipologias de funcionamento e acabamento.

Deverão ser utilizados todos os acessórios necessários ao perfeito funcionamento dos sistemas, de acordo com a sua utilização, conforme detalhes de projeto e indicação do fabricante.

Por questão de segurança, especial atenção deverá ser dada aos acessórios das esquadrias externas. Deverão ser instalados de forma que não possam ser retirados, impossibilitando a entrada de pessoas não portadoras das chaves, quando as esquadrias estejam trancadas.

d) Observações:

A esquadria de alumínio deverá seguir as indicações do projeto específico, em conformidade com as finalidades para quais estão sendo utilizadas.

Todos os parafusos ou rebites para ligações de peças de alumínio serão de aço inox. As emendas realizadas através de rebites ou parafusos deverão ser perfeitamente ajustadas, sem folgas, diferenças de nível ou rebarbas.

As esquadrias de vãos envidraçados, sujeitos à ação de intempéries, serão submetidas a testes específicos de estanqueidade, utilizando-se jato de mangueira d'água sob pressão, de conformidade com as especificações de projeto.

Será vedado o contato direto de peças de alumínio com metais pesados ou ligas metálicas com predomínio destes elementos, bem como com qualquer componente de alvenaria. O isolamento entre as peças poderá ser executado por meio de pintura de cromato de zinco, borracha clorada, elastômero plástico, betume asfáltico ou outro processo adequado, como metalização a zinco.

As esquadrias deverão ser executadas prevendo a absorção de flechas decorrentes de eventuais movimentos da estrutura.

Todas as partes móveis serão providas de pingadeiras ou dispositivos que garantam a perfeita estanqueidade do conjunto, impedindo a penetração de águas pluviais.

Todas as ligações de esquadrias que possam ser transportadas inteiras da oficina para o local de assentamento serão realizadas por encaixe.

Sempre que possível, deverá ser evitada a utilização de parafusos nas ligações de peças de alumínio. Se a sua utilização for estritamente necessária, os parafusos serão da mesma liga metálica das peças de alumínio, endurecidos a alta temperatura.

As peças receberão tratamento prévio, compreendendo decapagem e desengorduramento, bem como esmerilhamento e polimento mecânico.

O transporte, armazenamento e manuseio das esquadrias serão realizados de modo a evitar choques e atritos com corpos ásperos ou contato com metais pesados, como o aço, zinco ou cobre, ou substâncias ácidas ou alcalinas.

Após a fabricação e até o momento de montagem, as esquadrias de alumínio serão recobertas com papel crepe, a fim de evitar danos nas superfícies das peças, especialmente na fase de montagem.

### **Esquadrias em ferro/ aço galvanizado**

#### a) Indicações:

Deverá ser utilizada esquadria de Ferro/Aço Galvanizado, conforme indicação no projeto arquitetônico.

#### b) Especificações:

##### Portas:

Portas em chapa de ferro, montadas em cantoneiras de ferro de 11/2" x 11/2" x 3/16". Deverão receber tratamento preliminar anticorrosivo em zarcão epóxi e acabamento com pintura em esmalte sintético.

Deverão ter dispositivos para cadeado e demais acessórios necessários ao perfeito funcionamento do sistema, a serem fornecidos pelo fabricante.

##### • Gradil em aço

Gradis em fios de aço, soldados entre si eletricamente. Deverão seguir tipologias de funcionamento conforme indicação no projeto específico.

##### Gradil em aço composto por Painéis, Postes e Acessórios:

- Painéis confeccionados com arames zincados a fogo (imersão a quente); gramatura mínima de 60 g/m<sup>2</sup>, revestido em poliéster através de pintura eletrostática, espessura mínima de 100 micras.

- Postes tubulares metálicos, confeccionados em chapa de aço zincada gramatura mínima de 275 g/m<sup>2</sup>, por processo contínuo de imersão a quente e revestido em poliéster através de pintura eletrostática, espessura mínima de 100 micras, brilho de 70 a 90.

#### c) Observações:

Os fabricantes deverão fornecer as ferragens e acessórios em conformidade com as tipologias, dimensões e funções das esquadrias, de modo a garantir o perfeito funcionamento dos sistemas.

### **Coberturas e acessórios**

#### • Cobertura em telha metálica

#### a) Indicações:

Serão utilizadas telhas metálicas autoportantes, perfiladas em chapas de aço carbono, curvas, com isolamento termo acústico na composição e acabamento em pintura poliéster siliconizada.

b) Observações:

O sistema deverá ser completo, constituído por telhas, calhas, rufos, contra-rufos, pingadeira e demais elementos de arremate, isolamento e acessórios necessários para o seu perfeito funcionamento. Todos os elementos deverão ser do mesmo fabricante da telha.

Antes do início da montagem das telhas, deverá ser verificada a compatibilidade da estrutura de sustentação em aço, indicada em projeto. Se existirem irregularidades, deverão ser realizados os ajustes necessários.

## Revestimentos de piso

- **Lastros de contrapiso e regularizações**

a) Indicações:

Deverá ser executado, em todo o edifício, piso de regularização ou contrapiso com espessura máxima de 5 cm. Deverá receber diferentes acabamentos de superfície, conforme o tipo de revestimentos de piso para o qual servirá como base.

b) Especificações:

Lastro de concreto não estrutural impermeabilizado.

O contrapiso será executado com argamassa de cimento, cal em pó e areia, no traço volumétrico 1: 0.5: 5, quando não especificado pelo projeto ou Fiscalização. A critério da Fiscalização poderá ser utilizada argamassa industrializada tipo III, à base de Cimento Portland, agregados selecionados e aditivos.

c) Observações:

Verificar caimentos das superfícies para fins de impermeabilização e drenagem, conforme projeto específico.

d) Ensaios:

Deverão ser realizados ensaios de resistência do Contrapiso a fim de se verificar os seguintes pontos:

- Avaliação da aderência do Contrapiso com a base;
- A compacidade do Contrapiso e
- Resistência superficial do Contrapiso.

- **Concreto desempolado**

a) Indicações:

Deverá ser utilizado piso do tipo concreto desempolado nos passeios das áreas externas. Conforme indicação no projeto arquitetônico.

b) Especificações:

Acabamento: Natural em concreto liso e uniforme, obtido pelo simples sarrafeamento, desempenho e moderado alisamento do próprio concreto, quando este ainda estiver plástico.

c) Observações:

1. Prever a execução de juntas de dilatação plásticas a cada 2,00 m, nos dois sentidos.
2. Antes da execução da pavimentação, deverá ser feita amostra para aprovação da Fiscalização.

- **Piso em alta resistência**

a) Indicações:

Deverá ser utilizado piso de Alta Resistência conforme indicação no projeto arquitetônico.

b) Especificações:

Revestimento industrial de alta resistência, composto de agregados minerais, aditivos químicos/ minerais e polímeros, aplicado com a associação de cimento Portland.

Base: Regularização de contrapiso em torno de 4cm com areia/cimento 3:1.

Acabamento: Polimento com esmeril 36 e 60, estucagem com cimento e acabamento final com esmeril 80 e 120, com proteção em resina de poliuretano.

c) Processo Executivo

Em todo local onde houver piso de alta resistência e as paredes não forem em cerâmica, será adotado rodapé do mesmo material junto a parede em placa cimentícia.

Nas áreas ou compartimentos onde houver ralos ou saídas de águas, o seu caimento deverá ter uma declividade mínima de 1% em direção aos mesmos.

d) Recebimento

Todas as etapas do processo executivo deverão ser inspecionadas pela Fiscalização, de modo que a superfície final se apresente bem uniforme, e com bom acabamento nas juntas e arremates com paredes, ralos e outros elementos, de conformidade com as indicações do projeto.

- **Pisos cerâmicos**

a) Indicações:

Deverá ser utilizado piso cerâmico conforme indicação no projeto arquitetônico.

Assentamento de piso cerâmico, com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia ou argamassa colante sobre base regularizada. Todos os rejuntamentos de cerâmica, tanto em piso ou parede, deverão ser à base de epóxi, com aditivo anti-descolante e na cor aproximada da cerâmica.

b) Processo Executivo

Obedecer ao início da paginação conforme detalhamento de piso.

Realizar assentamento conforme orientação do fabricante.

Deverão ser limpos e retirados o pó e as partes soltas da superfície do contra-piso ou base regularizada.

O contra-piso e as peças cerâmicas deverão ser bem umedecidos antes do assentamento, para evitar absorção da água da argamassa durante a cura. Tal absorção pode gerar formação de vazios sob a cerâmica.

O assentamento deverá começar pela peça inteira. Ver indicação das peças de partida nas pranchas de detalhamento de piso.

Depois de colocada uma área não muito grande, deverão ser efetuadas batidas nas peças, não deixando para o fim do assentamento, quando já poderá ter iniciado o endurecimento da argamassa.

Deverá ser retirado o excesso de argamassa das juntas.

O rejuntamento deverá ser feito com argamassa pré-fabricada na mesma cor da cerâmica, no dia seguinte.

- **Pisos em granito**

a) Indicações:

As dimensões e tipo de acabamento de superfície das peças deverão estar de acordo com o detalhamento específico.

Nos ambientes externos as peças em granito deverão ter acabamento apicoado. A espessura das peças de assentamento será de 1 cm.

b) Observações:

Deverão ser verificados os caimentos das superfícies para fins de impermeabilização e drenagem estabelecidos conforme projeto específico.

As juntas estruturais definidas no Projeto de Estrutura de Concreto deverão ser rigorosamente obedecidas na execução da pavimentação.

O assentamento deverá começar pela peça inteira. Ver indicação das peças de partida no projeto específico, cujas diretrizes deverão ser devidamente seguidas.

Deverão ser previstas juntas de dilatação nas áreas grandes, aproximadamente 3 a 4 m de distância, com peças colocadas com folgas de, no mínimo, 01 mm. As juntas, de dilatação

deverão ter uma folga de, no mínimo, 5 mm e deverão ser preenchidas com uma massa plástica, que não se torne rígida com o tempo.

## Revestimentos de parede

- **Argamassa**

### a) Indicações:

Os revestimentos em argamassa deverão ser utilizados previamente em todas as alvenarias destinadas a receber qualquer tipo de acabamento.

### b) Especificações:

#### Chapisco:

O chapisco será executado com argamassa de cimento e areia média no traço volumétrico 1:3, quando aplicado sobre superfícies de tijolo ou argamassa. Quando aplicado sobre superfícies de concreto deverá ser executado com argamassa industrializada à base de cimento Portland, com aditivos especiais e cargas minerais, de forma a garantir a perfeita aderência entre concreto, alvenaria e revestimentos.

Também deverá ser aplicado em todas as superfícies lisas de concreto como teto, montantes, vergas e outros elementos da estrutura que ficarão em contato com a alvenaria, inclusive fundo de vigas.

#### Emboço:

O emboço será executado com argamassa de cimento, cal em pasta e areia fina peneirada no traço volumétrico de 1:2:9 ou com argamassa industrializada à base de cimento Portland, minerais pulverizados, cal hidratada, areia de quartzo termotratada e aditivos especiais.

#### Reboco:

O reboco será executado com argamassa de cal em pó e areia fina no traço volumétrico de 1: 0.5 ou com argamassa industrializada pré-dosada constituída basicamente de areia com tratamento térmico e rigoroso controle granulométrico, cimento Portland, cal hidratada e aditivos especiais.

Deverá receber diferentes acabamentos de superfície, conforme o tipo de revestimento para o qual servirá como base.

#### Ensaio:

Deverão ser realizados em ensaios de arrancamento do reboco do reboco a fim de se verificar os seguintes pontos:

Os testes de arrancamento deveram ser realizados em consonância com a normalização técnica da ABNT (NBR-13528-Método de ensaio e NBR-13749-Especificações de revestimentos).

Massa Única:

A massa única será executada com argamassa de cal em pasta e areia fina peneirada no traço volumétrico de 1: 3 ou com argamassa industrializada à base de cimento Portland, cal hidratada e aditivos especiais.

A massa única poderá ser aplicada sobre emboço ou chapisco.

c) Observações:

As juntas estruturais, quando aplicáveis, definidas no Projeto de Estrutura de Concreto deverão ser rigorosamente obedecidas na execução dos revestimentos.

- **Revestimento cerâmico**

a) Indicações:

Os revestimentos cerâmicos deverão ser utilizados nas paredes de todos os Ambientes classificados como áreas molhadas e pastilhas cerâmicas nas áreas internas e nas fachadas conforme Projeto de Arquitetura.

b) Observações:

As juntas estruturais definidas no Projeto de estrutura de Concreto deverão ser rigorosamente obedecidas na execução dos revestimentos.

O acabamento dos rejuntas das cerâmicas será com rejunte a base de epóxi, com aditivo anti-descolante ou equivalente técnico, as cores dos rejuntas deverão seguir a mesma padronização de tom das cerâmicas.

Para o assentamento da cerâmica, será utilizada argamassa de cimento e areia no traço volumétrico 1:5, e mais uma camada de cimento branco e areia no traço 1:3, sobre a qual serão aplicadas as cerâmicas, a fim de evitar o refluxo de cimento escuro através das juntas.

A colocação será feita de modo a deixar juntas perfeitamente alinhadas, de espessura uniforme e tomadas com rejunte a base de epóxi, com aditivo anti-descolante ou com a mesma equivalência técnica. Após o término da pega da argamassa, será verificada a perfeita colocação, percutindo-se as peças cerâmicas e substituindo-se as peças que apresentarem pouca segurança.

c) Esforços, Resistências e Ensaio:

Os revestimentos cerâmicos deverão possuir a certificação segundo teste de resistência do esmalte da peça ao desgaste por abrasão conforme determinado pela NBR 13818 – Placas Cerâmicas para Revestimento – Especificação e métodos de ensaio.

Deverá ser verificado se todas as caixas contêm produtos do mesmo tamanho, tonalidade, qualidade, lote e índice PEI (classe de abrasão superficial), e se essas especificações correspondem ao seu pedido e se estão discriminadas na embalagem, lembrando que deverá haver aprovação da Fiscalização antes do assentamento das peças cerâmicas.

### **Revestimentos de lajes e forros**

- **Forro metálico desmontável**

a) Indicações:

Será utilizado forro metálico desmontável, constituído com chapa linear de alumínio, e porta painel, conforme indicado no Projeto de Arquitetura.

b) Observações:

As juntas estruturais definidas no Projeto de Estrutura de Concreto deverão ser rigorosamente obedecidas na execução dos revestimentos.

Não se admitirá, em hipótese alguma, o esgotamento dos tirantes em tubulações elétricas, hidráulicas ou de ar condicionado.

Atentar para a utilização do forro em gesso acartonado em composição com forro modular nos diversos ambientes. Seguir procedimentos e orientações do fabricante e/ou fornecedor.

Ver indicação de paginação das placas em projeto específico, cujas diretrizes deverão ser devidamente seguidas.

### **Pinturas**

Para a execução de qualquer tipo de pintura, deverão ser observadas as seguintes diretrizes gerais:

- As superfícies a serem pintadas serão cuidadosamente limpas, escovadas e raspadas, de modo a remover sujeiras, poeiras e outras substâncias estranhas;
- As superfícies a pintar serão protegidas quando perfeitamente secas e lixadas;
- Cada demão de tinta somente será aplicada quando a precedente estiver perfeitamente seca, devendo-se observar um intervalo de 24 horas entre demãos sucessivas;
- Igual cuidado deverá ser tomado entre demãos de tinta e de massa plástica, observando um intervalo mínimo de 48 horas após cada demão de massa;

- Deverão ser adotadas precauções especiais, a fim de evitar respingos de tinta em superfícies não destinadas à pintura, como vidros, ferragens de esquadrias e outras. Recomendam-se as seguintes cautelas para proteção de superfícies e peças:
- Isolamento com tiras de papel, pano ou outros materiais;
  1. Separação com tapumes de madeira, chapas de fibras de madeira comprimidas ou outros materiais;
  2. Remoção de salpicos, enquanto a tinta estiver fresca, empregando-se um removedor adequado, sempre que necessário.
- Antes do início de qualquer trabalho de pintura, preparar uma amostra de cores com as dimensões mínimas de 0,50x1,00m no próprio local a que se destina, para aprovação da Fiscalização;
- Deverão ser usadas as tintas já preparadas em fábricas, não sendo permitidas composições, salvo se especificadas Fiscalização. As tintas aplicadas serão diluídas conforme orientação do fabricante e aplicadas na proporção recomendada. As camadas serão uniformes, sem corrimento, falhas ou marcas de pincéis;
- Os recipientes utilizados no armazenamento, mistura e aplicação das tintas deverão estar limpos e livres de quaisquer materiais estranhos ou resíduos. Todas as tintas serão rigorosamente misturadas dentro das latas e periodicamente mexidas com uma espátula limpa, antes e durante a aplicação, a fim de obter uma mistura densa e uniforme e evitar a sedimentação dos pigmentos e componentes mais densos;
- Para pinturas internas de recintos fechados, serão usadas máscaras, salvo se forem empregados materiais não tóxicos. Além disso, deverá haver ventilação forçada no recinto. Os trabalhos de pintura em locais desabrigados serão suspensos em tempos de chuva ou de excessiva umidade.

#### **Preparação e tratamento dos substratos:**

- **Argamassa:**

- a) A superfície deverá estar firme, limpa, seca, sem poeira, gorduras, sabão ou mofo;
- b) Partes soltas ou mal aderidas deverão ser eliminadas através de raspagem ou escovação;
- c) Deverá ser aplicada uma demão de selador para impermeabilização da superfície;
- d) A superfície deverá ser emassada para correção das imperfeições;
- e) Após o emassamento a superfície deverá ser devidamente lixada.
- f) Antes da pintura deverá ser aplicada uma demão de liqui-base.

- **Concreto:**

- a) A superfície deverá estar firme, limpa, seca, sem poeira, gorduras, sabão ou mofo;
- b) Partes soltas ou mal aderidas deverão ser eliminadas através de raspagem ou escovação;
- c) Deverá ser aplicada previamente tinta hidrofugante ou “primer” à base de silano/siloxano para impermeabilização da superfície;
- d) Em caso da superfície de concreto vir a receber reboco, deverão ser seguidas também as indicações do item acima.

- **Estrutura metálica:**

- a) Deverá ser considerada no tratamento das superfícies metálicas a ação agressiva causada pelo ambiente marinho;
- b) Deverá receber uma camada de “primer” ou pintura de base epóxi rica em zinco, bicomponente, poliamida, em uma demão com espessura total de 80 micras;
- c) Após aplicação do “primer” será aplicada tinta intumescente com 0,25mm de espessura para 30 minutos (tempo de resistência requerido ao fogo).
- d) O “primer” deverá ser aprovado pelo fabricante da tinta intumescente;
- e) Os procedimentos e equipamentos de aplicação deverão seguir criteriosamente as recomendações de cada fabricante.

- **Aço ou ferro:**

- a) Deverá ser considerada no tratamento das superfícies metálicas a ação agressiva causada pelo ambiente marinho;
- b) A superfície deverá estar limpa e livre de partículas soltas, poeiras ou quaisquer resíduos;
- c) A limpeza deverá ser feita com escova, lixa ou palha de aço;
- d) Deverá receber uma camada de “primer” anticorrosivo (tinta primária ou seladora), conforme recomendação do fabricante, conforme o tipo do material a ser pintado.

- **Metal galvanizado (superfícies zincadas):**

- a) Deverá ser considerada no tratamento das superfícies metálicas a ação agressiva causada pelo ambiente marinho;
- b) A superfície deverá estar limpa e livre de partículas soltas, poeiras ou quaisquer resíduos;
- c) A limpeza deverá ser feita com solvente de ácido acético glacial diluído em água;
- d) Deverá receber uma camada de “primer” anticorrosivo (tinta base), conforme recomendação do fabricante, conforme o tipo do material a ser pintado.
- e) Deverá ser realizado para todos os materiais em metal galvanizado teste de laboratório com intuito de verificar a resistência do material contra a Corrosão por exposição à Névoa Salina, conforme NBR 8094/83.

- **Emassamento**

- a) Indicações:

Todas as superfícies de paredes, forros e lajes destinadas a receber acabamento em pintura deverão ser previamente emassadas e lixadas para obtenção de uma superfície perfeitamente lisa e uniforme.

b) Especificações:

Nas superfícies onde será aplicada tinta PVA Látex, o emassamento deverá ser feito com massa corrida base PVA.

Nas superfícies onde será aplicada tinta Acrílica, o emassamento deverá ser feito com massa acrílica.

- **Pintura em tinta 100% acrílica**

a) Indicações:

Deverá ser utilizada tinta 100% Acrílica nas paredes dos ambientes do Edifício conforme indicação no projeto de arquitetura.

b) Observações:

Aplicação de primeira demão diluída em 50% de água, seguido uma demão de massa corrida e depois três demãos de látex acrílico diluído com 10% a 20% de água.

### **Acabamentos e arremates**

- **Rodapé em alta resistência**

a) Indicações:

Será executado rodapé de alta resistência com polimento conforme indicação no Projeto de Arquitetura.

b) Especificações:

O rodapé será executado juntamente com o piso em alta resistência nos locais indicados em projeto.

Como o piso de alta resistência, o rodapé será de resistência mecânica, conforme normas da ABNT, obedecendo especificações do fabricante.

Deverá ser utilizado na cor natural do cimento cinza.

c) Observações:

As juntas estruturais definidas no Projeto de Estrutura de Concreto deverão ser rigorosamente obedecidas na execução dos acabamentos.

- **Peitoril em granito**

a) Indicações:

Será executado peitoril em granito conforme indicação no Projeto de Arquitetura.

b) Especificações:

Granito, com 02 cm de espessura e acabamento reto. Deverá ser assentado com inclinação de 1% com argamassa de cimento e areia e possuir pingadeira na face inferior. Detalhes conforme projeto específico.

c) Observações:

As juntas estruturais definidas no Projeto de Estrutura de Concreto deverão ser rigorosamente obedecidas na execução dos acabamentos.

- **Soleira em granito**

a) Indicações:

Será executado soleira em granito conforme indicação no Projeto de Arquitetura.

b) Observações:

As juntas estruturais definidas no Projeto de Estrutura de Concreto deverão ser rigorosamente obedecidas na execução dos acabamentos.

- **Soleira em alta resistência**

a) Indicações:

Serão utilizadas nos locais onde houver o encontro entre pisos de alta resistência, conforme indicação no Projeto de Arquitetura.

b) Especificações:

Revestimento industrial de alta resistência, composto de agregados minerais, aditivos químicos/ minerais e polímeros, aplicado com a associação de cimento Portland.

Verificar indicações conforme especificação do Piso de Alta Resistência.

c) Observações:

As juntas estruturais definidas no Projeto de Estrutura de Concreto deverão ser rigorosamente obedecidas na execução dos acabamentos.

- **Corrimão em aço galvanizado**

a) Indicações:

Serão utilizados corrimãos em aço galvanizado na Rampa e Escada Externas.

b) Especificações:

Corrimão em estrutura tubular de aço galvanizado com acabamento em esmalte sintético, ou equivalente técnico, na cor platina.

c) Observações:

Os corrimãos deverão ser contínuos em ambos os lados, incluindo patamares, com quinas arredondadas.

Deverão prolongar-se pelo menos 30cm antes do início e após o término da rampa, sem interferir com áreas de circulação ou prejudicar a vazão.

Deverão ser executados de forma a permitir uma utilização fácil e confortável, permitindo um contínuo deslocamento da mão ao longo de toda sua extensão sem encontrar quaisquer arestas ou continuidade e não proporcionar efeito de gancho.

Deverão resistir a uma carga de 900N, aplicada em qualquer ponto deles, verticalmente de cima para baixo e horizontalmente em ambos os sentidos.

- **Corrimão em aço inoxidável**

a) Indicações:

Serão utilizados corrimãos em aço inoxidável nas Escadas internas situadas nas estações ou conforme indicação no projeto de Arquitetura.

b) Especificações:

Corrimão em estrutura tubular de aço inoxidável com acabamento escovado.

c) Observações:

Os corrimãos deverão ser contínuos em ambos os lados, incluindo patamares, com quinas arredondadas.

Deverão prolongar-se pelo menos 30cm antes do início e após o término da rampa, sem interferir com áreas de circulação ou prejudicar a vazão.

Deverão ser executados de forma a permitir uma utilização fácil e confortável, permitindo um contínuo deslocamento da mão ao longo de toda sua extensão sem encontrar quaisquer arestas ou continuidade e não proporcionar efeito de gancho.

Deverão resistir a uma carga de 900N, aplicada em qualquer ponto deles, verticalmente de cima para baixo e horizontalmente em ambos os sentidos.

- **Bancadas em granito**

a) Indicações:

Serão instaladas bancadas em granito nos Sanitários Masculinos e Femininos, ou conforme Projeto Específico de Arquitetura.

b) Especificações:

Bancadas em granito com acabamento de superfície polido.

Todas as bancadas de granito deverão ser engastadas nas paredes em 2cm, no mínimo.

- **Meio-fio**

a) Indicações:

Serão utilizados meio fios de concreto pré-moldado, conforme indicações de projeto.

b) Especificações:

Meio-Fio Padrão Econômico – Guia pré-fabricado em concreto, padrão Econômico, alinhadas e rejuntadas com argamassa de cimento e areia.

Meio-Fio Padrão DNIT - Guia pré-fabricado em concreto, padrão DNIT, alinhadas e rejuntadas com argamassa de cimento e areia.

- **Vergas e contra-vergas em concreto**

a) Indicações:

Serão executadas vergas e contra-vergas em concreto nas alvenarias em todos os vãos de portas e janelas cujas travessas superiores não faceiem as lajes dos tetos e nem vigas previstas nos Projetos Estruturais. As mesmas deverão exceder 40cm no mínimo para cada lado do vão quando possível.

Caso o caixilho esteja entre estruturas de concreto (pilares), deverão ser deixadas esperas durante a concretagem destes para receber as futuras vergas e/ou contra-vergas.

b) Especificações:

Vergas e contra-vergas pré-fabricadas em concreto armado,  $f_{ck}=15$  Mpa, com utilização de aço CA-50 para as armaduras e estribos.

c) Observações:

Para vãos maiores que 2 m, as vergas deverão ser dimensionadas por calculista.

#### **Equipamentos e acessórios**

- **Pias e cubas em aço inox**

- Copas:

Cubas em aço inoxidável, com 0,5 mm de espessura. Instalação em bancadas de granito.

- **Tanques**

a) Indicações:

Será instalado tanque no Depósito de Material de Limpeza (D.M.L.) .

b) Especificações:

Tanque com capacidade 18 Litros, tipo suspenso, com esfregador.

#### **Sanitários**

- **Bacia sanitária**

Bacia Sanitária. Nos diversos sanitários, conforme indicado em detalhe específico de áreas molhadas.

Observações: Incluir neste item conjunto completo de acessórios para fixação e instalação, incluindo tubo de ligação com anel expensor cromado, anel de vedação e parafusos de fixação cromados.

- **Assentos para bacia sanitária**

Tipo: Assento Sanitário Plástico

Aplicação: Bacias dos sanitários, conforme indicados em detalhe específico de áreas molhadas.

Observações: Incluir neste item os parafusos e conjunto de fixação.

- **Mictório**

Linha Mictórios, com sifão integrado.

Cor Branco gelo. Aplicação: Nos diversos sanitários, conforme indicado em detalhe específico de áreas molhadas.

Observações: Incluir neste item, kit de fixação de mictório.

- **Cubas e lavatórios**

Cubas de Sobrepor.

Aplicação: Nos diversos sanitários, conforme indicado em detalhe específico de áreas molhadas.

#### 6.1.8 Inspeção e Testes

##### **Observações gerais**

A Empresa executora do projeto será responsável pela execução dos testes finais após a montagem, realizados na presença do cliente. O Proponente deverá providenciar todos os materiais, lubrificantes, aparelhos e demais elementos necessários à realização dos testes.

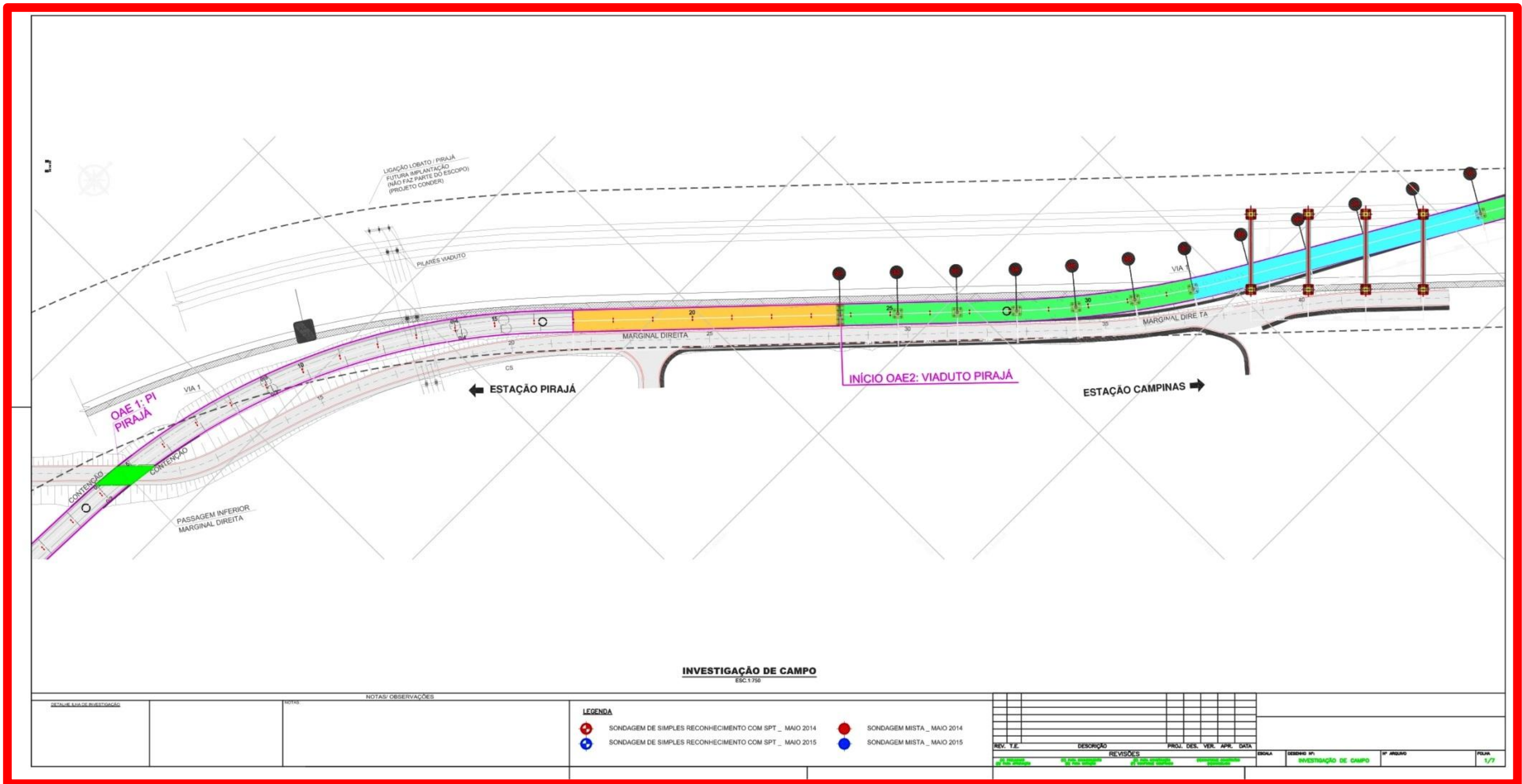
A Empresa executora do projeto deverá anotar todos os dados relativos aos testes e emitir em forma de "Certificado de Testes" para a Fiscalização do projeto.

A aceitação dos testes efetuados não se constituirá dispensa dos requisitos a serem satisfeitos sob as condições de operação.

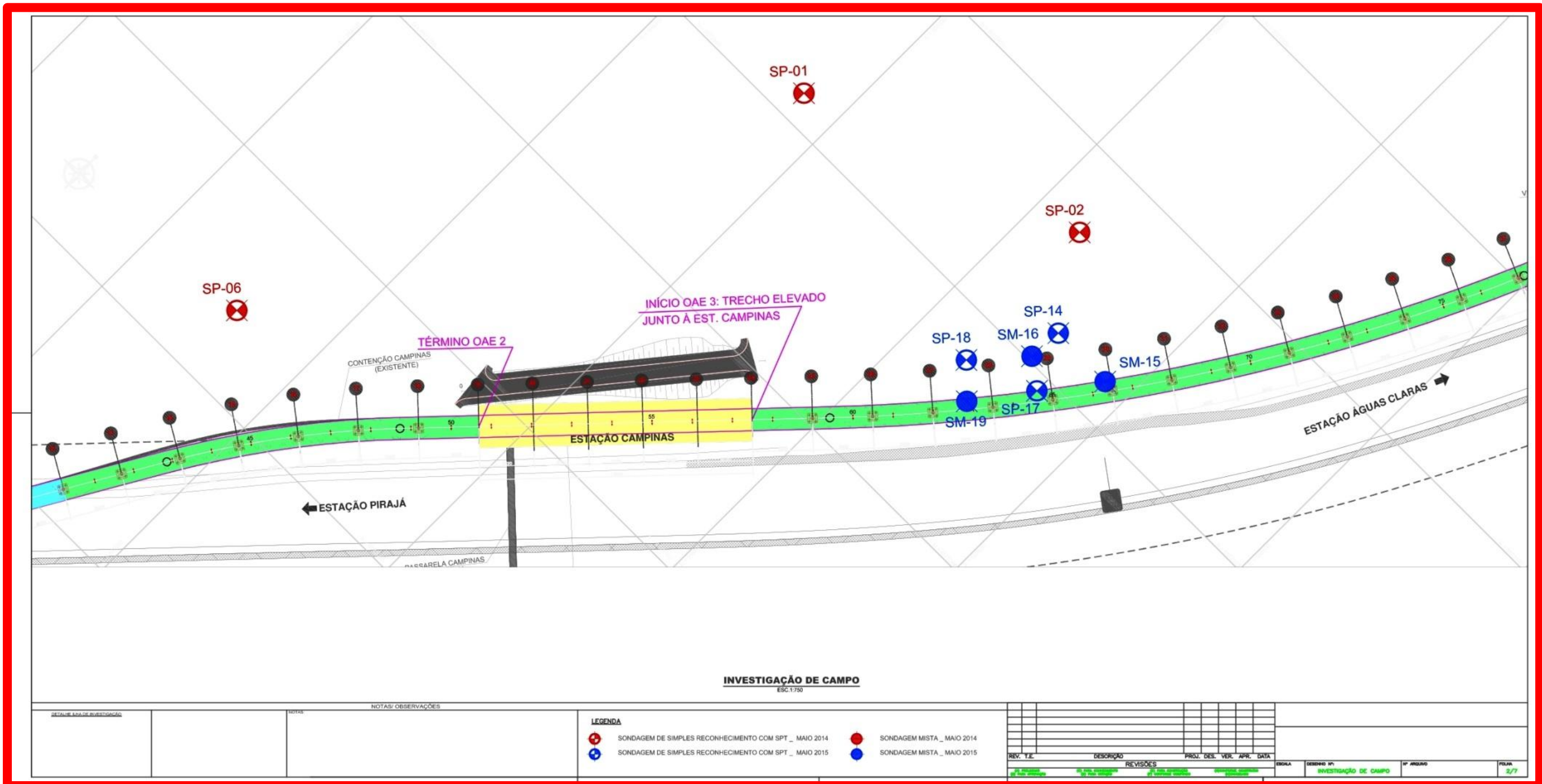
##### **Equivalência técnica**

A utilização de materiais com mesma equivalência técnica aos especificados deverá ser aprovada pela fiscalização em diário de obra, constando inclusive os materiais especificados e o tipo e fabricante dos materiais equivalentes a serem utilizados.

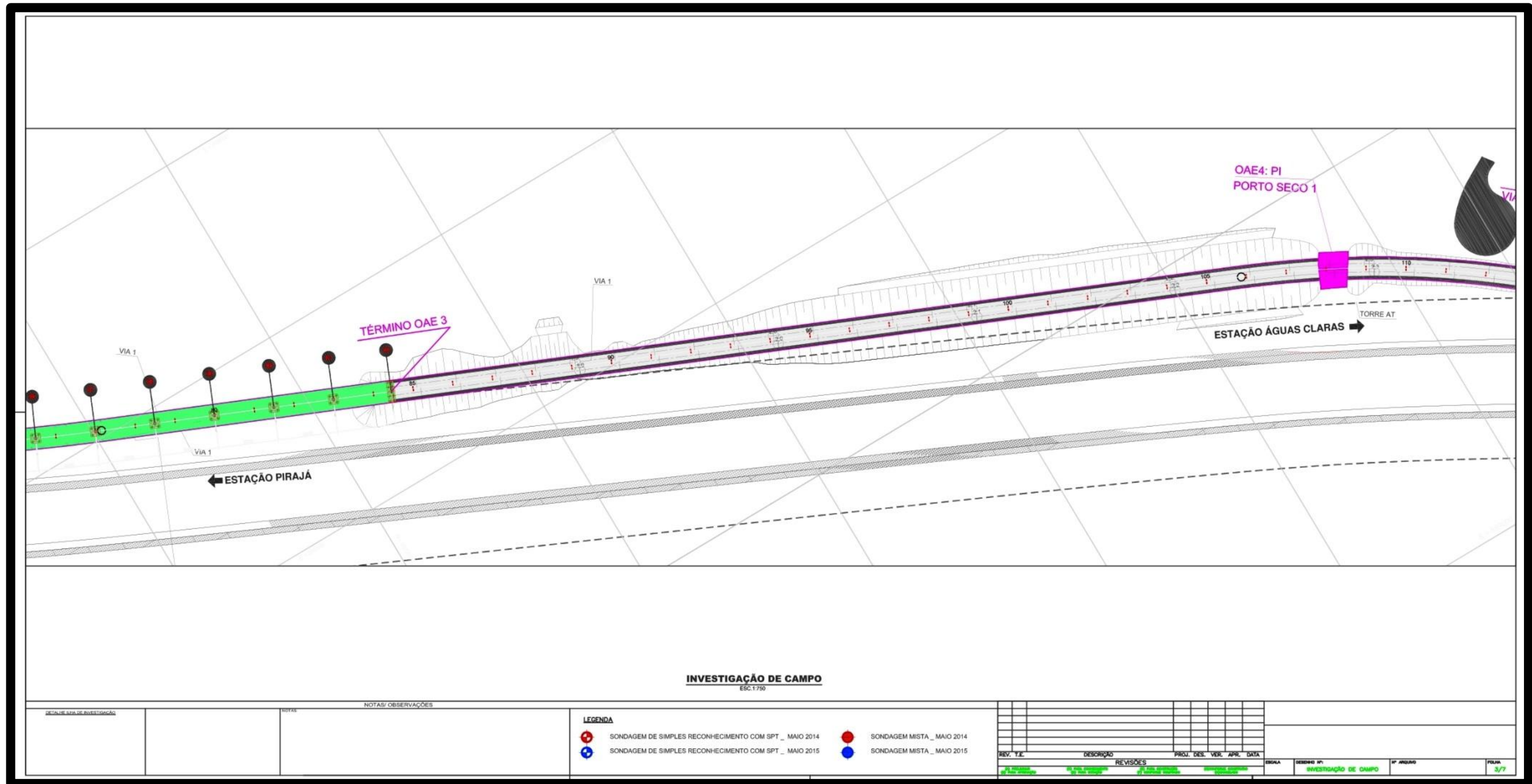
## 6.2 Anexo 2: Locação de sondagens existentes



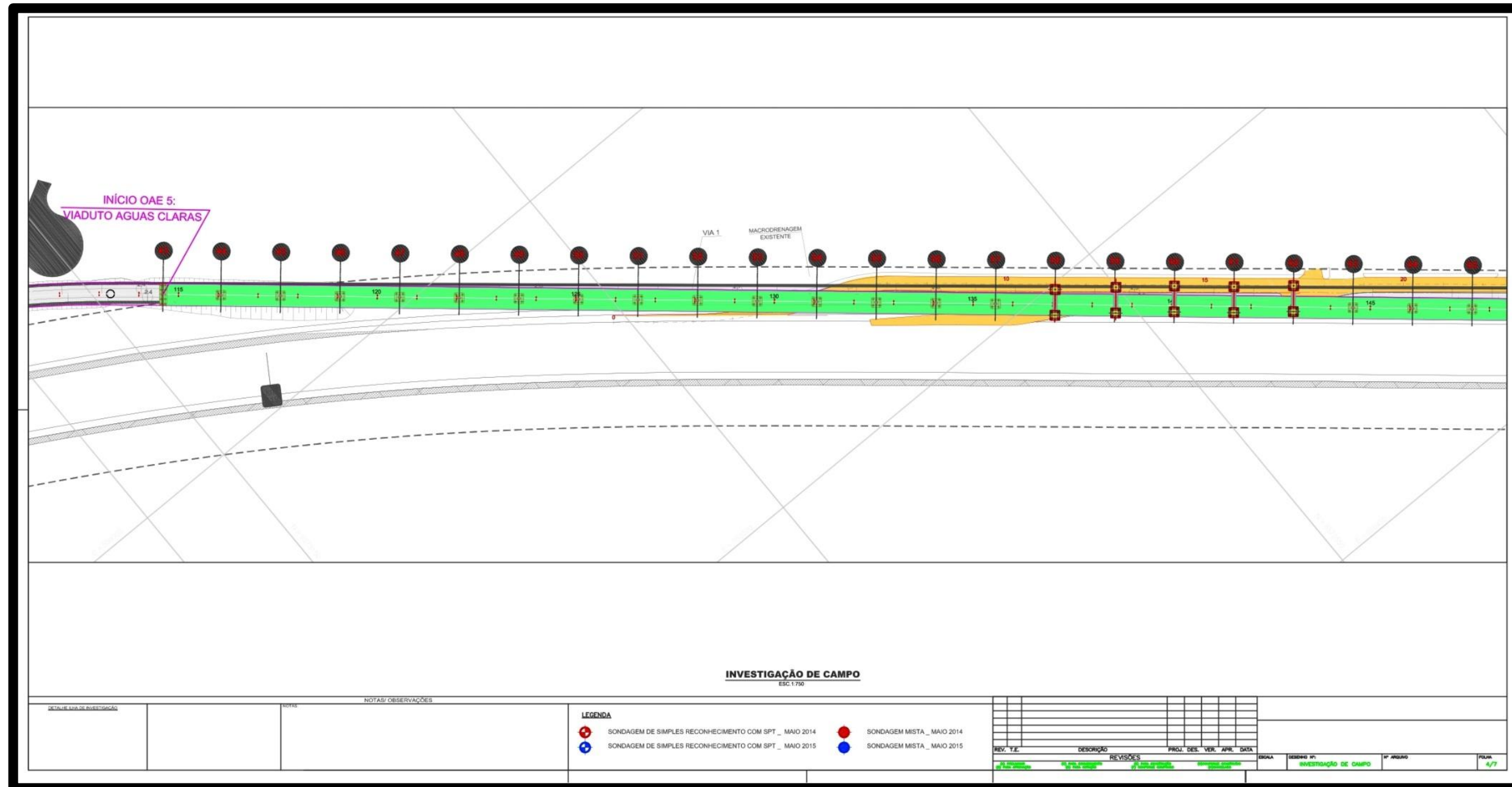
OAE 1 + Início de OAE 2



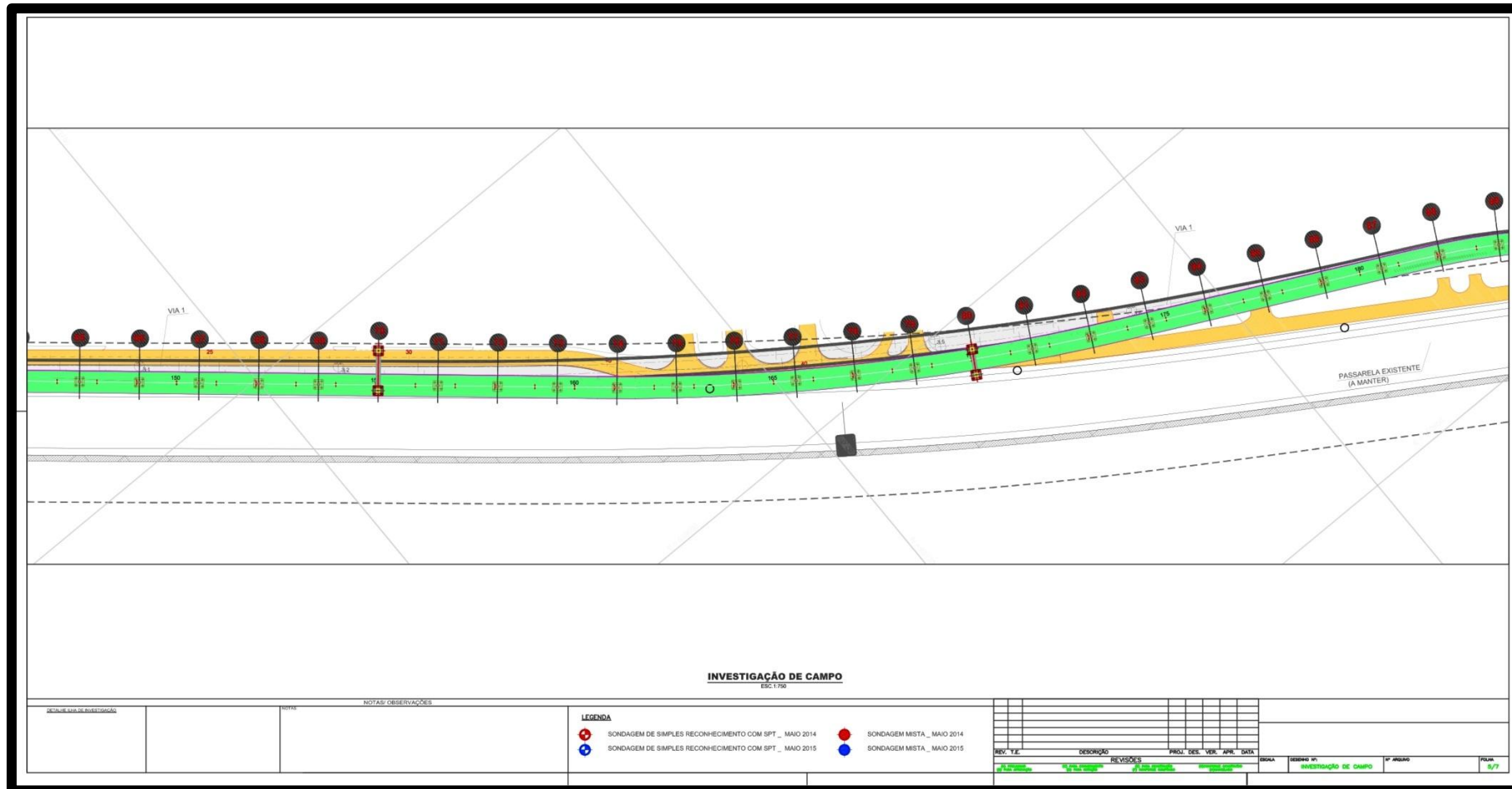
Término de OAE 2 + Início de OAE 3



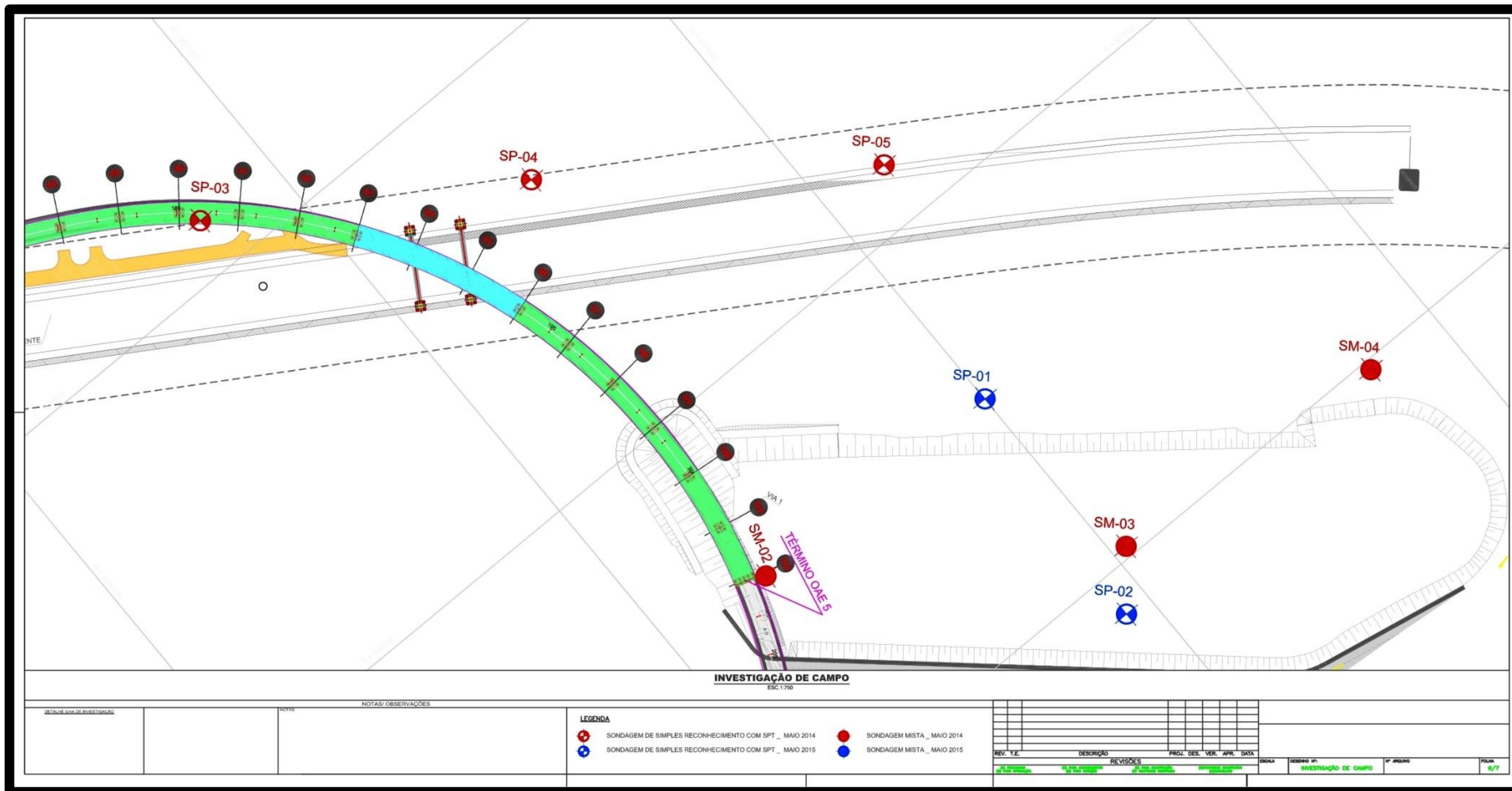
Término OAE 3 + OAE 4



Inicio OAE 5



OAE 5 cont.



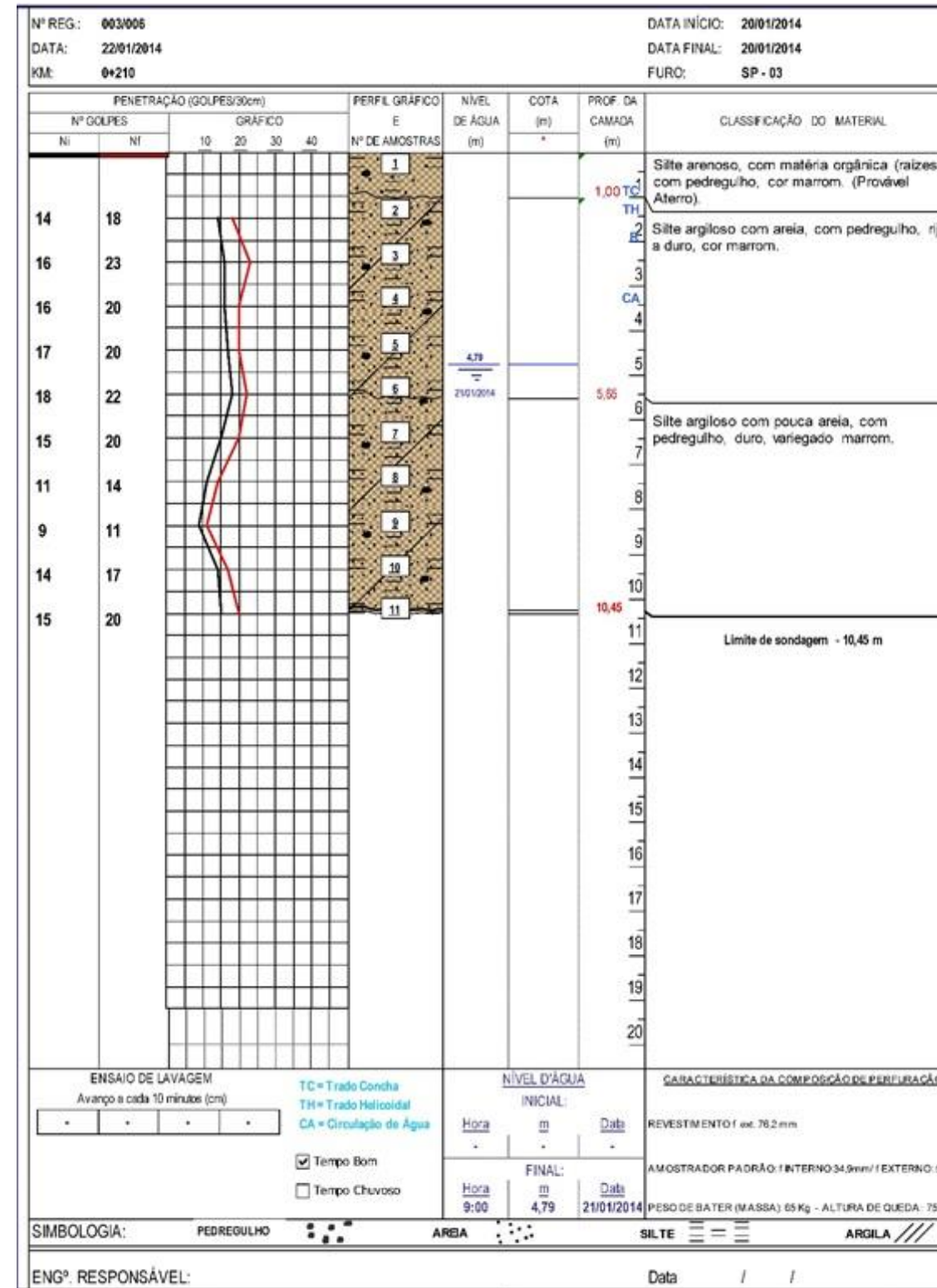
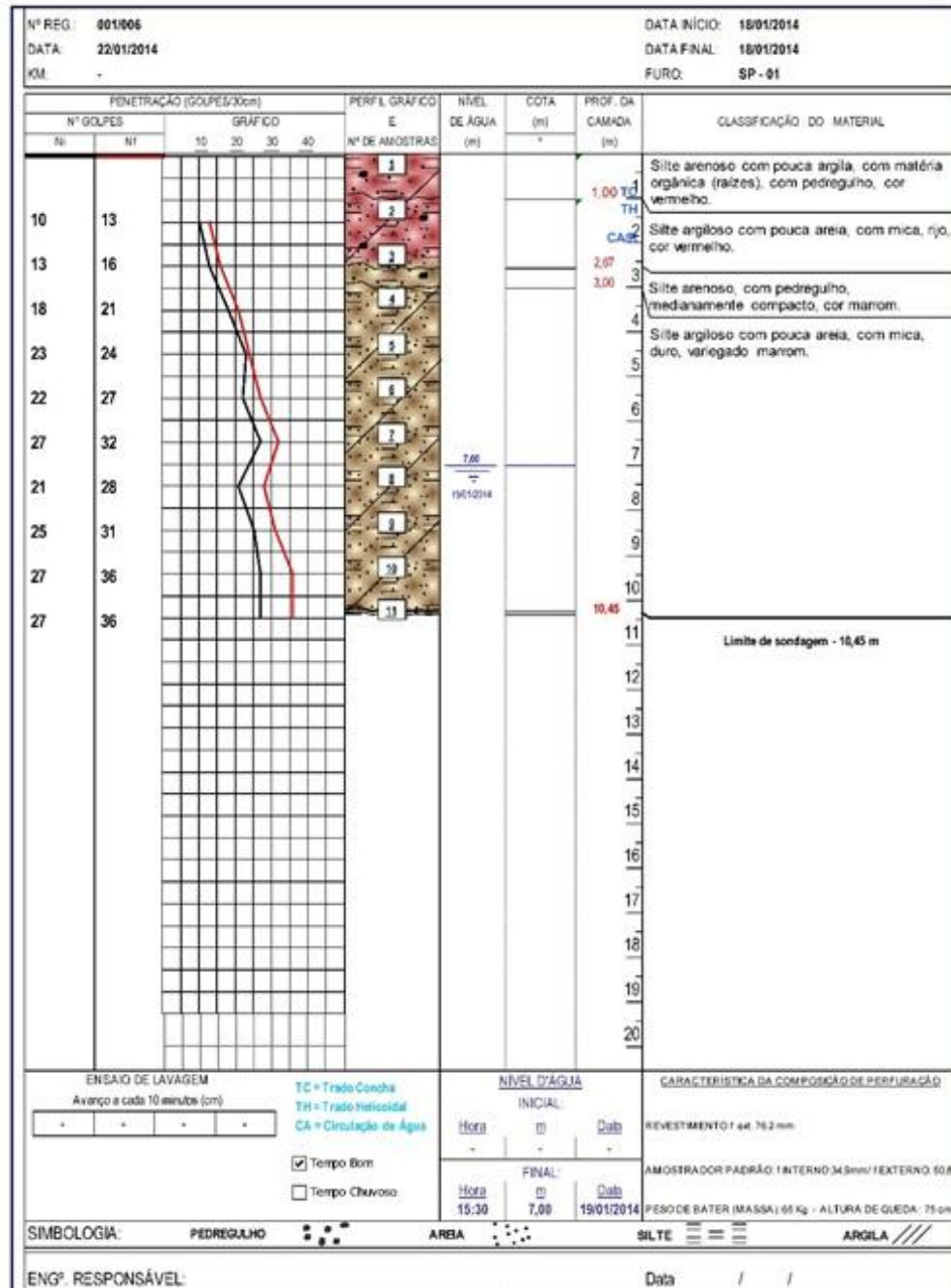
Término OAE 5 + OAE 6

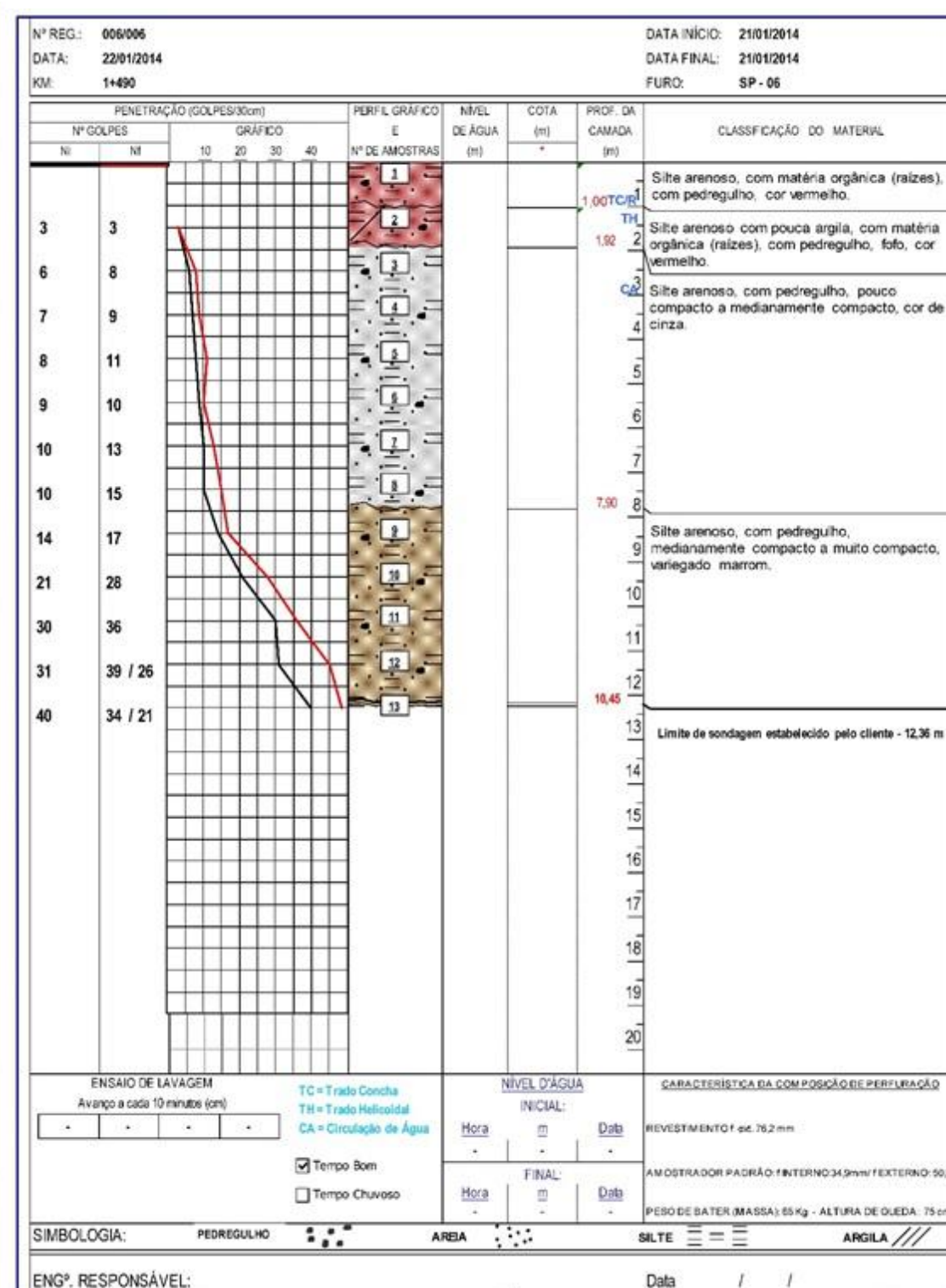
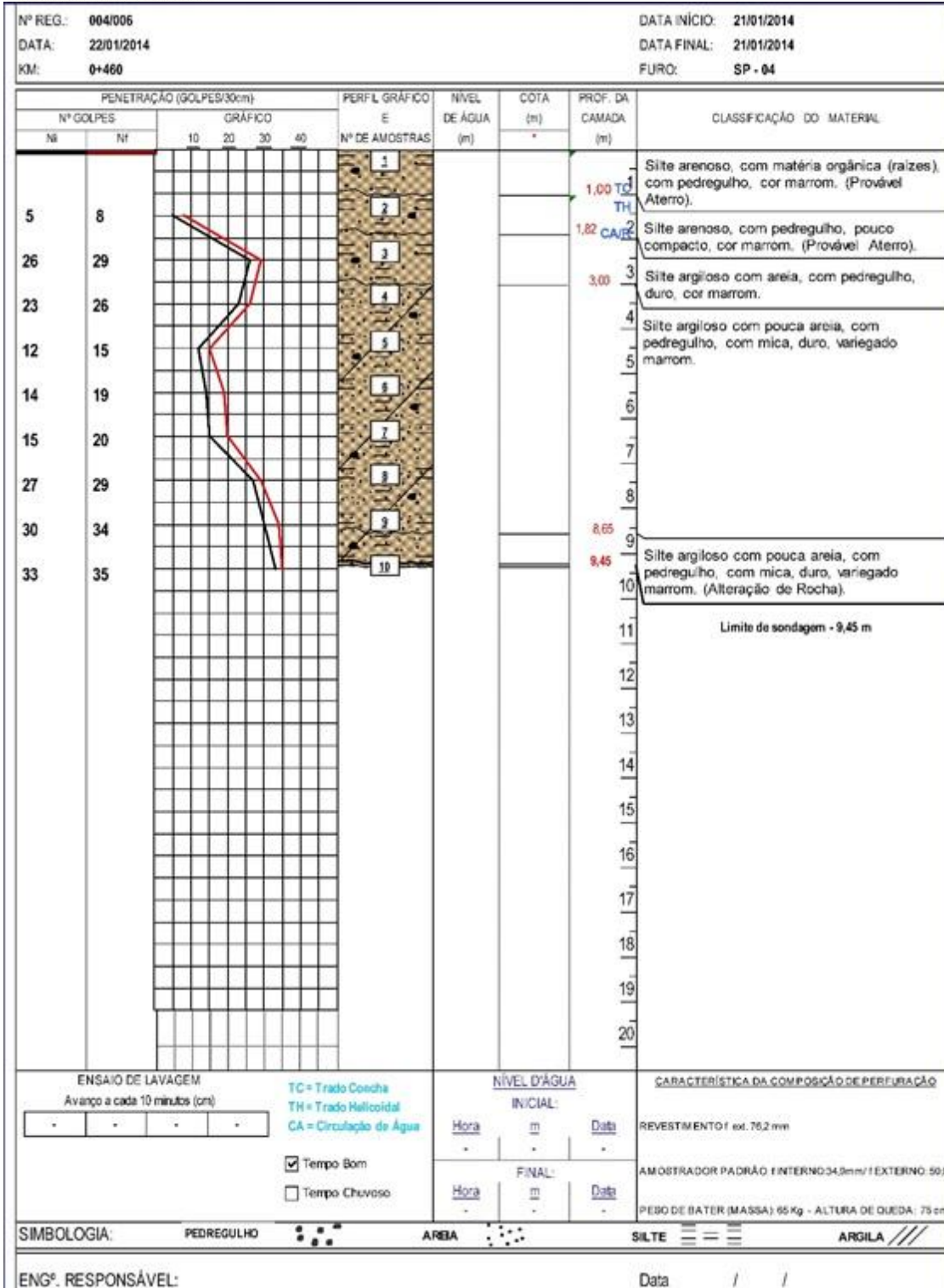




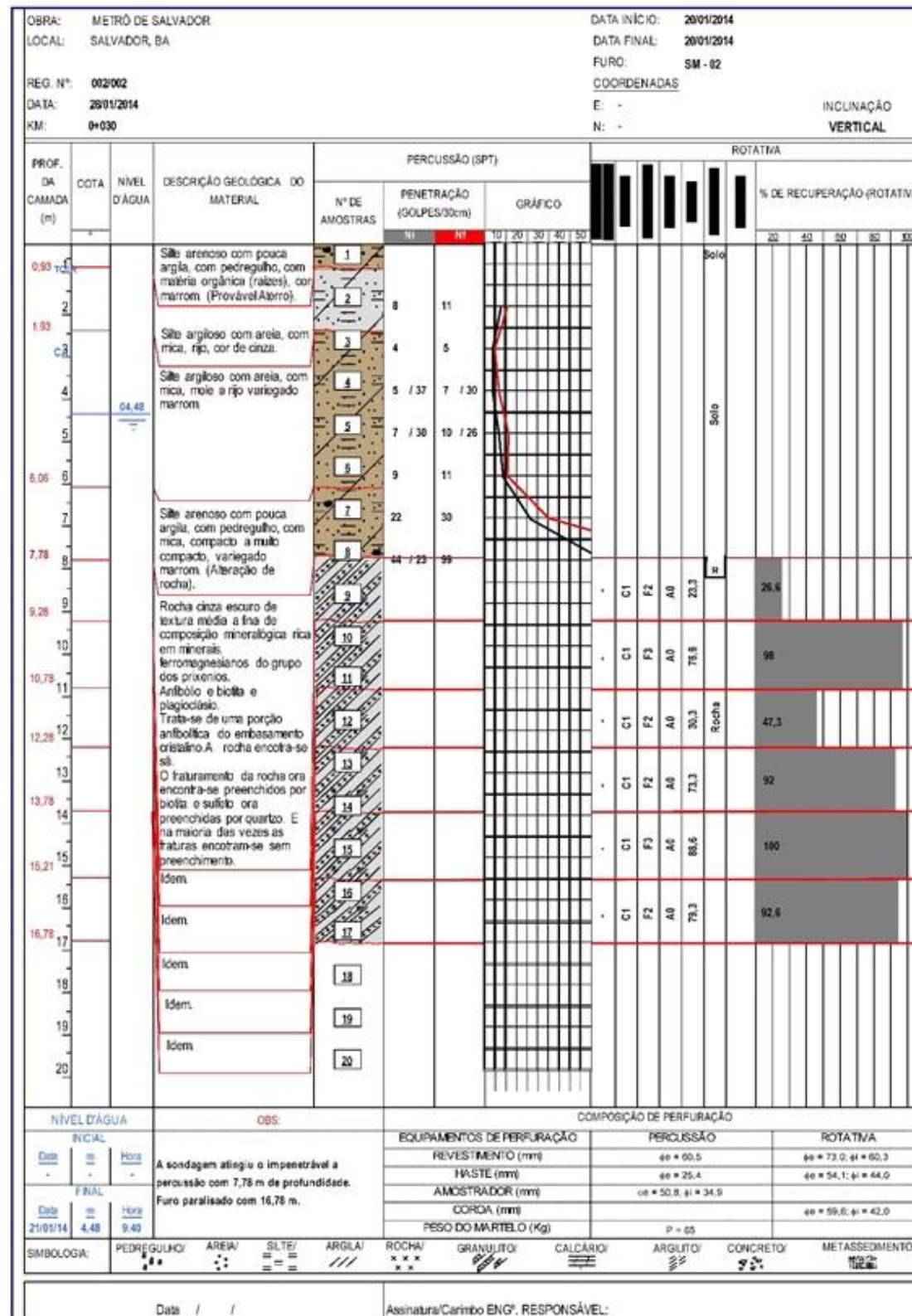
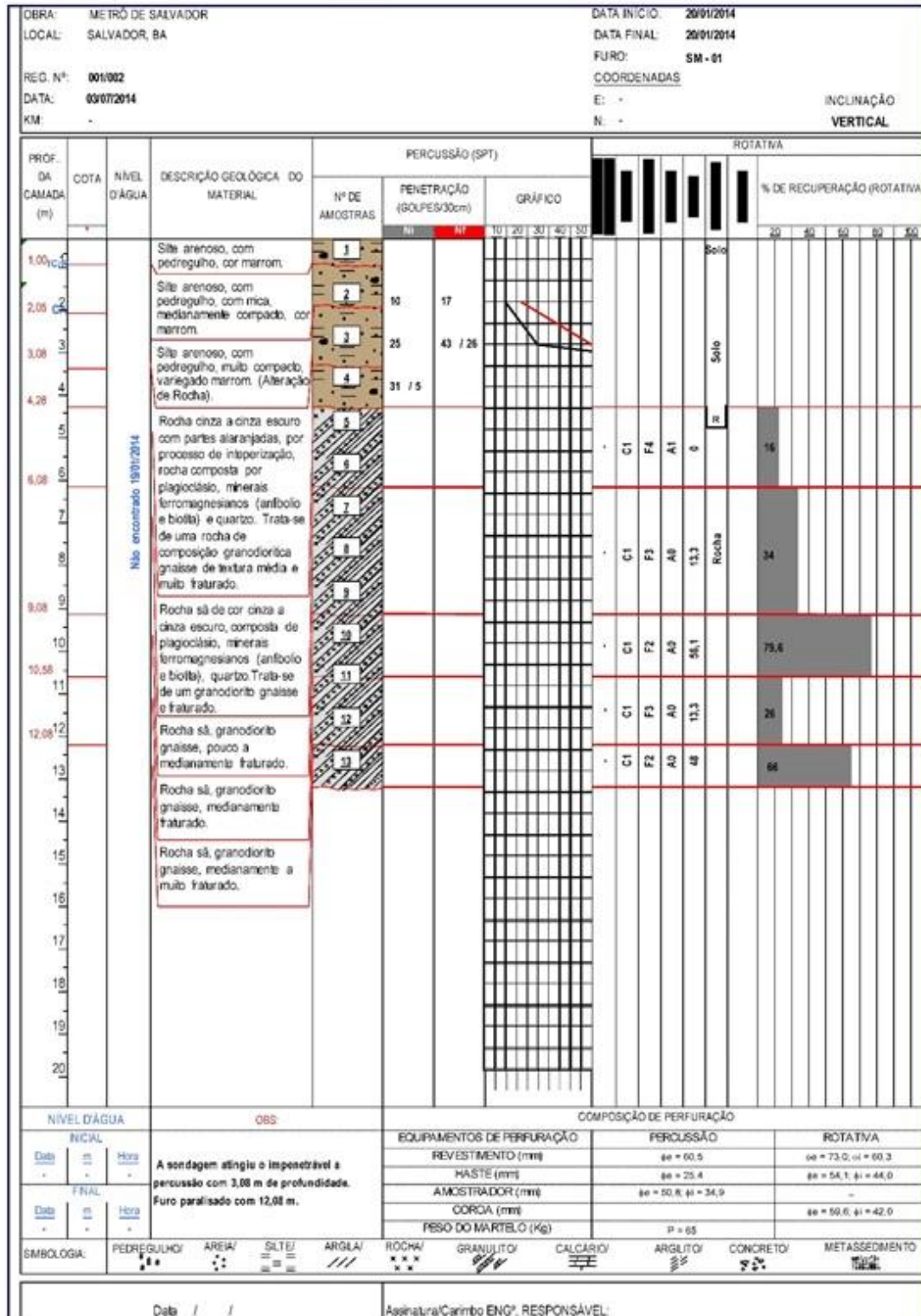
## 4. SONDAGEM A PERCUSSÃO/ROTATIVA

### 4.1 PERFIL DE SONDAGEM A PERCUSSÃO



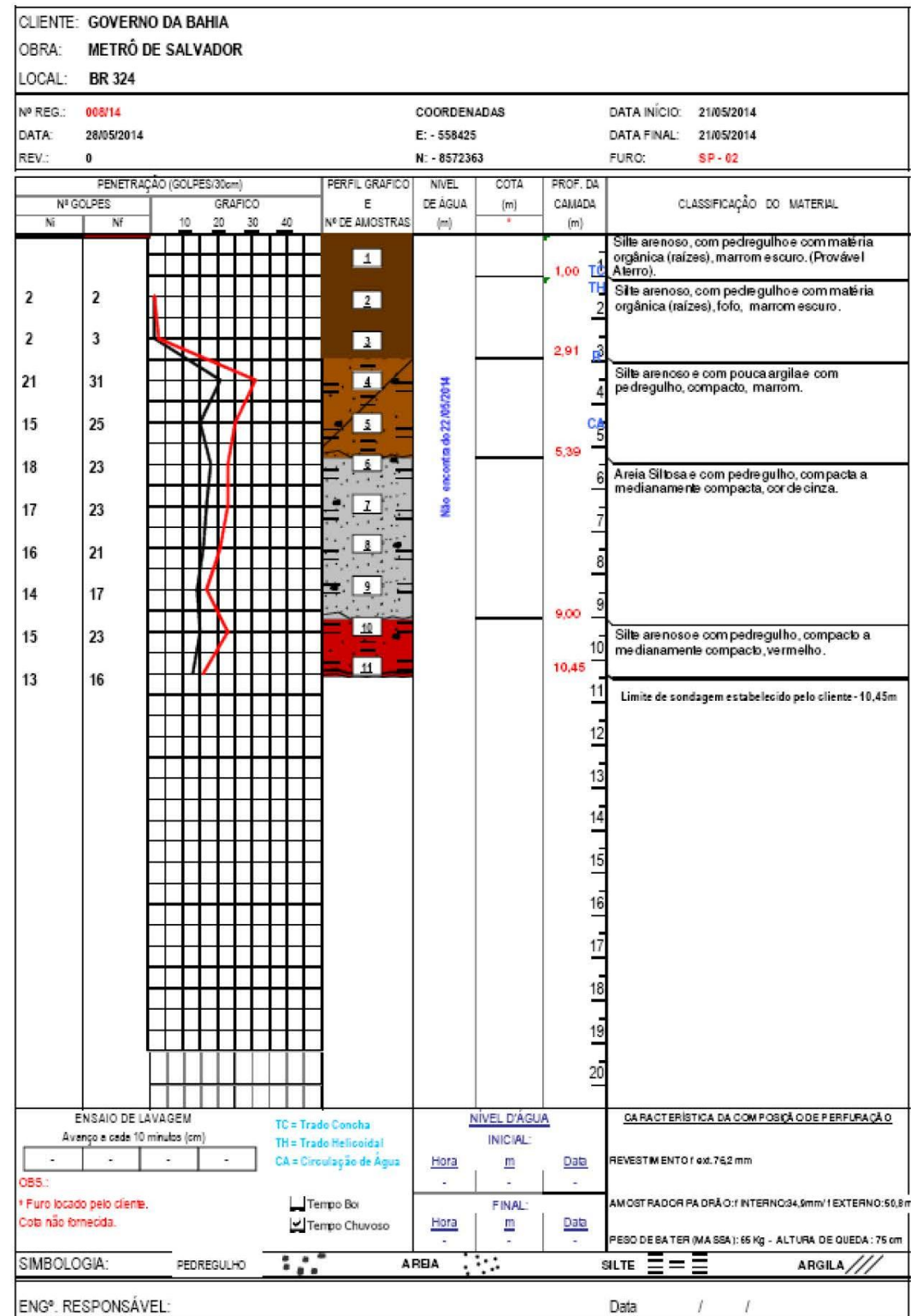
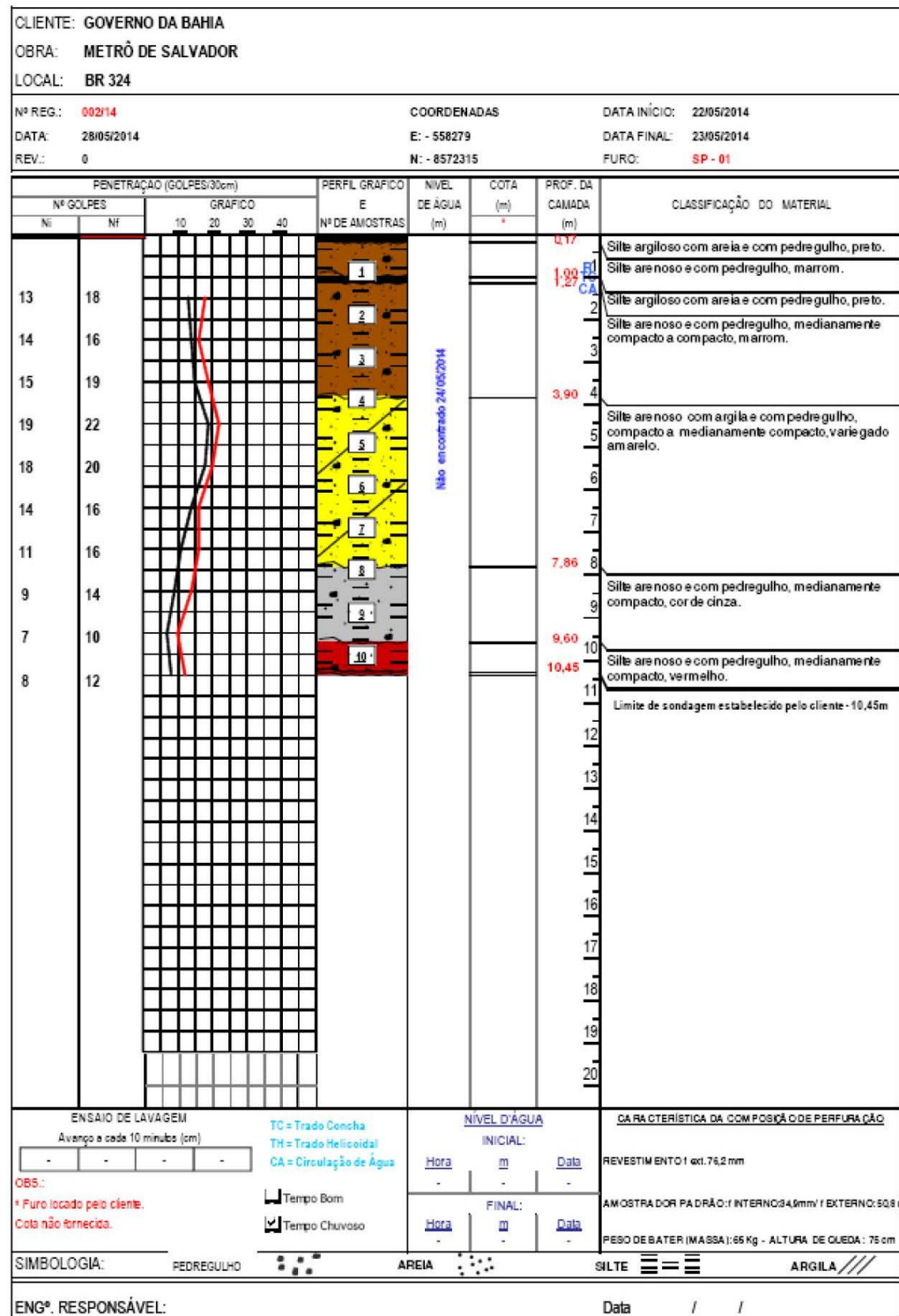


### 4.2 PERFIL DE SODAGEM MISTA



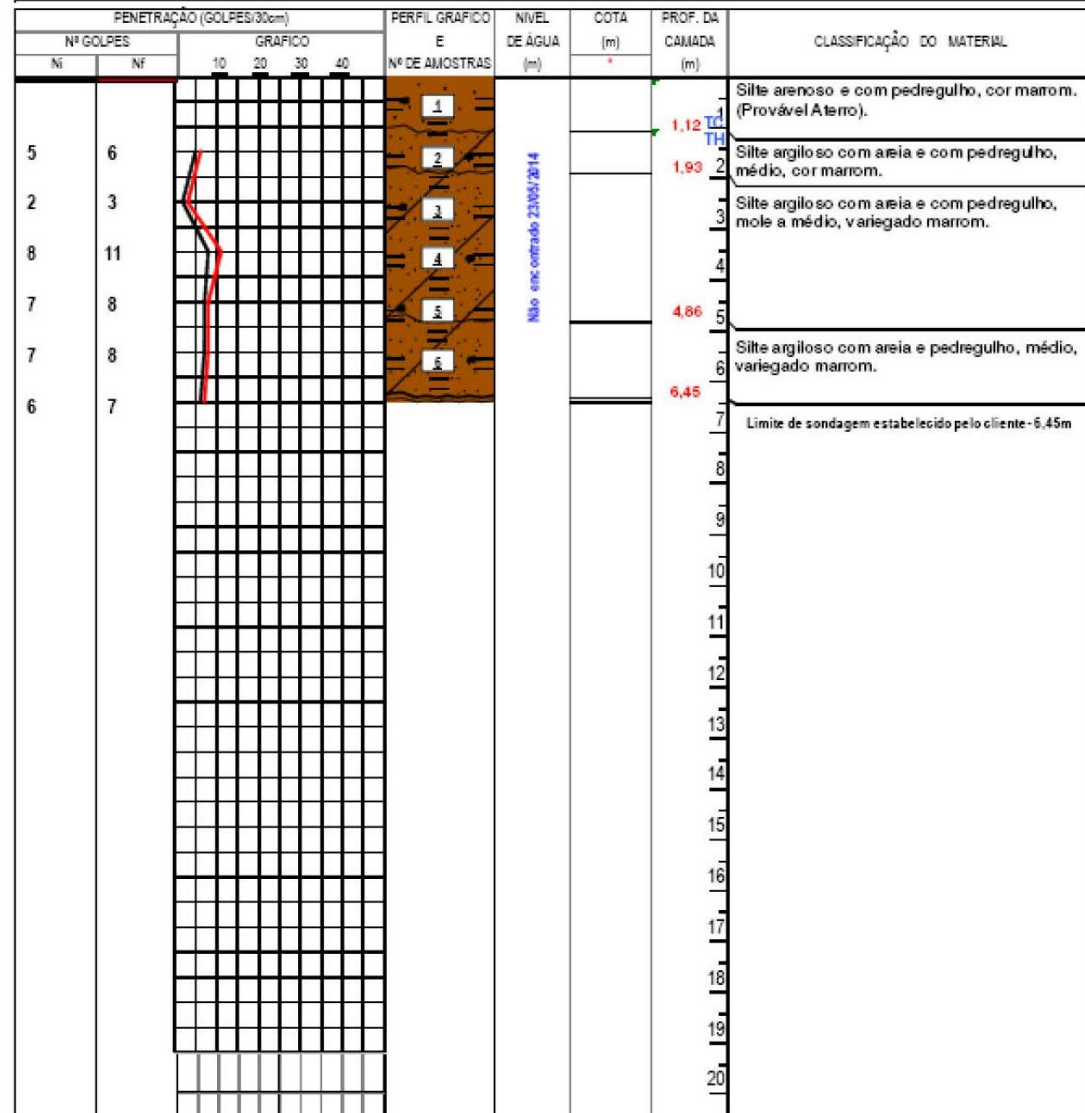
### A.3. SONDAGEM A PERCUSSÃO/ROTATIVA

#### A.3.1. PERFIL DE SONDAGEM A PERCUSSÃO



CLIENTE: GOVERNO DA BAHIA  
 OBRA: METRÔ DE SALVADOR  
 LOCAL: BR 324

Nº REG.: 008/14 COORDENADAS DATA INÍCIO: 22/05/2014  
 DATA: 28/05/2014 E: - 559773 DATA FINAL: 22/05/2014  
 REV.: 0 N: - 8574304 FURO: SP - 03



ENSAIO DE LAVAGEM  
 Avanço a cada 10 minutos (cm)

-	-	-	-
---	---	---	---

OBS.:  
 \* Furo locado pelo cliente.  
 Cota não fornecida.

TC = Trado Concha  
 TH = Trado Helicoidal  
 CA = Circulação de Água

NIVEL D'ÁGUA  
 INICIAL: Hora m Data  
 FINAL: Hora m Data

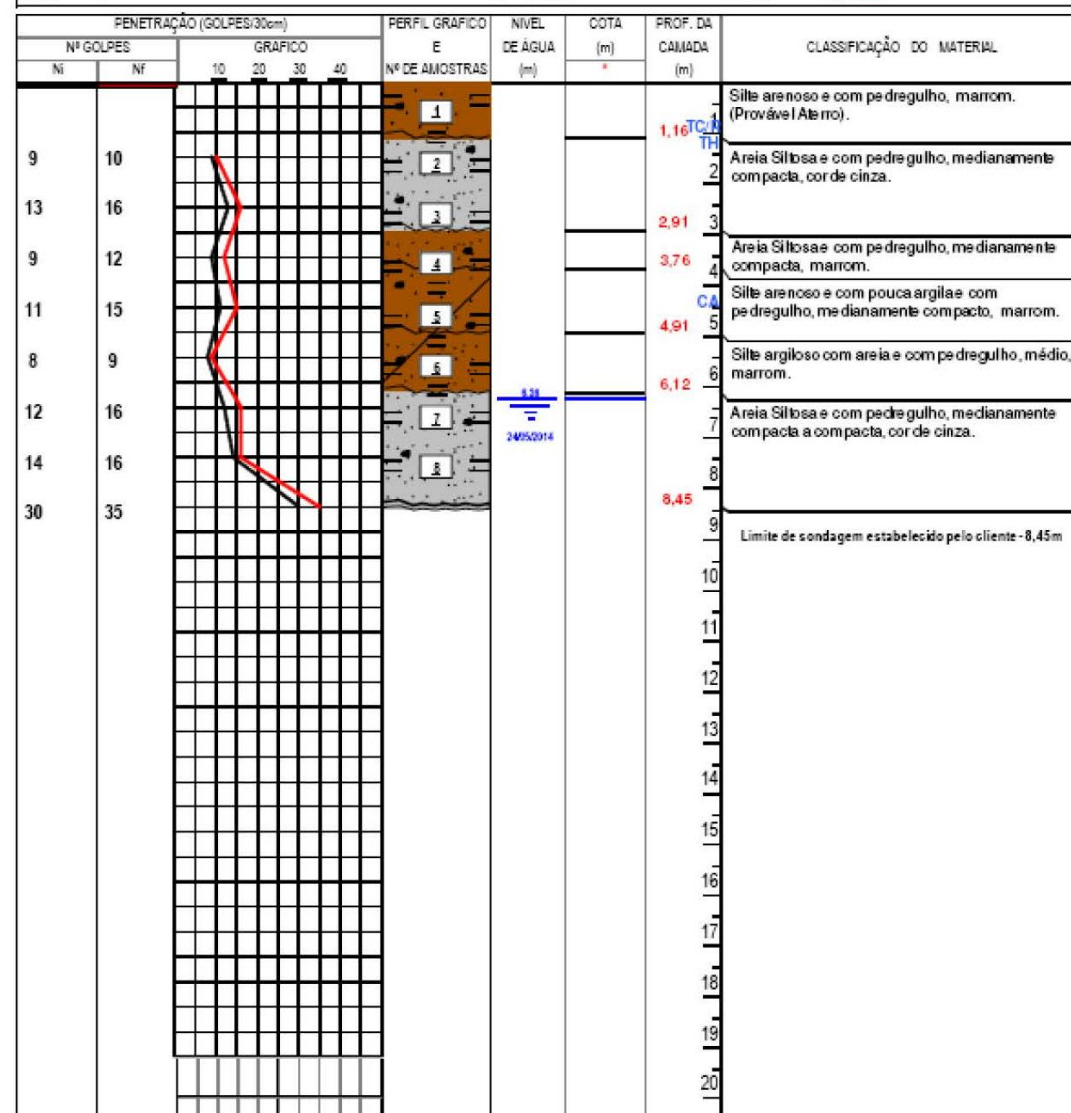
REVESTIMENTO f ext. 752 mm  
 AMOSTRADOR PA DRÃO: f INTERNO 34,9mm / EXTERNO: 50,8mm  
 PESO DE BATER (MA SSA): 65 Kg - ALTURA DE QUEDA: 75 cm

SIMBOLOGIA: PEDREGULHO ARBIA SILTE ARGILA

ENGº. RESPONSÁVEL: Data / /

CLIENTE: GOVERNO DA BAHIA  
 OBRA: METRÔ DE SALVADOR  
 LOCAL: BR 324

Nº REG.: 008/14 COORDENADAS DATA INÍCIO: 23/05/2014  
 DATA: 28/05/2014 E: - 559863 DATA FINAL: 23/05/2014  
 REV.: 0 N: - 8574445 FURO: SP - 04



ENSAIO DE LAVAGEM  
 Avanço a cada 10 minutos (cm)

-	-	-	-
---	---	---	---

OBS.:  
 \* Furo locado pelo cliente.  
 Cota não fornecida.

TC = Trado Concha  
 TH = Trado Helicoidal  
 CA = Circulação de Água

NIVEL D'ÁGUA  
 INICIAL: Hora m Data  
 FINAL: Hora m Data

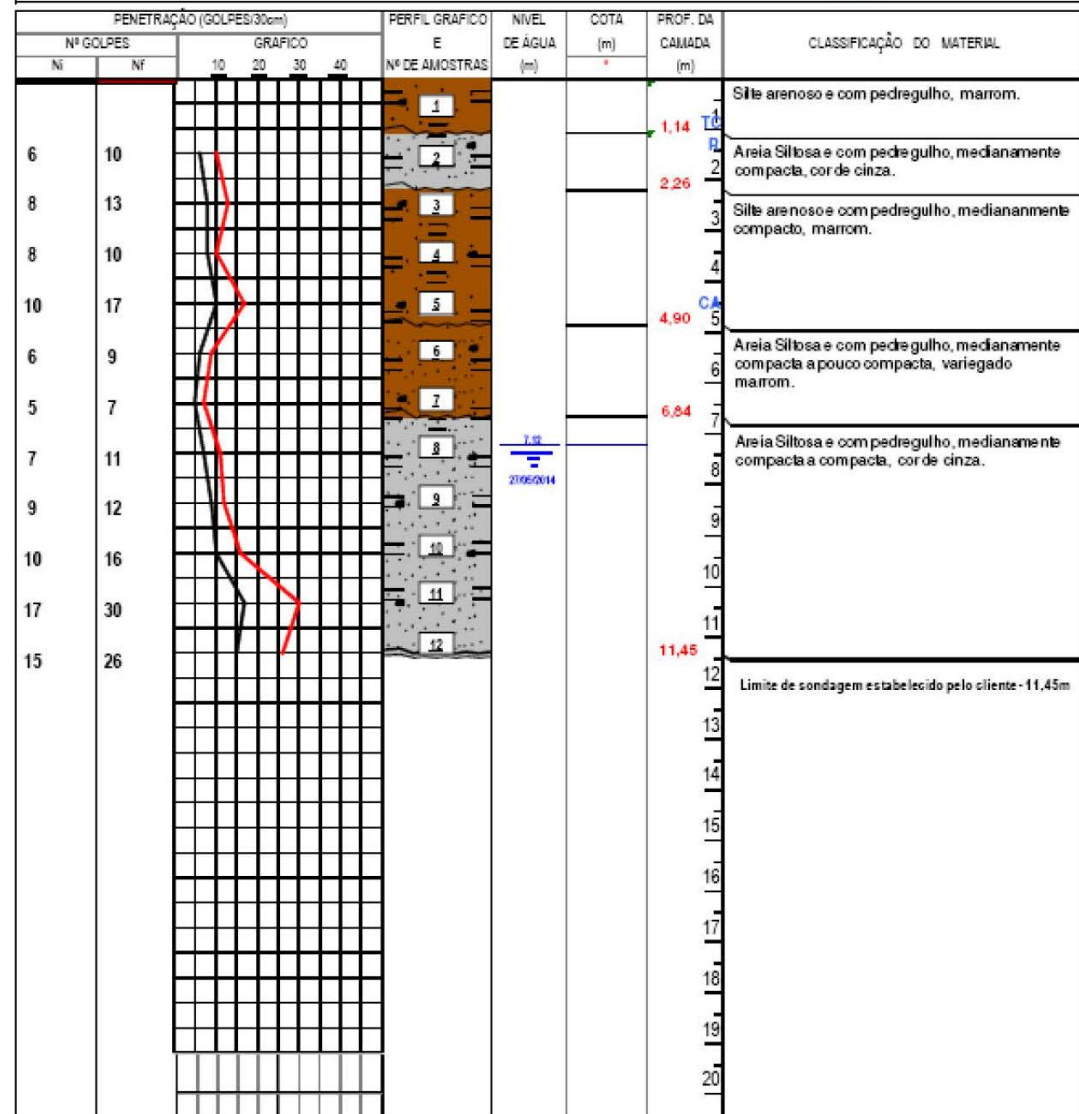
REVESTIMENTO f ext. 752 mm  
 AMOSTRADOR PA DRÃO: f INTERNO 34,9mm / EXTERNO: 50,8mm  
 PESO DE BATER (MA SSA): 65 Kg - ALTURA DE QUEDA: 75 cm

SIMBOLOGIA: PEDREGULHO ARBIA SILTE ARGILA

ENGº. RESPONSÁVEL: Data / /

CLIENTE: GOVERNO DA BAHIA  
 OBRA: METRÔ DE SALVADOR  
 LOCAL: BR 324

Nº REG.: 008/14 COORDENADAS DATA INÍCIO: 26/05/2014  
 DATA: 29/05/2014 E: - 559970 DATA FINAL: 26/05/2014  
 REV.: 0 N: - 8574586 FURO: SP - 05



ENSAIO DE LAVAGEM  
 Avanço e ceda 10 minutos (cm)

-	-	-	-
---	---	---	---

OBS.:  
 \* Furo locado pelo cliente.  
 Cota não fornecida.

TC = Trado Concha  
 TH = Trado Helicoidal  
 CA = Circulação de Água

NÍVEL D'ÁGUA  
 INICIAL: Hora m Data  
 15:26 7,84 26/05/2014

REVESTIMENTO í ext. 76,2 mm

AMOSTRADOR PA DRÃO: í INTERNO: 34,9mm / í EXTERNO: 50,8mm

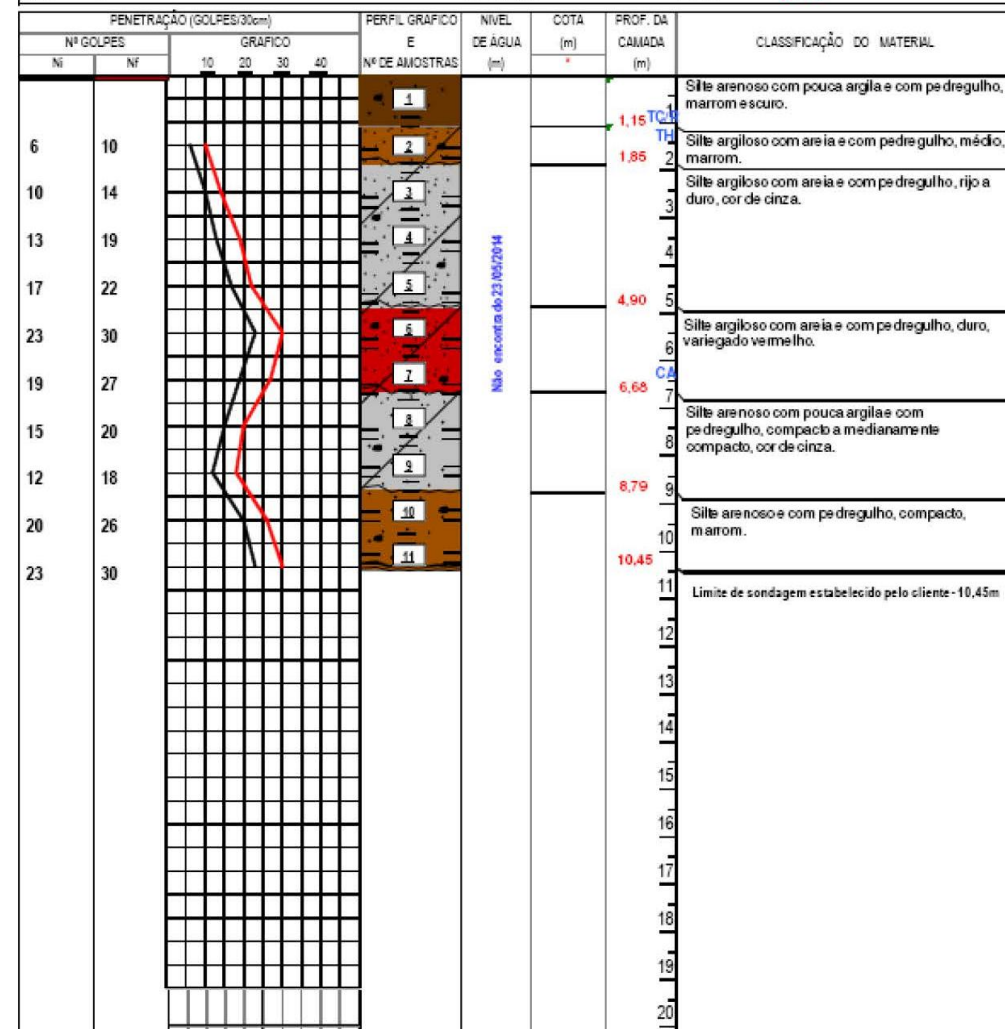
PESO DE BATER (MA SSA): 65 Kg - ALTURA DE QUEDA: 75 cm

SIMBOLOGIA: PEDREGULHO ARBA SILTE ARGILA

ENGº RESPONSÁVEL: Data / /

CLIENTE: GOVERNO DA BAHIA  
 OBRA: METRÔ DE SALVADOR  
 LOCAL: BR 324

Nº REG.: 008/14 COORDENADAS DATA INÍCIO: 21/05/2014  
 DATA: 28/05/2014 E: - 558156 DATA FINAL: 22/05/2014  
 REV.: 0 N: - 8572039 FURO: SP - 05



ENSAIO DE LAVAGEM  
 Avanço e ceda 10 minutos (cm)

-	-	-	-
---	---	---	---

OBS.:  
 \* Furo locado pelo cliente.  
 Cota não fornecida.

TC = Trado Concha  
 TH = Trado Helicoidal  
 CA = Circulação de Água

NÍVEL D'ÁGUA  
 INICIAL: Hora m Data  
 - - - -

REVESTIMENTO í ext. 76,2 mm

AMOSTRADOR PA DRÃO: í INTERNO: 34,9mm / í EXTERNO: 50,8mm

PESO DE BATER (MA SSA): 65 Kg - ALTURA DE QUEDA: 75 cm

SIMBOLOGIA: PEDREGULHO ARBA SILTE ARGILA

ENGº RESPONSÁVEL: Data / /

Nº REG.: 002/14		DATA INÍCIO: 01/02/14	
DATA: 31/01/2014		DATA FINAL: 03/02/14	
REV.: 0		FURO: SM-01	

PENETRAÇÃO (GOLPES/30cm)		PERFIL GRÁFICO E Nº DE AMOSTRAS	NÍVEL DE ÁGUA (m)	COTA (m)	PROF. DA CAMADA (m)	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL
Nº	Nº					
11	9	1		1,00	1	Silte arenoso, com matéria orgânica (raízes), com pedregulho, cor marrom.
9	8	2		1,68	2	Silte arenoso com pouca argila, com pedregulho, medianamente compacto, cor marrom.
13	11	3			3	Silte argiloso com areia, com pedregulho, com entulho (brita), médio a rijo, cor marrom.
16	18	4		4,00	4	
10	12	5		4,70	5	Silte arenoso, com pedregulho, medianamente compacto, cor marrom.
11	16	6			6	Areia siltosa com pedregulho, medianamente compacta a compacta, cor de cinza.
16	20	7			7	
23	29	8			8	
18	20	9			9	
21	26	10			10	
11	17	11			11	
16	20	12		12,00	12	
21	26	13		13,45	13	Amostra não recuperada.
		14			14	Limite de sondagem estabelecido pelo cliente - 13,45 m

Não encontrado 04/02/2014

ENSAIO DE LAVAGEM Avanço a cada 10 minutos (cm)		NÍVEL D'ÁGUA		CARACTERÍSTICA DA COMPOSIÇÃO DE PEREIRAÇÃO	
1	1	0	-	REVESTIMENTO 1 ext. 76,2 mm	
OBS.: * Furo locado pelo cliente. Cota não fornecida.		<input checked="" type="checkbox"/> Tempo Bom <input type="checkbox"/> Tempo Chuvoso		AMOSTRADOR PADRÃO: 1 INTERNO 34,9mm/ 1 EXTERNO 50,8mm PESO DE BATER (MASSA): 65 Kg - ALTURA DE QUEDA: 75 cm	

SIMBOLOGIA: PEDREGULHO [símbolo] AREIA [símbolo] SILTE [símbolo] ARGILA [símbolo]

ENG. RESPONSÁVEL: \_\_\_\_\_ Data / /

OBRA: METRÔ DE SALVADOR		DATA INÍCIO: 29/01/2014	
LOCAL: SALVADOR, BA		DATA FINAL: 31/01/2014	
REG. Nº: 002/14		FURO: SM-02	
DATA: 04/02/2014		COORDENADAS	
Rev.: 0		E: 540.091,000	
		N: 8.574.409,000	
		INCLINAÇÃO VERTICAL	

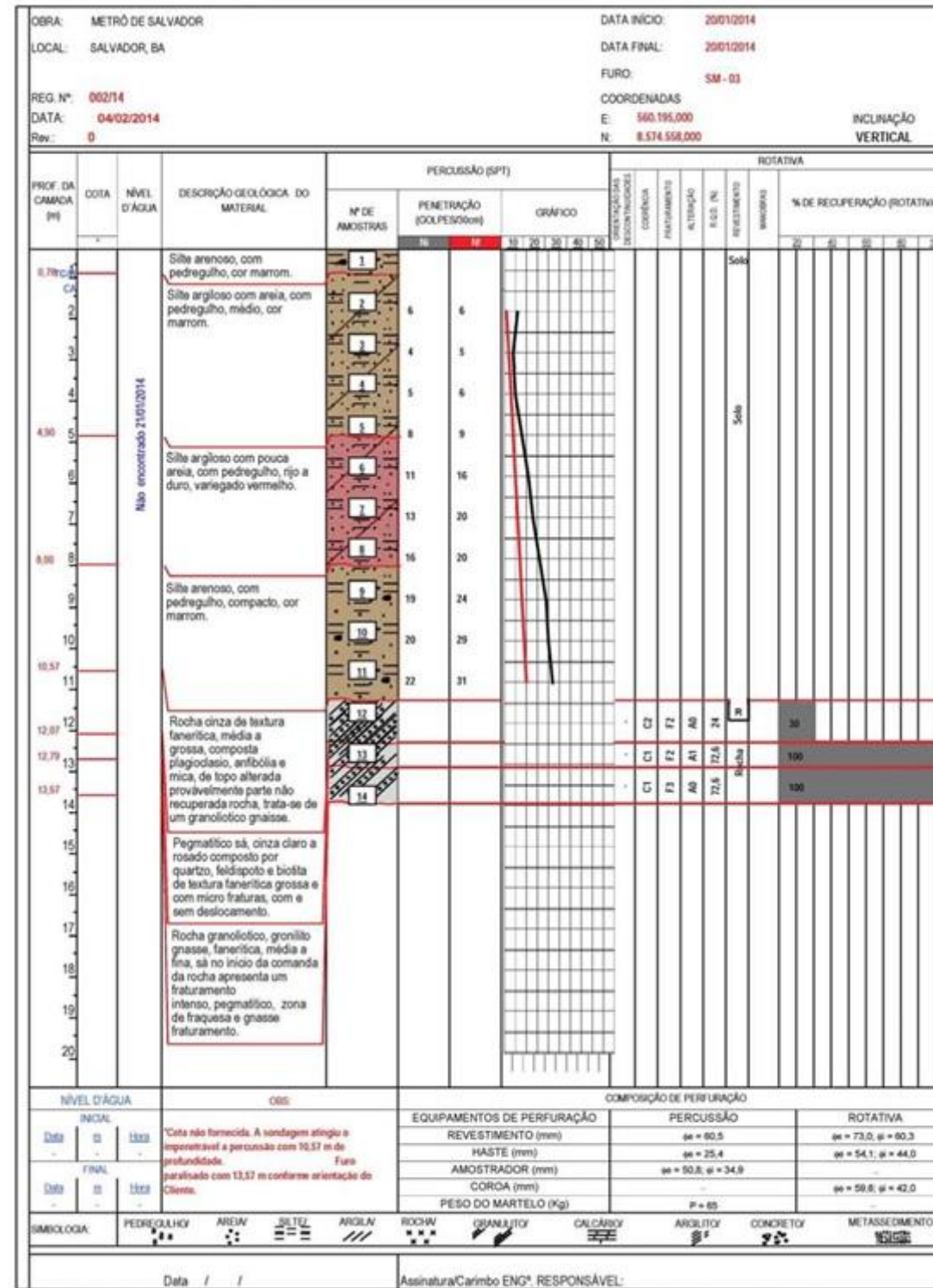
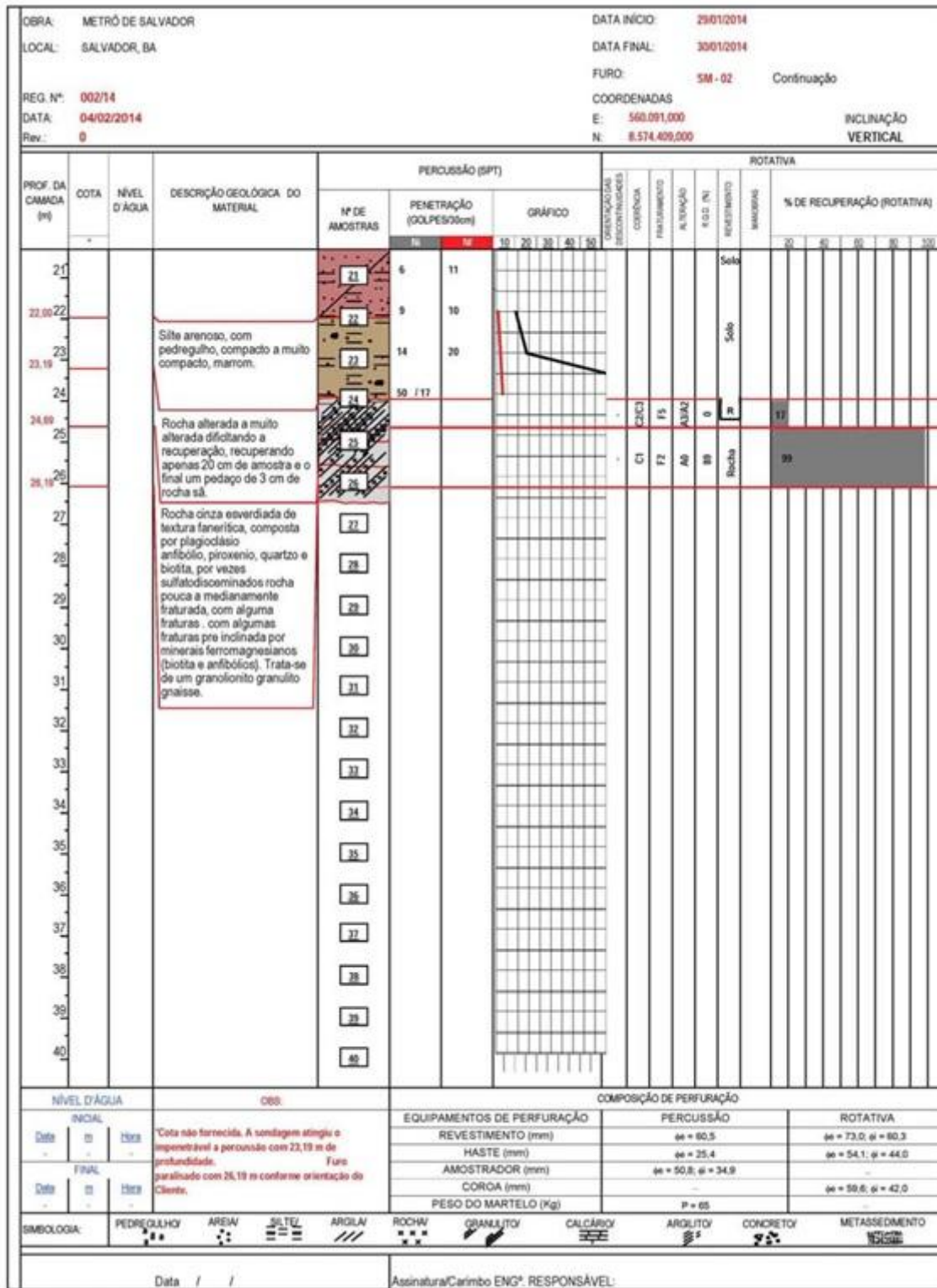
PROF. DA CAMADA (m)	COTA (m)	NÍVEL D'ÁGUA	DESCRIÇÃO GEOLÓGICA DO MATERIAL	PERCUSSÃO (SPT)		ROTATIVA	
				Nº DE AMOSTRAS	PENETRAÇÃO (GOLPES/30cm)	GRÁFICO	% DE RECUPERAÇÃO (ROTATIVA)
1,00	1,00		Silte arenoso com argila, matéria orgânica (raízes), com pedregulho, entulho (bloco e concreto), marrom. (Provável Alemo).	1	11		
1,68	1,68		Silte argiloso com areia, matéria orgânica (raízes), com pedregulho, cor marrom. (Provável Alemo).	2	14		
3,75	3,75		Silte argiloso com areia, com pedregulho, com mica, rijo, marrom. (Provável Alemo).	3	14		
4,00	4,00		Silte argiloso com areia, com pedregulho, com mica, rijo a duro, marrom.	4	15		
4,70	4,70		Idem, duro, cor vermelho.	5	16		
6,00	6,00		Silte arenoso, com pedregulho, medianamente compacto, marrom.	6	17		
7,65	7,65		Silte argiloso, com mica, médio a duro, variegado vermelho.	7	18		
10,00	10,00		Silte arenoso, com pedregulho, compacto, cor amarelo.	8	13		
11,00	11,00		Silte argiloso com pouca areia, com pedregulho, com mica, mole a médio, variegado vermelho.	9	15		
12,00	12,00			10	16		
13,00	13,00			11	17		
14,00	14,00			12	18		
15,00	15,00			13	19		
16,00	16,00			14	20		
17,00	17,00			15	21		
18,00	18,00			16	22		
19,00	19,00			17	23		
20,00	20,00			18	24		
				19	25		
				20	26		

Não encontrado 01/02/2014

NÍVEL D'ÁGUA		OBS.		COMPOSIÇÃO DE PEREIRAÇÃO		
INICIAL:		Cota não fornecida. A sondagem atingiu e impenetrável a percussão com 23,19 m de profundidade. Furo paralisado com 26,19 m conforme orientação do Cliente.		EQUIPAMENTOS DE PEREIRAÇÃO		
FINAL:				PERCUSSÃO		
				ROTATIVA		
				REVESTIMENTO (mm)		
				HASTE (mm)		
				AMOSTRADOR (mm)		
				COROA (mm)		
				PESO DO MARTELO (Kg)		

SIMBOLOGIA: PEDREGULHO [símbolo] AREIA [símbolo] SILTE [símbolo] ARGILA [símbolo] ROCHA [símbolo] GRANITO [símbolo] CALCÁRIO [símbolo] ARGILITO [símbolo] CONCRETO [símbolo] METASSEDIMENTO [símbolo]

Assinatura/Carimbo ENG. RESPONSÁVEL: \_\_\_\_\_ Data / /



OBRA: METRÔ DE SALVADOR		DATA INÍCIO: 03/02/2014	
LOCAL: SALVADOR, BA		DATA FINAL: 05/02/2014	
REG. Nº: 002/14		FURO: SM-04	
DATA: 04/02/2014		COORDENADAS	
Rev: 0		E: 560.205,000	
		N: 8.574.709,000	
		INCLINAÇÃO VERTICAL	

PROF. DA CAMADA (m)	COTA	NÍVEL D'ÁGUA	DESCRIÇÃO GEOLÓGICA DO MATERIAL	PERCUSSÃO (SPT)		ROTATIVA	
				Nº DE AMOSTRAS	PENETRAÇÃO (GOLPES/30cm)	GRÁFICO	% DE RECUPERAÇÃO (ROTATIVA)
0,67	1,4		Silt argiloso com areia, com matéria orgânica (raízes), com pedregulho, marrom. (Provável Áterro).	1	6		
1,0	1,8		Silt argiloso com areia, com matéria orgânica (raízes), com pedregulho, marrom. (Provável Áterro).	2	5		
1,3	2,1		Silt argiloso com areia, com matéria orgânica (raízes), com pedregulho, marrom. (Provável Áterro).	3	9		
1,6	2,4		Silt argiloso com areia, com matéria orgânica (raízes), com pedregulho, marrom. (Provável Áterro).	4	12		
1,9	2,7		Silt argiloso com pouca areia, com matéria orgânica (raízes), com pedregulho, rijo a mole, marrom (Provável Áterro).	5	10		
2,2	3,0		Silt argiloso com pouca areia, com matéria orgânica (raízes), com pedregulho, rijo a mole, marrom (Provável Áterro).	6	7		
2,5	3,3		Silt argiloso com pouca areia, com matéria orgânica (raízes), com pedregulho, rijo a mole, marrom (Provável Áterro).	7	4		
2,8	3,6		Silt argiloso com pouca areia, com matéria orgânica (raízes), com pedregulho, rijo a mole, marrom (Provável Áterro).	8	P / 60		
3,1	3,9		Areia silteosa, com pedregulho, fofa a medianamente compacta, marrom escuro. (Provável Áterro).	9	2		
3,4	4,2		Areia silteosa, com pedregulho, medianamente compacta a muito compacta, cor amarelo.	10	2 / 30		
3,7	4,5		Areia silteosa, com pedregulho, medianamente compacta a muito compacta, cor amarelo.	11	2 / 36		
4,0	4,8		Areia silteosa, com pedregulho, medianamente compacta a muito compacta, cor amarelo.	12	6		
4,3	5,1		Areia silteosa, com pedregulho, medianamente compacta a muito compacta, cor amarelo.	13	8		
4,6	5,4		Areia silteosa, com pedregulho, medianamente compacta a muito compacta, cor amarelo.	14	9		
4,9	5,7		Areia silteosa, com pedregulho, medianamente compacta a muito compacta, cor amarelo.	15	12		
5,2	6,0		Areia silteosa, com pedregulho, medianamente compacta a muito compacta, cor amarelo.	16	18		
5,5	6,3		Areia silteosa, com pedregulho, medianamente compacta a muito compacta, cor amarelo.	17	27		
5,8	6,6		Areia silteosa, com pedregulho, medianamente compacta a muito compacta, cor amarelo.	18	31		
6,1	6,9		Areia silteosa, com pedregulho, medianamente compacta a muito compacta, cor amarelo.	19	16		
6,4	7,2		Areia silteosa, com pedregulho, medianamente compacta a muito compacta, cor amarelo.	20	26		
6,7	7,5		Areia silteosa, com pedregulho, medianamente compacta a muito compacta, cor amarelo.	21	31 / 14		
7,0	7,8		Areia silteosa, com pedregulho, medianamente compacta a muito compacta, cor amarelo.	22	31 / 11		

NÍVEL D'ÁGUA		OBS:	
INICIAL	2,82	Esta não fornece. A sondagem atingiu a	
FINAL	2,82	penetração a percussão com 24,15 m de profundidade. Furo paralisado com 0,00 m conforme orientação do Cliente.	
EQUIPAMENTOS DE PERFURAÇÃO		PERCUSSÃO	
REVESTIMENTO (mm)	60,5	60,5	
HASTE (mm)	25,4	73,0; 60,3	
AMOSTRADOR (mm)	50,8	25,4	
COROA (mm)	59,6	54,1; 44,0	
PESO DO MARTELO (kg)	65	50,8; 42,0	

OBRA: METRÔ DE SALVADOR		DATA INÍCIO: 03/02/2014	
LOCAL: SALVADOR, BA		DATA FINAL: 05/02/2014	
REG. Nº: 002/14		FURO: SM-04 Continuação	
DATA: 04/02/2014		COORDENADAS	
Rev: 0		E: 560.205,000	
		N: 8.574.709,000	
		INCLINAÇÃO VERTICAL	

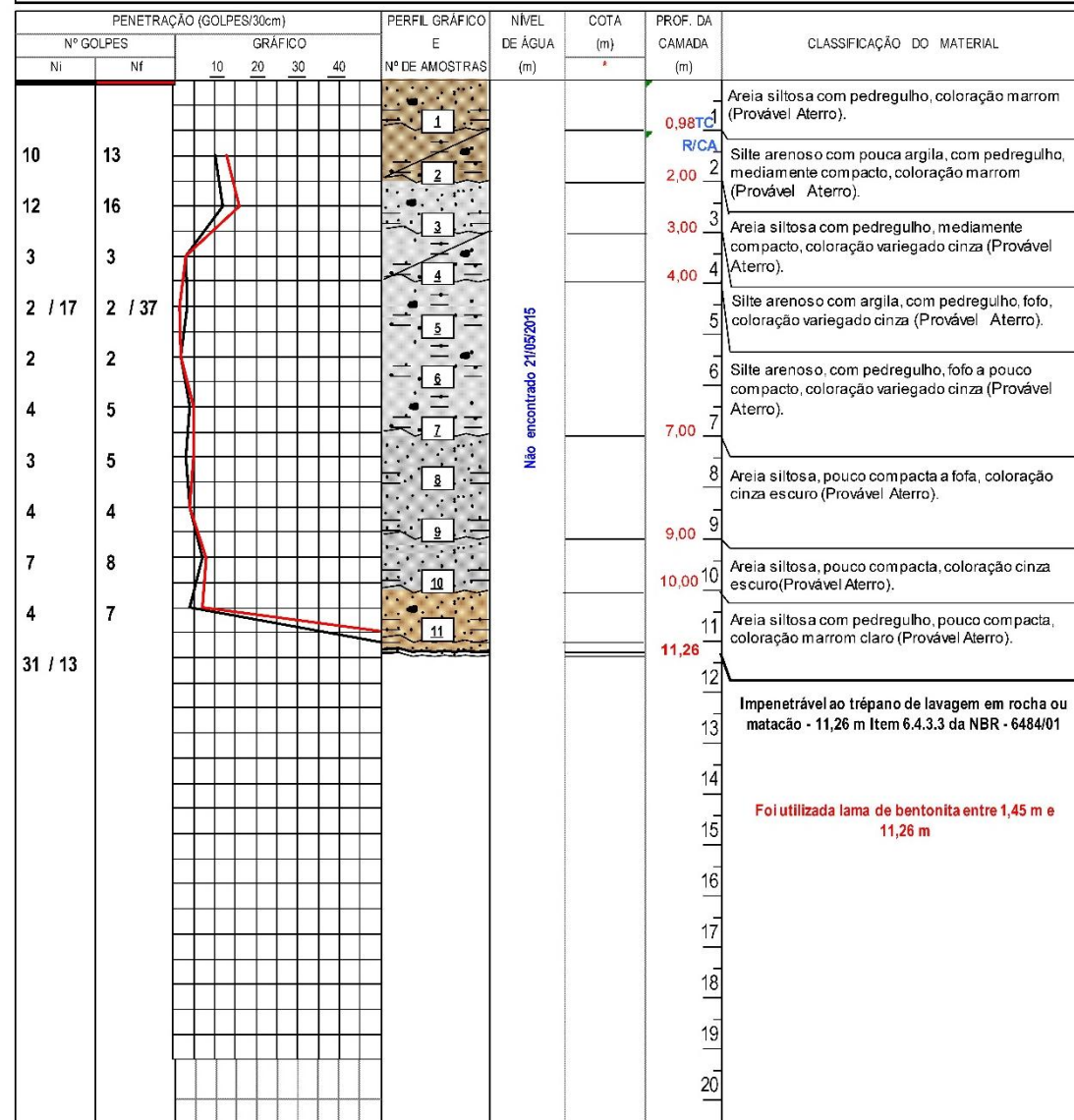
  

PROF. DA CAMADA (m)	COTA	NÍVEL D'ÁGUA	DESCRIÇÃO GEOLÓGICA DO MATERIAL	PERCUSSÃO (SPT)		ROTATIVA	
				Nº DE AMOSTRAS	PENETRAÇÃO (GOLPES/30cm)	GRÁFICO	% DE RECUPERAÇÃO (ROTATIVA)
21			Silt argiloso com pouca areia, com pedregulho, com mica, médio a mole, variegado vermelho.	21	5		
22			Silt argiloso com pouca areia, com pedregulho, com mica, médio a mole, variegado vermelho.	22	4		
23			Silt argiloso com pouca areia, com pedregulho, com mica, médio a mole, variegado vermelho.	23	7		
24			Silt argiloso com pouca areia, com pedregulho, medianamente compacta a muito compacta, marrom. (Alteração de Rocha).	24	9		
25			Silt argiloso com pouca areia, com pedregulho, medianamente compacta a muito compacta, marrom. (Alteração de Rocha).	25			
26			Silt argiloso com pouca areia, com pedregulho, medianamente compacta a muito compacta, marrom. (Alteração de Rocha).	26			
27			Silt argiloso com pouca areia, com pedregulho, medianamente compacta a muito compacta, marrom. (Alteração de Rocha).	27			
28			Silt argiloso com pouca areia, com pedregulho, medianamente compacta a muito compacta, marrom. (Alteração de Rocha).	28			
29			Silt argiloso com pouca areia, com pedregulho, medianamente compacta a muito compacta, marrom. (Alteração de Rocha).	29			
30			Silt argiloso com pouca areia, com pedregulho, medianamente compacta a muito compacta, marrom. (Alteração de Rocha).	30			
31			Silt argiloso com pouca areia, com pedregulho, medianamente compacta a muito compacta, marrom. (Alteração de Rocha).	31			
32			Silt argiloso com pouca areia, com pedregulho, medianamente compacta a muito compacta, marrom. (Alteração de Rocha).	32			
33			Silt argiloso com pouca areia, com pedregulho, medianamente compacta a muito compacta, marrom. (Alteração de Rocha).	33			
34			Silt argiloso com pouca areia, com pedregulho, medianamente compacta a muito compacta, marrom. (Alteração de Rocha).	34			
35			Silt argiloso com pouca areia, com pedregulho, medianamente compacta a muito compacta, marrom. (Alteração de Rocha).	35			
36			Silt argiloso com pouca areia, com pedregulho, medianamente compacta a muito compacta, marrom. (Alteração de Rocha).	36			
37			Silt argiloso com pouca areia, com pedregulho, medianamente compacta a muito compacta, marrom. (Alteração de Rocha).	37			
38			Silt argiloso com pouca areia, com pedregulho, medianamente compacta a muito compacta, marrom. (Alteração de Rocha).	38			
39			Silt argiloso com pouca areia, com pedregulho, medianamente compacta a muito compacta, marrom. (Alteração de Rocha).	39			
40			Silt argiloso com pouca areia, com pedregulho, medianamente compacta a muito compacta, marrom. (Alteração de Rocha).	40			

NÍVEL D'ÁGUA		OBS:	
INICIAL	2,82	Esta não fornece. A sondagem atingiu a	
FINAL	2,82	penetração a percussão com 24,15 m de profundidade. Furo paralisado com 0,00 m conforme orientação do Cliente.	
EQUIPAMENTOS DE PERFURAÇÃO		PERCUSSÃO	
REVESTIMENTO (mm)	60,5	60,5	
HASTE (mm)	25,4	73,0; 60,3	
AMOSTRADOR (mm)	50,8	25,4	
COROA (mm)	59,6	54,1; 44,0	
PESO DO MARTELO (kg)	65	50,8; 42,0	

OBRA: METRÔ DE SALVADOR  
 LOCAL: BR 324/BA  
 Nº REG.: 114/15 COORDENADAS DATA INÍCIO: 20/05/2015  
 DATA: 28/05/2015 E: - 560092,66 DATA FINAL: 20/05/2015  
 REV.: 0 N: - 8574550,21 FURO: SP - 01



ENSAIO DE LAVAGEM  
 Avança a cada 10 minutos (cm)  
 1 0 0 0

TC = Trado Concha  
 TH = Trado Helicoidal  
 CA = Circulação de Água

NÍVEL D'ÁGUA  
 INICIAL: Hora m Data  
 FINAL: Hora m Data

REVESTIMENTO f ext. 76,2 mm  
 AMOSTRADOR PADRÃO: f INTERNO: 34,9mm/ f EXTERNO: 50,8 mm  
 PESO DE BATER (MASSA): 65 Kg - ALTURA DE QUEDA: 75 cm

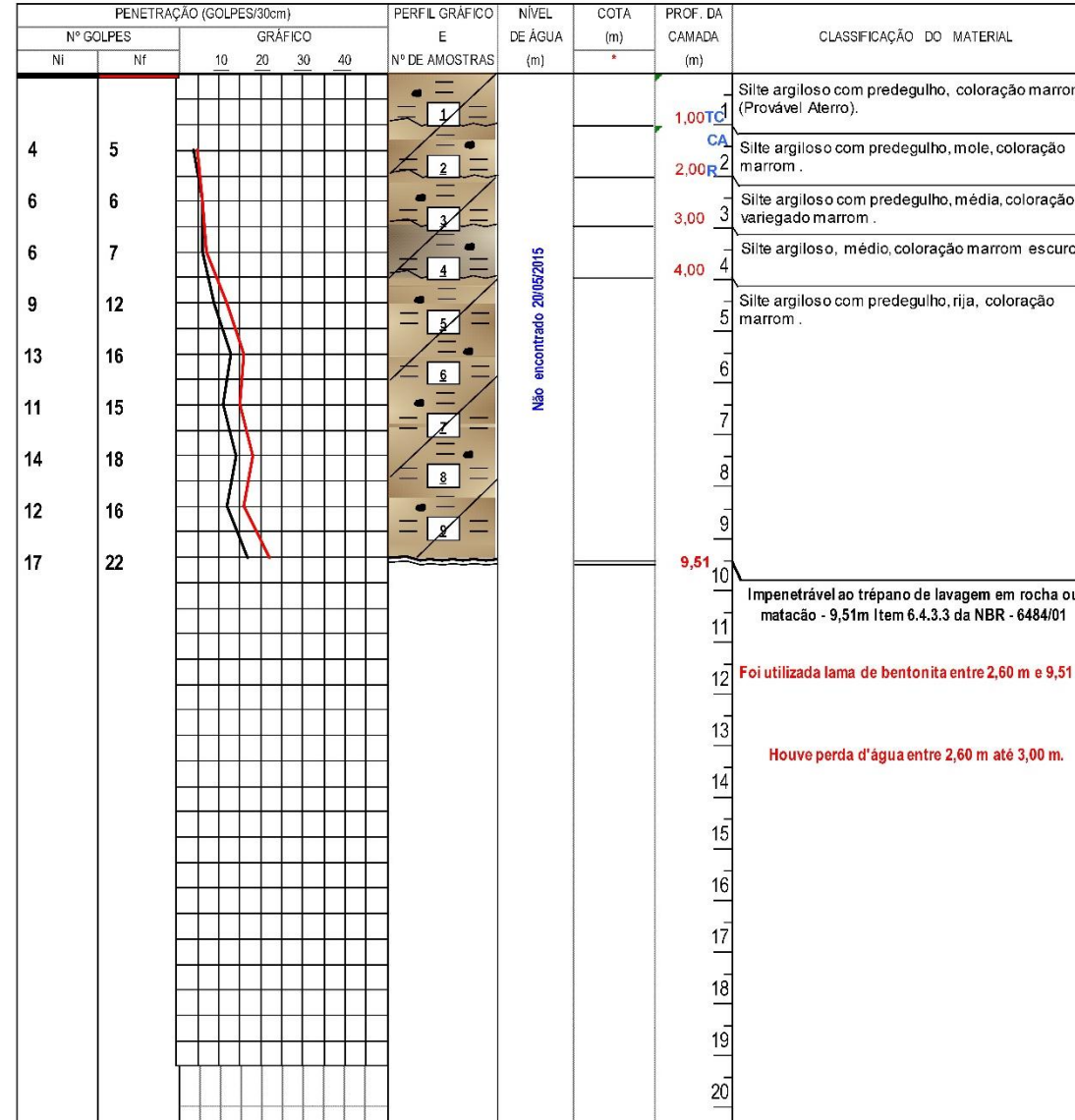
OBS.:  
 \* Furo locado pelo cliente.  
 Cola não fornecida.

Tempo Bom  
 Tempo Chuvoso

SIMBOLOGIA: PEDREGULHO ARBA SILTE ARGILA

ENGº. RESPONSÁVEL: Data / /

OBRA: METRÔ DE SALVADOR  
 LOCAL: BR 324/BA  
 Nº REG.: 116/15 COORDENADAS DATA INÍCIO: 19/05/2015  
 DATA: 28/05/2015 E: - 0560292 DATA FINAL: 19/05/2015  
 REV.: 0 N: - 8574477 FURO: SP - 03



ENSAIO DE LAVAGEM  
 Avança a cada 10 minutos (cm)  
 2 1 0 -

TC = Trado Concha  
 TH = Trado Helicoidal  
 CA = Circulação de Água

NÍVEL D'ÁGUA  
 INICIAL: Hora m Data  
 FINAL: Hora m Data

REVESTIMENTO f ext. 76,2 mm  
 AMOSTRADOR PADRÃO: f INTERNO: 34,9mm/ f EXTERNO: 50,8 mm  
 PESO DE BATER (MASSA): 65 Kg - ALTURA DE QUEDA: 75 cm

OBS.:  
 \* Furo locado pelo cliente.  
 Cola não fornecida.

Tempo Bom  
 Tempo Chuvoso

SIMBOLOGIA: PEDREGULHO ARBA SILTE ARGILA

ENGº. RESPONSÁVEL: Data / /

OBRA: METRÔ DE SALVADOR  
 LOCAL: BR 324/BA  
 Nº REG.: 003/15 COORDENADAS DATA INÍCIO: 05/05/2015  
 DATA: 13/05/2015 E: - 560391,81 DATA FINAL: 06/05/2015  
 REV.: 0 N: - 8574404,37 FURO: SP - 04

PENETRAÇÃO (GOLPES/30cm)		PERFIL GRÁFICO E Nº DE AMOSTRAS	NÍVEL DE ÁGUA (m)	COTA (m)	PROF. DA CAMADA (m)	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL
Nº GOLPES Ni	Nº GOLPES Nf					
50 / 10	29 / 10	1	Não encontrado 06/05/2015	1,03	1	Silte arenoso com presença de material orgânico, coloração marrom (Aterro).
27	12	2		2,00	2	Silte arenoso, coloração cinza (aterro).
9	12	3		3	3	Silte arenoso, coloração cinza (aterro).
30	42 / 7	4		4,00	4	Areia siltosa, coloração cinza (Aterro).
8	12	5		5,00	5	Areia siltosa com pedregulho, coloração preto (Aterro).
10	7	6		6,00	6	Areia siltosa com argila, com pedregulho, coloração marrom (Aterro).
10	13	7		7,00	7	Areia siltosa com argila, com pedregulho, coloração marrom (Aterro).
			7,45	8	Areia siltosa com argila, com pedregulho, coloração marrom (Aterro).	
				9	Furo interrompido devido a impossibilidade de penetração	
				10	Foi utilizada lama de bentonita entre 1,45 m e 7,45 m	
				11	Houve perda d' água a partir de 2,00 m até 7,45 m	
				12		
				13		
				14		
				15		
				16		
				17		
				18	OBS: Em toda profundidade os valores do N não poderão ser utilizados como parâmetro para projeto de fundação, visto que trata-se de um aterro onde é composto por resto de construção, pneus, madeira, plásticos diversos, entre outros materiais que interferem nos resultados da sondagem.	
				19		
				20		

ENSAIO DE LAVAGEM				NÍVEL D'ÁGUA			CARACTERÍSTICA DA COMPOSIÇÃO DE PERFURAÇÃO	
Avanço a cada 10 minutos (cm)				INICIAL:			REVESTIMENTO f. ext. 76,2 mm	
-	-	-	-	Hora	m	Data	AMOSTRADOR PADRÃO: f. INTERNO: 34,9mm/ f. EXTERNO: 50,8 mm	
OBS.: * Furo locado pelo cliente. Cota não fornecida.				FINAL:			PESO DE BATER (MASSA): 65 Kg - ALTURA DE QUEDA: 75 cm	
<input type="checkbox"/> Tempo Bom <input checked="" type="checkbox"/> Tempo Chuvoso				Hora	m	Data		

SIMBOLOGIA: PEDREGULHO [símbolo] AREIA [símbolo] SILTE [símbolo] ARGILA [símbolo]

ENGº. RESPONSÁVEL: \_\_\_\_\_ Data / /

OBRA: METRÔ DE SALVADOR  
 LOCAL: BR 324/BA  
 Nº REG.: 118/15 COORDENADAS DATA INÍCIO: 14/05/2015  
 DATA: 19/05/2015 E: - 560504,91 DATA FINAL: 15/05/2015  
 REV.: 0 N: - 8574171,13 FURO: SP - 05

PENETRAÇÃO (GOLPES/30cm)		PERFIL GRÁFICO E Nº DE AMOSTRAS	NÍVEL DE ÁGUA (m)	COTA (m)	PROF. DA CAMADA (m)	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL
Nº GOLPES Ni	Nº GOLPES Nf					
12	17	1	Não encontrado 16/05/2015	1,00	1	Silte arenoso com pedregulho, coloração marrom (Aterro).
6	8	2		2,00	2	Silte arenoso com pedregulho, coloração marrom (Aterro).
10	14	3		3	3	Silte arenoso com pedregulho, coloração variegado marrom (Aterro).
14	17	4		4	4	
20	24	5		5,00	5	Areia siltosa com pedregulho, coloração variegado marrom (Aterro).
24	28	6		6,00	6	Areia siltosa com pedregulho, coloração variegado marrom (Aterro).
22	26	7		7,00	7	Silte arenoso com pedregulho, coloração marrom (Aterro).
16	14	8		8,00	8	Silte arenoso com pedregulho, coloração marrom (Aterro).
24	29	9		9,00	9	Areia siltosa, com pedregulho, coloração variegado marrom (Aterro).
20	24	10		10,00	10	Silte arenoso com argila, com pedregulho, coloração marrom (Aterro).
			10,64	11	Silte argiloso com areia, com pedregulho, coloração marrom (Aterro).	
				12	Furo interrompido devido a impossibilidade de penetração	
				13		
				14	Foi utilizada lama de bentonita entre 1,50 m e 10,64 m	
				15	Houve perda d' água a partir de 1,00 m até 10,64 m	
				16		
				17	OBS: Em toda profundidade os valores do N não poderão ser utilizados como parâmetro para projeto de fundação, visto que trata-se de um aterro onde é composto por resto de construção, pneus, madeira, plásticos diversos, entre outros materiais que interferem nos resultados da sondagem.	
				18		
				19		
				20		

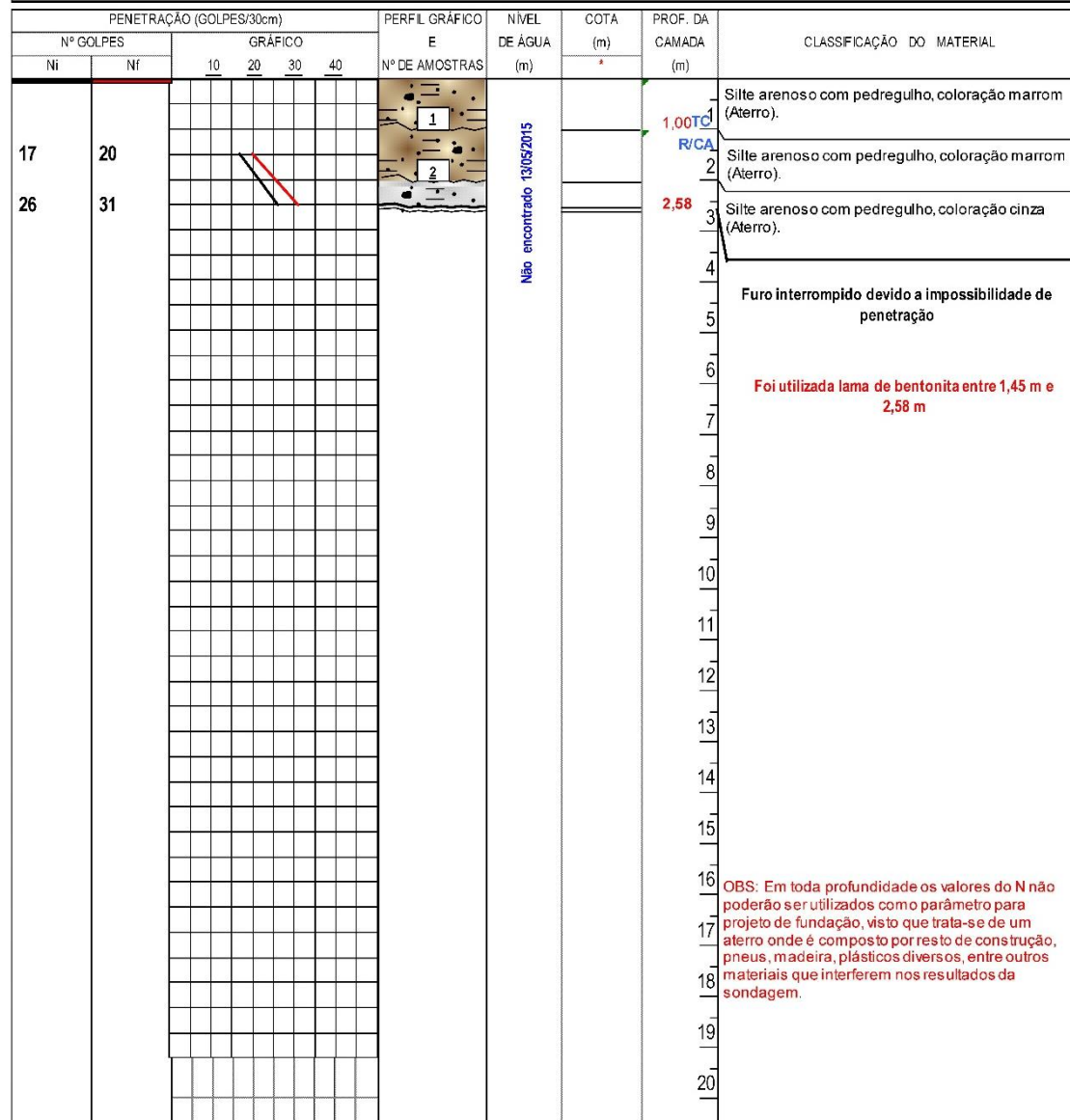
ENSAIO DE LAVAGEM				NÍVEL D'ÁGUA			CARACTERÍSTICA DA COMPOSIÇÃO DE PERFURAÇÃO	
Avanço a cada 10 minutos (cm)				INICIAL:			REVESTIMENTO f. ext. 76,2 mm	
0	0	0	-	Hora	m	Data	AMOSTRADOR PADRÃO: f. INTERNO: 34,9mm/ f. EXTERNO: 50,8 mm	
OBS.: * Furo locado pelo cliente. Cota não fornecida.				FINAL:			PESO DE BATER (MASSA): 65 Kg - ALTURA DE QUEDA: 75 cm	
<input type="checkbox"/> Tempo Bom <input checked="" type="checkbox"/> Tempo Chuvoso				Hora	m	Data		

SIMBOLOGIA: PEDREGULHO [símbolo] AREIA [símbolo] SILTE [símbolo] ARGILA [símbolo]

ENGº. RESPONSÁVEL: \_\_\_\_\_ Data / /

OBRA: METRÔ DE SALVADOR	COORDENADAS	DATA INÍCIO: 12/05/2015
LOCAL: BR 324/BA	E: - 560433	DATA FINAL: 13/05/2015
Nº REG.: 003/15	N: - 8574349	FURO: SP - 08 A
DATA: 14/05/2015		
REV.: 0		

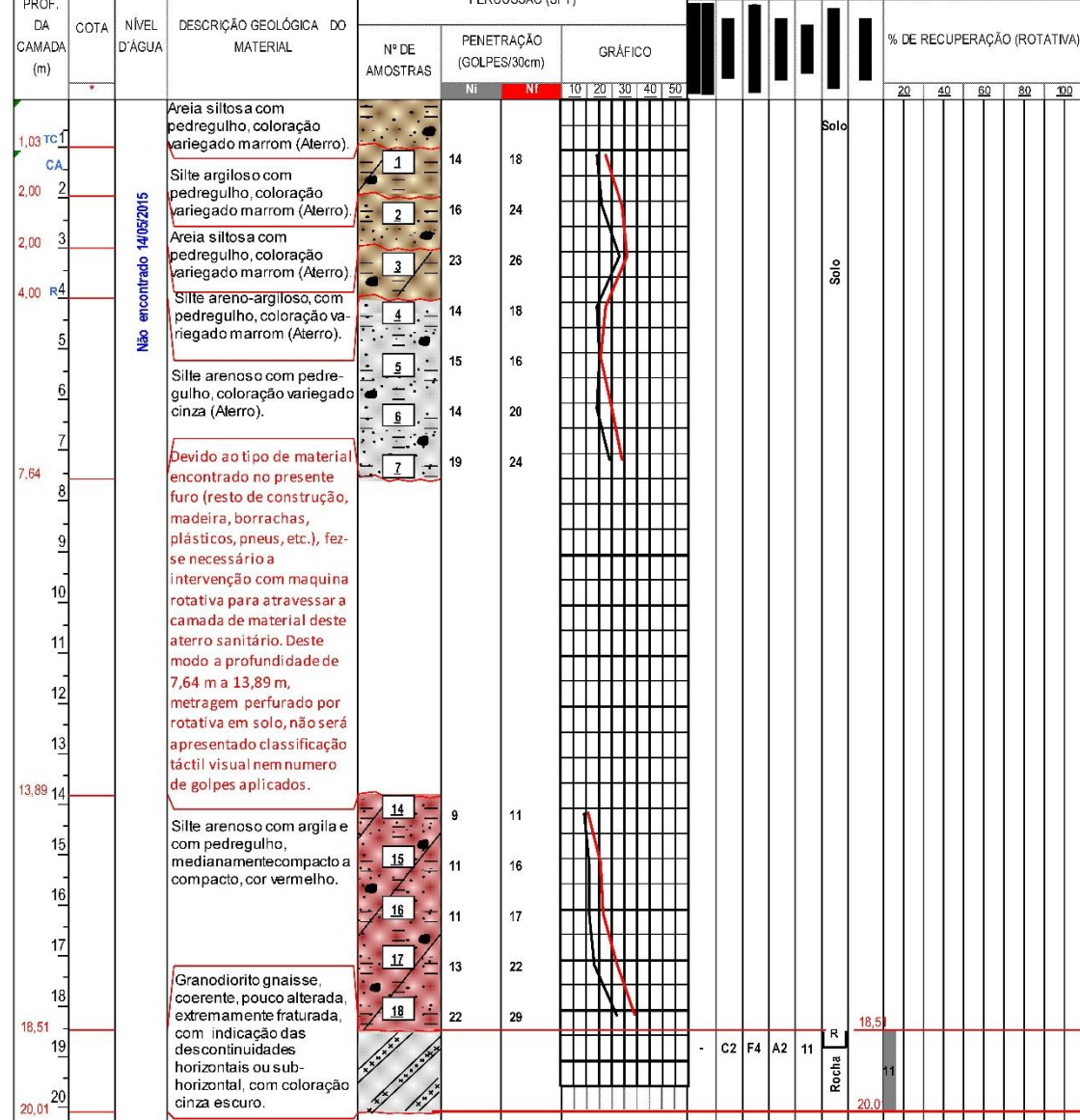


<b>ENSAIO DE LAVAGEM</b> Avanço a cada 10 minutos (cm) -   -   -   - OBS.: * Furo locado pelo cliente. Cota não fornecida.	TC = Trado Concha TH = Trado Helicoidal CA = Circulação de Água <input type="checkbox"/> Tempo <input checked="" type="checkbox"/> Tempo Chuvoso	<b>NÍVEL D'ÁGUA</b> INICIAL: Hora   m   Data -   -   - FINAL: Hora   m   Data -   -   -	<b>CARACTERÍSTICA DA COMPOSIÇÃO DE PERFURAÇÃO</b> REVESTIMENTO f. ext. 78,2 mm AMOSTRADOR PADRÃO: f. INTERNO: 34,9mm / f. EXTERNO: 50,8mm PESO DE BATER (MASSA): 65 Kg - ALTURA DE QUEDA: 75 cm
---	--	---	--

SIMBOLOGIA: PEDREGULHO [símbolo] AREIA [símbolo] SILTE [símbolo] ARGILA [símbolo]

ENGº. RESPONSÁVEL: \_\_\_\_\_ Data / /

OBRA: METRÔ DE SALVADOR	DATA INÍCIO: 12/05/2015	DATA FINAL: 30/05/2015
LOCAL: BR 324/BA (ESTAÇÃO ÁGUAS CLARAS)	DATA FINAL: 13/05/2015	DATA FINAL: 31/05/2015
REG. Nº: 122/15	FURO: SM 08 B	
DATA: 02/06/2015	E: 560435,000	INCLINAÇÃO
Rev.: 0	N: 8574347,000	VERTICAL



<b>NÍVEL D'ÁGUA</b> INICIAL: Hora   m   Data -   -   - FINAL: Hora   m   Data -   -   -	OBS: Em toda profundidade os valores do N não poderão ser utilizados como parâmetro para projeto de fundação, visto que trata-se de um aterro onde é composto por resto de construção, pneus, madeira, plásticos diversos, entre outros materiais que interferem nos resultados da sondagem.	<b>ENSAIO DE LAVAGEM</b> Avanço a cada 10 minutos (cm) -   -   -   - TC = Trado Concha TH = Trado Helicoidal CA = Circulação de Água	<b>COMPOSIÇÃO DE PERFURAÇÃO</b> EQUIPAMENTOS DE PERFURAÇÃO REVESTIMENTO (mm) φe = 60,5 HASTE (mm) φe = 25,4 AMOSTRADOR (mm) φe = 50,8; φi = 34,9 COROA (mm) φe = 54,1; φi = 44,0 PESO DO MARTELO (Kg) P = 65
---	--	---	--

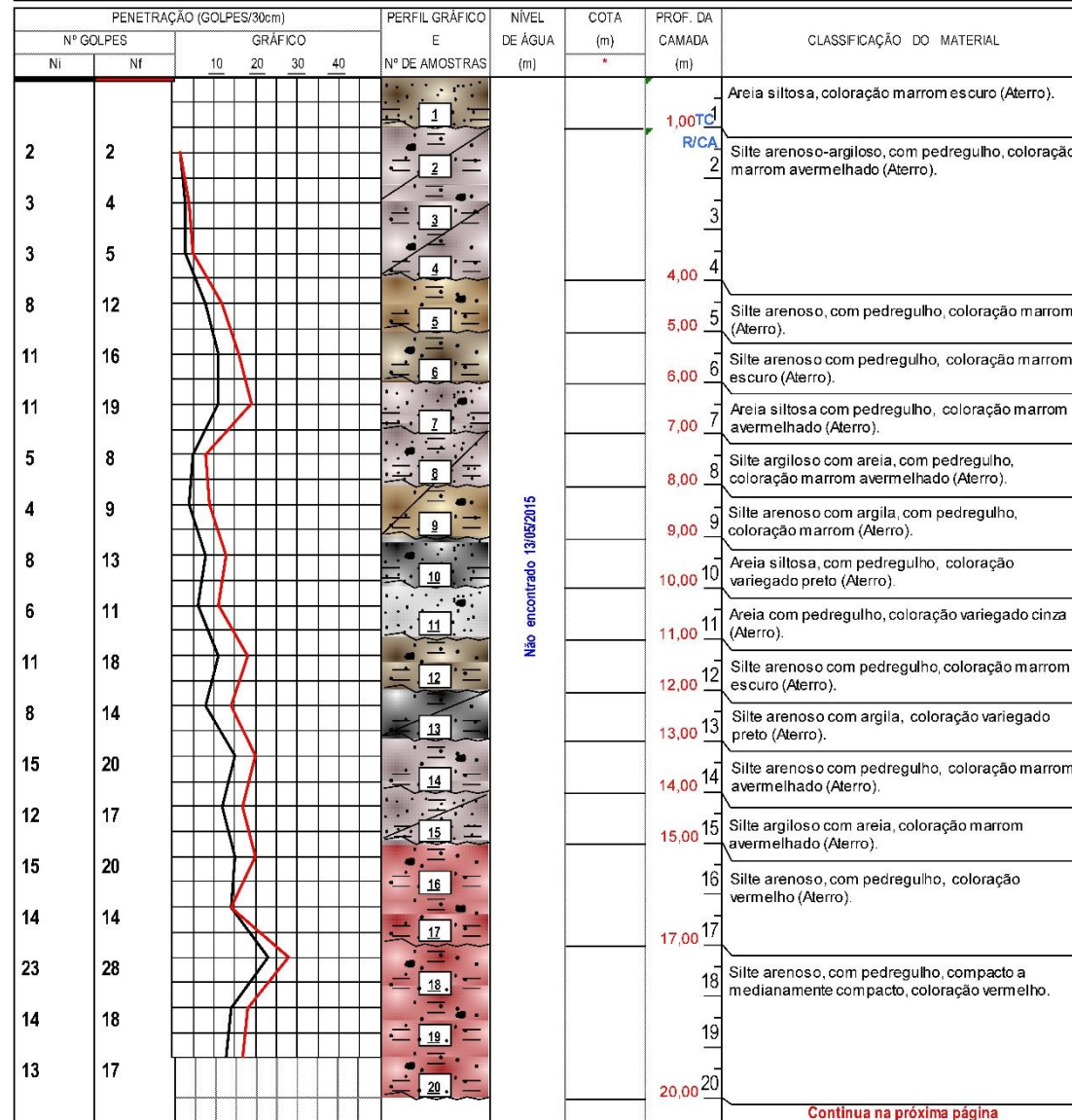
SIMBOLOGIA: PEDREGULHO [símbolo] AREIA [símbolo] SILTE [símbolo] ARGILA [símbolo] ROCHA [símbolo] GRANULITO/GNAÍSE [símbolo] CALCÁRIO [símbolo] ARGILITO [símbolo] CONCRETO [símbolo] ROCHA SEDIMENTAR [símbolo]

Assinatura/Carimbo ENGº. RESPONSÁVEL: \_\_\_\_\_ Data / /



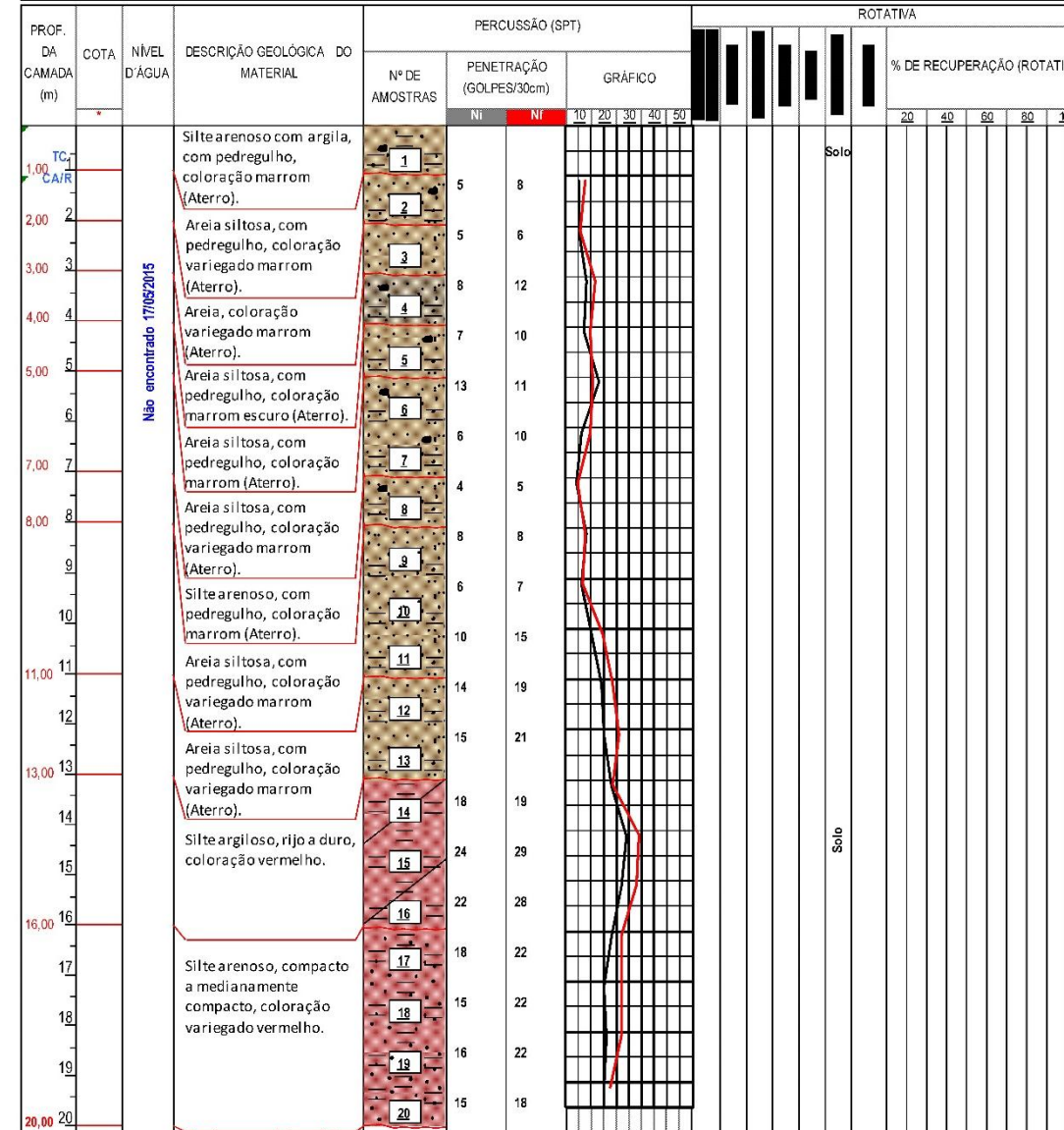


OBRA: METRÔ DE SALVADOR	COORDENADAS	DATA INÍCIO: 12/05/2015
LOCAL: BR 324/BA	E: - 560447,18	DATA FINAL: 13/05/2015
Nº REG.: 003/15	N: - 8574280,94	FURO: SP-11
DATA: 14/05/2015		
REV.: 0		



ENSAIO DE LAVAGEM		NÍVEL D'ÁGUA		CARACTERÍSTICA DA COMPOSIÇÃO DE PERFURAÇÃO	
Avanço a cada 10 minutos (cm)		INICIAL:		REVESTIMENTO f ext. 76,2 mm	
2	1	Hora	m	Data	
1	1	-	-	-	
OBS.: * Furo locado pelo cliente. Cota não fornecida.		FINAL:		AMOSTRADOR PADRÃO: f INTERNO: 34,9mm / f EXTERNO: 50,8 mm	
		Hora	m	Data	
		-	-	-	
		PESO DE BATER (MASSA): 65 Kg - ALTURA DE QUEDA: 75 cm			
SIMBOLOGIA:		PEDREGULHO		ARGILA	
		ARBA		SILTE	
ENGº. RESPONSÁVEL:		Data		/ /	

OBRA: METRÔ DE SALVADOR	DATA INÍCIO: 14/05/2015	DATA FINAL: 30/01/2015
LOCAL: BR-324/BA (ESTAÇÃO ÁGUAS CLARAS)	DATA FINAL: 16/05/2015	DATA FINAL: 30/01/2015
REG. Nº: 128/15	FURO: SM 12	
DATA: 19/05/2015	E: 560464,500	INCLINAÇÃO
Rev.: 0	N: 8574288,930	VERTICAL



NÍVEL D'ÁGUA		OBS:		COMPOSIÇÃO DE PERFURAÇÃO	
INICIAL:		A sondagem atingiu o impenetrável a percussão com 24,36 m de profundidade. Houve perda d'água a partir de 1,45 m até 24,36 m.		ENSAIO DE LAVAGEM	
Data	m	Hora		Avanço a cada 10 minutos (cm)	
-	-	-		1	2
FINAL:		Furo paralisado com 28,86 m conforme orientação do Cliente.		EQUIPAMENTOS DE PERFURAÇÃO	
Data	m	Hora		REVESTIMENTO (mm)	
-	-	-		f = 60,5	
				HASTE (mm)	
				f = 25,4	
				AMOSTRADOR (mm)	
				f = 50,8; f = 34,9	
				COROA (mm)	
				f = 59,6; f = 42,0	
				PESO DO MARTELO (Kg)	
				P = 65	
SIMBOLOGIA:		PEDREGULHO		ROCHA/ GRANULITO/GNAISSE	
		AREIA/		ROCALCÁRIO/	
		SILTE/		ARGILITO/	
		ARGILA/		CONCRETO/	
				ROCHA SEDIMENTAR	
ENGº. RESPONSÁVEL:		Data		/ /	
				Assinatura/Carimbo ENGº. RESPONSÁVEL:	



OBRA: METRÔ DE SALVADOR  
 LOCAL: BR 324/BA (ESTAÇÃO CAMPINAS)  
 REG. Nº: 132/15  
 DATA: 12/05/2015  
 Rev.: 0

DATA INÍCIO: 09/05/2015  
 DATA FINAL: 10/05/2015  
 FURO: SM 16  
 E: 5584451,850  
 N: 8572302,570

DATA FINAL: 16/05/2015  
 DATA FINAL: 19/05/2015  
 INCLINAÇÃO: VERTICAL

PROF. DA CAMADA (m)	COTA	NÍVEL D'ÁGUA	DESCRIÇÃO GEOLÓGICA DO MATERIAL	PERCUSSÃO (SPT)			ROTATIVA				
				Nº DE AMOSTRAS	PENETRAÇÃO (GOLPES/30cm)	GRÁFICO	% DE RECUPERAÇÃO (ROTATIVA)				
1,00	TC		Silte arenoso com argila, coloração, marrom claro.								
1,30	CA	1,91	Silte arenoso, coloração branco.	1	6						
2,00	R2	11/05/15	Silte arenoso, pouco compacto a medianamente compacto coloração branco.	2	9						
3,00	3		Silte arenoso, medianamente compacto, coloração amarela.	3	9						
4,00	4		Argila siltosa, rija, coloração cinza claro.	4	11						
5,00	5		Silte arenoso, medianamente compacto, coloração branco.	5	11						
6,00	6		Silte arenoso com alteração de rocha, medianamente compacto, coloração variegado branco.	6	13						
7,00	7		Silte arenoso com alteração de rocha, medianamente compacto, coloração variegado branco.	7	14						
8,00	8		Rocha sedimentar do tipo calcária, pouco coerente, muito alterada, fragmentada, superfície rugosa, com inclinação das fraturas horizontais a sub-horizontais.	8	15						
9,77	9		Argila siltosa com pedregulho, dura, de coloração cinza escura.	9	18						
9,89	10		Granodiorito gnaisse, muito coerente, pouco alterada, fragmentada, com superfície lisa ao tato, com coloração amarelada.	10	24						
11	11		Granodiorito gnaisse, sã, extremamente fragmentada, com inclinação horizontal ou sub-horizontal a inclinada, com coloração cinza clara.	11	18						
12	12		Granodiorito gnaisse, sã, extremamente fragmentada, com inclinação inclinada a vertical, com coloração cinza clara.	12	21						
13	13			13	23						
14	14			14	24						
14,64	15			15	24						
16,14	16			16	24						
17,64	17			17	24						
19,14	19			19	24						
20	20			20	24						

CLIENTE: GOVERNO DA BAHIA  
 OBRA: METRÔ DE SALVADOR  
 LOCAL: BR 324/BA (ESTAÇÃO CAMPINAS)  
 REG. Nº: 132/15  
 DATA: 12/05/2015  
 Rev.: 0

SOND. PERCUSSÃO  
 DATA INÍCIO: 09/05/2015  
 DATA FINAL: 10/05/2015  
 FURO: SM 16 (CONT.)  
 E: 5584451,850  
 N: 8572302,570

SOND. ROTATIVA  
 DATA FINAL: 16/05/2015  
 DATA FINAL: 19/05/2015  
 INCLINAÇÃO: VERTICAL

PROF. DA CAMADA (m)	COTA	NÍVEL D'ÁGUA	DESCRIÇÃO GEOLÓGICA DO MATERIAL	PERCUSSÃO (SPT)			ROTATIVA				
				Nº DE AMOSTRAS	PENETRAÇÃO (GOLPES/30cm)	GRÁFICO	% DE RECUPERAÇÃO (ROTATIVA)				
20,64			Granodiorito gnaisse, sã, extremamente fragmentada, com inclinação horizontal a inclinada, coloração cinza clara.								
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											
31											
32											
33											
34											
35											
36											
37											
38											
39											
40											