

PAULA PIMENTEL RUOCCH
LEONARDO GONÇAVES FECCHIO

ANÁLISE DE PROCESSO DE PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO DE ESTAÇÃO DE MONOTRILHO

Estação Oratório da linha verde

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo, no âmbito do Curso de
Engenharia Civil

Orientador: Prof. Dr. Claudio Luiz Marte

São Paulo

Julho de 2012

FICHA CATALOGRÁFICA

Ruocco, Paula Pimentel

**Análise de Processo de Projeto e Implantação de Estação
De Monotrilho / P.P. Ruocco, L.G. Fecchio. -- São Paulo, 2012.
99 p.**

**Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transporte.**

**1. Estações ferroviárias (Projeto) 2. Monotrilhos I. Fecchio,
Leonardo Gonçalves II. Universidade de São Paulo. Escola
Politécnica. Departamento de Engenharia de Transporte III. t.**

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| TABELA 1 - EXEMPLO DE TABELA DE RESULTADOS DE ANÁLISE DE DEMANDA | 17 |
| TABELA 2 - ATRIBUTOS DE IMPACTOS AMBIENTAIS CONSIDERADOS | 25 |
| TABELA 3 - CLASSIFICAÇÃO DOS ATRIBUTOS DOS IMPACTOS AMBIENTAIS | 26 |
| TABELA 4 - ENTRE FUNDAÇÕES SUPERFICIAIS | 47 |
| TABELA 5 - COMPARATIVO ENTRE SISTEMAS DE FUNDAÇÃO PROFUNDAS | 50 |
| TABELA 6 - PESQUISA ORIGEM DESTINO 1997 A 2007 | 62 |
| TABELA 7 - DEMANDA PROLONGAMENTO LINHA 2 PARA O ANO DE 2016 | 63 |
| TABELA 8 - DEMANDA DO PROLONGAMENTO LINHA 2 ATÉ 2030 | 64 |
| TABELA 9 - TABELA SÍNTSE IMPACTOS AMBIENTAIS | 70 |
| TABELA 10 - DESCRIÇÃO DOS PROGRAMAS SÓCIO-AMBIENTAIS | 71 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| FIGURA 1 - RENDERIZAÇÃO ARTÍSTICA DO MODELO BOMBARDIER INNOVIA MONORAIL 300 | 7 |
| FIGURA 2 - CONFIGURAÇÃO TÍPICA DE TRILHO E SISTEMA DE APOIO/PROPULSÃO..... | 8 |
| FIGURA 3 - MAPA LINHA 2-VERDE / MONOTRILHO E A ESTAÇÃO ORATÓRIO | 9 |
| FIGURA 4 - NÍVEL DE SERVIÇO EM ÁREAS DE ESPERA | 19 |
| FIGURA 5 - NÍVEL DE SERVIÇO EM ÁREAS DE CIRCULAÇÃO | 19 |
| FIGURA 6 - DESCRIÇÃO DOS NÍVEIS DE SERVIÇO | 20 |
| FIGURA 7 - ESQUEMA DOS TIPOS DE PLATAFORMA | 22 |
| FIGURA 8 - CROQUI INDICATIVO DO MEZANINO | 30 |
| FIGURA 9 - DETALHE DAS PORTAS DE PLATAFORMA..... | 33 |
| FIGURA 10 - CROQUI INDICATIVO DAS ESCADAS ROLANTES | 35 |
| FIGURA 11 - CROQUI INDICATIVO AS ESCADAS FIXAS..... | 35 |
| FIGURA 12 - CROQUI INDICATIVO DOS SANITÁRIOS..... | 38 |
| FIGURA 13- ILUSTRAÇÃO DOS DIVERSOS TIPOS E USOS DE SISTEMAS DE FUNDACÕES | 40 |
| FIGURA 14-EXEMPLOS DE FUNDACÕES DIRETAS..... | 41 |
| FIGURA 15-CARACTERIZAÇÃO DE FUNDAÇÃO DIRETA..... | 42 |
| FIGURA 16-EXEMPLOS DE FUNDACÕES PROFUNDAS | 43 |
| FIGURA 17 - SOLUÇÕES DA TEORIA DA ELASTICIDADE..... | 45 |
| FIGURA 18 - ÁREAS DE INFLUENCIA DO PROLONGAMENTO DA LINHA-2 VERDE MONOTRILHO..... | 59 |
| FIGURA 19 - ZONEAMENTO DA REGIÃO..... | 60 |
| FIGURA 20 - COMPARATIVO DE LANÇAMENTOS RESIDENCIAIS, A ESQUERDA EM 1997 E A DIREITA 2007..... | 61 |
| FIGURA 21 - PERSPECTIVA VIRTUAL DO PARTIDO ORIGINAL DO PROJETO | 65 |
| FIGURA 22 - IMPLANTAÇÃO DO TRAÇADO PRÓXIMO A ESTAÇÃO ORATÓRIO | 67 |
| FIGURA 23 - IMPLANTAÇÃO DA ESTAÇÃO ORATÓRIO | 68 |
| FIGURA 24 - COMPARATIVO DOS SISTEMAS DE MONOTRILHO..... | 73 |
| FIGURA 25 - IMPLANTAÇÃO DA ESTAÇÃO ORATÓRIO..... | 74 |
| FIGURA 26 - CORTE TRANSVERSAL DA ESTAÇÃO ORATÓRIO | 75 |
| FIGURA 27 - ELEVAÇÃO DA ESTAÇÃO ORATÓRIO | 75 |
| FIGURA 28 - PLANTA DO MEZANINO DA ESTAÇÃO ORATÓRIO..... | 75 |
| FIGURA 29 - PLANTA DA PLATAFORMA DA ESTAÇÃO ORATÓRIO | 76 |
| FIGURA 30 - PERFURATRIZ PARA EXECUÇÃO DO ESTAÇÃO | 82 |
| FIGURA 31 - EXECUÇÃO DOS PILARES DA ESTRUTURA..... | 83 |
| FIGURA 32 - INSTALAÇÃO DOS PRIMEIROS ELEMENTOS METÁLICOS DA COBERTURA | 84 |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 7 |
| 1.1 | OBJETIVO | 9 |
| 1.2 | CONTEXTO..... | 9 |
| 1.3 | JUSTIFICATIVA | 10 |
| 1.4 | PROPOSTA E METODOLOGIA..... | 11 |
| 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E DIRETRIZES DO METRÔ..... | 12 |
| 2.1 | ETAPAS DO PROJETO..... | 12 |
| 2.2 | PLANEJAMENTO..... | 13 |
| 2.2.1 | <i>Características da região.....</i> | 13 |
| 2.2.2 | <i>Estudo da demanda.....</i> | 14 |
| 2.3 | PROJETO FUNCIONAL..... | 18 |
| 2.3.1 | <i>Impactos e licenciamento ambiental</i> | 23 |
| 2.4 | PROJETO BÁSICO | 27 |
| 2.5 | PROJETO EXECUTIVO (CIVIL) | 40 |
| 2.5.1 | <i>Fundações.....</i> | 40 |
| 2.5.2 | <i>Sistema estrutural</i> | 52 |
| 2.5.3 | <i>Fechamentos</i> | 56 |
| 3 | ESTUDO DE CASO | 58 |
| 3.1 | PLANEJAMENTO..... | 58 |
| 3.1.1 | <i>Características da região.....</i> | 59 |
| 3.1.2 | <i>Estudo da demanda.....</i> | 62 |
| 3.1.3 | <i>Conclusão da etapa de Planejamento</i> | 64 |
| 3.2 | PROJETO FUNCIONAL | 65 |
| 3.2.1 | <i>Impactos e licenciamento ambiental</i> | 69 |
| 3.2.2 | <i>Conclusão da etapa de Projeto Funcional</i> | 72 |
| 3.3 | PROJETO BÁSICO | 73 |
| 3.3.1 | <i>Conclusão da etapa de Projeto Básico</i> | 76 |
| 3.4 | PROJETO EXECUTIVO..... | 77 |
| 3.4.1 | <i>Fundações.....</i> | 77 |
| 3.4.2 | <i>Sistema estrutural</i> | 79 |
| 3.4.3 | <i>Fechamentos</i> | 80 |
| 3.4.4 | <i>Conclusão da etapa de Projeto Executivo</i> | 81 |
| 3.5 | OBRA | 82 |
| 4 | CONCLUSÃO | 85 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 4.1 | MÉTODO..... | 85 |
| 4.2 | RESULTADOS..... | 85 |
| 5 | ANEXOS | 88 |
| 5.1 | ANEXO I – SONDAGENS ESTAÇÃO ORATÓRIO | 88 |
| 6 | REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 97 |

1 INTRODUÇÃO

Monotrilho é um sistema de transporte que utiliza um único trilho, normalmente elevado, para apoiar ou suspender veículos com rodas e guiá-los. Na Figura 1 está apresentado o modelo de trem adotado na Linha 2-Verde, onde esse estudo foi realizado. Atualmente existem também veículos que utilizam levitação e propulsão magnéticas em trilhos diferenciados, por vezes descaracterizando esse sistema de acordo com essa definição.



Figura 1 - Renderização artística do modelo Bombardier INNOVIA Monorail 300

[Fonte: Bombardier]

Os sistemas de monotrilho típicos são formados por trilhos suspensos por pilares e um material rodante apoiado ou suspenso, mais largos que os trilhos que os suportam. (definição traduzida de TMS – The Monorail Society - <http://www.monorails.org>). Os trilhos normalmente são constituídos de vigas de seção transversal quadrada. Na Figura 2 estão ilustrados os principais componentes desse sistema.



Figura 2 - Configuração típica de trilho e sistema de apoio/propulsão

[Fonte: Metrô]

Atualmente, os sistemas modernos são movidos por eficientes motores elétricos, silenciosos e de baixa emissão.

Para seu funcionamento são necessários também estações de parada/acesso de usuários. Essas estações devem ser corretamente dimensionadas e localizadas para que a capacidade desse meio de transporte possa ser utilizada em sua eficiência máxima.

Os primeiros sistemas de monotrilhos no mundo datam de 1825, com a Chesnut Railway, o primeiro monotrilho de passageiros movido à cavalo.

Em 2009, no Brasil, o Governo do Estado de São Paulo anunciou a intenção de utilizar, pela primeira vez no país, um monotrilho na expansão da malha ferroviária da capital do estado.

A estação tratada nesse estudo de caso é a Estação Oratório [Figura 3], e faz parte da primeira linha que utilizará dessa tecnologia, a Linha 2-Verde.

A Linha 2-Verde do Monotrilho, conhecida como Expresso Tiradentes, terá 24,6Km, 17 estações e capacidade de transportar 48 mil passageiros por hora/sentido. Usualmente, o sistema Monotrilho pode levar até 20 (ou 30) mil passageiros/hora. As estações Vila Prudente e Oratório compõem, junto com o pátio de trens Oratório, a primeira etapa a ser entregue e suas obras se encontram em grande avanço no momento desse estudo. A estação Oratório foi escolhida pelo seu tratamento inicial como uma “estação tipo” de monotrilho para essa linha, mas que

em um momento seguinte passou a ser considerada como uma “estação típica”, devido a inúmeros fatores que impedem a replicação de estações ao longo de uma linha, como será discutido também nesse estudo.



Figura 3 - Mapa Linha 2-Verde / Monotrilho e a Estação Oratório

[Fonte: <http://www.metro.sp.gov.br/>]

1.1 Objetivo

O objetivo desse trabalho é reunir características e necessidades de uma estação típica de monotrilho (programa de necessidades), bem como apresentar e descrever uma solução que pode ser adotada na concepção desse tipo de estação. Assim, pretende-se analisar de forma crítica a forma como o esse sistema implantado pelo Metrô foi projetado e executado.

Para tal, será necessário alcançar objetivos intermediários, são esses: identificar as características de uma estação típica; reunir (classificar) as necessidades de uma estação de monotrilho; e, analisar e extrair do projeto da futura estação Oratório do Monotrilho de SP (prolongamento da Linha 2-Verde que vai da Vila Prudente até São Matheus) as soluções utilizadas para atender as necessidades desta e das demais estações.

1.2 Contexto

A ampliação do transporte coletivo urbano tem sido muito discutida atualmente - haja vista a saturação da malha de transporte presente hoje na cidade, sendo o monotrilho um modal (modo) com grande potencial devido a sua agilidade

de construção e capacidade de transporte. Esse trabalho é sobre uma estação típica de monotrilho, onde são estudados sua concepção, projeto e construção.

Uma estação incorpora dois grandes campos da Engenharia Civil, a construção de edifícios e o sistema de transporte. Tendo em vista que a estação é a interface entre a cidade e a via, o funcionamento dela influencia diretamente no funcionamento do transporte e da cidade. Como forma de exemplo, caso uma estação seja pequena e não suporte o número adequado de pessoas, o transporte ficará subutilizado, pois os passageiros não poderão embarcar e esses ainda se acumularão nos arredores, uma vez que necessitam fazer a viagem.

Nesse ponto a engenharia pode contribuir, identificando com clareza as necessidades, dimensionando os espaços apropriadamente, construindo um edifício coerente com a cidade onde ele se apoia e funcional para os que vão fazer uso dele.

1.3 Justificativa

Quando se pesquisa sobre dimensionamentos de terminais, seja de ônibus, metrôs, trens e etc., é notável a falta de métodos de dimensionamento validados, mesmo com a grande quantidade de terminais e estações operando no mundo todo, inclusive no Brasil.

O Metrô de São Paulo transporta todos os dias 3,8 milhões de pessoas [www.metro.sp.gov.br, maio 2012], sendo muito elogiado por sua eficiência. Ele adquiriu experiência construindo e operando estações desde 1972, principalmente observando os problemas operacionais que enfrenta todos os dias, e elaborou seus próprios manuais de implantação de estações, visando principalmente não repetir erros anteriormente cometidos, e sempre em busca de soluções ainda melhores para suas estações.

Porém, pouco desse material está publicado ou não está disponível para consulta de forma clara, o que faz com que outras implantações apresentem problemas parecidos aos que já foram identificados e resolvidos anteriormente.

Buscou-se extrair desses manuais as necessidades principais já identificadas, e as principais funções e áreas que são parte de uma estação típica, bem como os métodos utilizados pelo metrô para dimensionar esses espaços.

Nesta linha de raciocínio, buscou-se identificar em um de seus projetos mais recentes, a estação Oratório do Monotrilho, as soluções preferencialmente utilizadas, com relação aos métodos construtivos e aos materiais escolhidos.

Com essas informações de planos de necessidades e soluções aplicadas compiladas, pode-se analisar esse empreendimento sob fundamentos de projeto e execução de obras de engenharia, que tem como expectativa auxiliar na concepção de outras estações, de forma a evitar que erros já identificados sejam repetidos e abrindo espaço para que as soluções existentes sejam aprimoradas, contribuindo para o desenvolvimento do transporte coletivo.

1.4 Proposta e metodologia

A proposta desse trabalho é produzir uma listagem de necessidades de uma estação de monotrilho, apresentar as suas principais áreas, descrever soluções utilizadas pelo metrô para conceber cada um desses espaços e atender a essas necessidades e analisá-las sob o ponto de vista de engenharia.

As informações para essa listagem foram obtidas dos manuais elaborados pelo metrô e das premissas, por ele utilizadas, para elaborar o projeto da estação Oratório do Monotrilho. Já as soluções foram extraídas do próprio projeto e da obra dessa mesma estação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E DIRETRIZES DO METRÔ

Nesse capítulo estão apresentados os principais dados levantados para análise do projeto e implantação de uma estação de monotrilho.

Os dados, etapas de projetos e métodos descritos nos tópicos a seguir foram extraídos e compilados de documentos elaborados pelo Metrô. Esses documentos, listados a seguir, são utilizados como diretrizes e normas a serem seguidas e respeitadas pelas projetistas contratadas pelo Metrô em todos os seus projetos.

RT-2.00.00.00/0V5-012 – Características gerais da linha e das estações.

IP-9.00.00.00/1B1-004 – Diretrizes do Metrô para elaboração de projeto de arquitetura, normas, dimensões e layouts.

IP-9.00.00.00/1N3-001 - Diretrizes do Metrô para elaboração de projeto de paisagismo, normas, tipos de acessos e organização.

IP- 9.00.00.00/1A0-001 – Diretrizes do Metro para o projeto civil.

Vale lembrar que nessa seção não são feitas análises do conteúdo, os documentos acima foram apenas compilados de maneira a descrever a sequencia de desenvolvimento utilizado pelo Metrô em projeto e implantação de uma estação.

2.1 Etapas do projeto

A Companhia do Metrô de São Paulo possui ampla experiência em construção e operação de estações como citado anteriormente. Com essa experiência ela criou uma sequência básica de projeto em cinco etapas, o planejamento, o projeto funcional, o projeto básico, o projeto civil ou executivo e a obra. Cada uma dessas etapas será descrita nos itens a seguir.

Essa divisão permitiu que o Metrô criasse equipes especializadas, ou que pudesse contratar uma empresa especialista para uma determinada etapa - caso suas equipes (internas) estivessem alocadas em outros projetos. Os produtos de uma etapa são subsídio para a próxima.

2.2 Planejamento

A primeira etapa de um projeto do Metrô é identificar uma região potencial para instalação de uma nova linha ou a ampliação de uma já existente. Nessa fase é feito um plano de traçado, baseado em toda a rede de transporte da cidade, considerando características socioeconômicas macro da região, uso e ocupação do solo, as demandas de outras linhas de Metrô e até de outras companhias, como a CPTM, por exemplo.

Esse levantamento de dados de uma região potencial é feito periodicamente pelo Censo (IBGE) ou pelo Plano Diretor e a identificação da demanda é feita a partir do transporte atual, podendo-se eventualmente utilizar dados do bilhete único, por exemplo, ou fazer pesquisa nas estações com formulários, para mapear os pontos de origem e destino.

Identificada a potencial região são feitos levantamentos mais aprofundados das circunvizinhas quanto a população, uso e ocupação do solo, viário e transporte público existentes. Essas informações são utilizadas para calcular a demanda dessa nova linha, em cada trecho.

Com base na demanda, no traçado, na condição e na oferta de transporte existente é escolhido o modal (modo) dessa nova linha.

Os estudos feitos na região, o levantamento da demanda, bem como quais parâmetros são analisados e que tipos de análises são feitas, estão explicados nas seções subsequentes.

2.2.1 Características da região

Levantar as características de cada região tem como objetivo escolher as localizações mais apropriadas para as estações. Primeiro, é identificado a(s) subprefeitura(s) responsável(is) pelos trechos, a questão política é sempre muito importante em obras de transporte público.

É feita uma breve análise histórica do desenvolvimento da região, as populações e os tipos de uso que já ocorreram nessa área. Isso é feito com o objetivo de entender a evolução do espaço e quais são os parâmetros ou eventos que em geral afetaram a sua dinâmica.

Em seguida é feita uma análise do plano diretor estratégico, observam-se o zoneamento teórico, a existência de operações urbanas e as propostas de desenvolvimento para a região. Esse plano representa a expectativa das prefeituras para essa área nos próximos anos.

É também feito um levantamento detalhado da população e uso e ocupação do solo atual. É importante que o transporte instalado na região favoreça transformações que levem ao encontro das expectativas definidas no plano diretor - citado no parágrafo anterior.

São identificados centros comerciais e de serviços, dessa forma pode-se encontrar a quantidade de empregos disponíveis na região. São levantadas as áreas de predomínio residencial e os tipos de habitação, consequentemente é possível saber a densidade populacional. Estuda-se a dinâmica, a valorização e o tipo de empreendimentos imobiliários, dessa forma é possível compreender o crescimento populacional e a renda média da população local.

A fim de escolher locais mais propícios tecnicamente para a implantação das estações, são feitos levantamentos topográficos, com informações sobre o relevo, a geologia, a presença de corpos d'água e as bacias geográficas da região.

Também são listadas a oferta e a situação do viário e do transporte público da região, pois novos sistemas de transporte devem se integrar e completar a malha existente, sempre que possível sem sobrecarregar ou se sobrepor ao sistema atual.

2.2.2 Estudo da demanda

Para estudar e prever a demanda de uma determinada linha proposta são feitos Estudos Preliminares. Nestes, o Metrô realiza a modelagem matemática dos dados através do Modelo de Quatro etapas, e é construída uma rede virtual de simulação da malha de transporte.

Nesse primeiro Estudo Preliminar é realizada também uma pesquisa Origem-Destino, através de dados socioeconômicos, dados operacionais de transporte, tráfego e rotas existentes. Nessa etapa são utilizados dados demográficos do Censo (IBGE), das prefeituras e de outras empresas - como CPTM, SPTRANS e EMTU. Em geral essa pesquisa é feita a cada 10 anos.

Esse estudo é utilizado como entrada para a Rede de Simulação, representando o cenário atual do transporte. Nessa rede, as regiões são representadas por “Nós” ou centróides e nesses são alocados os dados de demanda, os “links” ou ligações entre os centróides - que representam a rede de transporte, as linhas de Metrô, as linhas de Trem, os corredores de ônibus e as principais avenidas. Esses “links” recebem os dados de capacidade e de carregamento atuais.

Para prever a demanda o Mônaco equilibra a oferta e a demanda através da matriz de viagens e do Modelo de Quatro Etapas. Já a oferta é representada por uma rede de simulação.

O Modelo de Quatro Etapas produz as equações matemáticas que representarão a demanda, a obtenção dessas expressões estão descritas a seguir.

Na primeira etapa, de Geração de Viagens, procura-se responder a questão: “Quantas viagens são produzidas ou atraídas em cada zona de tráfego da cidade?”. Esse número de viagens é função do número de habitantes da zona, da renda média, do número de empregos na zona, da posse de automóveis e etc. Assim, para cada motivo de viagem, como trabalho por exemplo se obtém uma relação do tipo:

PRODUÇÃO MOTIVO TRABALHO (PMT)

$$PMT = A \cdot População - B \cdot EmpregoTotal - C \cdot Auto$$

ATRAÇÃO MOTIVO TRABALHO (AMT)

$$AMT = D \cdot EmpregoTotal - E \cdot População$$

Onde A, B, C, D e E são coeficientes que devem ser calibrados a partir de dados previamente obtidos.

A segunda etapa, de Distribuição das Viagens, procura responder: “Como se distribuem as viagens pela rede de transporte”. A modelagem matemática dessa etapa tem origem no modelo da Força Gravitacional de Isaac Newton: “O número de viagens entre duas zonas de tráfego é diretamente proporcional à massa das zonas de tráfego e inversamente proporcional à impedância entre as zonas de tráfego”. A formula teórica desse modelo está representada a seguir:

$$T_{ij} = A_i \cdot O_i \cdot B_j \cdot D_j \cdot f(C_{ij})$$

Onde:

- T_{ij} = número de viagens entre as zonas i e j
- A_i e B_j = coeficientes de balanceamento para as zonas de origem e destino
- O_i = total de viagens com origem na zona i
- D_j = total de viagens com destino na zona j
- $f(C_{ij})$ = função de custo da viagem, representando o desestímulo à viagem, à medida que o seu custo aumenta:

$$f(C_{ij}) = e^{-\beta \cdot C_{ij}}$$

Onde:

- β = parâmetro de calibração
- C_{ij} = custo generalizado da viagem entre cada par de zonas i e j

A terceira etapa, de Divisão Modal: “Por qual modo de transporte as viagens são realizadas?”, considera a probabilidade estatística do usuário escolher um modo de transporte coletivo ou individual baseado na “utilidade” desses dois meios. Esse parâmetro “utilidade” é uma regressão linear de variáveis como tempo de viagem, tarifa, custo de estacionamento e etc.

$$P_c = \frac{e^{U_c}}{e^{U_c} + e^{U_i}} \quad P_i = \frac{e^{U_i}}{e^{U_i} + e^c}$$

Onde:

- P_c = probabilidade de escolha do modo coletivo
- P_i = probabilidade de escolha do modo individual
- U_c = utilidade do modo coletivo ($U_c = a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + \dots + a_n \cdot x_n$)
- U_i = utilidade do modo individual ($U_i = b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + \dots + b_n \cdot x_n$)

x_1, x_2, x_n = tempo de viagem coletivo, tempo de viagem individual, tempo de espera coletivo, custo de estacionamento na zona, etc

A quarta etapa, de Alocação: “Por qual caminho?”, consiste na identificação das rotas, tanto para transporte individual quanto transporte coletivo, utilizadas para cada viagem, de cada zona de origem para cada zona de destino. Nessa etapa são utilizados softwares de simulação para encontrar um equilíbrio entre a oferta e a demanda da rede.

Nessa etapa é utilizada a Rede de Simulação, o Software utiliza as matrizes de viagem por modo (da terceira etapa), a rede de simulação e faz um equilíbrio entre a oferta e a demanda, calculando os coeficientes das expressões das etapas anteriores. Quando a alocação obtida pelo Software e a observada pelas companhias que operam o transporte são próximas, considera-se a rede calibrada, os parâmetros calculados são fixados e a rede pode ser utilizada para simular novas linhas de metrô por exemplo.

O produto dessa simulação é representado pela Tabela 1. Nesse caso a rede calibrada foi utilizada para estimar a demanda na Linha 2 - Verde do Metrô

Tabela 1 - Exemplo de tabela de resultados de análise de demanda

| ESTAÇÃO | HORA PICO MANHA | | | | | | DIÁRIO | |
|------------------|-------------------------------|---------|--------|-------------------------------|--------|--------|---------|--|
| | VILA MADALENA - VILA PRUDENTE | | | VILA PRUDENTE - VILA MADALENA | | | | |
| | EMB | DES. | CARR. | EMB | DES. | CARR. | | |
| Vila Madalena | 1.951 | 0 | 1.951 | 0 | 4.893 | 0 | 26.280 | |
| Sumaré | 338 | 66 | 2.224 | 0 | 1.738 | 4.892 | 8.230 | |
| Clínicas | 775 | 53 | 2.946 | 28 | 5.345 | 6.631 | 23.810 | |
| Consolação | 18.446 | 826 | 20.566 | 3.352 | 17.529 | 11.948 | 154.190 | |
| Trianon - Masp | 537 | 4.559 | 16.544 | 458 | 9.146 | 26.126 | 56.440 | |
| Brigadeiro | 610 | 4.085 | 13.069 | 422 | 9.590 | 34.814 | 56.470 | |
| Paraiso | 509 | 4.127 | 9.451 | 19.171 | 1.308 | 43.982 | 96.440 | |
| Ana Rosa | 5.697 | 1.176 | 13.972 | 221 | 10.901 | 26.119 | 69.100 | |
| Chácara Klabin | 6.360 | 2.768 | 17.563 | 5.409 | 7.066 | 36.799 | 82.960 | |
| Imigrantes | 387 | 1.974 | 15.977 | 1.893 | 985 | 38.456 | 20.110 | |
| Alto do Ipiranga | 196 | 5.456 | 10.718 | 3.756 | 1.009 | 37.548 | 40.000 | |
| Sacomã | 2.066 | 4.728 | 8.055 | 13.259 | 4.184 | 34.801 | 93.070 | |
| Tamanduateí | 2.103 | 5.532 | 4.625 | 14.790 | 1.559 | 25.726 | 92.100 | |
| Vila Prudente | 0 | 4.625 | 0 | 12.495 | 0 | 12.495 | 65.740 | |
| Total Sentido | 39.975 | 39.975 | | 75.253 | 75.253 | | 884.940 | |
| Total Geral | | 115.228 | | | | | | |

Rede de METRÔ Considerada:

Linha 1 - Azul : Tucuruvi - Jabaquara
Linha 2 - Verde : Vila Madalena - Vila Prudente
Linha 3 - Vermelha : Barra Funda - Itaquera
Linha 4 - Amarela : Vila Sônia - Luz
Linha 5 - Lilás : Capão Redondo - Chácara Klabin

Rede da CPTM Considerada:

Linha A: Francisco Morato - Brás
Linha B: Brás - Itapevi
Linha C: Osasco - Grajaú
Linha D: Brás - Rio Grande da Serra
Linha E: Suzano - Estudantes
Linha F: Brás - Suzano
Expresso ABC: Barra Funda - Mauá
Expresso Leste: Barra Funda - Suzano
Trem Guarulhos: Brás - Parque Cecap

[Fonte: Metrô 2006]

A partir dessa tabela é possível extrair a demanda de uma estação, somando as colunas de embarque e desembarque. Essa demanda é a que será utilizada para o dimensionamento de cada estação.

Importante apontar na Tabela 1 que os cálculos de demanda do Metrô foram feitos na Hora Pico Manhã, pois sua experiência mostra que esse é o momento mais crítico de utilização das linhas.

2.3 Projeto Funcional

O Projeto Funcional define as características da linha como um todo. São definidos o modal (modo), a capacidade, o traçado e as estações, com base nos dados estudados de demanda e suas projeções.

MODAL (MODO)

Através dos estudos de demanda e da definição das áreas de interesse para novas linhas - determinadas pela prefeitura ou pelo governo do estado, sabe-se quantos passageiros se pretende transportar em uma determinada área. Faz-se então um estudo de traçado - conectando os centróides de interesse - e analisa-se o comportamento da nova rede utilizando os Software de estudo de demanda.

Adota-se um nível de serviço desejado para o sistema, em função da área ocupada por cada passageiro (viajante), como mostram as figuras a seguir [Figura 4, Figura 5 e Figura 6], nessas são considerados passageiros parados - em espera na plataforma ou no interior do trem e passageiros em movimento - nas áreas de circulação.

| Definição NS | Espaço por pedestre (m ² /p) |
|---|---|
| Nível de Serviço A | >= 1,2 |
| Espera e livre circulação nas áreas de espera possíveis sem qualquer conflito com os demais. | |
| Nível de Serviço B | 0,9 - 1,2 |
| É possível a espera e circulação sem atrapalhar os demais na fila. | |
| Nível de Serviço C | 0,7 - 0,9 |
| É possível a espera e circulação sem atrapalhar os demais na fila; esta densidade é o limite do conforto. | |
| Nível de Serviço D | 0,3 - 0,7 |
| Espera sem contato corporal é impossível; circulação na área da fila extremamente restrita e movimento só é possível em grupos; muito tempo de espera nessa densidade é desconfortável. | |
| Nível de Serviço E | 0,2 - 0,3 |
| Espera com contato corporal constante; circulação entre as filas impossível; filas nessa densidade sem grandes desconfortos só são sustentáveis durante um curto período. | |
| Nível de Serviço F | < 0,2 |
| Virtualmente todas as pessoas na área da fila estão em contato direto | |

Figura 4 - Nível de serviço em áreas de espera

[Fonte: CAUÊ SAUTER GUAZZELLI 2011]

| Definição NS | Espaço por pedestre (m ² /p) |
|--|---|
| Nível de Serviço A | >= 3,3 |
| Velocidade de caminhada definida livremente; conflito com outros pedestres improvável. | |
| Nível de Serviço B | 2,3 - 3,3 |
| Velocidade de caminhada definida livremente; pedestres respondem à presença de outros. | |
| Nível de Serviço C | 1,4 - 2,3 |
| Velocidade de caminhada definida livremente; ultrapassagem é possível em fluxos unidirecionais; pequenos conflitos com pedestres em fluxo reverso ou cruzado. | |
| Nível de Serviço D | 0,9 - 1,4 |
| Liberdade restrita para escolha de velocidade e ultrapassagem; alta probabilidade de conflito com pedestres em fluxo reverso ou cruzado. | |
| Nível de Serviço E | 0,5 - 0,9 |
| Velocidade e possibilidade de ultrapassagem restritas para todos os pedestres; movimento é possível apenas com conflito; movimento reverso ou cruzado é possível apenas com extrema dificuldade; volume se aproxima à máxima capacidade. | |
| Nível de Serviço F | < 0,5 |
| Velocidade e possibilidade de ultrapassagem extremamente restritas; constante contato involuntário com outros pedestres; movimento reverso ou cruzado impossível; fluxo esporádico e instável. | |

Figura 5 - Nível de serviço em áreas de circulação

[Fonte: CAUÊ SAUTER GUAZZELLI 2011]

| Definição NS | Espaço por pedestre (m ² /p) |
|---|---|
| Nível de Serviço A | $\geq 1,9$ |
| Área suficiente para escolha de velocidade e ultrapassagem de pedestres mais lentos; fluxo reverso não causa conflitos restritos. | |
| Nível de Serviço B | 1,4 - 1,9 |
| Área suficiente para escolha de velocidade e certa dificuldade na ultrapassagem de pedestres mais lentos; fluxo reverso causa poucos conflitos. | |
| Nível de Serviço C | 0,9 - 1,4 |
| Velocidade levemente restrita devido à incapacidade de ultrapassagem de pedestres mais lentos; fluxo reverso causa alguns conflitos. | |
| Nível de Serviço D | 0,7 - 0,9 |
| Velocidade restrita devido à incapacidade de ultrapassagem de pedestres mais lentos; fluxo reverso causa conflitos significativos. | |
| Nível de Serviço E | 0,4 - 0,7 |
| Velocidade reduzida de todos os pedestres; paradas intermitentes são prováveis de acontecer; fluxo reverso causa sérios conflitos. | |
| Nível de Serviço F | $< 0,4$ |
| Colapso total no fluxo de pedestres, com muitas paradas. Movimento depende dos pedestres mais lentos. | |

Figura 6 - Descrição dos níveis de serviço

[Fonte: CAUÊ SAUTER GUAZZELLI 2011]

Então, é definido qual modal (modo) ou tipo de transporte será utilizado, considerando a capacidade e o nível de serviço que o sistema deve oferecer.

Dada a capacidade e o modal (modo), são escolhidos os veículos (carros) que ofereçam essa capacidade. São definidas também as quantidades de cada veículo, o fornecedor e quantas composições serão utilizadas no sistema do monotrilho.

Também são definidos nessa etapa os intervalos entre trens (*headway*) e as velocidades médias e máximas, compondo a capacidade total de sistema em passageiros por hora por sentido. Essas características podem variar ao longo do traçado. Essa variação também deve ser especificada nessa etapa.

TRAÇADO

Para o caso de monotrilho o traçado deve seguir preferencialmente vias largas existentes, para que os pilares possam ser alocados nos canteiros centrais, reduzindo custos de implantação.

É necessário analisar a seção transversal da via, pois essa deve ser suficientemente larga para abrigar o sistema - evitando impactos negativos, que

serão tratados a seguir no tópico “impactos e licenciamento ambiental”, isso visando não comprometer a segurança e a confiabilidade do sistema.

Deve-se garantir que o canteiro central seja suficientemente largo para abrigar os pilares e permitir a instalação de muretas de proteção. Caso o canteiro não suporte essa inserção, deve-se prever intervenções no sistema viário.

No caso do monotrilho também é definido, além do traçado, o comprimento dos vãos entre os pilares. O trilho do monotrilho é a própria viga entre os pilares, sendo que essas vigas devem ser feitas de forma sistemática e controlada – visando garantir a qualidade do concreto e as dimensões exatas. Por isso é importante definir um vão padrão entre os pilares para auxiliar na produção das vigas.

Outras características a serem definidas com base no tipo de veículo utilizado são: os raios mínimos de curva - vertical e horizontal - e as rampas máximas em cada trecho.

Também devem ser definidos nessa etapa os gabaritos mínimos para intersecções com o viário das vias e das estações.

ESTAÇÕES

As estações são posicionadas considerando a demanda prevista, a distância entre elas, uso e ocupação do solo no entorno direto, áreas disponíveis para desapropriação, espaços públicos existentes, equipamentos e instituições públicas e conexões com o sistema de ônibus

Prefere-se locar as estações em áreas comerciais, áreas de maior densidade demográfica e em locais onde a desapropriação é facilitada, como terrenos baldios, espaços públicos abertos e etc.

É importante garantir uma boa Integração com o sistema viário, é recomendado quando possível disponibilizar áreas para integração com outros modais, como baias de embarque e desembarque, área de taxis e equipamentos para usuários de bicicletas.

Para o monotrilho existem dois tipos básicos possíveis de estação, de plataforma central e de plataforma central e de plataforma lateral, conforme figura abaixo [

Figura 7].

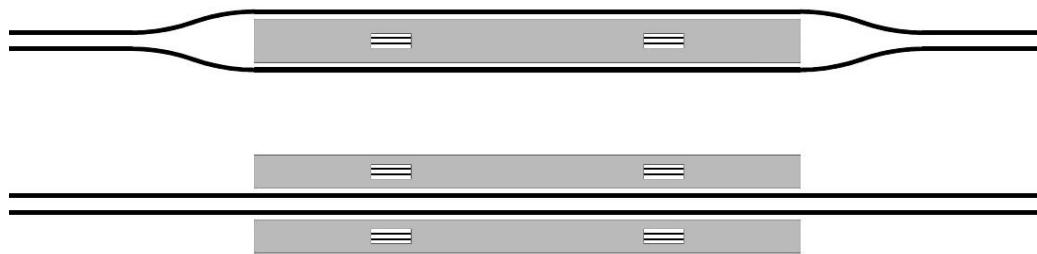


Figura 7 - Esquema dos tipos de plataforma

[Fonte: Metrô]

O primeiro esquema da

Figura 7, representa um exemplo de estação com plataforma central. As vantagens relacionadas a esse tipo de esquema são a economia com elementos de circulação vertical, como escadas e elevadores, a largura total das plataformas que podem ser menores (com relação ao outro esquema), sendo necessárias apenas portas de plataforma para os fechamentos. Essa disposição ainda facilita a implantação da fundação da estação no canteiro central das avenidas. Porém, plataformas centrais necessitam de soluções com a curvatura dos trilhos na chegada e saída da estação, as vezes gerando excentricidade nos pilares da via. Outro problema identificado reside na dificuldade de se implantar esse tipo de estação em algum trecho intermediário de uma via pronta.

O segundo esquema, da

Figura 7, mostra uma estação com plataformas laterais, a principal vantagem desse tipo é a não interferência na via, podendo ser instalada em qualquer momento da operação.

O comprimento das plataformas é determinado pelo comprimento das composições.

No Projeto Funcional outras características da estação também devem ser definidas, como gabarito e pé direito do mezanino de distribuição e as seguintes áreas necessárias: não pagas, técnicas, operacionais e de apoio ao usuário, bilheterias e sanitários. Essas áreas serão detalhadas adiante no item “Projeto Básico”

Devem ser previstos também no Projeto Funcional, de acordo com os manuais do Metrô: espaço para o edifício de apoio e acessos, bem como o número de escadas fixas, rolantes e elevadores.

2.3.1 Impactos e licenciamento ambiental

Atualmente, todos os projetos brasileiros, para serem aprovados para construção, devem ter uma licença ambiental.

O processo usual para se obter essa licença é: contrata-se uma empresa especializada nesse tipo de estudo, ela irá produzir um laudo ambiental e o EIA-RIMA (Estudo de Impactos Ambientais e Relatório de Impactos Ambientais). Esses documentos tratam respectivamente de um resumo do estado atual do ambiente onde será inserido o projeto (laudo ambiental), uma caracterização detalhada do projeto com o levantamento dos impactos gerados, as medidas que deverão ser tomadas para minimizá-las (EIA) e um resumo didático de apresentação do estudo para o público em geral (RIMA).

Em seguida, os documentos citados acima devem ser encaminhados para a CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo), ela analisa a documentação e concede a licença.

Para o licenciamento de uma obra de transporte como o monotrilho, o estudo deve identificar e avaliar os fatores geradores de impactos que podem afetar diferentes etapas do projeto, no planejamento, na implantação e na operação do empreendimento. Também devem ser analisadas as áreas de influência e as intensidades do impacto.

Após a identificação e a avaliação serão indicados programas para minimizar ou compensar os impactos gerados. Esses programas estão relacionados com a fase do projeto, onde devem aplicados.

IDENTIFICAÇÃO DAS AÇÕES GERADORAS

As ações geradoras são identificadas e classificadas de acordo com o seu campo de influencia. A seguir estão apresentados os sete principais campos considerados em todo tipo de empreendimento:

Meio físico

Impactos relacionados com erosão do solo, problemas geotécnicos, interferências em cursos de água, manejo de solos potencialmente contaminados, entre outros. Também são analisados transtornos de construção (poeiras, ruídos e vibrações) para as populações do entorno.

Meio biótico

Refere-se às interferências com vegetação, a fauna, interferências em Áreas de Proteção Permanente(APP) e outras áreas protegidas.

População e Atividades Econômicas Afetadas

Referem-se às expectativas da população residente e usuária quanto às intervenções e à necessidade de desapropriações de imóveis residenciais e comerciais.

Transporte e Circulação Viária e Mobilidade

São analisadas as questões referentes à redução de tempos de viagens e congestionamentos, melhoria de transportes coletivos, condições de segurança e conforto de pedestres, entre outros.

Dinâmica Urbana

Analisa as alterações na estrutura e funcionalidade urbanas resultante das intervenções e o potencial de alterações no uso e ocupação do solo.

Qualidade Ambiental Urbana

Analisa-se as alterações na paisagem introduzidas pelas intervenções, como novos componentes da paisagem (monotrilho elevado, estações e acessos), requalificação urbana no entorno das estações; níveis de ruído e qualidade do ar.

Infraestrutura Urbana, Equipamentos Sociais e Patrimônio

Referem-se a interferências decorrentes das intervenções nas infraestruturas urbanas, equipamentos sociais e patrimônio arqueológico, histórico e cultural.

AVALIAÇÃO DAS AÇÕES GERADORAS

Cada impacto é avaliado, em termos qualitativos ou quantitativos, segundo os *atributos* descritos a seguir na Tabela 2.

Tabela 2 - Atributos de impactos ambientais considerados

| Atributo | Descrição |
|---------------------------|---|
| Localização / Abrangência | Abrangência local quando restrito à ADA, ou mais ampla, seja na AID, AII ou AIM. |
| Natureza | Efeitos de natureza benéfica e positiva (P), ou se adversa e negativa (N). |
| Probabilidade | Impacto certo (C) ou provável (P), em função da possibilidade de serem evitados ou mitigados ou são dependentes de outros fatores. |
| Ocorrência | Tempo para ocorrência do impacto: a curto prazo (CP), a médio prazo (MP) ou a longo prazo (LP). |
| Espacialidade | Se as repercuções ocorrerão localizadamente (impacto localizado - L) ou se seus efeitos são espacialmente indefinidos (impacto disperso - D). |
| Duração | Se o impacto ocorrerá de forma temporária (T), ou de forma permanente (P). |
| Reversibilidade | Se cessada a intervenção as condições ambientais retornam à situação anterior (reversível – R) ou não (irreversível - I). |
| Magnitude | Avaliação quantitativa e qualitativa da mensuração do impacto: grande, média e pequena. |
| Grau de Relevância | Síntese geral da avaliação do impacto considerando a implementação das medidas mitigadoras propostas: alto, médio e baixo. |

[Fonte: EIA-RIMA Prefeitura de São Paulo 2012]

CLASSIFICAÇÃO DAS AÇÕES GERADORAS

As ações são classificadas por fase do projeto onde sua influência é maior, dessa forma facilita a aplicação dos programas de compensação no momento exato do projeto.

Fase de Planejamento

Nesta fase não há impactos ao meio ambiente, porém a divulgação dos estudos e da intenção de construir o empreendimento gera expectativas na população e nas atividades econômicas, especialmente quanto aos potenciais imóveis a serem desapropriados (impacto mais significativo do empreendimento) e quanto as alterações urbanas decorrentes da oferta do novo sistema de transportes.

[Fonte: EIA-RIMA 2010]

Fase de Implantação

É nessa fase que se concentra o potencial de ocorrer os impactos ambientais mais significativos, isso ocorre devida as atividades de execução de obra civil (remoção da população, demolições e limpeza das áreas afetadas, instalação dos canteiros de obras; recrutamento de mão de obra; remanejamento de infraestrutura urbana e do sistema viário, escavações, concretagem, drenagem, rebaixamento de lençol freático, execução de acabamentos das estações, e etc.) [Fonte: EIA-RIMA 2010]

Fase de Operação

Na operação da nova linha os efeitos benéficos trazidos pelo sistema de transportes passam a ser usufruídos pela população. Por outro lado, há que se considerar eventuais os impactos locais decorrentes das atividades de operação propriamente ditas, como funcionamento da linha e das estações, manutenção do sistema e a eventual ocorrência de situações de emergência operacional. [Fonte: EIA-RIMA 2010]

CONCLUSÃO DO ESTUDO

Para sintetizar a avaliação dos impactos ambientais identificados é elaborado um **Quadro Síntese**, que apresenta as ações geradoras de impactos, seu atributos e seus respectivos programas de compensação, organizados pela fase do projeto. A Tabela 3 apresenta a legenda utilizada em um quadro síntese para classificar cada ação. Exemplo desse quadro será apresentado adiante no Estudo de Caso.

Tabela 3 - Classificação dos atributos dos impactos ambientais

Legenda do Quadro Síntese de Avaliação dos Impactos Socioambientais

| NATUREZA | | OCORRÊNCIA A | | DURAÇÃO | | REVERSIBILIDADE | | MAGNITUDE | | GRAU DE RELEVÂNCIA | |
|----------|----------|--------------|-------------|---------|---------------|-----------------|--------------|-----------|---------|--------------------|-------|
| P | POSITIVO | CP | CURTO PRAZO | T | TEMPORÁRIO | R | Reversível | G | GRANDE | A | ALTO |
| N | NEGATIVO | MP | MÉDIO PRAZO | P | PERMANENTE | I | Irreversível | M | MÉDIA | M | MÉDIO |
| | | LP | LONGO PRAZO | LD | LONGA DURAÇÃO | | | P | PEQUENA | B | BAIXO |

| PROBABILIDADE | | ESPACEALIDADE | |
|---------------|----------|---------------|------------|
| C | CERTO | L | LOCALIZADO |
| P | POSSÍVEL | D | DISPERSO |

[Fonte: EIA-RIMA Prefeitura de São Paulo 2012]

2.4 Projeto Básico

Nessa etapa do projeto serão definidos os *layouts* das áreas da estação e de seu edifício operacional. Os projetistas baseiam-se nas diretrizes apresentadas através do projeto funcional definido pela gerência de planejamento do Metrô e nos documentos técnicos que definem características do projeto.

A seguir há um exemplo das especificações do Metrô para o desenvolvimento do projeto arquitetônico. Essas diretrizes foram retiradas dos manuais do Metrô IP-9.00.00.00/1B1-004 - Diretrizes para elaboração de projeto de arquitetura Metrô Leve, 2008. A análise dessas e consequências para o projeto serão feitas no item 3.3 Projeto básico.

PREMISSAS GERAIS

- A. Ventilação natural em todos os ambientes, sempre que possível.
- B. Acessibilidade dos usuários portadores de deficiência (necessidades especiais) em todos os espaços projetados conforme a NBR 9050.
- C. As edificações implantadas na superfície deverão obedecer, preferencialmente, a legislação de uso e ocupação do solo.
- D. As edificações implantadas acima da superfície deverão respeitar as restrições dos órgãos de preservação ambiental e de patrimônio cultural.
- E. As edificações implantadas acima da superfície deverão atender plenamente as Instruções Técnicas do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo e Decreto Estadual nº 46.076/2001.

ESTAÇÕES

Condicionantes

Localização de bilheterias e bloqueios: o mais próximo possível do nível da superfície.

O acesso de usuários à área paga, incluindo os portadores de deficiência (necessidades especiais), deverá ocorrer somente através da linha de bloqueios.

As estações deverão ser preferencialmente locadas em trechos retos da via.

Deverão ser previstos espaços para painéis comerciais ou obras de arte como esculturas, painéis artísticos, totens, móveis, etc..

Atender a Norma NFPA 130 quanto à Rota de Fuga e dimensionamento dos fluxos e espaços para contingenciamento.

Os elevadores especificados deverão ser, preferencialmente, elétricos, sem casa de máquinas e panorâmicos.

Deverão ser previstas vagas para um caminhão (12,00 x 3,00) e, sempre que possível, duas para caminhonetes (6,00 x 2,50) junto a um dos acessos.

Acessos

Deverão ter pé direito mínimo de 3,50m (entre piso e teto acabados), garantindo ainda a altura mínima de 2,50m sob qualquer elemento de comunicação visual, iluminação ou som.

Nas caixas de escadas o pé direito mínimo deverá ser de 2,50m.

Não deverão possuir marquises, reentrâncias ou jardineiras que se constituam em elementos que comprometam a segurança e a higiene do sistema.

Deverão ser previstas áreas de acomodação nas extremidades inferior e superior de escadas e rampas com comprimento mínimo de 1,5 vezes a largura do conjunto de escadas e/ou rampas.

Utilizar, no mínimo, duas escadas rolantes em todos os acessos. Os acessos deverão ser cobertos e com previsão de fechamento.

A cota de nível da soleira de cada acesso deverá ser definida a partir das cotas máximas de inundaçāo.

Hall de Bilheteria e Bloqueios

Deverão ter pé direito mínimo de 3,50m (entre piso e teto acabados), garantindo ainda a altura mínima de 2,50m sob qualquer elemento de comunicação visual, iluminação ou som.

Deverá ser prevista a instalação de Sala de Apoio ao Usuário – SAU (sala de supervisão operacional e bilheteria blindadas espacialmente integradas), conforme Figura 8.

A SAU, as máquinas para venda automática de bilhetes e a linha de bloqueios deverão estar locadas no mesmo ambiente.

A linha de bloqueios deverá ser contínua e contemplar, no mínimo, dois bloqueios de acessibilidade plena.

O elevador para usuários deverá ser plenamente acessível e estar locado de forma a não constituir-se em obstáculo aos fluxos de pessoas.

Deverá ser prevista uma porta na linha de bloqueios, com largura mínima de 0,90m e altura compatível com o fechamento vertical dos bloqueios.

Não deverá existir duplicidade de hall de bilheterias e linha de bloqueios de entrada.

Deverão ser previstos um sanitário masculino e um sanitário feminino, com acessibilidade plena, próximo da SAU e na área não paga do hall de bilheterias e bloqueios.

Deverá ser prevista uma sala de apoio operacional, próximo da SAU, na área não paga do hall de bilheterias e bloqueios.

Deverá ser prevista uma Sala Técnica Local – STL, próximo da SAU, na área não paga do hall de bilheterias e bloqueios, com no mínimo 100m², sem porão de cabos e pé-direito livre mínimo de 4,00m.

A SAU deverá ter duas de suas faces livres, possibilitando acesso externo para manutenção.

Deverá ser previsto elevador, desde a área paga do hall de bilheterias e bloqueios até a plataforma.

Em frente às bilheterias deverá ser previsto espaço livre com, no mínimo 5,00m de largura.

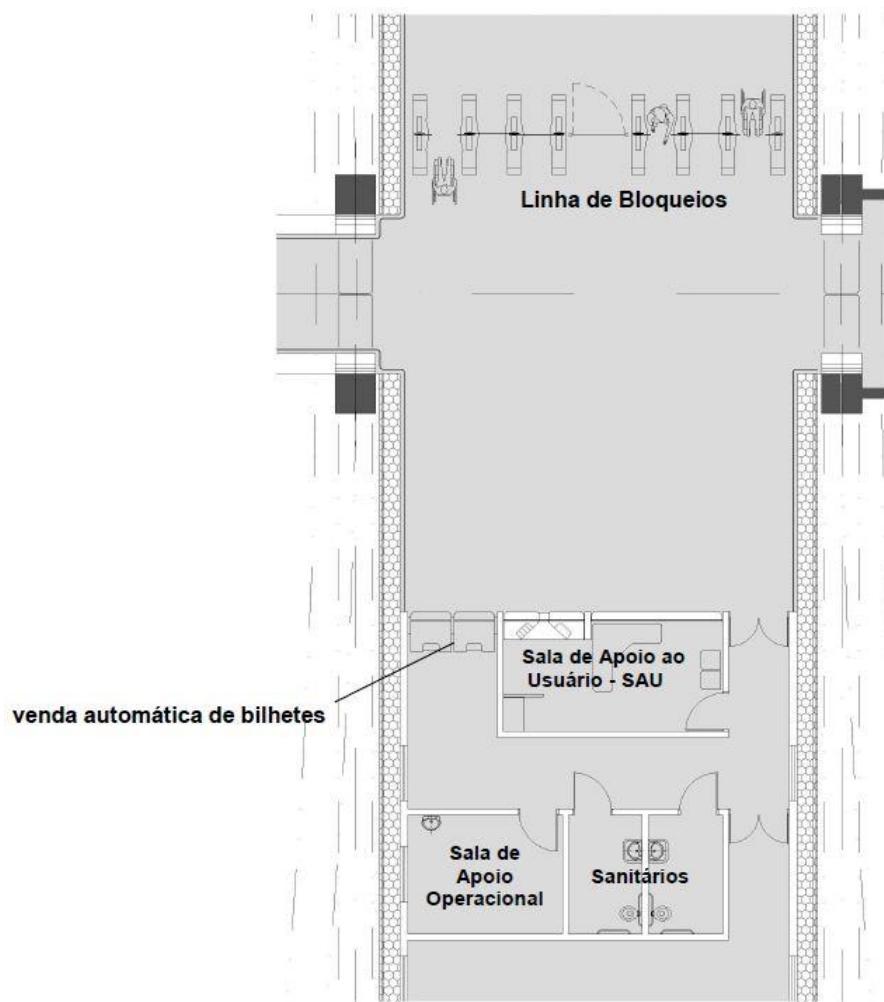


Figura 8 - Croqui indicativo do mezanino

[Fonte: IP-9.00.00.00 -1B1-004-0]

A quantidade de guichês e bilheterias deverá obedecer ao critério de dimensionamento abaixo:

$$N_{gh} = \frac{P \cdot De}{360}$$

onde:

- N_{gh} = número de guichês
- P = porcentagem de usuários que utilizam a bilheteria, sendo:
 - $P = 0,20$ para estação terminal
 - $P = 0,15$ para estação tipo
- De = demanda de entrada de usuários na hora pico
- 360 = n° de usuários atendidos por guichê em uma hora

**Nota: O número mínimo de guichês é 1, independentemente do recomendado pelo cálculo.*

Deverão ser previstas duas máquinas para venda automática de bilhetes junto à SAU, com dimensão mínima de l= 1.0m, c=1.0m e h=2.0m.

Nas extremidades de escadas e rampas deverão ser previstos espaços de acomodação com comprimento mínimo de 1,5 vezes a largura do conjunto de escadas e/ou rampas.

Junto à linha de bloqueios deverão ser previstos espaços de acomodação com o mínimo 5,00m de comprimento na área paga e não paga (medidas a partir do eixo da linha de bloqueios).

A quantidade de bloqueios deverá obedecer ao critério de dimensionamento abaixo:

$$N_{bq} = \frac{De}{1200} + \frac{Ds}{1500} \cdot 1,1$$

onde:

- N_{bq} = número de bloqueios
- De = demanda de entrada de usuários na hora pico
- Ds = demanda de saída de usuários na hora pico
- 1,1 = coeficiente de segurança para manutenção

Sendo: as capacidades consideradas:

- Fluxo de entrada = 1.200 pass./hora
- Fluxo de saída = 1.500 pass./hora

Plataformas

Deverão ter pé direito mínimo de 3,50m (entre piso e teto acabados), garantindo ainda a altura mínima de 2,50m sob qualquer elemento de comunicação visual, iluminação ou som.

Deverão ter largura mínima de 4,00m.

Deverão obedecer ao critério de dimensionamento abaixo:

Plataformas laterais:

$$L = 0,6 + 0,25 + \frac{(Ne + Nt)}{(C - 2 \cdot 0,25) \cdot 3,0}$$

Plataformas centrais:

$$L = 2 \cdot 0,6 + \frac{(Ne + 2 \cdot Nt)}{(C - 2 \cdot 0,25) \cdot 3,0}$$

onde:

- L = largura da plataforma (m)
- 0,6 = faixa de segurança (m)
- 0,25 = afastamento das paredes (m)
- C = comprimento da plataforma (m)
- 3,0 = densidade máxima adotada (usuários/m₂)
- Ne = número de embarques previstos em um intervalo de trens (head way) na hora pico (usuários)
- Nt = 2/3 da capacidade de um trem (usuários)

O gabarito mínimo para transposições por sobre a via, bem como o pé direito sobre as vias, ou qualquer obstáculo, deverá ser definido em função do gabarito dinâmico do trem.

A largura do leito da via deverá igualmente ser definida pelo projeto de Via Permanente¹.

Deverão ser evitados nichos, reentrâncias, pilares ou outros elementos que possam impedir a total visualização da plataforma, comprometendo a segurança dos usuários.

Caso o projeto imponha a necessidade de pilares ou obstáculos de dimensões reduzidas que invadam a plataforma, estes deverão estar locados, no mínimo, a 2,50m da borda da plataforma e a somatória de suas dimensões (tomadas paralelamente à borda da plataforma) não deverá exceder a 1/4 do comprimento da mesma.

¹ Equipe responsável pela manutenção da via.

As plataformas deverão ser projetadas considerando a instalação de sistema de portas em toda a extensão com previsão de área de instalação máxima de $c=0,40\text{m}$ e $h=2,50\text{m}$, a partir da borda da plataforma, conforme Figura 9.

Os equipamentos de plataforma (armário de emergência, hidrantes, painéis de luz, armário de telefones, etc.) deverão ser instalados de forma a não se constituírem em obstáculos físicos ou visuais.

Os acessos à plataforma deverão ser dotados de, no mínimo, duas escadas rolantes, com áreas de acomodação junto às escadas, com comprimento mínimo correspondente a 1,5 vezes a largura do conjunto de escadas.

Os acessos à plataforma, deverão estar locados de forma a facilitar a melhor distribuição e acessibilidade dos usuários ao trem.

Deverão ser evitados acessos com escadas rolantes somente nas extremidades das plataformas.

As estações deverão dispor de reservatórios de água com, no mínimo, as capacidades exigidas pela legislação vigente.

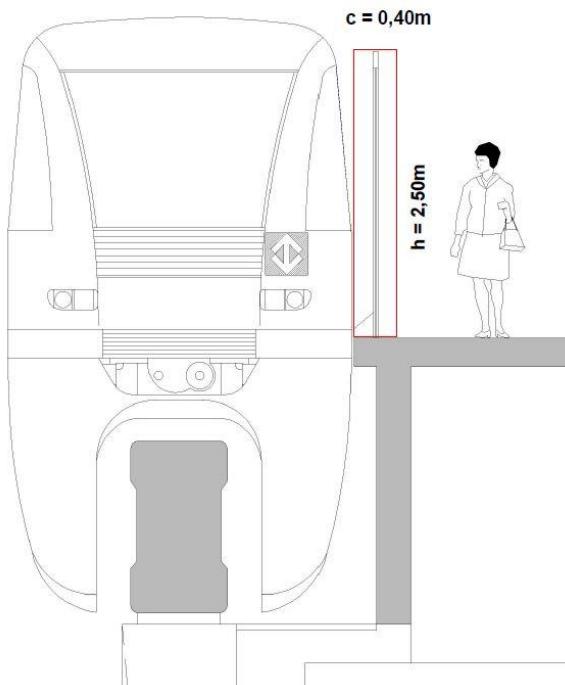


Figura 9 - Detalhe das portas de plataforma

[Fonte: IP-9.00.00.00 -1B1-004-0]

Elementos de Circulação

Considerações:

- A capacidade dos corredores, rampas e escadas fixas, deverá ser calculada em pessoas por hora pico (php) por canal de circulação² com 0,55m de largura (can).
- Os corredores, rampas e escadas fixas para uso público, deverão ter largura livre mínima de 1,80m.
- Os corredores, rampas e escadas fixas para uso restrito, deverão ter largura livre mínima de 1,20m.
- Cada lance das escadas fixas, para uso público ou restrito, não poderá exceder a 3,0m de desnível.
- As escadas rolantes deverão ter largura máxima total de 1,70m e inclinação de 30º, conforme indicado na Figura 10.
- Deverá ser previsto, para cada escada rolante, nicho para quadro de controle de escadas rolantes (QCER), preferencialmente, nas proximidades da cabeceira superior de cada escada, com visada direta para a mesma e com dimensões de 1,00 x 1,70 x 0,50m, conforme indicado na Figura 10.
- As rampas deverão estar em conformidade com a norma técnica NBR 9050.
- As escadas fixas deverão estar em conformidade com a norma técnica NBR 9077 e, quando associada à escada rolante, ter inclinação de 30º, conforme indicado na Figura 11.
- Os guarda-corpos deverão estar em conformidade com a norma técnica NBR 14718.

² Local de transito de pedestres, área mais provável por onde os pedestres passam.

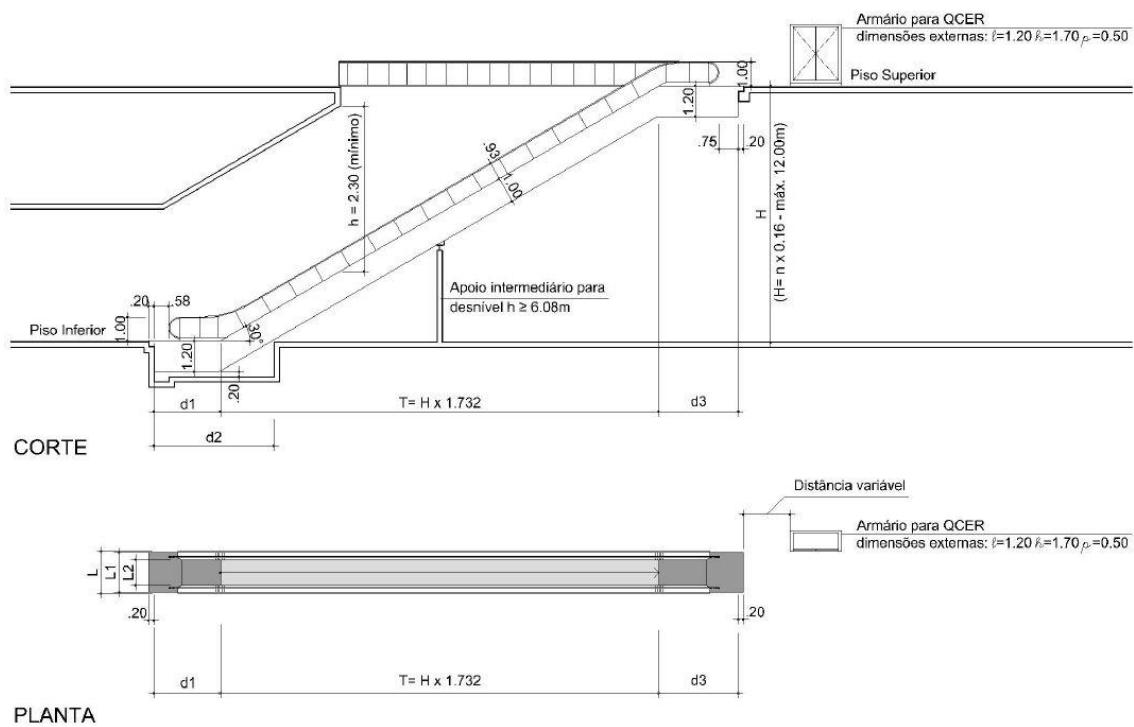


Figura 10 - Croqui indicativo das escadas rolantes

[Fonte: IP-9.00.00.00 -1B1-004-0]

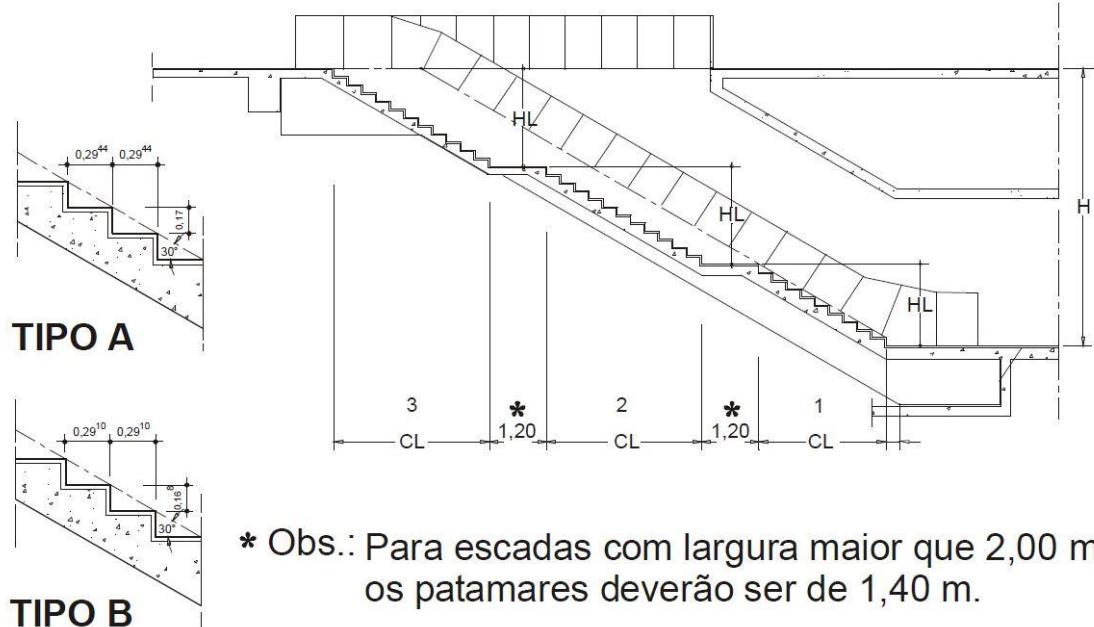


Figura 11 - Croqui indicativo as escadas fixas

[Fonte: IP-9.00.00.00 -1B1-004-0]

Capacidades:

| Elementos de Circulação | Capacidades (php x can) |
|---|-------------------------|
| Corredores, rampas e patamares com inclinação de até 4% | 3000 |
| Corredores, rampas e patamares com inclinação superior a 4% - fluxo ascendente | 1980 |
| Corredores, rampas e patamares com inclinação superior a 4% - fluxo descendente | 2400 |
| Escadas fixas - fluxo ascendente | 1980 |
| Escadas fixas - fluxo descendente | 2400 |
| Escadas rolantes - php x escada | 9000 |

EDIFÍCIO DE APOIO OPERACIONAL

Salas Operacionais

Esses espaços são destinados estoque de material e apoio aos funcionários.

Deverão, preferencialmente, ser dotadas de iluminação e ventilação naturais. Quando da impossibilidade de ventilação natural, deverão ter ventilação mecânica.

Deverão ter pé-direito mínimo de 3,00m, livre de qualquer equipamento ou elemento estrutural.

Deverão estar, de preferência, situadas próximas ao hall de bilheterias e bloqueios, facilitando a circulação do pessoal operativo.

Quando distantes deverão, sempre que possível, dispor de elevador interligando-as ao hall de bilheterias e bloqueios.

Deverão dispor dos seguintes ambientes, com as respectivas áreas referenciais:

| Ambientes | Áreas Mínimas m ² |
|---|------------------------------|
| Sanitário e Vestiário Masculino - Metrô | 60,00 |
| Sanitário e Vestiário Feminino - Metrô | 60,00 |
| Refeitório - Metrô | 45,00 |
| Sanitário e Vestiário Masculino - Contratadas | 60,00 |
| Sanitário e Vestiário Feminino - Contratadas | 60,00 |
| Refeitório - Contratadas | 45,00 |
| Sala do Supervisor | 12,00 |
| Unidade mínima de escritório | 80,00 |
| Sala de Reuniões/Treinamento | 20,00 |
| Sala de Materiais de Consumo | 4,00 |
| Sala de Lixo | 4,00 |
| Sala de Material de Limpeza | 4,00 |

Salas Técnicas

Esse espaço é destinado a equipamentos necessários à operação e abastecimento da linha, por exemplo, geradores e servidores.

Deverão ter pé direito no mínimo de 4,00m, livre de qualquer equipamento ou elemento estrutural.

Poderão dispor de porão de cabos com pé direito mínimo de 2,00m, livre de qualquer elemento estrutural.

Deverão ser estanques relativamente às águas pluviais, de lavagem e de infiltração.

Deverão dispor de acesso para equipamentos através de abertura com dimensões mínimas necessárias às condições projetadas.

Deverão dispor dos seguintes ambientes e respectivas áreas mínimas:

| Salas | Áreas Mínimas - m² |
|------------------------|--------------------------------------|
| Sala para Equipamentos | 150,00 |
| Grupo Gerador Diesel | 40,00 |
| Trafos | 32,00 |

Os ambientes destinados aos trafos e retificadores deverão ter acesso ao exterior através de aberturas e deverão ser isolados entre si e das demais salas técnicas através de paredes ou gradis com isolamento elétrico e acústico.

A SGD-Sala do Grupo Diesel – deverá dispor de tomada de ar externa e de chaminé e ser dotada de isolamento acústico.

Deverão ser previstos um ou mais "shafts", com dimensão mínima necessária para prumada de cabos, interligando as salas técnicas e a estação. Caso necessário deverão ser previstos, ao longo dos "shafts", passadiços para montagem e manutenção.

Caixa d'água

O Edifício de Apoio Operacional deverá dispor de reservatórios de água com, no mínimo, as capacidades exigidas pela legislação vigente.

Instalações Sanitárias

Para dimensionamento do conjunto de instalações sanitárias deverão ser adotados a organização espacial representada na Figura 12, com índices:

- Bacias sanitárias: masculino = 1/25 empregados
- Bacias sanitárias: feminino = 1/20 empregadas
- Chuveiros: masculino e feminino = 1/20 empregados
- Lavatórios: masculino e feminino = 1/25 empregados
- Mictórios: 1/20 empregados.

Armários em vestiários:

- Empregados do Metrô = 1/2 armário por empregado
- Empregados das Contratadas = 1/2 armário para cada empregado

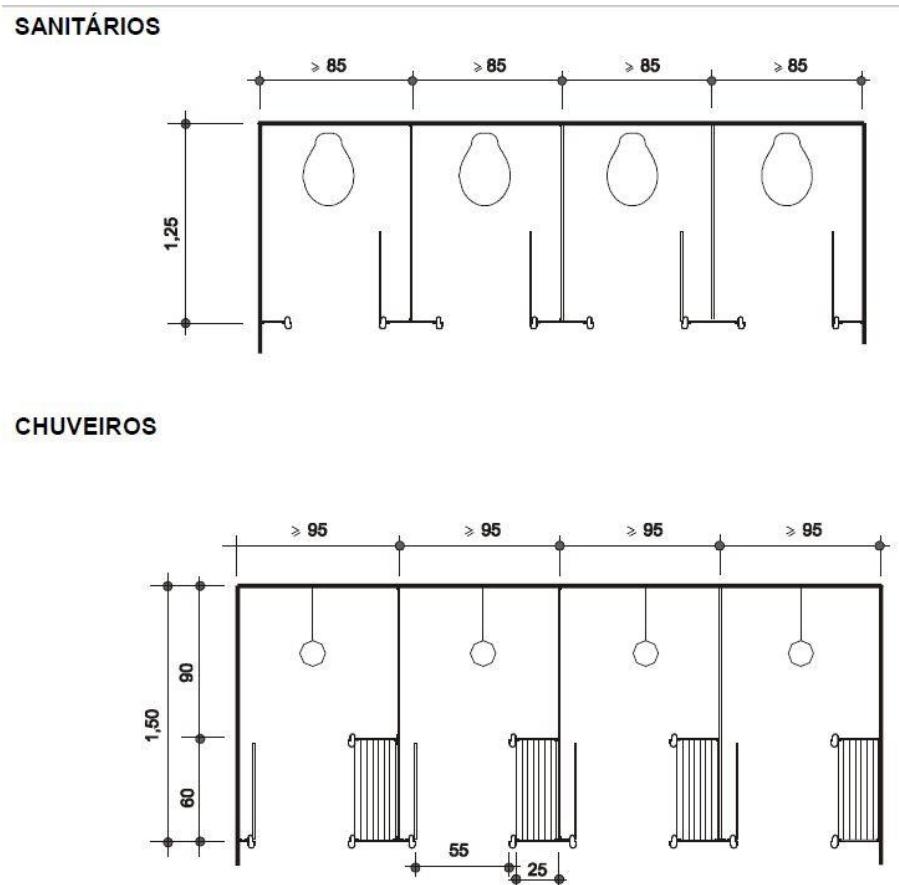


Figura 12 - Croqui indicativo dos sanitários

[Fonte: IP-9.00.00.00 -1B1-004-0]]

BASE DE MANUTENÇÃO

Deverá ser previsto no edifício de apoio operacional área destinada à instalação de base de manutenção.

Deverá dispor de pátio que permita a circulação e estacionamento de caminhões leves, caminhonetes e automóveis:

- 1 Caminhão Leve – vaga de 3,00 x 12,00 (junto ao Grupo Gerador Diesel)
- 2 Caminhonetes – vaga de 2,50 x 6,00 (junto ao acesso)
- 2 Automóveis – vaga de 2,50 x 5,00

Deverá dispor dos seguintes ambientes e respectivas áreas mínimas:

- Conservação Civil – 30,00 m²
- Via Permanente – 30,00 m²
- Equipamentos Eletrônicos – 30,00 m²
- Eletromecânica – 30,00 m²
- Restabelecimento de Serviços – 30,00 m²

PROJETO DE URBANIZAÇÃO E PAISAGISMO

O projeto de urbanização e de paisagismo deve buscar estabelecer uma integração adequada com a paisagem do entorno, com os projetos arquitetônicos das novas estações, gerando espaços de fácil identificação e utilização, dotados de conforto ambiental e beleza, de forma a permitir implementação de área verde entre o acesso da estação e o sistema viário adjacente.

BICICLETÁRIOS

Deverá ser previsto, em todas as estações terminais, junto a um dos acessos, um bicicletário com capacidade mínima de 100 bicicletas, com espaço para controle de utilização e um sanitário plenamente acessível.

Deverá ser previsto, em todas as estações intermediárias, junto a um dos acessos, paraciclo com capacidade mínima de 50 bicicletas.

2.5 Projeto Executivo (Civil)

2.5.1 Fundações

DESCRIÇÃO DO SISTEMA

A fundação de uma edificação é a camada de suporte de sua estrutura, é o sistema que fica abaixo de todos os outros e serve de apoio e interface entre a construção e o solo.

Em uma estação de monotrilho, além dos requisitos de resistência ao carregamento e forças verticais, existem também duas componentes importantes que devem ser levadas em consideração: as forças horizontais causadas pela frenagem e aceleração dos trens, e o comportamento da estrutura com relação a movimentações máximas admitidas para o devido funcionamento do sistema de Monotrilho. A Figura 13 ilustra os diversos tipos e usos desse sistema.



Figura 13- Ilustração dos diversos tipos e usos de sistemas de fundações

[Fonte: Apostila de AUT-0184: Tecnologia das Construções II FAU USP]

A função principal desse sistema é equilibrar os carregamentos que chegam até os pilares ou baldrames com a resistência oferecida pelo solo abaixo deste, através de empuxo, atrito lateral ou resistência ao cisalhamento.

Os sistemas de fundações são distintos na forma com a qual trabalham e dependem das cargas envolvidas e da resistência do solo que será solicitado.

TIPOS DE FUNDAÇÕES

As fundações podem ser divididas em dois grupos diferentes, de acordo com suas dimensões e a forma como transferem suas cargas no solo. São classificadas como Diretas ou Profundas.

Fundações diretas são elementos que transmitem a carga ao terreno através, principalmente, das tensões que são distribuídas sob sua base.

A determinação da tensão admissível é a principal grandeza de dimensionamento no projeto desse sistema.

Sapatas, radiers, sapatas corridas e blocos são exemplos de fundações diretas. [Figura 14]

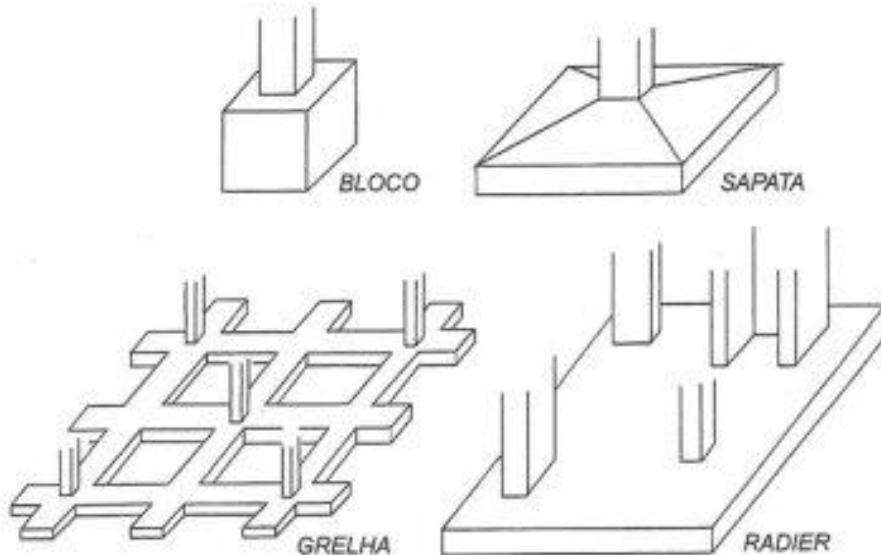


Figura 14-Exemplos de fundações diretas

[Fonte: multisolos.com.br]

A profundidade desses elementos (H) não deve ultrapassar duas vezes a menor dimensão da fundação (B) [Figura 15], caso contrário sua modelagem deve ser caracterizada como um elemento de fundação profunda, e dimensionado utilizando-se as soluções adequadas para esse tipo. (Fonte: NBR6122-1996 Projeto e execução de fundações)

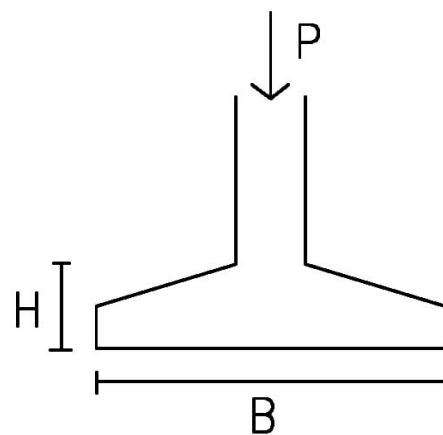


Figura 15-Caracterização de fundação direta

[Fonte: Apostila SAP0653 – Tecn. das Construções II]

As fundações diretas são econômicas quando a área de sapatas utilizadas é menor do que metade da área de projeção do edifício, e depende também dos parâmetros de resistência do solo nas camadas superiores.

Fundações profundas são elementos que transmitem a carga ao terreno através da base (resistência de ponta), pela sua superfície lateral (resistência de fuste) ou pela combinação dessas duas, quando assentada em uma profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão.

Esses elementos por vezes podem ser utilizados em grupos de elementos solidarizados por um bloco rígido de concreto.

O espaçamento mínimo entre as estacas ou tubulões devem ser observados para considerar o efeito do processo executivo nas estacas adjacentes.

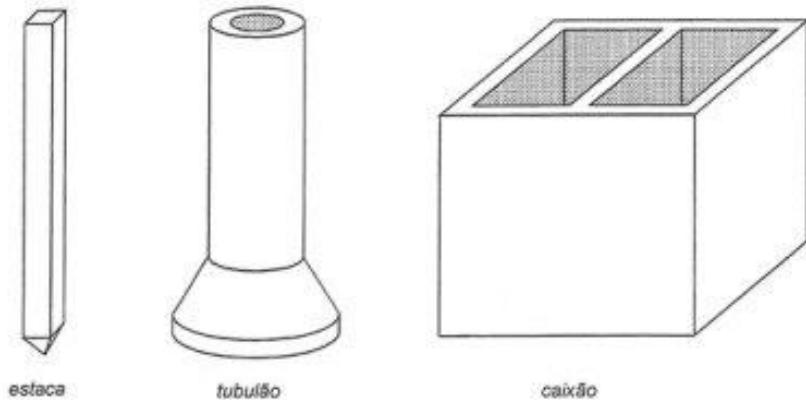


Figura 16-Exemplos de fundações profundas

[Fonte: multisolos.com.br]

INVESTIGAÇÕES DO SUBSOLO

Segundo a NBR 6122 (ABNT, 2010), para a elaboração de um projeto de fundação, alguns aspectos devem ser observados, e ações devem ser tomadas em um reconhecimento inicial.

1 - Uma visita ao local é altamente recomendada para o reconhecimento do terreno e do entorno.

2 - É necessário realizar uma análise das feições topográficas e eventuais indícios de instabilidade de taludes, presença de aterros na área ou contaminação do subsolo.

3 - É comum pesquisar quais são as práticas locais de projeto e execução de fundações, analisar o estado das construções vizinhas e levantar peculiaridades geológico-geotécnicas na área como presença de matacões, afloramento rochoso, nível d'água, etc.

4 - Em um momento seguinte é necessário realizar, para qualquer edificação, uma campanha de investigação geotécnica, com ao menos sondagens a percussão (com SPT - Standard Penetration Test), para determinar as camadas constituintes do solo, a sua classificação, posição do nível freático e o seus índices de resistência.

CARREGAMENTOS NAS FUNDAÇÕES

Os esforços nas fundações são determinados a partir da combinação das ações na estrutura, e devem ser fornecidos pelo projetista da estrutura.

O próprio deve especificar quais desses carregamentos serão utilizados para a verificação dos estados limites últimos (ELU) e quais serão utilizados para a verificação dos estados limites de serviço (ELS).

A natureza dos esforços considerados se distingue entre:

- A. Ações permanentes (peso próprio, sobrecarga permanente, empuxos, etc.);
- B. Ações variáveis (sobrecargas variáveis, impactos, vento, etc.);
- C. Ações excepcionais.

SEGURANÇA, TEORIA, MODELOS E PARÂMETROS

O cálculo de um sistema de fundação é realizado a partir da capacidade de carga dos solos. São todas aproximações simplificadas, mas de grande utilidade para o dimensionamento de seus elementos, com resultados satisfatórios.

As fundações diretas dependem do tipo de solo onde o sistema será utilizado e também da solução teórica que sua modelagem considera para cálculo de recalques (Estado Limite de Serviço) ou de ruptura (Estado Limite Último).

Para cálculo de recalques (ELS), uma das soluções utilizadas é a de Boussinesq, que utiliza a teoria da elasticidade [Figura 17] para estimar a altura que o solo irá ceder após a aplicação de um carregamento.

Os parâmetros do solo considerados nessa solução é o módulo de Young e coeficiente de Poisson do solo, o fator de forma da base da fundação, e a carga aplicada.

| | | | | | | | |
|---|--|----------------------|---------|----------------------|---------|----------------------|---------|
| Deslocamento vertical (recalque) de placa rígida: ρ E = módulo de Young, ν = coeficiente de Poisson A = área da placa, P = carga total aplicada na placa | $\rho = \frac{(1-\nu^2)}{E} \left(\frac{P}{A} \right) \frac{\sqrt{A}}{\beta}$ | | | | | | |
| Placa circular (Schiffman e Aggarwala, 1961) | $\beta = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \approx 1,13$ | | | | | | |
| Placa retangular (Whitman and Richart, 1967) L = comprimento da placa, B = largura da placa | <table border="1"> <tr> <td>$\beta \approx 1,07$</td> <td>L/B = 1</td> </tr> <tr> <td>$\beta \approx 1,10$</td> <td>L/B = 2</td> </tr> <tr> <td>$\beta \approx 1,20$</td> <td>L/B = 3</td> </tr> </table> | $\beta \approx 1,07$ | L/B = 1 | $\beta \approx 1,10$ | L/B = 2 | $\beta \approx 1,20$ | L/B = 3 |
| $\beta \approx 1,07$ | L/B = 1 | | | | | | |
| $\beta \approx 1,10$ | L/B = 2 | | | | | | |
| $\beta \approx 1,20$ | L/B = 3 | | | | | | |

Figura 17 - Soluções da teoria da elasticidade

[Fonte: Notas de aula de PEF2405 - Fundações]

Para a verificação da segurança contra ELU (rompimento do solo), pode-se utilizar, entre outros, a teoria de Terzaghi para fundações diretas, aplicadas a areias, a fórmula de Skempton, aplicada a argilas, cujas modelagens se diferenciam, entre outros fatores, pela presença do ângulo de atrito das areias, que aumenta a coesão do solo e sua resistência à ruptura.

PARÂMETROS DE ESCOLHA DE FUNDAÇÕES

A escolha de um sistema de fundações depende de diversas variáveis que devem ser consideradas. Inicialmente deve-se analisar alguns critérios técnicos que condicionam essa escolha, e em um segundo instante, fatores econômicos e de logística, que direcionam a escolha da solução mais adequada ao empreendimento.

Os critérios a serem levados em consideração estão listados a seguir:

1 - Topografia da área:

Para identificar obstáculos como aterros, matações, levantar a necessidade de cortes ou aterros para a execução ou identificar a ocorrência de solos moles na superfície.

2 - Características do maciço de solo:

Para verificar a variabilidade das camadas e a profundidade de cada uma delas, verificar a existência de camadas resistentes ou adensáveis, assim como a resistência dos solos e a posição do nível d'água.

3 - Dados da estrutura:

Principalmente com relação ao projeto de arquitetura e a sua compatibilidade com determinados sistemas de fundação devido à presença de subsolo ou às cargas atuantes, concentradas nos pilares.

4 - Dados sobre as construções vizinhas:

Dessa forma é possível identificar qual tipo de estrutura e das fundações vizinhas e o seu comportamento desde sua construção.

5 - Aspectos econômicos:

Analisa-se, a partir da seleção prévia das soluções mais adequadas, seu impacto no custo direto para a execução, além de seu custo indireto no cronograma da obra, dependendo da disponibilidade de equipamento na região, do tempo de execução, dos riscos envolvidos, entre outros.

Será apresentado a seguir uma listagem comparativa, extraída e adaptada do Manual de Estruturas da ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland, de cada sistema estrutural, com suas características principais, para que se analise a seguir a justificativa do sistema de fundação escolhido para o caso estudado, a Estação Oratório do Monotrilho.

Os principais tipos de fundação superficial são:

Bloco

Dimensionado de maneira que as tensões de tração nele produzidas possam ser resistidas pelo concreto, sem necessidade de armadura.

Sapata

Elemento de altura menor que o bloco, utilizando armadura para resistir a esforços de tração.

Viga de fundação

Elemento que recebe pilares alinhados, geralmente de concreto armado; pode ter seção transversal tipo bloco, sem armadura transversal, sendo chamada de baldrame.

Radier

Elemento de fundação que recebe todos os pilares da obra.

Tabela 4 - entre fundações superficiais

| Tipos | Quando utilizar | Custo | Características executivas |
|---------------|---|--|---|
| Bloco | Utilizados quando o solo apresenta alta resistência, não havendo restrição ao emprego em cargas elevadas | Baixo | Execução simples |
| Sapata | | Baixo, porém maior que o bloco para cargas reduzidas | Execução simples Pode assumir diversas formas geométricas, para facilitar o apoio de pilares com formatos excêntricos. |
| Radier | Quando as sapatas se aproximam umas das outras ou se sobrepõem Quando se deseja uniformizar os recalques | Custo alto | Prazo alto, devido a necessidade de executar toda a área de fundação antes de desimpedir para os próximos serviços. |

[Fonte: ABCP – Manual de Estruturas]

E os principais tipos de fundações profundas são Estacas e Tubulões:

Estacas são elementos executados com auxílio de equipamentos por cravação a percussão, prensagem, vibração ou por escavação.

Os principais tipos de estaca são:

Estacas pré-moldadas

Cravadas no terreno, utilizando-se um dos seguintes métodos:

- Percussão, que utiliza-se pilões de queda livre ou automáticos.
- Prensagem, quando há a necessidade de evitar barulhos e vibrações, utiliza macacos hidráulicos que reagem contra uma plataforma com sobrecarga ou contra a própria estrutura.
- Vibração, sistema que emprega um martelo com massas excêntricas que giram com alta rotação, produzindo uma vibração de alta frequência à estaca.

As estacas podem ser fabricadas em diversos materiais, sendo as estacas de concreto e metálicas as mais comuns no Brasil.

Estacas de concreto são comercializadas com diferentes formatos geométricos, e a capacidade de carga é bastante abrangente. Podem ser simplesmente armadas, protendidas, produzidas por vibração ou centrifugação.

As estacas metálicas são encontradas na forma de trilhos ou perfis. Com estacas metálicas não há possibilidade de quebra e, caso seja necessário realizar emendas, essas devem ser soldadas, não devendo permitir o uso de luvas ou anéis.

Os principais tipos de estacas são:

Estacas Tipo Franki

Estaca de concreto armado moldada *in loco* que emprega um tubo de revestimento com ponta fechada, de modo que não há limitação de profundidade devido à presença de água do subsolo.

A cravação de estacas tipo Franki pode provocar o levantamento das estacas já instaladas devido ao empolamento do solo circundante que se desloca lateral e verticalmente.

Quando a estaca Franki é moldada em espessas camadas submersas de turfa, argila orgânica e areias fofas pode ocorrer estrangulamento do fuste devido à invasão de água e/ou lama dentro do tubo e o encurtamento da armação ocasionado por insuficiência de seção de aço.

Estacas Tipo Strauss

Elemento de fundação escavado mecanicamente, com o emprego de uma camisa metálica recuperável, que define o diâmetro das estacas.

O equipamento utilizado é leve e de pequeno porte, facilitando a locomoção dentro da obra e possibilitando a montagem do equipamento em terrenos de pequenas dimensões.

Durante a concretagem, o apiloamento do concreto e a retirada cuidadosa do revestimento devem ser observados, para que não haja interrupção do fuste.

Hélice Contínua

Estaca de concreto moldada in loco, executada através de um trado helicoidal contínuo, que retira o solo conforme se realiza a escavação, e injeta o concreto simultaneamente, utilizando a haste central desse mesmo trado.

É um sistema que proporciona uma boa produtividade e, por esse motivo, é recomendável que haja uma central de concreto nas proximidades do local de trabalho. Além disso, as áreas de trabalho devem ser planas e de fácil movimentação.

O sistema pode ser empregado na maioria dos tipos de solos, exceto em locais onde há a presença de matações e rochas. Estacas muito curtas, ou que atravessam materiais extremamente moles também devem ter sua utilização analisada cuidadosamente.

Estacas-Raiz

Estacas escavadas com perfuratriz, com equipamento de rotação ou rotopercussão com circulação de água, lama bentonítica ou ar comprimido.

É recomendado para obras com dificuldade de acesso para o equipamento de cravação, pois emprega equipamento com pequenas dimensões (altura de aproximadamente 2m). Pode atravessar terrenos de qualquer natureza, sendo indicado também quando o solo possui matações e rocha, por exemplo.

Pode ser executada de forma inclinada, resistindo a esforços horizontais.

Estaca barrete ou estacão

Estacas escavadas com uso de lama bentonítica, executadas com equipamentos de grande porte, como o clam-shell ou perfuratriz.

Pode ser escavada abaixo do nível d'água, até a profundidade de projeto.

Na execução, a escavação é preenchida pela lama simultaneamente à retirada do solo escavado.

Tubulão a céu aberto

Escavada manualmente, não pode ser executado abaixo do nível d'água.

Dispensa escoramento em terreno coesivo, mostrando-se uma alternativa econômica para altas cargas solicitadas, superior a 250 tf.

Tubulão a ar comprimido

Utilizado em terrenos que apresentam dificuldade de empregar escavação mecânica ou cravação de estacas, como em áreas com alta densidade de matacões, lençóis d'água elevados ou cotas insuficiente entre o terreno e o apoio da fundação.

Nesse tipo de fundação, pode-se utilizar uma camisa metálica, de concreto ou de concreto moldado in loco, sendo empregada uma pressão máxima de 3,4 atm, limitando, dessa forma, a profundidade do tubulão a 34 m abaixo do nível d'água.

Tabela 5 - Comparativo entre sistemas de fundação profundas

| Produtividade | | Capacidade de carga | Profundidade máxima | Vibrações causadas |
|-------------------------------|---|---------------------|---|--|
| Estacas pré-fabricadas | | | | |
| Metálica | 50 m diários, ocorrendo vibrações em função das características do solo, profundidade da fundação, condições do terreno e distância entre estacas | 20 a 200 tf | Não possui limitação de profundidade. A estaca possui aproximadamente 12 m, podendo ser emendadas | Apresenta problemas de barulho durante a cravação. Podem ser cravadas sem causar grandes vibrações |
| Concreto | 50 m diários, ocorrendo vibrações em função das características do solo, profundidade da fundação, condições do terreno e distância entre estacas | 25 a 170 tf | Depende do tipo de estaca, variando de 8 a 12 m. Podem ser emendadas. | Apresenta problemas de barulho e vibrações durante a cravação |
| Estacas escavadas | | | | |
| Strauss | 30m diários | 20 a 100 tf | 20 a 25m | Ausência de trepidações e vibrações em prédios vizinhos |
| Barretes ou estacas | 50m diários, para espessura de 40cm. A | 500 a 1250 tf | Superior a 50m | |

| Produtividade | | Capacidade de carga | Profundidade máxima | Vibrações causadas |
|--------------------------------|--|---------------------|--|---|
| | produtividade varia de acordo com o tipo de solo e condições do terreno | | | |
| Franki | 40m diários | 60 a 400 tf | Até 36m | Provoca vibração e ruídos intensos na execução |
| Raiz | 30m diários | 10 a 180 tf | | Ausência de vibrações |
| Hélice contínua | 150 a 400m diários, depende da profundidade da estaca, diâmetro do trado, tipo e resistência do terreno e do torque do equipamento | 25 a 390 tf | 20 a 24m, 30m com equipamentos especiais | Não produz distúrbios, vibrações e descompressão do terreno |
| Tubulão | | | | |
| Tubulão a céu aberto | 4m ³ de escavação manual até 10m de profundidade, 80m ³ de escavação meânica para até 15m de profundidade | 150 a 1000 tf | Limitada pelo Nível de Água | Ausência de trepidações e vibrações em prédios vizinhos |
| Tubulão a ar comprimido | Variável, depende muito do solo | 800 a 1000 tf | 34m abaixo do nível d'água | Ausência de trepidações e vibrações em prédios vizinhos |

[Fonte: ABCP – Manual de Estruturas]

Finalmente, se forem comparados os custos de cada sistema de fundação profunda, é possível afirmar que estacas moldadas são mais econômicas, requerem equipamentos comuns no mercado e mão de obra menos qualificada. A Hélice Contínua, que até alguns anos atrás era considerada uma alternativa de custo elevado, está se popularizando devido à alta produtividade e aumento da demanda. A estaca Franki apresenta um custo mais elevado em relação às anteriores, mas é uma alternativa mais viável que a estaca raiz, de custo elevado, devido ao equipamento e mão de obra para sua execução. O tubulão é uma solução viável, mas que apresenta algumas restrições como nível d'água e profundidades maiores.

A melhor fundação escolhida é a que atenda a todos os aspectos analisados, de forma segura e econômica. O projeto estrutural e o projeto de fundações devem estar fortemente ligados através dessas decisões, uma vez que seus comportamentos dependem profundamente um do outro.

NORMA DO METRÔ

A CMSP possui uma norma própria com diretrizes de concepção civil para Metrô - Sistema Monotrilho. Essa norma, que se baseia principalmente nas normas NBR6118 e NBR6122, traz algumas recomendações sobre testes e ensaios nos elementos de fundação executados para a avaliação do desempenho global do sistema para fundações cravadas e escavadas, além de valores de resistência característica do concreto, traço e outras verificações.

2.5.2 Sistema estrutural

A função da estrutura de um edifício é prover o caminhamento das cargas até sua fundação, e para tanto, é preciso selecionar o esquema estrutural mais eficiente, como será seu arranjo, e então estimar suas dimensões preliminares para atender critérios de segurança, economia e funcionalidade, e compatível com o projeto arquitetônico.

Para o projeto de um sistema estrutural é necessário ainda a determinação dos esforços solicitantes nessa edificação para que seja realizado o dimensionamento preciso das peças, conexões e vínculos que a compõe.

Além de requisitos de segurança, economia e funcionalidade, a estrutura deve ser dimensionada ainda para resistir a ações de vento, terremotos, incêndios, sobrecargas, sem que seja prejudicado o seu custo em materiais e mão de obra, ou seja, que o projeto continue sendo viável.

Existem diversos sistemas estruturais de edifícios. Os mais utilizados na atualidade são sistemas em concreto armado ou em peças metálicas.

Edifícios em concreto normalmente são compostos por lajes, vigas, pilares e paredes de função estrutural ou não.

ELEMENTOS DE ESTRUTURA

Os elementos básicos de uma estrutura são as lajes, vigas e pilares.

Lajes são elementos bidimensionais, planos, apoiados em vigas. Formam os pisos dos pavimentos e recebem as cargas de utilização da estrutura, transferindo-as para as vigas e trabalham principalmente à flexão, nas duas direções.

Vigas são elementos em barra, trabalham principalmente à flexão. Apoiam-se nos pilares e ficam normalmente embutidas nas paredes. São esses elementos que transferem as cargas aos pilares em cada pavimento.

Os pilares, elementos também em barras, trabalham à flexocompressão e transferem as cargas para o sistema de fundações.

ANÁLISE ESTRUTURAL

O cálculo de uma estrutura em seu contexto global é muito complexo, e é por esse motivo que são feitas simplificações, uma representação dos elementos estruturais através de: pórticos, grelhas, vigas, cascas, placas, pilares.

Os modelos usuais são:

1. lajes + vigas contínuas + pilares + fundações
2. lajes + grelha de vigas + pilares + fundações
3. lajes (representadas por grelhas ou malhas e EF) + grelha de vigas + pilares + fundações
4. lajes (grelhas ou malhas EF) + pórtico espacial + fundações (interação solo-estrutura)

Quanto ao comportamento do material, têm-se alguns tipos de análise:

- A. análise linear
- B. análise linear com redistribuição
- C. análise limite
- D. análise não-linear

Estas análises podem ser combinadas com os vários modelos da estrutura.

DIRETRIZES BÁSICAS PARA CONCEPÇÃO ESTRUTURAL DE EDIFÍCIOS

A concepção estrutural de um edifício é feito a partir do projeto arquitetônico, e deve ser avaliada sob os aspectos de estética, economia, funcionalidade e resistência.

A questão estética significa o atendimento das questões do projeto arquitetônico. É a compatibilização das estruturas com as paredes, embutimento de vigas e pilares nas alvenarias sempre que possível.

Sob o aspecto econômico é interessante projetar buscando o mínimo custo, sem abrir mão da segurança, através de uniformização de elementos, para reutilização de formas, utilização de vãos econômicos, para utilizar a resistência do material de forma eficiente e buscando um caminhamento de cargas uniforme até as fundações, que evitam o consumo excessivo de material em seções menos eficientes.

Funcionalidade é a compatibilização de uma estrutura segura com a ausência de restrições ao projeto arquitetônico segundo sua concepção. Os elementos estruturais não podem interferir na utilização das áreas como foi prevista inicialmente.

A resistência aos carregamentos deve estabelecer um sistema adequado de estrutura que resiste às ações horizontais e verticais sem comprometer a integridade da obra, garantindo sua estabilidade local e global.

Lançar a estrutura de um edifício em concreto é basicamente escolher o posicionamento adequado para pilares, vigas e lajes, bem como determinar as dimensões iniciais (pré-dimensionamento) de tais elementos estruturais. O bom lançamento estrutural é diretamente proporcional à vivência prática do projetista.

A escolha da estrutura de um edifício de andares múltiplos começa pelo pavimento tipo, fixando-se a posição de vigas e pilares, levando sempre em consideração a posição da caixa d'água, a qual coincide, em boa parte dos casos, com a caixa de escadas.

PROJETO PRELIMINAR DA ESTRUTURA (PRÉ-FORMAS)

O desafio no dimensionamento de estruturas é que a geometria dos elementos estruturais é definida em função dos esforços solicitantes, mas esses esforços solicitantes só podem ser obtidos após a definição da geometria da estrutura, quando se tem os devidos pesos próprios e uma análise da estabilidade global da mesma.

A solução para essa questão é realizar um pré-dimensionamento da estrutura, definido, de forma aproximada, as dimensões dos elementos para em uma segunda etapa realizar as correções e ajustes que determinarão a geometria final da estrutura, de forma iterativa.

O projeto preliminar de um edifício em concreto armado pode ser realizado de acordo com as seguintes etapas:

- Pré-dimensionamento das lajes;
- Pré-dimensionamento das vigas;
- Estimativa do carregamento vertical (peso próprio, revestimento, alvenaria, cargas acidentais decorrentes da utilização da estrutura) distribuído por unidade de área de laje dos pavimentos;
- Estimativas das cargas verticais provenientes do ático;
- Pré-dimensionamento dos pilares (com base nas cargas verticais);
- Levantamento dos carregamentos horizontais decorrentes das ações do vento e do desaprumo global do edifício;
- Determinação aproximada da rigidez da estrutura frente às ações;
- Determinação aproximada da flecha (horizontal) do edifício sob ações de serviço;
- Correção do pré-dimensionamento da estrutura para provê-la de maior rigidez, caso necessário, tendo como base as análises anteriores. Essa correção está relacionada ao aumento das seções transversais de pilares e vigas, visando o maior enrijecimento dos pórticos formados por tais elementos.

Embora as recomendações anteriores refiram-se ao projeto preliminar, pode-se dizer que todo o projeto de uma estrutura em concreto armado é um processo iterativo. O exemplo mais claro é a pré-definição das dimensões dos elementos estruturais (espessuras das lajes, altura e largura das seções das vigas e as seções dos pilares), as quais são inicialmente estimadas. A seguir, por meio do cálculo desses elementos, verifica-se se as seções adotadas são convenientes. Em caso contrário, devem ser escolhidas novas dimensões e repetir todo o processo de dimensionamento.

Vale ressaltar que a compatibilidade com os demais projetos do edifício são feitas nesta fase, ou seja, as pré-fórmas da estrutura estão sujeitas a alterações.

Somente depois de aprovadas e compatibilizadas, as pré-fórmas são calculadas com o carregamento definitivo, iniciando-se a etapa seguinte, que diz respeito à análise estrutural.

NORMA DO METRÔ

O Metrô tem uma norma própria para ser utilizada pelas projetistas e executoras em suas obras. É um documento que se baseia nas normas NBR 6118/2003, EN1990:2002 para o projeto e execução de estações.

Essa norma prevê verificações de dimensionamento, limites de fissuração e procedimentos de execução de estruturas.

O dimensionamento é recomendado para situações de incêndio também e é assegurada uma vida útil mínima de 100 anos.

Para estruturas metálicas existe uma extensa lista de verificação de itens de projeto, materiais, inspeções, montagem e estrutura final acabada, que devem ser observadas pelas participantes do consórcio para a devida liberação da obra.

2.5.3 Fechamentos

Os elementos de fechamentos dos espaços metroviários urbanizados deverão garantir a segurança e contemplar soluções compatíveis com o contexto urbano e com adequada integração com os espaços arquitetônicos das estações e terminais.

Os fechamentos formam um subsistema do edifício que definem e limitam verticalmente o edifício e seus ambientes internos. Eles são constituídos dos vedos, a vedação vertical, as esquadrias, o controle de acesso aos ambientes, o revestimento e o acabamento decorativo da vedação.

A função principal desse subsistema é criar condições de habitabilidade para o edifício, protegendo os ambientes contra a ação dos agentes atuantes e servir de suporte e proteção para os sistemas prediais.

Em obras convencionais, os fechamentos significam 20% do custo total da obra, representam os maiores volumes de materiais e serviços e concentram o maior desperdício de materiais e mão de obra.

Os fechamentos podem ser classificados em leves ou pesados. Os leves não têm função estrutural e são os vidros e as cortinas de gesso, os pesados podem ou

não ter função estrutural, são as paredes de alvenaria e os painéis pré fabricados de concreto.

3 ESTUDO DE CASO

Esse trabalho estudou o projeto da estação Oratório do Monotrilho. Nos tópicos a seguir serão analisadas todas as etapas do projeto dessa estação desde o planejamento da linha até a obra e uma análise de cada um desses durante sua execução.

3.1 Planejamento

O projeto do prolongamento da Linha 2-Verde do Metrô surgiu para compatibilizar dois projetos existentes e ainda em implantação na região sudeste de São Paulo, o Metrô e o Expresso Tiradentes. Originalmente o projeto da Linha 2-Verde do Metrô iria da Vila Madalena até a Estação Oratório. Já o Expresso Tiradentes seria uma linha elevada de ônibus ligando o terminal Parque Dom Pedro II à Cidade Tiradentes, com parada na Estação Vila Prudente, integrante da Linha 2-Verde, hoje já implantada.

Considerando esse dois projetos e a sobreposição de serviço de transporte público que eles apresentavam, entre Vila Prudente e Oratório, optou-se por substituir esses projetos por outro unificado utilizando o modal (modo) monotrilho, sendo a linha final resultante a ligação entre Vila Prudente e Cidade Tiradentes.

Para a escolha desse modal (modo) levou-se em consideração que, mesmo que sua capacidade seja cerca de 50% de um metrô (e também 50% do custo de implantação, segundo a SPTrans), o monotrilho pode ser construído seis vezes mais rápido [Metrô RT-2.00.00.00/0v5-012]. Se comparado com o sistema de BRT (Bus Rapid Transit), sua capacidade é da ordem do dobro³ e o monotrilho ainda não disputa espaços com os automóveis, não utilizando as faixas das vias, assim como garante um menor volume de desapropriações do que um metrô.

³ Segundo a SPTrans a capacidade máxima de um sistema tipo BRT é de 24.000 passageiros/hora/sentido

3.1.1 Características da região

O Projeto do monotrilho irá influenciar as subprefeituras apresentadas na Figura 18, sendo a subprefeitura de São Lucas a responsável pela estação Oratório.

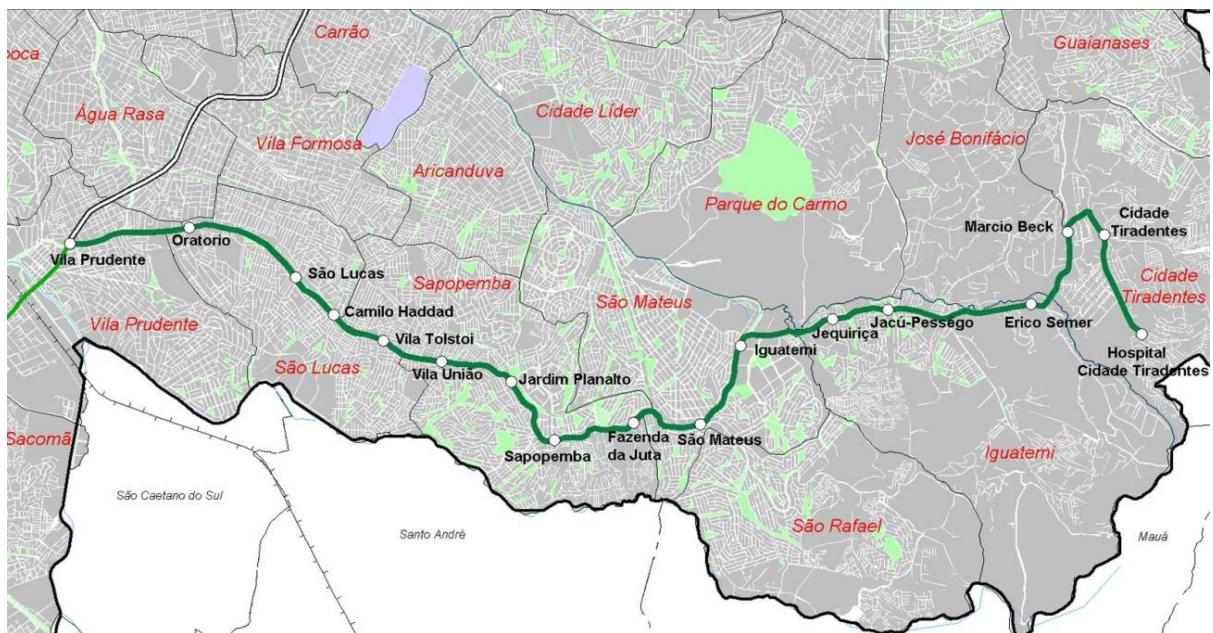


Figura 18 - áreas de influencia do prolongamento da Linha-2 verde monotrilho

[Fonte: RT 2-00.00.00-0v5 rev 0]

A região da Vila Prudente é resultado da expansão industrial paulistana para sudeste. Foi por muito tempo uma área periférica, à margem do rio Tamanduateí, ligada ao centro por uma linha de bondes.

Com a industrialização do Brás, Moóca e Belém aumentou-se a procura de terras na direção leste e sudeste, que transformou o bairro em vila fabril, onde se desenvolveu o comércio e criaram-se fábricas, escolas e residências. Com o desenvolvimento da região muitas pessoas foram atraídas para o local, sem infraestrutura urbana para acolher essa migração, o que levou ao crescimento da favela da Vila Prudente em 1940.

Com a progressiva instalação de infraestrutura urbana em Vila Prudente, nas áreas mais próximas ao centro, a região foi valorizada em termos imobiliários, o que levou ao encarecimento das terras e do custo de vida da região, que desencadeou o processo de expulsão da população de baixa renda para as áreas mais periféricas da região Sudeste: Sapopemba, São Mateus e Cidade Tiradentes, processo que continua ocorrendo até hoje.

A Figura 19, apresenta o plano diretor estratégico da região, em amarelo as zonas estritamente residenciais, em cinza, as zonas mistas, em roxo as zonas industriais e em laranja a zona de centralidade polar ou linear. Zonas de centralidade são centros de comércio e serviço, com crescimento acelerado. Na Figura 19 também pode ser visto que a zona de centralidade acompanha o eixo da avenida Luiz Inácio de Anhaia Mello, também eixo do monotrilho onde localiza-se a estação Oratório.

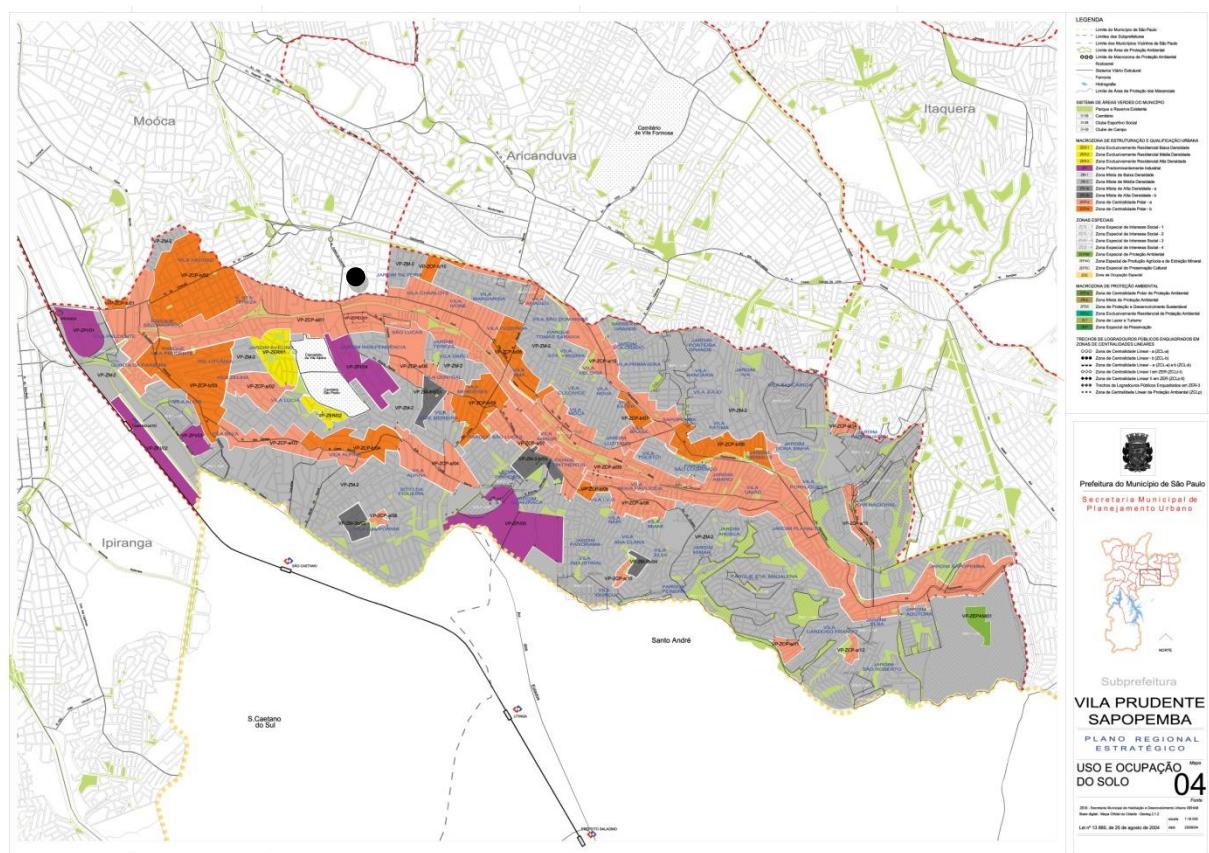


Figura 19 - Zoneamento da região

[Fonte: Prefeitura de São Paulo]

Para avaliar a dinâmica dos usos (e ocupação) no local o Metrô fez análises dos lançamentos imobiliários na região entre 1997 e 2007 “*para o mercado imobiliário, esta é uma área de futura expansão, com uma dinâmica ainda muito concentrada em seu trecho inicial a oeste*” [Metrô 2009]

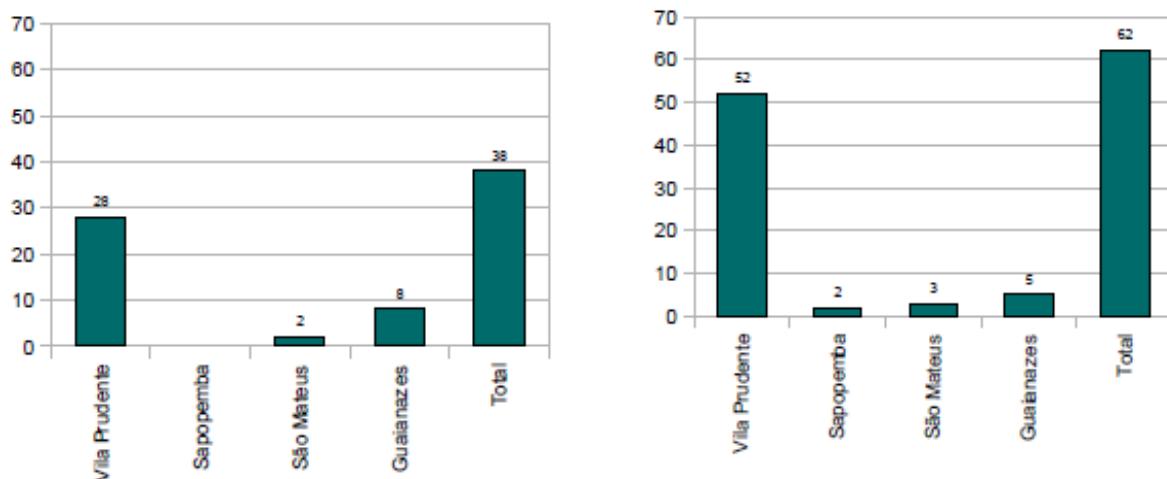


Figura 20 - Comparativo de lançamentos residenciais, a esquerda em 1997 e a direita 2007

[Fonte: Metro 2009]

Observando-se a Figura 20 é possível concluir que a região (em especial a Vila Prudente) tem tendência a manter a população residente no local.

Não só foram feitos estudos quanto ao uso e a ocupação, mas também foram feitos levantamentos geográficos, não só para o alinhamento das vias, mas também para auxiliar na escolha do posicionamento das estações.

A Estação Oratório localiza-se no trecho inicial do traçado, como dito anteriormente, na avenida Professor Luiz Inácio de Anhaia Mello, onde está canalizado o ribeirão da Mooca, sendo portanto um importante ponto de drenagem da região. Neste trecho, o eixo da Linha 2 (de Monotrilho) inicia-se em terrenos de altitude média de 740 metros, com declividades próximas a zero.

Em questão de transporte, nas proximidades da estação Oratório, a malha viária possui uma estrutura reticular ou quadrangular. As principais vias da região são: a rua do Orfanato e a José dos Reis, já as avenidas são: Vila Ema, do Oratório, Casa Grande e Sapopemba, tendo como principais eixos viários os corredores Paes de Barros, Ibitirama, Luiz Ignácio de Anhaia Melo, Vila Ema, Oratório, Sapopemba, Ragueb Chohfi e Estrada do Iguatemi. Nessas se destaca a avenida Anhaia Mello, eixo da Linha 2, parte do mini-anel, importante eixo comercial e que atualmente tem tráfego congestionado e desestimulador.

Nas avenidas citadas acima, Anhaia Mello e Oratório, encontram-se corredores de ônibus, sendo este o transporte público principal da região atualmente,

com 28 linhas municipais e 3 intermunicipais, que fazem a conexão com cidade Tiradentes e as estações de trem.

3.1.2 Estudo da demanda

Para prever a demanda da Linha 2, o Metrô utilizou os dados de população e emprego coletados entre 1997 e 2007, apresentados na tabela a baixo, Tabela 6, para calibrar sua rede atual. Em seguida a nova linha planejada foi adicionada à rede de simulação e foram analisadas as demandas para os anos de 2016 (Tabela 7) dessa nova linha.

Tabela 6 - Pesquisa origem destino 1997 a 2007

Linha 2- Prolongamento Vila Prudente – Cidade Tiradentes
População x Empregos
(Pesquisas OD 1997 e 2007)

Tabela 03

| Nº | Distritos | População 1997 | Empregos 1997 | População 2007 | Empregos 2007 | Incremento População(%) | Incremento Emprego(%) | Emprego / População 1997 | Emprego / População 2007 |
|--------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|----------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | Água Rasa | 86.670 | 39.114 | 80.981 | 49.268 | -6,6% | 26,0% | 45,1% | 60,8% |
| 4 | Aricanduva | 91.439 | 26.244 | 94.287 | 27.874 | 3,1% | 6,2% | 28,7% | 29,6% |
| 24 | Cidade Líder | 98.651 | 25.434 | 127.951 | 38.738 | 29,7% | 52,3% | 25,8% | 30,3% |
| 25 | Cidade Tiradentes | 163.210 | 20.861 | 237.239 | 27.601 | 45,4% | 32,3% | 12,8% | 11,6% |
| 31 | Guaianazes | 89.309 | 17.972 | 108.757 | 23.060 | 21,8% | 28,3% | 20,1% | 21,2% |
| 32 | Iguatemi | 90.143 | 10.927 | 126.359 | 26.323 | 40,2% | 140,9% | 12,1% | 20,8% |
| 46 | José Bonifácio | 104.289 | 15.397 | 108.662 | 20.705 | 4,2% | 34,5% | 14,8% | 19,1% |
| 58 | Parque do Carmo | 56.346 | 21.578 | 68.752 | 19.372 | 22,0% | -10,2% | 38,3% | 28,2% |
| 74 | São Lucas | 144.636 | 39.110 | 131.911 | 29.775 | -8,8% | -23,9% | 27,0% | 22,6% |
| 75 | São Mateus | 160.661 | 46.087 | 158.473 | 51.032 | -1,4% | 10,7% | 28,7% | 32,2% |
| 77 | São Rafael | 101.878 | 16.249 | 146.779 | 21.476 | 44,1% | 32,2% | 15,9% | 14,6% |
| 78 | Sapopemba | 254.922 | 44.613 | 295.084 | 54.985 | 15,8% | 23,2% | 17,5% | 18,6% |
| 87 | Vila Formosa | 91.410 | 29.229 | 91.285 | 35.683 | -0,1% | 22,1% | 32,0% | 39,1% |
| 95 | Vila Prudente | 100.428 | 35.642 | 94.097 | 45.603 | -6,3% | 27,9% | 35,5% | 48,5% |
| TOTAL | | 1.633.991 | 388.456 | 1.870.617 | 471.495 | 14,5% | 28,8% | 25,3% | 28,4% |

| LEGENDA | |
|---------------|--|
| < 20% | |
| 20 < E/P < 30 | |
| 30 < E/P < 40 | |
| 40 < E/P < 50 | |
| > 50 | |

[Fonte: Metrô 2009]

Tabela 7 - Demanda Prolongamento Linha 2 para o ano de 2016

| ESTAÇÃO | HORA PICO MANHÃ | | | | | | DIÁRIO | |
|-----------------------|----------------------------------|--------|-------|----------------------------------|--------|--------|---------|--|
| | IPIRANGA - HOSP. CID. TIRADENTES | | | HOSP. CID. TIRADENTES - IPIRANGA | | | | |
| | EMB | DES. | CARR. | EMB | DES. | CARR. | | |
| Ipiranga | 1.491 | - | 1.491 | - | 12.036 | 0 | 59.320 | |
| Vila Prudente | 2.754 | 14 | 4.231 | 10 | 33.081 | 12.036 | 157.240 | |
| Oratório | 81 | 112 | 4.199 | 1.255 | 1.162 | 45.107 | 11.440 | |
| São Lucas | 29 | 202 | 4.027 | 1.403 | 921 | 45.014 | 11.200 | |
| Camilo Haddad | 2 | 245 | 3.783 | 878 | 228 | 44.532 | 5.930 | |
| Vila Tolstoi | 58 | 341 | 3.500 | 1.750 | 250 | 43.882 | 10.520 | |
| Vila União | 575 | 55 | 4.020 | 2.367 | 13 | 42.381 | 13.200 | |
| Jardim Planalto | 327 | 50 | 4.297 | 1.051 | 5 | 40.027 | 6.280 | |
| Sapopemba | 682 | 186 | 4.793 | 5.663 | 34 | 38.981 | 28.790 | |
| Fazenda da Juta | 1 | 49 | 4.746 | 2.548 | 158 | 33.352 | 12.090 | |
| São Mateus | 133 | 2.170 | 2.709 | 11.020 | 461 | 30.962 | 60.440 | |
| Iguatemi | 2 | 925 | 1.786 | 182 | 208 | 20.403 | 5.770 | |
| Jequiriça | 1 | 273 | 1.514 | 419 | 213 | 20.429 | 3.980 | |
| Jacu-Pêssego | 41 | 387 | 1.168 | 4.628 | 1.383 | 20.223 | 28.230 | |
| Érico Semer | 1 | 797 | 372 | 3.780 | 4 | 16.979 | 20.090 | |
| Márcio Beck | 199 | 62 | 508 | 3.534 | 216 | 13.203 | 17.590 | |
| Cidade Tiradentes | 406 | 246 | 668 | 3.089 | 1 | 9.885 | 16.410 | |
| Hosp. Cid. Tiradentes | - | 668 | 0 | 6.798 | - | 6.798 | 32.740 | |
| Total Sentido | 6.781 | 6.781 | | 50.375 | 50.375 | | 501.260 | |
| Total Geral | | 57.156 | | | | | | |

[Fonte: Metrô 2012]

Essas demandas são possíveis de serem calculadas, pois nas características da nova linha não é feita uma limitação da capacidade, ou seja, toda a demanda é alocada dentro do trem pelo programa, assim é possível utilizar esse carregamento para dimensionar o sistema.

Da Tabela 7 pode-se extrair a demanda específica de cada estação. Oratório, foco desse estudo apresenta no pico da manhã uma demanda (somatória do embarque e do desembarque) de 2417 passageiros por hora no sentido Hospital cidade Tiradentes – Ipiranga, e 193 passageiros por hora no sentido no sentido contrário. A estação está sendo dimensionada para 2610 passageiros por hora nos dois sentidos.

A escolha do ano de 2016 como ano base para o dimensionamento foi feito a partir da Tabela 8, onde é possível observar que 2016 é a demanda pico para o sistema nos primeiros 10 anos de operação.

Tabela 8 - Demanda do prolongamento Linha 2 até 2030

| ESTAÇÃO | VOLUME DIÁRIO | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2025 | 2030 |
| Ipiranga | | | | 59.320 | 68.090 | 74.500 | 67.550 | 67.610 | 48.410 | 83.450 | 86.320 |
| Vila Prudente | 6.590 | 142.680 | 145.790 | 157.240 | 154.580 | 142.660 | 162.550 | 162.010 | 144.030 | 132.200 | 136.050 |
| Oratório | 6.590 | 9.630 | 9.770 | 11.440 | 8.640 | 9.440 | 9.410 | 9.410 | 9.450 | 9.360 | 9.480 |
| São Lucas | 8.220 | 7.980 | 11.200 | 9.970 | 10.710 | 10.720 | 10.720 | 10.720 | 10.920 | 10.860 | 10.740 |
| Camilo Haddad | 5.180 | 5.110 | 5.930 | 5.440 | 5.710 | 5.580 | 5.580 | 5.600 | 5.200 | 4.800 | |
| Vila Tolstoi | 10.220 | 9.320 | 10.520 | 11.800 | 12.200 | 12.170 | 11.650 | 11.190 | 12.410 | 12.710 | |
| Vila União | 11.120 | 10.840 | 13.200 | 13.160 | 13.390 | 13.420 | 13.420 | 13.410 | 12.700 | 15.600 | 15.490 |
| Jardim Planalto | 5.000 | 5.300 | 6.280 | 4.280 | 4.010 | 4.310 | 4.330 | 4.180 | 6.930 | 7.210 | |
| Sapopemba | 28.470 | 27.740 | 28.790 | 60.840 | 64.170 | 53.950 | 53.190 | 47.450 | 50.140 | 51.540 | |
| Fazenda da Juta | 17.340 | 20.420 | 12.090 | 13.340 | 14.270 | 14.990 | 14.990 | 9.640 | 12.490 | 13.380 | |
| São Mateus | 71.980 | 73.820 | 60.440 | 62.980 | 63.640 | 64.810 | 63.970 | 39.490 | 43.490 | 45.330 | |
| Iguatemi | | | 5.770 | 7.020 | 7.360 | 7.360 | 7.380 | 7.390 | 7.630 | 7.980 | |
| Jequirica | | | 3.980 | 6.220 | 5.010 | 6.290 | 6.290 | 6.110 | 6.700 | 7.350 | |
| Jacu-Pêssego | | | 28.230 | 30.990 | 28.880 | 28.770 | 28.890 | 25.140 | 27.380 | 32.750 | |
| Érico Semer | | | 20.090 | 22.030 | 22.110 | 22.120 | 22.130 | 22.130 | 23.850 | 24.420 | |
| Márcio Beck | | | 17.590 | 22.640 | 19.260 | 19.300 | 19.290 | 19.350 | 20.700 | 21.940 | |
| Cidade Tiradentes | | | 16.410 | 19.000 | 19.040 | 21.700 | 21.700 | 21.670 | 23.390 | 23.960 | |
| Hosp. Cid. Tiradentes | | | 32.740 | 34.890 | 33.730 | 35.100 | 35.100 | 35.200 | 37.210 | 41.850 | |
| Total | 13.180 | 309.840 | 316.090 | 501.260 | 555.910 | 550.090 | 560.100 | 557.650 | 480.050 | 528.990 | 553.300 |

A informação em negrito explica o horizonte a partir do qual a estação passa a fazer integração com o sistema sobre trilhos.

[Fonte: Metrô 2012]

3.1.3 Conclusão da etapa de Planejamento

Nessa etapa do projeto, a principal característica observada é o uso do modelo de quatro etapas para previsão da demanda. Esse modelo, considerado um modelo tradicional estático, é bastante criticado por não considerar as mudanças urbanas de uso e ocupação do solo [LOPES, 2005].

Portanto, o modelo utilizado não considera o efeito do crescimento urbano gerado ao longo do tempo pela própria implantação da via. E dessa forma, é possível que os números projetados não correspondam à realidade em pouco tempo.

Atualmente, existem sistemas mais precisos de previsão de demandas, principalmente sistemas que utilizam ferramentas de SIG (Sistemas de Informações geográficas) que armazenam e manipulam dados de maneira espacial, corrigindo erros [LOPES, 2005].

3.2 Projeto funcional

Como inicialmente grande parte do prolongamento da Linha 2 foi pensada para ser um corredor de ônibus, alguns atributos já estavam definidos antes de começar o projeto. Para aproveitar os estudos já feitos (pela SPtrans), como por exemplo o uso de estações “tipo” que se repetem ao longo da linha e de um partido⁴ arquitetônico específico, ilustrado na Figura 21 a seguir.



Figura 21 - Perspectiva virtual do partido original do projeto

[Fonte: Metrô 2009]

Também ficou definido que a via elevada ficaria de 12 a 15 metros de altura em relação ao solo, dessa forma pretendia-se minimizar as interferências e impactos negativos no visual e na cidade.

MODAL (MODO)

Nessa etapa do projeto já estavam feitas as previsões de demanda, como pode-se perceber pela Tabela 8, onde o carregamento máximo no trem é de 45.107 passageiros por hora pico da manhã. Assim decidiu-se por utilizar um carro capaz de transportar 40 mil passageiros por hora por sentido.

Adotou-se um nível de serviço de 6 passageiros por metro quadrado, portanto nível F de serviço nas áreas de espera, a categoria mais baixa da Figura 4. Como o

⁴ Partido arquitetônico é quando são definidas características estéticas do projeto, por exemplo podem ser definidos: formas, cores, materiais e etc.

trem tem capacidade para 1.000 passageiros e em uma hora devem passar por uma estação 40 trens, portanto será necessário trabalhar com um *headway* de 90 segundos.

Definiu-se também que esse sistema deve ser operado com as seguintes características:

- Velocidade média de 35km/h (máxima de 90km/h)
- Intervalo máximo entre trens de 5 minutos

TRAÇADO

O traçado pré definido pelo planejamento foi refinado seguindo eixos de avenidas cuja seção transversal é superior a 50 metros, incluindo as calçadas. Assim, acreditou-se que seriam garantidas a confiabilidade e segurança do sistema, minimizando os impactos negativos no entorno.

Para os pilares considerou-se uma largura inicial de 1,5 metros de diâmetro. Definiu-se que esses seriam alocados nos canteiros centrais das avenidas e que os vãos entre eles seriam de 30 metros.

Definiram-se as seguintes características para a elaboração do projeto viário:

- Raio mínimo horizontal de 70m (desejável 100m)
- Raio mínimo vertical de 1000m (desejável 2000m)
- Rampa máxima de 6% na via
- Rampa máxima de 1% nas plataformas

Foi assegurado que as intersecções com o viário obedeciam para o mezanino (no mínimo):

- 5,5m de altura para vias arteriais
- 6,2m de altura para vias expressas

O traçado definido ao final do projeto básico, nas proximidades da estação Oratório estão apresentados na Figura 22:



Figura 22 - Implantação do traçado próximo a estação Oratório

[Fonte: Metrô 2009]

ESTAÇÕES

Como citado no começo desse tópico, no projeto funcional foi prevista a utilização de uma estação utilizando de uma estação “tipo” que se repete ao longo da linha. Por isso, todas as estações foram as estações foram projetadas como estações de plataforma central (como na

Figura 7), que utilizarão o mesmo módulo da via, com vãos de 30 metros e terão o comprimento da composição final (105m de comprimento).

As componentes principais da estação são os acessos, o mezanino de distribuição, as plataformas e o edifício de apoio.

A posição da estação foi previamente definida pelo planejamento, nessa etapa foi feito um levantamento de áreas disponíveis para desapropriação e foi feita também uma prévia da implantação da estação, conforme a Figura 23. Procurou-se um local com área suficiente, onde se poderia implantar os acessos e criar baias de embarque e desembarque, área de taxis, biciclerário e integração com o transporte público local, ou seja, com Paradas de Ônibus – apresentadas na Figura 23.

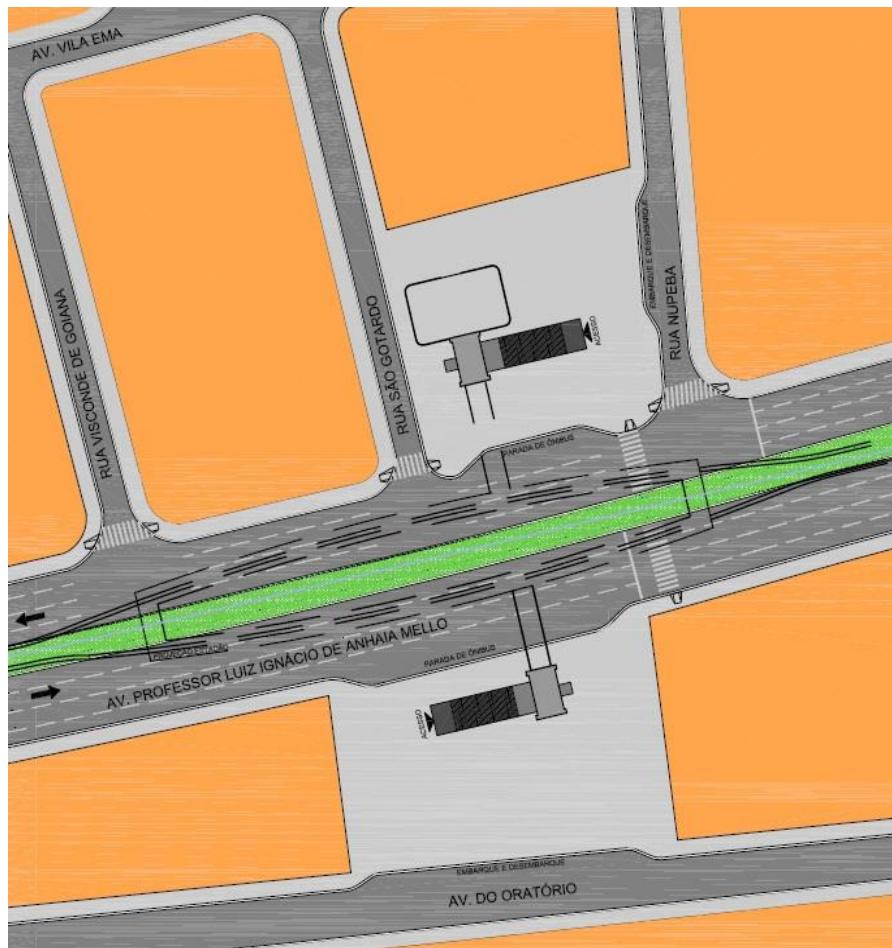


Figura 23 - Implantação da estação Oratório

[Fonte: Metrô 2009]

Os acessos foram dimensionados para terem duas escadas rolantes, cada uma em um sentido, uma escada fixa e um elevador. Foi preconizado também que devem haver dois acessos, sendo cada um posicionado em um lado da avenida. Esses se comunicam com o mezanino por uma passarela sobre a avenida.

O mezanino deve ter em torno de 70 metros de comprimento e no máximo 12,8m de largura, posicionado 7m acima do nível da rua, com no mínimo 3,5m de pé-direito. Ele deve abrigar áreas não pagas para travessia da avenida (que devem ser separadas das áreas pagas por um única linha de bloqueio), salas técnicas funcionais e de apoio ao usuário, bilheterias e sanitários, conforme estabelecido no projeto básico, mas que foram levadas para o projeto funcional. Isso foi feito com o intuito de tornar as estações “tipo” (definidas pela SPTrans) em estações “típicas” (agora redefinidas pelo Metrô).

As plataformas devem ter largura mínima de 7,2m e máxima de 12,8m.

No edifício de apoio estão as salas operacionais e as estações de alimentação da via.

3.2.1 Impactos e licenciamento ambiental

O licenciamento ambiental das estações de metrô eram realizados pela CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, ligada à Secretaria do Meio Ambiente do governo estadual paulista), por isso as licenças das Estações Oratório (primeiro licenciamento de estação de monotrilho) e Vila Prudente foram feitas pela CETESB. Porém, da Estação Oratório em diante perceberam que os tipos de impactos são diferentes dos do Metrô (Obra enterrada) e o licenciamento passou a ser realizado pelo município (Secretaria do Verde e Meio ambiente - SVMA-SP).

Os impactos foram levantados, classificados e uma série de ações foram descritas, como forma de minimizá-los ou criar uma compensação. O relatório (RIMA) apresenta um Quadro Síntese apresentado a seguir na Tabela 9 (A legenda para a classificação dos atributos está na Tabela 3 do Item 2.3.1). As ações apresentadas no Quadro Síntese, bem como a etapa do projeto em que devem ser executadas, estão descritas na Tabela 10.

SÍNTESE DA AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS

Tabela 9 - Tabela síntese impactos ambientais

| Nº IMPACTO | IMPACTO | Localização | ATRIBUTOS | | | | | | MAGNITUDE | MEDIDAS | PROGRAMA | GRAU DE RELEVÂNCIA COM MEDIDAS MITIGADORAS | | | | | | |
|--|---|----------------|-----------|---------------|--------------|---------------|---------|-----------------|-----------|---|----------|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | Natureza | Probabilidade | Ocorrência a | Espacialidade | Duração | Reversibilidade | | | | | | | | | | |
| ETAPA: PLANEJAMENTO | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| COMPONENTE AMBIENTAL: MEIO SOCIOECONÔMICO | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1. | Criação de Expectativas na População | AII, AID e ADA | N / P | C | CP | D | T | R | M | Interação e Comunicação Social | M | | | | | | | |
| ETAPA: CONSTRUÇÃO | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| COMPONENTE AMBIENTAL: MEIO FÍSICO | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Desencadeamento de processos erosivos e de assoreamento | AID | N | P | CP | L | T | R | M | Controle Ambiental da Construção | B | | | | | | | |
| 3 | Interferências em cursos d'água superficiais | AID | N | P | CP | L | T | R | P | | B | | | | | | | |
| 4 | Risco de contaminação de solos e corpos hídricos | AID | N | P | CP | L | T | R | P | | B | | | | | | | |
| 5 | Riscos associados ao manejo de áreas com potencial de contaminação | ADA | N | P | CP | L | T | R | M | | B | | | | | | | |
| 6 | Aumento das concentrações de material particulado no entorno das obras | AID e ADA | N | C | CP | D | T | R | P | | B | | | | | | | |
| 7 | Aumento de emissão de ruído e vibrações no entorno das obras | AID e ADA | N | C | CP | L | T | R | P | Controle Ambiental da Construção E Monitoramento e Avaliação | B | | | | | | | |
| 8 | Risco de degradação de áreas de jazidas e bota-foras | AID e ADA | N | P | CP | L | T | R | P | Controle Ambiental da Construção | B | | | | | | | |
| 9 | Riscos de poluição ambiental pela geração de resíduos e efluentes nos canteiros de obras e praças de trabalho | AID e ADA | N | P | CP | D | T | R | P | | B | | | | | | | |
| COMPONENTE AMBIENTAL: MEIO BIÓTICO | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | Perda de vegetação arbórea urbana | ADA | N | C | CP | L | P | I | M | Manejo e Reposição da Vegetação e Recuperação e Reurbanização de Áreas Afetadas | M | | | | | | | |
| 11 | Diminuição de habitats para a fauna | ADA | N | C | CP | L | T | R | P | Recuperação e Reurbanização de Áreas Afetadas | B | | | | | | | |
| 12 | Perda de áreas permeáveis | ADA | N | C | CP | L | P | R | P | Recuperação e Reurbanização de Áreas Afetadas | B | | | | | | | |
| 13 | Interferências em Área de Preservação Permanente – APP (recuperação) | ADA | P | C | CP | L | P | I | P | | B | | | | | | | |
| COMPONENTE AMBIENTAL: MEIO SOCIOECONÔMICO | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | Desapropriação e Deslocamento de População e Atividades Econômicas | ADA | N | C | CP | L | P | I | M | Indenização e Reassentamento | A | | | | | | | |
| 14 | Inconômodos aos moradores e atividades lindereiras | AID | N | C | CP | D | T | R | M | Controle Ambiental da Construção e Interação e Comunicação Social | A | | | | | | | |
| 16 | Interferências no sistema viário desvios temporários | ADA | N | C | CP | L | T | R | M | Articulação Institucional e Interação e Comunicação Social | M | | | | | | | |
| 17 | Alterações no Transporte Coletivo | AID | N | C | CP | D | T | R | M | Articulação Institucional e Interação e Comunicação Social | M | | | | | | | |
| 18 | Interferências em infraestruturas urbanas | ADA | N | C | CP | L | T | R | P | | B | | | | | | | |
| 19 | Potencial de perda de vestígios de patrimônio histórico e arqueológico | AID/ ADA | N | P | CP | L | P | R | P | Proteção do Patrimônio Cultural | B | | | | | | | |
| 20 | Geração de empregos e renda | AID | P | C | CP | D | T | I | P | Interação e Comunicação Social | B | | | | | | | |
| 21 | Aumento da arrecadação tributária | AIM | P | C | CP | D | T | I | P | | B | | | | | | | |
| ETAPA: OPERAÇÃO | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | Ampliação da acessibilidade e mobilidade da população da zona leste a empregos e serviços | AII | P | C | CP | D | P | I | G | Articulação Institucional | A | | | | | | | |
| 23 | Redução dos tempos de viagens | AII | P | C | CP | D | P | I | G | | A | | | | | | | |
| 24 | Ampliação da integração intermunicipal e intermodal | AII | P | C | CP / MP | L | P | I | M | | M | | | | | | | |
| 25 | Redução das demandas de transportes coletivos em corredores multimodais saturados | AII/AIM | P | C | CP | D | P | I | M | | M | | | | | | | |
| 26 | Melhoria dos fluxos nos principais eixos viários | AII / AID | P / N | C | MP, LP | D | P | I | P / M | Articulação Institucional e Interação e Comunicação Social | M | | | | | | | |
| 27 | Redução do consumo de combustível | AII | P | C | MP, LP | D | P | I | M | | M | | | | | | | |
| 28 | Redução dos Custos de Operação e Manutenção Viária | AII | P | C | MP, LP | D | P | I | M | | M | | | | | | | |
| 29 | Redução do Número de Acidentes na Zona Leste | AII | P | P | MP, LP | D | P | I | M | | A | | | | | | | |
| 30 | Contribuição na consolidação das diretrizes do Plano Diretor do MSP e Planos Regionais | AII | P | C | LP | D | P | I | G | Articulação Institucional | A | | | | | | | |
| 31 | Dinamização urbana pela criação de novo eixo de transportes na região suíte da cidade | AII | P | C | LP | L | P | I | G | | A | | | | | | | |
| 32 | Aumenta a atratividade para a localização de empresas e negócios e expansão de usos de comércio e serviços | AII e AID | P | C | LP | D | P | I | G | | M | | | | | | | |
| 33 | Alteração do uso do solo | AII e AID | P | P | MP / LD | D | P | I | P | Articulação Institucional | A | | | | | | | |
| 34 | Consolidação da tendência à valorização imobiliária | AID | P | C | CP, MP, LP | D | P | I | M | | M | | | | | | | |
| 35 | Atração de atividades informais no entorno de Estações | ADA | N | C | CP, MP | L | P | R | M | Programa de Recuperação e Reurbanização de Áreas Afetadas | B | | | | | | | |
| 36 | Necessidade de intervenções complementares par acesso a três Estações | AID | N | P | CP, MP | L | P | R | M | | A | | | | | | | |
| 37 | Alteração da Paisagem Urbana | AID | N / P | C | MP | D | P | I | M | | A | | | | | | | |
| 38 | Redução das Emissões Véculares | AII | P | C | MP, LP | D | P | I | M | | A | | | | | | | |
| 39 | Alterações nos Níveis de Ruído e Vibrações | AID | P | P | MP, LP | L | P | R | M | Controle Ambiental na Operação e Manutenção | M | | | | | | | |
| 40 | Potencial alteração da qualidade dos solos, das águas superficiais e subterrâneas | ADA | N | P | MP, LP | L | P | R | M | | B | | | | | | | |

[Fonte: EIA-RIMA Linha 2 Verde 2010]

PROGRAMAS SÓCIO AMBIENTAIS

Tabela 10 - Descrição dos programas sócio-ambientais

| Programa | Objetivos Gerais | Responsabilidade pela Execução | Etapas do Empreendimento | |
|--|--|---|--------------------------|----------|
| | | | Planejamento Construção | Operação |
| 1. Gestão Ambiental do Empreendimento | Organizar as ações ambientais associadas ao empreendimento e fazer cumprir os programas e as exigências dos órgãos ambientais. | Metrô | X | |
| 2. Controle Ambiental da Construção | Normas e procedimentos ambientais para execução das obras e atuação em situações de emergência. | Construtoras, sob supervisão do Metrô | X | |
| 3. Indenização e Relocação de Populações e Atividades Afetadas | Apoiar o processo de desapropriação de imóveis e o remanejamento de população e atividades. | Metrô | X | |
| 4. Comunicação e Interação Social | Promover a interação com a população a ser removida, ladeira e usuária, mantendo canais de comunicação permanentes com o Metrô. | Metrô, em articulação com Subprefeituras | X | X |
| 5. Manejo e Reposição de Vegetação | Mitigar e compensar os impactos da perda de vegetação e intervenções em APP. | Metrô | X | |
| 6. Recuperação e Reurbanização de Áreas Afetadas | Otimizar a inserção urbano-ambiental do empreendimento e melhorar a qualidade ambiental da área de intervenção. | Metrô, em articulação com as Subprefeituras | X | X |
| 7. Proteção ao Patrimônio Cultural | Registrar, salvar e preservar o patrimônio arqueológico | Metrô, Construtoras | X | |
| 8. Articulação Institucional | Empreender articulações com órgãos intervenientes visando minimizar impactos com infraestruturas e potencializar benefícios quanto ao uso do solo e transportes. | Metrô, Secretarias e Órgãos Municipais | X | X |
| 9. Compensação Ambiental | Compensar os impactos ambientais não mitigáveis do empreendimento | Metrô | X | X |
| 10. Programa de Monitoramento Ambiental | Controlar a qualidade ambiental nas obras e operação | Metrô | X | X |
| 11. Controle Ambiental na Operação e Manutenção | Evitar impactos e acidentes com resíduos e efluentes da operação e evitar acidentes na Linha | Metrô | | X |

[Fonte: EIA-RIMA Linha 2 Verde 2010]

CONCLUSÃO DO RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL

A Linha 2 - Verde Trecho Oratório - Cidade Tiradentes constitui a extensão dos serviços de transporte coletivo sobre trilhos ao extremo leste do município de São Paulo, introduzindo um novo modal, sistema monotrilho, com capacidade superior a quase o dobro da prevista para o Expresso Tiradentes, corredor de ônibus anteriormente projetado para atendimento dessa região.

Além de possuir maior capacidade de transporte de passageiros, o sistema proposto gera menores impactos urbanos se comparado aos veículos automotores, contribuindo para a redução das emissões de ruído e emissões atmosféricas pela

substituição de ônibus a diesel por trens elétricos, ocasionando menores interferências com o sistema viário já sobre carregado da região.

O balanço de benefícios e impactos socioambientais é amplamente positivo. A cidade ganha benefícios permanentes, de alta relevância, em termos de mobilidade, transportes, qualificação urbana e perspectiva de distribuição mais equilibrada de atividades, impactando de forma positiva numa ampla região e, consequentemente, para milhões de pessoas.

Os impactos negativos são fundamentalmente temporários, passíveis de controle, mitigação ou compensação e o empreendimento conta com um conjunto de programas socioambientais, que prevêem as medidas necessárias para compensar de forma satisfatória e dentro das normas legais os atores sociais e os componentes ambientais afetados.

Conclui a equipe técnica, responsável pela elaboração do EIA: considerando que a construção e operação da Linha 2 - Verde Trecho Oratório - Cidade Tiradentes, devidamente acompanhada das providências contidas no estudo citado é social e ambientalmente viável e, desta forma foi recomendada seu licenciamento ambiental.

3.2.2 Conclusão da etapa de Projeto Funcional

Nessa etapa, notou-se que a fim de minimizar impactos ambientais, foi adotado um gabarito consideravelmente alto, 15 metros acima do nível da rua, isso fez com que fossem necessários canteiros centrais muito largos para abrigar os pilares que já se esperava que precisassem ser robustos (1,5 metros de diâmetro), dessa forma, a própria via não ficou tão “leve” como se observa em outros sistemas pelo mundo. Como pode-se observar na Figura 24 abaixo (à direita a via do monotrilho brasileiro e à esquerda a via do monotrilho australiano). Outro fator que influenciou na espessura dos pilares foi a capacidade definida para o sistema, 40 mil passageiros por hora por sentido, capacidade pouco típica para monotrilhos, o que aumentou a carga e consequentemente a largura dos pilares.



Figura 24 - Comparativo dos sistemas de monotrilho

Pode-se destacar também que o sistema foi dimensionado sem folgas, o carregamento estimado de 45 mil passageiros em 2016 (da Tabela 7) não é totalmente atendido pela capacidade do sistema (40 mil citado acima). O que fez com que o nível de serviço da linha ficasse na categoria mais baixa considerada, mostrando pouca preocupação com o conforto dos passageiros.

Outra questão importante é a decisão pelo uso de uma estação “Tipo” com plataforma central. Isso fez com que todas as estações fossem dimensionadas para a maior demanda o que é pouco econômico. E fazendo uma plataforma central, implica em pouca flexibilidade para ampliação do sistema, algo que deveria ter sido previsto pois este já está sendo implantado saturado (para 2016), como mostram as projeções da demanda.

Por ultimo, vale destacar que por motivo do uso dessa estação “Tipo” muitas características das estações foram definidas nessa etapa de projeto (Funcional) e levadas de forma pouco flexível (“engessadas”) para o projeto básico. As consequências dessa definição serão tratadas no item 3.3.1- Conclusão da etapa de Projeto Básico.

3.3 Projeto básico

Nesse etapa o convencional é que o projeto das estações seja definido com base em características gerais expostas no projeto funcional e nas especificações apresentadas no item 2.4 Projeto Básico, com as áreas dimensionadas para a demanda específica de cada estação.

Nesse estudo de caso do prolongamento da Linha 2 Verde (estação Oratório) notou-se uma diferença importante, para se aplicar o conceito de estação “Tipo” (que se repete ao longo da linha), as estações foram dimensionados para a maior demanda da linha (que no ano base 2016 é a Estação Vila Prudente como sendo crítica) e suas características foram definidas e fechadas já no Projeto Funcional para que fossem repetidas pelos projetistas.

Portanto, a Estação Oratório foi feita com base no partido arquitetônico definido no projeto funcional (representado na Figura 21) e das especificações apresentadas no item 2.4 - Projeto Básico.

Por se tratar inicialmente de uma estação “Tipo” um mesmo escritório de arquitetura foi contratado para detalhar o projeto de todas as estações

Abaixo, parte do projeto básico da estação (Figuras 25 até 29):

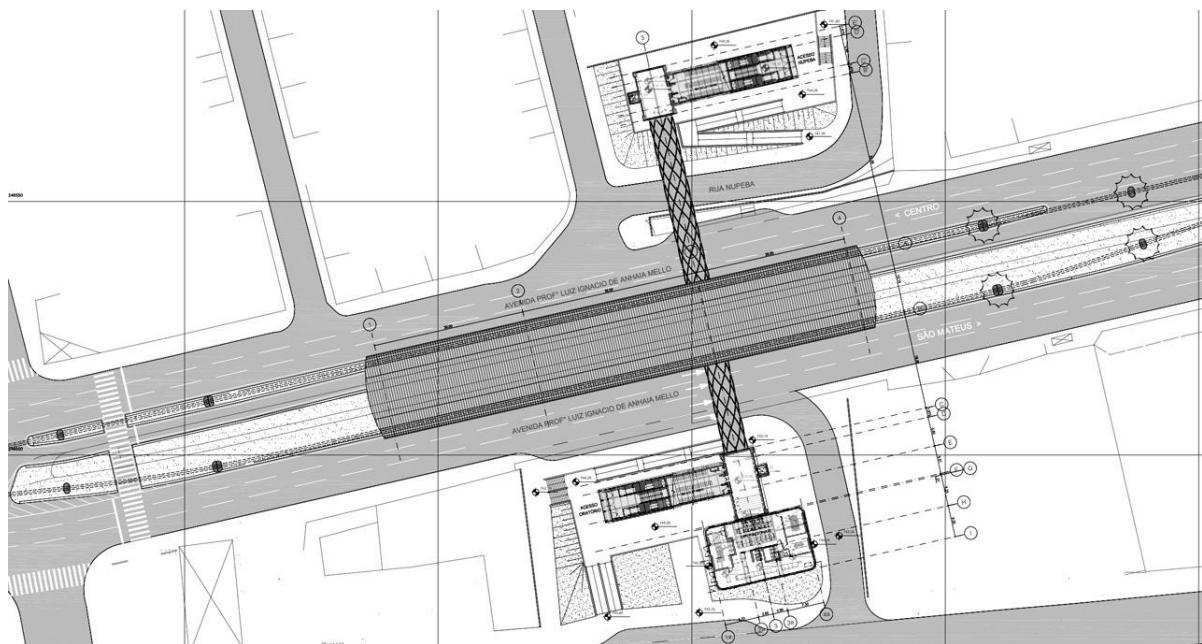


Figura 25 - Implantação da Estação Oratório

[Fonte: <http://www.skyscrapercity.com>]

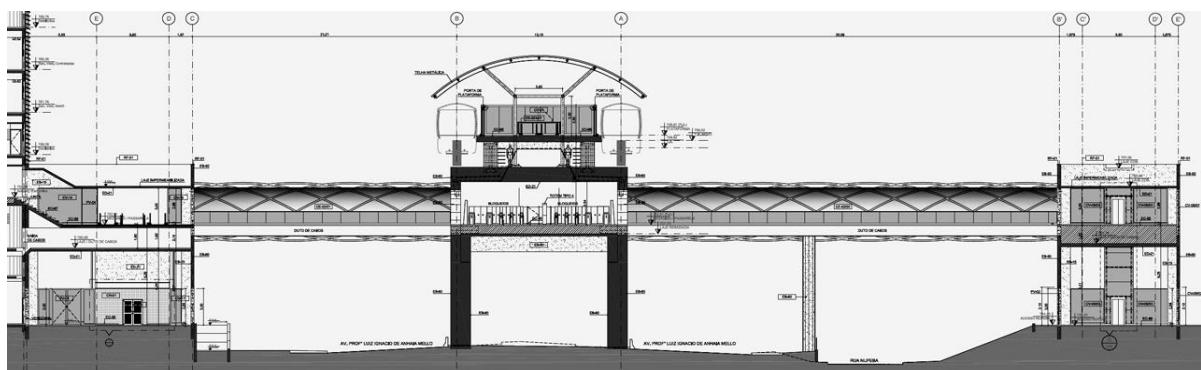


Figura 26 - Corte transversal da Estação Oratório

[Fonte: <http://www.skyscrapercity.com>]

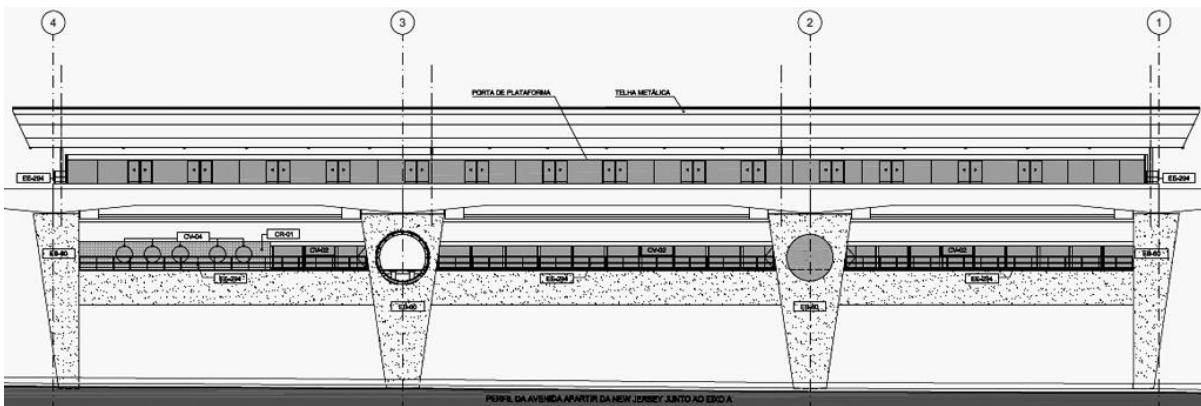


Figura 27 - Elevação da Estação Oratório

[Fonte: <http://www.skyscrapercity.com>]

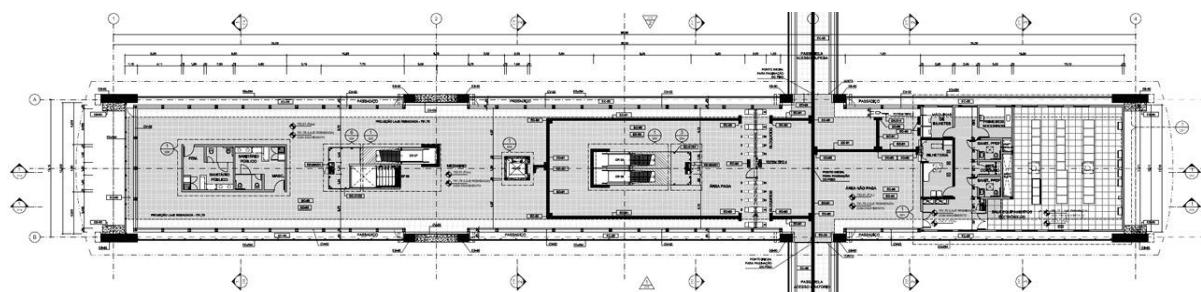


Figura 28 - Planta do mezanino da Estação Oratório

[Fonte: <http://www.skyscrapercity.com>]

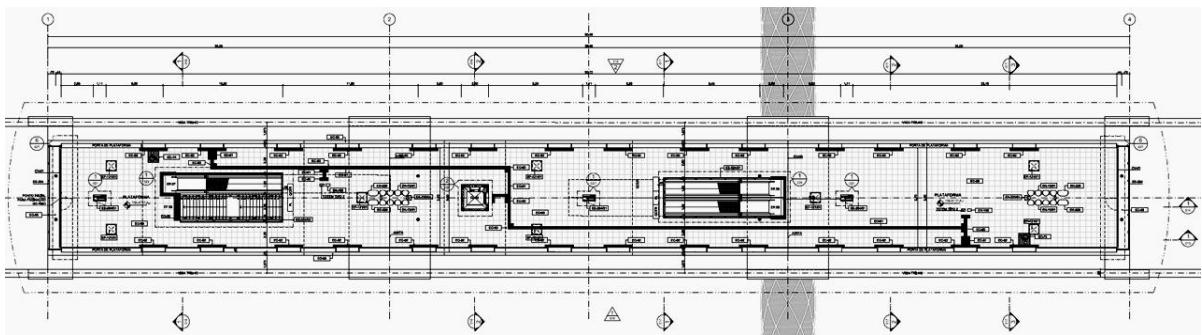


Figura 29 - Planta da plataforma da Estação Oratório

[Fonte: <http://www.skyscrapercity.com>]

**Nota: Os projetos originais não foram fornecidos pelo escritório.*

3.3.1 Conclusão da etapa de Projeto Básico

Uma consequência da escolha de se utilizar estações “Tipo” implica que pouco pode ser criado pelos projetistas. As áreas já haviam sido dimensionadas pelo próprio Metrô, e equívocos como um número fixo de sanitários independente da demanda da estação (nas diretrizes do Metrô, apenas os sanitários dos funcionários são dimensionados com a demanda, para os usuários são disponibilizados número fixo) não puderam ser alterados pelos projetistas.

Desse projeto foi destacado pelo escritório responsável a posição “engessada” das passarelas de acesso pelo recorte nos pilares (recorte que pode ser observado na Figura 27, abertura circular nos pilares e na Figura 25) com a implantação já definida no funcional (Figura 23). Como os pilares da estação obedecem a modularização da via (30 metros de vão definido no funcional), o layout dos mezaninos já estava definido (também no funcional) e o tipo da plataforma (central) não podia ser alterado, o que resultou em uma distribuição de elementos de circulação vertical não ideal, de forma a concentrar passageiros no lado esquerdo da plataforma como pode ser observado na Figura 29.

Além das dificuldades de se trabalhar com um projeto “Tipo”, outros problemas foram encontrados, como por exemplo o arco metálico que suportava a cobertura, que pode ser observado na Figura 21, esse arco não era auto portante e precisaria de diâmetros não econômicos. Esse tipo de dificuldade foi negociado com o Metrô e corrigido (retirado) no projeto de todas as estações.

Outra definição do funcional que foi alterada foi o uso de estrutura de concreto no lugar da estrutura metálica definida pelo Metrô. Essa alteração foi justificada pelo número de elementos iguais encontrados nas estações - os projetos se mostraram menos modulares do que o esperado, devido ao entorno, não justificando economicamente a estrutura metálica.

3.4 Projeto executivo

Com relação ao dimensionamento da estrutura da estação procurou-se apresentar nesse estudo a ordem de grandeza dos valores de carregamento atuantes, o tipo de sistemas estruturais e de fundação levados em consideração, assim como os equipamentos necessários para cada solução adotada, suas vantagens e desvantagens nesse contexto específico.

3.4.1 Fundações

O PROJETO

O projeto de fundações desse estudo foi realizado por uma das projetistas do consorcio firmado, a partir do edital publicado pela contratante, o Metrô.

Em pesquisas e entrevistas com as projetistas, foi constatado que o sincronismo das etapas de projeto é frequentemente prejudicado pelos prazos impostos aos participantes, devido à característica inadiável quanto ao prazo para a inauguração de obras públicas, ora por motivos políticos ora por necessidade de atendimento a uma demanda crítica.

Na Estação Oratório isso aconteceu conforme a seguir descrito.

Foi realizada uma sondagem simples em pontos distribuídos no trajeto definido previamente. Essa sondagem é realizada através de uma contratação exclusiva do Metrô e não oferece dados suficientes para a definição de um sistema de fundação, ora para a via elevada, ora para a estação, que nessa fase de projeto ainda não tem locação definida.

Numa fase seguinte de detalhamento do projeto básico a contratada já tem meios de realizar por seus próprios recursos as sondagens em pontos de localização definida em projeto, onde serão apoiadas as estruturas efetivamente.

Ao mesmo tempo, o projeto começa a suprir aos projetistas de fundação elementos de dimensionamento dos esforços atuantes e então já é possível descartar sistemas incompatíveis com as cargas presentes.

Sabia-se logo de início que o solo nesse trecho, onde se encontra esse estudo, tem um perfil geotécnico caracterizado por solo de aluvião na superfície, acima de uma camada de aproximadamente 15 metros de solos terciários, apoiados em solo residual, alterado de rocha com eventuais aflorações rochosas (matacões).

No anexo I é possível observar o resultado das sondagens, juntamente com sua programação.

Dessa forma, foi decidido então pela utilização de estacas para a fundação da estação, apesar da presença de matacões, por uma decisão da projetista de correr o risco de ter de mudar a locação de uma estaca caso encontrasse um ponto onde fosse impossível para o equipamento escavar, seja pela presença de matacões ou por solos com SPT muito elevados ($SPT > 50$). Essa alteração na locação pode ser compensada com a geometria do bloco de fundação que solidariza cada grupo de estacas.

O profissional responsável pelo projeto de fundações é o engenheiro geotécnico, que a partir das cargas atuantes e da análise dos parâmetros do solo decidiu o sistema adotado e dimensionou os estacas, com diâmetros utilizados de 0.80m, 1.0m e 1.2m, dependendo do carregamento atuante em cada um dos blocos de fundação.

Para a estrutura principal da estação, nenhum outro sistema de fundação foi considerado, devido à grande atratividade do sistema de estaca, com alta produtividade e custo competitivo.

Complementar a esse sistema utilizou-se também estacas Raiz em pontos fora da estação, onde atuam carregamentos menores, como nos acessos.

Nesses pontos, não se justificava a utilização de estacas devido à incompatibilidade de carga admissível e a estaca Raiz se mostrou a melhor alternativa, de forma unânime, devido à sua capacidade de escavar solos de SPT elevados com presença de matacões.

As cargas nos pilares da estação Oratório foram calculadas em aproximadamente 1.200 toneladas/pilar.

Os carregamentos considerados foram o peso próprio de toda a estrutura, revestimentos, sobrecargas de 500kg/m² em acessos públicos e 1.000kg/m² em salas técnicas e de equipamentos. Em escritórios a carga considerada é de 300kg/m² e o maior carregamento de todos é devido ao trem, contabilizando entre 10 e 15 ton/eixo.

Seus 7 vagões, com 2 eixos cada, somam então um carregamento de 175 toneladas aproximadamente.

OS PARÂMETROS GEOTÉCNICOS

As características do solo na região de nosso estudo partem de uma série de fatores alheios à sua composição.

Por uma questão histórica, relacionada com o planejamento urbano da cidade de São Paulo, praticamente todos os locais onde é possível construir, por exemplo uma via de monotrilho, encontram-se em grandes avenidas, construídas em regiões de várzea, com faixas separadas por córregos que foram canalizados em um determinado momento.

No trecho da continuação da linha 2-Verde do Monotrilho encontra-se enterrada a galeria do córrego da Mooca. Os pilares da via elevada tiveram que "abraçar" a galeria, através de pórticos que suportam a estrutura, mas devido às dimensões da estação, nenhuma interferência foi observada no projeto e execução das fundações.

3.4.2 Sistema estrutural

O SISTEMA ESCOLHIDO

A concepção da estrutura da estação Oratório do monotrilho foi projetada por equipe interna ao Metrô. Por se tratar de um conceito novo em estações, esse layout inicial foi desenvolvido internamente para garantir um resultado mais próximo dos interesses da CMSP.

Inicialmente a estrutura concebida no projeto funcional era em elementos metálicos, mas no início do detalhamento dos projetos pelas empresas projetistas,

durante o projeto básico licitado, foram observadas diversas dificuldades relacionadas com essa solução, já conhecidas no Brasil.

No país não existem fornecedores em quantidade suficiente para a redução do custo de material, e a mão de obra é pouco especializada para construções desse porte, então o sistema em estrutura metálicas, única alternativa ao concreto armado, moldado in loco ou pré-moldado foi descartado e substituído, do projeto funcional para o básico, pois no Brasil, comercialmente o concreto é imbatível, também nas questões de prazo.

Outra característica desse projeto é que seus elementos não são repetitivos como em um edifício comum, o que levou à escolha de se utilizar concreto armado, moldado no local. Estruturas metálicas, de certa forma são muito parecidas com elementos pré-moldados de concreto no que diz respeito à repetição de peças e execução, e esse foi outro motivo que deixou essa alternativa menos interessante, pois a estação tem centenas de dutos, muitas furações, e a moldagem no local simplifica bastante o projeto e a execução dessas estruturas, isso de acordo com Vitor Badra, engenheiro responsável pela estrutura desse edifício.

O sistema estrutural escolhido foi o concreto armado, e o processo executivo foi a moldagem in loco, com exceção das vigas laterais que foram moldadas no solo e então içadas.

3.4.3 Fechamentos

Para fazer o fechamento das estações foram utilizadas principalmente soluções leves em vidro.

Essa escolha foi feita para dar a estação maior leveza. Por ser uma via elevada, o monotrilho muitas vezes é comparado com o “Minhocão” obra viária elevada que trouxe muitos impactos negativos a uma região paulistana (Zona Oeste) e é muito criticada, por isso o Metrô desde o início do projeto se preocupou em dar soluções que não ligassem o monotrilho ao Minhocão.

Nos acessos, os fechamentos são os corrimões das escadarias. Esses são feitos em alvenaria convencional por serem rápidos de serem executados e não necessitarem de mão de obra muito especializada.

Nas passarelas, que ligam os acessos aos mezaninos, os fechamentos são feitos por um reticulado metálico coberto com vidro ou acrílico transparente, garantindo a visão através desses e assim a leveza, garantindo também a proteção do usuário quanto ao vento e outros agentes externos.

Nos mezaninos, os fechamentos foram feitos em vidro em conjunto com parapeitos de metal, que protegem a cortina de vidro.

Nas plataformas, os parapeitos das escadas são em alvenaria como nos acessos, e o fechamento externo é feito diretamente pelas portas de plataforma, uma das vantagens de ser uma estação de plataforma central.

3.4.4 Conclusão da etapa de Projeto Executivo

Quanto a fundações, a análise que pode ser feita é que mesmo nas normas do Metrô, que se baseiam na própria NBR6122, de Projeto e Execução de Fundações, a ordem das atividades de estudo de solo e projeto de fundações foi correta. Mas, a forma de contratação de obras desse porte, com uma aparente falha no seqüenciamento (na ordem) em que os editais foram realizados, impôs às projetistas que o projeto fosse realizado numa ordem inapropriada (incorrecta), que levou a retrabalhos, atrasos no cronograma da obra além da maior possibilidade de tomada de decisões equivocadas, enquanto não fossem conhecidos todos os parâmetros geotécnicos necessários.

Já quanto ao sistema estrutural escolhido, concreto armado, essa solução adotada pareceu correta, sob o ponto de vista de viabilidade econômica e pela logística necessária para a execução, procurando o mínimo de interrupções de trânsito local. A execução da estrutura em concreto armado moldado in loco utiliza equipamentos mais simples, mão de obra mais barata, além de permitir eliminação de interferências durante a execução.

Por fim, quando aos fechamentos, de fato, em entrevistas com projetistas e técnicos do Metrô, foi relatado diversas vezes que a empresa busca desassociar o monotrilho com o "Minhocão", devido ao estigma de obra pesada, que prejudica e degrada a área onde é implantado.

Foi buscado então formas de minimizar a interferência da estação na paisagem local, utilizando-se materiais e formas diferentes como contrapartida aos impactos visuais claramente gerados pela estação.

3.5 Obra

A seguir estão apresentados algumas fotos de equipamentos e etapas da obra da estação Oratório e seus acessos (Figuras 30 até 32).



Figura 30 - Perfuratriz para execução do estação



Figura 31 - Execução dos pilares da estrutura



Figura 32 - Instalação dos primeiros elementos metálicos da cobertura

4 CONCLUSÃO

O principal objetivo desse estudo foi identificar os principais elementos envolvidos no projeto de uma estação de monotrilho, suas etapas, dificuldades e aprendizados adquiridos nesse processo, assim como analisar de forma crítica as soluções adotadas pelo Metrô e pelas projetistas, diante das condições que lhe foram impostas.

Espera-se que esse trabalho estimule a reflexão sobre o modo como é concebido hoje um sistema de monotrilho, especificamente em uma de suas estações, além de apontar a falta de bibliografia especializada no país.

4.1 Método

Buscou-se levantar todas as etapas do projeto dessa estação "típica", como passou a ser chamada, uma vez que não foi possível projetar uma estação "tipo", devido a diversos fatores como locação, posicionamento de acessos e impactos ambientais, que fazem de cada estação dessa linha um projeto diferenciado, que mantém características impostas comuns.

Foram comparadas e analisadas, de forma criteriosa, as normas e manuais existentes na bibliografia atual sobre como deve ser concebido e executado um projeto desse porte, através de consulta a manuais próprios do Metrô e como aconteceu de fato para que esse empreendimento fosse concretizado.

Foram identificadas as dificuldades encontradas e os aprendizados decorrentes através de levantamento de documentação em entrevistas com profissionais especialistas das empresas responsáveis de cada etapa desse projeto.

4.2 Resultados

Acredita-se que o principal objetivo desse estudo foi atingido, mesmo que parcialmente. Conseguiu-se identificar os principais elementos envolvidos em uma estação de monotrilho, levantar suas etapas principais de projeto e analisá-los sob o ponto de vista de engenharia.

O projeto anteriormente concebido pela SPTrans permitia a utilização de estações Tipo pois é imposto um limite nas estações de BRT em termos de demanda máxima, o que não ocorre nas estações Típicas do Metrô, pois não existe a imposição de um limite de capacidade para atender a demanda pelo monotrilho. Como o projeto foi “herdado” da SPTrans atributos já haviam sido definidos para as estações Tipo e que tiveram que ser trabalhados (talvez de forma não apropriada) para que esses fossem aproveitados nas estações Típicas do Metrô.

Foi observado que a execução da obra de uma estação de monotrilho não é uma tarefa excepcional. Associar o cronograma de obra com a interrupção de tráfego devido ao tamanho de alguns dos equipamentos e peças é uma das poucas dificuldades que a diferenciam de edifícios convencionais.

No projeto, contudo, houve muito a se observar. A Linha 2 do Monotrilho, primeira em implantação no Brasil, não tem referência nacional e há poucas no exterior de igual porte, ou seja, em termos de demanda atendida. Essa linha foi dimensionada para uma demanda muito acima dos sistemas de Monotrilho existentes, por exemplo o tamanho da composição, de 7 carros, capazes de transportar aproximadamente 1.000 passageiros não é usual entre os sistemas existentes atualmente no mundo.

A operação desses trens, com um headway esperado de 90 segundos, exige um grau de automação, que juntamente com os outros sistemas auxiliares para o funcionamento dos equipamentos da estação, gera a necessidade de pisos técnicos para passagem de cabos, espaços para manutenção e áreas específicas que aumentam muito o grau de complexidade de um projeto de estação.

As projetistas que constituem o consórcio deveriam trabalhar em sincronia, mas nesse estudo notou-se que essas tiveram que desenvolver seus projetos paralelamente e não de forma sequencial. Como consequência a ordem de algumas atividades foi invertida, gerando retrabalhos devido ao cronograma de editais e licitações.

Como exemplo, foi relatado que o projeto executivo da Estação Oratório estava sendo feito sem saber ao certo algumas dimensões do material rodante, que varia entre fornecedores participantes do edital, assim como a questão do

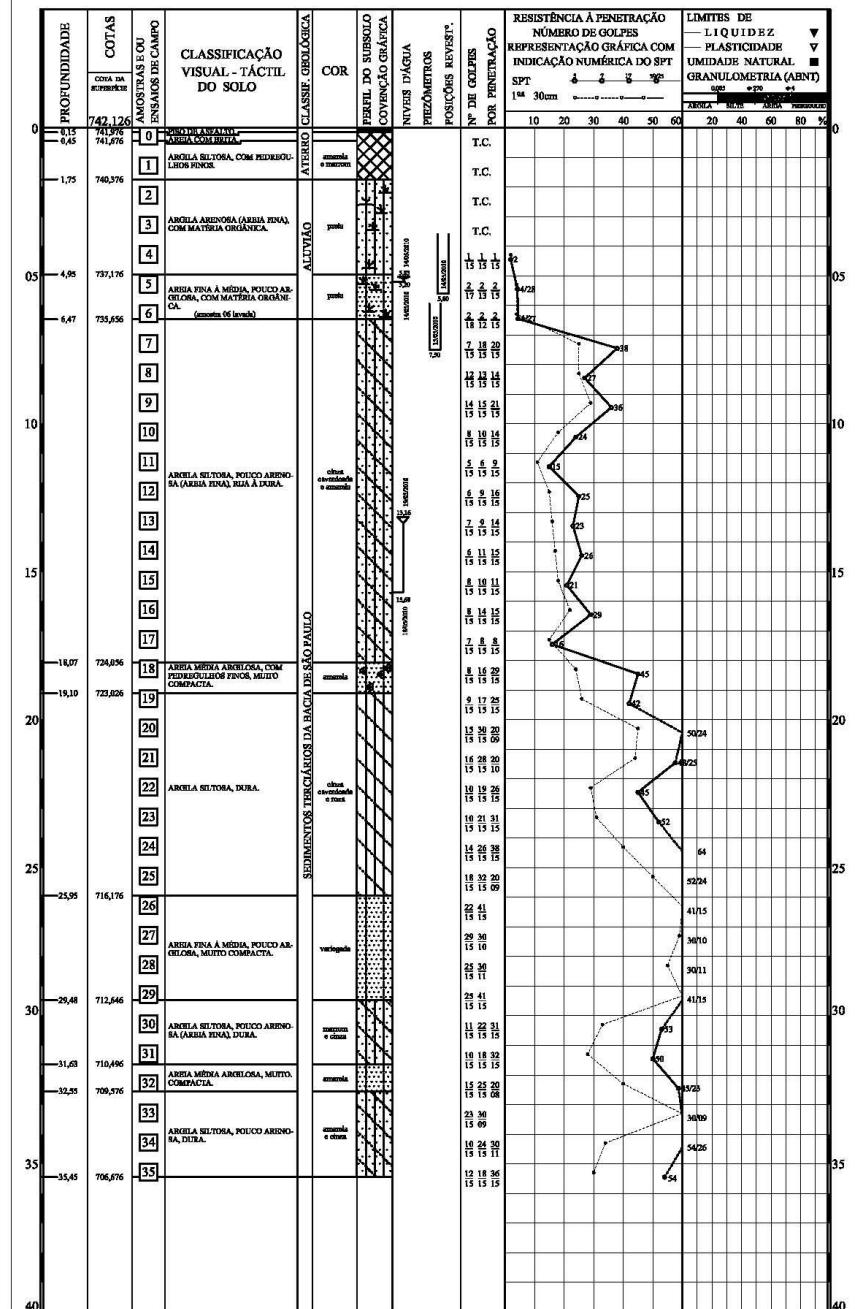
desenvolvimento do projeto de fundações ter acontecido ainda sem dados importantes de sondagens mais detalhadas.

5 ANEXOS

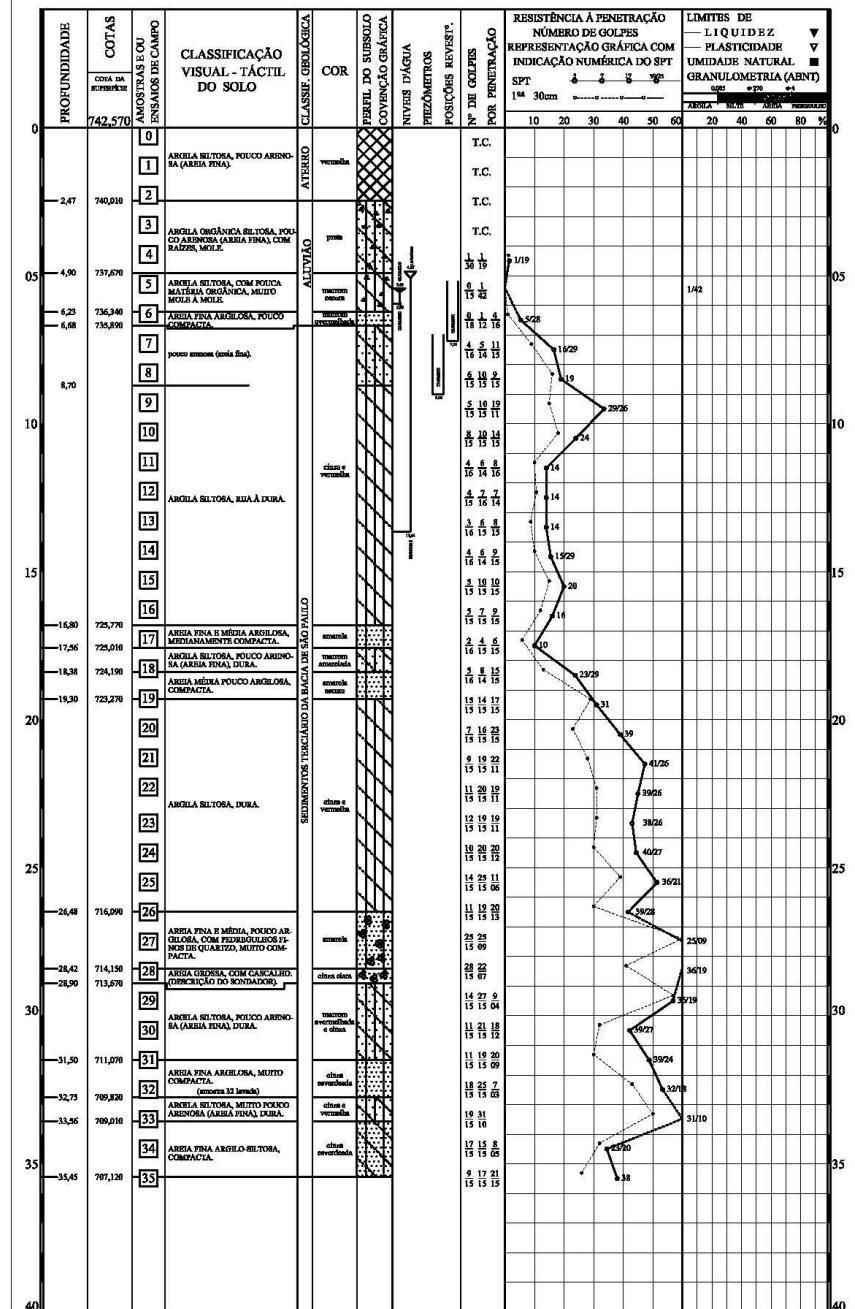
5.1 Anexo I – Sondagens Estação Oratório

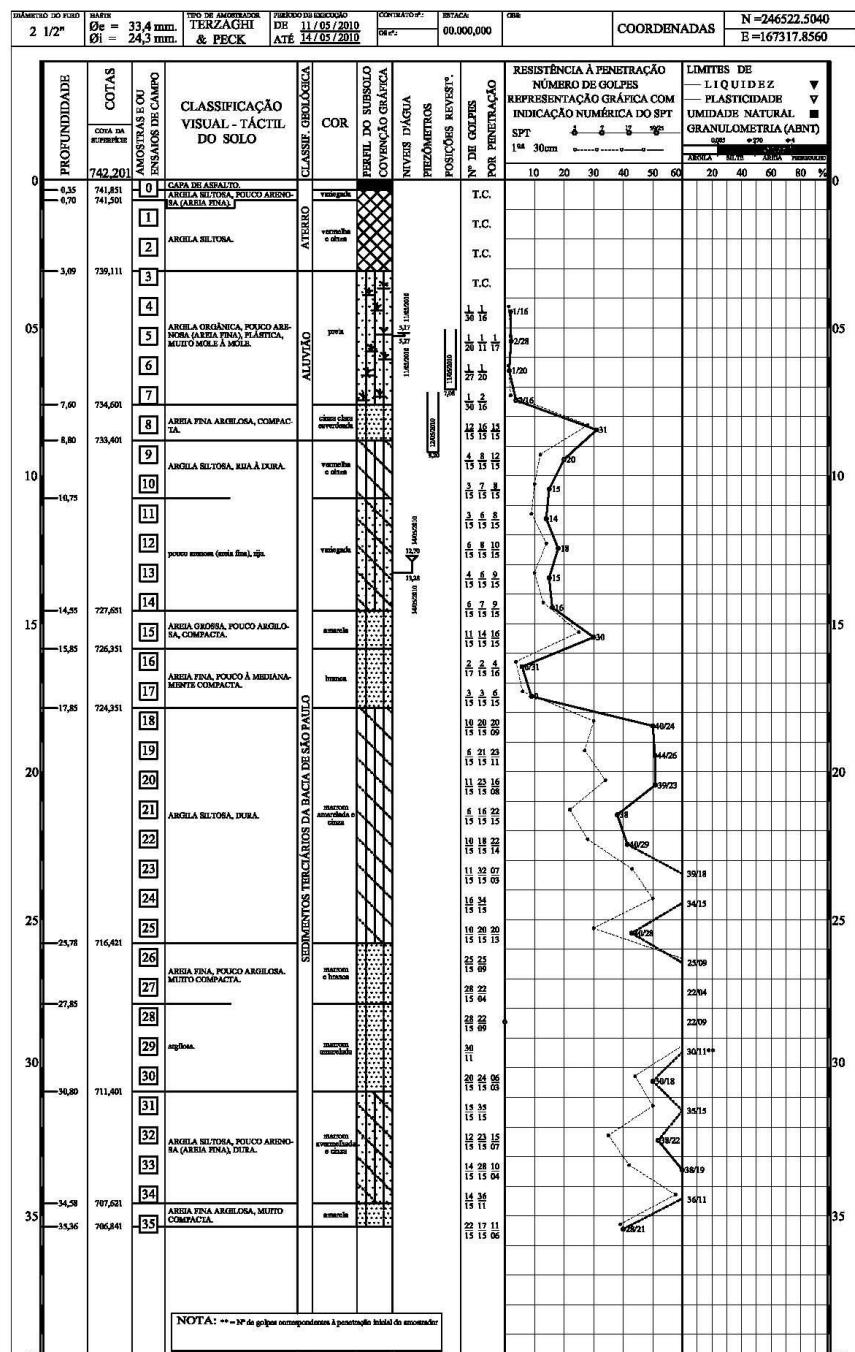


| DIÂMETRO DO FUND | MARÉ | TIPO DE AMOSTRADOR | PERÍODO DA MEDIDAÇ | CONTRATANTE | DATA | COORDENADAS |
|------------------|--------------------------------|--------------------|---------------------------------|-------------|------|----------------------------------|
| 2 1/2" | Øe = 33,4 mm. Øi = 24,3 mm. | TERZAGHI & PECK | DE 14/05/2010 ATE 19/05/2010 | 00.000,00 | | N =246516.5180 E =167291.1410 |

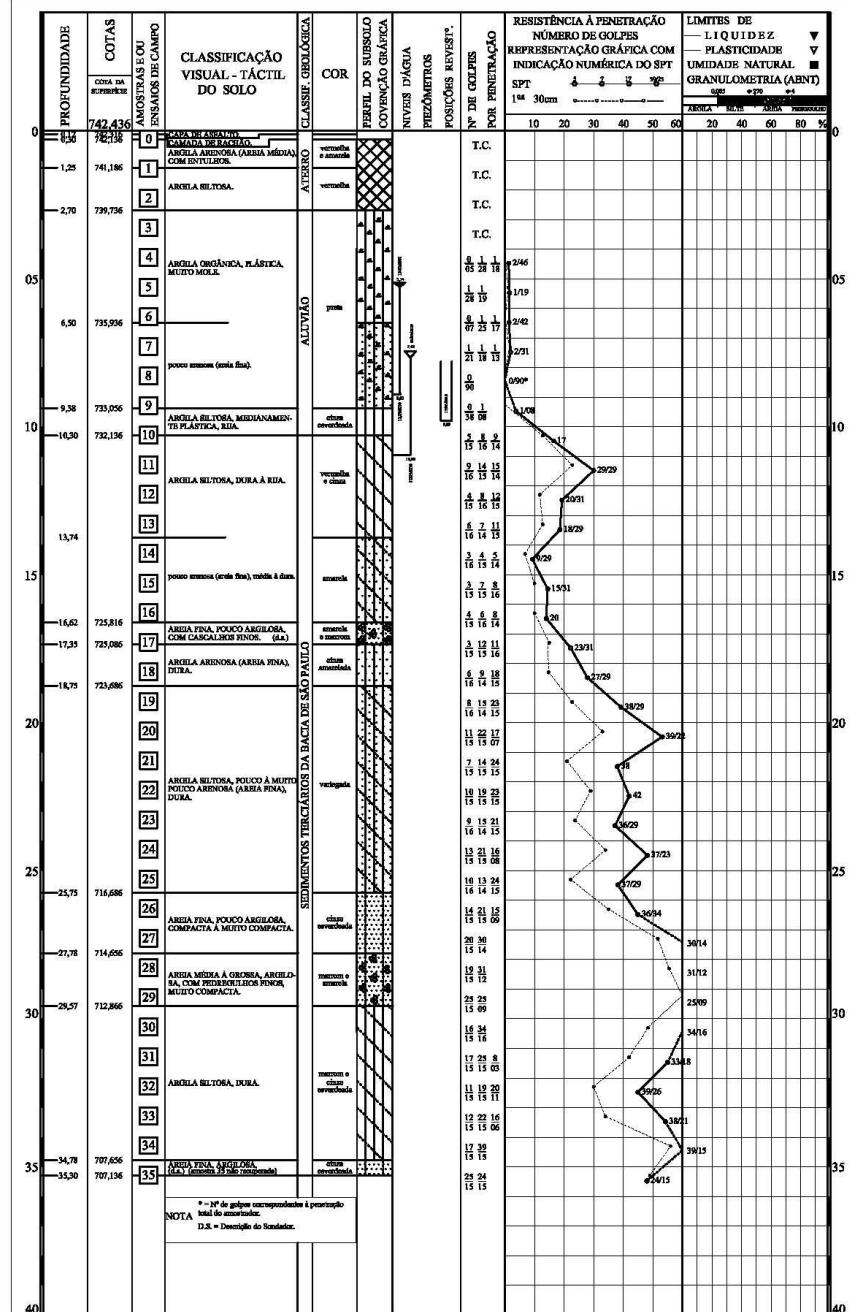


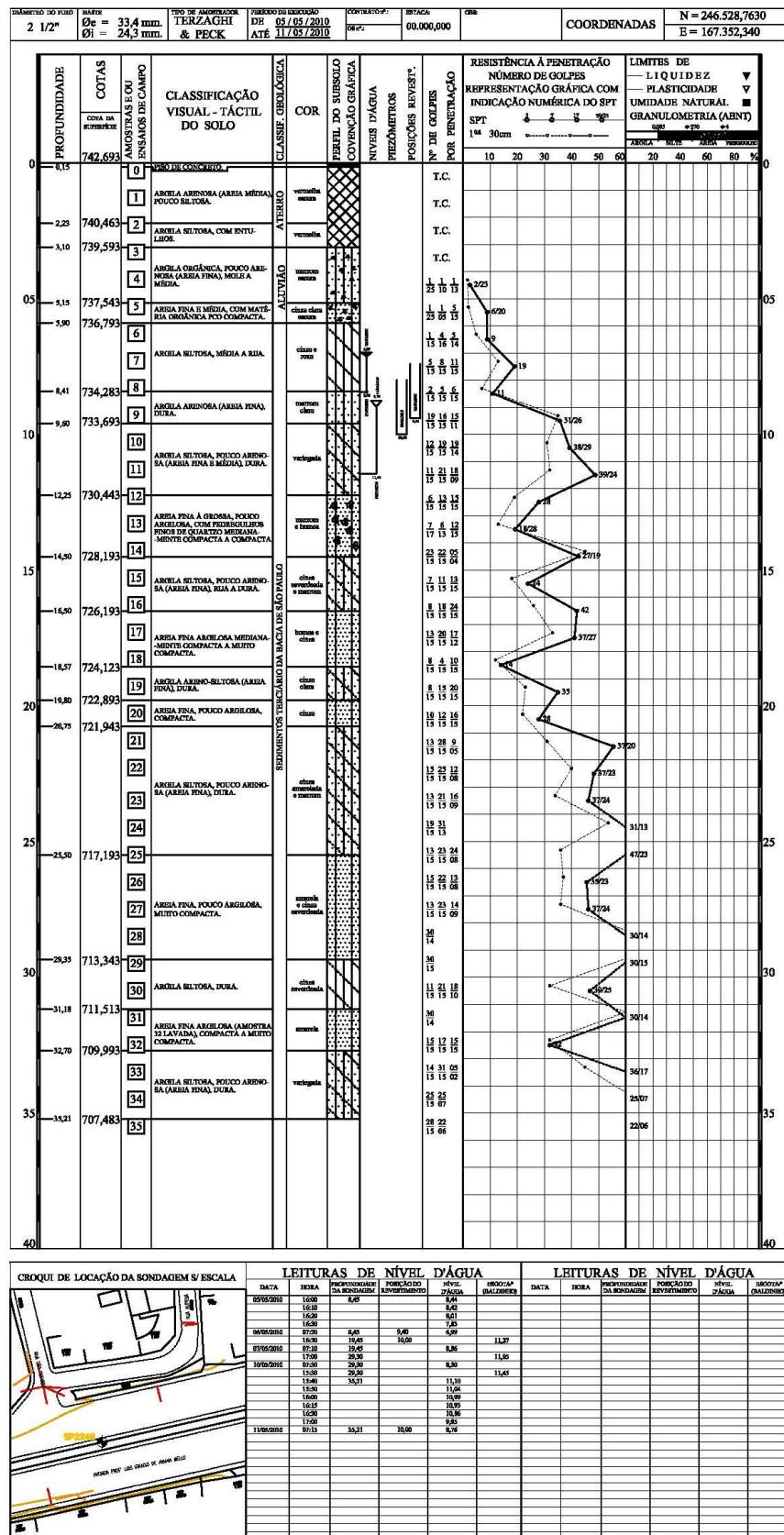
| DIÂMETRO DO FUND | MATERIAL | TIPO DE AMORTIZADOR | PÉRIODO DA MEDIDAÇ | CONTRATANTE | ESTACA | DATA | COORDENADAS |
|------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------------------|-------------|------------|------|--------------------------------|
| 2 1/2" | Øe = 33,4 mm. Øi = 24,3 mm. | TERZAGHI & PECK | DE 02/06/2010 ATE 10/06/2010 | | 00.000,000 | | N-246511.7150 E=167292.4130 |

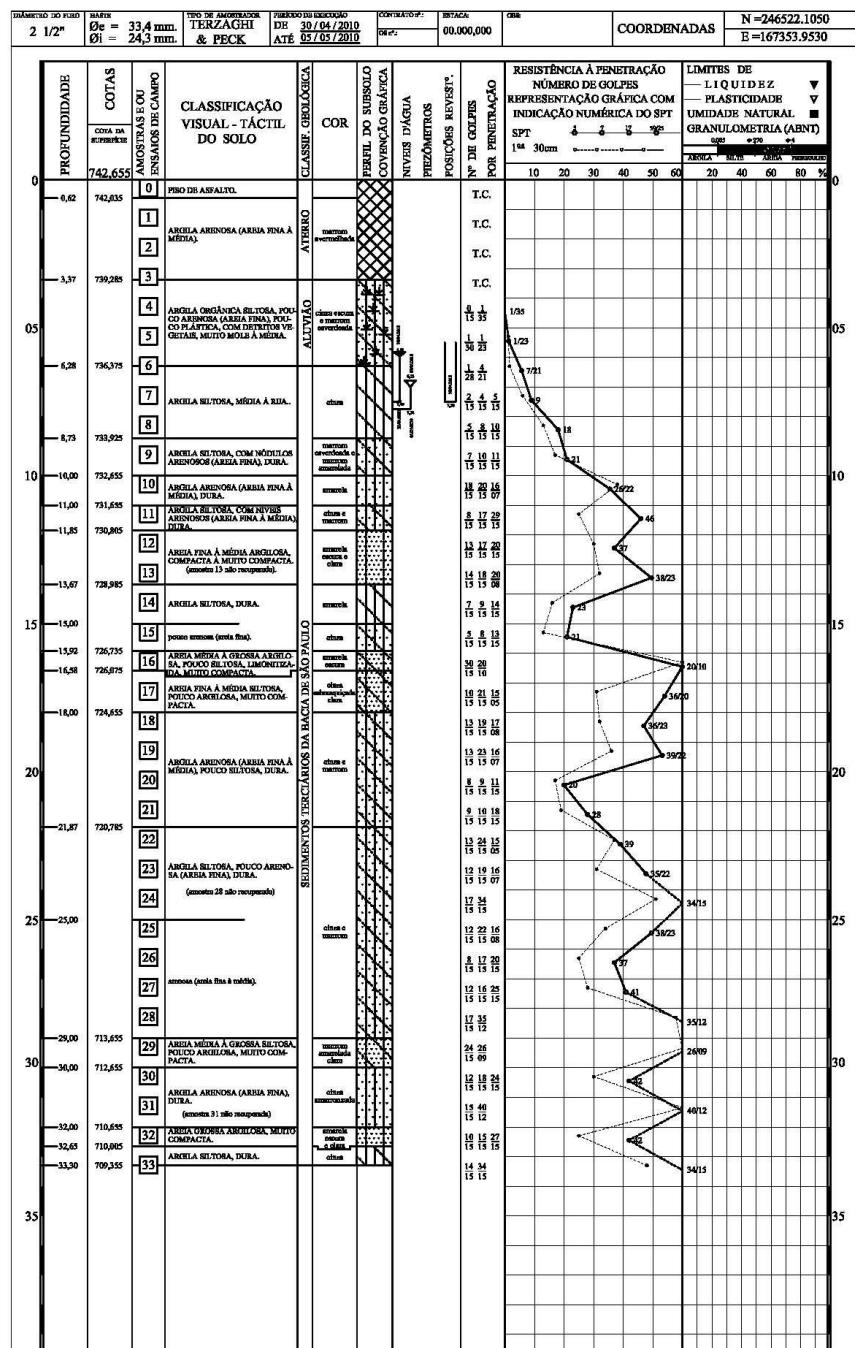




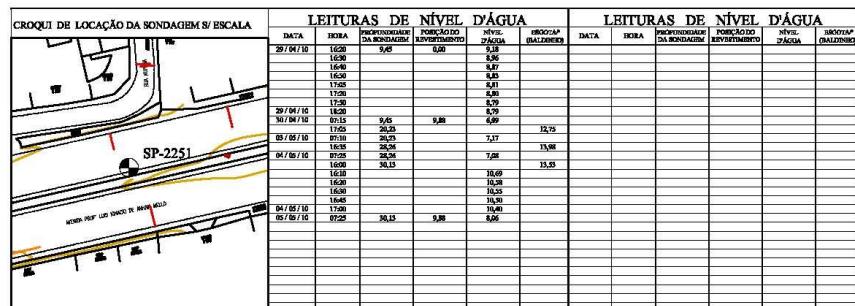
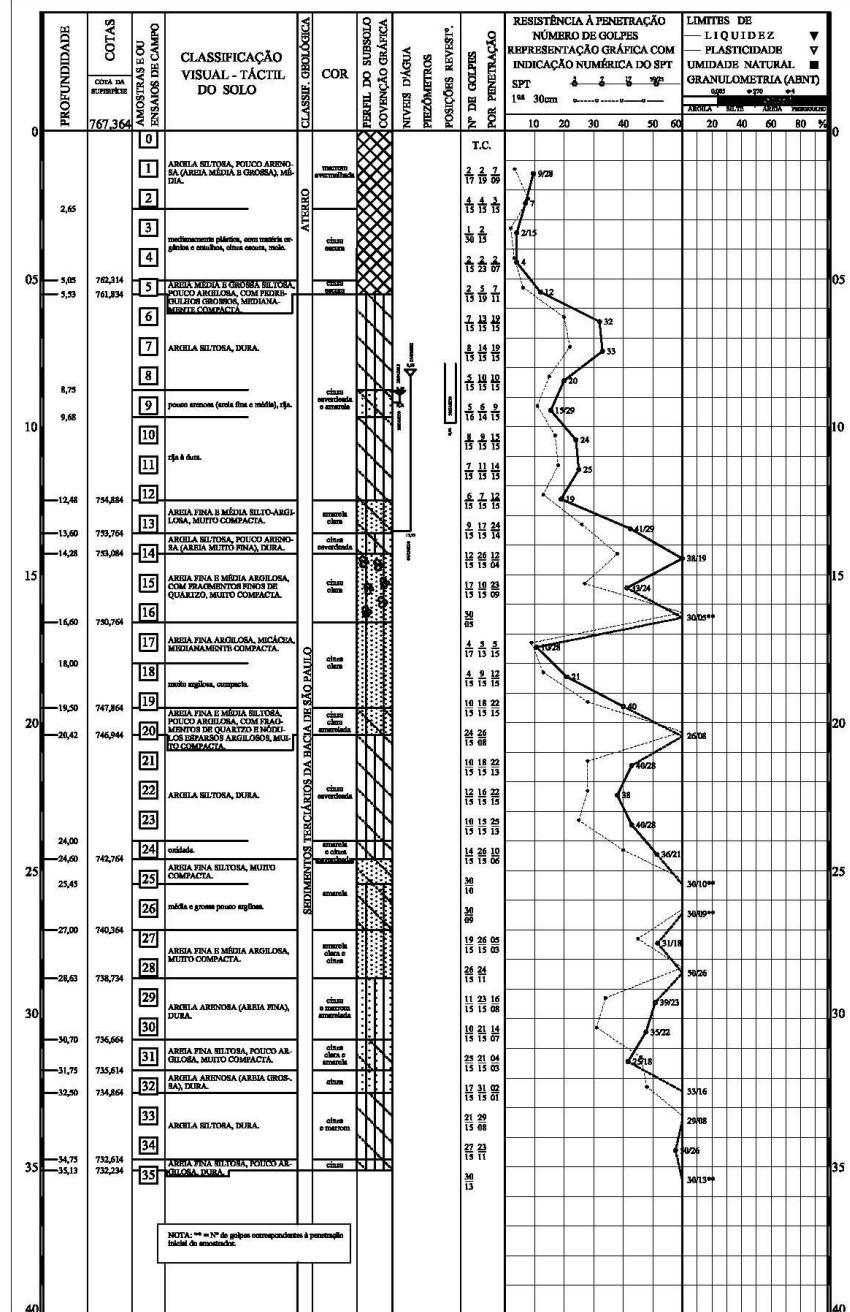
| | | | | | | | | |
|-----------------|--------------------------------|-------------------|------------------------------|------------|-----------|------|-------------|---------------|
| DIÂMETRO DO FUD | BAIXO | TIPO DE AMORTIDOR | PERÍODO DA EXECUÇÃO | CONTRATO#: | ESTACA: | QTB: | COORDENADAS | N=246514.2800 |
| 2 1/2" | Øe = 33,4 mm. Øi = 24,3 mm. | TERZAGHI & PECK | DE 12/05/2010 ATÉ 18/05/2010 | 0012 | 00.000,00 | | | E=167320.1340 |







| | | | | | | | | |
|--------------------|--------------------------------|---------------------|------------------------------|--------------|------------|------|-------------|-----------------|
| DIÂMETRO DO FURADO | NÚMERO | TÍPO DE AMORTECEDOR | PÉRIODO DE INSCRIÇÃO | CONTROLE N.º | ESTACAS | OBRA | COORDENADAS | N = 246536,4040 |
| 2 1/2" | Ge = 33,4 mm. Gf = 24,3 mm. | TERZAGHI & PECK | DE 29/04/2010 ATÉ 05/05/2010 | Ge=2 | 00.000,000 | | | E = 167378,9620 |



| | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|--------|----------|---------------|--------------------|-----------------|---------------------|-------------------|-----------|--|---------|------------|-------|--|-------------|------------------------------------|
| DIA MÊS ANO | MAR/10 | DATA | 06/05/2010 | TIPO DE AMOSTRAGEM | TERZAGHI & PECK | PERÍODO DE EXECUÇÃO | DE ATÉ 14/05/2010 | CONTROLE: | | INÍCIO: | 00.000.000 | OBRA: | | COORDENADAS | N = 246528.0220 E = 167380.6210 |
| DIÂMETRO DO KILO | 2 1/2" | DIAMETRO | Øe = 33,4 mm. | DIAMETRO | Øi = 24,3 mm. | DIAMETRO | DE ATÉ 14/05/2010 | CONTROLE: | | INÍCIO: | 00.000.000 | OBRA: | | COORDENADAS | N = 246528.0220 E = 167380.6210 |

PROFOUNDIDADE

COTAS

AMOSTRAS E OU ENSAOS DE CAMPÔ

CLASSIFICAÇÃO VISUAL - TÁCTIL DO SOLO

CLASSE GEOLOGICA

COR

PERFIL DO SUBSOLO

COVENÇÃO GRÁFICA

NUVENS D'AGUA

PREÂMETROS

POSIÇÕES REVEST.

IV DE GRUPOS

FOR. PENETRAÇÃO

RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO

NÚMERO DE GOLPES

REPRESENTAÇÃO GRÁFICA COM INDICAÇÃO NUMÉRICA DO SPT

SPT

1^{ta} 30cm

LIMITES DE

LÍQUIDEZ

PLASTICIDADE

UMIDADE NATURAL

GRANULOMETRIA (ABNT)

ANALISE

ANALISE

ANALISE

0

0,39

2,87

4,21

05

9,15

12,85

15,00

14,95

20

21,00

21,92

23,73

25,57

28,00

28,85

30,00

31,00

32,93

35,12

40

742.596

742.206

739.726

738.386

733.446

729.746

725.646

720.636

718.866

742.596

713.757

709.666

707.476

NOTA

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0,39

2,87

4,21

05

9,15

12,85

15,00

14,95

20

21,00

21,92

23,73

25,57

28,00

28,85

30,00

31,00

32,93

35,12

40

742.596

742.206

739.726

738.386

733.446

729.746

725.646

720.636

718.866

742.596

713.757

709.666

707.476

NOTA

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

30

40

50

60

0

20

40

60

80

0

10

20

<



6 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR-6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. 2003.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR-6122: Projeto e execução de fundações. 2010.

ALVA, Gerson Moacyr Sisniegas. Concepção Estrutural de Edifícios em Concreto Armado, Rio Grande do Sul, UFSM, Apostila Disciplina ECC1008 - Estruturas de Concreto

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, Fundação - Manual de Estruturas, s.d..

BARROS, Mercia Mari S.; FRANCO, Luiz Sérgio Franco; SABBATINI, Fernando H.. Tecnologia de Vedações Verticais. Apostila Disciplina PCC2435

BARROS, Mercia. Fundações. São Paulo, EPUSP, Apostila Disciplina PCC2435 - Tecnologia da Construção de Edifícios I, 2003.

FABRÍCIO, Márcio M. Fundações. São Paulo, EESC, Apostila Disciplina SAP0653 - Tecnologia das Construções II, s.d..

FRUCHTENGARTEN, Júlio. Sistemas Estruturais de Edifícios. São Paulo, EPUSP, Apostila, Disciplina PEF2402 - Estruturas Metálicas e de Madeira

GUAZZELLI, Cauê Sauter. Contribuição ao dimensionamento e à avaliação operacional de terminais urbanos de passageiros metroviários e ferroviários. Dissertação (Mestrado) – Escópia Politécnica da Universidade de São Paulo, 2011.

LOPES, Simone Becker. Efeitos da dependência espacial em modelos de previsão de demanda por transporte. Dissertação (Mestrado) – Escópia de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2005.

METRÔ de São Paulo – Tecnologias – Obrar – Monotrilho Linha 2 Verde. <http://www.metro.sp.gov.br>, acesso em maio 2012 até julho 2012.

METRÔ de São Paulo. Empresa - Memória Metrô. www.metro.sp.gov.br, acesso em maio 2012 até julho 2012.

METRÔ de São Paulo. IP-9.00.00.00/1A0-001: Diretrizes de concepção civil para metrô – Sistema Monotrilho. 2008.

METRÔ de São Paulo. IP-9.00.00.00/1B1-004: Diretrizes para elaboração de projeto de arquitetura Metrô Leve. 2008.

METRÔ de São Paulo. IP-9.00.00.00/1N3-001: Diretrizes para elaboração de projeto de urbanização e paisagismo. 2008.

METRÔ São Paulo. RT-2.00.00.00/0V5-012: Linha 2-Verde Trecho Vila Prudente – Cidade iradentes. Diretrizes básicas de projeto. 2009.

Prefeitura de São Paulo. Secretarias – Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. <http://www.prefeitura.sp.gov.br>, acesso maio 2012 até julho 2012.

Prefeitura de São Paulo. Secretarias – Secretaria Municipal de Planejamento, Orçamento e Gestão. <http://www.prefeitura.sp.gov.br>, acesso maio 2012 até julho 2012.

Prefeitura de São Paulo. Secretarias - Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. <http://www.prefeitura.sp.gov.br>, acesso maio 2012 até julho 2012.

PRIME engenharia. , RT-2.00.00.00/8N4-011: Estudo de Impacto Ambiental (EIA) – Linha 2 Verde – Trecho Oratório – Cidade Tiradentes. 2010.

PRIME engenharia. RT-2.00.00.00/8N4-012: Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) – Linha 2 Verde – Trecho Oratório – Cidade Tiradentes. 2010.

SPTrans – Geoprocessamento, modelos de demanda e simulação de redes de transporte - Apresentação Disciplina PTR2355, 2012.