Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo

TIAGO CARVALHO OAKLEY

Arquitetura das estações de conexão na rede de metrô de São Paulo

São Paulo 2017

Arquitetura das estações de conexão na rede de metrô de São Paulo

Tiago Carvalho Oakley

Orientadora Prof. Dra. Anália Maria Marinho de Carvalho Amorim

Dissertação de mestrado apresentada à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo

Área de concentração: Projeto de Arquitetura

EXEMPLAR REVISADO E ALTERADO EM RELAÇÃO À VERSÃO ORIGINAL, SOB RESPONSABILIDADE DO AUTOR E ANUÊNCIA DA ORIENTADORA.

O original se encontra disponível na sede do programa.

São Paulo, 30 de maio de 2017

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

e-mail: tiago.oakley@gmail.com

Catálogo na Publicação
Serviço Técnico de Biblioteca
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo

-
- O11a   Oakley, Tiago Carvalho
Arquitetura das estações de conexão na rede de metrô de São Paulo / Tiago Carvalho Oakley ; orientadora Anália Maria Marinho de Carvalho Amorim - São Paulo, 2016.
209p.: il.
- Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Área de concentração: Projeto da Arquitetura
1. Projeto de Arquitetura. 2. Estações Metroviárias. 3. Arquitetura Subterrânea. 4. Metro - São Paulo (sp). 5. Arquitetura de Infraestrutura. 6. Companhia do Metropolitano de São Paulo. I. Amorim, Anália Maria Marinho de Carvalho, orient. II. Título.
-

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome:

OAKLEY, Tiago Carvalho

Título:

Arquitetura das estações de conexão na rede de metrô de São Paulo

Dissertação de mestrado apresentada à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo

Área de concentração: Projeto de Arquitetura

Aprovado em: ____/____/____

Banca examinadora

Prof. Dr.

Instituição

Julgamento

Prof. Dr.

Instituição

Julgamento

Prof. Dr.

Instituição

Julgamento

Dedico este trabalho ao meu filho Joaquim

Agradecimentos

À Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, por me propiciar a formação na graduação e agora em mais esta etapa.

À Anália Amorim, pela orientação preciosa e pela confiança depositada.

A todos os funcionários e aos professores da pós graduação, em especial Andreína Nigriello e Helena Ayoub, pelas contribuições fundamentais na banca de qualificação.

Aos colegas da pós-graduação, com quem pude conviver nestes meses de pesquisa, especialmente Murilo Gabarra, pelas ótimas conversas sobre o metrô.

À toda equipe da Companhia do Metropolitano de São Paulo, em especial ao Departamento de Concepção de Arquitetura, pelo acesso aos arquivos de projetos; à Coordenadoria Técnica de Estudos e Informação, pelos dados disponibilizados via Serviço de Informação ao Cidadão e aos funcionários da Biblioteca Neli Siqueira, pelo atendimento preciso e paciente.

À Secretaria dos Transportes Metropolitanos e à Companhia Paulista de Trens Metropolitanos, pelos dados disponibilizados através do Serviço de Informação ao Cidadão.

Aos colegas de profissão que me auxiliaram na busca por informações e com quem tive importantes conversas sobre a pesquisa; Bruno Valente, Fabio Martini, Roberto Mcfadden e Rodrigo Guedes.

A todos os profissionais com quem pude trabalhar na área de arquitetura e transportes, com quem muito aprendi, principalmente Antônio Santana, Arlindo Fernandes, Klara Kaiser e Wilson Bracetti.

Aos companheiros de jornada no escritório, que sempre trocaram comigo ricas sabedorias e pacientemente aguardaram o retorno do sócio: André Sant'Anna, Anelise Bertolini, Gabriel Manzi, Ivo Magaldi, João Miguel Silva, Leonardo Kliss e Luiz Florence. Em particular a Lucas Girard e Luís Pompeo, por compartilharem também a jornada ao longo do mestrado. E em especial a Moreno Zaidan, pelas ótimas conversas e contribuições fundamentais nas etapas finais do trabalho.

Aos familiares e amigos, em especial aos meus pais, Cristina e Malcolm, que sempre me apoiaram e incentivaram.

À Ana, minha companheira em todos os momentos, pelo apoio e paciência; e ao pequeno Joaquim, que nasceu nos primeiros meses desta pesquisa e se tornou minha maior inspiração para seguir adiante.

Esta pesquisa foi desenvolvida com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CPNq no seu último trimestre.

“As pessoas sonham e o metrô corre.”

Dong-Jun Shin, 2003.

Resumo

OAKLEY, Tiago Carvalho. Arquitetura das estações de conexão na rede de metrô de São Paulo. 2017. 209 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

O presente trabalho tem como objeto de estudo a arquitetura das estações de conexão entre linhas metroviárias na Região Metropolitana de São Paulo. Foram analisados os seis casos em operação tendo como aspecto central a transferência de pessoas entre as linhas nos espaços construídos subterrâneos. Na investigação dos processos de configuração destes espaços foram também analisados os métodos construtivos e os resultados na recomposição da superfície, assim como as transformações dos projetos nas suas diferentes fases. A partir da identificação de relações estruturais entre a organização da rede de transporte e as demandas de passageiros, presentes no desenvolvimento da arquitetura das estações, foi também apresentada uma reflexão a respeito do histórico de planejamento e construção desta rede e suas perspectivas de expansão.

Palavras-chave: Estações Metroviárias. Arquitetura Subterrânea. Metrô - São Paulo (SP). Arquitetura de Infraestrutura. Companhia do Metropolitano de São Paulo. Projeto de Arquitetura.

Abstract

OAKLEY, Tiago Carvalho. *Architecture of the transfer stations in the subway network of São Paulo*. 2017. 209 p. Dissertation (Master Degree) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

The present research has as object of study the architecture of the transfer stations between subway lines in the Metropolitan Area of São Paulo. The six cases in operation were analysed having, as a central aspect, the transfer of people between the lines in the underground built spaces. In the investigation of these configuration spaces processes, the constructive methods and the recomposition of the surface results were also analysed, as well as the transformations of the projects in their different phases. From the structural relations identification between the transport network and the passengers demands, which are present in the development of the architecture of the stations, a reflection was also presented concerning this network planning and construction history as well as its prospects of expansion.

Keywords: Metro Stations. Underground Architecture. Metrô - São Paulo (SP). Infrastructure Architecture. Companhia do Metropolitano de São Paulo. Architectural Design.

Sumário

Introdução 17

1. As estações de conexão e as perspectivas de expansão da rede metroviária da RMSP 21

- 1.1 Transporte metroviário como organizador do espaço urbano 21
- 1.2 Parâmetros espaciais para uma rede futura 24
- 1.3 Complexidade e conectividade nas redes de transporte 27
- 1.4 Rede Densa e Rede Aberta (PITU 2020) 34
- 1.5 Parâmetros técnicos e socioeconômicos da rede futura da RMSP 37
- 1.6 Cenários para a rede futura da RMSP 54
- 1.7 As estações de conexão metroviária na rede atual e em projeto 62
- 1.8 Considerações 70

2. Arquitetura das estações de conexão na rede de metrô de São Paulo 73

- 2.1 Programa 73
- 2.2 Estruturas e métodos construtivos 75
- 2.3 A reconstrução da superfície 77
- 2.4 Os fluxos nas estações e parâmetros para análise 79
- 2.5 A expansão inicial da Rede Básica do Metrô e as estações de conexão 85

3. Estudos de caso da RMSP 89

- 3.1 SÉ 93
- 3.2 PARAÍSO 107
- 3.3 ANA ROSA 121
- 3.4 CONSOLAÇÃO x PAULISTA 135
- 3.5 REPÚBLICA 151
- 3.6 LUZ 167
- 3.7. Análise comparativa dos estudos de caso e considerações 185

Considerações finais 196

Referências 198

Anexos 202

Introdução

Este trabalho partiu do interesse em investigar a arquitetura das edificações que configuram as conexões entre linhas de transporte de alta capacidade na Região Metropolitana de São Paulo.

É inegável a urgente necessidade de ampliação da infraestrutura de transportes em diversas cidades brasileiras, sobretudo em aglomerações urbanas altamente populosas como é o caso de São Paulo. A partir da segunda metade do século XX, com priorização do transporte rodoviário individual, tivemos décadas marcadas por baixos investimentos em transportes sobre trilhos no Brasil.

Somente o modo metroferroviário reúne as características que permitem o transporte coletivo metropolitano de alta capacidade, caracterizado por dois aspectos principais. Em primeiro, a segregação viária total, liberando o sistema da interferência de outros modos de transporte. Em segundo, o uso de tecnologias que permitam a operação com velocidades médias adequadas ao tipo de serviço, compatíveis com a capacidade e intervalo dos trens (VUCHIC, 2005). As capacidades podem ser medidas pelo número de pessoas que passam por um ponto da via em cada sentido e em um determinado intervalo de tempo, em geral *passageiros por hora e por sentido*. Isoda (2014, p. 34) compilou um resumo das faixas de capacidade principais, que permitem a divisão em transportes de baixa, média e alta capacidade. As vias de automóvel possuem capacidade para aproximadamente 1.300 pphps, considerados 1,3 passageiros por veículo. Já para ônibus, pode variar entre os limites de 12.000 pphps para vias normais e até 28.000 pphps para sistemas segregados. Com aproximadamente a

mesma largura livre, uma faixa ferroviária pode atingir entre 40.000 e 80.000 pphps (ISODA, 2014, p. 34).

Figura 1 - Faixas de capacidade dos sistemas de transporte coletivo.
Fonte: Isoda, 2014, p.34.

O sistema de alta capacidade sobre trilhos tem interesse fundamental por permitir que os maiores deslocamentos metropolitanos sejam realizados com menor tempo. Com isso, deve ser o estruturador da rede de transportes, dando forma aos demais sistemas, além de interferir também estruturalmente na organização espacial das cidades.

Um projeto de rede de transportes deve ser fundamentado em diversos cruzamentos entre as linhas, nós de conexão e articulação dos diversos fluxos de passageiros. A arquitetura das estruturas espaciais de conexão é, portanto, essencial para o bom funcionamento da rede, desde o processo de planejamento inicial à execução das obras. No atual plano de expansão da rede de São Paulo é previsto um aumento significativo no

número de linhas e, conseqüentemente, no número de conexões¹.

Ao longo de 2014 foram realizadas mais de 2,9 bilhões de viagens² pelo sistema de trens e metrô no Brasil. Deste total, mais de 1,89 bilhão de viagens foram realizadas na RMSP nos sistemas do Metrô, CPTM³ e ViaQuatro. Ainda que a RMSP concentre praticamente dois terços de todo o sistema de transporte urbano sobre trilhos do país, sua rede está muito aquém da dimensão necessária. Investimentos constantes e em ritmo muito superior ao atual são urgentes para melhorar as condições de acessibilidade da população. Por outro lado, as experiências da RMSP podem ser consideradas como referências nacionais no transporte metroferroviário.

A malha ferroviária da CPTM tem papel fundamental para configurar, em conjunto com as linhas de metrô, a rede de transportes de alta capacidade de São Paulo. As linhas ferroviárias transportaram nos últimos anos um número de passageiros próximo a dois terços da rede de Metrô (STM, 2015) e passaram por um processo de modernização da infraestrutura e trilhos relativamente recente⁴. Entretanto, ainda há diferenças significativas no tipo de serviço oferecido entre a CPTM e o

Metrô (distância entre estações, intervalo dos trens, velocidade, confiabilidade, nível de segregação e interferência na cidade). A partir desta consideração, e dos limites de viabilidade deste trabalho, foi estabelecido como recorte de análise, dentre os sistemas de alta capacidade, o estudo das estações da rede metroviária, projetada e operada pela Cia do Metropolitano de São Paulo⁵. Dadas as limitações de acesso aos projetos em andamento da CMSP⁶ e consideradas as possibilidades de enriquecimento das análises a partir das edificações em uso, foram selecionadas como estudos de caso as seis estações em operação que fazem a conexão⁷ entre linhas de metrô: Sé, Paraíso, Ana Rosa, Consolação – Paulista, República e Luz.

Esta pesquisa, portanto, se concentra no estudo da arquitetura das edificações que correspondem a estes pontos nodais nas redes de transporte metropolitano de alta capacidade, que chamaremos de *estações de conexão*.

As estações de transporte metropolitano podem apresentar diferentes características físicas de organização e implantação: estações enterradas, estações de superfície, estações elevadas ou estações mistas, que se configuram através da combinação de duas ou mais soluções de

¹ Plano Atualização da Rede Metropolitana de Alta e Média Capacidade de Transportes da RMSP, da Secretaria de Transportes Metropolitanos. Ver STM (2013)

² Dados do Balanço do Setor Metroferroviário de Passageiros 2014/2015, publicado pela Associação nacional dos Transportadores de passageiros sobre Trilhos (ANPTrilhos) em abril de 2015.

³ Companhia Paulista de Trens Metropolitanos

⁴ Segundo o histórico apresentado pela própria companhia, as obras de modernização se intensificam a partir de 1998 quando a CPTM assume a operação das linhas da FEPASA e CBTU. Em 2005 é assinado o convênio entre Estado e Município de São Paulo para implantação do Bilhete Único no sistema de transporte sobre trilhos, dentro da Região Metropolitana, medida que impulsiona a integração CPTM X Metrô.

⁵ E a concessionária Via4, operadora da Linha 4 – Amarela.

⁶ Cia do Metropolitano de São Paulo

⁷ Optamos pelo termo conexão considerando sua definição mais literal. Segundo o dicionário Aurélio: *s.f. Ligação de uma coisa com outra; união. / Nexo, relação de dependência*. De acordo com manuais técnicos e a bibliografia existente é comum encontrar também o termo *estações de integração* ou *estações de transferência*.

implantação. É notável que em áreas densamente ocupadas, com urbanização consolidada, a opção de construção do traçado de linhas subterrâneas deve gerar menores impactos na região e é recomendável, principalmente para vias de alta capacidade. As linhas subterrâneas aliam uma inserção discreta no contexto existente com a segregação total em relação às demais infraestruturas. Apresentam também a capacidade de vencer barreiras, constituídas pela estrutura morfológica natural (hídrica e topográfica) ou construídas no processo de desenvolvimento das cidades. Dessa forma, no meio urbano consolidado são apenas as linhas subterrâneas que podem ter seu traçado completamente desvinculado⁸ das estruturas viárias já implantadas, estabelecendo novas rotas. Portanto, apesar da existência de estações de conexão na RMSP⁹ com distintas características, as edificações subterrâneas reservam interesse especial como referência na expansão da rede de São Paulo e de outras cidades.

Assim, foram fundamentais para o recorte estabelecido e são indicadores da relevância desta pesquisa: a identificação do papel estrutural que a rede de Metrô possui na rede de infraestrutura de transportes de alta capacidade da RMSP e seu potencial na organização do espaço; o papel também estrutural que as estações de conexão possuem na rede de Metrô da RMSP; e a grande discrepância de resultados entre os diversos projetos de estações na RMSP. Apesar do propósito central deste trabalho ser o estudo das estações a partir da escala do projeto das edificações, tornou-se evidente que, no caso específico das estações de conexão, a configuração resultante na arquitetura construída não pode ser desvinculada de questões que permeiam

um estudo mais abrangente, na escala do desenho e planejamento da rede de transportes e dos processos de constituição de demanda de passageiros.

A dissertação, então, está organizada em três capítulos principais:

O primeiro, intitulado *As estações de conexão e as perspectivas de expansão da rede metroviária da RMSP*, apresenta uma análise geral da rede de transportes da RMSP e suas perspectivas de desenvolvimento, conduzida a partir do ponto de vista das estações de conexão metroviárias.

O segundo capítulo, denominado *Arquitetura das estações de conexão na rede de metrô de São Paulo*, tem um caráter introdutório aos estudos de caso, abordando de forma geral os principais aspectos que serão analisados.

O terceiro capítulo consiste nos *Estudos de caso da RMSP*, as seis estações de conexão metroviária em operação. Dentre os inúmeros aspectos que permeiam a arquitetura das estações foi priorizada a análise da arquitetura dos espaços de conexão, que recebem os grandes fluxos de passageiros na transferência entre linhas. É apresentada uma verificação da adequação ao desempenho operacional a partir de dados atuais e são investigados os processos históricos de transformação dos projetos e construção destes espaços. No estudo dos processos e métodos construtivos foram comentados os resultados na reconfiguração da superfície. Ao final do capítulo são apresentadas também considerações sobre o conjunto analisado, que devem contribuir para futuros projetos de estações subterrâneas.

⁸ Mesmo as linhas elevadas, que podem apresentar segregação total em relação às demais vias de transporte, em geral são implantadas a partir de traçado viário existente e apresentam dificuldades para atravessar barreiras naturais e construídas.

⁹ Se consideradas as integrações com a CPTM.

1. As estações de conexão e as perspectivas de expansão da rede metroviária da RMSP

Neste capítulo serão apresentados os aspectos principais que contribuem para o entendimento do sistema de alta capacidade como solução principal que deve estruturar os demais modos de transportes e contribuir para promover a homogeneização do espaço e a ampliação da acessibilidade no território da RMSP. É por meio das infraestruturas de transporte que se materializam os processos de circulação e interação entre pessoas (mão-de-obra/mercado consumidor) e mercadorias através do espaço, daí seu papel fundamental na organização das atividades produtivas. Um sistema de transportes precário tem impacto direto no funcionamento de uma grande aglomeração urbana como a RMSP.

A rede de transportes de alta capacidade de São Paulo é formada em conjunto pelo metrô (CMSP) e pelas linhas de trens metropolitanos (CPTM). Como a intenção principal deste trabalho é a investigação das estações de conexão entre linhas metroviárias, será dada prioridade à análise da rede de metrô ao longo dos estudos, em alguns casos abordada isoladamente, ainda que possam ser prejudicados alguns indicadores gerais da rede¹⁰. Assim, a análise geral da rede de transportes da RMSP e suas perspectivas de desenvolvimento será conduzida a partir do ponto de vista das estações de conexão metroviárias e deve contribuir na investigação de algumas questões principais que serão trabalhadas neste capítulo:

¹⁰ Para o número de estações de conexão, extensão da rede e parâmetros relacionados será considerada esta análise independente.

- Quais as funções principais e a participação das estações de conexão entre linhas metroviárias no fluxo de passageiros da rede de transportes?

- De que maneira o desenho das redes e traçado das linhas deve interferir no funcionamento e dimensionamento das estações?

- Qual deverá ser a capacidade destas estações para atendimento às demandas futuras? Qual deverá ser este cenário futuro?

Para contribuir na análise das estações a partir da escala das edificações e dos fluxos de passageiros serão trabalhadas questões que estão no âmbito do projeto da rede. Será também apresentado um exercício de estimativa de demanda futura baseado nos parâmetros principais que serão discutidos no capítulo.

1.1 Transporte metroviário como organizador do espaço urbano

Apesar da passagem de mais de duas décadas, as análises de Mori (1991)¹¹ e Deák (1999) indicam elementos conceituais que permanecem perfeitamente válidos para a realidade atual e estruturam a linha de pensamento que está sendo adotada por esta pesquisa para as perspectivas de desenvolvimento da rede de transportes da RMSP.

Em sua tese de doutorado¹² Deák (1985) introduz os conceitos conjugados de *espaço* e *localização*, a partir de uma leitura da prática social própria da economia de mercado:

Os conceitos de localização e espaço derivam da prática social de

¹¹ A partir do trabalho desenvolvido em 1991 para o Metrô GPM/PML publicado no capítulo 5.2 *Rede de Metrô 2010 – Parâmetros espaciais* de sua tese de livre docência.

¹² Particularmente o capítulo 4

produção e reprodução no contexto da divisão social do trabalho. Toda sociedade precisa de um território para viver; com a divisão social do trabalho esse território é estruturado em espaço. Atividades individuais, isto é, processos de produção e reprodução requerem uma localização, e entre essas localizações se estabelece uma interconexão de acordo com a interação entre aquelas atividades. Tal interconexão é o próprio estofo, matéria constituinte do espaço e define como o espaço está estruturado. (DEÁK, 1999, p. 85)

Localização e espaço são definidas simultaneamente: “a matéria constitutiva do espaço sendo o conjunto de relações entre as localizações nele contidas, e a especificidade do espaço consistindo na maneira específica pela qual as localizações estão relacionadas entre si” (DEÁK, 2001, p. 85). As localizações são, portanto, “pontos do espaço econômico dotados de atributos próprios”, e o espaço, “o conjunto formado por esses pontos por meio de suas interligações”. Logo, o que define o espaço não é apenas a reunião (a somatória) desses elementos, mas a especificidade da forma de organização estabelecida entre eles. (DEÁK, 2001, p. 87)

As localizações (pontos no espaço) acabam por se expressar fundamentalmente numa porção de terra ou área construída (forma jurídica de propriedade) e as relações que constituem e caracterizam o espaço econômico (ou espaço urbano) são estabelecidas por estruturas físicas produzidas pelo trabalho da sociedade: infraestruturas (caminhos, estradas, fios, cabos, portos, satélites). São redes de transporte de objetos materiais e pessoas. Assim Deák (1985) conclui que “o espaço econômico é um produto

do trabalho”.

As localizações, enquanto condição necessária para o desempenho de qualquer atividade, possuem, portanto, um *valor de uso*. O preço das localizações, entretanto, não está necessariamente vinculado à quantidade de trabalho empregado localmente na construção das estruturas físicas, mas sim, à sua respectiva posição no espaço urbano. Neste entendimento o pagamento pela localização na cidade está intimamente relacionado com o grau de diferenciação/homogeneização do espaço urbano.

“Diferenciação e homogeneização vão de mãos dadas – uma localização particular é diversa da outra somente por pertencerem ao mesmo espaço que é suficientemente homogêneo para inclui-las, ambas – duas localizações não pertencentes ao mesmo espaço não são diferentes, elas não se comparam.” (DEÁK, 1985, p. 102)

Na afirmação de Deák (1985) está presente a ideia de que a necessidade de homogeneização do espaço se recoloca periodicamente à medida que a diferenciação que acompanha o processo urbano atinge níveis intoleráveis para determinada sociedade, em determinado momento de sua história. Em sua resposta, o Estado provê a infraestrutura necessária para tornar o espaço mais homogêneo¹³. Ou seja, o Estado acaba por intervir na organização da produção no espaço urbano de forma a garantir condições mínimas de subsistência das forças produtivas. Dessa forma, os diferentes “pontos no espaço” podem *pertencer ao mesmo espaço* e ter o seu preço regulado pelo

determinantes os períodos de grandes investimentos estatais para ampliação e reorganização das redes.

¹³ Em sua dissertação de mestrado Garcia (2014) investiga o papel que as redes de transporte exercem na transformação (homogeneização) do espaço a partir da análise histórica do desenvolvimento das redes de Londres e Paris. Em ambos os casos foram

princípio da *comparabilidade*¹⁴, ou seja, comparando-se os atributos de uma localização em relação às demais. E, do ponto de vista da organização espacial, o principal atributo a ser comparado é o *nível de acessibilidade* de cada lugar.

O *nível de acessibilidade* de cada localização pode ser entendido como “a facilidade de atingir os destinos desejados” a partir daquele local (VASCONCELOS, 1996), ou como o nível de implantação de infraestruturas espaciais que pode prover acessibilidade e, portanto, aumentar a *mobilidade*. A *mobilidade* é um atributo dos indivíduos, o quanto cada pessoa consegue se locomover. São determinantes para a mobilidade, além do *nível de acessibilidade* dos locais de origem e destino dos deslocamentos, as características do indivíduo ou da população em questão: idade, renda, condições de saúde, tipos de atividades que realiza (principalmente trabalho e estudo), estrutura familiar, etc.

A infraestrutura de transportes, especificamente, tem papel determinante neste processo, como articuladora das localizações e provedora de acessibilidade. Caracterizado como sistema de alta velocidade e alta capacidade, o Metrô é estruturador de toda a rede de transportes, sendo o desenho da rede de linhas e a localização de suas estações, portanto, fundamentais no processo de *homogeneização do espaço*. Ao promover condições de mobilidade através de um sistema de alta capacidade, as linhas de metrô podem “aproximar” localidades distantes no espaço físico através da redução do tempo de deslocamento. E, além disso, podem criar novas possibilidades de deslocamento que antes eram quase inexistentes.

Os conceitos apresentados, aplicados na área dos transportes públicos, indicam que os investimentos nas infraestruturas não podem contribuir para perpetuar desigualdades na organização espacial. Não devem, portanto, seguir estritamente as “linhas de desejo” dos deslocamentos urbanos – que, apesar de ainda serem trabalhadas como a principal diretriz dos planos de transportes – são, na realidade, “(...) meros reflexos do padrão de distribuição espacial dos locais de moradia e emprego em um momento dado” (MORI, 1996, p.69). Os níveis de segregação das atividades urbanas na RMSP são nítidos, e também seus prejuízos econômicos. O arranjo espacial das infraestruturas deve se distribuir de forma a garantir a homogeneidade necessária para “assegurar o fluxo desimpedido de mercadorias, pessoas e informação” (MORI, 1996, p.69). Ao contrário de algumas interpretações correntes, entretanto, “(...) os níveis de segregação não são a causa das diferenciações locais da infraestrutura implantada, mas sua consequência” (MORI, 2015, p. 79). Mori (2015) descreve o fenômeno:

“(...) não é porque uma área funciona, por exemplo, como bairro-dormitório da população de baixa renda que a mesma carece de água, esgoto, luz, viário adequado ou de transporte, mas precisamente porque carece de todos esses itens da infraestrutura (ou ao menos de sua parte significativa), é que sua função se limita a servir de moradia aquela parcela da população que efetivamente não dispõe de poder econômico para disputar áreas melhor servidas. E caso as condições locais de infraestrutura melhorem ela fatalmente será expulsa não por algum “efeito perverso” dos investimentos em infraestrutura, mas pelas regras de funcionamento da própria economia de mercado perante qualquer bem escasso. Ou seja, enquanto a exiguidade de áreas infraestruturadas permanecer, a disputa acirrada pelas mesmas

¹⁴ Garcia (2014) chama atenção a este aspecto ao comparar as leituras de Deák e Villaça.

continuará alijando delas tanto o uso residencial de população de baixa renda quanto qualquer outro uso menos competitivo; isso mesmo sem levar em consideração a especulação, apoiada naquela mesma exiguidade. E continuará o processo de periferização da cidade, da mesma forma que a expulsão de diversas funções produtivas da Região Metropolitana (...). (MORI, 2015, p. 79)

A partir do entendimento da função estrutural da rede de transportes como um dos principais mecanismos para atuação do Estado na homogeneização do espaço serão apresentados a seguir alguns parâmetros espaciais essenciais para o desenho futuro desta rede.

1.2 Parâmetros espaciais para uma rede futura

As possibilidades de desenvolvimento econômico na RMSP, mesmo que ínfimo, devem exigir melhor qualificação do suporte espacial da produção, ou seja, um profundo desenvolvimento da infraestrutura de transporte, impondo alterações de natureza e escala do padrão atual. Mori (1991) aponta as seguintes metas básicas de uma política de transportes voltada à elevação do desempenho econômico do espaço metropolitano:

A elevação dos níveis globais de acessibilidade e mobilidade na RMSP.

A diminuição das diferenças regionais de acessibilidade e mobilidade.

A criação do suporte necessário para a viabilização da divisão modal entre coletivos e individuais tanto com a ordem de grandeza do volume das viagens quanto com a disponibilidade do espaço viário.

A potencialização crescente da infraestrutura de transporte já implantada e em implantação na cidade. (MORI, 2015, p. 74)

A autora conclui que “o conjunto dessas metas conduz à concepção de um sistema de transporte fortemente apoiado nos modos coletivos, hierarquizados e integrados entre si.” (MORI, 2015, p. 74) O transporte coletivo permite a ampliação da produtividade global dos transportes e a racionalização do uso da estrutura viária. A hierarquização deve assegurar o grau necessário de flexibilidade do sistema e permitir a adequação de cada modo às faixas de capacidade de atendimento, aliada as especificidades locais dos usos do solo.

A eficácia global do sistema dependerá, portanto, do tratamento conjugado desses fatores: o correto dimensionamento dos seus diversos componentes, e uma articulação espacial dos mesmos de acordo com o perfil de divisão modal que se visa atingir. Sem essa simultaneidade em sua concepção, embora hierarquizados os modos, eles deixarão de constituir um sistema integrado. (MORI, 2015, p. 74)

As mudanças qualitativas na política de transportes expostas por MORI indicam a opção pela rede de alta capacidade (metrô e trens) como eixo estrutural da rede integrada de transportes da cidade:

(...) no atual estágio tecnológico só esse modo de transporte apresenta as condições para, simultaneamente, ampliar os níveis de absorção das demandas presentes e futuras, possibilitar a reordenação espacial das atividades e, conseqüentemente, a reestruturação dos deslocamentos, elevar o padrão de realização das viagens, e, ainda ao dar suporte para

o funcionamento integrado dos modos coletivos, reverter as atuais tendências de divisão modal. (MORI, 2015, p. 75)

Adotando-se esse pressuposto estrutural da rede de alta capacidade, passaremos a examinar os principais critérios que deveriam nortear a elaboração dos parâmetros espaciais desta rede. Os trechos a seguir foram adaptados a partir do estudo de Mori (1991) para a expansão da rede¹⁵.

Aderência à estrutura urbana

Respondendo a uma função primordial a rede de metrô deve ser o suporte modal dos grandes deslocamentos na cidade (em torno de 40 mil viagens/hora/sentido¹⁶). Deverá ser, portanto, solidária à matriz de corredores em disposição radial existentes na RMSP¹⁷ (rede viária e de transportes estruturais), atendendo aos deslocamentos pendulares¹⁸ entre regiões periféricas e centro expandido. Por outro lado, são as linhas de Metrô

que possuem o maior potencial para apresentar alternativas à esta organização e realizar a articulação dos eixos radiais. As linhas metroviárias – sobretudo as subterrâneas, que podem ter seu traçado desvinculado das estruturas viárias existentes – se apresentam segregadas em relação às demais infraestruturas¹⁹. Possuem capacidade de vencer barreiras da estrutura morfológica (hídrica e topográfica) e também as barreiras construídas (rodovias expressas, linhões, ferrovias mal implantadas, etc.). Dessa forma, “(...) a adoção de linhas tangenciais, ligando os diversos segmentos urbanos contíguos, poderia contribuir para o atendimento de viagens mais diretas entre estas regiões e subcentros, evitando percursos triangulares negativos envolvendo o centro” (MORI, 2015, p. 87).

Este critério interessa à investigação sobre as estações de conexão por indicar que a futura rede de metrô da RMSP deverá se pautar por linhas radiais, mas priorizar também as ligações transversais e tangenciais de alta capacidade, dentro e fora do centro expandido²⁰, formando arcos que, ao cruzar as radiais, configurem nós de conexão.

¹⁵ Especificamente o capítulo “2.2 Parâmetros espaciais da rede”. Ver Mori (1991). São parâmetros que orientaram diversas pesquisas de interesse com propostas de desenvolvimento de traçado de redes de alta capacidade para a RMSP, como os trabalhos de Pontes (2010), Isoda (2013) e Garcia (2014).

¹⁶ Estes números variam bastante para cada cidade, como comenta Vuchic (2007). Este parece um parâmetro razoável para São Paulo, onde são obtidos carregamentos mais elevados.

¹⁷ Mori (2015) descreve como o crescimento urbano de São Paulo se deu sempre segundo a linha de menor esforço, tendo por suporte as vias de comunicação regional (estradas antigas, ferrovias, Dutra, BR 116, etc.). Em geral estas vias estão implantadas nos fundos de vale, configurando “compartimentos urbanos” desarticulados entre si.

¹⁸ No caso da RMSP foi privilegiada na estrutura viária a construção de eixos radiais de circulação, de execução facilitada por não exigir a superação das barreiras da geomorfologia existente. É um sistema que, sem amarrações suficientes entre seus

tramos, apresenta poucas possibilidades de deslocamento e baixo nível de eficiência, com elevado diferencial de carregamento nos sentidos opostos, o que pode acarretar, simultaneamente, sobrecarregamento e ociosidade da rede.

¹⁹ A segregação total é condição fundamental de operação para atendimento à alta capacidade: velocidade média e *headway* (intervalo entre trens).

²⁰ O estudo de Nigriello e Oliveira (2014) demonstra, baseado nos dados das Pesquisas Origem Destino 1997 e 2007, que neste intervalo houve uma tendência de aumento da participação do transporte individual na realização das viagens motorizadas na Região Metropolitana de São Paulo, especialmente nas áreas fora do centro expandido. Parte significativa destas viagens se dá entre áreas fora do centro expandido. O estudo evidencia o desequilíbrio entre a demanda de transporte da RMSP e oferta de transporte vinculada à rede estrutural.

Abrangência territorial

A abrangência territorial da rede deve se pautar por duas questões principais: a necessidade de ampliação acompanhada da distribuição mais homogênea das infraestruturas na cidade e a correspondência da rede de transportes aos requisitos técnicos do modo de alta capacidade.

“(...) a ampliação da área de abrangência certamente deverá ser sensível ao próprio ritmo de alterações dos usos do solo por ela engendrados (adensamento e relocação das atividades), de forma a evitar a implantação precoce de linhas em áreas que não possam assegurar, em horizontes adequados, carregamentos compatíveis. Por sua vez, soluções muito a favor da segurança no tocante aos carregamentos tenderão a reiterar e mesmo a reforçar as diferenciações locais de acessibilidade, ao invés de contribuírem para sua atenuação.” (MORI, 2015, p. 75)

Deve-se entender a infraestrutura de transportes como importante instrumento indutor de transformações. Mori (2015, p.75) ressalta a necessidade de “romper com uma concepção *gradualista* de urbanização”, na qual a infraestrutura vai se tornando mais rarefeita conforme se afasta do centro. As populações suburbanas são parte integrante do sistema produtivo e são as mais prejudicadas com altos tempos de deslocamento.

A ampliação da área de abrangência da rede deve, portanto, visar a ampliação do seu atendimento e a descentralização dos empregos, através do

aumento da acessibilidade aos centros metropolitanos existentes e potenciais. Busca-se assim alterar os padrões de viagens da população.

Uma rede mais abrangente exige linhas mais longas que atendam os subcentros periféricos. A maior abrangência, entretanto, consiste num *dilema de escolha*²¹ do ponto de vista das conexões: para uma mesma extensão de rede, quanto maior for o comprimento de suas linhas menor será a quantidade destas e, ao menos num modelo teórico, um número menor de linhas significa também um menor número de conexões e nós.

Grau de homogeneidade interna da malha

A malha constituída pelas linhas já implantadas ainda vem reforçando os vetores radiais de deslocamento. A ampliação da rede, como mencionado anteriormente, deverá se pautar por tanto por radiais complementares (ou extensão destas) como por linhas tangenciais, buscando a maior homogeneidade possível na distribuição espacial das linhas, a “distribuição de linhas e de conexões segundo densidades similares por unidade de área.” (MORI, 2015, p.80). A estrutura dominante da rede e dos deslocamentos principais atuais privilegia a região central, onde estão localizadas as 6 conexões entre linhas do metrô em operação. Para não reforçar essa distribuição espacial heterogênea, a rede futura deve prever tanto novas linhas em configuração de arcos (tangenciais/perimetrais) quanto cruzamentos das próprias linhas radiais em áreas mais periféricas,

²¹ A partir do termo *trade off*, utilizado em estudos de economia para designar uma situação de escolha que envolve perder uma qualidade ou aspecto de algo em troca de ganhar outra qualidade ou aspecto.

resultando num número maior de conexões e aumentando o potencial de utilização das próprias linhas. Ao interceptar os eixos radiais, os novos eixos tangenciais podem criar opções de rotas, o que torna a rede mais versátil; e também estimular novos fluxos, passando pelos centros metropolitanos distantes, grandes adensamentos residenciais ou outros pontos de interesse.

Em resumo, a futura rede de transportes deve se organizar a partir da rede de alta capacidade como estruturadora. O desenho desta rede de alta capacidade deverá ser *aderente à estrutura urbana* existente mas, ao mesmo tempo, procurar estabelecer novas ligações. Terá como horizonte uma distribuição espacial das atividades mais homogênea e, portanto, será *mais abrangente* (não restrita às áreas centrais). Enquanto traçado das linhas e suas conexões deverá também se pautar pela ampliação do *grau de homogeneidade interna* da rede.

1.3 Complexidade e conectividade nas redes de transporte

Alguns indicadores de *complexidade* e *conectividade* são importantes como parâmetros para decisões no traçado de uma rede. Estão relacionados à sua abrangência e articulação espacial. Apresentam, portanto, indicadores de interesse vinculados à quantidade e à distribuição das estações de conexão.

Um dos principais instrumentos utilizados para o estudo das redes de transporte é a *teoria dos grafos*, campo da matemática do início do século

XVIII que visa basicamente a análise de problemas através de diagramas representando relações entre objetos (DERRIBLE & KENNEDY, 2010). Pode ser aplicado em diversas áreas, como economia, biologia, psicologia, química e para análise de redes físicas (circuitos elétricos, redes hidráulicas, etc.).

Para definir uma rede por meio de um *grafo* é necessário transformar o traçado de suas linhas em um diagrama composto por *nós* (também chamados de pontos ou vértices) e *links* (arestas ou linhas). É possível adotar diferentes níveis de complexidade dos elementos dos grafos, como ao atribuir pesos distintos aos vértices de acordo com o número de arestas que recebem, adotar arestas múltiplas com distinção por direção e sentido, etc. Os modelos de simulação matemática de redes de transporte²² partem da conversão da rede num diagrama em *grafo*, assim como os próprios modelos de operação da rede vigentes nos centros de controle operacional.

Para um estudo inicial da rede de transporte de alta capacidade da RMSP através de um *grafo* o procedimento é basicamente converter as estações em vértices e os trechos entre estações em arestas (ISODA, 2013). Seguiremos a recomendação de Derrible & Kennedy (2010), indicada por Isoda (2013), de considerar apenas as estações terminais (peso 1) e de conexão ou transferência (peso maior que 2)²³.

²² Como por exemplo o EMME e TRANUS, utilizados no plano *Atualização da Rede*.

²³ Os autores construíram uma metodologia de avaliação da forma e estrutura das redes de metrô, visando medir sua complexidade e conectividade, permitindo a comparação entre diversas cidades.

SÃO PAULO - 2017 (consolidada)

nós = 19 (9 terminais + 10 conexões)
links = 21 (20 simples + 1 múltiplo)

Figura 2 – Grafo da rede do metrô de São Paulo – 2017 (consolidada). Considerado o metrô em operação em 2017 e considerados concluídos os trechos em execução das linhas 4-Amarela (Luz – Vila Sônia), 5-Lilás (Capão Redondo - Chácara Klabin) e 6-Laranja (Brasilândia - São Joaquim). Fonte: Elaborado pelo autor.

SÃO PAULO - 2030 (STM)

nós = 42 (14 terminais + 28 conexões)
links = 57 (56 simples + 1 múltiplo)

Figura 3 - Grafo da rede do metrô de São Paulo projetada para 2030 no plano *Atualização*. Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir da conversão da rede num grafo é possível analisar os parâmetros mencionados. A *complexidade* (C_p) de uma rede é a relação entre a quantidade de arestas ou links (L) e a quantidade de nós (N):

$$C_p = L/N$$

L = número de links ou arestas

N = número de nós ou vértices.

Essa equação atinge o valor 1 quando uma malha é fechada, ou seja, quando o traçado permite mais de uma possibilidade de caminho entre determinados pontos (Figura 4).

Figura 4 - Exemplo de rede com malha e sem malha para 5 nós. No interessante artigo, em que apresenta uma análise propositiva para a rede metroviária de São Paulo, Gutierrez (2014) utiliza o termo *conectividade* para designar o que foi adotado como *complexidade* neste trabalho. Fonte: Gutierrez, 2014.

O índice de *conectividade* da rede (C_n) é dado pela relação entre o número de arestas ou links (L) e o número máximo possível de links (é dado pela fórmula $3L-6$ num gráfico planar, em que todos os cruzamentos de linhas resultam num nó). É portanto, um indicador de quanto o traçado proposto se aproxima do ideal na configuração de nós de conexão:

$$C_n = L / 3L-6$$

L = número de links ou arestas

Outro parâmetro passível de análise é a *conectividade das estações* de transferência (C_e), que indica a relação entre o número de transferências possíveis numa rede e o número de estações de transferência existente. É calculado pela fórmula²⁴:

$$C_e = (N_t - N_m) / N_t$$

N_t = número total de transferências no nó (*linhas que passam pelo nó - 1*)

N_m = número de nós com mais de um link

N_t = número total de nós de transferência na rede

²⁴ Extraído de Stoilova (2015).

Também pode ser analisado o número de *loops*, circuitos ou polígonos (L_p) na rede, dado pela fórmula²⁵:

$$L_p = L - N + 1$$

L = número de links

N = número de nós

O número de *loops* é um indicador da flexibilidade de uso da rede do ponto de vista dos passageiros, ou seja, da quantidade de trajetos possíveis dentro da malha. Os índices de *complexidade* e *conectividade* dependem mais da geometria do traçado e da articulação das linhas do que da extensão da rede, que deve apresentar um mínimo de desenvolvimento suficiente para a constituição de uma malha. Já o número de *loops*, por ser um indicador absoluto, apesar de depender do traçado da rede, tende a ser superior em redes mais extensas, como pode ser visto em Londres, Paris e Nova Iorque.

Um indicador mais geral da conectividade de uma rede, trabalhado por Isoda (2013), é o índice de conexões por linha (N_c/L_i), que dispensa a conversão da rede em grafo. A partir de mapas comuns de rede é possível identificar o número de linhas operacionalmente separadas e o número de conexões. É também um importante indicador da qualidade do traçado em termos de conectividade, já que para uma mesma quilometragem de rede cobrindo uma mesma área é possível obter resultados bastante diferentes (ISODA, 2013).

Acrescentamos neste trabalho um outro indicador de conectividade: o número quilômetros de rede por estação de conexão (km/N_c). É um parâmetro complementar ao anterior, já que não depende da separação operacional de linhas, mas da extensão física da rede. Ou seja, compensa o indicador anterior para redes com poucas linhas muito extensas (como é o caso de Londres e Nova Iorque). Indica também de forma mais intuitiva qual a extensão média do trajeto do passageiro até encontrar uma possibilidade de transferência.

Tabela de comparação dos índices espaciais

	nós (N)	links (L)	compl. (Cp)	conect. (Cn)	loops (Lp)	ECO (Nc)	linhas (Li)	Nc/Li	km	km/ Nc
Londres	83	155	1,87	0,64	73	38	13	2,92	438	11,5
Paris	77	137	1,78	0,61	61	45	14	3,21	211	4,7
Berlim	32	45	1,41	0,50	14	18	9	2,00	151	8,4
Nova Iorque	73	130	1,78	0,61	58	47	24	1,96	368	7,8
Barcelona	29	44	1,52	0,54	16	15	5	3,00	123	8,2
Cid. Do México	35	47	1,34	0,47	13	24	11	2,18	177	7,4
Buenos Aires	12	13	1,08	0,43	2	6	6	1,00	49	8,2
SP 2017 metrô*	19	21	1,11	0,41	3	10	6	1,67	105	10,5
SP 2030 metrô**	42	57	1,36	0,48	16	28	11	2,55	261	9,3

* Considerado o metrô em operação em 2017 e concluídos os trechos em execução das linhas 4-Amarela (Luz – Vila Sônia), 5-Lilás (Capão Redondo - Chácara Klabin) e 6-Laranja (Brasilândia - São Joaquim)

** Cenário 2030 do plano Atualização da Rede

Tabela 1 – Comparação dos índices espaciais.

Fonte: Isoda, 2013. Acrescentado SP2017 e SP2030 pelo autor.

Londres Paris e Nova Iorque lideram os indicadores de *complexidade* (Cp, acima de 1,5) e se destacam das demais no número de *loops* (acima de 50). São as redes mais extensas e que configuram melhores malhas. A rede de São Paulo projetada para 2030 se aproxima da *complexidade* da rede da Cidade do México, mas ainda está aquém da faixa superior.

Quando comparados os índices de *conectividade*, todas as cidades europeias e a estadunidense apresentam valores acima de 0,50. A rede SP 2030 se aproxima desta faixa, mas ainda reserva uma distância para as redes de referência (Londres, Paris e Nova Iorque, acima de 0,60).

Na comparação entre o número de conexões por linha (Nc/Li), Paris, Barcelona e Londres lideram o indicador, seguidos pela Rede SP 2030, que é favorecida neste parâmetro por apresentar poucas linhas com grande extensão. Esta rede apresentaria, em média, uma conexão a cada 9,3km. É um índice inferior a todos os demais, com exceção do caso Londres, que apresenta um número reduzido de conexões comparado à extensão da rede.

A rede SP 2030 tem a terceira maior extensão para linhas de metrô, superada apenas por Londres e Nova Iorque. Apesar de apresentar uma significativa evolução em relação à rede atual, ainda revela índices mais baixos que estas redes referenciais para os principais indicadores. A rede SP 2017 consolidada (que já considera as linhas 5 e 6 em operação), supera apenas alguns indicadores de Buenos Aires, mas ainda apresenta os índices mais baixos entre todos os demais casos analisados.

Figura 5 - Exemplos de malhas de rede: reticulada, radioconêntrica, em arcos. Fonte: Gutierrez, 2014.

Tendo em vista as perspectivas para uma rede futura na RMSP do ponto de vista do aumento da conectividade e do desenvolvimento de subcentros, sobretudo em áreas afastadas da região central, Gutierrez (2014) realizou ensaios comparando diversos modelos de rede. *Malhas reticuladas* foram descartadas pois, apesar de apresentarem maior homogeneidade interna, seriam de difícil aplicação se considerada a configuração atual da rede de transportes de São Paulo, a ocupação consolidada e as barreiras urbanas. As *malhas radioconcêntricas*, apesar de uma configuração de maior facilidade de aplicação na metrópole paulistana, apresentam nós com maior peso quanto

maior a aproximação da área central, indo contra a idéia de descentralização da oferta de infraestrutura e desenvolvimento das regiões não centrais. O autor conclui que a melhor configuração de malha seria uma complementação da rede atual com *linhas em formato de arcos*, que possuem a característica de criar diversos pontos de conexão em regiões periféricas, potencializando a homogeneização do espaço.

Os esquemas elaborados por Pontes (2010), de forma complementar, também indicam diretrizes de interesse considerando a melhora nos índices de complexidade e conectividade. Comparando de forma abstrata duas formas de implantação de uma dupla de linhas (Figura 6), nota-se que é possível estabelecer cruzamentos entre um par de linhas que atendam vetores de deslocamento paralelos entre si. Ao se inverter os destinos para um determinado sentido, cria-se a possibilidade de uma nova conexão intermediária. Outra possibilidade para aumentar a conectividade no traçado de linhas paralelas é o cruzamento em suas extremidades (Figura 7), gerando novas conexões, de preferência localizadas em áreas consideradas como polos regionais. Indicam também uma virtude na opção por linhas em forma de arcos.

Figura 6 – Esquema de comparação entre duas formas de implantação de uma dupla de linhas. No primeiro caso com linhas paralelas e cruzamento com outras linhas numa região periférica, no segundo com destinos invertidos e cruzamento central adicional. Fonte: Pontes, 2010.

Figura 7 – Esquema de comparação entre duas formas de implantação de linhas paralelas. No primeiro caso com linhas paralelas e o cruzamento com outras linhas numa região central, no segundo com destinos invertidos nas extremidades e cruzamentos adicionais nas regiões periféricas. Fonte: Pontes, 2010.

Estes indicadores são condizentes com os princípios de *homogeneização interna da malha*. Quanto maior for o grau de *complexidade* da rede, portanto, maior será o número de conexões possíveis e, logo, apresentará melhores índices de *conectividade*. Quanto maior o número de polígonos fechados (*loops*), maior o espectro de possibilidades de deslocamento, o que tende a facilitar a distribuição dos fluxos nos seus tramos e consequentemente, uma distribuição mais uniforme dos carregamentos.

1.4 Rede Densa e Rede Aberta (PITU 2020)

O Plano Integrado dos Transportes Urbanos foi publicado pela STM em 1999, tendo como horizonte o ano de 2020. A partir da formulação de cenários e conceitos de uma “metrópole futura”, entendidos não como “tendências” mas como metas a serem perseguidas, estabeleceu alternativas para uma rede estrutural sobre trilhos e um conjunto de propostas complementares (ISODA, 2013). Foi um plano que buscou enfrentar a dificuldade de integrar as propostas e metas das unidades administrativas que compõem a RMSP numa estratégia conjunta.

O PITU 2020 foi selecionado para análise, dentre os diversos planos

elaborados para a RMSP nas últimas décadas²⁶, por apresentar grande interesse na discussão sobre as tipologias de rede e a organização espacial das estações de conexão. O plano apresenta dois modelos de rede praticamente extremos: Rede Densa e Rede Aberta. Apresenta também uma terceira alternativa intermediária (Rede Central). Foi considerada uma população de 22,4 milhões de habitantes no cenário futuro.

A *Rede Densa* possui alta densidade de linhas e conexões, com extrema concentração da infraestrutura na área do Centro Expandido (Figura 8). É portanto, uma rede de curta abrangência. Dessa forma, condiciona o atendimento de todo o restante da RMSP (a maior parte) aos modos de média e baixa capacidade. Do ponto de vista das estações de conexão entre linhas metroviárias, apresenta um número muito maior de estações e, naturalmente, uma melhor relação entre a quantidade de estações (44) e a quilometragem da rede²⁷ (217km): 2,03 estações a cada 10km de linhas. “Para 13 linhas de comprimento médio 16,7km, o índice de conectividade (conexões/linha) é de 3,2 c/L” (ISODA, 2013, p. 107)

A *Rede Aberta*, de modo oposto, apesar da extensão equivalente, apresenta ampla abrangência, com linhas bem distribuídas pelo espaço metropolitano, com aproximadamente 60% da extensão total das linhas de metrô fora do Centro Expandido²⁸ (Figura 9). Em contrapartida, desenha

²⁶ São 10 planos elaborados em 45 anos (um plano a cada 4,5 anos), em geral, com revisões quase integrais da rede anterior, o que revela uma descontinuidade no processo de planejamento.

Garcia (2014) apresentou uma compilação dos principais planos elaborados pela STM e o Metrô: HMD (1968); Revisão da Rede Básica (1975); Revisão Prioritária (1982); Rede Mínima (1985); “Rede de 93” (1993); PITU 2020 (1999); Rede Essencial (2006); PITU 2025 (2006); Expansão SP (2008); Atualização da Rede (2013).

Nigriello (1999) apresenta um panorama das propostas anteriores ao PITU 2020 e Isoda (2013) apresenta análises comparativas entre os planos elaborados a partir da década de 1990.

²⁷ Foi considerada apenas a quilometragem da rede indicada como metrô de alta capacidade no PITU 2020 (foram desconsiderados, portanto: metrô em nível, metrô leve, trem regional e trem especial)

²⁸ Aferido pelo autor.

uma infraestrutura muito mais rarefeita. Embora ainda apresente bons índices de conectividade, complexidade e quantidade de loops (ainda que abaixo da rede densa, mas bem acima da atual rede). Essa alternativa daria prioridade ao atendimento de viagens multimodais, nas quais a rede sobre trilhos seria utilizada para os maiores deslocamentos, que demandam maior velocidade (GARCIA, 2013). Assim, caberia aos modos de baixa e média capacidade (ônibus, BRTs, VLTs, monotrilhos) a função de alimentação e distribuição capilar, enquanto a rede sobre trilhos funcionaria como ossatura principal. Apresenta 23 estações de conexão metrô x metrô para 237km de rede, ou 0,97 estações a cada 10km de linha. “Para 9 linhas de comprimento médio 26,3km, o índice de conectividade (conexões/linha) é de 2,6 c/L” (ISODA, 2013, p. 107).

No processo de seleção de alternativas a *Rede Aberta* apresentou o melhor desempenho nos indicadores (performance dos sistemas de transporte, parâmetros ambientais e socioeconômicos) e foi adotada como rede a ser construída. Esta breve análise comparativa revela como uma proposta de rede mais abrangente pode acabar exigindo estações de conexão de maior capacidade.

Num exercício hipotético simplificado, admitindo-se demandas equivalentes e distribuídas de forma perfeitamente homogênea nas redes *Densa* e *Aberta*, a Rede Aberta exigiria estações para atendimento do dobro da demanda da primeira. Um cenário mais realista, entretanto, teria provavelmente uma distribuição diferenciada de demandas entre as estações, o que resultaria em algumas estações com maior carregamento do que as demais. Ainda que sejam consideradas, em função da construção da infraestrutura, transformações do espaço direcionadas à sua homogeneização, é possível presumir que, mesmo após a conclusão do

período de implantação da rede, a área central se manteria como a principal zona de origem e destino de viagens. As estações de conexão nesta área e em alguns outros nós estratégicos devem receber demandas mais elevadas do que as demais na rede.

Figura 8 - Pitu 2020 e estações de conexão entre linhas metroviárias - Rede Densa. Fonte: Longo, 2015. Pontos de conexão indicados pelo autor.

Figura 9 - Pitu 2020 e estações de conexão entre linhas metroviárias - Rede Aberta. Fonte: Longo, 2015. Pontos de conexão indicados pelo autor.

1.5 Parâmetros técnicos e socioeconômicos da rede futura da RMSP

Investigaremos aqui alguns dos principais parâmetros que devem ser considerados para caracterizar a situação e o futuro do transporte metropolitano e do contexto urbano dado pela RMSP, tendo em vista o papel das estações de conexão na rede atual e nas possibilidades de redes futuras. A investigação terá como aspecto central o entendimento das demandas de passageiros nas estações, de forma a subsidiar a análise na escala do projeto das edificações, tema dos capítulos seguintes.

As análises vão se pautar pelos dados referentes às *pesquisas Origem/Destino*, divulgadas pela Cia do Metropolitano a cada 10 anos (a partir de 1967) e pela *Pesquisa de Mobilidade 2012* (CMSP, 2012), também realizada pelo Metrô. As Pesquisas Origem e Destino, conhecidas também como Pesquisa OD, configuram um instrumento vital para o planejamento de transporte, pois fornecem dados para o conhecimento da natureza dos deslocamentos da população em uma área urbana determinada. Permitem a identificação não só dos fluxos de viagem, como também de uma série de indicadores de interesse²⁹, que possibilitam estabelecer relações entre as viagens e as características da população e aspectos físicos da ocupação urbana, úteis para projeções mais acuradas das viagens futuras. A primeira pesquisa OD no Brasil foi realizada em 1967 na Região Metropolitana de

São Paulo – RMSP para obtenção de dados para os estudos e projetos da rede básica do Metrô de São Paulo. A partir de então, foi feita a cada dez anos, tendo sua quinta edição em 2007, aplicada em 30 mil domicílios dos 39 municípios da região, que foi dividida em 460 zonas (CMSP, 2012).

A *Pesquisa de Mobilidade 2012* foi realizada como uma aferição, de forma a obter dados num intervalo menor que uma década³⁰. É importante ressaltar que foi realizada com amostra menor, em zoneamento mais agregado, para verificar prováveis alterações no índice de mobilidade (viagens por habitante) e na distribuição de viagens entre modos coletivo e individual. A Pesquisa de Mobilidade 2012 fez levantamento de dados de 8.115 domicílios em 31 zonas agregadas (CMSP, 2012).

Também servirão de base para análise, com as devidas considerações, os relatórios síntese do último plano de transportes publicado oficialmente pela Secretaria dos Transportes Metropolitanos³¹ em 2013: *Cenários de desenvolvimento urbano e Atualização da Rede Metropolitana de Alta e Média Capacidade de Transportes da RMSP* (STM, 2013)

A investigação da rede futura terá como referência de comparação o plano da STM (2013) e, portanto, os dados serão trabalhados a partir das mesmas projeções, considerando o horizonte de 2030, mais curto do que o usual³². Dado o cenário econômico atual e a crise político/institucional pela qual o país vem passando é provável considerar que os indicadores que

²⁹ Índices de mobilidade (geral, motorizada, por modos e por modais), taxa de motorização, tempo médio de viagem, divisão modal, etc.

³⁰ Nos moldes da *Pesquisa de Aferição* realizada pela Cia do Metro em 2002.

³¹ Realizado em parceria da Secretaria de Transportes Metropolitanos (STM), do Estado de São Paulo, com a Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano (SMDU), da Capital,

utilizando como referência principal o Plano Integrado de Transportes Urbanos 2025 (PITU 2025).

³² Os planos de transporte costumam trabalhar cenários futuros com intervalo de no mínimo 20 anos.

dependem de investimento e/ou crescimento do PIB e tem influência direta na demanda/oferta de transportes³³ terão pouco desenvolvimento num hiato de alguns anos. Assim, o ano de 2030 será entendido como um horizonte de planejamento para metas a serem consolidadas, ainda que em anos posteriores.

Indicadores sócio econômicos

O IBGE realiza projeções de população por unidades de federação, sendo a última divulgação de julho de 2013, com projeções anuais até 2030. Mesmo que seja uma estimativa³⁴, para obter um dado possível podemos considerar que a relação entre a população da RMSP e a total do Estado não sofresse alterações, ou que a taxa de crescimento fosse idêntica (hipótese simplificadora) neste período. Em 2012 temos (em milhares) 20.012 / 40.281, ou seja, a população da RMSP como 49,7% da população do Estado.

Em 2030, segundo o IBGE, seriam 48,438 milhões de pessoas no estado e, portanto, 24,074 milhões na Região Metropolitana. Um crescimento de 20,0% a uma taxa de 1,03% ao ano. A estimativa do IBGE para 2016 na Região Metropolitana é de 21,242 milhões³⁵. Segundo o cálculo anterior seriam 20,849 milhões, uma variação de 1,88%. Esses parâmetros iniciais servirão como consideração para uma análise mais detalhada a partir dos

dados apresentados pela STM³⁶, que resultam numa projeção das populações na Região Metropolitana para 2025 e foram projetados neste estudo para 2030 a partir da hipótese de manutenção da mesma taxa de crescimento 2020/2025.

O estudo da STM organiza os 39 municípios da RMSP em 13 subregiões, sendo 7 no município de São Paulo e 6 com o agrupamento dos demais municípios da Região Metropolitana (*Figura 10*).

³³ Como o ritmo de investimento nas infraestruturas de transportes, a elevação da renda média, das taxas de emprego e escolaridade.

³⁴ O conjunto de projeções do IBGE incorpora as informações mais recentes sobre as componentes do crescimento demográfico: mortalidade, fecundidade e migração, obtidas através dos resultados do *Censo Demográfico 2010* (o último realizado), bem como dos registros administrativos de nascimentos e óbitos.

³⁵ Estimativas Populacionais 2016. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2016.

³⁶ Ver o estudo *Cenários de desenvolvimento urbano em STM* (2013)

Figura 10 - Divisão da RMSP em sub-regiões. Fonte: STM, 2013.

Os principais dados de projeção da população estão sintetizados na *Tabela 2*. Como resultado geral, teríamos na projeção da STM uma população de **23,114 milhões** na RMSP em 2030, uma diferença de 960 mil pessoas em relação à projeção obtida a partir do IBGE. Mesmo a projeção mais conservadora da STM indica um aumento de 1,87 milhões de pessoas na Região Metropolitana até 2030 em relação a 2016 (3,58 milhões em relação a 2007). É possível notar que, enquanto na capital a taxa de crescimento prevista é muito baixa, fora da área da capital é significativamente mais acentuada e a principal responsável pelo aumento geral populacional previsto (*Gráfico 1*).

Gráfico 2 - Projeções de população na RMSP. Fonte: STM, 2013.

*2030 acrescentado pelo autor

Subregião***	Área (ha)	POP_OD07	POP_2010	POP_2015	POP_2020	POP_2025	POP_2030*	Densidade OD07 hab/ha**	Densidade 2030 hab/ha**	Variação POP 2025/2010**	Taxa crescimento 2030/2007**	POP / POP_total 2030**
SP Capital - Sul	63.043	2.164.093	2.245.946	2.352.768	2.435.570	2.493.339	2.559.897	34,3	40,6	313.951	15%	11%
SP Capital - Norte	30.048	2.167.685	2.174.604	2.200.271	2.223.307	2.238.415	2.254.016	72,1	75,0	79.412	3%	10%
SP Capital - Centro	20.372	1.962.986	2.015.433	1.981.621	1.948.276	1.911.462	1.875.614	96,4	92,1	-139.819	-3%	8%
SP Capital - Leste 3	10.529	1.373.851	1.378.645	1.441.441	1.494.071	1.531.599	1.573.436	130,5	149,4	194.791	11%	7%
SP Capital - Leste 2	9.279	1.172.282	1.182.487	1.205.617	1.225.548	1.238.030	1.251.212	126,3	134,8	68.725	6%	5%
SP Capital - Leste 1	10.809	1.325.682	1.320.452	1.309.648	1.300.111	1.286.877	1.274.030	122,6	117,9	-46.422	-3%	6%
SP Capital - Oeste	8.588	730.060	740.061	756.176	768.261	776.892	786.077	85,0	91,5	46.016	6%	3%
TOTAL SP CAPITAL	152.668	10.896.639	11.057.628	11.247.542	11.395.144	11.476.614	11.562.420	71,4	75,7	504.792	5%	50%
RMSP - Oeste	92.224	2.030.319	2.144.575	2.331.295	2.500.470	2.642.341	2.826.978	22,0	30,7	682.403	30%	12%
RMSP - Sudeste	82.966	2.576.641	2.658.741	2.788.314	2.890.996	2.969.893	3.060.831	31,1	36,9	402.090	15%	13%
RMSP - Leste	206.697	1.377.616	1.473.572	1.628.297	1.762.843	1.875.551	2.028.997	6,7	9,8	555.425	36%	9%
RMSP - Nordeste	78.025	1.400.304	1.480.387	1.604.431	1.710.192	1.799.614	1.914.536	17,9	24,5	434.149	29%	8%
RMSP - Sudoeste	110.671	745.275	786.886	855.209	917.087	972.084	1.043.818	6,7	9,4	256.932	30%	5%
RMSP - Norte	73.328	507.826	539.967	594.594	644.789	687.241	744.691	6,9	10,2	204.724	35%	3%
TOTAL RMSP	643.910	8.637.981	9.084.128	9.802.140	10.426.377	10.946.724	11.606.148	13,4	18,0	2.522.020	27%	50%
TOTAL GERAL RMSP	796.578	19.534.620	20.141.756	21.049.682	21.821.521	22.423.338	23.114.150	24,5	29,0	2.972.394	15%	100%
TOTAL GERAL RMSP****	166.000							117,7	139,2			

Tabela 2 - Projeções de população na RMSP. Fonte: STM, 2013. Dados indicados acrescentados pelo autor.

* projeção criada pelo autor a partir da manutenção das taxas de crescimento anteriores, o relatório da STM apresenta dados de população até 2025.

** colunas acrescentadas pelo autor

*** as subregiões foram reordenadas por participação da população no total da Região Metropolitana.

**** revisão das densidades considerando apenas a área urbanizada, que corresponde a 20% do total da RMSP. Cálculo: GARCIA, 2013.

A comparação entre os dados por região revela alguns parâmetros de interesse. O primeiro é a participação da população em relação à população total, indicando que o município de São Paulo abriga em 2015 53% da população da Região Metropolitana e que sua participação deve cair para 50% até 2030. Isto porque a taxa de crescimento populacional deve ser significativamente maior nos demais municípios da RMSP (27% contra 5% entre 2030 e 2007). Essa relação é um primeiro indicador de como não é condizente com a distribuição populacional a concentração dos investimentos no transporte de alta capacidade em área restrita aos limites municipais, ou, muito menos, exclusivamente no centro expandido da capital. As regiões com taxa de crescimento negativa ou próxima de zero são todas tangenciais ou internas ao centro expandido da capital (Norte, Centro, Leste 1 e Oeste). O mapa do crescimento populacional na RMSP entre 2010 e 2025 (*Figura 12*) é bastante esclarecedor. Apesar da grande oferta de infraestrutura urbana existente no centro da capital, esta região sofreu um decréscimo na população residente nas últimas décadas e, neste cenário tendencial, mesmo consideradas as políticas públicas para reversão desta evasão³⁷, apresenta taxas de crescimento mínimas se comparadas com o anel periférico.

Outro indicador de interesse é a comparação entre as densidades populacionais. O cálculo das densidades a partir da área das sub-regiões distorce a realidade, visto que em alguns municípios da Região Metropolitana a área urbanizada é bastante reduzida em relação a área total³⁸, como ilustra a *Figura 11*. Foi acrescentada uma linha na *Tabela 2*

indicando a densidade média se considerada apenas a área urbanizada³⁹: assim temos para 2007 uma densidade média de 117 hab/ha e para 2030 139 hab/ha.

³⁷ Ampliação da rede de transportes de alta capacidade e outras infraestruturas, políticas de uso do solo, incentivos fiscais, etc.

³⁸ A área urbanizada total da região metropolitana corresponde a aproximadamente 20% da área total dos limites municipais (166.000 / 796.578 ha)

³⁹ A partir de estimativa de Garcia (2014).

Figura 11 - Municípios da RMSP sobre foto aérea. Fonte: Elaborado pelo autor sobre foto do Google (2016).

Figura 13 - Densidade populacional na RMSP em 2010. Fonte: STM, 2013.

Figura 12 - Crescimento populacional na RMSP 2010/2025. Fonte: STM, 2013.

Figura 14 - Densidade populacional na RMSP em 2025. Fonte: STM, 2013.

Se comparadas às densidades de outras aglomerações urbanas de referência⁴⁰, como a Metrópole de Londres “*Greater London*” (52 hab/ha para 157.800 ha) e a Metrópole de Paris (41 hab/ha para 206.000 ha) percebemos que o senso comum de que a RMSP é *pouco densa* deve ser questionado. A área da RMSP é quase idêntica à Metrópole de Londres e apresenta praticamente o dobro da densidade populacional. Além disso, quando consideradas as densidades por zonas desagregadas (*Figura 13*) torna-se nítido que as maiores densidades populacionais não são exclusivas do centro expandido, mas se apresentam em diversas zonas periféricas. Essa distribuição sofreria poucas alterações no cenário simulado para 2025 (*Figura 14*).

As principais atividades urbanas que exigem deslocamentos da população são o trabalho, 53% em 2007 e 2012, e a educação, 23% em 2007 e 2012 (CMSP, 2012). Os mapas apresentados pela STM evidenciam que, diferentemente da distribuição populacional, relativamente homogênea no território, a oferta de empregos está, de forma geral, concentrada nas áreas centrais e torna-se mais rarefeita em direção à periferia, com alguns subcentros apresentando densidades acima de 150 empregos/ha. Os cenários de variação da quantidade de empregos indicam, na simulação da STM, a manutenção geral da oferta no centro expandido e o crescimento em áreas associadas a intervenções: principalmente o desenvolvimento da rede de trilhos, *Áreas de Intervenção Urbana (AIU)* e *operações urbanas consorciadas (OUC)*⁴¹. Deve-se considerar que são essencialmente resultados induzidos

na modelagem, adotando-se a expectativa de que, sobretudo as operações urbanas, surtirão o efeito previsto. Ainda assim, no horizonte do estudo, estas medidas não são suficientes para alterar significativamente o quadro geral.

O plano *Atualização da Rede* se baseia no princípio de adensamento populacional nos arredores dos “corredores de transporte”, em alinhamento com os planos diretores municipais e leis de zoneamento, “promovendo um desenvolvimento equilibrado com a redução dos deslocamentos da população” (STM 2013, p. 70). A idéia de redução dos deslocamentos como um objetivo pode ser questionada, já que as viagens não são determinadas apenas pela distância entre as residências e os locais de atividade (*Tabela 3*), mas são alteradas significativamente pelo desenvolvimento econômico, considerando a diminuição da desigualdade de renda e o aumento da taxa de empregos, o que acaba por gerar um aumento da taxa de mobilidade (viagens por habitante) (GARCIA, 2013). Em vez de se almejar uma política de adensamento como estratégia para “reduzir a necessidade de transporte” – conforme seguidamente propagado – é preferível pensar que tal tipo de política de uso do solo, se bem articulada à política de transporte, pode servir como instrumento para tornar a alocação de viagens mais eficiente. Em outros termos, para melhorar a distribuição dos deslocamentos sobre a infraestrutura instalada (GARCIA, 2017)⁴².

⁴⁰ Dados coletados por Garcia (2014).

⁴¹ Na definição da Prefeitura de São Paulo as “Áreas de intervenção Urbana são áreas a serem regulamentadas por lei específica, proposta pela Prefeitura e geridas com a participação da sociedade civil (...) são áreas que poderão receber novas formas de uso e ocupação do solo, mais qualificado e inclusivo, combinadas com medidas que promovam o desenvolvimento econômico e racionalizem e democratizem a utilização das redes de

infraestrutura e preservação dos sistemas ambientais. Operações urbanas consorciadas são intervenções pontuais realizadas sob a coordenação do Poder Público e envolvendo a iniciativa privada, empresas prestadoras de serviços públicos, moradores e usuários do local, buscando alcançar transformações urbanísticas estruturais, melhorias sociais e valorização ambiental”. (PMSP, 2016)

⁴² Em conversas durante o desenvolvimento deste trabalho.

Figura 15 - Mapa de densidades de emprego – RMSP. Fonte: STM, 2013.

Ano	Trabalho	Educação	Compras	Saúde	Lazer	Outros	Total
2007	13.279	5.876	999	1.290	1.096	2.627	25.167
	53%	23%	4%	5%	4%	10%	100%
2012	15.872	7.062	1.348	1.361	1.146	2.950	29.739
	53,37%	23,75%	4,53%	4,58%	3,85%	9,92%	100,00%

Tabela 3-Viagens motorizadas por motivo - RMSP – 2007 e 2012. Fonte: CMSP, 2012.

Gráfico 3 – Total de viagens diárias motorizadas por motivo – RMSP – 2007 e 2012. Fonte: CMSP, 2012.

É importante destacar que, com a publicação do plano *Atualização da Rede (2013)*, a STM apresenta uma proposta de nível de abrangência bem mais amplo que os dois planos anteriores (*PITU 2025* e na *Rede Essencial do Metrô-SP*), que se aproximavam do conceito de *rede densa* apresentado no PITU 2020, concentrada no centro expandido. A idéia de que se poderia aumentar a densidade de ocupação do centro expandido a partir da concentração da infraestrutura aliada a políticas de adensamento e transformação do uso do solo está baseada em pressupostos equivocados. Garcia (2014) descreve como a comparação com a Paris Intramuros, frequentemente mencionada, ignora o fato de que a região central da capital francesa já era muito adensada quando a primeira linha de metrô começou a

ser construída e, após a construção da infraestrutura, teve sua população estabilizada⁴³. Concentrar os investimentos numa região na qual reside menos de 10% da população metropolitana seria agravar as desigualdades existentes. Essa rede excessivamente concentrada, aumentando drasticamente o diferencial dos níveis de acessibilidade do centro e regiões periféricas, promoveria uma valorização ainda maior da área central, tendo como resultado o efeito inverso: uma fuga da população para áreas mais baratas com maior intensidade. (GARCIA, 2014)

O mapa da renda média familiar por zona indica, de forma geral, uma distribuição típica de aglomerações urbanas de países em desenvolvimento, com a concentração nas áreas centrais das faixas de renda mais elevadas e um decréscimo progressivo na renda média em direção áreas periféricas.

Como cenário macroeconômico o plano Atualização da Rede adota o estudo da Cia do Metrô que estabelece três cenários de crescimento do PIB: pessimista, moderado e otimista. Para o PIB Nacional, respectivamente 2,5%, 3,5% e 4,8%. Para o PIB do Estado, respectivamente, 1,9%, 3,3% e 5,3%⁴⁴. À época foi selecionado o cenário otimista, “por ser avaliado como o mais adequado dos três para a realidade econômica atual” (STM, 2013, p.21).

⁴³ A densidade da região de Paris Intramuros é de aproximadamente 247 hab/hec. Ver Garcia (2014), p. 230.

⁴⁴ Variação média real

Figura 16 - Renda média familiar - Pesquisa OD 2007. Fonte: Isoda, 2013.

Como mencionado anteriormente, o cenário otimista de desenvolvimento adotado deve ser entendido como meta tanto para as transformações socioeconômicas (oferta de empregos, renda e sua distribuição, população e matrículas escolares) como para a capacidade de investimento do poder público⁴⁵. O plano da STM previa, entre 2010 e 2030 investimentos da ordem de R\$ 189 bilhões⁴⁶ no transporte sobre trilhos na

⁴⁵ Até porque o investimento em infraestrutura pode ser defendido como medida anticíclica em momentos de recessão.

⁴⁶ Valores de dez/2012. Ver STM (2013), p. 64.

expansão da rede de Alta e Média Capacidade (aproximadamente R\$ 9 bilhões/ano). Destes, foram previstos para o Metrô R\$ 98 bilhões (4,9 bilhões/ano ou 54%), CPTM R\$ 35 bilhões (1,75 bilhão/ano ou 19,4%) e para as linhas de Monotrilho R\$ 47 bilhões (2,35 bilhões/ano ou 26,1%).

O investimento significativo nas linhas de Monotrilho vem sendo questionado por diversos especialistas. É equivocada a tentativa de atribuir aos monotrilhos uma função que deveria ser de transporte metroviário pesado⁴⁷. A tecnologia não apresenta capacidade compatível e nem a flexibilidade de traçado do metrô subterrâneo. A capacidade do trem de monotrilho da linha 15-Prata, que deve atender uma parte significativa das altas demandas da zona leste, com estação terminal na Cidade Tiradentes, é de aproximadamente 1000 pessoas (CMSP, 2016). É uma composição desenvolvida pela empresa multinacional Bombardier especialmente para o Metrô de São Paulo, com uma das maiores capacidades do mundo. Ainda assim, apresenta metade da capacidade de uma composição regular do metrô convencional: 2000 pessoas⁴⁸. Para chegar a uma capacidade de transporte próxima ao metro pesado as linhas de monotrilho precisariam de uma oferta equivalente ao dobro de trens no mesmo intervalo de tempo (o que é operacionalmente inviável). Portanto, já se inaugura uma operação vinculada a uma opção de tecnologia que apresenta sérias restrições de atendimento às demandas. Em relação ao traçado, como já comentado, por apresentarem-se elevadas, as linhas de monotrilho estão subordinadas aos leitos viários existentes e acabam apresentando uma extensão muito maior para

atendimento às mesmas regiões, o que contradiz a expectativa de um custo menor por quilometro para implantação⁴⁹.

Estas breves considerações devem servir para indicar que os recursos destinados aos monotrilhos⁵⁰ deveriam ser redirecionados para o transporte metroviário e para demonstrar um dos pontos mais frágeis do plano Atualização: a opção por linhas de média/baixa capacidade para atendimento de áreas periféricas.

A análise geral apresentada até este ponto indica que a futura rede de transportes de alta capacidade ideal para São Paulo deverá ter como parâmetros estruturais uma boa *aderência* ao tecido urbano, uma *abrangência* suficiente para promover níveis adequados de *homogeneização do espaço* e o maior grau de *homogeneidade interna da malha* possível. A abrangência necessária para um traçado com boa aderência à ocupação existente no território (e suas perspectivas de transformação) deve exigir um desenho de rede com infraestrutura mais rarefeita. Terá, portanto, um número reduzido de conexões em relação a modelos de rede que privilegiem a concentração de linhas, o que aumentará a demanda média nas estações. O raciocínio em abstrato sobre os modelos ideais de rede (topologia), desenhos das conexões e parâmetros de conectividade apresentados, também precisa se adaptar à realidade concreta da urbanização de São Paulo.

Passaremos a examinar os principais parâmetros técnicos envolvidos no dimensionamento da rede futura de alta capacidade, tendo em vista o

⁴⁷ Garcia (2014), em artigo para a revista ANTP, desenvolveu uma série de argumentos sobre os limites da adoção desta tecnologia em São Paulo.

⁴⁸ Considerados em ambos os sistemas 6 pessoas por m² (trens das linhas 1,2 e 3)

⁴⁹ Como exemplo, numa verificação simplificada um traçado mais retificado para a Linha 15-Prata (enterrado) poderia apresentar uma extensão 20% menor com os mesmos pontos de atendimento.

⁵⁰ As linhas 17-Ouro e 15-Prata já estão com parte das obras executadas.

cenário de demandas de passageiros e as perspectivas para as estações de conexão no transporte metroviário.

**DADOS GLOBAIS
REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO
1967, 1977, 1987, 1997, 2007 e 2012**

VARIÁVEIS	1967	1977	1987	1997	2007	2012
POPULAÇÃO (milhares de habitantes)	7.097	10.276	14.248	16.792	19.535	20.012
TOTAL DE VIAGENS (milhares/dia)	-	21.304	29.400	31.432	38.094	43.715
VIAGENS MOTORIZADAS (milhares/dia)	7.187	15.263	18.642	20.458	25.167	29.739
FROTA DE AUTOS (milhares)	493	1.392	2.014	3.092	3.601	4.247
ÍNDICE DE MOBILIDADE TOTAL ¹	-	2,07	2,06	1,87	1,95	2,18
ÍNDICE DE MOBILIDADE MOTORIZADA ²	1,01	1,49	1,31	1,22	1,29	1,49
TAXA DE MOTORIZAÇÃO ³	70	135	141	184	184	212
EMPREGOS (milhares)	-	3.758	5.647	6.959	9.066	9.813
MATRÍCULAS ESCOLARES(milhares)	1.088	2.506	3.676	5.011	5.251	5.366

Fonte: Metrô-Pesquisas OD 1967/1977/1987/1997/2007 e Mobilidade 2012

¹ Índice de Mobilidade Total: Número de viagens totais por habitante

² Índice de Mobilidade Motorizada: Número de viagens motorizadas por habitante

³ Taxa de Motorização: Número de automóveis particulares por 1.000 habitantes

Tabela 4- Dados globais. Fonte: CMSP, 2012.

Índice de mobilidade motorizada

O primeiro parâmetro se refere ao total de viagens motorizadas a serem realizadas e está diretamente relacionado ao tamanho da população e ao *índice de mobilidade motorizada*, ou seja, o quanto esta população se desloca

tendo ao menos um trecho de sua viagem⁵¹ realizada por meio motorizado: o índice de mobilidade motorizada é obtido pela razão entre o número de viagens motorizadas e o total da população. As viagens motorizadas representaram 68% do total em 2012 (Tabela 4).

Este indicador varia bastante de acordo com a faixa de renda familiar, que está relacionada a diversos fatores, como o número de pessoas empregadas, nível de renda suficiente para realizar deslocamentos além da ida ao trabalho e a posse de automóveis, por exemplo. Na análise dos deslocamentos por faixa de renda, a faixa mais alta chega a realizar três vezes o volume de viagens da faixa de renda mais baixa⁵². É, portanto, um índice diretamente relacionado à situação econômica do país e às perspectivas de desenvolvimento. Tem também impacto bastante significativo na mobilidade motorizada a política tarifária vigente, tanto pelo preço da passagem quanto por políticas de gratuidades, isenções e integrações entre operadoras, como foi o caso do Bilhete Único em São Paulo⁵³.

Os dados de 2012 mostram uma evolução significativa no índice de mobilidade motorizado se comparado a 2007 (um aumento de mais de 15%). Esta variação corresponde a 4,5milhões de viagens/dia. Nos modos sobre trilhos, houve um aumento significativo da utilização de metrô e de trens, correspondendo a variações de 45% (996 mil viagens/dia) e 62% (817 mil viagens/dia)⁵⁴, respectivamente, enquanto as viagens por ônibus e automóvel

⁵¹ É considerado como viagem um deslocamento com uma origem e um destino, com um motivo e uma duração, utilizando-se quantos modos forem necessários. Ver STM (2009)

⁵² Pesquisa *Mobilidade 2012*.

⁵³ Lançado em 18 de maio de 2004, o Bilhete Único permite atualmente que o passageiro faça até quatro viagens de ônibus pagando uma única passagem dentro de um certo período de tempo. Permite ainda fazer integração com meios de transporte sob trilhos pagando um preço menor do que a soma da tarifa de ônibus e de trem ou metrô. Passou a

funcionar no Metrô em 30 de dezembro de 2005. Em 2006, com o início da operação do Bilhete Único, o Metrô registrou um aumento de demanda de 300 mil passageiros/dia, 12% do total diário. Ver AEAMESP (2006).

⁵⁴ Sem considerar a hierarquia dos modos de transportes utilizados na mesma viagem, somando uma viagem para cada modo usado. Tabela 11 da Pesquisa Mobilidade 2012 (CMSP, 2012)

tiveram aumento de 13% (1,41 milhões viagens/dia) e 19% (2,04 milhões viagens/dia), respectivamente. Percebemos um aumento geral da mobilidade neste período, mas sem alterações significativas na distribuição das viagens entre transporte individual e coletivo. Apesar do incremento das viagens no sistema metroviário ter sido o mais acentuado percentualmente, os maiores aumentos em números absolutos foram nas viagens por ônibus. Só foram superados pelo aumento das viagens por automóvel. Das viagens por ônibus, 25% do total (ou 3,15 milhões de viagens/dia) incluem ao menos uma transferência para metrô ou trem. Portanto, 72% das 4,36 milhões de viagens diárias dos sistemas sobre trilhos (soma de Metrô e CPTM) são viagens de integração com ônibus.

A comparação do índice de mobilidade motorizada da RMSP em 2012 (1,49) com o de outras cidades referenciais revela que São Paulo diminuiu significativamente a discrepância em relação à média dos casos apresentados (1,80) entre 2007 e 2012. Para atingir esse índice de 1,80, entretanto, seriam necessárias 6,2 milhões de novas viagens diárias para a mesma população de 2012.

Gráfico 4 - Índices de mobilidade motorizada. Fonte: Ver Anexo 1.

Participação dos modos

Um segundo parâmetro de referência deve ser a participação do transporte sobre trilhos no total de viagens motorizadas, ou seja, quantas viagens são atendidas tendo ao menos um trecho com transporte por metrô ou trens urbanos. Deve-se considerar inicialmente qual a distribuição das viagens entre modos coletivo e individual. A Pesquisa Mobilidade 2012 revela baixa alteração na relação: em 2007 55% das viagens foram por transporte coletivo, em 2012 a participação reduziu para 54%.

Para análise da distribuição das viagens entre os modos de transporte coletivo utilizaremos os dados divulgados pela STM no *Relatório de Demanda 2011-2014* (STM, 2015). As viagens multimodais foram decompostas e o trecho relativo a cada modo foi computado como uma viagem. Com essas considerações os dados se apresentam próximos aos da Pesquisa Mobilidade 2012.

É notável a participação dos ônibus (62%) em relação aos trilhos (38%). O transporte metroferroviário corresponde a 23,2% e os trens metropolitanos da CPTM a 14,8%. Essa distribuição revela que a RMSP ainda é dependente do transporte por ônibus para a maior parte dos deslocamentos. Numa perspectiva de avanços na organização do transporte coletivo de São Paulo devemos considerar que o atendimento a novas viagens (geradas pelo crescimento populacional e aumento da mobilidade geral) deve ser atendido prioritariamente pela rede de trilhos a se expandir, principalmente para os deslocamentos de grande distância. Uma parcela significativa das viagens hoje atendidas pelos ônibus também poderia migrar para os trilhos, permitindo uma utilização menos sobrecarregada da malha viária existente e um atendimento a demandas mais coerentes com as faixas de capacidade das tecnologias. Quando comparado aos índices de outras cidades (Gráfico 5) é notável a reduzida participação da rede de trilhos no total de viagens motorizadas da RMSP (15,6%).

RMSP TRANSPORTE COLETIVO 100%	COMPETÊNCIA MUNICIPAL 51,9%	ÔNIBUS 51,9%
	COMPETÊNCIA ESTADUAL 48,1%	EMTU 10,1%
		METRÔ E VIA 4 23,2%
		CPTM 14,8%

Figura 17 - Participação dos modos de transporte coletivo. Dados referentes a 2014. Fonte: STM, 2015.

Gráfico 5 - Participação dos trilhos nas viagens motorizadas. Relação entre o total de viagens tendo transporte sobre trilhos como modo principal e o total motorizado (alta capacidade). Fonte: Ver Anexo 2 - Transporte sobre trilhos em outras cidades - indicadores gerais.

Densidade de uso

A densidade de uso⁵⁵ de um sistema de transportes sobre trilhos é a relação entre a quantidade total de passageiros transportados diariamente e a quilometragem da rede. É um indicador da taxa de utilização do sistema. Ainda que reserve distinções quanto à capacidade específica de transporte de cada linha, será adotado como um parâmetro geral para comparação com

⁵⁵ Ou IPK, índice de passageiros por quilometro.

⁵⁶ A lotação máxima recomendada para vagões de metrô é de 6 pass/m². Fonte: Vuchic (2007)

⁵⁷ Para o cenário 2015 do plano Atualização (com as linhas 1 a 5 em operação e também as três linhas de monotrilhos, 15, 17 e 18) a linha 3-Vermelha ainda apresenta um

carregamento crítico de mais de 90.000 passageiros/hora/sentido. Para lotações de 2000 passageiros/trem (6 pessoas/m²) este carregamento exige 45 trens/hora ou um trem a cada 80 segundos.

outras redes. Nota-se que a rede do metro de São Paulo apresenta uma densidade de uso média superior a uma vez e meia a de Tóquio, a segunda rede com maior densidade de passageiros entre as selecionadas (Gráfico 6). É um reflexo da baixa extensão da rede metroviária e da elevada demanda em São Paulo, que tem a operação do sistema testando constantemente os limites, com intervalos entre trens bastante reduzidos (inferiores a 90s na Linha 3 – Vermelha) e condições inaceitáveis de superlotação nos horários de pico (chegando a 9 passageiros /m² na mesma Linha 3 – Vermelha⁵⁶). O levantamento das densidades de uso médias de cada linha em São Paulo (Gráfico 7) revela que, com exceção da linha 5 (que ainda não se conecta à rede de metrô), todas as demais apresentam valores acima de 35.000 pass/km. A Linha 4 - Amarela possui a maior densidade média, já que tem um carregamento significativo em todos os trechos na sua pequena extensão. Mas ainda é a Linha 3 - Vermelha que apresenta os carregamentos mais críticos (trecho central), como pode ser visto no plano *Atualização*⁵⁷, por concentrar as viagens pendulares com origem e destino na zona leste da cidade.

Gráfico 6 – Densidade de uso nos trilhos urbanos (pass/km linha).

* Pesquisa Mobilidade 2012. Para o total de viagens/dia na CPTM foram incluídas as viagens com modo principal Metrô.

Fonte: Ver Anexo 2.

Gráfico 7 - Densidade de uso nas linhas de metrô (pass/km linha).

Fonte: Compilado pelo autor a partir de dados da CMSP, 2016 (Linhas 1,2,3,5) e STM, 2015 (Linha 4). Ver Anexo 4.

Gráfico 8 – Quilometragem de rede por habitante.

Fonte: Anexo 2 - Transporte sobre trilhos em outras cidades - indicadores gerais. Fonte: Ver Anexo 2.

Transferências de passageiros nas conexões

A partir dos dados da PM2012 e do relatório da STM (2012) é possível verificar a ordem de grandeza da movimentação geral de passageiros nas estações de conexão intramodais e nas integrações com a rede de ônibus municipais e intermunicipais. De todas as viagens que incluem transferência (considerando as viagens por ônibus) as transferências entre linhas metroviárias nas 6 estações em operação correspondiam em 2012 a 18,0%

(912mil) do total de transferências (4,7 milhões). Essa baixa participação é consequência da situação embrionária da rede, com abrangência reduzida, e também da sua baixa conectividade. Apesar de pouco representativa no âmbito geral das transferências, as estações que atendem esse tipo de conexão têm significativo movimento de passageiros, como será analisado na sequência deste trabalho. Nos trens urbanos, mesmo desconsideradas as transferências entre linhas da CPTM, a participação é equivalente no total de viagens e significativamente maior nas viagens do modo. Isso se deve, principalmente, à extensão superior da malha ferroviária (com maior abrangência e número de conexões) e à própria configuração da rede, que exige transferências para o metrô para atingir a área central (onde estão concentrados os empregos). E ainda se deve ao fato de que a rede de metrô tem uma cobertura limitada ao município de São Paulo. As 8 estações em operação que permitem transferência Metrô x CPTM também se apresentam bastante sobrecarregadas, com dificuldades de operação que podem superar as das estações de conexão entre linhas metroviárias⁵⁸.

⁵⁸ Sobretudo nos horários e nas estações em que a oferta da conexão trem x metrô é gratuita (Luz, Tamanduateí, Coringhians-Itaquera, Tatuapé, Brás, Palmeiras-Barra Funda e Santo Amaro).

Transferências intermodais e intramodais RMSP - 2012
MDU x 1000

Gráfico 9 - Transferências intramodais e intermodais na RMSP. Em 2012 (total diário): Metrô x metrô (648mil), trem x metrô (993mil), ônibus x trilhos (3,15 milhões).

* Fonte: STM, 2015.

** Fonte: CMSP, 2012. Transferências calculadas pela diferença entre total de viagens do modo e total de viagens do modo principal.

A partir dos principais argumentos apresentados é possível considerar que o número de estações que permitem a conexão entre linhas metroviárias deve se elevar significativamente com a priorização dos investimentos na expansão deste sistema (o que é defendido nesta pesquisa). Deve aumentar, portanto, também significativamente a participação das transferências metrô x metrô no total de viagens da RMSP.

Viagens no modo - 2012 - MDU x 1000

Gráfico 10 - Participação das viagens com transferência no total de viagens do modo.

* Fonte: dados do Relatório de Demanda STM 2011_2014

** Fonte: Pesquisa Mobilidade 2012, transferências calculadas pela diferença entre total de viagens do modo e total de viagens do modo principal.

Uma rede de extensão adequada às perspectivas de São Paulo e com número compatível de estações de conexão deve contribuir para homogeneizar as demandas nas estações. A taxa de transferências entre linhas de metrô, entretanto, que representou cerca de 28% do total de viagens em metroviárias 2012, deve se elevar, considerando que uma rede mais complexa apresentará uma oferta ampliada de trajetos possíveis e que as transferências internas ao sistema metroviário devem permitir que os usuários cheguem aos destinos com maior precisão.

1.6 Cenários para a rede futura da RMSP

A partir das considerações anteriores serão apresentados cenários possíveis para o desenvolvimento da rede futura de transportes em São Paulo. Trata-se de um exercício especulativo que tem como intenção estimar qual deverá ser a ordem de grandeza das demandas futuras para o transporte metroviário e para as estações de conexão em São Paulo. São comparados cenários a partir de parâmetros numéricos distintos, de forma desvinculada de um desenho de rede ou plano específico.

Para uma projeção de cenários com maior precisão seria necessário um estudo muito mais complexo envolvendo equipes interdisciplinares (como foram os PITUs ou o plano Atualização da Rede, por exemplo). Seria também necessário estabelecer um traçado de rede a partir do qual podem ser realizadas modelagens matemáticas para simulação do comportamento das viagens⁵⁹. O pré-dimensionamento bastante simplificado aqui apresentado deve servir como parâmetro para confrontação com propostas alternativas de rede e com o plano atual da STM. Permite, a partir deste esqueleto inicial⁶⁰, o ensaio de outros cenários com ajustes nos parâmetros. Para as perspectivas nas estações de conexão, o ensaio destes cenários pode revelar como alterações em alguns parâmetros gerais implicam em mudanças significativas nas demandas destas estações.

É importante ressaltar que frequentemente no discurso das

companhias de transporte a demanda futura é entendida como uma condicionante de projeto, ou seja, desenha-se a rede que melhor se adequa às perspectivas de viagens distribuídas espacialmente. É necessário considerar, entretanto, que o traçado da rede futura tem condição de não apenas atender a demanda, mas reorganizá-la. Um plano consistente de transportes, portanto, deve projetar o cenário futuro de desenvolvimento e organização espacial da cidade desejável e o sistema de transporte que deve lhe dar suporte.

O crescimento da demanda de passageiros no sistema metroviário deve ter origem em alguns fatores principais:

- Crescimento demográfico.
- Aquecimento da economia e aumento de renda individual e familiar.
- Oferta de novos serviços para a população.
- Políticas públicas para integração tarifária.
- Expansão da rede, aumentando área de abrangência e os pontos de conexão entre os modos de transporte, atraindo novos usuários para o sistema sobre trilhos.

As tabelas apresentadas a seguir consideram 6 cenários para a RMSP tendo como horizonte 2030⁶¹. Como mencionado, são cenários de caráter especulativo que procuram evidenciar o contraste entre números possíveis. Interessa mais a comparação entre a ordem de grandeza dos números nos cenários e o entendimento dos critérios e parâmetros envolvidos do que a

⁵⁹ Para uma breve introdução ao uso da modelagem matemática de simulação ver Isoda (2013).

⁶⁰ A estrutura de raciocínio e organização das tabelas parte do ensaio apresentado por Deák (1999).

⁶¹ Como comentado anteriormente, o ano 2030 é apenas uma data referencial para comparabilidade com as projeções utilizadas pela STM no plano Atualização da Rede. Os dados podem ser transpostos para anos posteriores, desde que consideradas, principalmente, alterações do crescimento previsto para a população.

pretensão de factibilidade de um dos cenários considerado isoladamente.

Para os três primeiros cenários (A,B,C) foi adotada a taxa de mobilidade aferida em 2012 (1,49), considerando que não haveria nenhum desenvolvimento do índice de mobilidade motorizada no horizonte futuro. Para os outros três cenários (C,D,E) foi adotada uma taxa de mobilidade de 1,70, que se aproxima da média de cidades referenciais apresentadas anteriormente. Para a estimativa de população foi adotada para todos os cenários a projeção apresentada na *Tabela 2*, um crescimento de aproximadamente 15%. Estes dois parâmetros são bastante sensíveis, já que alteram de forma diretamente proporcional o número total de viagens previstas.

Tabela de cenários – Parte I

A partir dos dados da PM2012 projetou-se o total de novas viagens motorizadas nos cenários. Foram então adotadas diferentes premissas na distribuição de viagens entre transporte coletivo e individual. Para os cenários A e D foi mantida a divisão modal existente em 2012, o que significaria um aumento de 4,3 e 6,9 milhões de viagens por transporte individual, respectivamente. Para os cenários B e E foi adotado que 60% das viagens seriam por transporte coletivo, com um desenvolvimento razoável em relação a 2012 e próximo ao cenário simulado no plano *Atualização da Rede* (57%), ainda sendo necessário absorver 1,9 e 4,2 milhões de viagens por transporte individual, respectivamente. Já para os cenários C e F foi adotada a divisão modal necessária para que todas as novas viagens sejam absorvidas pelo transporte coletivo, numa situação ideal em que não haveria acréscimo de viagens individuais na malha viária já sobrecarregada.

O próximo parâmetro que diferencia os cenários é a participação dos trilhos no total de viagens por transporte coletivo. Para o cenário A foi adotada a hipótese de manutenção da participação existente. Para o cenário D foi adotado que os sistemas sobre trilhos absorveriam 70% das novas viagens por TC. Já nos cenários B e E, foi adotada a participação necessária para que todas as novas viagens fossem absorvidas pelos trilhos. Nos cenários C e F utilizou-se uma taxa de 50%, considerando que parte das viagens existentes por ônibus migraria para os trilhos, aliviando a sobrecarga atual do sistema sobre pneus.

Com esses parâmetros iniciais tem-se o total esperado de viagens nos trilhos, variando do cenário A, muito próximo ao número de 2012, ao cenário F, com aproximadamente o triplo de viagens.

Tabela de cenários – Parte II

A parte II da tabela de cenários procura especular sobre o dimensionamento da rede de metrô futura a partir das viagens a serem atendidas. Para todos os cenários foi adotado que todas as novas viagens nos trilhos seriam absorvidas por um sistema com características de metrô (capacidade, velocidade, distância entre estações, intervalo dos trens, confiabilidade, nível de segregação e interferência na cidade). Não é descartada a hipótese de que trechos da malha existente da CPTM possam ser reconfigurados para atingir estas características, o que foi desconsiderado é a expansão do sistema de trens urbanos em superfície com as características físicas e operacionais existentes.

Para dimensionar a quilometragem da rede futura de metrô foi utilizado como parâmetro a densidade de uso média do sistema, ainda que

não possa ser considerado um parâmetro de qualidade no transporte. Adotou-se o valor de 30.000 passageiros por km de linha para todos os cenários, que se aproximaria da densidade média de uso do metrô de Tóquio, a cidade com sistema mais sobrecarregado entre as analisadas. Ainda assim, seria significativamente inferior às densidades de passageiros nas linhas 1-Azul, 4-Amarela e 3-Vermelha, as mais carregadas em São Paulo, cerca de 2/3 da média atual da RMSP, de 48.899 pass./km. (ver *Anexo 4*).

A rede futura para atendimento a estes parâmetros varia entre 114km (cenário A) e 456km (cenário F). A título de comparação, as redes Densa e Aberta do PITU 2020 possuíam 217km e 237km de metrô, respectivamente. O plano *Atualização da Rede* prevê 261 km de metrô para o cenário 2030⁶². Os trabalhos de Isoda (2013), Garcia (2014) e Pontes (2010), que elaboraram ensaios de rede com horizontes comparáveis ao desse estudo, apresentaram traçados de metrô com 459km, 386km e 401km, respectivamente. A discrepância nas quilometragens se deve menos por diferenças significativas na estimativa de demanda, mas, em grande parte, pelo fato do plano *Atualização da Rede* adotar parcela considerável da expansão do sistema com linhas de média capacidade (VLT e Monotrilho)⁶³.

O trecho final da parte II da tabela de cenários indica simulações do tempo necessário para atingir as quilometragens de rede comparando alguns

ritmos de investimento distintos. A primeira coluna indica qual seria o ritmo de construção necessário para atingir a extensão total da rede em 20 anos. Os cenários mais otimistas exigiriam a construção de até 19km/ano (cenário F) o que pode parecer pouco factível quando comparado ao ritmo de expansão da rede de São Paulo nas duas últimas décadas (2,1km/ano)⁶⁴. Para o mesmo cenário F seriam necessários 180 anos para completar a extensão desejada. Outras experiências demonstram que é possível atingir ritmos de expansão bastante elevados, como o caso do metrô de Xangai na China, que, inaugurado em 1995, em pouco mais de 16 anos atingiu 437km de rede (24,3km/ano). Nova Déli, a segunda maior média de expansão, apresentou, a partir de 2002, um ritmo de expansão de 17,6km/ano. Mas são experiências bastante particulares, de difícil comparação direta com a realidade de São Paulo. Como ponderação, a experiência de expansão da rede recente da capital espanhola Madri (1995-2003) foi de aproximadamente 74,3km em 10 anos (7,4km/ano)⁶⁵. Entre os sistemas de metrô latino-americanos, o da Cidade do México, inaugurado em 1969, é o de maior extensão (226km) e o de maior ritmo de expansão (5,14km/ano).⁶⁶

Na última coluna temos a simulação para um ritmo de construção de 6km/ano, o que exigiria triplicar os investimentos que vem sendo aplicados. Ainda assim, para os cenários C, E e F seriam necessárias mais de

⁶² STM, 2013, tabela 3.6, pg. 64.

⁶³ Se, como hipótese, fossem somadas as linhas previstas como média capacidade (monotrilhos), visto que poderiam idealmente ter sido previstas como metrô, teríamos mais 85km, com total de 346km.

⁶⁴ Desde 1995 foi investido R\$ 30 bilhões no metrô em 20 anos, inaugurando 37,2km de linhas, ou seja, 1,86km/ano. Ver Folha de São Paulo, 03 jun. 2015. Consideramos para a simulação o horizonte de 2018 com a inauguração da linha 5 – lilás, com mais 11,5km, o que ajustaria o ritmo de construção para 2,1km/ano.

⁶⁵ dos quais 40,5km são dos túneis do *Metrosur*, uma linha circular localizada numa região distante aproximadamente 17 km do centro (a título de comparação a estação Itaquera está a 20km da estação Sé em São Paulo). Os dados de Madrid foram extraídos da *Revista Trébol*, nº 38, 2006.

⁶⁶ Extraído de compilação publicada pela BBC Brasil em 11 jan 2013.

4 décadas de obras e contar com uma baixa variação demográfica neste horizonte estendido para que se mantivesse a expectativa de viagens.

Tabela de cenários – Parte III

A terceira parte da tabela de cenários procura simular a demanda média de passageiros nas estações de conexão. Para todos os cenários foi adotada uma taxa de 35% das viagens no metrô como viagens com transferências internas ao modo. Se aproxima da taxa de transferências atualizada para 2016 (38%), mas é ainda significativamente inferior ao padrão atual da linha 4 – amarela (53%)⁶⁷. Adotou-se, portanto uma taxa próxima à encontrada atualmente nas estações em operação. Mas é possível presumir que ocorra um aumento da participação média das transferências no total de viagens, com a inauguração de um número significativo de novas estações. Se aumentadas a conectividade e complexidade da rede (o que é desejado) deve aumentar também o percentual de transferências. Um aumento no número de estações deve ser acompanhado de um aumento na abrangência da rede e na demanda atendida. Além disso, com a ampliação de oferta de percursos disponíveis e da complexidade da rede, esta deve passar a atender trechos de viagens realizados anteriormente por outros modos⁶⁸. Por outro lado, mesmo com uma quantidade total de transferências maior é possível ocorrer uma redução no volume de transferências médio por

estação, num horizonte de rede em que os pontos de conexão sejam mais numerosos.

Com essa taxa de transferência entre linhas de metrô a expectativa de transferências diárias seria de até 4,8 milhões (cenário F), mais de quatro vezes a atual (1,1 milhão). Adotou-se o número de estações de conexão da rede Aberta do PITU 2020 para todos os cenários (23), para permitir uma comparação entre os fluxos de transferência esperados na hora pico. Essa simulação revela que, para o cenário B, com extensão de rede próxima a do PITU2020, teríamos aproximadamente 15.000 embarques nas estações na hora pico, um volume de passageiros equivalente ao encontrado nas estações Ana Rosa e Paraíso, como será visto em maior detalhe na sequência deste trabalho. Já para o cenário F, teríamos um volume próximo ao existente na estação Sé na hora pico da manhã, o que revela a necessidade de um maior número de estações, ou então, estações dimensionadas para demandas equivalentes às da estação mais carregada do sistema atual. A última coluna demonstra, de forma inversa, qual seria o número de estações necessárias para uma média de 15.000 embarques na hora pico. Nota-se que, mesmo para os cenários mais pessimistas, a diferença é significativa se considerado que temos em operação apenas 6 estações.

⁶⁷ Ver Tabela 8. Obtido a partir de dados da STM para 2016 nas horas pico manhã e tarde. Considerada a participação das transferências nas estações Paulista e República para as linhas 2-Verde e 3-Vermelha, respectivamente, em relação ao total de viagens.

⁶⁸ Na simulação do plano *Atualização* nota-se um constante aumento no número de Embarques/Viagem até 2030, indicando o aumento do número de transferências dos passageiros entre modos para uma rede com maior conectividade. Os índices variam de 1,72 em 2010 para 2,11 em 2030 (diferença de 22,6%). (STM, 2013, p.77)

**Cenários para RMSP (2030) - Parte I - Viagens Motorizadas
(milhares)**

cenário	índice de mobilidade motorizada	população estimada	total viagens motorizadas (modo principal)	total viagens motorizadas (por modo)*	novas viagens (2030- 2012)	% TC	viagens TI	viagens TC	novas viagens TC	% trilhos no TC	% trilhos no total de viagens	novas viagens trilhos	total viagens trilhos**
A	1,49	23.114	34.440	39.606	9.867	54,0%	18.219	21.387	999	26,0%	14,0%	208	5.561
B	1,49	23.114	34.440	39.606	9.867	60,0%	15.842	23.764	3.376	36,7%	22,0%	3.376	8.729
C	1,49	23.114	34.440	39.606	9.867	65,0%	13.862	25.744	5.356	50,0%	32,5%	7.519	12.872
D	1,70	23.114	39.294	45.188	15.449	54,0%	20.786	24.401	4.013	34,7%	18,7%	3.118	8.471
E	1,70	23.114	39.294	45.188	15.449	60,0%	18.075	27.113	6.725	44,5%	26,7%	6.725	12.078
F	1,70	23.114	39.294	45.188	15.449	70,0%	13.556	31.632	11.244	50,0%	35,0%	10.463	15.816

* Utilizado o mesmo índice da Pesquisa Mobilidade 2012

** Não estão somadas as transferências nas estações

Tabela 5 - Cenários para RMSP (2030) - Parte I - Viagens Motorizadas (milhares). Fonte: Elaborado pelo autor.

Cenários para RMSP (2030) - Parte II - Viagens nos trilhos e extensão da rede de metrô (milhares)

cenário	% metrô nos trilhos	novas viagens metrô	total viagens trem	total viagens metrô	densidade de uso metrô (pass/km)	novos km metrô	extensão total rede metrô	km/ano (20 anos)	anos a 2,1 km/ano	anos a 6 km/ano
A	0,62	208	2.134	3.427	30.000	40	114	2,0	19,0	6,7
B	0,76	3.376	2.134	6.595	30.000	146	220	7,3	68,9	24,3
C	0,83	7.519	2.134	10.738	30.000	284	358	14,2	134,1	47,3
D	0,75	3.118	2.134	6.337	30.000	137	211	6,9	64,8	22,9
E	0,82	6.725	2.134	9.944	30.000	257	331	12,9	121,6	42,9
F	0,87	10.463	2.134	13.682	30.000	382	456	19,1	180,4	63,7

Tabela 6 - Cenários para RMSP (2030) - Parte II - Viagens nos trilhos e extensão da rede de metrô (milhares). Fonte: Elaborado pelo autor.

Cenários para RMSP (2030) - Parte III - Estações de conexão na rede de metrô*

cenário	taxa de transf. nas conexões	transf. Diárias**	tranf. Hora pico**	estações de conexão	transferências nas estações (hora pico)	embarques nas estações de conexão (hora pico)	estações de conexão para 15000 embarques (hora pico)
A	35%	1.199	144	23	6.257	8.126	14
B	35%	2.308	277	23	12.042	15.639	26
C	35%	3.758	451	23	19.608	25.465	43
D	35%	2.218	266	23	11.571	15.027	25
E	35%	3.480	418	23	18.158	23.582	40
F	35%	4.789	575	23	24.984	32.447	54

* Consideradas apenas as conexões metrô x metrô para todos os dados

** dados em milhares

Tabela 7 - Cenários para RMSP (2030) - Parte III - Estações de conexão na rede de metrô. Fonte: Elaborado pelo autor.

Entradas de passageiros por linha - agosto/2016 (em milhares)

Demanda	L1 Azul¹	L2 Verde²	L3 Vermelha³	L4 Amarela*	L5 Lilás	L15 Prata	Rede
Média dos dias úteis (MDU)	1.037	529	1.191	670	260	9	3.687
Média dos Sábados	573	232	699	-	158	3	1.662
Média dos Domingos	307	134	401	-	73	1	915
Máxima Diária	1.082	547	1.246	-	269	11	3.144
Transferências MDU (L1,L2,L3,L15)	350	136	235	-	0	6	721
<i>Participação das transferências na MDU**</i>	34%	26%	20%	-	0%	67%	20%
<i>Transferências MDU com L4 (sem CPTM)**</i>	495	231	336	355	0	6	1.417
<i>Participação das transferências na MDU com L4⁴</i>	48%	44%	28%	53%	0%	67%	38%

¹ Transferências da Linha 3-Vermelha (201) e da Linha 2-Verde (149)

² Transferências da Linha 1-Azul (127) e da Linha 15-Prata (9)

³ Transferências da Linha 1-Azul

⁴ Transferências da Linha 2-Verde

Dados fornecidos pela Coordenadoria Técnica de Estudos e Informação da Cia do Metrô de São Paulo (Protocolo SIC 602321612829)

* Dados da linha 4-Amarela de 2014 adicionados pelo autor a partir do Relatório de monitoramento da demanda 2011_2014 (STM 2015) e de dados recebidos da Diretoria Técnica da STM (Protocolo SIC 605971616226).

** Linhas adicionadas pelo autor.

Tabela 8 - Entradas de passageiros por linha - agosto/2016.

Fonte: CMSP, 2016; STM, 2015.

Os dados apresentados nestes cenários permitem uma aproximação da dimensão da política e da escala das intervenções necessárias para uma transformação significativa da situação existente em São Paulo: uma distribuição mais racional das viagens com privilégio dos modos coletivos por trilhos, redução de congestionamentos e poluição. Um aumento da mobilidade geral da população, que poderá tornar-se mais produtiva e assegurar o desenvolvimento socioeconômico da RMSP.

A rede de metrô ainda tem uma abrangência incipiente e os trens urbanos alcançam apenas alguns vetores da metrópole. Cabe hoje essencialmente ao sistema viário, também subdimensionado, o papel principal de estruturação da mobilidade na região metropolitana. As soluções de transporte que tem sido empregadas por seguidas administrações públicas, privilegiando obras viárias e voltadas ao transporte individual ou importando “novas tecnologias” que se prometem revolucionárias (como é o caso dos monotrilhos, por exemplo) mostram-se incompatíveis com o atendimento das demandas de viagens existentes (quanto mais das futuras), especialmente com relação aos carregamentos de alta capacidade, tendo como resultado a saturação quase imediata das infraestruturas recém inauguradas.

Como visto no trecho inicial deste capítulo, uma resposta adequada para a realidade presente e expectativas futuras da RMSP passa pela implantação de um sistema hierarquizado de transporte. Deve ser estruturado por uma rede de alta capacidade (formada pelos modos ferroviários: metrô e trem) e otimizado por meio do uso dos diversos modos de transporte disponíveis (ônibus, trens, bondes, automóveis, bicicletas, barcas, etc). São os sistemas sobre trilhos que apresentam condições de

atender os grandes volumes de deslocamentos metropolitanos com conforto e rapidez.

Para as perspectivas nas estações de conexão, o ensaio destes cenários revela como alterações em alguns parâmetros gerais podem implicar em mudanças significativas nas demandas destas estações. Além disso, a distribuição perfeitamente homogênea aqui ensaiada não corresponde à realidade. Devem ser consideradas as etapas de expansão da rede, em que trechos de linhas e estações devem ficar sobrecarregados. E mesmo num horizonte ideal com a rede consolidada ainda haveria discrepâncias significativas de demandas entre as estações, como demonstra o plano *Atualização da Rede*, analisado a seguir.

1.7 As estações de conexão metroviária na rede atual e em projeto

A análise do plano *Atualização da Rede*, tendo como foco as linhas de metrô de alta capacidade, revela de início que o horizonte previsto para 2015 está defasado em relação à situação de 2017. A Linha 5-Lilás ainda está em obras. Apenas duas linhas de monotrilho estão com obras iniciadas e em processo de revisão de contrato. A Linha 4 – Amarela ainda está em processo de conclusão do trecho entre Butantã e Vila Sônia e com apenas parte das estações inauguradas.

Para as estações de conexão entre linhas metroviárias temos como cenários principais do plano *Atualização*:

Rede consolidada em 2017

- 6 estações em operação restritas à área central (Luz, Sé, Paraíso, Ana Rosa Paulista-Consolação, República)
- 4 novas estações (Santa Cruz e Chácara Klabin, em construção na Linha 5-Lilás. Mackenzie-Higienópolis e São Joaquim, com contrato em andamento para Linha 6-Laranja, uma Parceria Público Privada com o consórcio Move SP)
- total de 10 estações de conexão entre linhas de metrô

Rede planejada para 2030

- 16 estações de conexão na área central. Além das indicadas no mapa de 2017 (6 em operação e 4 em implantação), 6 novas conexões em projeto. Seriam estabelecidas principalmente pela linha 19 – Celeste: com ligações nas estações Brigadeiro-L2, Bela Vista-L6, Anhangabaú-L3 e Pari-L21 (todas conexões não previstas em planos anteriores). A linha 16-Violeta⁶⁹ teria conexões na estação Pedro II – L3 e Glicério-L6(expansão). Apesar das linhas 19, 16 e 1 se cruzarem na região da estação São Bento, os mapas do plano indicam que não haveria nenhuma conexão neste ponto.
- 13 estações de conexão no anel formado pelas linhas 20-Rosa, 23-Magenta e pela extensão da linha 2-Verde, que se completa com o trecho da Linha 5-Lilás entre Moema e Chácara Klabin. Este anel se aproxima dos limites do

centro expandido, com um deslocamento nordeste, e cruza com boa parte das linhas diametrais e radiais.

- total 29 estações de conexão entre linhas de metrô

O Plano *Atualização da Rede* foi utilizado como referência para este trabalho por ser a última publicação oficial da STM. Entretanto, as companhias do Metrô e CPTM e a própria STM seguem desenvolvendo novos estudos de rede, assim como os projetos funcionais de parte das linhas previstas. Estes estudos, muitas vezes podem alterar a concepção da rede e nem sempre dialogam entre si (NIGRIELLO, 1999). A rede futura, portanto, não está consolidada neste plano. De qualquer maneira, tem validade na indicação de qual seria o cenário oficial para a expansão da rede. Teríamos, segundo o plano *Atualização*, ao menos 19 novas estações de conexão entre linhas metroviárias em fase de projeto.

É interessante notar que, das 29 estações projetadas para o horizonte 2030, apenas 4 não figuram entre as consideradas de demanda elevada com a simulação para rede completa (com embarques acima de 10mil passageiros na hora pico). Duas são as estações em operação, *Paraíso* e *Ana rosa*, que, como mencionado, devem perder passageiros para as novas conexões que se apresentam como pontos de transferência antecipados: Santa Cruz (*L1xL5*) e Chácara Klabin (*L2xL5*) ao sul e Brigadeiro (*L2xL19*) e São Joaquim (*L1xL6*) ao norte. As outras duas são as estações Freguesia do Ó (*L6xL23*) e Casa Verde (*L16xL23*), cruzamento de duas linhas diametrais com a linha 23, que se configura em forma de arco na região norte.

De forma coerente com as considerações relativas aos cenários

⁶⁹ A linha 16-Violeta não tinha tecnologia definida no plano da STM.

ensaiados neste trabalho, o plano *Atualização* indica nos resultados simulados que a ampliação da rede e o aumento no número de conexões deve gerar também um aumento no número de estações com carregamentos altos (acima de 10 mil embarques/hora pico). Consideradas todas as estações com carregamentos altos nos sistemas sobre trilhos, temos para os cenários do plano: 29 estações em 2015, 38 em 2020, 48 em 2025 e 66 em 2030. Estas estações são, com poucas exceções, estações de conexão metrô x metrô ou de integração metrô x trens e trilhos x corredores de ônibus.

Essa progressão no número de estações carregadas ao longo dos cenários indica, sobretudo, o potencial de absorção de demanda do sistema metroferroviário com a sua expansão. Portanto, a perspectiva deve ser de estações com carregamentos significativos mesmo com a rede projetada para

2030 em operação.

Ao descrever os resultados para o cenário 2030 o próprio plano considera com ressalvas os investimentos previstos para esta fase, “cuja consolidação irá depender de estudos de viabilidade técnica e econômico-financeira” (STM, 2013, p. 122). No sistema de metrô estão previstos para este horizonte as linhas 16-Violeta, 21-Grafite e 23-Magenta, além da extensão das linhas 20-Rosa e 17-Ouro (monotrilho). Por conta da linha 23, o anel mencionado, responsável pelas conexões nas bordas do centro expandido, só estaria completo neste cenário. Compensando a excentricidade do anel metroviário (deslocamento nordeste), a Linha Arco Sul (CPTM), com 65km de extensão e importantes conexões com a rede metroviária, também só foi prevista para o horizonte 2030.

Figura 18 - Rede de transportes existente em 2017 e as estações de conexão entre linhas metroviárias.
 Fonte: Elaborado pelo autor sobre mapa do plano Atualização (STM, 2013).

Figura 19 - Rede de transportes em 2030 (Plano Atualização da Rede) e as estações de conexão entre linhas metroviárias. Fonte: Elaborado pelo autor sobre mapa do plano Atualização (STM, 2013).

Figura 20 - Redes planejadas para os cenários 2015,2020,2025 e 2030 (STM-2013) e faixas de carregamento nas estações com embarques acima de 10.000 pass/hp. Fonte: STM, 2013, cap. 4.

Estações de conexão metrô x metrô	Linha metrô	Linha metrô	Trem	2015	2020	2025	2030
ANA ROSA	1	2		10 a 12	15 a 20	12 a 15	< 10
CONSOLAÇÃO - PAULISTA	2	4		20 a 30	12 a 15	15 a 20	12 a 15
LUZ	1	4	7, 11, 8	30 a 75	20 a 30	30 a 75	30 a 75
PARAÍSO	1	2		20 a 30	15 a 20	< 10	< 10
REPÚBLICA	3	4		30 a 75	15 a 20	15 a 20	15 a 20
SÉ	1	3		30 a 75	30 a 75	30 a 75	20 a 30
CHÁCARA KLABIN	2	5		15 a 20	20 a 30	12 a 15	15 a 20
SANTA CRUZ	1	5		30 a 75	20 a 30	12 a 15	15 a 20
MACKENZIE - HIGIENÓPOLIS	4	6		-	15 a 20	12 a 15	12 a 15
SÃO JOAQUIM	1	6		-	20 a 30	15 a 20	15 a 20

Escala de demanda

embarques na hora pico manhã

10 a 12 mil
12 a 15 mil
15 a 20 mil
20 a 30 mil
30 a 75 mil

Tabela 9 - Variação de demanda nas estações de conexão até 2030 (STM-2013).

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados gráficos disponíveis no plano Atualização. (STM, 2013)

Avanços principais da rede de metrô e monotrilho nos cenários:

horizonte 2015: Situação atual da rede + Linha 5-lilás concluída, linhas 17 e 18 de monotrilho concluídas, linha 15 até São Mateus, linha 4-amarela concluída até Taboão da Serra.

horizonte 2020: Extensão da linha 2-Verde até Dutra e no sentido noroeste até Boaçava, Linha-6 completa de Brasilândia a Cidade Líder, Linha 19-Celeste concluída de Brigadeiro a Guarulhos

horizonte 2025: Conclusão da Linha 20 - Rosa, trecho sudoeste do Arco Sul, extensão da Linha 6 - Laranja até a Linha 15-Prata (monotrilho).

horizonte 2030: Conclusão do arco Sul até a linha 10 da CPTM, extensão da linha 20-Rosa até a Linha 18 (monotrilho), conclusão das linhas 21 - Grafite, 23 - Magenta, 16-Violeta, extensão da linha 17 até Cotia.

Na Tabela 9 foram priorizadas as 10 estações de conexão entre linhas metroviárias com horizonte mais próximo de execução (as 6 estações em operação e as estações das linhas 5-lilás e 6-laranja)⁷⁰. Nota-se a variação significativa nas demandas estimadas entre os cenários. As estações Luz e Sé, que já apresentam demandas acima de 30 mil embarques na hora pico, deverão manter-se entre as mais carregadas da rede metroviária, porém com menores carregamentos que os atuais nos últimos cenários. Para as estações Paraíso e Ana Rosa nota-se um aumento inicial das demandas até o cenário 2020, até apresentarem demandas abaixo de 10 mil embarques / hora pico em 2030, em grande parte por conta da inauguração das linhas 19-Celeste e 16-Violeta, oferecendo novas opções de transferência antecipadas em relação aos dois pontos de toque das linhas 1 e 2. A estação Paulista-Consolação, após um cenário inicial de demanda de 20 a 30 mil emb./hp mantém numa faixa de demanda de até 20 mil emb./hp. A estação República apresenta demandas elevadas, acima de 30 mil emb./hp no cenário 2015 e, com a inauguração da linha 6-Laranja, apresenta uma redução de passageiros para faixa abaixo de 20 mil emb./hp.

Mesmo esta análise superficial já é capaz de revelar a dinâmica de alterações nas estações em função das transformações da rede. Como comentado, o cenário 2015 do plano *Atualização da Rede* já está defasado para o início de 2017. Ainda que, como hipótese, seja considerado um ritmo

de investimentos muito superior aos das últimas décadas, o cenário da rede completa para o plano *Atualização* seria postergado significativamente. Os 185km de novas linhas de metrô de alta capacidade previstos no plano, construídos a 6km/ano, estariam concluídos em 2047. Para os ritmos de construção vigentes (2,1km/ano), o cenário de rede para 2030 estaria concluído em 2105!⁷¹

Se comparado aos planos anteriores mais recentes (PITU 2025, Rede Essencial e Expansão SP), o plano *Atualização* conta com uma área de concentração de amplitude razoável sem restringir-se ao Centro Expandido, apresentando uma distribuição uniforme de linhas e conexões (GARCIA, 2014). Pode, portanto, ser considerado um plano que resgata um traçado mais próximo ao da *Rede Aberta* do PITU 2020. Fica evidente, entretanto, na observação do mapa da rede de metrô de alta capacidade (Figura 19), que a rede de metrô enterrado ainda está concentrada com um desenho mais restrito aos limites do centro expandido, com um deslocamento para nordeste das linhas orbitais que formam o anel com importante papel de articulação da malha (2, 23, 20 e 5). A cobertura das regiões oeste, sul e sudeste (ABC) está condicionada às linhas de média capacidade (monotrilhos do Metrô e SPTrans) ou projetos de linhas da CPTM, com tecnologia em aberto. O Arco Sul, linha da CPTM, com tecnologia indefinida e previsto para o último cenário, é responsável por boa parte da articulação entre linhas nas regiões sul e oeste, estabelecendo 8 novas

⁷⁰ Para uma tabela completa de todas as estações de conexão intermodais e intramodais da rede futura do plano *Atualização da Rede* ver a compilação de Longo (2015).

⁷¹ Este cálculo considera de forma isolada os investimentos previstos pelo plano *Atualização* no metrô de alta capacidade (52% do total de 189 bilhões de reais em

dezembro de 2012). Os demais modos receberiam: CPTM (18,5%), Monotrilhos/VLTs (25,0%) e ônibus municipais e intermunicipais (4,5%).

conexões. Foi localizado nas bordas da área urbanizada com grande distanciamento em relação à área de concentração, provavelmente para facilitar a implementação como trem de superfície, avançando sobre áreas de menor valor imobiliário. A linha Guarulhos-ABC(CPTM), que daria continuidade ao Arco Sul, permitindo 7 novas conexões com linhas radiais e transversais, foi prevista com tecnologia indefinida para atendimento à demandas de média capacidade.

O plano *Atualização*, apesar dos avanços em relação aos anteriores nos aspectos mencionados, ainda está em parte vinculado a uma concepção de oferta de infraestrutura que privilegia a área central em detrimento das regiões periféricas, o que fica evidenciado pela opção por tecnologias de média capacidade e linhas ferroviárias nestas áreas, assim como pelos cronogramas de implantação, que reservam à maior parte da ampliação da rede periférica os cenários mais distantes.

1.8 Considerações

O ensaio de cenários e as considerações gerais apresentadas sobre as propostas de expansão da rede pretendem contribuir para o desenvolvimento de uma visão crítica da situação atual de demanda e dos fluxos nas estações. Indicam que as futuras estações de conexão da RMSP, na escala do projeto das edificações, devem ser concebidas de forma compatível com demandas

significativas, mesmo para um horizonte futuro com a rede consolidada. Se consideradas as fases intermediárias de expansão, poderiam ser previstos, inclusive, alguns recursos para elasticidade e flexibilidade no atendimento às demandas, como será apresentado nos próximos capítulos.

Fica sugerido, portanto, que deve ser visto com ressalva o dimensionamento das estações para um atendimento restrito às demandas máximas indicadas na fase de projeto funcional das linhas. Estas demandas têm variado com os anos, em alguns casos durante o período de detalhamento do próprio projeto da estação, e podem superar as expectativas. O próprio planejamento da rede tem variado ao sabor das alterações políticas, num processo pouco transparente e de comunicação insuficiente entre os diversos órgãos e empresas envolvidos. Seria condizente com esta imprevisibilidade, portanto, projetar estações de conexão com capacidade superior às demandas previstas ou condições para ampliação facilitada e correto atendimento aos fluxos de pessoas. Os investimentos adicionais necessários são pouco expressivos se comparados à importância destas estações no funcionamento geral da rede de transportes⁷². Além disso, é evidente a discrepância entre o número ideal de estações de conexão metrô x metrô (acima de 25 mesmo para os cenários mais conservadores) e o existente (6). Com baixíssimos ritmos de expansão (inaugurada 1 estação a cada 8 anos⁷³) as sobrecargas de demanda nas poucas estações pioneiras devem se alongar por muitos anos.

É importante o entendimento de que as transferências de

⁷² Se os investimentos nas estações fossem proporcionais participação em volume de passageiros, apenas como exercício especulativo, na linha 1 – azul as estações Paraíso, Ana

Rosa e Sé receberiam juntas um terço dos recursos totais ou individualmente cerca de 3,5 vezes os investimentos de cada uma das 20 outras estações.

⁷³ 6 estações de conexão entre 2017 e 1968

passageiros internas ao sistema de metrô (hoje restritas às 6 estações) possuem interferência direta na operação de todo o sistema. As linhas de metrô são operadas na forma de *carrossel*, ou seja, mesmo trens em sentidos opostos tem os seus controles (velocidade, aceleração e paradas) vinculados. Se houver atraso em um trem, este afetará todos os demais da mesma linha, mas não necessariamente trens de outras linhas com operações independentes. O fluxo de passageiros nas estações de conexão, por outro lado, em termos operacionais, vincula o funcionamento das diversas linhas. Isto porque - diferentemente da entrada de passageiros lindeiros ou de integração com outros modos, que pode ser controlada nas linhas de bloqueio ou nos próprios acessos - o fluxo de transferência é livre e o único mecanismo de controle são as portas dos trens. Ou seja, no caso de interferências operacionais, que gerem acúmulo excessivo de pessoas em determinadas regiões da plataforma ou dos espaços de conexão, será necessário interromper o funcionamento das linhas vinculadas àquela estação⁷⁴.

As reflexões desenvolvidas neste capítulo permitem as seguintes considerações:

1. Quanto mais conexões a rede possuir, menor a demanda média em cada estação, ainda que a quantidade global de transferências aumente. A tendência de queda de demanda pontual nas conexões demonstrada nos últimos cenários na *Tabela 9* revela isso.
2. Independente da discussão a respeito do possível subdimensionamento das estações, o fato de adiar a expansão da rede é algo que adiciona demanda

(inicialmente não prevista) nestas estações. Ou seja, mesmo que as edificações tenham sido dimensionadas corretamente, o não cumprimento da meta de expansão torna essas estações mais sobrecarregadas. Em teoria, se o projeto de expansão fosse cumprido, bastaria dimensionar as estações de conexão de acordo com as demandas projetadas. No entanto, os baixos ritmos de construção que vem sendo adotados podem estender uma etapa inicial de expansão por décadas. Neste período, ao prolongar linhas existentes e estabelecer novos pontos de captação de demanda, parte das estações de conexão deve receber um acréscimo significativo de passageiros.

3. Comparando os dois modelos de rede (densa e aberta), foi identificado um dilema de escolha. De um lado, o modelo *denso* apresenta mais conexões e, portanto, menos demanda em cada estação de conexão. Por outro lado, a alternativa *aberta* tem desempenho superior no que diz respeito à mobilidade urbana: aumento da taxa de mobilidade e redução do tempo médio de viagem, sobretudo, a partir do atendimento aos grandes deslocamentos. Também devem ser considerados os efeitos de homogeneização do espaço, diminuído o diferencial de acessibilidade.

4. Ao considerar uma expansão da rede em escala compatível com a necessidade posta (algo em torno de mais de 200 km) - e que tenha seu programa de investimentos de fato executado - é possível tomar posição no dilema de escolha colocado, em favor da rede aberta. Seguem alguns argumentos:

⁷⁴ Nas 6 estações de conexão em operação no metrô de São Paulo em média 78% dos embarques são transferências entre linhas (Tabela 13)

a) A rede aberta possui maiores benefícios sobre o desempenho geral da mobilidade urbana (de mobilidade e menor tempo de viagem, sobretudo)

b) A carga média de demanda sobre as estações de conexão do modelo “aberto” pode ser superior à do modelo denso, mas, ainda assim deverá ser significativamente inferior aos patamares da rede atualmente em operação, considerado o cenário de uma extensão de rede já implantada compatível com a RMSP.

c) Se, por um lado a carga sobre as conexões metrô x metrô no modelo *denso* são menores, por outro, as estações nas extremidades das linhas tendem a ter elevados volumes de transferências do tipo ônibus-metrô, algo urbanisticamente pior, porque demanda um uso maior de superfície para os grandes terminais.

Nos próximos capítulos serão examinadas as estações de conexão na escala do projeto da edificação e do desenho de seu entorno. Devem contribuir no entendimento de como os números gerais de demandas discutidos neste capítulo se materializam enquanto fluxos de pessoas no espaço construído das estações.

2. Arquitetura das estações de conexão na rede de metrô de São Paulo

Este capítulo tem um caráter introdutório aos estudos de caso, abordando de forma geral os principais aspectos que serão analisados no capítulo 3.

2.1 Programa

Edwards (1997) define as estações de passageiros como

“(...) a manifestação arquitetônica do sistema de transportes sobre trilhos. São ao mesmo tempo a passagem para a rede de trilhos e o ponto de entrada para os passageiros que chegam na cidade. A interface entre os dois mundos – o sistema de transportes e o pano de fundo da cidade – atribui à estação de trens um significado especial como arquitetura. Muitas estações de excelência são elementos essenciais na vida e cultura das cidades.” (EDWARDS, 1997, p. XI, tradução nossa)

As estações dos sistemas de metrô subterrâneo proporcionam uma experiência especial para os passageiros. Pode-se adentrar no subterrâneo em um ponto da cidade e sair em outro afastado por quilômetros, num curto intervalo de tempo, e sem nenhum contato com a cidade que estava presente sobre os túneis ao longo do trajeto. Mesmo para deslocamentos internos a uma mesma região as estações possuem esse caráter de porta de entrada para as diferentes localidades. Um bom desenho da interface com a cidade é um dos aspectos de grande interesse para a arquitetura destas edificações.

As estações enterradas que tem a função de conexão entre linhas reúnem as mesmas funcionalidades das estações convencionais no que diz

respeito aos acessos externos. Entretanto, reservam uma característica especial: devem acomodar o fluxo de passageiros entre as plataformas das diferentes linhas, o que ocorre, em geral, nos níveis mais profundos, sem relações diretas de uso com a cidade na superfície. Esses espaços de conexão serão o principal objeto de análise nos estudos de caso da RMSP.

Figura 21- Estação de conexão na RMSP - diagrama geral do programa.
Fonte: Elaborado pelo autor.

As estações de metrô apresentam uma organização geral dos espaços principais que foi herdada dos sistemas de trens de superfície. Meeks (1964) demonstra as transformações nas estações ferroviárias inglesas, desde o século XIX. Fernandes (2012), a partir da leitura de Meeks e de outros autores, descreveu em detalhes o processo de evolução na configuração dos espaços principais destas estações. Partindo das definições de Edwards (1997), também para as estações ferroviárias, é possível descrever a organização das estações subterrâneas de metrô a partir de cinco áreas distintas principais, que atendem a programas de necessidades específicas:

1. Acessos externos – localizados em lotes desapropriados ou passeios.
2. Salão de passageiros – em geral na forma de mezanino localizado no primeiro nível enterrado, comunicando os acessos e agregando passageiros, visitantes e bilheterias⁷⁵.
3. Áreas das plataformas de embarque e desembarque.
4. Áreas destinadas à operação – com escritórios e espaços de apoio para funcionários.
5. Salas técnicas – salas de equipamentos, áreas de manutenção, reservatórios.

Para as estações com função de conexão devem ser considerados os espaços adicionais que permitam a transferência entre as plataformas das linhas (Figura 21).

Para conectar estações subterrâneas podem ser projetados túneis ligando diretamente as plataformas ou a partir de mezaninos de distribuição.

As estações também podem compartilhar uma estrutura em forma de mezanino único, que atenda simultaneamente todas as plataformas, no mesmo nível ou em níveis distintos. No caso de conexão com estações existentes, as novas rotas de circulação podem exigir a reorganização espacial dos edifícios. A análise das condições de atendimento aos fluxos de transferência e a influência desta necessidade funcional na configuração espacial das estações será apresentada nos estudos de caso.

As estações de conexão revelam especificidades na solução de projeto e do próprio processo construtivo. Mesmo em linhas com desejável caráter tipológico e padronização dos métodos construtivos entre as diversas estações, as que possuem o papel de conexão podem ser consideradas como singularidades, geralmente projetos de maior complexidade, adaptando-se à situação específica. Devem articular linhas novas com existentes e podem conciliar projetos com significativa defasagem nos tempos previstos para implantação. Torna-se necessário equacionar, portanto, distintas configurações de implantação, diferentes métodos construtivos e, para alguns casos, diversos gestores operacionais.

Fernandes (2012), ao estudar as transformações nas estações da CPTM a partir da necessidade de integração com o metrô, se utiliza da taxonomia de Blow (2005) para classificar as edificações. Blow (2005) elabora sua proposta a partir do estudo de terminais de integração de aeroportos, ônibus e ferrovias.

⁷⁵ No caso do metrô de São Paulo é no mezanino que tem sido colocados os bloqueios para separação entre área livre e área paga.

As estações podem ser classificadas segundo o partido de integração, em estruturas conectadas ou estrutura compartilhada, e segundo a disposição das vias e plataformas: se separadas verticalmente ou se contíguas. (FERNANDES, 2005, p. 72).

Os atributos que permitem esta classificação estão também presentes nas estações subterrâneas de conexão entre linhas do metrô. Serão adotadas neste trabalho como características da configuração espacial da conexão.

O projeto de estações metroviárias exige uma visão integrada de equipes de especialistas: engenheiros, arquitetos, urbanistas, economistas, advogados, biólogos, entre outros. O trabalho dos arquitetos e urbanistas nas estações revela interesse especial, tendo em vista que é a arquitetura que deve trabalhar a integração das diversas disciplinas na configuração dos espaços e elementos que interagem com as pessoas, desde a escala da inserção do edifício no contexto urbano aos detalhes de acabamentos, equipamentos e mobiliários.

2.2 Estruturas e métodos construtivos

É notável a importância fundamental das estruturas resistentes e métodos construtivos em edificações que se configuram como infraestruturas. As soluções da engenharia estrutural são determinantes nos partidos adotados desde as primeiras etapas de estudos do traçado e projeto funcional⁷⁶ das estações, e persistem como elementos centrais até o desenvolvimento dos projetos executivos e ao longo da execução das obras.

⁷⁶ O Projeto Funcional das estações consiste na primeira fase de estudos para implantação da linha de transportes, na qual são definidas questões principais, como: posição das

A análise do raciocínio com a estrutura na elaboração do projetos, através do trabalho dos arquitetos e engenheiros, é de grande relevância para o tema das estações. Nos estudos de caso serão analisados os métodos construtivos e soluções estruturais relacionados com o resultado na arquitetura executada.

Para uma descrição mais detalhada dos métodos construtivos nas estações enterradas e suas especificidades pode ser consultado o material disponível da própria Companhia do Metrô (CMSP, 2016), assim como livros de engenharia que abordem estruturas enterradas e mecânica dos solos. O Plano HMD (1968) também reserva uma seção no Volume 2 para descrição dos métodos construtivos de vias e estações. Outra referência de interesse é o trabalho de Gabarra (2016). Ao investigar as possibilidades de industrialização e padronização dos processos de construção do metrô, o autor apresenta um histórico da execução das linhas e os métodos construtivos empregados.

O aspecto de maior interesse para esta pesquisa é o entendimento dos principais raciocínios envolvidos na escolha das estratégias construtivas para as escavações subterrâneas. As obras para estações enterradas podem ser divididas em dois grupos principais, utilizados isoladamente ou combinados.

O primeiro, envolve os métodos de escavação a partir da superfície, as valas a céu aberto ou VCA. São executadas paredes de contenção no perímetro da área ou utilizados taludes para permitir a escavação até os níveis desejados. Em geral as paredes de contenção são executadas sem angulação

estações, acessos, distribuição geral dos espaços, métodos construtivos, desapropriações, etc.

vertical e, portanto, vinculam rigidamente as dimensões dos espaços subterrâneos ao perímetro da área de escavação na superfície. As paredes devem resistir às tensões horizontais resultantes do terreno e de sobrecargas na superfície, que aumentam proporcionalmente à profundidade da escavação (FERNANDES, 2011). Com isso, há limites de profundidade em função das características do solo e são necessários escoramentos provisórios e estruturas definitivas de distribuição de cargas entre as paredes (estroncas).

Valas de seção circular, os poços de grande diâmetro, podem oferecer vantagens do ponto de vista construtivo, eliminando a necessidade de escoramentos com uma melhor distribuição das tensões pela forma. No entanto, dificultam o aproveitamento otimizado dos espaços escavados. Os métodos de escavação em valas, portanto, configuram aberturas na superfície vinculadas à projeção das áreas subterrâneas, o que pode exigir maiores áreas desapropriadas e interferências com viários existentes ou outras infraestruturas.

O segundo grupo de métodos construtivos é o das estruturas escavadas em forma de túneis. A partir de níveis subterrâneos atingidos com a escavação de uma vala inicial podem ser executadas as escavações horizontais ou inclinadas. As escavações em túnel estão baseadas no princípio de interferência mínima no comportamento natural do solo ou maciço. Para isso, podem contar com o fenômeno de arqueamento do solo para sua estabilidade.

“O arqueamento dos solos pode ser definido como a capacidade apresentada pelo solo acima da escavação de transferir parte do peso do solo sobre a escavação para as regiões vizinhas, através da sua resistência ao cisalhamento, que age de modo a manter o solo sobre a escavação, ou parte dele, em sua posição original, diminuindo a

pressão sobre o suporte do túnel. (...) o arqueamento pode ocorrer, mesmo para solos de baixa resistência, desde que o túnel tenha uma geometria adequada, caso dos túneis circulares.” (FERNANDO, 2001, p.13 apud TERZAGHI, 1943)

Para que o fenômeno de arqueamento aconteça é necessário reservar uma altura mínima livre a partir do teto do túnel, da ordem de $1,5 B$, sendo B a largura atingida pelo efeito do arqueamento em solos granulares. (FERNANDO, 2001, p.15 apud TERZAGHI, 1943)

Para os túneis executados no Novo Método Austríaco de Abertura de Túneis, ou NATM, a

“(...) principal ideia é utilizar como parte do sistema de suporte e estabilização da escavação o próprio terreno (solo ou rocha) que circunda a abertura. (...) portanto, a principal função do suporte pode ser entendida como a de auxiliar o auto-suporte do maciço” (FERNANDO, 2001, p.18)

Este conceito é importante para entender de forma geral as limitações dos métodos de escavação dos túneis em NATM. Seções maiores, portanto, implicam em profundidades maiores. São seções circulares ou compostas a partir de arcos, que podem envolver a parcialização da escavação em etapas, facilitando a distribuição das tensões até que seja atingida a dimensão total do túnel.

Os túneis também podem ser escavados por máquinas tuneladoras, mas em geral seu uso tem sido mais restrito aos túneis de vias, por conta das

limitações dimensionais⁷⁷.

O método de escavação em túneis apresenta como principal vantagem a redução das intervenções na superfície. Por outro lado, exige grandes profundidades, o que pode aumentar os percursos dos passageiros. No cruzamento de túneis nas estações de conexão em também é necessário reservar uma altura livre mínima, o que implica em desníveis maiores do que as soluções em vala. Apresenta também limitações para configuração de grandes áreas horizontais de piso, desejáveis para a distribuição de fluxos, sobretudo nestas estações de conexão.

Se analisadas as linhas de metrô de São Paulo e os principais métodos construtivos das estações é notável a variação de soluções, o que demonstra uma pesquisa constante da CMSP por estratégias mais adequadas a cada situação⁷⁸:

Linha 1 – VCA, estações elevadas.

Linha 3 – VCA, estações de superfície.

Linha 2 – VCA, NATM e enfilagens horizontais.

Linha 4 – VCA, Poços, NATM e túnel de ligação.

Linha 5 – VCA, Poços múltiplos.

⁷⁷ Gabarra (2016) faz uma proposta investigativa para a construção da área de plataformas nas estações através do uso de tuneladoras nas futuras linhas de São Paulo.

2.3 A reconstrução da superfície

As estações de metrô enterradas acabam interferindo diretamente na organização dos espaços da superfície: nas desapropriações, no processo construtivo e nas alterações da dinâmica de uso no entorno imediato à edificação. Em uma escala mais abrangente, a partir da melhoria nos níveis de acessibilidade com a implantação do sistema de transportes, também são esperadas mudanças na organização do espaço urbano. Políticas favoráveis ao adensamento do espaço edificado e à diversificação de usos do solo na região de implantação das estações podem promover esta reordenação do espaço. Estas políticas são desejáveis e continuam sendo objeto de legislações e planos urbanísticos para associar a implantação da infraestrutura a ações de renovação urbana. (NIGRIELLO; OLIVEIRA, 2013)

A realização de empreendimentos associados às estações, adotando soluções conjugadas para aproveitamento do espaço aéreo dos terrenos, tem sido objeto de especulação em diversos estudos da CMSP e vem sendo apresentada como uma das principais fontes para obtenção de receita não tarifária (CMSP, 2014). Entretanto, são poucas as realizações até o presente.

A construção de empreendimentos associados se iniciou praticamente em conjunto com as primeiras redes metroviárias, desde as primeiras décadas do século XX. A London Transport (Londres, Reino Unido) construiu ainda na década de 1920, edificações associadas às estações como forma de obtenção de receita adicional para subsidiar a operação e expansão dos sistemas:

⁷⁸ Sintetizado a partir de informações da CMSP (2016) e Gabarra (2016).

No início do século XX a London Transport já desenvolvia uma política de implantação de empreendimentos comerciais e imobiliários associados às suas estações e terminais de integração. Na área central de Londres, a maior parte das estações do metrô está localizada sob edifícios comerciais, tendo sido projetadas especificamente para permitir a construção de edifícios sobre as mesmas. Nas estações de ponta, conjuntos residenciais foram planejados paralelamente à implantação das linhas. (FERREIRA, 2001, p.2)

O conceito foi adotado por diversos países e tem nas experiências de Hong Kong, com a extensão do metrô Tseung Kwan e a companhia operadora MTR Corp, um dos exemplos de política mais agressiva no uso destes empreendimentos para obtenção de retorno financeiro.

Segundo Ferreira (2001), o primeiro grande empreendimento imobiliário associado a uma estação do Metrô foi o Shopping Metrô Tatuapé, inaugurado em 1997. As experiências do Metrô posteriores continuaram priorizando a implantação de Shoppings Centers. Após o Shopping Metrô Tatuapé (1997) foram implantados os Shoppings: Metrô Santa Cruz (2001), Metrô Itaquera (2007), Boulevard Tatuapé (2007) e Metrô Tucuruvi (2013). Ainda são tímidas as experiências com outros programas, que tenham não apenas espaços comerciais, mas também locais de convivência e atividades institucionais, de assistência à saúde, educação, serviços públicos, habitação. Um dos únicos exemplos é o caso do Poupatempo Itaquera, uma central integrada de atendimento e serviços

públicos implantada pelo Governo do Estado, inaugurada em 2000. Deve também ser mencionado o caso do Centro Cultural São Paulo, que teve seu processo de construção na década de 1970 quando o terreno entre a rua Vergueiro e a Avenida 23 de Maio, desapropriado pela Cia do Metrô, foi cedido para a prefeitura. Ele é administrado pelo governo municipal e, além do aumento de demanda de passageiros para a estação, não gera receitas diretas à Cia do Metrô, mas é inegável o seu benefício social.

A partir da leitura dos relatórios de sustentabilidade (CMSP, 2014) é possível identificar como os *empreendimentos associados* têm sido entendidos pelo Metrô nos últimos anos a partir de uma ótica predominantemente comercial. O aumento na participação das receitas não tarifárias é positivo em princípio e bastante desejável para se somar aos recursos necessários para investimentos na expansão da rede. Mas uma política agressiva de valorização comercial destes empreendimentos, voltando-se prioritariamente ao retorno financeiro, entra em conflito com as reais prioridades de uma empresa pública⁷⁹. No limite, pode terminar por direcionar o planejamento das linhas e a implantação de estações de acordo com o maior potencial de retorno do investimento, oriundo da valorização imobiliária do entorno e do das potenciais explorações comerciais, enquanto deveria se voltar prioritariamente a uma distribuição mais homogênea da infraestrutura de transportes.

Para o recorte desta pesquisa será priorizada a análise dos estudos de caso na escala da intervenção física de construção da estação. Serão comentadas as principais decisões relativas à implantação das edificações e

⁷⁹ A Cia do Metrô foi constituída no final da década de 1960 sob a forma de sociedade de economia mista e tem o Governo do Estado de São Paulo como acionista majoritário. Em

31 de dezembro de 2014, a participação acionária da Fazenda do Estado era de 96,13%; a da Prefeitura, de 3,81%; e a dos demais acionistas, 0,06%. (CMSP, 2014, p. 14)

os projetos e espaços resultantes a partir da recomposição da superfície nas áreas escavadas.

2.4 Os fluxos nas estações e parâmetros para análise

Os estudos de J.J.Fruin (1971) contribuíram para definir os principais parâmetros para análise de fluxos de pedestres utilizados até hoje. A partir de pesquisas do Metrô de Nova Iorque e do exército americano Fruin (1971) determinou como padrão para o espaço mínimo ocupado por um pedestre uma elipse com a profundidade do corpo de 45,7cm (18”) e largura dos ombros de 60,9cm (24”), o que representa uma área circular equivalente a 0,28m² por pessoa (Figura 22). Esta elipse é ligeiramente maior que as dimensões médias do corpo humano e considera os efeitos da oscilação ao caminhar, a interferência de artigos pessoais e a tendência natural de evitar o contato com outras pessoas.

Fruin (1971) chama atenção para esse último aspecto ao trabalhar o conceito de preservação espacial. Se puder escolher livremente, o pedestre adotará um espaçamento que evitará contato com outros. As dimensões podem variar de acordo com cada cultura ou etnia, mas o autor indica a distância de 4,0m como o início da interação social, caracterizada pelo afastamento entre dois combatentes no início de uma batalha. Define a partir de 1,3m a distância de interação pessoal, em que já se pode tocar outra pessoa estendendo os braços, em geral o espaço adotado na espera em filas para bilheterias, por exemplo. A menos de 0,30m as relações já se tornam íntimas. São percebidos os sons e cheiros de outra pessoa e é difícil evitar contatos involuntários. Estas considerações balizaram os parâmetros utilizados por Fruin (1971) para definir a área ocupada por pessoas em situações de espera e acumulação. E também serviram de parâmetro para os níveis de serviço nos

fluxos. Podem ser resumidas na Tabela 10:

Figura 22 - Elipse do corpo humano. Fonte: Fruin, 1971, p.19. Dimensões convertidas em cm pelo autor.

diâmetro/pessoa (cm)	área/pessoa (m²)	
61	0,29	contato direto
91	0,66	aglomeração sem contato, passagem limitada
106	0,89	conforto pessoal mínimo, passagens com circulação de lado
122	1,17	início da circulação livre

Tabela 10 - Áreas mínimas para conforto pessoal. Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Fruin, 1971.

Gráfico 11 - Volume de fluxos de pedestres e níveis de serviço. Elaborado pelo autor a partir de gráfico de Fruin (1971, p. 72)

Figura 23 - Níveis de serviço para fluxos de pedestres. Elaborado pelo autor a partir de gráfico de Fruin (1971, p. 70,71)

O volume de fluxo de pedestres é baseado na adaptação da equação clássica utilizada pela engenharia de tráfego (Fruin, 1971):

$$\text{Fluxo de pessoas } (F) = \text{Velocidade média } (V) \times \text{Densidade média } (D)$$

$$F = \text{número de pessoas} / \text{intervalo de tempo } (s) \times \text{canal de circulação } (m)$$

$$V = \text{distância } (m) / \text{intervalo de tempo } (s)$$

$$D = \text{número de pessoas} / \text{área } (m^2)$$

O autor sugere a utilização do parâmetro de densidade invertido, com a unidade de *área / pessoa* (A_p), para um entendimento mais intuitivo. Assim, temos:

$$F = V / A_p$$

$$F = \text{número de pessoas} / \text{intervalo de tempo } (s) \times \text{canal de circulação } (m)$$

$$V = \text{distância } (m) / \text{intervalo de tempo } (s)$$

$$A_p = \text{área} / \text{número de pessoas } (m^2)$$

A pesquisa de Fruin (1971) o levou a concluir que as velocidades de caminhada variam entre 0,73 e 2,38 m/s, sendo que a velocidade média pode ser considerada na faixa de 1,35 m/s. Segundo o autor, a densidade do fluxo de pedestres tem baixo impacto na velocidade individual até que a área por pessoa (A_p) atinja 2,32m² por pessoa, um parâmetro referencial de projeto para o conforto dos pedestres (diâmetro de 1,72cm). Até esse valor, o aumento de pessoas só gera aumento no fluxo, sem perda de velocidade. A partir daí as velocidades mais baixas de caminhada são atingidas com área de ocupação de 0,65m² por pessoa, até o limite de 0,28 m² por pessoa, o que representa uma multidão praticamente imóvel.

Como o fluxo de caminhada aumenta de forma inversamente proporcional à área ocupada pelas pessoas, o maior rendimento nos fluxos

pode ser atingido a baixas velocidades e grande proximidade entre os pedestres. O valor ótimo está em aproximadamente 75 pessoas /m / min ou 4.500 pessoas / m / hora (Fruin, 1997, p. 44) . Entretanto, para atingir este volume de fluxo a área por pessoa (A_p) deve ser de 0,55 m² (um círculo de aproximadamente 83cm de diâmetro) e a velocidade de aproximadamente 0,68 m/s (metade da velocidade média de caminhada).

Para atingir o melhor desempenho no volume de fluxo, portanto, é necessário sacrificar o conforto dos pedestres e aumentar o tempo necessário individualmente para percorrer os espaços. Partindo deste entendimento, Fruin (1971, p. 71) propôs a avaliação dos fluxos a partir de *níveis de serviço*, adaptando conceitos já utilizados para o tráfego de veículos: liberdade de velocidade, possibilidade de ultrapassagem e a facilidade de cruzamento de fluxos e movimentos em sentidos opostos (Gráfico 11, Figura 23). A seguir a classificação de Fruin (1971) para caminhadas em passagens horizontais, com referência dos fluxos em *pessoas por metro por minuto* (pmm) e *área por pessoa*.

- **Nível A:** 21 pmm e 3,88 m²/pess. Existe espaço suficiente para permitir a escolha livre da velocidade e para ultrapassagem de outros pedestres. Não existem conflitos sérios com fluxo de sentido oposto;

- **Nível B:** 21 – 30 pmm e 2,77 a 3,88 m²/pess. Existe espaço suficiente para permitir a escolha da velocidade normal e para ultrapassar outros pedestres em fluxos unidirecionais. Onde existir fluxos em duas direções vão ocorrer pequenos conflitos com fluxo de sentido oposto e vai haver maior dificuldade em poder se locomover à velocidade normal;

- **Nível C:** 30 – 45 pmm e 1,66 a 2,77 m²/pess. Restrição para escolha da velocidade individual e para ultrapassagem de outros pedestres. Existe grande probabilidade de haver conflito com fluxo de sentido oposto. A velocidade e a direção dos pedestres devem frequentemente ser ajustadas;

- **Nível D:** 45– 60 pmm e 1,11 a 1,66 m²/pess. A maioria das pessoas têm sua velocidade restringida e dificuldades na ultrapassagem de outros pedestres. Conflitos múltiplos com fluxo de sentido oposto;

- **Nível E:** 60 – 75 pmm e 0,55 a 1,11 m²/pess. Todos os pedestres são obrigados freqüentemente a modificar sua velocidade. Com área de ocupação próxima de 0,5 m²/pessoa, os avanços são difíceis. O espaço disponível é insuficiente para permitir a ultrapassagem dos pedestres mais vagarosos. Existem paradas e interrupções no fluxo;

- **Nível F:** acima de 75 pmm e abaixo de 0,55 m²/pess. Avanço difícil, velocidade bastante baixa. É impossível ao pedestre escolher sua velocidade. Contato físico inevitável entre as pessoas. É impossível a ultrapassagem de outros pedestres.

Os parâmetros de *níveis de serviço* devem servir de ferramenta para o dimensionamento dos espaços e dos fluxos na fase de projeto. O conceito fundamental é o entendimento da relação de escolha: para um uso otimizado dos espaços, com um desenho mais econômico, pode ser necessário adotar níveis de serviço piores. Por outro lado, a busca por níveis de serviço excelentes, que permitam melhores experiências de percurso para os pedestres e menores tempos dispendidos, pode levar no limite a superdimensionamentos a ponto de inviabilizar o projeto. Para o projeto de estações de transporte, sobretudo as metroviárias enterradas (que exigem investimentos maiores nas escavações), este dilema de escolha é fundamental. É necessário dimensionar os espaços para picos de demanda em intervalos específicos, o pode levar ao uso de parâmetros com menor qualidade de serviço. Fruin (1971) faz a ressalva de que, caso adotados como parâmetro os limites das capacidades de fluxo, as demandas previstas podem

ser excedidas em situações específicas, o que levará a uma redução ainda maior nos níveis de serviço, com acúmulo de pessoas e intervalos de espera, o que exige espaços de acumulação além dos necessários para a circulação.

A análise de Fruin (1971) foi estendida para fluxos em escadas fixas e rolantes, situações de fila e espera, com algumas variações a partir destes conceitos gerais apresentados. Suas aferições foram objeto de revisões futuras, como as publicadas em HCM (2000), mas com ajustes pouco significativos. Nas escadas fixas, que exigem maiores restrições inerentes ao percurso vertical, os níveis de serviço variam entre o nível A (abaixo de 15 pmm e acima de 2,22 m²/pess) e E (acima de 51 ppm e abaixo de 0,44 m²/pess). Nas escadas rolantes são adotados parâmetros de capacidade nominal de acordo com a velocidade e o nível de utilização. A capacidade nominal se refere às condições reais de utilização e é inferior à capacidade máxima teórica (Fruin 1971, p.98). Em geral, como são equipamentos de custo elevado, são adotados os limites da capacidade nominal com a maior taxa de utilização possível no dimensionamento dos projetos. Estas capacidades dependem da velocidade da escada e da ocupação dos degraus. São, em geral, significativamente superiores às adotadas para níveis de serviço médios em percursos horizontais⁸⁰. Isto ocorre porque é considerada uma acumulação de pessoas anterior à escada, que acaba por aumentar a densidade de ocupação no trajeto ao longo do equipamento.

Para os estudos de caso desta pesquisa foram elaborados níveis de serviço específicos, compilados a partir dos parâmetros adotados pela Transport For London para o projeto de novas estações (TFL, 2012) e da

⁸⁰ 100 pessoas por minuto ou 6000 pessoas por hora. TFL (2012) e STM (2012). Para uma escada com velocidade de 0,5 m/s, degraus com 1,0m de largura e 0,40m de

profundidade, considerando duas pessoas por degrau, a capacidade máxima teórica é de 150 ppm ou 9000 pph.

Secretaria de Transportes Metropolitanos (Tabela 11).

Os fluxos nas estações de metrô podem ser entendidos a partir de duas movimentações principais. A primeira é constituída pelo trajeto entre os acessos externos e o salão de passageiros, nos sentidos de entrada e saída. No caso do metrô de São Paulo, estes fluxos estão na área não tarifada, que pode receber também movimentos de passagem entre acessos para travessias do viário. A segunda movimentação é constituída pelos fluxos entre o salão de passageiros e as plataformas, nos sentidos opostos, referentes ao embarque e desembarque dos trens. No metrô de São Paulo esta área é tarifada.

Para o caso das estações de conexão são acrescentados novos fluxos, em geral constituindo-se de percursos entre as plataformas, podendo, em alguns casos, utilizar-se do trecho pago na área de mezanino ou salão principal. Estes fluxos serão o objeto principal de análise nos estudos de caso.

Nos projetos também é necessário considerar os fluxos de evacuação da estação em situações de emergência. Os critérios adotados são distintos da operação normal da estação e não serão analisados nesta pesquisa⁸¹.

É importante ressaltar que a análise dos fluxos nas estações será restrita às estruturas físicas que constituem os espaços de transferência. Os resultados, portanto, devem se constituir como indicadores gerais do nível de serviço no atendimento à passagem de pessoas entre as plataformas de cada linha nas estações ao longo das horas de pico. Nestes percursos serão avaliadas as condições de circulação nos percursos horizontais e verticais. Por conta de restrições no acesso aos dados de demanda e limites de viabilidade

para esta pesquisa não foi analisada a capacidade das plataformas. Para análise de fluxos com maior precisão podem ser utilizados softwares de simulação complexa dos movimentos dos usuários. Em geral, adotam parâmetros baseados nos conceitos de Fruin (1971): interação social e com obstáculos, densidade de pessoas e velocidade. Apresentam como resultado indicadores dos níveis de serviço distribuídos nos espaços.

Os dados atuais de demanda utilizados foram reunidos e trabalhados a partir de informações fornecidas pela CMSP, STM e CPTM, a partir do Serviço de Informação ao Cidadão – SIC. Estão disponíveis como anexos a esta pesquisa. Como os dados fornecidos são de fontes diversas, houve discrepância entre os períodos, mas todos correspondem ao ano de 2016. Houve também discrepâncias no nível de detalhamento dos dados. Para a CMSP foi possível obter dados até a distribuição dos fluxos entre plataformas por sentido. Nos demais casos, foi necessário adotar interpolações baseadas em expectativas de demanda dos projetos funcionais, ponderadas por uma análise da rede em operação. Apesar destas ressalvas quanto à qualidade dos dados trabalhados, não deve ser comprometida a intenção principal desta pesquisa: verificar a ordem de grandeza dos fluxos principais nas estações de conexão e como são atendidos nos espaços edificados, de forma a permitir uma análise comparativa geral entre as distintas soluções adotadas.

⁸¹ A CMSP tem adotado como referência a normativa americana NFPA-130. Os fluxos de emergência envolvem principalmente parâmetros de tempo e oferta de meios de saída da área das plataformas, sujeita a maiores riscos de incêndio (NFPA, 2014).

Níveis de serviço	A	B	C	D	E	F	
Áreas abertas (mezaninos)	infinito	1,21	0,93	0,65	0,2	-	m²/pass
Áreas próximas às bilheterias	infinito	1,21	0,93	0,65	0,2	-	m²/pass
Plataformas	infinito	1,21	0,93	0,65	0,2	-	m²/pass
Circulação em nível - 1 sentido	0	828	1188	1764	2376	2952	pass/can/h
Circulação em nível - 2 sentidos	0	828	1188	1764	2376	2952	pass/can/h
Escadas fixas - 1 sentido	0	576	828	1188	1548	2016	pass/can/h
Escadas fixas - 2 sentidos	0	576	828	1188	1548	2016	pass/can/h

Tabela 11 - Níveis de serviço e fluxos correspondentes. Fonte: Elaborado pelo autor a partir de TFL, 2012.

	Nível de serviço	TFL	STM	Adotado	
Áreas abertas (mezaninos)	B	1,00		1,00	m²/pass
Áreas próximas às bilheterias	C	0,80		0,80	m²/pass
Circulação em nível - 1 sentido	D	1800	1800	1800	pass/can/h
Circulação em nível - 2 sentidos	C	1440	1800	1440	pass/can/h
Escadas fixas - 1 sentido	D	1260	1300	1260	pass/can/h
Escadas fixas - 2 sentidos	C	1008	1300	1008	pass/can/h
Rampas - fluxo ascendente	C	-	1476	1144	pass/can/h
Rampas - fluxo descendente	C	-	1800	1396	pass/can/h
Escadas rolantes	D	6000	6000	4950	pass/can/h
Plataformas	B/C	0,93		0,93	m²/pass

Tabela 12 - Níveis de serviço adotados para análise dos estudos de caso.

can = canal correspondente a uma lagura de circulação livre de 60cm

* parâmetros adotados para o Edital da Linha 6 - Laranja (Processo STM Nº 000770/2012)

Para escadas rolantes foi adotado 4950 pass/hora (55% da capacidade máxima teórica com 0,5m/s = 9.000) como uma margem mínima de segurança abaixo da capacidade nominal máxima.

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de TFL, 2012; STM, 2012.

2.5 A expansão inicial da Rede Básica do Metrô e as estações de conexão

A título de introdução aos estudos de caso serão apresentadas as principais transformações na Rede Básica do Metrô até meados da década de 1980, que consolidaram as alternativas de traçado adotadas para construção das estações atualmente em operação.

A publicação *Evolução da Rede Básica do Metrô/1968-1985* reúne uma compilação de 20 estudos diversos da CMSP, e retrata a transformação das redes e os métodos e critérios para seu desenho. A evolução das primeiras redes do Metrô também é descrita por Nigriello (1999) em detalhes no artigo *A expansão da rede de metrô em São Paulo*, que aborda a expansão da rede até o início da década de 1990.

A Rede Básica de 1968 seria a primeira rede desenvolvida pelo consórcio HMD para a recém criada Companhia do Metropolitano de São Paulo, 12 anos após o *Anteprojeto de um Sistema de Transporte Rápido Metropolitano*, de Prestes Maia. Como comenta Nigriello (1999, p.8), o desenho dessa rede é semelhante, em abrangência espacial e configuração, ao traçado de Prestes Maia. A rede de 1968 teria cerca de 62km e compunha-se de quatro linhas e dois ramais: Santana-Jabaquara, com o ramal Paraíso-Moema; Casa Verde – Vila Maria; Jóquei Clube – Vila Anchieta, com o ramal de Vila Bertioga; e Vila Madalena – Paulista.

Figura 24 - Evolução da rede básica do metrô e as estações de conexão (indicadas pelo autor). Fonte: CMSP, 1986.

Foram analisadas 8 alternativas de traçado e comparadas as configurações de encontro das linhas no trecho central da cidade, onde estariam os maiores carregamentos para uma rede de concepção radioconcêntrica (HMD, 1968, p. 90). Na alternativa escolhida já estavam definidas 7 estações de conexão metroviária: as 6 estações em operação atualmente, ainda que com diferenças de implantação, e a estação D. Pedro II, que permitiria a transferência entre as linhas Sudoeste Sudeste e Nordeste Noroeste, atuais linhas 4-Amarela e 3-Vermelha.

O plano apresentava também indicações das necessidades de ampliação da rede numa segunda etapa, na sequência de prioridades. Primeiramente seria implantada uma quarta linha diametral que sairia do Brooklin e cruzaria a Linha Paulista na estação Brigadeiro, passando ao longo da Av. Nove de Julho e conformando um arco ao norte da região central até atingir a região da Mooca. Esta linha seria responsável por configurar 8 novos pontos de conexão. No plano mais recente da STM essa diretriz de traçado foi resgatada como a linha 19 – Celeste que, no entanto, passou a cruzar a área central a leste da estação República e, após o cruzamento com a Linha 1, segue para nordeste até Guarulhos.

A segunda prioridade seria uma linha transversal Oeste – Leste, com origem na Lapa, contornando ao sul a área central, passando pela Mooca e seguindo para Leste pela Av. Celso Garcia. Na área central configuraria 6 novas estações de conexão e assumiria parte das altas demandas da linha Casa Verde – Vila Maria. As duas linhas prioritárias configurariam um segundo anel com 10 novas conexões na área central. As demais ampliações indicadas seriam extensões das linhas propostas na primeira etapa, que poderiam totalizar mais de 200km de rede de metrô.

A Rede Básica de 1975 se constituiu como uma revisão dos estudos apresentados em 1968. A principal alteração seria a substituição da linha Casa Verde – Vila Maria pela linha Lapa – Itaquera, com desenho mais próximo ao traçado da linha prevista como complementar na segunda fase no plano anterior. Esta alteração foi fundamental para a configuração definitiva da estação Sé. A rede revisada tem como um avanço positivo uma maior distribuição das conexões pela rede, como as ligações na Lapa e Ipiranga. São 11 estações de conexão metroviárias. Consolida também parte das diretrizes de extensão das linhas que só seriam previstas para segunda fase no Plano HMD, chegando a regiões mais distantes e melhorando a abrangência da rede. Por outro lado, assume algumas diretrizes questionáveis, como “viabilizar a construção de linhas em superfície e criar linhas sobre corredores de transporte existentes ou planejados”. (NIGRIELLO, 1999, p. 72).

Figura 25 - Plano HMD – Mapa geral do traçado da Rede Básica de 1968 e expansões (em cinza). Fonte: HMD, 1968, p. 119.

Em 1978 foram realizados estudos para o estabelecimento das prioridades de implantação desta rede, segmentando-a em *trechos operacionais prioritários* (CMSP, 1986). Neste período a Linha 1 estava inaugurada entre Jabaquara e Santana e a Linha 3 (leste oeste) estava em processo de implantação. Isoda (2013) descreve a sequência do que foi implantado nos últimos anos:

As prioridades 1ª e 2ª, linha leste-oeste (excetuando trecho Barra Funda-Lapa); 5ª, da linha paulista (excetuando o trecho VilaMadalena-Lapa); 4ª, extensão norte até Tucuruvi; 3ª, extensão Ipiranga (com alteração de diretriz, substituindo São Caetano por Vila Prudente); 6ª e 7ª, atual Linha 4 - Amarela. A 8ª prioridade, a continuação desta última a sudeste, foi descartada. A linha de Santo Amaro, excluída das prioridades, foi iniciada logo após a 5ª. (ISODA, 2013, p. 65)

Como apresentou Nigriello (1999, p. 11), a rede de 1982 foi elaborada para integrar estes estudos de prioridades de implantação com estudos de viabilidade técnico-econômico-financeira das linhas da rede de 1975 e detalhar seu traçado. A rede volta a ser bastante reduzida e a se aproximar do plano HMD, composta pelos oito trechos prioritários e dois ramais resgatados da rede de 1968: Paraíso – Moema e Vila Bertioga. São deste período os estudos para definir a prioridade de implantação da terceira linha do metrô, publicados em 1980 pela CMSP e EMTU. Foram comparadas as alternativas de execução da linha Paulista (atual linha 2 - Verde) e Sudeste – Sudoeste (atual linha 4 - Amarela). A linha 2-Verde foi selecionada como prioritária a teve seu traçado detalhado com o projeto funcional das estações. É também neste estudo que pode ser identificada a alteração proposta no traçado da atual linha 4 – Amarela, com o trecho entre a Av. Paulista e o bairro de Pinheiros passando para o eixo da Av. Rebouças (era proposto pela

Av. Teodoro Sampaio). Foi então redefinido o arranjo da conexão entre as duas linhas, que passou de uma configuração tangencial na estação Clínicas para um cruzamento direto na atual estação Consolação – Paulista. A rede básica de 1982, por ainda considerar o trecho sudeste da atual Linha 4 – Amarela, apresentava 9 estações de conexão metroviárias.

Em 1985 foi publicada a Rede Mínima, que, justificada pela escassez de recursos orçamentários para expansão do sistema, reduziu a rede a 4 linhas, todas mais curtas que as anteriores. Esta rede tem praticamente a mesma configuração da existente hoje em operação, com exceção apenas do trecho inicial da Linha 5 – Lilás. Estão consolidadas as 6 estações de conexão metroviárias em funcionamento.

O estudo das transformações da rede até 1985 revela um processo de revisão em que as diretrizes principais da rede pioneira proposta em 1968 no plano HMD persistiram como espinha dorsal de todos os planos, e contribuíram para configurar a rede em operação atualmente, ainda que com modificações importantes como as comentadas. Optou-se pelo recorte até esta data, sem mencionar os planos posteriores, porque, do ponto de vista da organização espacial das linhas nas estações de conexão em operação, já estavam consolidadas as principais diretrizes. As 6 estações de conexão que são objeto de estudo neste trabalho já se apresentavam desde a primeira proposta, mas, na escala das edificações, sofreram significativas transformações no processo de detalhamento e desenvolvimento dos projetos até a execução, como será visto nas análises.

3. Estudos de caso da RMSP

Neste capítulo será apresentado o estudo das seis estações de conexão entre linhas de Metrô em operação na RMSP (Sé, Paraíso, Ana Rosa, Consolação – Paulista, República e Luz).

Este estudo teve como objetivo investigar, na escala do desenho das edificações e sua implantação, tanto aspectos funcionais necessários ao bom funcionamento do sistema de transportes - com ênfase na circulação dos usuários nos espaços de conexão - como as transformações na configuração dos espaços urbanos diretamente afetados pelas intervenções.

A partir da leitura dos arquivos da Cia do Metrô foi resgatado o processo histórico de projetos para cada caso, explicitando variações de propostas entre as diversas etapas. A análise de cada caso terá como bases principais o material técnico das etapas de projeto funcional e projetos executivos de arquitetura e paisagismo e reurbanização.

O projeto funcional é parte fundamental das primeiras etapas de projeto de um sistema de transporte. Objetiva estudar de forma abrangente como será a sua inserção na cidade, avaliar impactos nos demais sistemas de transporte, uso e ocupação do solo, meio ambiente e infraestrutura urbana. É a primeira etapa na qual o desenho aparece como componente estruturante do projeto: são estabelecidos o traçado da linha, a localização e configuração geral das estações, terminais de integração, pátios de manutenção e estacionamento, além das principais estratégias de obra e diretrizes dos métodos construtivos. O projeto funcional está vinculado aos estudos de caracterização regional e estimativas de demanda. Já os projetos executivos, devem refletir com bastante fidelidade a configuração final executada. Na

comparação entre as duas etapas de projeto (funcional e executivo), complementada por estudos intermediários, é possível verificar como o plano inicial foi detalhado para a materialização.

O conjunto analisado permite comparações de aspectos de interesse entre as experiências, evidenciando as transformações na arquitetura dos espaços de conexão e a situação operacional atual. Deve contribuir nas reflexões sobre o futuro destas edificações e na definição de diretrizes para novos projetos de estações metroviárias.

A seguir será apresentada uma tabela geral com dados de demanda do segundo semestre de 2016, que servirá de base para a análise dos fluxos em cada uma das estações (Tabela 13).

Será também apresentada uma linha do tempo geral com as principais datas de inauguração das estações e de publicação dos planos de rede (Tabela 15).

Tabela geral de fluxos nas estações de conexão

Estação	Entradas - média no dia útil (2016) - MDU (milhares)				Hora pico tarde (2016)				
	linha	lindeiros e outros*	transferências	total de embarques	total transportado	transferências internas	%	lindeiros e integrações	%
Ana Rosa (L1 x L2)	L1	32							
	L2	15							
	total	47	133	180	18.064	11.595	64%	6.469	36%
Paraíso (L1 x L2)	L1	30							
	L2	12							
	total	42	152	194	20.457	13.636	67%	6.821	33%
Sé (L1 x L3)	L1	33							
	L3	45							
	total	78	444	522	44.028	33.577	76%	10.451	24%
Luz (L1 x L4 X CPTM)	L1	23	146	169	18.335	13.785	75%	4.550	25%
	L4	7	125	132	12.536	11.697	93%	839	7%
	CPTM	35	115	150	19.771	15.158	77%	4.613	23%
	total	66	386	451	50.642	40.640	80%	10.002	20%
Consolação - Paulista (L2 x L4)	L2	38	96					5.380	
	L4	27	113					2.877	
	total	65	209	274	26.456	18.199	69%	8.257	31%
República (L3 x L4)	L3	56	101						
	L4	0	124						
	total	56	225	281	29.811	22.987	77%	6.824	23%

Para as estações da Cia do Metrô (L1, L2, L3) foram utilizados os dados de demanda fornecidos pela Coordenadoria Técnica de Estudos e Informação referentes a maio de 2016 (protocolo SIC 365591613499) e setembro de 2016 (Protocolo SIC 613061615303).

Para os dados da Linha4 foram utilizados os dados fornecidos pela STM referentes a novembro de 2016 (protocolo SIC 587661617141) na hora pico.

Para os dados da CPTM foram utilizados os dados fornecidos pela CPTM (DRMK) referentes a outubro de 2016 para o total de entradas diárias.

* Todas as outras formas de acesso externo à estação que geram embarques (acesso lindeiro e outras integrações)

Hora pico manhã (07:00-08:00hs) Hora pico tarde (17:30-18:30hs)

Dados em itálico foram obtidos por meio de interpolação

Tabela 13 – Tabela geral de fluxos nas estações de conexão. Fonte: Elaborado pelo autor a partir da compilação de dados da CMSP, STM e CPTM. Ver Anexos 5 a 8.

Tabela de fluxos de transferência nas estações de conexão

Estação	Fluxo de transferência na hora pico (2016)				
	sentido	hora pico manhã	%	hora pico tarde	%
Ana Rosa (L1 x L2)	L1 - L2	6.511	61%	4.756	41%
	L2 - L1	4.147	39%	6.839	59%
	total	10.658	100%	11.595	100%
Paraíso (L1 x L2)	L1 - L2	6.258	53%	4.570	34%
	L2 - L1	5.497	47%	9.066	66%
	total	11.755	100%	13.636	100%
Sé (L1 x L3)	L1 - L3	16.057	47%	21.910	65%
	L3 - L1	18.199	53%	11.667	35%
	total	34.256	100%	33.577	100%
Luz (L1 x L4 X CPTM)	L1 - CPTM	7.452	19%	8.680	21%
	CPTM - L1	8.017	21%	7.582	19%
	subtotal	15.469	40%	16.262	40%
	L1 - L4	4.658	12%	5.222	13%
	L4 - L1	6.559	17%	6.203	15%
	subtotal	11.217	29%	11.425	28%
	L4 - CPTM	6.364	16%	6.478	16%
	CPTM - L4	5.777	15%	6.475	16%
	subtotal	12.141	31%	12.953	32%
	total	38.828	100%	40.640	100%
Consolação - Paulista (L2 x L4)	L4 - L2	9.125	51%	8.016	44%
	L2 - L4	8.686	49%	10.183	56%
	total	17.811	100%	18.199	100%
República (L3 x L4)	L4 - L3	7.502	43%	11.047	48%
	L3 - L4	10.058	57%	11.940	52%
	total	17.560	100%	22.987	100%

Tabela 14 - Fluxos de transferência nas estações de conexão. Fonte: Elaborado pelo autor a partir da compilação de dados da CMSP, STM e CPTM. Ver Anexos 5 a 8.

Tabela 15 – Planos de rede e datas de inauguração das estações de conexão. Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1 SÉ

LINHAS

1 – AZUL x 3 - VERMELHA

INAUGURAÇÃO DA ESTAÇÃO

1978

DADOS DEMANDA

Demanda total de embarques: 522.000 pass/dia (CMSP - 10/2016)

Demanda transferência: 444.000 pass/dia (CMSP - 10/2016)

MÉTODO CONSTRUTIVO

Vala a céu aberto – *cut and cover*

Área de projeção da escavação principal: 14.000m²

Área construída: 39.925 m² (CMSP)

CONFIGURAÇÃO ESPACIAL DA CONEXÃO

Estrutura compartilhada

Vias separadas verticalmente

REDE DE TRANSPORTE REFERENCIAL

Plano HMD – “Rede Básica do Metrô” - 1968

PROJETO FUNCIONAL

Nome: Plano HMD - Metrô de São Paulo – Sistema integrado de transporte rápido coletivo da cidade de São Paulo.

Data: 1968

Responsáveis: Consórcio HMD (Hotchief, Montreal e Deconsult) e Cia do Metropolitano.

Nome: São Paulo leste oeste: em busca de uma solução integrada.

Data: 1979.

Responsáveis: Prefeitura do município de São Paulo e Cia do Metropolitano.

PROJETO EXECUTIVO

Data: 1976-1977

Responsáveis: Promon Engenharia, EMURB, Cia do Metrô.

O projeto funcional da estação Sé do Metrô foi proposto no plano inicial do Metro desenvolvido em 1968 por um consórcio 3 empresas: Hotchief, Montreal e Deconsult – HMD. Duas empresas alemãs (Hotchief e Deconsult) e uma nacional (Montreal). O estudo se constituiu em um dos planos mais abrangentes e bem detalhados realizados até hoje para o Metrô, tendo o ano de 1987 como horizonte para a rede proposta (HMD, 1968). Foi realizado um mapeamento completo da Região Metropolitana de São Paulo: topografia do terreno, lençóis freáticos, demanda, pesquisa origem-destino, serviços, etc. No plano do consórcio HMD já estavam propostas as quatro linhas hoje em funcionamento (Figura 25), no entanto com algumas diferenças de traçado significativas, que serão comentadas nas análises.

A estação que viria a se chamar Sé foi proposta inicialmente como Estação Clóvis Bevilacqua, com as principais áreas subterrâneas escavadas sob a praça de mesmo nome. Na praça já se configurava um ponto nodal de transporte, com seus passeios funcionando como um grande terminal de ônibus (Figura 28). O projeto previa a conexão entre a linha Norte-Sul e 4 vias paralelas da linha Leste-Oeste, considerando o ramal Brooklin – Vila Bertioga. O desenho das circulações verticais associadas a um grande número passarelas indicava situações espaciais interessantes, com grandes pés direitos livres e visuais entre os níveis, mas poderia dificultar a orientação do público (Figura 29). Já era prevista uma claraboia circular, de dimensões próximas à da abertura que caracterizaria a estação Sé definitiva. Houve uma preocupação no projeto em localizar a claraboia no ponto onde estava

instalado o monumento ao Jurista, no alinhamento do eixo da praça com o eixo do edifício do Palácio da Justiça.

A estação estava localizada no último trecho a ser construído da Linha Norte-Sul, que compreendia também as estações Tiradentes e São Bento, ligadas por túneis construídos em *Shield*⁸². O projeto considerava a passagem das tuneladoras para escavação dos túneis dos traçados e amarrava a inauguração da linha Norte-Sul. Como conta o engenheiro Plínio Assmann (2013, p.203) o traçado previsto pelo consórcio HMD considerava uma segunda linha pela Avenida Celso Garcia em subterrâneo na Baixada do Glicério. Dificuldades para enfrentar o terreno pantanoso por onde antes serpenteava o Tamanduateí indicaram a revisão do traçado proposto para leste. Com a alteração no traçado a estação deveria ser revista:

A evidência se impôs. Mudar o projeto da Estação Sé, ligar as duas praças Sé e Clóvis Bevilacqua numa só e enorme praça e com isso abrir um grande espaço público no Centro e reduzir as obras da estação para algo como a metade.” (ASSMANN, 2013, p. 203)

A justificativa técnica viabilizou o projeto da grande Praça da Sé. Para isso, a CMSP desapropriou todos os prédios existentes entre as praças e realizou a implosão do Edifício Mendes Caldeira, de 24 pavimentos. O projeto revisado também alteraria a configuração das linhas, com a Norte Sul cruzando por baixo da Leste Oeste, de acordo com as prioridades de inauguração da atual linha 1 – Azul.

⁸² O nome Shield se deve à técnica de Marc I. Brunel que, em 1825 construiu o primeiro túnel sob o Rio Tâmisa mediante o avanço de uma couraça metálica sob a qual a escavação e o revestimento podiam ser feitos em segurança. Essa primeira couraça (em

inglês, shield) evoluiu com o tempo e hoje se desdobra em diversos tipos de máquinas tuneladoras (Tunnel Boring Machines - TBM). São equipamentos que se configuram como brocas gigantes, apelidados popularmente de “tatuzões”. (CMSP, 2016)

Figura 26 - Estação Sé - Traçado em planta. Plano HMD, 1968.

Figura 27 - Estação Clóvis Beviláqua (anteprojeto de Marcello Fragelli):
perspectiva de Vallandro Keating.
Fonte: acervo Marcello Fragelli

Figura 28 - Estação Clóvis Beviláqua: Planta de Localização.
Fonte: HMD, 1968.

Figura 29 - Estação Clóvis Beviláqua: Plantas – Nível Plataforma Norte-Sul (F) e Nível do mezanino de transferência para plataformas da linha Leste-Oeste (G). Corte transversal (AA) e Longitudinal (BB).
Fonte: HMD, 1968.

Como descreve em seu próprio livro, Fragelli (2010) coordenou o anteprojeto da estação Clovis Beviláqua. O detalhamento do projeto ficou a cargo da Promon e técnicos do Metrô. O arquiteto descreve as suas críticas ao encaminhamento dado ao projeto pelos técnicos da companhia:

Os arquitetos da companhia já haviam proposto e conseguido a demolição de todo um quarteirão entre as praças da Sé e Clovis Beviláqua, para localizarem ali a enorme estação de transferência. Como cobertura desse espaço subterrâneo, propuseram uma grande praça pavimentada, com apenas uma estreita faixa ajardinada. Bem no meio e em forma de C projetaram uma passarela pesadíssima sobre pilotis, verdadeiro viaduto que, visto do limite inferior da praça, pareceria um embasamento do Palácio da Justiça. (...) pedi ao colega que conversasse com o autor do projeto e tentasse convencê-lo a criar uma praça verde sobre a estação, o que era tecnicamente muito possível. Pedi também que o convencesse da conveniência da abertura do subsolo no nível da rua, para que o céu pudesse ser visto de baixo. (FRAGELLI, 2010, p. 280)

Burle Marx seria contratado para a revisão do anteprojeto da praça, propondo o paisagismo para cobertura do embasamento, mas sem liberdade contratual para propostas que interferissem na estrutura definida no anteprojeto.

O redesenho definitivo da praça da Sé ficou a cargo dos técnicos da EMURB. Fundada em 1971, a Empresa Municipal de Urbanização foi

concebida como um instrumento para agilizar as intervenções urbanísticas da prefeitura e superar a inércia das estruturas de carreira das secretarias, com a atribuição de regulamentar as suas próprias regras de licitação para contratação de obras e projetos. Como descreve Heck (2005):

A estrutura institucional da EMURB foi montada para atuar nos moldes de uma empresa pública eficiente, desempenhando desde atividades de planejamento à execução de obras (em conjunto com os demais órgãos da PMSP) e desenvolvendo operações econômicas próprias. (HECK, 2005, p. 103)

Na década de 70, a partir da gestão de Roberto Cerqueira Cesar, a EMURB concretizou em projetos diversas idéias de arquitetos e urbanistas. Segundo a autora, “parecia constituir a oportunidade e o grande desafio de colocar em prática as idéias e experiências do urbanismo modernista/funcionalista” (HECK, 2005, p. 105). A partir da implantação da Linha Norte-Sul, a EMURB passou a atuar de forma conjunta com o Metrô:

Caberia à Cia do Metro planejar o sistema operacional e projetar, além do traçado da linha, as estações e terminais. A integração desses equipamentos com o entorno foi uma tarefa repassada para a EMURB, que seria efetivada através dos planos de reurbanização. (HECK, 2005, p.130)

Figura 30 - Praça da sé.
Plantas das configurações nos momentos históricos:

- 1889: antiga Catedral
- 1954: nova Catedral
- 1978: estação Sé do Metrô
- Fotos:
- 1971: 2 Praças
- 1975: Obras do Metrô
- 2001: Grande praça

Fonte: Arquivo Metrô (montagem do autor)

Figura 31 - Estação Sé: Planta de situação (Projeto Executivo. 1976).
Área da escavação principal em vermelho.
Fonte: Arquivo Metrô

Figura 32 - Estação Sé: Plantas dos três níveis principais. Projeto Executivo, 1976.
 Fonte: Arquivo CMSP, 1976.

Figura 33 - Estação Sé: Corte longitudinal. Projeto Executivo, 1976.
 Fonte: Arquivo CMSP, 1976.

Bartalini (1988) constatou uma particularidade do Metrô de São Paulo: das trinta estações em funcionamento no final da década de 1980, ao menos quinze estavam diretamente associadas a espaços livres públicos, de uso coletivo, denominados “praças”. A ocorrência dessa associação praça-estação se devia a 3 fatores fundamentais:

“(…) à facilidade de implantação de estações e canteiros das obras do Metrô sobre áreas públicas livres existentes; às intenções urbanísticas de promoção da imagem de novas praças criadas e também à comodidade no tratamento de áreas residuais que viraram ‘praças’ por não se prestarem a nenhum outro fim.” (BARTALINI, 1988, p. 22).

O caso da Sé se encaixa na segunda descrição. O autor sugere que boa parte dos técnicos envolvidos estavam alinhados com um pensamento urbanístico próprio da arquitetura moderna de meados do século XX, vinculado aos princípios da Carta de Atenas e à promoção de grandes áreas públicas contínuas, sendo os edifícios protagonistas sobre áreas livres verdes ininterruptas, numa relação de figura e fundo.

“Assim foi com a estação Sé, em que nem todas as demolições se justificaram por condicionantes construtivas da estação, mas pela deliberação de ali se construir uma grande praça unindo as praças da sé e Covis Bevilacqua. Lamentava-se no meio técnico envolvido com a obra, a não demolição da quadra entre o Tribunal de Justiça e a Catedral Metropolitana de modo a unir a nova praça com a praça João Mendes e assim, uma vez que a esta já estava ligado o Largo Sete de Setembro, formar um só e grande espaço livre. Não se atentava para o risco de se formar um só e grande vazio.” (BARTALINI, p. 03)

A praça que marca literalmente o centro da cidade é dotada de uma forte carga simbólica e dominada por pedestres, que contam com um sistema de ruas exclusivas que se desenvolve em direção ao Anhangabaú. Bartalini (1988) indica a leitura da antiga praça da sé como um adro de 100x50m, conformado pela Catedral e a massa arbórea junto à chegada da rua Boa Vista. Ainda que reformado com a preservação de suas características fundamentais, este adro perdeu o fechamento lateral, a leste, que antes era dado pela quadra demolida pela obra do Metrô. O fosso de iluminação cercado por jardineiras acaba configurando um limite físico tão determinante quanto o quarteirão demolido, com a perda da escala dada pelos edifícios e os valores de uso intrínsecos destes.

Na área da antiga Praça Clovis Bevilacqua foi desenhado um grande espelho d’água que protege a claraboia circular de iluminação, contornado por diversos patamares que vencem o desnível de aproximadamente 7m. O desenho é marcado por diversos “remansos”, separados dos fluxos principais. Apesar da ligação subterrânea, o fluxo transversal de pedestres em direção à esplanada do Carmo acabou por exigir a construção de um passeio improvisado junto à rua Anita Garibaldi, não previsto no projeto original.

O projeto revisado da estação Sé é creditado principalmente a Roberto McFadden, arquiteto que integrou a equipe do Metrô em meados da década de 1970, responsável pela revisão técnica dos projetos elaborados

por Fragelli na Promom⁸³. A equipe formada, entre outros, por McFadden, Renato Viegas, Eduardo Hotz, Meire Selle, Flávio Colato e José Paulo de Bem, passou a formular os projetos básicos das estações, sobretudo da Linha 3 – Vermelha e posteriormente da Linha 2 – Verde.

A claraboia da Sé marcaria uma revisão conceitual nas diretrizes para concepção espacial das futuras estações do Metrô. O modelo de *estações caverna* de Fragelli, em que as aberturas estavam mais vinculadas aos acessos, proposto para as primeiras construções da linha Norte-Sul, seria revisto para permitir a ampliação das condições de entrada de luz natural e ventilação dos níveis inferiores. As estações enterradas da Linha 3-Vermelha já seguiriam estes novos conceitos, como é o caso das estações Marechal Deodoro e Santa Cecília, de autoria de McFadden. A busca pela iluminação natural direta seria continuada nas estações da segunda fase da Linha 2 e na Linha 4. Seria levada ao extremo nas mais recentes estações da linha 5 – Lilás, em execução atualmente, com diversas claraboias dispostas nas praças resultantes da escavação.

Apesar de melhorar significativamente as condições de habitabilidade dos espaços internos das estações, as aberturas na superfície podem gerar descontinuidades visuais e de percurso, interferências indesejadas no nível do chão da cidade. As aberturas, ou são elevadas como torres, ou se configuram como claraboias com a proteção de canteiros elevados, soluções que em geral acabam fragmentando os espaços livres. Na análise das demais estações será visto como estas soluções que permitem a

comunicação entre os espaços enterrados e o exterior (seja visual ou para acesso de pessoas, luz e ventilação) são fundamentais tanto para a qualidade do espaço interno das estações quanto para as áreas resultantes na superfície.

A Estação Sé foi construída com o método de VCA (Vala a céu aberto) do tipo *cut and cover*, em que a vala é escavada e mantida temporariamente com auxílio de paredes diafragma e taludes. O método é conhecido como *destrutivo*, já que exige a interdição completa do terreno na área da vala para posterior recomposição da superfície, com a construção da laje de cobertura. A vala definitiva da estação Sé possui área de projeção de aproximadamente 14.000 m² e profundidade de 19,20m.

A partir da intervenção no bairro existente para a viabilização da estação, a Sé tornou-se uma referência de construção enterrada de grande impacto, sendo nas décadas seguintes repensada como um exemplo a ser questionado. Do ponto de vista da transformação do bairro e do espaço público resultante, pode ser vista com as devidas ressalvas, sobretudo pela demolição dos edifícios e pela escala e desenho da reconfiguração da superfície, como mencionado. Entretanto, quando analisado o arranjo funcional para atendimento aos fluxos de acesso e transferência, a estação apresenta uma configuração bastante satisfatória, persistindo como referência de interesse para novos projetos.

O projeto executivo da estação se apropriou das possibilidades da técnica construtiva e da vala de grandes dimensões para desenhar espaços generosos que permitem que o maior fluxo de passageiros entre todas

⁸³ Roberto McFadden atuou como arquiteto no Metrô entre 1972 e 1988 e como vice-presidente da Empresa Municipal de Urbanização – EMURB entre 1989 e 1992. Entre os projetos desenvolvidos pelo arquiteto na CMSP, sozinho ou em co-autoria, destacam-se as

estações Sé, Jardim São Paulo, Tucuruvi e Ana Rosa II (ampliação), na Linha Azul; Marechal Deodoro e Santa Cecília, na Linha Vermelha; Trianon/Masp e Brigadeiro, na Linha Verde; além do projeto básico para o Terminal Rodoviário do Tietê.

estações se realize com bons níveis de serviço. A Sé tem apresentado uma demanda diária que chegou a ultrapassar os 600mil passageiros embarcados nos últimos anos (CMSP, 2016). Para os dados utilizados nesta pesquisa foram 522 mil em maio de 2016, sendo que 78mil são provenientes dos acessos ao entorno e 444mil fazem a conexão entre linhas.

A estação está organizada em três níveis principais: as plataformas da linha 1 – Azul no nível mais baixo, as plataformas da linha 3 – Vermelha no nível intermediário e o mezanino de acesso no nível mais alto enterrado. A planta do mezanino de acesso ainda preserva algumas características do projeto da Clóvis Beviláqua, com pisos recuados das paredes perimetrais da vala e o vazio central circular sob a claraboia, que permitem visuais entre os pavimentos. Merece destaque também a abertura para o jardim junto aos acessos norte e sul, com a dimensão total da largura do mezanino. Tornou-se um importante ponto de referência nos acessos, bastante utilizado como área de espera e encontro.

A combinação de plataformas laterais com plataforma central para as duas linhas sobrepostas em cruz permite a independência total entre fluxos de embarque e desembarque nas transferências. Permite também que qualquer passageiro faça a transferência entre as linhas com deslocamento vertical de apenas um pavimento. Para a entrada e saída de passageiros lindeiros da estação os fluxos também são independentes para a linha 3 – Vermelha. Os lindeiros compartilham apenas as escadas entre os níveis da linha 3 e linha 1 com o fluxo de conexão.

A claraboia marca o eixo de cruzamento da linha e, além de permitir a entrada de luz natural até o nível da Linha 3, se configura como uma importante referência espacial para orientação dos passageiros. A planta

apresenta simetria para as plataformas da Linha 3 em relação ao eixo da claraboia, mas se apresenta assimétrica para as plataformas da Linha 1. Esta organização apresenta menor capacidade para atendimento ao acesso para embarques na plataforma da linha 3 sentido Barra Funda em relação aos demais. É coerente com a configuração atual da rede, também assimétrica, em que o tramo Sé – Itaquera é muito mais extenso e com maiores carregamentos. Esta assimetria na rede foi consolidada na revisão na Rede Básica do Plano HMD de 1975, com a linha Leste-Oeste passando de um traçado em arco para um mais retificado, com o trecho oeste posterior a Barra Funda relegado a uma segunda etapa de execução (CMSP, 1986). A partir da Rede Básica de 1982 a extensão para oeste já havia sido suprimida. No plano atual da Secretaria de Transportes Metropolitanos (STM, 2013) a demanda da região noroeste será atendida pela Linha 6 – Laranja.

A análise dos fluxos atuais revela uma distribuição bastante equilibrada na estação, com movimentos significativos de conexão na rede para todos os sentidos nos picos da manhã e da tarde. Predominam os fluxos no pico da tarde para embarque na plataforma sentido Itaquera da Linha 3 – Vermelha (C e D). O trecho de acesso à plataforma sentido Barra Funda, que dispõe de menor capacidade de atendimento, é proporcionalmente o de maior taxa de utilização (50%). Ainda assim nota-se que, para os fluxos atuais em condições normais de operação, a estação atende com boa margem a movimentação dos passageiros, com uma taxa de utilização média abaixo de 50% da capacidade (Tabela 16).

SÉ

DIAGRAMA DOS FLUXOS PRINCIPAIS NA REDE (2016)

DIAGRAMA DA CONFIGURAÇÃO ESPACIAL DA CONEXÃO

Figura 34 (p. anterior) - Diagrama de fluxos na estação Sé. Fonte: Elaborado pelo autor.

Fluxos na estação Sé (pico da tarde - 10/2016)

Estação	lindeiros e integrações	fluxo	%	fluxo de transferência	fluxo total**	fluxo de análise**	meios	qtd*	capacidade máxima	taxa de utilização		
Se (L1 x L3)	10.451	A	12%	4.042	4.042	A+B	8.892	ER	3	14850	17.874	50%
		B	14%	4.850	4.850							
		C	16%	5.254	5.254	C+D	12.933	ER	6	29700	35.748	36%
		D	23%	7.679	7.679							
		E	11%	3.832	5.025	E+F	9.380	ER	6	29700	34.740	27%
		F	10%	3.321	4.355							
		G	6%	2.044	2.680	G+H	6.030	ER	6	29700	34.740	17%
		H	8%	2.555	3.350							
			total	100%	33.577	44.028						

Dados de demanda fornecidos pela Coordenadoria Técnica de Estudos e Informação referentes a maio de 2016 (protocolo SIC 365591613499) e setembro de 2016 (Protocolo SIC 613061615303).

* quantidade em unidades para escadas rolantes e em canais de circulação de 0,60m para escadas fixas e corredores

** para o fluxo total foi adotada a distribuição dos lindeiros com as mesmas distribuições dos fluxos de transferência (E,F,G,H)

*** considerado a utilização de 75% da capacidade dos meios para fluxos E,F,G,H.

Tabela 16 - Fluxos na estação Sé. Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2 PARAÍSO

LINHAS

1 – AZUL x 2 - VERDE

INAUGURAÇÃO DAS ESTAÇÕES

1975 - LINHA 1 – PARAÍSO I

1991 - LINHA 2 – PARAÍSO II

DADOS DEMANDA

Demanda total de embarques: 194.000 pass/dia (CMSP - 10/2016)

Demanda transferência: 152.000 pass/dia (CMSP - 10/2016)

MÉTODO CONSTRUTIVO

Vala a céu aberto – cut and cover

Área de projeção da escavação principal: 6.200 m²

Área construída: 15.765 m² (CMSP)

CONFIGURAÇÃO ESPACIAL DA CONEXÃO

Estrutura compartilhada

Vias contíguas e separadas verticalmente

REDE DE TRANSPORTE REFERENCIAL

PARAÍSO I - Plano HMD – “Rede Básica do Metrô” – 1968

PARAÍSO II – “Revisão da Rede Básica” – Cia do Metrô – 1975

PROJETO FUNCIONAL

PARAÍSO I

Nome: Plano HMD - Metrô de São Paulo – Sistema integrado de transporte rápido coletivo da cidade de São Paulo.

Data: 1968

Responsáveis: Consórcio HMD (Hotchief, Montreal e Deconsult) e Cia do Metropolitano

PARAÍSO II

Nome: Terceira Linha do Metro de São Paulo – Estudo de Viabilidade Econômico Financeira

Data: 1980

Responsáveis: Cia do Metropolitano / EMTU

Observações: Não há detalhamento da estação paraíso, já configurada previamente. O estudo compara as linhas paulista (2 Verde) e sudeste-sudoeste (futura 4 - Amarela). Conclui pela prioridade do trecho Paraíso – Clínicas da linha Paulista.

Nome: Linha Vila Madalena – Vila Prudente. Projeto Funcional. Trecho Paraíso-Oratório.

Data: 1989

Responsáveis: Cia do Metropolitano

Observações: Não há detalhamento da estação paraíso, já configurada previamente. Estudo focado no trecho Paraíso - Oratório. Apresenta alternativas de conexão também na estação Vila Mariana.

PROJETO EXECUTIVO

PARAÍSO I

Data: 1972-1973

Responsáveis: Planemak / Hidrobrasileira, Consórcio HMD, Cia do Metrô

PARAÍSO II

A consultar – não disponível

A estação Paraíso foi concebida no final da década de 1960 no plano HMD como ponto de entroncamento das linhas Vila Madalena – Paulista (atual linha 2) e da linha Norte – Sul (atual linha 1), que teria na estação a abertura do ramal para Moema. O desenho da configuração espacial do encontro dos traçados das linhas seria, portanto, um dos principais condicionantes da arquitetura da estação.

As vias da Norte – Sul seriam desniveladas, com os trilhos sentido Jabaquara no nível mais alto (796m), junto com as vias da atual linha 2. No nível mais baixo (788m) estariam as vias do ramal Moema e a via sentido Santana da Norte – Sul (Figura 35). A conexão operacional das vias para a atual linha 2 seria realizada após a estação Paraíso, na região da Ana Rosa.

Quanto à sequência da execução das obras, o plano HMD previa o seguinte quadro de prioridades (HMD, 1968, p. 157):

- 1- Linha Santana-Jabaquara, com ramal Paraíso-Moema
- 2- Linha Casa Verde-Vila Maria
- 3- Linha Pinheiros-Via Anchieta, com ramal Pedro II-Vila Bertioga
- 4- Linha Vila Madalena-Paulista.

Dos 21 km da linha prioritária, Norte – Sul, aproximadamente 14,3 km seriam construídos a céu aberto (VCA) e cerca de 0,8 km com o uso de tuneladoras, no trecho central entre as estações Liberdade e São Bento. Aproximadamente 5,9 km seriam em elevado, no trecho norte após a estação Luz. Para o ramal Moema, partindo da estação Paraíso eram previstos cerca de 400 m executados também por tuneladoras, por conta da grande profundidade. Após um trecho de transição o ramal continuaria em construção elevada. A linha Vila Madalena – Paulista tinha previsão de ser construída, em sua totalidade, pelo método a céu aberto.

A estação Paraíso estava inserida no trecho de traçado previsto como prioritário para a Linha 1 e com execução de valas a céu aberto. O anteprojeto da estação, de autoria de Marcello Fragelli, já apresentado em conjunto com o plano HMD, deveria organizar espacialmente e viabilizar, além dos acessos ao bairro, os importantes fluxos de conexão entre as 3 linhas. Em conformidade com a estratégia adotada para o traçado, previa a escavação de uma grande vala para o corpo da estação, com aproximadamente 11.200 m² de projeção, de escala próxima à da estação Sé atual.

Os fluxos foram organizados em 7 níveis, nomeados de A a G. A grande praça de acesso estaria aproximadamente no nível 815,00 (A). Através de pisos intermediários seria possível atingir as plataformas superiores (linha Norte Sul sentido Jabaquara e Linha Vila Madalena – Paulista) no nível 797,10m (E) , 17,90m abaixo do acesso. Ainda mais baixas estariam as plataformas linha Norte Sul (sentido Santana) e ramal Moema – 789,22m (G), totalizando 25,78m até a superfície. Para conexão entre as linhas foram previstas passarelas nos níveis intermediários, que se restringiam às dimensões necessárias para a circulação, liberando grandes áreas de pés-direitos livres e interessantes visuais entre os pisos. A solução do nível das plataformas superiores era bastante curiosa e de execução complexa: “uma linha elevada passando dentro do espaço subterrâneo, sobre pilares” (FRAGELLI, 2010, p. 207). Nota-se pela quantidade e disposição das escadas rolantes e fixas que o fluxo principal de conexão previsto seria entre o ramal Moema e a linha Norte-Sul, visto que caberia à estação Paraíso a junção ou separação dos fluxos no traçado em “Y”.

Na superfície foi projetada uma grande praça de acesso entre as avenidas 23 de Maio, Vergueiro e Bernardino de Campos, resultante das grandes dimensões da vala escavada e da área remanescente do projeto viário.

Era previsto um acesso através da praça e dois acessos nos passeios do lado oeste da Av. Vergueiro, próximos a rua Correia Dias. Na praça estavam previstos acessos através de patamares sucessivos, permitindo uma conquista graduada dos espaços subterrâneos, numa solução semelhante à adotada no anteprojeto da estação Clovis Beviláqua. Indica uma linha de pensamento do arquiteto, que também apareceria nas estações São Bento e Liberdade:

Tinha especial interesse naquelas estações, onde a linha passasse sob praças. Meu objetivo era aproveitar a situação para explorar as possibilidades de comunicação entre o espaço do subsolo e o exterior, se possível até permitindo a visão inesperada do céu desde a plataforma mais profunda, a entrada da luz do dia no subterrâneo. O acesso natural, desde a rua até o espaço cavado, a exploração das sensações desse percurso e do inverso também me interessavam. Por isso assumi os projetos das estações São Bento, Sé – então chamada Clovis Beviláqua –, Liberdade, Paraíso e Jabaquara, deixando as outras onze para serem distribuídas entre os companheiros de equipe. (FRAGELLI, 2010, p.253)

O plano publicado pelo Consórcio HMD teve o grande mérito de apresentar, além da proposta geral da rede e as principais diretrizes para soluções dos traçados, boa parte das estações já projetadas com detalhamento de anteprojeto. Foram concebidas em conjunto com a equipe multidisciplinar, articulando numa proposta única as soluções das diversas escalas.

Figura 35 - Estação Paraíso - Traçado em planta e corte. Fonte: HMD, 1968.

Figura 36 – Estação Paraíso – Projeto Funcional – Planta Nível A – 815.00 - Superfície.
Fonte: HMD, 1968.

Figura 38 – Estação Paraíso – Projeto Funcional – Planta Nível F – 792.64 - Passarelas de conexão. Fonte: HMD, 1968.

Figura 37 – Estação Paraíso – Projeto Funcional – Planta Nível D – 800.52 - Passarelas de transferência sobre Plataformas da linha Norte Sul (sentido Jabaquara) e Linha Vila Madalena – Paulista (2 vias – terminal) – nível 797.10 (E). Fonte: HMD, 1968.

Figura 39 – Estação Paraíso – Projeto Funcional – Planta Nível G – 789.22 - Plataformas da linha Norte Sul (sentido Santana) e ramal Moema (2 sentidos) Fonte: HMD, 1968.

Fragelli (2010) conta que os dados de organização das linhas foram alterados posteriormente à publicação do plano HMD e um novo anteprojeto foi conduzido por Flávio Pastore:

Pastore trabalhou num outro esquema inteiramente diferente dos das outras estações. Para fugir de tantos pilares alinhados segundo três eixos que se entrecruzavam em diversas curvas, criou paredes estruturais que cortavam transversalmente a linha Norte-Sul e a Paulista, desenvolvendo-se, portanto, em sucessivos ângulos, como folhas abertas de um livro. As diversas linhas passariam por buracos nessas paredes. (FRAGELLI, 2010, p. 288)

A estação passaria por revisões de detalhamento e compatibilização até a execução, que acabariam, segundo Fragelli (2010), fazendo com que o interior da estação fosse bastante prejudicado em relação à concepção inicial de Pastore. Com a inauguração da linha 2-Verde nos anos 1990 foram refeitos os acabamentos internos da estação com adoção de pintura e revestimentos cerâmicos nas paredes de concreto aparente.

Nota-se pela análise do projeto que a principal alteração do traçado consistiu na inversão dos níveis entre as vias da atual Linha 2 – Verde e o ramal Moema. As vias do ramal passaram a ocupar o nível superior, o mesmo da via sentido Santana (atualmente Tucuruvi). Além desta inversão, os níveis das vias foram aproximados e eliminados os patamares intermediários. A estação passou a ter apenas três níveis enterrados: O mezanino de acesso (A), Nível das plataformas do Ramal Moema e Linha 1 – Sentido Tucuruvi (B) e o Nível das plataformas da Linha 2 – Verde e Linha 1 – Sentido Jabaquara (C). A alteração do projeto, viabilizada sobretudo pela alteração dos níveis no traçado, diminuiu a profundidade da escavação em mais de 10m. As dimensões da vala

em projeção também foram reduzidas para praticamente a metade, aproximadamente 6.200m².

Na execução linha 1-Azul já foram construídos integralmente os espaços necessários para conexão com a futura linha 2-Verde (Vila Prudente-Vila Madalena), que só viria a ser inaugurada no início da década de 1990. À espera do tramo oeste (Paraíso-Vila Madalena) foram executados 500m de túneis em direção à Av. Paulista 15 anos antes. A estação Paraíso se configurou, não apenas como o ponto referencial de partida para o trecho inicial da terceira linha (2-Verde), mas foi também, a partir do estudo de 1989, a referência de início do tramo leste (Paraíso-Oratório) na segunda fase. Este tramo só terá início da operação em 2006 com a inauguração das estações Chácara Klabin e Santos-Imigrantes.

Nas obras de meados da década de 1970 foram construídos cerca de 200m do ramal Moema no sentido Tucuruvi e reservadas as áreas de plataforma no nível superior na estação para inauguração posterior da conexão, isoladas por paredes provisórias que nunca foram demolidas. O projeto do ramal já foi completamente descartado atualmente, visto que a Linha 5 – Lilás deverá atender diretriz semelhante de traçado. O trecho de vias executadas funciona hoje como estacionamento de máquinas auxiliares para manutenção do metrô. O nível superior deve permanecer, portanto, como uma grande área de mezanino de transferência e exclusiva para acesso à Linha – 1 sentido Tucuruvi.

Figura 40 – Estação Paraíso – Projeto Executivo de Paisagismo e reurbanização - Planta de implantação. Fonte: Arquivo CMSP, 1990.

Figura 41 - Estação Paraíso – Projeto Executivo. Corte transversal esquemático. Fonte: Arquivo CMSP, 1973.

Figura 42 – Estação Paraíso – Projeto Executivo. Planta das plataformas nível C – 805,89m. Fonte: Arquivo CMSP, 1990.

Figura 43 - Estação Paraíso – Projeto Executivo. Planta das plataformas nível D – 800,02. Fonte: Arquivo CMSP, 1990.

A grande praça de acesso do anteprojeto foi reconfigurada no desenvolvimento até a etapa executiva. Com a redução da altura livre entre as plataformas e a superfície, foram abandonados os patamares intermediários e mantido apenas um acesso voltado à Av. Bernardino de Campos. Um dos acessos do lado oeste foi substituído por dois acessos no lado leste, próximos à Catedral Metropolitana Ortodoxa. A praça teve projeto de paisagismo do escritório de Roberto Burle Marx no final da década de 1980. Apresenta um desenho de piso e arborização de grande interesse, numa tentativa de qualificar as áreas que resultaram das obras do metrô e da reconfiguração das avenidas. O desenho em planta, entretanto, não revela a configuração espacial executada. As soluções de iluminação e ventilação da estação, assim como de acesso de equipamentos técnicos, resultaram em torres e diversos canteiros elevados. Os canteiros, com altura aproximada de 1,5m, permitem uma faixa para iluminação e, sobretudo, ventilação sob a caixa de plantio. Entretanto, terminam por configurar uma praça segmentada de forma labiríntica em diversos trechos, comprometendo as possibilidades de uso de uma área que se pretendia como belo mirante para o vale do Rio Itororó.

A implantação do Metrô e da via expressa da 23 de Maio, entre o Centro e a estação Paraíso, gerou uma área remanescente configurada como um extenso talude de difícil aproveitamento. A Gestão de Alberto Botti na EMURB, entre 1973 e 1975, desenvolveu uma proposta à época inovadora. Ao invés de pagar a obra diretamente, a EMURB relegaria a empresas a construção dos edifícios públicos e privados, assim como a urbanização, em troca de determinada quantidade de área construída que poderiam revender ao fim da reurbanização (ANELLI, 2007).

Figura 44 - Projeto da "Nova Vergueiro". Fonte: Revista Veja São Paulo, Editora Abril, 21/08/1974.

A proposta definia o espaço entre os níveis das duas vias como garagens e serviços, situando no plano da Rua Vergueiro um conjunto comercial e terraços públicos acima dos quais se elevavam um hotel no setor norte e duas torres de escritórios no setor sul. Uma via elevada atravessava a rua Vergueiro, ligando o largo da igreja com o conjunto. (ANELLI, 2007, p.3)

Com a mudança da prefeitura do município para Olavo Setúbal a concorrência foi anulada. Anelli (2007) indica a prioridade dada pelo prefeito para a nova Avenida Paulista como principal mote do cancelamento. A porção sul da área recebeu então a nova Biblioteca Municipal (atual Centro Cultural São Paulo), próxima ao Centro de Controle de Operações (CCO) do Metrô.

Figura 45 - Estação Paraíso – Fotos da obra com a escavação e construção das valas a céu aberto. Fonte: Arquivo CMSP, 1972.

O arranjo espacial das estruturas físicas que permitem a conexão dos passageiros na Paraíso é singular em toda a rede e se aproxima de um dos modelos mais eficientes que podem ser planejados para conexão entre duas linhas de metrô. É raro nos traçados das redes a viabilidade do encontro de duas linhas em paralelo e desniveladas, mas quando isto é possível, a configuração de plataformas alinhadas e sobrepostas oferece uma das melhores condições de circulação entre as linhas. Podem ser dispostas escadas com boa distribuição ao longo de todas as plataformas e os passageiros precisam vencer

apenas um desnível com deslocamentos horizontais mínimos.

O metrô de Hong Kong, operado pela MTR⁸⁴, é conhecido como um modelo de referência de implantação de rede. Aberto em 1979 tem atualmente cerca de 174km de trilhos de alta capacidade⁸⁵. Merecem atenção as interessantes soluções dadas para as estações de conexão. O traçado da rede foi planejado para que a maior parte do encontro entre linhas se desse em paralelo, possibilitando um arranjo padronizado com plataformas centrais sobrepostas também paralelas nas estações intermediárias e terminais. É o caso da estação Yau Ma Tei, no encontro das linhas Tsuen Wan Line e Kwun Tong Line (Figura 47).

Nota-se, entretanto, que este arranjo espacial na Paraíso só foi possível como consequência da solução de articulação dos traçados da rede. A conexão prevista seria entre 6 plataformas, o que foi resolvido com uma plataforma central e uma plataforma lateral isolada para cada nível. O arranjo beneficia a transferência direta em nível entre a Linha 1 sentido Tucuruvi e a Linha 2 sentido Vila Madalena (C), fluxo predominante no pico da manhã e o segundo maior no pico da tarde. Beneficiaria também o fluxo direto entre as linhas 1 – sentido Tucuruvi e o Ramal Moema – sentido Tucuruvi. Caso o Ramal fosse executado, essa seria uma importante situação de transferência para acesso dos passageiros provenientes da região sul à região central no pico da manhã.

⁸⁴ Mass Transit Railway Corporation, fundada em 1975 como a empresa estatal responsável pela implementação e operação da rede de metro de Hong Kong. Passou por um processo de privatização e abertura de capital em 2000. (MTR, 2016)

⁸⁵ Dados gerais da MTR Corporation. “Business Overview” (MTR, 2016)

Predomina nas horas mais carregadas da tarde a transferência entre a plataforma da Linha 2 – Sentido Vila Prudente e a Plataforma da Linha 1 sentido Tucuruvi (D). Os movimentos C e D configuram na rede a primeira possibilidade de transferência entre as linhas para os passageiros que desejam se movimentar ao norte da Paraíso, contornando nos dois sentidos o vértice do trapézio formado pelas estações Paraíso, Consolação-Paulista, República e Sé. Os movimentos entre as linhas no sentido sul também são significativos (A), por conta da posição privilegiada da Paraíso em relação à Ana Rosa.

Para os critérios adotados e números de demanda de 2016 a estação ainda apresenta condições razoáveis de atendimento geral. É notável o descasamento na distribuição espacial da oferta de meios de circulação entre os pavimentos e os fluxos de utilização. A maior circulação de pessoas está na saída e acesso à plataforma sentido Vila Prudente da Linha 2 (A+D), uma plataforma lateral isolada com menor número de escadas. Este deve ser o ponto de maior atenção para possibilidades de aumento futuro na demanda ou situações de alteração na normalidade da operação das linhas.

PARAÍSO

$$A+B+C+D = 13.636$$

dados de setembro de 2016 da CTEI do Metrô para pass/hora pico tarde

LI = lindeiros + integrações (ônibus)

Fluxos predominantes

- hora pico tarde
- hora pico manhã

FLUXOS DE TRANSFERÊNCIA MAIS CARREGADOS (PICO TARDE)

- D - sentido tucuruvi = 45% do total
- C - sentido vila madalena = 22% do total
- A - sentido jabaquara = 19% do total

dados de outubro de 2016 da CTEI do Metrô para pass/hora pico tarde

DIAGRAMA DOS FLUXOS PRINCIPAIS NA REDE (2016)

DIAGRAMA DA CONFIGURAÇÃO ESPACIAL DA CONEXÃO

Figura 48 (p. anterior) - Diagrama de fluxos na estação Paraíso

Fluxos na estação Paraíso (pico da tarde - 10/2016)

Estação	lindeiros e integrações	fluxo	%	fluxo de transferência	fluxo total**	fluxo de análise**	meios	qtd*	capacidade	subtotal	taxa de utilização	
Paraíso (L1 x L2)	6.821	A	26%	3.545	5.319	A+B	6.546	ER	4	19.800	31.896	21%
		B	6%	818	1.227							
		C	23%	3.136	4.705	A+D sentido L1	14.152	****ER	2	9.900	15.948	89%
		D	45%	6.136	9.206							
		total	100%	13.636	20.457							

* quantidade em unidades para escadas rolantes e em canais de circulação de 0,60m para escadas fixas e corredores

** para o fluxo total foi adotada a distribuição dos lindeiros com as mesmas distribuições dos fluxos de transferência

*** descontados metade do fluxo de transferência e metade dos lindeiros como saídas

*****consideradas 2 escadas rolantes descendo para fluxo A+D sentido linha 1

Tabela 17 - Tabela de fluxos na estação Paraíso. Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3 ANA ROSA

LINHAS

1 – AZUL x 2 - VERDE

INAUGURAÇÃO DAS ESTAÇÕES

1975 - LINHA 1 – ANA ROSA I

1992 - LINHA 2 – ANA ROSA II

DADOS DEMANDA

Demanda total de embarques: 180.000 pass/dia (CMSP - 10/2016)

Demanda transferência: 133.000 pass/dia (CMSP - 10/2016)

MÉTODO CONSTRUTIVO

Vala a céu aberto – *cut and cover*

Área de projeção da escavação principal: 5.950 m²

Área construída: 15.233 m² (9.220 m² L1 e 6.013m² L2) (CMSP)

CONFIGURAÇÃO ESPACIAL DA CONEXÃO

Estrutura compartilhada

Vias contíguas

REDE DE TRANSPORTE REFERENCIAL

ANA ROSA I - Plano HMD – “Rede Básica do Metrô” – 1968

ANA ROSA II – “Rede Mínima” – Cia do Metrô – 1985 (trechos prioritários)

PROJETO FUNCIONAL

ANA ROSA I

Nome: Plano HMD - Metrô de São Paulo – Sistema integrado de transporte rápido coletivo da cidade de São Paulo.

Data: 1968

Responsáveis: Consórcio HMD (Hotchief, Montreal e Deconsult) e Cia do Metropolitano

ANA ROSA II

Nome: Linha Vila Madalena – Vila Prudente. Projeto Funcional. Trecho Paraíso-Oratório.

Data: 1989

Responsáveis: Cia do Metropolitano

PROJETO EXECUTIVO

ANA ROSA I

A consultar – não disponível

ANA ROSA II

Data: 1990

Responsáveis: Maubertec, Etep e Cia do Metrô.

No Plano HMD já estavam definidas as principais diretrizes para a função operacional da estação Ana Rosa:

A Estação Ana Rosa será executada como estação conjunta para as Linhas Santana-Jabaquara e Vila Madalena-Paulista. As vias da linha serão dispostas para operações em ambos os sentidos e ligadas entre si por travessões, que permitirão a passagem de trens de uma para outra linha. Além disso, está prevista uma via de estacionamento de cada lado. As linhas no trecho Paraíso-Ana Rosa, bem como na própria Estação Ana Rosa, serão separadas de maneira que sua construção possa vir a ser feita independentemente uma da outra. (HMD, 1968, p. 204)

A Ana Rosa funcionaria de forma complementar à estação Paraíso, que fora concebida como ponto de entroncamento principal das 3 linhas. Como no trecho da Paraíso as vias da linha Santana-Jabaquara foram sobrepostas para viabilizar a implantação, sobretudo por motivos de espaço, a junção destas vias com as da linha Vila Madalena – Paulista só seria prevista na estação Ana Rosa, permitindo a passagem dos trens nos AMVs⁸⁶ onde os traçados já estariam novamente nivelados.

A edificação seria concebida no plano HMD para execução em duas fases, a primeira para operação da linha 1 – Azul e a segunda, de forma independente, vinculada à futura construção da linha Paulista (atual linha 2). O plano indica que, por considerar à época a estação com função de terminal, na extremidade da linha prevista para a Paulista, a melhor opção seria adotar

a solução com plataformas centrais separadas para as estações. O uso de plataforma central permite o embarque direto para duas vias, o que possibilita otimizar o uso de escadas e meios de acesso à plataforma. Uma estação de ponta de linha pode apresentar um grande descompasso entre embarques e desembarques, fruto de um fluxo pendular⁸⁷. Sem a separação em plataformas laterais pode-se evitar que uma das plataformas fique ociosa e a outra sobrecarregada.

O anteprojeto publicado no plano HMD já indicava então uma solução com as duas plataformas laterais e a transferência de passageiros entre linhas através de um mezanino superior, em configuração de ponte, com duas escadas rolantes e duas escadas fixas para cada plataforma. Seria escavada a vala apenas com a largura necessária para a plataforma e trilhos da Linha Norte Sul, com exceção do trecho do mezanino, que já teria a dimensão total para as duas linhas. A estação Ana Rosa I ocuparia então o lado nordeste sob a Av. Vergueiro, aguardando a ampliação lateral futura de características simétricas para Ana Rosa II.

Os trilhos da atual Linha 1 passariam a nordeste dos trilhos da Linha 2 para evitar o cruzamento entre as vias, que se daria, caso a linha Paulista fosse estendida, após a estação Ana Rosa em direção à Vila Mariana (Figura 49). A extensão da Linha 2 - Verde só veio a ocorrer na década de 2000, com a passagem transversal inferior dos túneis por baixo da Linha 1 na altura da rua Dona Júlia, próximo à estação Vila Mariana⁸⁸.

⁸⁶ Aparelho de mudança de via. Equipamento que permite a mudança entre vias através da movimentação lateral de um trecho dos trilhos.

⁸⁷ Com grande contraste entre no picos da manhã e da tarde para os fluxos nos sentidos bairro centro e centro bairro.

⁸⁸ Em 1991, foi concluído o primeiro trecho da Linha 2-Verde: Paraíso - Consolação. Em 1998, após algumas extensões, a linha operava entre Ana Rosa e Vila Madalena. Na década de 2000, foi expandida gradualmente para o leste, tendo chegado à Estação Vila Prudente, a

A estação Ana Rosa I foi inaugurada em 1975, no ano seguinte ao trecho inicial Jabaquara – Vila Mariana. Teve sua construção com método de escavação a céu aberto, o mesmo utilizado para o traçado e as demais estações neste trecho. Foi realizada uma escavação de baixa profundidade, suficiente para garantir os dois níveis, plataforma e mezanino superior com pés direitos adequados, e o recobrimento mínimo necessário da laje de cobertura para passagem de redes de infraestrutura e pavimentação. Com isso, a circulação entre pisos fica facilitada. Entre o nível da plataforma e mezanino são 4,16m de desnível, uma distância entre pisos adotada em outras estações da Linha 1 no trecho Vergueiro – Jabaquara e nos mezaninos metálicos da Linha 4 – Amarela.

A estrutura indicada na perspectiva do anteprojeto (Figura 50) sugere pilares em “Y” no centro das plataformas e laje de cobertura da vala estruturada por uma sequência de nervuras em forma de arcos, vencendo o vão transversal. Fragelli comenta que a intenção do projeto original das estações do primeiro trecho da linha 1 era não ter de pilares nas plataformas, vencendo o vão transversal por vigas nervuradas invertidas nas lajes de cobertura. “Mas a solução agravaria problemas de impermeabilização e aumentaria o custo em mais de 30%” (FRAGELLI, 2010, p. 249). No desenvolvimento do projeto de execução a estrutura foi alterada para pares de pilares no centro das plataformas, com as escadas encaixadas entre eles. A solução é menos interessante pela linha duplicada que polui visualmente a estação, mas de arranjo mais coerente com a disposição das escadas centrais e os fluxos de passagem e acesso às áreas de embarque. A cobertura foi estruturada por uma

linha contínua de arcos entre os pilares, dispostos na direção inversa à do anteprojeto.

À época da construção da Linha 1 já foram desapropriados os lotes a sudoeste da Rua Vergueiro, que foi reconfigurada como uma nova avenida de 4 faixas para cada sentido e canteiro central. As futuras obras da Linha 2 no trecho da estação ocupariam o lado sudoeste, com o novo canteiro coincidindo na superfície com a divisão entre as linhas subterrâneas (Figura 58). O largo Dona Ana Rosa seria reconfigurado em suas dimensões com novo calçamento e um desenho que sugere a intenção de criar áreas de descanso e utilização protegidas das avenidas, definidas por canteiros e bancos formando três círculos alinhados com o eixo das torres de ventilação (Figura 53).

Esta separação dos fluxos principais no projeto de reurbanização do largo foi levada ao extremo com a construção da Ana Rosa II. Para executar as valas para a ampliação da estação no início da década de 1990 o largo passou por uma segunda recomposição. Foram escavados taludes ajardinados para ventilação e iluminação da plataforma da nova estação e das áreas técnicas e operacionais, localizadas sob o largo (Figura 59). Ganhou-se bastante qualidade nos níveis enterrados, mas foi prejudicada a praça. O isolamento dos fluxos e acessos principais - por vãos, desníveis e canteiros elevados - resultou num espaço entrincheirado de pouca utilização.

As torres de ventilação da Ana Rosa são coerentes com a concepção descrita por Fragelli:

(...) a poluição do ar exigia aberturas altas, para evitar o ar de pior qualidade, misturado ao despejo dos escapamentos de ônibus (...)

procurei então torna-las expressivas torres de concreto, todas variantes de um mesmo padrão escultórico. Apesar de a intenção ser justamente criar um elemento de rica plasticidade, para atenuar seu caráter meramente utilitário, essas intervenções me valeram críticas de colegas que sempre respeitei, como Carlos Lemos. (FRAGELLI, p. 247)

O conjunto de três torres cilíndricas foi erguido ao final do largo, separando-o visualmente do terminal. Neste caso, acaba se configurando como mais um elemento de segregação do espaço da área livre e, com a implantação muito próxima à via, restringe até hoje a circulação de pedestres na travessia das avenidas Domingos de Morais e Vergueiro. O Largo foi ainda mais prejudicado pelo afloramento de estruturas de ventilação e acesso de equipamentos para a estação da Linha 2.

É também da década de 1970 a implantação vinculada do terminal de ônibus urbanos ao lado da estação, uma diretriz que vem sendo adotada até hoje pela CMSP para permitir a integração dos passageiros entre os modais. Os terminais agregam demanda às estações e são fundamentais para o funcionamento de uma rede de transportes hierarquizada. Em São Paulo, entretanto, o transporte por ônibus tem historicamente assumido um papel que deveria ser de modos de alta capacidade. As estruturas físicas dos terminais rodoviários e os fluxos de veículos acabam adquirindo proporções que prejudicam sua inserção nos bairros. Não parecia ser o caso do terminal proposto ao lado do largo Ana Rosa. Organizado com uma plataforma central, apresenta uma elegante cobertura de concreto armado formada por uma sequência de módulos de paraboloides hiperbólicos piramidais invertidos. Atualmente, entretanto, o terminal está saturado na sua capacidade, exigindo o uso dos passeios das ruas do entorno como extensões das plataformas,

principalmente nas avenidas Conselheiro Rodrigues Alves e Vergueiro.

A estação é dotada de três acessos externos: no lado nordeste da Av. Vergueiro junto à Av. Cons. Rodrigues Alves, um acesso direto à plataforma do terminal de ônibus e um terceiro acesso na esquina das avenidas Domingos de Morais e Rodrigues Alves. Todos foram executados já na primeira fase para operação com a inauguração da Norte – Sul.

Na execução da Linha 2, quase duas décadas após a inauguração da Ana Rosa I, foi escavado um novo trecho de túnel entre a estação Paraíso e Ana Rosa. A partir da estação, prolongando-se em direção à Vila Mariana por cerca de 400m, até a rua Carlos Petit, o túnel foi estendido para abrigar os ramais de estacionamento auxiliares e os AMVs (Figura 49). Aproveitando-se do vazio na vala de grandes dimensões foram construídos neste trecho dois pisos para estacionamento de automóveis. O acesso à garagem subterrânea pode ser feito diretamente pelo mezanino da estação.

A arquitetura da estação de conexão indicada no plano HMD se manteve sem alterações muito significativas. O projeto funcional de 1989, focado no trecho Paraíso – Oratório já adotava como consolidada a solução da Ana Rosa, que começaria a ter sua ampliação executada neste mesmo ano. A principal alteração funcional no conjunto executado em relação ao anteprojeto seria a ampliação da área do mezanino, acrescentando mais um ponto de descida para cada plataforma. Na execução do trecho da Linha 2 foi mantida a parede lateral da vala ao longo do eixo longitudinal entre as estações, interrompida apenas na área de mezanino, o que prejudicou a leitura da amplitude espacial sugerida na perspectiva. Foram também utilizadas soluções estruturais ligeiramente distintas para as duas fases, que podem ser lidas no fundo da laje de cobertura da escavação (Figura 58).

Figura 50 – Estação Ana Rosa – Projeto Funcional – Perspectiva de Vallandro Keating: Vista das plataformas com as duas fases da estação concluídas. Fonte: Plano HMD, 1968.

Figura 49 - Estação Ana Rosa – Traçado da linha em planta e corte. Fonte: Plano HMD, 1968.

Figura 51 – Estação Ana Rosa – Projeto Funcional – Planta Mezanino (Fase 1). Fonte: HMD, 1968.

Figura 52 – Estação Ana Rosa – Projeto Funcional – Planta Mezanino (Fase 2). Fonte: HMD, 1968.

Figura 53 - Estação Ana Rosa – Foto do Largo Ana Rosa após a construção da estação Ana Rosa I.
Fonte: Arquivo CMSP, 1978.

Figura 54 - Estação Ana Rosa – Perspectiva geral com as duas fases de construção. Fonte: Arquivo Maubertec, 1989.

Figura 55 - Estação Ana Rosa II – Projeto Executivo Linha 2. Planta de implantação – projeto de reurbanização e paisagismo. Vala principal em destaque, indicada pelo autor. Fonte: Arquivo CMSP, 1990.

Figura 56 - Estação Ana Rosa – Projeto Executivo Linha 2. Planta do mezanino. Fonte: Arquivo CMSP, 1990.

Figura 57 - Estação Ana Rosa – Projeto Executivo Linha 2. Planta do nível das plataformas. Fonte: Arquivo CMSP, 1990.

Figura 58 - Estação Ana Rosa – Projeto Executivo Linha 2. Corte transversal - acessos.
Fonte: Arquivo CMSP, 1990.

Figura 59 - Estação Ana Rosa – Projeto Executivo Linha 2. Corte transversal – salas operacionais.
Fonte: Arquivo CMSP, 1990.

Como já comentado, a estação apresenta organização espacial da conexão com duas plataformas centrais paralelas e em nível. O percurso de transferência é realizado através do mezanino superior. Em relação ao arranjo com plataformas sobrepostas, comentada na Paraíso, a solução de mezanino com baixo desnível para as plataformas também é uma opção bastante satisfatória. Resulta numa estação de maior largura, mas com menor altura escavada e maior simplicidade construtiva. Exige que os passageiros vençam o desnível duas vezes, subindo e descendo para circular entre plataformas. Portanto, os meios de acesso também são duplicados para atendimento a uma mesma capacidade. É uma configuração muito utilizada em estações ferroviárias de superfície, que costumam apresentar diversas plataformas alinhadas em paralelo e passarelas elevadas para transferência, como é o caso da Estação da Luz da CPTM.

A análise dos fluxos na estação deve considerar que os meios de acesso às plataformas das duas linhas são compartilhados por todos os movimentos de transferência. Para os dados do segundo semestre de 2016, no pico da tarde, situação mais carregada, predomina o fluxo de saída da plataforma sentido Vila Prudente para a plataforma sentido Jabaquara na transferência de passageiros da linha 2 para a linha 1 (A), representando mais de um terço do total. Na transferência da Linha 1 para a Linha 2 predomina o desembarque de passageiros da plataforma sentido Jabaquara e embarque para Vila Prudente (A). E também o movimento inverso, com desembarque na plataforma sentido Tucuruvi e embarque sentido vila Madalena (B). Na hora pico da manhã o fluxo predominante é a transferência para Linha 2 dos passageiros que vem da zona sul e desejam chegar à região da Av. Paulista (B).

A assimetria na distribuição dos meios de circulação vertical entre o mezanino e as plataformas, com escadas rolantes apenas na plataforma da Linha 1, resulta hoje no principal gargalo para os fluxos de transferência. Os acessos à plataforma da Linha 2, portanto, podem vir a ser revisados para aumentos significativos de demanda na estação.

É fundamental para a organização atual da Ana Rosa a alteração que foi realizada no desenvolvimento do projeto, ampliando a área do mezanino em relação ao anteprojeto e acrescentando mais um ponto de descida para cada plataforma. Aproximadamente 2/3 da área de mezanino são reservados à área paga, onde estão concentrados os movimentos principais de pessoas. Essa opção já seria coerente com a previsão de aumento nos fluxos com a extensão da Linha 2 para sudoeste e permitiu que a estação ainda atenda de forma razoável as demandas atuais. Entretanto, merecem também atenção os diversos cruzamentos dos fluxos de transferência entre as escadas de acesso às plataformas, localizadas junto à linha de bloqueios, e os fluxos de passageiros para entrada e saída da área paga da estação.

Com a inauguração da estação Tamanduateí (Linha 2) e integração com a Linha 10-Turquesa da CPTM em 2010 a estação Ana Rosa passou a receber significativo aumento de passageiros que fazem a transferência entre linhas. Também deve contribuir para o aumento de demanda na estação, num horizonte mais próximo, a extensão da Linha 15 – Prata, em monotrilho, a partir da estação Vila Prudente (Linha 2) até à Cidade Tiradentes, em processo de execução.

ANA ROSA

$$A+B+C+D = 11,595$$

dados de setembro de 2016 da CTEI do Metrô para pass/hora pico tarde

LI = lindeiros + integrações

Fluxos predominantes

FLUXOS DE TRANSFERÊNCIA MAIS CARREGADOS (PICO TARDE)

A - sentido jabaquara = 37%

A - sentido vila prudente = 15%

A - total = 52%

B - sentido vila madalena = 13% do total

dados de outubro de 2016 da CTEI do Metrô para pass/hora pico tarde

DIAGRAMA DOS FLUXOS PRINCIPAIS NA REDE (2016)

DIAGRAMA DA CONFIGURAÇÃO ESPACIAL DA CONEXÃO

Figura 60 (p. anterior) - Diagrama de fluxos na estação Ana Rosa. Fonte: Elaborado pelo autor.

Fluxos na estação Ana Rosa (pico da tarde - 10/2016)

Estação	lindeiros e integrações	fluxo	%	fluxo hora pico tarde	fluxo de análise**	plataformas L1		capacidade máxima	taxa de utilização
						equipamento	qtd*		
Ana Rosa (L1 x L2)	6.469	A+B+C+D	100	11.595	15.412	ER	3,00	14850	77%
						EF	5,00	5040	
						19890			
		plataformas L2							
		equipamento		qtd*	capacidade máxima				
A+B+C+D	100	11.595	14.247	ER	-	0	94%		
				EF	15	15120			
				15120					

* quantidade em unidades para escadas rolantes e em canais de circulação de 0,60m para escadas fixas e corredores

** para o fluxo total foi adotada a distribuição dos lindeiros com as mesmas distribuições dos fluxos de transferência

Tabela 18 - Tabela de fluxos na estação Ana Rosa. Fonte: Elaborado pelo autor.

3.4 CONSOLAÇÃO x PAULISTA

LINHAS

2 – VERDE x 4 - AMARELA

INAUGURAÇÃO DAS ESTAÇÕES

1991 - LINHA 2 – CONSOLAÇÃO

2010 - LINHA 4 – PAULISTA

DADOS DEMANDA

Demanda total de embarques: 274.000 pass/dia (CMSP - 10/2016, STM - 11/2016)

Demanda transferência: 209.000 pass/dia (CMSP - 10/2016, STM - 11/2016)

MÉTODO CONSTRUTIVO

CONSOLAÇÃO

Vala a Céu Aberto, NATM, Enfilagens horizontais

Área de projeção da escavação: 400 m² (6.750 m² em túneis)

Área construída: 10.270 m² (CMSP)

PAULISTA

Poço circular, NATM (túnel de ligação), NATM (corpo da estação)

Área de projeção da escavação principal: 550 m² (3.100 m² em túneis)

Área construída: 11.859 m² (CMSP)

Área total de projeção da escavação principal: 950 m² (9.850 m² em túneis)

Área construída total: 22.129 m² (CMSP)

CONFIGURAÇÃO ESPACIAL DA CONEXÃO

Estruturas conectadas

Vias separadas verticalmente

REDE DE TRANSPORTE REFERENCIAL

CONSOLAÇÃO - “Revisão da Rede Básica” – Cia do Metrô – 1975

PAULISTA – “Expansão da rede de metrô” – 1993

PROJETO FUNCIONAL

CONSOLAÇÃO

Nome: Terceira Linha do Metro de São Paulo – Estudo de Viabilidade Econômico Financeira

Data: 1980

Responsáveis: Cia do Metropolitano / EMTU

PAULISTA

Nome: “Linha 4 – Amarela. Morumbi – Luz: Projeto Funcional”. Cia do Metropolitano

Data: 1997

Responsáveis: Cia do Metropolitano

PROJETO EXECUTIVO

CONSOLAÇÃO

Data: 1990

Responsáveis: Hidrobrasileira, Cia do Metrô

PAULISTA

Data: 2010

Responsáveis: Interterchne / Noronha, Consórcio Via Amarela, Cia do Metrô

Consolação

Já no final da década de 1970 o plano HMD previa para a terceira linha do metrô (Linha 2-Verde) um traçado similar ao que está hoje em funcionamento. A distribuição das estações, entretanto, se daria de forma distinta ao longo da Avenida Paulista, com uma parada adicional. As estações Augusta, Trianon, Brigadeiro e Oswaldo Cruz estariam localizadas nos cruzamentos com as vias de mesmo nome e não deslocadas como estão hoje. A estação Consolação faria parte da Linha Sudoeste Sudeste (atual linha 4-Amarela) e a conexão entre as duas linhas se daria na estação Clínicas, com os dois traçados nivelados e correndo em paralelo no trecho da estação (Figura 61). O traçado proposto para a linha Sudoeste Sudeste no Plano HMD considerava a subida do espigão central pela Rua Teodoro Sampaio com as Estações Pinheiros, Pedroso de Moraes e Francisco Leitão até atingir o nível da Linha Paulista na Clínicas. Depois, seguiria em paralelo ao sul até cruzar sob a atual Linha 2 na região da atual estação Paulista. A estação Consolação no plano HMD seria exclusiva da linha Sudoeste Sudeste e localizada deslocada em direção ao centro, na altura da Rua Mathias Aires (Figura 25).

Esta proposta de traçado já antecipava as dificuldades da conexão em cruz entre as linhas sob um complexo de túneis viários⁸⁹, como está implantada hoje. O arranjo espacial na Clínicas, possibilitado pelas linhas paralelas e niveladas, permitiria uma integração de passageiros bastante facilitada: a estação teria 3 plataformas paralelas, uma central e duas laterais, o que

viabilizaria a transferência entre linhas através do mezanino superior ou diretamente na plataforma central (Figura 61). Em contrapartida, há de se considerar que exigiria um percurso negativo para passageiros com origem na região central e destino na Av. Paulista ou para o deslocamento inverso.

Outros planos foram elaborados pela Cia do Metrô até a consolidação do projeto funcional adotado para a rede na década de 1980 (CMSP, 1980), realizado em conjunto com a EMTU (Figura 63). Este traçado, resultante dos estudos para expansão da malha no final da década de 1970, já considera as estações ao longo da Av. Paulista deslocadas e com os acessos pelas extremidades dos túneis, suprimindo uma estação do trecho. Já estava também consolidada a conexão com a linha Sudoeste-Sudeste (4-Amarela) na estação Consolação, através do túnel de ligação na extremidade noroeste da plataforma (Figura 64).

⁸⁹ Na gestão seguinte à de Faria Lima na prefeitura de São Paulo, de Paulo Maluf (1969-1971) seria construído o complexo viário das avenidas Doutor Arnaldo com Rebouças,

Paulista e rua Major Natanael, sob a rua da Consolação. Disponível em <<http://www.malufsp.com.br>>. Consultado em 15/12/2017.

Figura 61 - Estação Clínicas: estudo preliminar. Fonte: Plano HMD, 1969.

Figura 63 - Estações Consolação e Clínicas: projeto funcional – traçado. Fonte: CMSP, 1980.

Figura 62 - Estação Consolação: Projeto funcional – planta de implantação. Fonte: CMSP, 1980.

O projeto funcional da estação Consolação já definiu as principais soluções que seriam detalhadas no desenvolvimento do projeto e consolidadas até sua inauguração em 1991. Para o túnel das plataformas foi prevista a solução em NATM. O NATM ou túnel mineiro é um método considerado *não destrutivo*, já que, a partir de um poço de acesso para início das obras, toda a escavação pode ser realizada sem interferência na superfície. O subsolo é escavado com parcelizações da seção transversal do túnel e avanço em etapas sequenciais, utilizando elementos como “cambotas metálicas, chumbadores e fibras no concreto” (CMSP, 2016). Em função da capacidade autoportante do maciço e das necessidades espaciais é definida a estratégia construtiva e a geometria final.

Na extremidade noroeste da plataforma central foi prevista sua continuidade através de um túnel de ligação, também em NATM, que faria a conexão com a futura linha Sudoeste-Sudeste (4-Amarela). Permitiria também, através de um ramal lateral, acesso ao edifício de salas técnicas e áreas de apoio da estação, localizado no terreno na esquina da rua da Consolação e Av. Paulista. Neste mesmo terreno foi prevista, sobre as áreas escavadas da estação, a construção de uma torre de escritórios de 11 pavimentos com térreo comercial, configurada como um empreendimento associado à estação⁹⁰. O corte longitudinal (Figura 65) indica que a solução de conexão com a linha 4-Amarela se daria, na extremidade do túnel, através de um conjunto de escadas centralizado, já que foi considerado à época que a estação da linha 4 teria uma plataforma central. Não foram apresentados desenhos em detalhe, mas a partir da indicação na planta de implantação (Figura 62) é possível perceber que o

corpo da estação da linha 4-Amarela era previsto centralizado em relação ao túnel de ligação, o que permitiria uma conexão em configuração de “T”. Facilitaria a distribuição de escadas para os dois lados com melhores condições de circulação no mezanino do que a configuração em “L”, que viria a ser construída.

Para solução da área de mezanino dos acessos na Consolação já estava prevista a técnica inovadora de *enfilagens horizontais*, permitindo a escavação sem interferência na superfície, mesmo com o nível do piso do mezanino inferior bastante próximo do nível dos acessos (aproximadamente 8m). A solução foi também utilizada nos mezaninos das estações Brigadeiro e Trianon. A técnica consiste no emprego de tubos metálicos cravados transversalmente à avenida, de calçada a calçada (Figura 66). Esses tubos recebem armação e são preenchidos com concreto, formando uma fileira de vigas horizontais justapostas e compondo a laje de cobertura que suporta a camada de terra da avenida (CMSP, 2016). No caso da estação Consolação, o nível das plataformas estava vinculado ao rebaixamento dos túneis do traçado para passagem sob o viaduto de acesso à Av. Doutor Arnaldo (Viaduto Okuhara Koei), o que exigiria uma ligação com o mezanino através de um túnel na inclinação das escadas rolantes, vencendo o desnível de 10,55m⁹¹. Esta solução de túnel inclinado, utilizada em casos de exceção pelo Metro de São Paulo, é bastante comum nas estações londrinas e configura um percurso bastante claro e direto para os passageiros, evitando giros e alternâncias de escadas em patamares.

⁹⁰ Quase três décadas depois foi viabilizada pela CMSP uma edificação privada sobre as salas técnicas e operacionais, que pode ser observada em execução.

⁹¹ Nas estações Trianon e Brigadeiro este desnível era de aproximadamente 6m.

O projeto da estação Consolação, assim como os das demais estações construídas na Av. Paulista, se aproveitou das condições favoráveis da avenida reconfigurada pela EMURB na década de 1970. Os acessos estão localizados nas calçadas largas (com aproximadamente 10m) sem interferência nos lotes, aproveitando-se da escavação das valas mínimas necessárias para a execução dos mezaninos, que foram configurados a partir de um avanço transversal com a técnica de enfilagens horizontais. São as singelas e elegantes coberturas em vidro que marcam a paisagem (Figura 66). As soluções de ventilação (natural e mecanizada) da estação também são resolvidas de forma bastante discreta, através de grelhas no piso localizadas no canteiro central e nos passeios.

Figura 66 - Estação Consolação: Projeto executivo – corte longitudinal – mezanino e escadas de acesso à plataforma - 1990. Fonte: CMSP, 1980.

Paulista

A linha 4 – Amarela foi concebida por meio de uma Parceria Público Privada (PPP) entre o Governo do Estado de São Paulo e o Consórcio Via Quatro. Após a construção das obras pela Cia do Metro, o consórcio tornou-se responsável pela operação e manutenção da linha num regime de concessão de 30 anos.

As estações desta linha foram concebidas com uma proposta diferenciada em relação às anteriores, visando a redução das interferências na superfície e das áreas de desapropriação, maior agilidade de construção e redução de custos (LEITE; SAWADA, 1995). A metodologia construtiva foi a de escavação de poços (valas a céu aberto de planta circular) em lotes desapropriados para atingir os níveis inferiores. Através de um túnel de ligação em NATM de grandes dimensões parte a execução transversal dos túneis das plataformas, nas duas direções. As salas técnicas e operacionais seriam localizadas não mais enterradas, como nas linhas anteriores, mas em edificações compartilhando os terrenos dos acessos, geralmente elevadas sobre estes. Esta estratégia construtiva, utilizada também na estação Paulista, tem a vantagem de minimizar interferências na superfície, sobretudo no viário existente. A geometria dos poços circulares favorece a resistência aos empuxos dos maciços pela própria forma, exigindo menores quantidades de material para estruturação. É curioso notar que a nova concepção ainda previa plataformas centrais e dois túneis singelos para as vias (Figura 67).

Figura 67 - Corte esquemático da "nova configuração das estações da Linha 4". Fonte: LEITE e SWADA, 1995.

Figura 68 - Corte transversal típico das estações da Linha 1 do metrô de Bilbao. Fonte: Sítio: Foster and Partners, 2016

No caso da Paulista, a solução com a edificação das salas técnicas e operacionais elevada sobre o acesso se constitui numa construção com pouca relação de uso com o entorno e com a movimentação de pessoas na própria estação. A sobreposição desta edificação à área dos acessos entra em conflito com a intenção de maximizar a entrada de luz natural nas áreas enterradas da estação.

Em estações de grande movimentação, como o caso da Paulista, a solução de acesso através de túnel de ligação com o poço em uma das laterais concentra todo o fluxo de acesso externo em um único ponto, que deve também acomodar a passagem de parte do fluxo de transferência com a Linha 2. Os diversos cruzamentos neste trecho são acomodados em uma área diminuta se comparada a outras estações⁹². Apesar de ter sido aplicada de forma geral nas estações da Linha 4, a solução com a seção do túnel das plataformas otimizada para dimensões mínimas, com mezanino metálico sobre as vias e escadas de acesso localizadas sobre a área das plataformas, também não se apresenta como ideal para uma estação de conexão de grande demanda. A concepção do túnel de plataforma se assemelha à utilizada no metrô de Bilbao⁹³, inclusive nas dimensões gerais da seção (Figura 68). A acumulação de pessoas no acesso às escadas e as circulações ao longo das plataformas, ainda que em trechos localizados, entram em conflito com os fluxos de embarque e desembarque. Entretanto, o aspecto de maior atenção deve ser o arranjo espacial da conexão entre as estações.

⁹² A área de mezanino de distribuição da estação Ana Rosa tem aproximadamente 1200m², enquanto que a área central de distribuição no nível do mezanino da estação Paulista tem 180m².

O projeto funcional da Linha 4 – Amarela foi publicado em 1997, dezessete anos após o projeto funcional da Linha 2 – Verde. Apesar de ainda comparar alternativas de traçado no trecho Vila Sônia – Butantã e na subida do espigão, o trecho de conexão com a estação Consolação e a Linha 2 já estava definido, indicando o aproveitamento do túnel construído na execução da linha anterior. Neste projeto funcional a conexão já se apresenta em configuração de “L”, com as extremidades oeste das plataformas da nova linha próximas ao final do túnel. Neste trecho está indicado um mezanino de transferência elevado, com 2 escadas rolantes e 1 escada fixa para cada plataforma, com largura de aproximadamente 9,0m. O acesso externo à estação Paulista seria feito próximo ao centro da plataforma por túneis inclinados com um patamar intermediário, à semelhança da solução utilizada nos acessos da estação Consolação (Figura 69). Entre os modelos de conexão de duas linhas, o arranjo em “L” é um dos menos desejáveis, visto que faz a conexão entre as duas pontas das plataformas, o que prejudica a distribuição dos fluxos nas duas estações. Os passageiros tendem a ocupar o trecho mais próximo aos acessos nas plataformas para o embarque e os percursos médios são aumentados significativamente em relação a outros arranjos.

⁹³ Com estações projetadas pelo escritório *Foster and Partners* em 1988, a linha atende uma população da região metropolitana de Bilbao da ordem de 1 milhão de habitantes. Disponível em < www.fosterandpartners.com/projects/bilbao-metro/>. Consultado em 11/12/2016.

No desenvolvimento até o projeto executivo, provavelmente por restrições construtivas, o túnel da plataforma foi deslocado para leste, distanciando-o cerca de 30m do ponto de conexão, afastando-o dos túneis do complexo viário. A concepção geral da estação foi alterada para o novo padrão da Linha e foi concebida uma conexão através de túneis no nível do mezanino metálico superior. O percurso entre as duas estações possui aproximadamente 370 m, considerando-se o centro das plataformas como origem e destino. No trajeto, o passageiro que vem da estação Paulista deve subir da plataforma ao mezanino da estação e percorrer um trecho plano até chegar a um ponto com três escadas rolantes, um elevador e uma escada fixa lateral. Após este trecho chega ao túnel de ligação em rampa, que permite atingir a extremidade da plataforma da estação Consolação. A leitura dos projetos executivos indica que eram previstas no projeto da Consolação rampas de aproximadamente 8,0% e 4 patamares ao longo do túnel, que vence um desnível de 6,80m com extensão de aproximadamente 96m. Na execução para a estação Paulista o túnel foi adaptado para manter um corredor central com rampas e 7 patamares. Foram também reservados 3 canais para esteiras rolantes, separadas em dois trechos por um patamar central. Reportagens apontam problemas na operação e funcionamento desta conexão, que possui intenso movimento ao longo de todo o dia. A CMSP declarou um movimento diário de 236 mil pessoas em 2013 e capacidade total projetada de 263mil pessoas/dia (PINHO, 2013). No Memorial Descritivo do projeto básico das estações da Linha 4⁹⁴, as previsões para o ano de 2005 eram de aproximadamente 160 mil pessoas/dia com a operação das estações da primeira fase (Butantã, Pinheiros, Paulista, República e Luz) e 122 mil pessoas/dia para 2008 com a inauguração das

demais estações até Morumbi. Houve, portanto, em 2013 um aumento de mais de 64% para a previsão de 2005. Os dados de 2016 utilizados na análise dos fluxos indicam a movimentação de 209 mil pessoas / dia na transferência entre as estações. No projeto funcional da Linha 4 – Amarela a demanda prevista para o ano 2000 era de 55mil passageiros/dia com transferência da Linha 2 para Linha 4 (CMSP, 1997, p. 84). Esta projeção, já considerando a linha completa, é de quase a metade da verificada em 2016: 96 mil pessoas/dia na movimentação da L2 para L4 (Tabela 13).

Esta rápida análise da variação entre as demandas projetadas e as verificadas no caso da Consolação - Paulista indica um processo dinâmico, que neste caso, superou significativamente as projeções iniciais. Isso se deve, não apenas às limitações dos modelos matemáticos de simulação, mas, em grande parte, ao atraso no processo de construção das linhas e da expansão geral da rede. A rede projetada para 2000 no projeto funcional considerava a Linha 5 – Lilás já em operação, provavelmente absorvendo parcela expressiva das viagens da região sudoeste para a área central. Quase duas décadas após o horizonte considerado temos as duas linhas ainda em fase de execução e a integração com a CPTM (Linha 9 – Esmeralda) na estação Pinheiros da Linha 4 absorvendo sozinha essa significativa demanda.

⁹⁴ Documento MD-4.04.02.00/4B2-501 – 2001, disponível para consulta no acervo da CMSP.

Figura 69 - Estação Paulista: Projeto funcional. Plantas (níveis de acesso, mezanino e plataforma), planta de situação e corte longitudinal. Fonte: CMSP, 1997.

Figura 70 - Estação Consolação-Paulista - planta completa. Separação das fases em azul e esquema do novo túnel de ligação em vermelho indicados pelo autor. Fonte: Arquivo CMSP, 2009.

Figura 72 - Estação Paulista - corte transversal às passarelas e poço de acesso.
Fonte: CMSP, 2009.

Figura 71 Estação Paulista – planta dos acessos.
Fonte: CMSP, 2009

A planta dos acessos (Figura 71) revela o caráter da intervenção geral da estação, condizente com a proposta construtiva e estratégia de minimização de impactos. Dessa forma, foi responsabilidade da Cia do Metrô exclusivamente a execução dos acessos nas áreas dos lotes disponíveis sem nenhuma articulação com melhorias nos espaços de domínio público⁹⁵ do entorno, que ficariam a cargo do município. A postura revela suas limitações nos passeios da Av. Consolação, de largura inadequada para o incremento do fluxo, nas travessias de pedestres, assim como nas condições de acesso para integração com as linhas de ônibus do corredor Rebouças/Consolação e da Av. Paulista. Ainda que se revelem diversas restrições técnicas, e as condicionantes de projeto e planejamento descritas neste estudo, não é difícil constatar que a intervenção do Metrô contribuiu pouco para melhorar as condições de microacessibilidade da região. Estas áreas devem ser projetadas em conjunto com os espaços internos das estações, ainda que possam ser responsabilidade de empresas ou competências distintas. As estações podem adquirir um significado mais abrangente do que um mero ponto de acesso ao sistema de transporte.

A estação está vinculada ao lugar, com suas qualidades específicas, e ao espaço mais geral com o qual o lugar se relaciona. O espaço livre que lhe corresponde adquire parte deste significado. É o espaço de transição: transição física e transição de conteúdos. É o espaço de fluxo, mas é também o espaço que introduz ao lugar, que lhe dá as referências iniciais. (BARTALINI, 1988, p. 256)

⁹⁵ Companhias de transporte internacionais costumam utilizar o termo *public realm* para definir uma área de domínio público no entorno dos acessos às estações que é diretamente afetada pelo seu funcionamento, com incremento dos fluxos de pedestres, integrações com ônibus, táxis, veículos particulares, bicicletas e outros modais.

Os dados de 2016 indicam uma movimentação de pessoas na conexão ligeiramente superior no sentido da L2 no pico da manhã, situação que se inverte para um movimento predominante no sentido da L4 no pico da tarde. Essa distribuição já era esperada no projeto funcional da linha, entretanto era indicada para o pico da manhã uma diferença mais acentuada (71% e 29%). Os movimentos principais de passageiros previstos no funcional⁹⁶ se dariam com o trecho sudeste da L2 (Av. Paulista): A e B sentido L4 e C e D sentido L2.

A análise dos fluxos de 2016 nas horas mais carregadas revela que, apesar das condições restritivas da configuração do mezanino da Linha 4, não são os meios de acesso entre a passarela superior e as plataformas que apresentam as maiores restrições à circulação, com uma utilização média de aproximadamente 60% da capacidade normal. Os principais gargalos para movimentação das pessoas na conexão estão no percurso de conexão entre o mezanino da Linha 4 e as plataformas da L2, por onde passam todos os fluxos de transferência (A+B+C+D). Nos critérios adotados, todos os trechos do percurso apresentam taxas de utilização acima da capacidade para condições normais de operação.

A situação mais restritiva é o trecho do túnel de ligação entre o mezanino metálico e o patamar inferior de acesso às escadas rolantes, que apresenta menor largura, construído em conjunto com a estação da Linha 4 - Amarela. Neste trecho já são adotadas pela operação barreiras para separação dos sentidos, o que pode permitir uma melhora de desempenho de

⁹⁶ A partir de análise dos diagramas de fluxos presentes no projeto funcional da Linha 4 - Amarela, ver CMSP (1997).

aproximadamente 25% (FRUIN, 1971, p. 82). As barreiras, nas horas de pico, avançam até o trecho central do mezanino metálico da Paulista, exigindo um percurso adicional significativo para parte das pessoas. Se considerados de forma isolada os fluxos entre linhas nos dois sentidos, o ponto de utilização mais crítica é o trecho de subida das escadas rolantes para acesso à Linha 2 no pico da manhã. Como estão disponíveis apenas 3 escadas rolantes, um dos sentidos fica atendido por apenas uma escada mecanizada e uma fixa⁹⁷. No túnel inclinado, adotando-se para as esteiras rolantes uma capacidade equivalente à das escadas mecanizadas, tem-se nesta análise uma taxa de uso acima das condições desejáveis, mas a menos crítica entre os demais trechos da conexão. No cotidiano da operação, entretanto, em situações críticas de acumulação excessiva de pessoas as esteiras precisam ser desligadas, e passam a funcionar como rampas convencionais⁹⁸.

Já foi divulgado recentemente em reportagens que a concessionária ViaQuatro deverá construir um novo túnel para facilitar a circulação no trecho de conexão (ITALIANI, 2016). Em declaração à reportagem de 2016, o secretário estadual de Transportes Metropolitanos, Clodoaldo Pelissioni, menciona que o fluxo atual médio de 22,5 mil passageiros nos horários de pico pode saltar, segundo estudos da companhia, para “(...) mais de 35 mil pessoas em 2019, com a chegada dos futuros usuários da Linha 6 – Laranja e das extensões das Linhas 5 – Lilás e da própria Linha 4 – Amarela” (ITALIANI, 2016, p. 1)

A proposta indicada na reportagem como possível para remediar a

situação deve ser a construção de um novo túnel com rampas paralelo às plataformas da Linha 4 ligando o trecho do patamar superior das escadas rolantes diretamente no poço de acesso externo da estação Paulista (ITALIANI, 2016). Assim, os fluxos em sentidos opostos seriam divididos até a chegada no túnel inclinado para acesso à Linha 2. A “decisão” já havia sido divulgada no final de 2013, quando foi cogitado inclusive desativar parte das esteiras rolantes (VALLE, 2013). Outra medida mencionada seria a construção de uma nova saída direta para a Av. Paulista, sem exigir a passagem pelo túnel inclinado, próxima a atual passagem para acesso às salas técnicas e operacionais da Linha 2. Poderia melhorar as condições de evacuação e evitar o fluxo de passagem para acesso às saídas da L2. A solução principal divulgada é condizente com o que foi diagnosticado neste estudo. Caso executada, deve aliviar o trecho mais saturado em corredor e permitir a independência dos fluxos, liberando as escadas existentes para apenas um sentido. Entretanto, o novo gargalo passará a ser o próprio túnel inclinado onde estão as esteiras rolantes, assim como as condições de embarque e desembarque na plataforma central da linha 2, que atende todo o fluxo de transferência por uma extremidade.

⁹⁷ De contribuição muito baixa por conta do arranjo lateral ao redor do elevador, deslocado do fluxo principal.

⁹⁸ Com menor largura, por conta do espaço reservado aos corrimãos deslizantes (aproximadamente 1/3 da largura em cada esteira)

CONSOLAÇÃO - PAULISTA

DIAGRAMA DOS FLUXOS PRINCIPAIS NA REDE (2016)

$$A+B+C+D = 18.199$$

NNN: dados de setembro de 2016 da CTEI do Metrô para pass/hora pico tarde

LI = lindeiros + integrações (ônibus)

Fluxos predominantes

- hora pico tarde
- hora pico manhã

FLUXOS DE TRANSFERÊNCIA MAIS CARREGADOS

base: projeto funcional linha 4 amarela (1997)
previsão para 2000
dados invertidos para PICO TARDE

DIAGRAMA DA CONFIGURAÇÃO ESPACIAL DA CONEXÃO

Fluxos na estação Consolação - Paulista (pico da tarde - 10/2016)

Estação	linheiros e integrações		fluxo	%	fluxo de transferência	fluxo total**	meios	qtd*	capacidade	subtotal	taxa de utilização
Consolação - Paulista (L2 x L4)	L2	5.380	Plataformas L4	A + D	51%	9.281	11.287	ER	2	9.900	
	L4	2.877						EF	12	12.096	51%
				B (sent. Butantã)	32%	5.824	7.282	ER	1	4.950	
								EF	6	6.048	66%
				B + C	49%	8.918	10.865	ER	2	9.900	
								EF	6	6.048	68%
				A (sent. Luz)	26%	4.732	6.018	ER	1	4.950	
								EF	6	6.048	55%
			Túneis de conexão	A+B+C+D	100%	18.199	19.025	ER	3	14.850	
								EF	3	605	123%
				A+B+C+D		9.125	9.413	ER	1	4.950	
				pico manhã (sent. L2)				EF	3	605	169%
				A+B+C+D	100%	18.199	19.025	túnel esteiras	3	14.850	
								túnel (rampa)	2	2.791	108%
				A+B+C+D	100%	18.199	19.025	túnel de ligação	9	12.960	147%
			Mezanino L4	A+B+C+D	100%	18.199	19.025	mezanino L4	11	15.840	120%
total		8.257		100%	18.199	19.025					

fluxos no pico da tarde, exceto caso indicado

* quantidade em unidades para escadas rolantes e em canais de circulação de 0,60m para escadas fixas e corredores

** para o fluxo total foi adotada a distribuição dos linheiros com as mesmas distribuições dos fluxos de transferência

*** se considerado o fluxo de transferência desta análise, que compartilha todos os meios de acesso com passageiros linheiros

Para distribuição dos fluxos por plataforma e por sentido os dados foram interpolados a partir do projeto funcional da Linha 4 - Amarela (1997) com projeção para o ano 2000. Podem apresentar discrepâncias com relação aos dados de 2016 (Metrô)

Tabela 19- Tabela de fluxos na estação Consolação - Paulista. Fonte: Elaborado pelo autor.

3.5 REPÚBLICA

LINHAS

3 - VERMELHA x 4 - AMARELA

INAUGURAÇÃO DAS ESTAÇÕES

1982 – LINHA 3 - REPÚBLICA I

2011 – LINHA 4 – REPÚBLICA II

DADOS DEMANDA

Demanda total de embarques: 281.000 pass/dia (CMSP - 10/2016, STM - 11/2016)

Demanda transferência: 225.000 pass/dia (CMSP - 10/2016, STM - 11/2016)

MÉTODO CONSTRUTIVO

REPUBLICA I

Vala a céu aberto – método invertido *cover and cut*

Área de projeção da escavação principal: 5.850 m²

Área construída: 31.212 m² (4.732 m² para República II)

REPUBLICA II

Vala a céu aberto – método invertido *cover and cut*

Área de projeção da escavação principal: 1.600 m²

Área construída: 7.838 m² (CMSP MD-4B2)

Área total de projeção da escavação principal: 7.450 m²

Área construída total: 39.050 m² (CMSP)

CONFIGURAÇÃO ESPACIAL DA CONEXÃO

Estrutura compartilhada

Vias separadas verticalmente

REDE DE TRANSPORTE REFERENCIAL

REPÚBLICA I - Plano HMD – “Rede Básica do Metrô” - 1968

REPÚBLICA II - “Expansão da rede de metrô” – 1993

PROJETO FUNCIONAL

REPÚBLICA I

Nome: Plano HMD - Metrô de São Paulo – Sistema integrado de transporte rápido coletivo da cidade de São Paulo.

Data: 1968

Responsáveis: Consórcio HMD (Hotchief, Montreal e Deconsult) e Cia do Metropolitano

Nome: São Paulo leste oeste: em busca de uma solução integrada.

Data: 1979

Responsáveis: Prefeitura do município de São Paulo e Cia do Metropolitano

REPÚBLICA II

Nome: “Linha 4 – Amarela. Morumbi – Luz: Projeto Funcional”. Cia do Metropolitano

Data: 1997

Responsáveis: Cia do Metropolitano

PROJETO EXECUTIVO

REPÚBLICA I

Data: 1981

Responsáveis: Promon Engenharia, EMURB, Cia do Metrô

REPÚBLICA II

Data: 2011

Responsáveis: Consórcio projetista linha 4, Consórcio Via Amarela, Cia do Metrô

A região da Praça da República começou a se transformar e ganhar importância a partir do final do século XIX, com a construção do Viaduto do Chá sobre o Vale do Rio Anhangabaú, ligando o Centro Velho ao Centro Novo. Os investimentos foram aumentando e surgindo novos edifícios comerciais e residenciais. É deste período a construção da Escola Normal Caetano de Campos (1894), edificação projetada por Antônio Francisco de Paula Souza e Ramos de Azevedo. Foi tombada pelo Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico – Condephaat no final da década de 1980 como um importante exemplar da arquitetura eclética do período. Abriga atualmente a Secretaria Estadual de Educação de São Paulo.⁹⁹

Na primeira década do século XX a área passou por uma reconfiguração nos moldes das praças europeias à época, com um novo paisagismo de caráter bucólico que incluía lagos e pontes. Localizada no eixo de chegada do novo viaduto, a Praça da República foi se tornando também uma referência importante para os transportes públicos no acesso à região. Charretes, bondes, ônibus e trólebus tinham a Praça como destino referencial.

O Plano HMD adotaria a Praça da República como localização consolidada para a estação homônima no planejamento da rede de alta capacidade. O ponto onde hoje está a estação foi indicado em todos estudos alternativos do plano para o anel central da rede, previsto sempre como um nó de encontro entre as linhas Leste Oeste e Sudoeste Sudeste (HMD, 1968, p. 90). Ambas as linhas seriam construídas através de máquinas tuneladoras ou *método couraça*, estratégia adotada para minimizar o impacto na região central,

conforme descrição do plano. Sobre o traçado previsto para a linha Leste Oeste:

Seguindo a Av. São João até a Av. Duque de Caxias, a linha se desvia em direção à Praça da República, passando em túnel construído pelo método da couraça sob o Largo do Arouche. Neste trecho estão previstas as Estações Conselheiro Brotero, 'Marechal Deodoro, Duque de Caxias e República. No cruzamento com a Linha Pinheiros — Via Anchieta com o ramal Pedro II — Vila Bertioga na Praça da República, há possibilidades de baldeação para os passageiros de ambas as linhas. Daqui segue para a Rua 7 de Abril, passando sob a parte Sul da Av. Anhangabaú com a Estação Anhangabaú e a área seguinte até alcançar a Praça Clóvis Bevilacqua. O trecho República — Clóvis Bevilacqua é um trecho construído exclusivamente pelo método couraça. (HMD, 1968, p. 122)

Para a linha Sudoeste Sudeste também já eram previstas as dificuldades de escavação à céu aberto na Av. Ipiranga:

Cruzando por baixo a Linha Vila Madalena-Paulista, a linha entra na Rua da Consolação numa curva de 300 m. Nesta artéria estão as Estações Consolação e Maria Antônia. A partir da Praça Roosevelt, dobra para a Av. Ipiranga até cruzar a Linha Casa Verde-Vila Maria na altura da Praça da República, onde está prevista uma estação de baldeação.(...) Como na última parte desse trecho a linha passará por baixo de alguns edifícios com alicerces profundos, e no intuito de evitar bloqueio da Av. Ipiranga, cujo tráfego é muito intenso, todo esse trecho deverá ser construído pelo método couraça. (HMD, 1968, p. 122)

⁹⁹ A partir de informações presentes em Golombek (2016).

As principais diretrizes na organização do encontro das linhas já estariam, portanto, definidas no primeiro estudo, com os túneis da Linha Sudoeste Sudeste cruzando aproximadamente 8m acima das escavações da Leste Oeste¹⁰⁰. O Plano HMD, apesar de apresentar com maior nível de detalhamento apenas as estações da Linha Norte Sul, já indicava um projeto preliminar para a estação República (Figura 73).

O estudo preliminar da estação considerava a escavação da vala principal para as plataformas da Linha Leste Oeste sobre a ligação viária existente entre as ruas Sete de Abril e rua do Arouche, na área entre a edificação da escola Caetano de Campos e os jardins da Praça. A estação da linha Leste Oeste estaria localizada sob a Av. Ipiranga. O arranjo em “T” sugeria a possibilidade de etapas distintas de execução para cada linha. É também possível notar que estavam previstos os emboques de dois túneis singelos para cada linha e ambas as estações configuradas com plataformas centrais e laterais. O arranjo possibilitaria a independência total entre fluxos de embarque e desembarque nas plataformas, de forma semelhante ao projeto definitivo da estação Sé. Entretanto, se comparada à configuração em cruz, a disposição em “T” exige percursos maiores dos passageiros e resulta numa distribuição assimétrica dos fluxos de transferência para as plataformas da Leste Oeste. Os níveis das plataformas se apresentam sequenciais, mas fica sugerido pelo desenho em corte a distribuição dos fluxos de baldeação através de um mezanino intermediário de baixa altura.

Já são indicados nesta etapa 15 pontos de acesso distribuídos na Praça

e nas principais esquinas do entorno, inclusive no cruzamento das Avenidas Ipiranga e São Luís. Com o encontro de três túneis em configuração triangular, o desenho deste acesso indica que seria utilizado não apenas para a entrada e saída da estação, mas também para a travessia direta de pedestres sob as avenidas (Figura 73).

¹⁰⁰ Níveis: Leste Oeste 725,00m e Sudoeste Sudeste 733,60m, indicados no traçado em perfil no plano HMD.

Figura 73 - Estação República – Projeto preliminar. Fonte: HMD, 1968

A partir da consolidação do Plano HMD e da priorização das obras para a Linha 1-Azul, foram realizados avanços no detalhamento do traçado e das estações para implantação da Linha 3 – Vermelha. Esta linha se tornou a nova prioridade e assumiu uma configuração revisada na Rede Básica, publicada em 1975. Para o desenho da conexão na República não houve alterações significativas no traçado.

No mesmo ano foi desenvolvido um relatório pela Companhia do Metrô que buscava comparar diversas alternativas de localização da estação, tendo em vista: “(...) as variáveis de traçado das linhas envolvidas, estrutura, arquitetura e funcionalidade da estação; repercussões no plano de urbanização da Praça e demais aspectos correlatos” (CMSP, 1975, P.4). Os estudos comparavam dois grupos principais de alternativas: o primeiro, considerando a demolição do edifício do Instituto de Educação Caetano de Campos e a “(...) preservação das características vocacionais da praça” (CMSP, 1975, P.4). O segundo grupo adotava a preservação do edifício, mas com “(...) decorrências extremamente desfavoráveis, quer em termos de preservação da Praça, quer em termos de traçado e funcionalidade da estação.” (CMSP, 1975, P.4). O texto do relatório parecia se esforçar para justificar uma decisão já tomada previamente: o esforço em preservar o edifício implicaria em deteriorar a Praça: “(...) ou se preserva a praça e todo o seu significativo potencial urbanístico, ou se preserva o edifício do Instituto de Educação Caetano de Campos em detrimento daquele importante logradouro público” (CMSP, 1975, P.75). O relatório apresentava comparações esquemáticas entre diversos arranjos de conexão, privilegiando sempre um arranjo em forma de “T”. A

configuração ideal para conexão, estimada no estudo da CMSP para até 70mil pessoas na hora pico, seria uma das principais justificativas para a escolha, assim como alternativas de traçado e estratégias de execução, considerando as dificuldades construtivas na aproximação com o edifício. Concluía enfaticamente pela demolição completa do edifício como a melhor opção. (Figura 74).

Com a divulgação da necessidade de remoção do edifício houve questionamentos diversos e grande mobilização da sociedade civil, articulada principalmente por antigos alunos do Colégio. O embate envolvia simpatizantes e oposicionistas da ditadura militar, que desde 1964 vigorava no país. No mesmo ano, com uma articulação vitoriosa, foi dado início ao processo de tombamento do edifício, através do projeto de lei nº 5.091. Entretanto, o Instituto de Educação seria removido e desdobrado em duas outras localizações nos anos seguintes¹⁰¹.

Em 1976 a CMSP já publicaria um anteprojeto revisado, considerando a preservação integral da edificação do Colégio (Figura 75). Seria adotado o arranjo em “L” criticado no estudo anterior, contornando o edifício. As principais características do estudo preliminar de 1968 foram mantidas: plataformas centrais e laterais para ambas as linhas e mezanino intermediário de transferência. No nível enterrado superior, um grande salão de articulação dos acessos externos, ocupando a área das duas valas. Esta configuração já seria muito semelhante ao projeto adotado para execução, que passaria a indicar a construção em fases separadas para as duas linhas (Figura 76).

¹⁰¹ Informações disponíveis no site da Diretoria de Ensino Estadual - Região Centro. Disponível em <<http://decentro.educacao.sp.gov.br>> . Consultado em 17 dez. 2016.

Figura 74 - Estação República – Alternativa recomendada no estudo de 1975, prevendo a demolição do Instituto de Educação Caetano de Campos.
Fonte: CMSP, 1975.

Figura 75 - Estação República – Anteprojeto de 1976: planta de localização.
Fonte: CMSP, 1976.

Figura 76 - Estação República I – Projeto executivo: planta de implantação.
Áreas de projeção da escavação das estações da Linha 3 em vermelho e da Linha 4 em amarelo, indicadas pelo autor.
Fonte: Arquivo CMSP, 1981.

O processo construtivo previsto para a estação no anteprojeto revela uma particularidade em relação aos demais casos analisados. Foi adotada a escavação de vala a céu aberto com o método invertido ou *cover and cut* (cobrir e escavar). O método agiliza a devolução da superfície ao tráfego de pedestres e veículos (Figura 77): primeiramente são executadas as paredes de escoramento e cravação de perfis metálicos de apoio da cobertura da vala. É realizada a escavação superficial em trechos e executadas as coberturas em etapas sequenciais, permitindo o uso concomitante de parte do viário e passeios. Quando completada a cobertura, os usos do chão da cidade já podem ser restaurados e é iniciada a escavação restante da vala em etapas sucessivas, até a profundidade total necessária, a partir do primeiro nível enterrado, que funcionará como área de canteiro. São utilizadas paredes de escoramento e estacas metálicas por tirantes ancorados no solo para contenção do terreno à medida que avança a escavação. Atingida a profundidade total, são concretadas as paredes laterais e a laje de fundo. A partir deste estágio a construção pode se desenvolver como uma edificação convencional, de baixo para cima, até atingir o nível da cobertura final, quando podem ser eliminados os escoramentos provisórios.¹⁰²

Figura 77 - Método de escavação invertido aplicado na estação República. Montagem do autor a partir de esquema presente no anteprojeto da estação. Fonte: CMSP, 1976.

¹⁰² Descrição sintetizada a partir de informações presentes no anteprojeto da estação. Ver CMSP(1976).

No desenvolvimento do projeto até a execução da fase inicial foram mantidas as estratégias construtivas principais definidas no anteprojeto, assim como o arranjo espacial geral estabelecido. No início da década de 1980 seria construída na primeira etapa a estação para Linha 3 – Vermelha, incluindo a escavação da vala na região de entroncamento com a futura Linha 4 – Amarela. Além da escavação para a fase inicial de operação, com as dimensões necessárias para as 3 plataformas da Linha 3, a vala já avançava aproximadamente 30m na direção da Luz, viabilizando os espaços necessários para os acessos à Av. Ipiranga, com profundidade limitada ao mezanino superior (Figura 76). No trecho do entroncamento a escavação teria altura total para cinco pisos principais, com largura e profundidade de aproximadamente 45m e 27m, respectivamente. A disposição dos pilares seria compatível com a previsão de plataformas laterais e plataforma central também para a Linha 4.

O projeto executivo então definiria os níveis principais:

A – Acessos

B – Mezanino superior – 741,53m

C – Plataformas da Linha 4 – 736,34m

D – Mezanino inferior (transferências) – 729,46m

E – Plataformas da Linha 3 – 724,34m

Na fase de desenvolvimento do anteprojeto até o projeto executivo seria suprimida a ligação viária existente entre as ruas Sete de Abril e rua do Arouche. Na década de 1980 a área de superfície devolvida após a cobertura da escavação da vala principal para a Linha 3 seria objeto de um projeto de reurbanização e paisagismo da EMURB para toda a praça. A faixa do antigo viário foi convertida numa generosa rua de pedestres, mantendo a ligação entre

os dois lados da praça e o acesso ao edifício preservado. Com amparo nas restrições colocadas para preservação do patrimônio histórico houve um importante esforço em manter todos os espaços da estação enterrados, com exceção apenas do acesso externo localizado num lote na esquina da Rua do Arouche. As aberturas para ventilação da estação e acesso de equipamentos foram restringidas ao nível do piso da praça ou à altura de um banco, configuradas na horizontal e fechadas por grelhas metálicas. A solução, apesar de exigir a captação e bombeamento das águas pluviais, é fundamental para manter a continuidade do espaço, preservando as possibilidades de circulação e as visuais desimpedidas.

A publicação do projeto funcional da Linha 4 (CMSP, 1997) viria quinze anos após a inauguração da estação República I. Nos desenhos fica indicado o avanço a partir das configurações existentes, mantendo-se a organização com plataformas centrais e laterais (Figura 78). Está indicada também a construção do mezanino superior sobre o trecho novo da vala, o que permitiria inaugurar os três acessos previstos para as esquinas das avenidas São Luís e Ipiranga.

Ainda se passaram mais 14 anos até a inauguração da estação República II, totalizando quase três décadas entre as duas fases. O desenvolvimento do projeto que seria executado já faria parte do processo de concessão da nova linha, através da licitação internacional que se formalizou em 2006 na assinatura da Parceria Público Privada com a Concessionária ViaQuatro. O vencedora faria investimentos parciais na construção da linha e teria responsabilidade sobre a sua operação por 30 anos. O processo de concessão da Linha 4 coroou um período de poucos avanços na construção de metrô e de desmanche de boa parte das equipes de profissionais engajadas em décadas anteriores (GABARRA, 2016). Deve ser objeto de estudos específicos

por envolver uma mudança significativa nas políticas da Cia do Metrô, que, no entanto, fogem ao recorte deste trabalho.

Do ponto de vista técnico dos projetos e obras civis Gabarra (2016, p. 57) descreve, a partir de depoimento do geólogo Hugo Rocha, que um dos avanços tecnológicos mais importantes da Linha 4 foi o uso do Shield EPB¹⁰³ de via dupla. O Metrô deixaria de utilizar tuneladoras vinculadas à tecnologia da década de 1970, baseadas na construção de vias singelas (2 túneis para cada linha em paralelo), e passaria a utilizar uma tecnologia modernizada para construção simultânea de um túnel de maior diâmetro, suficiente para as duas vias. O novo sistema permitiria maior produtividade, “(...) chegando a avanços próximos a 15 metros por dia” (GABARRA, 2016, p. 57). Por outro lado, exigiria vias significativamente mais profundas. Em geral, a altura mínima livre do terreno, entre o topo da seção de um túnel e a superfície, varia proporcionalmente ao diâmetro escavado, e não deve ser menor que esta dimensão. Portanto, um túnel com o dobro da seção tende a exigir uma profundidade também dobrada para sua viabilização. Gabarra (2016, p. 58) apresenta uma reflexão sobre a exigência de maiores profundidades para o acesso às plataformas nas estações desde a superfície, indicando opções alternativas às escadas rolantes, com elevadores de grande capacidade. Para o caso das estações de conexão, ainda que os percursos de transferência não sejam afetados necessariamente pelo nível da superfície, o uso de tuneladoras maiores deve aumentar a distância vertical entre plataformas no cruzamento das linhas. Além disso, profundidades excessivas podem inviabilizar soluções construtivas em valas, limitando as opções de arranjo espacial nestas estações ao encontro entre túneis.

No caso da República, a opção pela máquina tuneladora de duas vias para todo o traçado da Linha 4 exigiu uma grande intervenção nas estruturas existentes. No trecho das estações, que em geral apresentam seções maiores que as dos túneis das vias, o equipamento de escavação precisa ser arrastado ao longo das plataformas até voltar a escavar o trecho seguinte. A previsão de três plataformas e vias separadas na República foi revisada para o padrão da Linha 4, com as duas vias aproximadas no centro e apenas duas plataformas laterais. Exigiu a reconstrução de boa parte do trecho já executado à espera da nova linha, num processo descrito em detalhes por Lima Jr. et al. (2009). O trecho novo da estação da Linha 4 foi também executado pelo método invertido, com profundidade limitada ao nível das plataformas (C) (Figura 82). No trecho existente foi necessária:

(...) a instalação de vigas metálicas de grande porte para transferência de cargas da estrutura existente para os novos elementos estruturais, com a posterior demolição de lajes, vigas e pilares, de forma a possibilitar a passagem do Shield no interior da estação. (LIMA JR. et al., 2000, p. 94).

O equipamento precisaria passar entre as lajes dos pisos nos níveis B e D, sobre a Linha 3, num trecho de cerca de 45 metros. Para isso seria necessário demolir lajes, escadas e pilares existentes localizados na antiga plataforma central e reconstruí-los mais espaçados nas áreas das plataformas laterais, utilizando vigas metálicas para formar novos pórticos de maior vão e liberar a passagem das duas vias centrais (Figura 79). Para viabilizar a transferência das cargas existentes nas estruturas foi necessário contar com um rigoroso controle de deformações através de instrumentação. Foram instaladas vigas metálicas no

¹⁰³ Sigla para *Earth Pressure Balanced* ou Pressão de Terra Balanceada.

nível da praça para atirantar provisoriamente a laje de cobertura da vala e utilizados macacos hidráulicos para transferir as cargas do piso do nível B para os novos pilares. No nível E foram instalados pilares inclinados para manter o caminho das cargas até os pontos de fundação existentes. A obra de reconstrução da estrutura da estação precisou ser executada com a estação da Linha 3 em funcionamento, reservando apenas um final de semana para a passagem efetiva do Shield, que durou 36 horas. Ainda foi necessário construir um túnel em NATM de 40m além da estação no sentido da Luz para permitir que o Shield retornasse à cota de escavação. (LIMA JR. et al., 2000, p. 96).

O episódio relatado revela que - ainda que tenham sido mantidas as diretrizes gerais previstas para as duas estações, preservando-se o perímetro das áreas escavadas na primeira etapa e as estruturas existentes para a Linha 3 - a alteração na organização das plataformas da Linha 4 exigiu o descarte de grande parte das estruturas internas no trecho de encontro das estações.

Outra alteração na construção da Linha 4 em relação à concepção merece destaque. No trecho novo a ser escavado para as plataformas da segunda fase (com aproximadamente 60 metros de extensão) era prevista a execução de uma laje no nível do mezanino superior (B) e dos túneis necessários para a inauguração dos três novos acessos nas esquinas das avenidas Ipiranga e São Luís. Foi executada apenas a área do mezanino e os espaços que seriam de acesso público passaram a abrigar as salas operacionais da Linha 4 (Figura 81, Figura 82). A concessão da operação da nova linha para um consórcio privado implicou em estruturas de gestão independentes para cada

estação e exigiu a duplicação dos espaços físicos necessários. A solução adotada eliminou um importante acesso público à região, previsto desde a primeira concepção das estações.

À época da construção da segunda fase da estação a praça da República passaria por uma nova reforma, comandada também pela EMURB e pelo Departamento de Patrimônio Histórico (DPH) ¹⁰⁴. A reforma geral, finalizada em 2007, entre outras ações, envolveu a troca de pisos, guias e sarjetas, recuperação de canteiros e retirada de grades. Na ligação entre as ruas do Arouche e Sete de Abril parte dos canteiros construídos à época da Linha 3 foram removidos e grelhas do Metrô foram rebaixadas ao nível do piso, reforçando as diretrizes de interferência mínima anteriores. Na área da escavação para Linha 4, localizada entre o edifício do antigo colégio e a Av. Ipiranga, seriam mantidas também as mesmas características. Para quem passa pela região, a presença da estação do metrô só é anunciada pelos totens e pontos de acesso, aberturas no chão descobertas com dimensões mínimas para as escadas.

A análise dos fluxos atuais indica uma movimentação na transferência significativa nos dois sentidos, com 225 mil pessoas percorrendo os espaços de conexão diariamente, a terceira maior demanda entre as estações analisadas. Predomina a movimentação da Linha 3 para Linha 4 na manhã e à tarde os fluxos ficam bastante equilibrados (Tabela 14). Na Linha 3 os fluxos são organizados com as plataformas laterais recebendo o desembarque de passageiros e a plataforma central reservada exclusivamente para os embarques.

¹⁰⁴ Informações da Prefeitura de São Paulo. Disponíveis em <<http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/regionais/se/noticias/?p=2482>> Consultado em 10 jan. 2017.

Na Linha 4 as plataformas laterais devem atender simultaneamente as duas funções. Localizado entre os níveis das plataformas das duas linhas, o mezanino inferior (nível D) foi executado já na primeira fase com a extensão total da vala da Linha 3 e tem a importante função de distribuição dos fluxos de transferência, além de servir de passagem para passageiros lindeiros e integrados no acesso às plataformas no nível E. Apesar da grande extensão do mezanino, a movimentação mais expressiva de pessoas se concentra no trecho de entroncamento das linhas, onde estão disponíveis escadas em maior quantidade. A planta trapezoidal da vala das plataformas da Linha 3 é coerente com essa concentração dos fluxos, apresentando maior largura nesta área da estação (Figura 80).

Considerando as movimentações na rede, a participação dos passageiros que percorrem o trecho entre as estações República e Luz na Linha 4 nos dois sentidos é bastante reduzida nesta conexão. Predominam movimentos entre os trechos mais longos das linhas: Butantã – República (L4) e República – Itaquera (L3), nos dois sentidos.

Os fluxos mais carregados são de transferência da Linha 3 sentido Barra Funda para a Linha 4 sentido Butantã na manhã (B) e o movimento inverso no pico da tarde, sentido Itaquera (D). Estes movimentos representam mais de 40% dos fluxos de conexão na estação. O fluxo D sentido Itaquera se utiliza da área com disponibilidade mais restrita de espaços de circulação e menor número de escadas disponíveis. Apesar de ser um movimento de desembarque, deve ser hoje um dos principais pontos de atenção para aumentos expressivos de demanda (Tabela 20). A alteração na tecnologia de escavação dos túneis em *Shield* exigiu o uso de plataformas laterais para Linha 4, como mencionado, concentrando fluxos de embarque e desembarque. Nas obras da segunda fase foi executado um alargamento da vala próximo ao

entroncamento para permitir a disposição de escadas adicionais no trecho de acesso à plataforma da Linha 4 sentido Luz. Ainda assim, são apenas 3 escadas rolantes e uma escada fixa para fluxos de embarque e desembarque no acesso ao mezanino de transferência (nível C).

O fluxo B sentido Butantã e os demais movimentos com participação expressiva (A) se utilizam da ligação direta ao mezanino construído na primeira fase (nível C), com áreas de passagem mais generosas e ampla oferta de meios de circulação vertical (Figura 84). Neste trecho do nível C a distância reduzida entre o principal conjunto de escadas e o par de escadas sequencial é um ponto de atenção, onde se concentra o cruzamento de diversos fluxos no acesso aos mezaninos superior e inferior (Figura 80).

Apesar das ressalvas apresentadas, a estação República apresenta condições de operação mais satisfatórias que as demais estações de conexão com a Linha 4 – Amarela. Para isso, mesmo considerada a complexa operação de reforma, foi fundamental a estratégia inicial com a previsão de áreas já na primeira fase à espera da futura linha, viabilizando a solução com mezaninos compartilhados entre as estações.

Figura 78 - Estação República II – Projeto funcional: plantas e corte. Fonte: CMSP, 1997.

Figura 79 - Estação República II – Projeto executivo: corte transversal às plataformas da Linha 4 no trecho de entroncamento. Indicação pelo autor dos eixos dos pilares existentes da L3 em vermelho, pilares novos e área de passagem da tuneladora em amarelo. Fonte: Arquivo CMSP, 2011.

Figura 80 - Estação República: plantas dos níveis da plataforma L4 (C) e plataforma L3 (E).
Indicação do trecho de separação das fases construtivas pelo autor. Fonte: Arquivo CMSP, 2011.

Figura 81 - Estação República II – Projeto executivo: planta do mezanino – salas operacionais. Fonte: Arquivo CMSP, 2011.

Figura 82 - Estação República II – Projeto executivo: cortes transversais ao longo das plataformas e das salas operacionais – trecho novo. Fonte: Arquivo CMSP, 2011.

Figura 83 - Estação República – Projeto executivo: corte transversal ao longo das plataformas da Linha 3 e indicação os níveis principais. Fonte: Arquivo CMSP, 2011.

REPÚBLICA

$$A+B+C+D = 22.987$$

dados de setembro de 2016 da CTEI do Metrô para pass/hora pico tarde

LI = lindeiros + integrações (ônibus)

Fluxos predominantes

- hora pico tarde
- hora pico manhã

FLUXOS DE TRANSFERÊNCIA MAIS CARREGADOS

base: projeto funcional linha 4 amarela (1997)
previsão para 2000
dados invertidos para PICO TARDE

D - sentido itaquera = 43%
B - sentido butantã = 21%
A - sentido butantã = 15%

DIAGRAMA DOS FLUXOS PRINCIPAIS NA REDE (2016)

DIAGRAMA DA CONFIGURAÇÃO ESPACIAL DA CONEXÃO

Figura 84 (p. anterior) - Diagrama de fluxos na estação República. Fonte: Elaborado pelo autor.

Fluxos na estação República (pico da tarde - 10/2016)

Estação		lindeiros e integrações	fluxo	%	fluxo de transferência	fluxo total**	meios	qtd*	capacidade	subtotal	taxa de utilização				
República (L3x L4)	L3	6.824	A + B	38%	8.735	11.328	ER	9	44.550						
							EF	12	12.096	56.646	20%				
	L4	via L3	C + D	62%	14.252	18.483	ER	3	14.850						
							EF	3	3.024	17.874	103%				
							C+D sentido L3	55%	12.643	16.396	ER	2	9.900		
											EF	3	605	10.505	156%
	total	6.824			100%	22.987	29.811								

* quantidade em unidades para escadas rolantes e em canais de circulação de 0,60m para escadas fixas e corredores

** para o fluxo total foi adotada a distribuição dos lindeiros com as mesmas distribuições dos fluxos de transferência

Para distribuição dos fluxos por plataforma e por sentido os dados foram interpolados a partir do projeto funcional da Linha 4 - Amarela (1997) com projeção para o ano 2000. Podem apresentar discrepâncias com relação aos dados de 2016 (Metrô)

Tabela 20 - Tabela de fluxos na estação República. Fonte: Elaborado pelo autor.

3.6 LUZ

LINHAS

1 - AZUL x 4 – AMARELA x CPTM (7 e 11)

INAUGURAÇÃO DAS ESTAÇÕES

1901 – ESTAÇÃO FERROVIARIA DA LUZ

1975 – LINHA 1 - LUZ I

2004 – CPTM – MODERNIZAÇÃO

2011 – LINHA 4 – LUZ 2

DADOS DEMANDA

Demanda total de embarques: 451.000 pass/dia (CMSP - 10/2016, STM - 11/2016, CPTM 10/2016)

Demanda transferência: 386.000 pass/dia (CMSP - 10/2016, STM - 11/2016)

MÉTODO CONSTRUTIVO

LUZ I

Vala a céu aberto

Área de projeção da escavação principal: 6.250 m²

Área construída: 18.250 m² (CMSP)

LUZ II

Poços secantes e NATM

Área de projeção da escavação principal: 3.450 m² (1000 m² em túneis)

Área construída: 13.091m² (CMSP MD-4B2)

Área total de projeção da escavação principal (sem CPTM): 9.700 m²

Área construída total (sem CPTM): 31.341 m² (CMSP)

CONFIGURAÇÃO ESPACIAL DA CONEXÃO

Estruturas conectadas

Vias separadas verticalmente

REDE DE TRANSPORTE REFERENCIAL

LUZ I - Plano HMD – “Rede Básica do Metrô” - 1968

LUZ II - “Expansão da rede de metrô” – 1993

PROJETO FUNCIONAL

LUZ I

Nome: Plano HMD - Metrô de São Paulo – Sistema integrado de transporte rápido coletivo da cidade de São Paulo.

Data: 1968

Responsáveis: Consórcio HMD (Hotchief, Montreal e Deconsult) e Cia do Metropolitano

LUZ II

Nome: “Linha 4 – Amarela. Morumbi – Luz: Projeto Funcional”. Cia do Metropolitano

Data: 1997

Responsáveis: Cia do Metropolitano

PROJETO EXECUTIVO

LUZ I

Data: 1974

Responsáveis: Planemak, HMD, Cia do Metrô

LUZ II

Data: 2011

Responsáveis: Consórcio projetista linha 4, Consórcio Via Amarela, Cia do Metrô

No Plano HMD era prevista para a estação Luz da Linha Norte Sul o papel de conexão com a ferrovia urbana existente, à época a Estrada de Ferro Santos Jundiaí. A transferência de passageiros com a Linha Sudoeste Sudeste seria realizada na estação Senador Queiroz, localizada próxima ao cruzamento com a avenida homônima, entre a Luz e a estação São Bento (*Figura 85*). A estratégia evitaria a reunião de todas as transferências num único ponto, o que poderia sobrecarregar a estação. Além disso, seria mais favorável para a geometria do traçado da Sudoeste Sudeste, que faria uma curva para retornar em direção ao sul. Entretanto, o próprio plano já apresentava uma ressalva quanto à necessidade futura de viabilizar uma ligação direta entre a ferrovia e a linha que viria ser a atual Linha 4-Amarela:

Na época do encerramento deste estudo foi proposto o exame de possibilidade de criar também para a Linha Pinheiros — Via Anchieta um meio de baldeação direta para com a EFSJ. Esta medida exigiria um deslocamento da estação do metrô "Luz" em direção ao Sul, de forma que se pudesse ligar a esta estação a Linha Pinheiros — Via Anchieta, cujo traçado cruzaria mais ao Norte. O resultado do exame pormenorizado desta proposta será considerado na elaboração do projeto definitivo para a Linha Santana — Jabaquara. (HMD, 1968, p. 121)

O anteprojeto da estação Luz para a Linha Norte Sul publicado no Plano HMD ainda não havia adotado a diretriz de aproximação com a linha Sudoeste Sudeste. O eixo transversal central da estação estava alinhado com a Rua São Caetano e o edifício do Liceu de Artes e Ofícios (atual Pinacoteca do Estado de São Paulo), com toda a escavação ao norte da ferrovia. Foram projetados sete acessos para as ruas do entorno, em ambos os lados da Av. Tiradentes ao norte e, ao sul, para as Ruas Florêncio de Abreu e Brigadeiro

Tobias.

Já era indicada no plano a previsão de integração tarifária, sem a necessidade de bloqueios e cobrança adicional entre as linhas do metrô e ferroviárias:

A disposição conveniente das áreas de circulação possibilitará livre movimento de passageiros e uma baldeação entre o metrô e a ferrovia, ou vice-versa. A ausência de bilheterias e borboletas para os passageiros baldeados do metrô para os trens de subúrbio, e vice-versa, em consequência do sistema de transportes integrado sugerido, evitará um eventual estrangulamento do fluxo de passageiros transferindo-se de um sistema de trânsito rápido para o outro. (HMD, 1968, p. 204)

Segundo Fragelli (2010, p. 235) o projeto da Luz foi o seu primeiro contato com as estações enterradas no seu escopo de trabalho dentro do Consórcio HMD. Em seu depoimento comenta o curioso episódio em que os engenheiros alemães lhe passaram para estudo as primeiras estações subterrâneas pensando que não haveria arquitetura de grande importância a ser trabalhada, visto que não haveria fachadas: “Então, pacientemente, ouvi-me falar da criação do espaço interno, da disposição dos elementos, da organização dos fluxos de passageiros e do caráter subterrâneo.” (FRAGELLI, 2010, p. 235)

Fragelli, ao receber a arquitetura já concebida em seus elementos principais, adotou uma argumentação crítica sobre os aspectos funcionais da estação, que lhe abriria caminho para elaborar um novo projeto:

(...) verifiquei que a largura da plataforma central, disposta na extremidade sul da estação, próxima à estação ferroviária, seria

insuficiente para o escoamento dos dois terços de passageiros que se dirigissem às escadas no prazo de noventa segundos – intervalo previsto entre os trens nas horas de pico. Por outro lado, as escadas da outra ponta ficariam ociosas (FRAGELLI, 2010, p. 235)

O arquiteto iria propor o aproveitamento da escavação, que já teria profundidade suficiente para passar sob a linha férrea:

Sugeri criarmos um mezanino, com a largura necessária ao fluxo, esgotando as plataformas com muitas escadas, de dez em dez metros. (...) a escavação já seria feita de qualquer jeito. Para o mezanino, bastava fazermos o teto mais alto, o que diminuiria a sobrecarga de reaterro sobre a laje. (FRAGELLI, 2010, p. 236)

Após refazer o anteprojeto da Luz em poucos dias e apresentar uma solução que melhoraria os fluxos na estação, Fragelli foi reconhecido pelos diretores alemães do consórcio e recebeu a incumbência de reprojeter de novo todas as estações subterrâneas. Para isso, montou uma equipe de diversos arquitetos, projetistas e desenhistas, que se tornariam o primeiro grupo de referência no domínio técnico do projeto de estações de metrô em território nacional. Fragelli desenvolveria com os colaboradores a linguagem da arquitetura da Linha Norte Sul, que se tornou referência pela generosidade no dimensionamento dos espaços, pela exploração das potencialidades de articulação espacial da arquitetura subterrânea, com aberturas entre pavimentos e comunicações visuais, valorização da luz natural nos acessos e a exposição dos materiais nas suas características naturais.

O anteprojeto de Fragelli para a Luz seria organizado por dois níveis principais: o inferior, baseado no uso de plataformas laterais para desembarque

e plataforma central para embarques, “já concebido pelos engenheiros alemães” (FRAGELLI, 2010, p. 236); e o mezanino superior de distribuição dos fluxos de acesso e transferência com a ferrovia. A vala era proposta com uma largura bastante generosa, permitindo que o mezanino não tocasse as paredes laterais e reservando áreas de pé-direito duplo nos vazios onde estariam dispostas as escadas. É de interesse para outros projetos o conceito proposto de modulação da estrutura a partir das escadas, viabilizando ampliações futuras nos meios de acesso vertical.

Para a conexão com a ferrovia foi proposto no anteprojeto um salão de planta triangular que articularia o acesso pelas extremidades das plataformas na Estação da Luz. O salão também articularia 3 acessos externos ao norte da ferrovia e os dois acessos ao sul.

Figura 85 - Estações Luz e Senador Queiroz – Traçado em planta. Fonte: Plano HMD, 1968

Figura 86 - Estação Luz I – Anteprojeto: Implantação, planta do mezanino superior e acesso à ferrovia, planta das plataformas. Fonte: Plano HMD, 1968

Nos anos seguintes à publicação do anteprojeto, como já indicado pelo Plano HMD, foi completamente revisada a implantação inicial da estação Luz para a Linha 1. O corpo da estação foi inteiramente deslocado para o lado sul da ferrovia (Figura 87). Com esse deslocamento, o mezanino da estação teria o papel de conectar ao norte a estação ferroviária e ao sul a futura linha Sudoeste Sudeste (atual Linha 4 – Amarela). Seria então suprimida a estação Senador Queiroz.

O projeto executivo foi desenvolvido com base nestas diretrizes. Foi mantida a concepção inicial com dois níveis principais. O inferior abrigando as plataformas independentes para embarque e desembarque e um mezanino superior com a extensão total da escavação, possibilitando 8 pontos de circulação vertical com cada uma das plataformas (Figura 89). Entretanto, a largura total da vala seria reduzida em relação ao anteprojeto de Fragelli, o que restringiria os vazios à largura mínima das escadas nas plataformas laterais e eliminaria as visuais entre os níveis. No trecho sul a vala foi estendida longitudinalmente para permitir a passagem transversal da futura Linha Amarela, que cruzaria por cima das vias da Linha Norte Sul e do mezanino de transferência. Estas áreas foram executadas à espera da nova conexão, na região onde está o acesso à rua Washington Luis. No trecho norte foi construído no mesmo nível um salão de distribuição anexo ao mezanino principal, com planta trapezoidal de aproximadamente 35 x 35 metros (Figura 88). Este salão organizaria o acesso externo à Rua Mauá e permitiria a troca de passageiros com a estação ferroviária, através de uma ligação subterrânea a ser executada em etapa posterior.

A existência de linhas ferroviárias na direção Leste Oeste, tangenciando o centro na Estação da Luz com a possibilidade de oferta de um transporte de alta capacidade, foi um dos principais argumentos para a opção

da Linha Norte Sul como a primeira a ser construída na rede de metrô (HMD, 1968, p. 115) .

A antiga São Paulo Railway (linha inglesa), que atravessava São Paulo para ligar Santos a Jundiaí, passou a tornar-se estatal em 1945 e integrar a Rede Ferroviária Federal (RFFSA). Foi separada em duas linhas na estação da Luz, que tornou-se terminal das atuais linhas 7 – Rubi (Luz – Francisco Morato/Jundiaí) e 10 – Turquesa (Luz – Rio grande da Serra). As linhas passariam ainda para a CBTU – Companhia Brasileira de Trens Urbanos (1984) e posteriormente para a CPTM (1994), atual operadora. Em 2010, para aliviar o fluxo de passageiros na estação da Luz, a CPTM optou por interromper a operação da linha 10 na estação Brás. A alteração exige que passageiros com destino ao centro se transfiram na estação Brás para a linha 11 ou linha 3 – Vermelha do Metrô para chegar à Luz (ISODA, 2013, p. 57). A linha 7 – Rubi atende a região noroeste e apresenta conexões na Barra Funda (Linha 3 – Vermelha do Metrô e 8 da CPTM) e na estação Francisco Morato, onde é possível fazer a transferência para o trecho até Jundiaí, de serviço menos frequente (ISODA, 2013, p. 57).

A atual linha 11-Coral (Luz – Guaianases/Estudantes) se originou na Estrada de Ferro Dom Pedro II, que ligava São Paulo ao Rio de Janeiro, inaugurada em 1875. A linha foi estendida até a Luz em 2002. Teve os trens modernizados e foram mantidas apenas as estações de conexão no trecho Luz – Guaianases, configurando o serviço “Expresso Leste”. A partir de Guaianases, quem segue para estação Estudantes em Mogi das Cruzes deve trocar para os trens antigos (ISODA, 2013, p. 57).

Durante quase três décadas a transferência de pessoas entre o metrô e a ferrovia foi realizada pela superfície. A conexão direta com as plataformas da estação ferroviária da Luz só seria inaugurada em 2004 pela CPTM. O período

coincide com a implantação da política de integração tarifária através do Bilhete Único e a proximidade de concretização da inauguração da Linha 4 – Amarela, que aumentariam significativamente a demanda¹⁰⁵. Fez parte do projeto Integração Centro, vinculado aos processos de modernização das estações, trens e infraestruturas conduzidos pela CPTM desde sua criação em 1992¹⁰⁶.

Carrilho (2001, p. 2) descreve que desde 1995, com este projeto de modernização na área central, foram elaboradas pela CPTM propostas alternativas para a transformação da Estação da Luz, envolvendo a melhoria dos acessos externos e a conexão com o Metrô (Figura 91). O primeiro projeto adotava a construção de uma nova estação ao lado da antiga e o abandono das funções de transporte da primeira, “o que poderia levar à sua decadência”. (CARRILHO, 2001, p. 2). A ideia foi recusada e a CPTM apresentou nova proposta em 1997:

(...) propunha a criação de dois pisos, situados nas extremidades da gare, como uma extensão das calçadas de ambos os lados da estação. Diretamente da calçada da Rua Mauá ou da Praça da Luz, o usuário prosseguiria pelo novo piso a ser criado e, uma vez transpostas as catracas, já sob abrigo da cobertura da gare, atingiria as plataformas de embarque nos trens. (...) Tudo isso complementado pela integração com a estação Luz do Metrô (...). (CARRILHO, 2001, p. 2)

¹⁰⁵ Segundo Garrido (2004, p. 36) a demanda após a inauguração da integração havia sido elevada de 50mil pass. / dia para 300 mil passageiros na média diária, tendo a previsão de atingir 500 mil com a chegada da Linha-4. Esse valor é da ordem de grandeza dos dados obtidos para 2016 (451 mil pass/dia).

O autor demonstra uma preferência por esta solução, que tornaria o nível térreo mais permeável e ofereceria novas visuais no acesso, realizado através de escadas para descer diretamente ao nível das plataformas. A integração com o Metrô permaneceria subterrânea e os dois fluxos completamente independentes. Entretanto a alternativa exigiria uma reforma interna da gare histórica com a substituição das duas passarelas nas extremidades. Seria mantida apenas a passarela central para fluxos de passagem entre os dois lados dos trilhos. Além disso, exigiria controles independentes dos acessos, o que costuma ser evitado pelas companhias de transporte em São Paulo, por exigir maior número de equipamentos e funcionários para operação.

A opção adotada para desenvolvimento foi a última estudada apresentada em 1999, concentrando todos os acessos à estação por túneis subterrâneos, que atendem tanto os passageiros do entorno quanto das linhas de metrô. Com isso, o nível térreo passaria ter usos administrativos e fluxos mais modestos, apenas de passagem, o que permitiria também a reforma para inauguração do futuro Museu da Língua Portuguesa¹⁰⁷.

O projeto executivo da modernização da CPTM seria conduzido nos

¹⁰⁶ O Projeto Integração Centro, desenvolvido pela STM – Secretaria de Transportes Metropolitanos, por intermédio da CPTM, abrangia as estações Brás, Luz e Barra Funda, com o objetivo de facilitar o acesso ao eixo central da cidade. (CPTM, 2016)

¹⁰⁷ Inaugurado em 2006 com projeto de Paulo Mendes da Rocha e Pedro Mendes da Rocha, o museu se utiliza de parte do edifício administrativo da Estação da Luz.

anos seguintes pelo escritório do arquiteto João Walter Toscano¹⁰⁸. A partir da premissa de integração tarifária, os projetos e obras foram urgentes para promover as adaptações necessárias à integração física das duas linhas do metrô (linha 1 e futura linha 4) com as três linhas da CPTM (7, 10 e 11). A oportunidade de intervenção seria aproveitada para a restauração do bem tombado e instalação do Museu. Coube ao escritório de Toscano o projeto da conexão subterrânea e dos novos acessos, a partir de um projeto básico funcional elaborado pela arquiteta Meire Selli na CPTM (MELENDEZ, 2005, p. 69). Partindo do salão existente construído em conjunto com a estação Luz da Linha 1, o projeto seria organizado por uma galeria subterrânea principal sob a Av. Mauá, com aproximadamente 150m de comprimento e 9m de largura (Figura 94). Através da galeria é possível acessar dois mezaninos sob as plataformas da estação ferroviária, distribuindo as escadas nas plataformas. Estes mezaninos também seriam conectados por túneis para acessos externos: 2 no lado sul na Av. Casper Líbero, 2 ao norte junto à Pinacoteca e um acesso através do pavimento térreo do edifício da estação ferroviária. A conexão com a Linha 4 já era prevista através do mesmo salão existente da Linha 1, mas ainda seria executada em anos posteriores.

Em relação ao anteprojeto à época do HMD, a solução implantada apresenta maior capacidade de atendimento no acesso às plataformas da CPTM, com o uso de dois mezaninos. No entanto, para fluxos de transferência com o metrô é necessário utilizar restrições através de barreiras na operação para exigir das pessoas o deslocamento ao mezanino mais distante. A largura da galeria foi limitada pelas fundações do Hotel do Comércio e

Hotel Federal Paulista do lado sul e da própria Estação da Luz do lado norte. Ainda assim, houve um esforço do projeto de arquitetura em humanizar o percurso. Foi encomendado à artista plástica Maria Bononi um mural com a extensão do túnel, valorizado por aberturas entre os pisos. E foram dispostas áreas para 16 lojas ao longo do trecho do corredor entre os salões da companhia ferroviária. Aproveitando a altura escavada de aproximadamente 12m, o nível superior, acessado através de escada fixa, “(...) foi utilizado para abrigar sobrelojas, sanitários públicos, depósitos e salas de uso privativo da CPTM” (FERNANDES, 2012, p.90).

¹⁰⁸ João Walter Toscano (1933-2011) projetou diversos edifícios públicos de grande interesse, entre eles, a estação Largo 13 de Maio. Foi o responsável por boa parte dos projetos de edificação da CPTM.

Figura 87 - Estação Luz I – Projeto executivo: Planta de situação. Indicação do autor da área principal da vala e eixos da ferrovia e Linha Amarela. Mezanino de integração destacado em azul. Fonte: Arquivo CMSP, 1974.

Figura 88 - Estação Luz I – Projeto executivo: Planta do mezanino de integração. Fonte: Arquivo CMSP, 1974.

Figura 89 - Estação Luz I – Projeto executivo: Corte transversal no corpo da estação. Fonte: Arquivo CMSP, 1974.

Figura 90 - Estação Luz II – Projeto funcional da Linha 4. Fonte: CMSP, 1997.

Figura 91 – Estudos para modernização da estação da Luz a partir de 1995 (CPTM) e integração com o Metrô. Fonte: CARRILHO, 2001.

Figura 92 - Estação Luz II – Estudo de alternativas de localização. Fonte: CMSP, 1998.

Figura 93 - Corte do projeto executivo do novo acesso às linhas da CPTM . Fonte: TOSCANO, 2002, p.81.

Em paralelo aos primeiros estudos da conexão com a linha 1 pela CPTM foi desenvolvido e publicado o Projeto Funcional da Linha 4 – Amarela (CMSP, 1997). O projeto funcional adotava a conexão a partir da diretriz deixada pelos espaços construídos na fase anterior. A nova estação do metrô seria construída na extremidade sul da estação da Linha 1, com a qual compartilharia os acessos e o mezanino para transferência de passageiros com a CPTM. Seriam utilizadas áreas já desapropriadas pela Cia do Metrô à época da construção da Linha 1. Havia menção ao aproveitamento das áreas necessárias para implantação da estação:

“(...) para construção de um empreendimento associado junto às ruas Washington Luis e Paula Souza, conectando os dois lados da Avenida Prestes Maia através de uma galeria de pedestres em nível intermediário entre o térreo e o mezanino da estação e podendo contar com acessos diretos à esta.” (CMSP, 1997, p. 124)

Já eram indicadas a configuração com duas plataformas laterais e a função de estação terminal. O desenho sugere a construção com método de escavação de vala a céu aberto (VCA), com alargamento da escavação na região central para acomodar 6 escadas por plataforma. A partir de um mezanino central, um conjunto escadas levaria os passageiros até o nível do mezanino superior da Linha 1, um percurso vertical de quase 18m. A partir do nível superior, as pessoas desceriam novamente até as plataformas da Linha 1 ou atravessariam longitudinalmente o mezanino para chegar à galeria de integração com a CPTM.

No ano seguinte à publicação do projeto funcional foi realizado um

novo estudo com análise comparativa de alternativas de localização para a estação Luz da Linha 4¹⁰⁹. Foram comparadas três alternativas principais, tendo como premissa otimizar os tempos de transferência, melhorar as condições de execução do traçado e adotar a configuração de estação terminal (Figura 92). O estudo indicava uma projeção de demanda de 550 mil pessoas por dia para 2010 (CMSP, 1998, p. 5) e buscava uma alternativa ao projeto anterior, que exigia percursos superiores a 500m dos usuários nas transferências entre a L4 e a CPTM (CMSP, 1998, p. 9). A *Alternativa 1* era uma variação do projeto anterior, com a estação deslocada ao sul para diminuir a interferência da escavação do traçado com edificações lindeiras, o que aumentaria a distância para as transferências. A *Alternativa 2* indicava a estação da Linha 4 em diagonal, próxima à esquina da Rua Mauá com Rua Brigadeiro Tobias, em posição praticamente equidistante entre às demais linhas. Era a alternativa mais favorável para diminuir as distâncias na transferência, entretanto, exigiria a desapropriação de lotes novos, com área conjunta maior que a estritamente necessária para o poço de acesso. A *terceira alternativa* seria implantar a estação da Linha 4 transversalmente aos trilhos da CPTM, no eixo da Av. Casper Líbero. Seria favorável para a integração com os trens metropolitanos, mas exigiria percursos mais longos para transferência com a Linha 1. Implicaria em uma obra de maior risco sob a estação ferroviária tombada, o que foi considerado como aumento no custo e tempo de execução.

Mesmo apresentando custos mais elevados com a desapropriação, a segunda alternativa foi indicada como a mais adequada pelo estudo, sobretudo por permitir otimizar o tempo nas transferências e facilitar a viabilidade

¹⁰⁹ Ver CMSP (1998).

construtiva (CMSP, 1998, p. 17).

O desenvolvimento do projeto até a fase executiva seria realizado de acordo com as diretrizes principais do estudo de 1998. A partir da grande área desapropriada junto aos edifícios do Hotel do Comércio e Hotel Federal Paulista seria construída a nova estação. A estratégia construtiva tinha coerência com a adotada nas demais estações da Linha 4, com poços circulares para início da obra a partir da superfície e escavação do túnel das plataformas em NATM. Entretanto, na estação Luz o arranjo teria alterações significativas. Seriam construídos dois poços secantes principais com diâmetro de aproximadamente 40 metros cada¹¹⁰ e um terceiro poço central de menor diâmetro, localizados no eixo do corpo da estação. A partir dos poços, foram escavados dois túneis em NATM em direções opostas para completar o trecho das plataformas (*Figura 96*). A grande área escavada dos poços permitiu acomodar as escadas rolantes e fixas para o acesso às novas plataformas, aproximadamente 15m abaixo do nível do mezanino de conexão entre as estações. A solução com poços secantes de grande diâmetro localizados no eixo das plataformas passou a ser adotada em outros projetos do metrô como uma referência importante. Está presente em boa parte das estações das novas linhas: 5-Lilás e 6-Laranja. Na Linha 5 algumas estações foram construídas a partir da junção de 5 grandes poços, sem trechos em NATM¹¹¹. A estratégia remonta às primeiras estações da Linha 1, com grandes áreas escavadas a partir da superfície. A geometria circular reserva interesse por facilitar a resistência pela própria forma. A técnica elimina a necessidade de escoramento lateral das paredes da vala e diminui o consumo de concreto, agilizando a obra e

diminuindo custos. A escavação de valas circulares é conhecida como NATM vertical, por utilizar técnicas semelhantes à construção de túneis, com rigorosa instrumentação e avanços a partir da parcialização da seção em pequenos trechos.

Resultou das desapropriações para construção da estação da Linha 4 uma grande área livre, aproximadamente 13.000 m² entre a Av. Casper Líbero e as ruas Brigadeiro Tobias e Mauá. A parte sul, equivalente a pouco menos da metade da área, foi reservada como disponível para outros usos e encontrasse vazia. A parte norte foi objeto de um projeto de reurbanização e paisagismo. Na recomposição da superfície foi desenhada a praça que configura uma passagem de pedestres entre as três vias e abriga os acessos Casper Líbero e Brigadeiro Tobias (*Figura 95*). No entanto, o resultado nas áreas livres é irregular. Os fundos dos hotéis tombados não apresentam relação de uso com a praça, assim como o terreno ao sul, isolado por canteiros, muros e grades. Os próprios acessos da estação só possuem aberturas voltadas aos passeios externos. As claraboias que iluminam o poço de acesso às plataformas também se configuram como elementos estranhos ao uso da praça: isoladas por canteiros e grades, obstruem as visuais e fragmentam o espaço livre. Hoje a área é cercada em todo o perímetro e tem horários restritos de funcionamento, com boa parte sendo utilizada para estacionamento de automóveis. É mais um exemplo de tratamento questionável das áreas livres resultantes da escavação subterrânea.

Para viabilizar a arquitetura da conexão com as outras linhas foi utilizado o salão de integração construído para a estação da Linha 1 (*Figura*

¹¹⁰ Os poços secantes na Estação Paulista possuem aproximadamente 20m de diâmetro cada. Aferido pelo autor nos projetos executivos das estações. (Arquivo CMSP, 2011)

¹¹¹ É o caso da estação Adolfo Pinheiro, inaugurada em 2014 com projeto de arquitetura de Roberto Mac Fadden e Mariana Viégas.

88). O acesso para a esquina das ruas Mauá e Brigadeiro Tobias foi demolido e substituído por um túnel de ligação com a parte superior do poço da Linha 4, com cerca de 16m de extensão e executado como vala a céu aberto. Assim, o espaço construído na primeira fase do metrô passou a articular a conexão com a nova linha e a CPTM. Foi também construído um segundo túnel de ligação entre a Linha 4 e a galeria de acesso à CPTM, configurando 3 pontos de acesso entre as linhas (Figura 97). No projeto executivo foi indicada a disposição dos bloqueios de contagem nos 3 túneis de ligação, registrando a movimentação de entrada e saída dos passageiros entre as áreas de cada operadora. Este arranjo seria substituído na operação atual, provavelmente por conta de cruzamentos indesejados nos fluxos e acúmulo excessivo de pessoas no túnel de ligação entre CPTM e L4.

Para viabilizar a operação vigente, testada nos limites nos últimos anos, foi dada uma solução criativa a partir da reorganização da área de articulação dos acessos (Figura 94). Os bloqueios localizados nos túneis de ligação foram deslocados para a região das escadas no poço da Linha 4 e para a área de entrada no mezanino principal da Linha 1. Foi adicionada uma linha de bloqueios de contagem para o acesso à CPTM na galeria entre o acesso à Linha Amarela e o primeiro mezanino da estação ferroviária. Com este arranjo e o auxílio de barreiras móveis foi possível reorganizar os fluxos para um único sentido predominante, nos moldes de uma rotatória para automóveis. A solução se apresenta muito mais favorável para o desempenho dos fluxos, mas exige percursos mais longos e menos intuitivos dos usuários da Linha 4 no acesso à CPTM e da Linha 1 no acesso à Linha 4. É na galeria da CPTM que

ainda continuam as maiores restrições à movimentação de pessoas. No trecho interno à CPTM, após os bloqueios, o túnel precisa acomodar os fluxos nos dois sentidos para transferência entre a estação ferroviária e o Metrô. A presença da escada fixa para acesso ao segundo nível da galeria reduz a largura livre disponível, tornando este trecho o maior gargalo nos fluxos de transferência entre a estação ferroviária e as linhas de metrô. O trecho restante da passagem até o segundo mezanino, apesar de já receber uma parte reduzida dos passageiros, é prejudicado pelas lojas, que reduzem a largura disponível com seus espaços internos e podem acumular filas externas para algumas atividades¹¹².

A análise dos fluxos nas três estações, com dados reunidos do segundo semestre de 2016 e interpretados nesta pesquisa, indica algumas movimentações predominantes na rede. Na troca de passageiros entre Metrô e CPTM há na manhã um fluxo maior de saída da estação ferroviária para as linhas de metrô, situação que se inverte à tarde. Entretanto, nos dois períodos, a discrepância não é tão acentuada, existem movimentações significativas em ambos sentidos (c+d). Como a Luz se apresenta na configuração de estação terminal para a Linha 4, os principais movimentos entre as linhas de metrô são transferências com origem e destino no trecho norte da Linha 1. O trecho sul da linha pioneira pode ser atendido pelas transferências na estação República (Figura 98).

A três estações apresentam configuração de plataformas com embarque e desembarque independentes, o que favorece as circulações. As escadas são dispostas em número suficiente para os fluxos atuais. O principal

¹¹² Nas vistorias à estação em dezembro de 2016 foi observado que as lojas estão desocupadas.

ponto de atenção é a área mencionada nos túneis do nível de conexão entre as linhas. Os intervalos entre trens na estação da CPTM são bastante superiores aos das estações de metrô e sujeitos a atrasos com maior frequência, o que pode gerar o acúmulo de filas nos túneis para o embarque e nas plataformas. A interrupção da operação da linha 10 na estação Brás pela CPTM aliviou a movimentação geral na estação a partir de 2010, mas são necessárias novas intervenções para melhorar as condições de acesso entre as estações.

Figura 94 – Estação Luz – Planta completa da conexão no mezanino inferior e esquema dos fluxos no arranjo operacional atual. Montado pelo autor a partir dos projetos originais e da observação da operação na estação em dezembro de 2016 nas horas pico da manhã e da tarde.

Fonte: CMSP, 1976; CMSP, 2011; CPTM, 2005.
Montagem do autor.

Figura 95 - Estação Luz II – Projeto executivo: planta de implantação – reurbanização e paisagismo. Fonte: Arquivo CMSP, 2011.

Figura 96 - Estação Luz II – Projeto executivo: planta das plataformas. Fonte: Arquivo CMSP, 2011.

Figura 97 - Estação Luz II – Projeto executivo: corte longitudinal. Fonte: Arquivo CMSP, 2011.

LUZ

DIAGRAMA DOS FLUXOS PRINCIPAIS NA REDE (2016)

Fluxos predominantes

hora pico tarde

hora pico manhã

FLUXOS DE TRANSFERÊNCIA MAIS CARREGADOS

base: projeto funcional linha 4 amarela (1997)
previsão para 2000
dados invertidos para PICO TARDE

PICO TARDE
a = L4 → L1 sentido tucuruvi
b = L1 sentido jabaquara → L4 sentido butantã
c = L4 → CPTM
d = L1 → CPTM

PICO MANHÃ
e = CPTM → L4
f = CPTM → L1
g = L1 sentido jabaquara → L4 sentido butantã

DIAGRAMA DA CONFIGURAÇÃO ESPACIAL DA CONEXÃO

Figura 98 (p. anterior) - Diagrama de fluxos na estação Luz - 1/2. Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 99 (p. anterior) - Diagrama de fluxos na estação Luz - 2/2. Fonte: Elaborado pelo autor.

Fluxos na estação Luz (pico da tarde - 10/2016)

Estação	fluxo	%	fluxo de transferência	meios	qtd*	capacidade	taxa de utilização
Luz (L1 x L4 X CPTM)	L1 > L4 L1 > CPTM L4 > CPTM	50%	20.380	túnel de ligação	14	25.200	81%
	CPTM > L1 CPTM > L4 L1 > L4	47%	19.279	túnel de ligação	22	39.600	49%
	CPTM > L1 L4 > L1 L4 > CPTM	50%	20.263	túnel de ligação	16	28.800	70%
	CPTM x L1 e CPTM x L4	72%	29.215	galeria CPTM - trecho 1	14	25.200	116%
	CPTM x L1 e CPTM x L4	72%	29.215	galeria CPTM - trecho 2	9	12.960	225%
	CPTM x L4 e L1 x L4	60%	24.378	ER	7	34.650	
				EF	3	-	70%
		100%	40.640				

* quantidade em unidades para escadas rolantes e em canais de circulação de 0,60m para escadas fixas e corredores

** para o fluxo total foi adotada a distribuição dos lindeiros com as mesmas distribuições dos fluxos de transferência

desconsiderada uma escada rolante por plataforma e desprezadas as escadas fixas (desnível acima de 5,00m)

foi considerada a divisão em fluxos unidirecionais através de limitadores nos túneis (permite aumento de 25%)

não foi considerada a redução no fluxo por conta dos bloqueios de contagem, cruzamentos de fluxo e alterações operacionais no intervalo dos trens

Tabela 21- Tabela de fluxos na estação Luz. Fonte: Elaborado pelo autor.

3.7. Análise comparativa dos estudos de caso e considerações

Fluxos

Os dados gerais de demanda do segundo semestre de 2016, apresentados na *Tabela 13* do capítulo anterior, revelam uma distribuição geral bastante diferenciada de passageiros nas 6 estações de conexão. A primeira constatação é a baixa participação dos acessos externos em relação às transferências, representando em média pouco mais de 20% (*Gráfico 12*). A distribuição dos acessos lindeiros e integrações entre as estações é menos discrepante do que a de transferências. Os acessos da superfície estão relacionados ao entorno imediato da estação e às integrações com outros modos de transporte. São desvinculados das movimentações de transferência na rede, que podem existir em determinada estação apenas como ponto de passagem para atingir outros destinos. Se considerado o fluxo de conexão, Sé e Luz reúnem as maiores movimentações, acima de 350 mil passageiros por dia. Consolação-Paulista e República estão numa segunda faixa de demanda, acima de 200 mil passageiros diários. Ana Rosa e Paraíso tem movimentações abaixo de 200 mil pessoas por dia. É importante destacar que estas duas estações estão muito próximas na rede e atendem as mesmas linhas, o que acaba por dividir a demanda. Se fossem consideradas em conjunto como uma única estação, esta teria a terceira maior demanda entre os casos analisados.

Gráfico 12 - Demandas diárias nas estações de conexão. Elaborado a partir da Tabela geral de Fluxos nas estações.

Gráfico 13 - Taxa de utilização nos percursos críticos das estações na hora pico da tarde (10/2016)

Selecionado o percurso mais crítico na relação entre o fluxo de passageiros e a oferta de meios de acesso vertical e circulação horizontal. A partir de dados do segundo semestre de 2016 e do estudo apresentado no capítulo anterior. Fonte: Elaborado pelo autor.

A análise dos percursos críticos nas estações revela a taxa de utilização dos espaços físicos e dos meios de acesso vertical nas horas mais carregadas. Índices acima de 100% indicam restrições ao fluxo considerado como normal a partir dos critérios adotados nesta pesquisa. Implicam, portanto, em quedas no nível de serviço. É notável que a estação Sé, que atende as maiores demandas, apresenta menor taxa de utilização entre as demais. Isto é reflexo do seu dimensionamento inicial para grande capacidade de atendimento, do arranjo com independência de fluxos e da grande oferta de meios de circulação. Ana

Rosa e Paraíso, como comentado, dividem as demandas do trecho, o que torna sua taxa de utilização ainda satisfatória nos padrões atuais. As restrições nos percursos identificados, que as aproximam da faixa de 100%, reservam atenção. A estação República atende em condições satisfatórias boa parte dos fluxos no amplo mezanino de integração, mas tem como trecho crítico o percurso nos meios de circulação vertical da plataforma sentido Butantã, apontado no capítulo anterior. Consolação-Paulista e Luz apresentam as situações mais desfavoráveis entre as análises. No caso da ligação entre a Linha 2 e Linha 4, todos os fluxos de transferência se utilizam do percurso crítico nos túneis, com níveis de serviço aquém do satisfatório. Na Luz, a estrutura conectada por túneis ligando 4 linhas de alta capacidade apresenta diversos pontos de saturação, sobretudo na conexão com a CPTM.

É importante ressaltar que a análise dos fluxos apresentada nas estações se restringiu às estruturas físicas que constituem os espaços de transferência. Os resultados, portanto, indicam o atendimento à passagem de pessoas entre as plataformas de cada linha nas estações ao longo das horas de pico. Os dados de passageiros por hora não representam com extrema fidelidade o real movimento de pessoas, que não acontece uniformemente distribuído ao longo deste intervalo. Os fluxos de transferência reais estão vinculados às entradas e saídas dos trens e, portanto, são intermitentes, concentrando números mais elevados de pessoas em intervalos reduzidos. Além disso, não aparece na análise desta pesquisa o efeito de eventuais atrasos nos trens e da superlotação das composições, que podem impedir parte dos embarques e gerar acúmulos de pessoas nas plataformas e em outros trechos da estação. Portanto, é importante considerar que não é suficiente para um adequado desempenho das estações apenas o correto dimensionamento dos espaços e meios necessários para os fluxos de transferência. É fundamental que

o sistema de transporte tenha condições operacionais de dar vazão aos fluxos nas plataformas.

A análise conjunta da movimentação interna de passageiros nas estações de conexão confirma a expectativa geral de movimentação pendular na rede, com deslocamentos das áreas periféricas para o centro na manhã e no sentido inverso à tarde. Se consideradas Ana Rosa e Paraíso como um ponto, as 6 estações conformam dois polígonos centrais na rede atual, um trapézio e um triângulo (Figura 100). Como apresentados no capítulo anterior, boa parte dos fluxos predominantes internos às estações de conexão em funcionamento pode ser entendida a partir da movimentação pendular descrita e de deslocamentos nos tramos centrais a partir das alternativas de percurso oferecidas nas arestas destes polígonos, para acesso às estações de conexão e demais estações centrais. Os trechos de linha que configuram estas arestas operam como uma grande rotatória central com fluxos nos dois sentidos, cumprindo a função de *loop* descrita no capítulo 1.

Na expansão da rede de metrô devem ser formados novos polígonos e pontos de articulação, oferecendo alternativas ao circuito central existente. Hoje este papel de articulação na rede de alta capacidade fora destes polígonos centrais é realizado parcialmente pelos encontros das linhas de metrô com a CPTM, principalmente nas estações Santo Amaro, Pinheiros, Barra – Funda, Brás, Tatuapé e Tamanduateí, caracterizadas também por altas demandas de passageiros¹¹³.

Figura 100 – Rede em operação na RMSP e os polígonos centrais. Fonte: elaborado pelo autor.

¹¹³ Estão entre as 10 estações de maior movimento na rede de metrô, se consideradas as demandas de embarque por entradas externas ou integração com a CPTM. Disponível em

<<http://www.metro.sp.gov.br/index.aspx?aspxerrorpath=/metro/numeros%C2%ADpesquisa/demanda.aspx>>. Consultado em 18 set. 2016.

Arquitetura da conexão

Nos estudos de caso foram realizadas investigações baseadas principalmente em informações obtidas a partir da leitura dos projetos nas suas diferentes fases e escalas (planos de rede, projetos funcionais, projetos básicos e executivos). Portanto, podem constar imprecisões pontuais no histórico apresentado, o que, no entanto, não deve comprometer o entendimento geral e as principais reflexões.

Nota-se que os projetos foram desenvolvidos por equipes multidisciplinares e transformados nas etapas de detalhamento ao longo dos anos. É então necessário relativizar a responsabilidade isolada do projeto de arquitetura ou de profissionais específicos pelo resultado construído. As estações concebidas por Fragelli (2010) fizeram parte de uma conjuntura muito específica de condensação de todas as equipes e escalas de projeto num único consórcio, o que deu margem a um pensamento de caráter mais autoral para uma linha inteira. Ainda assim, o próprio arquiteto relata que não foram poucas as situações em que as intenções iniciais foram descaracterizadas (FRAGELLI, 2010).

Um aspecto central evidenciado no estudo destas estações de conexão é a relação direta entre o desenho do traçado das vias enterradas e o projeto da edificação da estação. A geometria definida para os túneis dos trens e o arranjo espacial para articulação entre as linhas foram as principais determinantes no desenvolvimento da arquitetura destas estações. A partir da solução das plataformas são planejados os demais espaços.

Na *Tabela 22* é apresentada a classificação das estações segundo a

configuração espacial da conexão: estruturas conectadas (túneis e galerias) ou estrutura compartilhada (mezaninos); e vias contíguas ou separadas verticalmente¹¹⁴.

	estrutura compartilhada	estruturas conectadas
vias separadas verticalmente	Sé República	Consolação-Paulista Luz
vias contíguas	Ana Rosa Paraíso*	

Tabela 22 - Classificação das estações a partir da configuração espacial da conexão.

* A estação paraíso apresenta também vias separadas verticalmente. Fonte: Elaborado pelo autor.

No caso específico das conexões entre linhas é necessário considerar etapas distintas de implantação, que podem estar separadas por décadas. Apenas duas das seis estações analisadas tiveram a construção integral dos seus espaços em uma única etapa para as duas linhas: Sé e Paraíso. Nas demais estações a construção foi realizada em fases separadas, ainda que tenham sido previstas estratégias e reservados espaços construídos parcialmente para a conexão futura. A configuração espacial resultante na conexão pode ser atribuída também em grande parte ao processo de planejamento e ao desenvolvimento das fases de implantação. Nota-se que as estações foram executadas numa fase única apresentam estrutura compartilhada: Sé e Paraíso. As outras duas estações com estrutura compartilhada, Ana Rosa e República, se utilizaram de estruturas previamente construídas para esta configuração. Os dois casos de

¹¹⁴ A partir da classificação apresentada por Fernandes (2012).

estruturas conectadas são resultantes de alterações significativas ao longo do período de planejamento e implantação. Na Consolação-Paulista, mudanças no traçado da rede a tornaram o ponto de conexão, exigindo ligar duas estações distantes numa área com restrições significativas para as obras de escavação. Na Luz, para uma melhor aproximação com a estação Ferroviária, foram desprezadas as diretrizes de compartilhamento com o mezanino preexistente.

Tabela 23 – Extensão do percurso de conexão entre plataformas.

Foi adotado o percurso entre centros de plataformas para os casos mais críticos. Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 24 – Tempo no percurso de conexão entre plataformas.

Foi adotado o percurso entre centros de plataformas para os casos mais críticos. Fonte: Elaborado pelo autor.

As velocidades simulam condições normais de operação. Não estão considerados os tempos de espera ou redução crítica da velocidade nas estações que podem ocorrer na hora pico.

Velocidade horizontal 1,0 m/s. É a velocidade adotada na norma NFPA (2014) para deslocamentos horizontais em locais desobstruídos (mezaninos, etc.). Abaixo da velocidade de caminhada média livre: 1,35 m/s (FRUIN, 1971).

Velocidade nas escadas rolantes 0,25m/s no percurso vertical. Velocidade nas escadas fixas 0,27 m/s e 0,36 m/s no percurso vertical para subida e descida, respectivamente.

A comparação entre a extensão média do percurso de conexão nas estações indica correspondências com o partido adotado na organização espacial de cada caso (Tabela 23). As estações que apresentam *estruturas conectadas* exigem os maiores percursos, Consolação – Paulista e Luz. As demais estações, que apresentam *estrutura compartilhada*, tem arranjos distintos. Na Sé, as plataformas das duas linhas se encontram em cruz pelo eixo central e estão em níveis imediatamente sobrepostos, o que diminui deslocamentos horizontais e verticais. Para Ana Rosa e Paraíso as condições são semelhantes, com plataformas alinhadas horizontalmente, em nível no primeiro caso e parcialmente sobrepostas no segundo. A Ana Rosa exige dois deslocamentos verticais para todos os percursos de conexão, através do mezanino superior, condição também existente na Paraíso para os percursos mais críticos. A estação República apresenta os maiores percursos entre os casos de estrutura compartilhada, o que se deve à configuração em “T” no encontro das linhas e à necessidade de dois deslocamentos verticais através do mezanino intermediário entre os níveis das plataformas.

A estimativa do tempo dispendido nestes percursos, em conjunto com a análise anterior, permite uma maior sensibilidade do impacto das soluções de arquitetura dos espaços de conexão no cotidiano dos passageiros (Tabela 24). Na simulação do tempo de percurso foi adotada uma velocidade média de caminhada inferior ao padrão natural médio desimpedido, considerando condições de operação normal em horários de pico com alto fluxo. Foram considerados desobstruídos os meios de circulação vertical, bloqueios e outras interferências. Dessa forma, a principal componente do tempo total é a distância horizontal percorrida, o que levou a resultados bastante semelhantes em relação à análise anterior. O caso que foge à esta consideração é a conexão entre Linha 4 e CPTM na Luz, onde o desnível é de aproximadamente 22m

entre as plataformas do metrô e o mezanino de transferência.

Métodos construtivos

Os métodos construtivos adotados nas estações subterrâneas analisadas também foram determinantes fundamentais. Tanto para o raciocínio projetual nas etapas de planejamento e concepção quanto para o resultado edificado. As estações que apresentam a solução dos espaços de conexão com *estrutura compartilhada* foram executadas a partir de métodos de escavação a céu aberto. Na Sé e República foram abertas as grandes valas das estações à espera da passagem das tuneladoras para escavação das vias. Em Paraíso e Ana Rosa, os espaços das estações foram em grande parte resultantes do processo de escavação que viabilizou o traçado das linhas, executado inteiramente a céu aberto no trecho. Este também foi o caso da primeira fase da estação Luz, construída para a Linha 1. Na estação Consolação-Paulista, caracterizada por *estruturas conectadas*, foram utilizados métodos de escavação com predomínio de túneis em NATM e poços ou valas de acesso. A solução da Luz, entendida como o conjunto das três estações, também pode ser classificada como *estruturas conectadas*, onde foram empregados todos os métodos construtivos citados.

A escavação a céu aberto permite grandes áreas de projeção horizontal com maior facilidade em relação aos túneis em NATM. Nas estações de estrutura compartilhada, escavadas a céu aberto, os espaços de conexão apresentaram maior amplitude, maior oferta de meios de circulação vertical e melhor desempenho funcional. É interessante notar que, nestes casos, as grandes dimensões dos mezaninos de conexão foram projetadas a partir do aproveitamento do espaço escavado necessário para viabilizar as plataformas

nos níveis mais baixos.

A análise comparativa entre as áreas construídas das estações (Gráfico 14) revela uma correspondência direta com as demandas atendidas (Gráfico 12). A distribuição corresponde às mesmas faixas para as estações. Portanto, se analisada a relação área construída total / demanda atendida, os índices são bastante equilibrados. A exceção é a estação República, que apresenta 5 pavimentos principais construídos a partir da projeção das plataformas da Linha 3, o que indica uma maior oferta de área construída em relação à demanda, aproximando-se da área total construída na estação Sé.

A área de projeção total é um indicador do impacto da escavação na superfície para implantação das estações (Gráfico 15). Para os casos da Ana Rosa, Paraíso, Sé e Luz a relação das áreas de projeção com as áreas construídas é bastante equivalente, em torno de um terço, correspondentes ao aproveitamento médio de três níveis principais. Na república, a escavação acomoda 5 níveis principais, o que altera esta relação. Na estação Consolação Paulista é notável a reduzida área de escavação superficial. Se consideradas as projeções dos túneis em NATM, entretanto, se apresenta como a segunda estação com maiores áreas. É resultado da grande extensão dos túneis que foram necessários para conectar estações distanciadas no encontro dos traçados das linhas. Na *Figura 101* está representado o conjunto das estações com indicação do perímetro das áreas de escavação principal na mesma escala, o que permite uma comparação visual direta.

Gráfico 14 - Área construída total nas estações. Fonte: CMSP, 2016.

Gráfico 15 - Área de projeção nas estações. Áreas de projeção dos túneis em NATM na cor clara. Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 101 – Áreas de projeção da escavação principal das estações.

Previsibilidade da conexão

A análise dos casos também revelou a importância do projeto funcional das linhas e do planejamento da rede de transportes. As principais decisões tomadas nestas etapas podem restringir significativamente o desenvolvimento dos projetos até a execução. Em geral, é a partir do projeto funcional que são gerados os Estudos de Impacto Ambiental (EIA-RIMA) e o Decreto de Utilidade Pública (DUP). É na etapa de definição do DUP que são mapeados todos os lotes que serão desapropriados para viabilizar a implantação do traçado e estações. Portanto, apesar do projeto funcional se configurar como uma primeira aproximação do problema, já definirá um caminho com poucas chances de retorno, impondo significativas restrições ao desenho das etapas subsequentes de projeto.

Nos casos estudados a previsibilidade da conexão permitiu a reserva de áreas com a qualidade de mezanino compartilhado nas primeiras fases de execução, à espera da segunda etapa de implantação. Beneficiaram-se deste processo as estações Sé, Ana Rosa, Paraíso e República, ainda que com uma significativa intervenção no último caso. A estação Consolação-Paulista se configurou a partir de uma estrutura preexistente, mas na forma de túneis de longa extensão. Na Luz, foi fundamental o salão de integração construído previamente para a primeira linha, ainda que a configuração geral final seja de estruturas conectadas, exigindo longos percursos dos passageiros.

As principais dificuldades enfrentadas nas etapas posteriores para conexão com as estações existentes foram materializadas na implantação das três estações da Linha 4 – Amarela. O intervalo de décadas entre as fases implicou em alterações na concepção dos métodos construtivos das estações e vias, assim como no próprio traçado da linha. O baixo ritmo de expansão que vem sendo empregado na rede permite revisões constantes do planejamento,

descartando planos anteriores, o que pode acabar resultando na imprevisibilidade das estações de conexão. Isso já acontece nas linhas em implantação. A nova estação Santa Cruz, em processo de execução para a Linha 5 – Lilás se conecta à estação da Linha 1 – Azul, que não foi planejada para esta função. A mesma situação acontece na São Joaquim, no encontro da nova Linha 6 – Laranja com a edificação existente da Linha 1, que ainda terá a função de terminal para a primeira fase de implantação, sobrecarregando a sua utilização.

Superfície

As aberturas de comunicação entre os espaços subterrâneos e a superfície podem ser determinantes na habilidade dos espaços resultantes. Para os espaços enterrados, as aberturas podem permitir o acesso de pessoas, equipamentos, luz e ventilação. Edwards (1997) comenta como algumas das principais transformações recentes na concepção de estações de integração internacionais tem sido atreladas ao esforço em levar luz natural aos níveis mais profundos. Este partido foi também determinante nas estações analisadas em São Paulo, entretanto com resultados desiguais. Nas áreas livres da superfície as aberturas, quando elevadas como torres ou configuradas como claraboias com a proteção de canteiros elevados, acabaram fragmentando os espaços. A opção mais desejável seria a de aberturas como grelhas no piso exclusivas para ventilação natural (caso das estações da Av. Paulista e da estação República). Ou então aberturas que permitam visuais desde o nível da superfície para as áreas internas da estação, configurando-se como marquises para os espaços

públicos externos¹¹⁵.

Figura 102 - Esquemas de ventilação e iluminação para estações enterradas.

A – Torre aflorada

B – Clarabóias e/ou canteiros elevados

C – Grelhas no piso

D – Aberturas cobertas / marquises

A partir da análise dos estudos de caso é possível fazer uma consideração sobre o processo de recomposição da superfície nas áreas diretamente afetadas pela implantação das estações. Os métodos destrutivos de escavação em valas a céu aberto exigiram a desapropriação de áreas muito maiores e tornaram o empreendimento de execução das estações o responsável direto pela recomposição de grandes extensões da superfície. Dessa forma, apesar do impacto mais significativo na ocupação urbana existente, houve uma oportunidade de reconstrução pontual da cidade, realizada em conjunto com o município através da figura da EMURB. Os métodos não destrutivos das construções mais recentes, de baixo impacto na superfície (como os utilizados nas estações Consolação – Paulista e Luz II – Linha 4) acabaram na prática por desvincular o empreendimento do metrô de intervenções mais significativas no chão da cidade. Se, por um lado, os métodos não destrutivos podem ser favoráveis à agilidade de implantação das linhas e estações, por outro, podem permitir uma postura tímida da intervenção, deixando de lado ações complementares de reorganização das infraestruturas e qualificação dos espaços públicos, presentes nas primeiras estações da CMSP.

Anelli (2007) analisa a atuação conjunta da EMURB com o Metrô na década de 1970, que pretendia criar corredores de adensamento demográfico associados à rede de transporte:

“A estratégia urbanística foi conceber o Metrô como o estruturador dessa ação em escala metropolitana, constituída por uma sequência de intervenções que formam um sistema aberto para a sua expansão e renovação. Portanto, tanto a macro escala da rede, como os recortes em

¹¹⁵ Caso existente, por exemplo, nas estações Vila Prudente, Marechal Deodoro e Santa Cecília.

escala menor das intervenções de reurbanização, são objetos de um mesmo raciocínio arquitetônico sobre o urbano. Idéia estranha para as gerações mais novas, que se acostumaram a contrapor as duas escalas para valorizar a importância do local contra qualquer idéia de plano em macro escala.” (ANELLI, 2007, p. 6)

Heck (2005) demonstra que o principal objetivo da EMURB neste período era reverter ao poder público os ganhos de valorização imobiliária advindos da implantação do sistema. Ao desapropriar grandes áreas no entorno das linhas e estações, em conjunto com a CMSP eram planejadas reurbanizações que permitissem retornos financeiros para amortizar parte dos custos de implantação da rede. Considerado este aspecto e a ponderação de Anelli (2007), ainda que não caiba exclusivamente ao Metrô a tarefa de qualificação dos espaços públicos e infraestruturas afetados pelos empreendimentos, a atuação da CMSP pode ser estruturadora e articuladora destas intervenções em conjunto com os órgãos públicos municipais e estaduais. No caso específico das estações de conexão, que podem exigir áreas escavadas superiores às demais, retificações localizadas podem ser vistas como oportunidades de reorganizações pontuais da cidade.

Considerações finais

No desenvolvimento do primeiro capítulo foi possível esboçar um olhar mais abrangente sobre as estações de conexão na Região Metropolitana de São Paulo. A partir da investigação na escala do planejamento da rede de transportes foram ensaiados cenários para as demandas nas estações e levantados parâmetros e indicadores essenciais para o desenho futuro desta rede. A investigação revelou a complexidade do tema e parte das limitações desta pesquisa. No entanto, algumas reflexões foram fundamentais para uma análise crítica da situação atual na escala do projeto das edificações de conexão.

Foi possível identificar um importante dilema de escolha para os modelos possíveis de rede futura, se considerados níveis de investimento equivalentes. Um modelo mais restrito à área central, nos moldes da *Rede Densa*, apresenta um número maior de linhas concentradas e, portanto, um número significativamente superior de conexões, o que permite uma melhor distribuição das demandas nestas estações. Por outro lado, uma rede mais abrangente, nos moldes da *Rede Aberta*, ao privilegiar o atendimento às diversas áreas da região metropolitana deve apresentar desempenho superior no que diz respeito à mobilidade urbana, com aumento da taxa de mobilidade e redução no tempo médio de viagem, o que é fundamental para os grandes deslocamentos. Também deve diminuir o diferencial de acessibilidade entre as localizações, contribuindo para o processo de homogeneização do espaço.

As considerações do capítulo inicial indicam que, seja qual for o modelo de expansão da rede, deverá trazer maior complexidade à configuração atual, que está muito aquém das necessidades de São Paulo. A expansão deve inaugurar novos pontos de conexão, o que contribui para a distribuição das demandas com esperada redução na sobrecarga das estações. No entanto, esse

enunciado só será válido a partir de um estágio mais avançado da expansão, no qual já esteja configurada uma rede de proporções compatíveis com a RMSP e, ainda assim, nas estações de conexão continuarão sendo exigidas capacidades de atendimento superiores às demais. Na etapa inicial de expansão que se encontra a rede de alta capacidade de São Paulo o efeito pode ser o inverso. Ao prolongar linhas existentes e estabelecer novos pontos de captação de demanda, parte das estações de conexão deve receber um acréscimo significativo de passageiros. Com os baixos ritmos de construção que vem sendo adotados esta situação crítica pode se estender por décadas.

No segundo e no terceiro capítulo foram investigadas as estações de conexão entre linhas metroviárias a partir da escala das edificações. Foram estudados os projetos nas diferentes fases, dos estudos preliminares e projetos funcionais aos projetos executivos. Foi também analisada a configuração final dos espaços de conexão e as condições gerais de atendimento aos principais fluxos de passageiros. Este percurso de investigação permitiu algumas constatações.

Ficou evidente a relação direta entre o desenho da articulação espacial dos traçados das linhas na rede e a solução consolidada nas edificações das estações. Também é notável a discrepância entre as estações configuradas por uma estrutura conjunta compartilhada na forma de mezaninos de transferência e as soluções com estruturas conectadas a partir de túneis ou galerias. As estruturas compartilhadas apresentaram um desempenho mais favorável para os fluxos principais, com espaços mais amplos e percursos reduzidos na conexão. No entanto, exigiram obras de escavação com maior interferência na superfície. Para viabilizar os espaços compartilhados foi determinante a construção, já na primeira etapa, de estruturas adicionais à espera da chegada das linhas futuras.

A previsibilidade da conexão na rede é um aspecto essencial para um projeto de edificação adequado às distintas fases de implantação. O baixo ritmo de expansão da rede abre a possibilidade para revisões constantes no seu planejamento, o que pode acarretar no descarte de conexões previstas ou na necessidade de adaptação de estações que não foram planejadas para esta função. Para evoluções significativas no resultado das estações de conexão faz-se necessário um plano consolidado de rede que considere diretrizes na escala das edificações e que seja implantado em ritmo muito superior ao atual, adequado às necessidades da Região Metropolitana de São Paulo.

Referências

ANELLI, Renato. *Urbanização em rede: os Corredores de Atividades Múltiplas do PUB e os projetos de reurbanização da EMURB (1972-82)*. São Paulo, Revista Vitruvius, Ano 08, 2007.

ANELLI, Renato; SEIXAS, Alexandre. Arquitetura, cidade e transportes. *Revista Arquitetura e Urbanismo*, São Paulo, n. 166, 2008.

ARTIGAS, Rosa (Org.) *João Walter Toscano*. São Paulo: UNESP, 2002.

ASSMANN, Plínio. O paradigma é o próprio Metrô. *Revista Brasil Engenharia*, São Paulo, n. 617, 2013.

BB&J CONSULT. *Estúdio Comparativo de Las Redes de Cercanías Ferroviárias em Cinco Grandes Ciudades Europeas, Paris, Londres, Madrid, Milan, Berlin*. Madri, Ministério de Obras Públicas y Transportes (MPOT), 1993.

BLOW, Christopher J. *Transport terminals and modal interchanges: planning and design*. Oxford, Architectural Press, 2005.

BARTALINI, Vladimir. *Praças do metrô: Enredo, Produção, Cenário, Atores*. São Paulo, FAUUSP, 1988. [Dissertação de Mestrado]

CARRILHO, Marcos José. *A modernização da Estação da Luz*. São Paulo, Revista Vitruvius, Ano 01, 2001.

COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO. Relatório de sustentabilidade 2014. São Paulo: Companhia do Metropolitano de São Paulo, 2015.

COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO. *Subterrâneo – Tipos de construção*. São Paulo, CMSP, 2016. Disponível em

<<http://www.metro.sp.gov.br/tecnologia/construcao/subterraneo.aspx>>. Acesso em: 15 out. 2016.

COMPANHIA PAULISTA DE TRANSPORTES METROPOLITANOS. *Nossa História*. São Paulo, CPTM, 2016. Disponível em: <<http://www.cptm.sp.gov.br/a-companhia/Pages/Nossa-Historia.aspx>>. Acesso em: 12 dez. 2016.

COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO. *Metrô de São Paulo: Rede Essencial – Trechos Prioritários / Metrô*. São Paulo, CMSP, 2006.

COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO. *Pesquisa de Mobilidade 2012 da Região Metropolitana de São Paulo – Principais Resultados*. São Paulo, CMSP, 2013.

COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO. *Pesquisa Origem e Destino 2007 da Região Metropolitana de São Paulo (OD 2007) – Síntese das informações*. São Paulo, CMSP, 2008.

COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO. *Linha 4 – Amarela. Estação Luz. Estudo de alternativas de localização da Estação Luz.*. São Paulo, CMSP, 1998.

COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO. *Metrô de São Paulo: Linha 4 – Amarela, Morumbi-Luz: projeto funcional*. São Paulo, CMSP,

1997.

COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO. *Fontes alternativas de captação de recursos para a construção de novas linhas de Metrô*. São Paulo, CMSP, 1989.

COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO. *Evolução Da Rede Básica Do Metrô / 1968-1985*. São Paulo, CMSP, 1986.

COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO; Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos. *Terceira linha do Metrô de São Paulo: estudo de viabilidade técnico - econômico - financeira*. São Paulo, CMSP, 1980.

COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO. *Estação República – Anteprojeto*. São Paulo, CMSP, 1976.

COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO. *Estação República – Estudo preliminar de localização*. São Paulo, CMSP, 1975.

DEÁK, Csaba. Elementos de uma política de transportes para São Paulo. In: DEÁK, Csaba e SCHIFFER, Sueli Ramos (org.). *O Processo de Urbanização no Brasil*, São Paulo, Edusp, 1999.

DEÁK, Csaba. *Rent Theory and the Price of Urban Land: Spatial Organization in a Capitalist Economy*. Cambridge, King's College, Cambridge University, 1985. [tese de doutorado]

DEÁK, Csaba. À Busca das Categorias da Produção do Espaço. São Paulo, FAUUSP, 2001. [Memorial de Livre Docência]

DERRIBLE, Sybil & KENNEDY, Christopher. *Characterizing metro network: state, form, and structure*. Washington, Transportation 37, 2010.

EDWARDS, Brian. *The modern station: new approaches to railway architecture*. Londres, E & FN Spon, 1997.

EDWARDS, Brian. *Sustainability and the Design of Transport Interchanges*. Londres, Taylor & Francis e-Library, 2011.

FERNANDES, Bruno Ribeiro. *Transformações das estações ferroviárias com o advento da integração com a rede do metrô em São Paulo*. São Paulo, FAUUSP, 2012. [tese de doutorado]

FERNANDES, Manuel Matos. *Mecânica dos solos. Introdução à engenharia geotécnica*. Portugal, Feup Edições, 2011.

FERNANDO, Leyser Gonçalves. *O concreto projetado reforçado com fibras de aço como revestimento de túneis*. São Paulo, EPUSP, 2001. [dissertação de mestrado]

FERREIRA, Luiz A. *A incorporação de empreendimentos associados às etapas de planejamento e concepção de novas linhas de Metrô*. In: 13º Congresso de transporte e trânsito – ANTP, Porto Alegre, 2001.

FRAGELLI, Marcello Accioly. *Quarenta anos de prancheta*. São Paulo, Romano Guerra, 2010.

FRUIN, John J. *Pedestrian planning and design*. New York, Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners, 1971.

GABARRA, Murilo. *Industrialização e padronização para expansão da rede de Metrô de São Paulo*. São Paulo, FAUUSP, 2016. [dissertação de mestrado]

GARCIA, Moreno Zaidan. *Rede de transporte de massa e espaço urbano: um ensaio de traçado para São Paulo à luz das experiências de Londres e Paris*. São Paulo, FAUUSP, 2014. [dissertação de mestrado]

GARCIA, Moreno Zaidan. Sistemas de monotrilho como transporte de massa: considerações a respeito de um novo modo de transportes para São Paulo. Revista ANTP, São Paulo, Ano 37, 2014.

GARRIDO, Juan. Projeto Integração Centro. *Revista Engenharia*, São Paulo, n. 563, p. 36, 2008.

GOLOMBEK, Patrícia. *Caetano de Campos: A Escola que Mudou o Brasil*. São Paulo, EDUSP, 2016.

GUTIERRES, Dionísio Matrigani Mercado. *Análise da evolução do comportamento da demanda por transportes associada à implantação de estações de Metrô*. São Paulo, EPUSP, 2013. [dissertação de mestrado]

GUTIERRES, Dionísio M; SANTOS, Leonardo C. *A influência da conectividade na configuração da rede metroviária e no desenvolvimento da cidade*. In: 20ª Semana de tecnologia metroviária - AEAMESP, São Paulo, 2014.

HECK, Eneida Regina Belluzzo Godoy. *A EMURB como instrumento de planejamento urbano em São Paulo 1971-2001*. São Paulo, FAU-USP, 2005. [dissertação de mestrado]

HIGHWAY CAPACITY MANUAL 2000. *Transportation Research Board*. Washington D.C., National Research Council, 2000.

HOCHTIEF, MONTREAL, DECONSULT - HMD. *Metrô de São Paulo – Sistema integrado de transporte rápido coletivo da cidade de São Paulo*. São Paulo, HMD, 1968.

ISODA, Marcos Kiyoto de Tani e. *Transporte sobre trilhos na região metropolitana de São Paulo: estudo sobre a concepção e inserção das redes de transporte de alta capacidade*. São Paulo, FAUUSP, 2013. [dissertação de mestrado]

ITALIANI, Rafael. Estado planeja novo túnel para ligar estações na Paulista. *O Estado de S. Paulo*, São Paulo, 10 mar. 2016.

LEITE, Ricardo; SAWADA, Katumi. *Linha 4 – Amarela. Nova configuração das estações*. In: AEAMESP, São Paulo, 1995.

LIMA Jr., Alberto Benedito de. A Linha 4 – Amarela chegando na Estação República: reforma, ampliação e transferência de cargas. *Revista Brasil Engenharia*, São Paulo, n. 594, 2009.

LONGO, Marlon Rubio. *Hub de mobilidade e o projeto urbano: ações urbanísticas e infraestrutura de transporte na metrópole de São Paulo*. São Paulo, FAUUSP, 2015. [dissertação de mestrado]

MEEKS, Carroll L. V. *The Railroad station: an architectural history*. New Haven, Yale University Press, 1964.

MELENDEZ, Adilson. Meire Selli e João Walter Toscano: Interligação de estações na Luz, São Paulo-SP. *Revista Projeto Design*, São Paulo, n. 302, 2005.

MORI, Klara Kaiser. *Brasil, Urbanização e Fronteiras*. São Paulo, FAUUSP, 1996. [tese de doutorado]

MORI, Klara Kaiser. *Pensar o espaço brasileiro*. São Paulo, FAUUSP, 2015. [memorial de livre docência]

MORI, Klara Kaiser. *Rede de Metrô 2010: Parâmetros Espaciais*. São Paulo, Cia do Metropolitano, 1992.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION: NFPA130: *Standard for Fixed Guide-way Transit and Passenger Rail Systems*. Quincy, NFPA, 2014.

NIGRIELLO, Andreína. A expansão da rede de metrô em São Paulo. *Revista dos transportes públicos – ANTP*, São Paulo, ano 21, 1999.

NIGRIELLO, A. ; OLIVEIRA, R.H. . A rede de transporte e a ordenação do espaço urbano. *Revista dos Transportes Públicos*, São Paulo, v. 133, p. 101-122, 2013.

NIGRIELLO, Andreína; OLIVEIRA, Rafael. *Por que se está usando mais o automóvel nas áreas periféricas? Espacialização das dinâmicas associadas a mobilidade da população da Região Metropolitana de São Paulo*. In: AEAMESP, São Paulo, 2014.

PINHO, Marcio. *Metrô diz que ligação entre Paulista e Consolação não atingiu superlotação*. São Paulo, Portal G1, 05 de set 2013. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2013/09/metro-diz-que-ligacao-entre-paulista-e-consolacao-nao-atingiu-superlotacao.html>>. Acesso em 15 ago 2016.

PONTES, Fabio Martini. *Diretrizes de projeto para a ampliação da rede de metrô de São Paulo*. São Paulo, FAUUSP, 2010. [trabalho final de graduação]

SECRETARIA DOS TRANSPORTES METROPOLITANOS DO ESTADO DE SÃO PAULO. *PITU 2020 – Plano Integrado de Transportes Urbanos para 2020*. São Paulo, STM, 2000.

SECRETARIA DOS TRANSPORTES METROPOLITANOS DO ESTADO DE SÃO PAULO. *PITU 2025: Plano Integrado de Transportes Urbanos para 2025*. São Paulo, STM, 2006.

SECRETARIA DOS TRANSPORTES METROPOLITANOS DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Atualização da Rede Metropolitana de Alta e Média Capacidade de Transporte da RMSP*. São Paulo, STM, 2013.

SECRETARIA DOS TRANSPORTES METROPOLITANOS DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Cenários de desenvolvimento urbano – relatório síntese*. São Paulo, STM, 2013.

SECRETARIA DOS TRANSPORTES METROPOLITANOS DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Relatório monitoramento da demanda 2011-2014*. São Paulo, STM, 2015.

SHIN, Dong-Jun. *O metro vem correndo....* São Paulo, Cosac Naify, 2010.

SORT, Jordi Julià. *Redes Metropolitanas*, Barcelona, Gustavo Gili, 2006.

STOILOVA, Svetla; STOEV, Veselin. An application of the graph theory which examines the metro networks. *Transport Problems*, Bulgaria, V.10, 2015.

TERRA, Ulisses Demarchi Silva. *Arquitetura em espaços de fluxo. Modelagem e simulação em estações metroviárias e espaços de multidão*. São Paulo, FAU-USP, 2014. [dissertação de mestrado]

TERZAGHI, Karl von. *Theoretical Soil Mechanics*. New York, John Wiley and Sons, 1943.

TOSCANO, João Walter; ARTIGAS, Rosa org. *João Walter Toscano*. São Paulo, Ed. UNESP, 2002.

TRANSPORT FOR LONDON. *Station public realm: design guidance*. London, TFL, 2015.

TRANSPORT FOR LONDON. *Station planning standards and guidelines*. London, TFL, 2012.

VASCONCELOS, E. A. *Transporte Urbano nos Países em Desenvolvimento*. São Paulo, Editora Unidas, 1996.

VALLE, Caio do. Metrô terá 2º túnel para ligar as Estações Paulista e Consolação. *O Estado de S. Paulo*, São Paulo, 09 out 2013.

VUCHIC, Vukan. *Urban Transit: Systems and Technology*. Hoboken, John Wiley & Sons, 2007.

VUCHIC, Vukan. *Urban Transit: Operations, Planning and Economics*. Hoboken, John Wiley & Sons, 2005.

Anexos

Índices de mobilidade motorizada						
	Singapura	Hong Kong	Londres	Nova Iorque	Toquio (23 W)	RMSP*
Metrô e trens urbanos	0,42	0,57	0,35	0,53	0,96	0,22
Metrô Leve	0,02	0,09	0,04	-	0,01	
Ônibus	0,64	0,53	0,41	0,23	0,06	0,47
Outros**		0,31				
Total coletivo	1,08	1,50	0,80	0,76	1,03	0,69
Total individual	0,70	0,33	1,12	1,14	0,54	0,80
Total motorizado	1,78	1,83	1,92	1,90	1,57	1,49

Fonte: *Key Transport Statistics of World Cities - Revista JOURNEYS*, Novembro 2012.

e compilação de dados: MTR, Transport for London, NY Department of transportation, SMRT Corporation, Tokyo Metro Co.

* Pesquisa Mobilidade 2012

** Dado acrescentado: ônibus especiais, ferry

Anexo 1 - Índices de mobilidade motorizada

Transporte sobre trilhos em outras cidades
Indicadores gerais

	Singapura	Hong Kong	Londres	Nova Iorque	Toquio (23W)	RMSP (CPTM)*	RMSP (Metrô)*	RMSP*
População (milhões)	5,31	7,14	8,17	8,24	8,97	20,01	20,01	20,01
Área (ha)	71.910	110.600	157.800	79.000	62.190			166.000
Densidade	73,8	64,6	51,8	104,3	144,2			120,5
participação dos trilhos**	23,5%	31,1%	18,2%	27,9%	61,1%	6,2%	9,4%	15,6%
Km trilhos / milhão hab	33,5	30,6	53,3	45,3	33,9	14,74	3,70	18,44
km trilhos	177,9	218,5	435,5	373,3	304,1	295	74	369
Viagens/dia (milhões)	2,23	4,07	2,40	4,37	8,61	2,13	3,22	5,35
passageiros /km linha	12.537	18.627	6.567	11.700	28.319	7.234	43.514	11.877
conexões***	23	18	38	47	46	8	6	14
km linha/conexão***	7,7	12,1	11,5	7,9	6,6	36,9	12,3	26,4

Fonte: Key Transport Statistics of World Cities - Revista JOURNEYS, Novembro 2012. Compilação de dados: MTR, Transport for London, NY Department of transportation, SMRT Corporation, Tokyo Metro Co.

* Pesquisa Mobilidade 2012. Para o total de viagens/dia na CPTM foram incluídas as viagens com modo principal Metrô.

** Relação entre o total de viagens tendo transporte sobre trilhos como modo principal e o total motorizado (alta capacidade)

*** Indicador desenvolvido pelo autor.

Anexo 2 - Transporte sobre trilhos em outras cidades - indicadores gerais

Viagens com transferência intermodal e intramodal

Transferência de modo	Total viagens modo	Total viagens principal	Transferências	% viagens c/ transf no modo	% viagens s/ transf. no modo	% viagens c/ transf. no total
metrô x metrô*	3.219	3.219	912	28,3%	71,7%	18,0%
trem x metrô **	2.134	1.141	993	46,5%	53,5%	19,6%
ônibus x trem ou metrô **	12.534	9.383	3.151	25,1%	74,9%	62,3%
Total viagens	17.887	13.743	5.056	-		100%

* Fonte: dados do Relatório de Demanda STM 2011_2014

** Fonte: Pesquisa Mobilidade 2012, transferências calculadas pela diferença entre total de viagens do modo e total de viagens do modo principal.

Anexo 3 - Viagens com transferência intermodal e intramodal (Total diário - 2012)

Densidades de uso no metrô - RMSP (2016)

Linha	1-Azul	2-Verde	3-Vermelha	4-Amarela	5-Lilás	Dens. uso média
km*	20,2	14,7	22,0	8,9	9,6	75,4
passageiros/dia x 1000*	1.037	529	1.191	670	260	3687
densidade de uso (pass/km)	51.337	35.986	54.136	75.281	27.083	48.899

Anexo 4 – Densidades de uso no metrô - RMSP (2016)

Fonte: Compilado pelo autor a partir de dados Cia do Metrô (Linhas 1,2,3,5) – e STM (Linha 4) 2014. Fonte: CMSP, 2016; STM, 2014.

Anexo 5 – Dados de demanda – Maio/2016 – CTEI – CMSP – Protocolo SIC 365591613499

MDU - Média dia útil - Maio/16							
Estação	Passageiros Transportados			Passageiros Lindeiros		Outros	
	MDU	Pico Manhã (7h-8h)	Pico Tarde (17h30-18h30)	Pico Manhã (7h-8h)	Pico Tarde (17h30-18h30)	Pico Manhã (7h-8h)	Pico Tarde (17h30-18h30)
Ana Rosa (L1 x L2)	180,087	12,854	18,064	1,089	3,427	475	1,495
Paraíso (L1 x L2)	193,898	13,471	20,457	935	4,216	301	1,358
Sé (L1 x L3)	522,382	34,279	44,028	1,009	6,494	414	2,663
Luz (L1 x L4 X CPTM)	167,064	15,979	18,335	1,627	1,867	428	491
Consolação (L2 x L4)	136,445	9,897	13,396	2,365	3,201	584	790
República (L3 x L4)	152,949	8,523	17,871	2,275	4,770	600	1,258

MDU - Média dia útil - Maio/16										
Estação	Passageiros Integrados									
	Ônibus		Metrô		Linha 4 - Amarela		Trem		Total Integrados	
	Pico Manhã (7h-8h)	Pico Tarde (17h30-18h30)	Pico Manhã (7h-8h)	Pico Tarde (17h30-18h30)	Pico Manhã (7h-8h)	Pico Tarde (17h30-18h30)	Pico Manhã (7h-8h)	Pico Tarde (17h30-18h30)	Pico Manhã (7h-8h)	Pico Tarde (17h30-18h30)
Ana Rosa (L1 x L2)	184	580	11,106	12,561	-	-	-	-	11,290	13,141
Paraíso (L1 x L2)	67	302	12,168	14,581	-	-	-	-	12,235	14,883
Sé (L1 x L3)	160	1,029	32,697	33,842	-	-	-	-	32,857	34,871
Luz (L1 x L4 X CPTM)	253	290	-	-	6,152	7,059	7,519	8,628	13,925	15,978
Consolação (L2 x L4)	261	354	-	-	6,687	9,051	-	-	6,949	9,405
República (L3 x L4)	64	134	-	-	5,584	11,709	-	-	5,648	11,843

Inclui, onde houver, as transferências entre linhas do Metrô, as integrações com a Linha 4-Amarela e as integrações com a CPTM.

Passageiros Lindeiros:

Foram considerados passageiros lindeiros os usuários que utilizaram bilhetes exclusivos, onde a primeira utilização do bilhete identificada pelos bloqueios foi no modal metrô. Neste caso, foi considerada como premissa que o usuário não utilizou outro meio de transporte para chegar à estação, ou seja, os usuários chegaram a pé.

Outros:

Foram considerados, neste grupo, os bilhetes em que não há possibilidade de identificação pelos bloqueios se foi utilizado o ônibus antes do metrô. Os bilhetes que foram considerados são: Bilhetes Desempregados, Deficientes, Escolar, Professor, Estudante Gratuito, BU Idoso e BOM Idoso.

Passageiros Integrados Ônibus:

Foram considerados integrados com ônibus os usuários que utilizaram bilhetes integrados, nos quais foi possível a identificação pelos bloqueios que houve uma utilização do ônibus anteriormente ao uso do metrô.

Passageiros Integrados Metrô/ Linha 4-Amarela/CPTM:

Ana Rosa - Linha 1-Azul x Linha 2-Verde: Corresponde às transferências da Linha 1-Azul para Linha 2-Verde e da Linha 2-Verde para Linha 1-Azul.

Paraíso - Linha 1-Azul x Linha 2-Verde: Corresponde às transferências da Linha 1-Azul para Linha 2-Verde e da Linha 2-Verde para Linha 1-Azul.

Sé - Linha 1-Azul x Linha 3-Vermelha: Corresponde às transferências da Linha 1-Azul para Linha 3-Vermelha e da Linha 3-Vermelha para Linha 1-Azul.

Luz - Linha 1-Azul x Linha 4-Amarela x CPTM: Corresponde à integração da Linha 4-Amarela e da CPTM para Linha 1-Azul.

Consolação/Paulista - Linha 2-Verde x Linha 4-Amarela: Corresponde à integração da Linha 4-Amarela para Linha 2-Verde. República - Linha 3-Vermelha x Linha 4-Amarela:

Corresponde à integração da Linha 4-Amarela para Linha 3-Vermelha.

Anexo 6 – Dados de demanda – 09/2016 – CTEI – CMSP – Protocolo SIC 613061615303

Dados de demanda das 6 estações de transferência abaixo listadas: LUZ, SÉ, PARAÍSO, ANA ROSA, CONSOLAÇÃO-PAULISTA, REPÚBLICA:

Transferências da CPTM e Linha 4 - Amarela para o Metrô de São Paulo Média dias úteis - Setembro/2016				
Horário	Luz		Consolação	República
	CPTM	L4	L4	L4
04h00 - 05h00	896	733	73	71
05h00 - 06h00	3,858	3,156	2,401	1,275
06h00 - 07h00	3,709	3,035	6,327	3,594
07h00 - 08h00	8,017	6,559	9,125	7,502
08h00 - 09h00	7,832	6,408	10,052	9,795
09h00 - 10h00	5,668	4,637	8,661	6,934
10h00 - 11h00	3,101	2,537	4,730	4,088
11h00 - 12h00	1,816	1,486	3,774	3,655
12h00 - 13h00	3,296	2,696	4,385	4,007
13h00 - 14h00	2,934	2,400	4,459	4,464
14h00 - 15h00	3,315	2,712	3,505	4,386
15h00 - 16h00	4,283	3,504	2,997	3,951
16h00 - 17h00	4,853	3,971	3,338	5,111
17h00 - 18h00	7,582	6,203	5,207	8,221
18h00 - 19h00	7,360	6,022	8,016	11,047
19h00 - 20h00	3,751	3,069	6,724	8,843
18:30 - 19:30	5,556	4,546	7,370	9,945
20h00 - 21h00	3,089	2,527	3,481	4,983
21h00 - 22h00	2,073	1,696	1,906	2,759
22h00 - 23h00	813	665	1,559	2,666
23h00 - 00h00	701	573	1,045	1,758
00h00 - 01h00	69	56	123	247
TOTAL	79,014	64,648	91,887	99,356

Obs.: Não inclui os dados de transferência do Metrô para a CPTM e Linha 4 - Amarela. Os mesmos devem ser solicitados às respectivas empresas.

TRANSFERÊNCIAS ENTRE LINHAS - Metrô de São Paulo Média dos dias úteis - Setembro/2016						
Horário	Sé		Ana Rosa		Paraíso	
	L3->L1	L1->L3	L2->L1	L1->L2	L2->L1	L1->L2
04h00 - 05h00	2,125	998	176	436	235	419
05h00 - 06h00	9,219	5,161	1,043	2,148	1,384	2,061
06h00 - 07h00	18,159	11,532	2,960	4,664	3,923	4,482
07h00 - 08h00	18,199	16,057	4,147	6,511	5,497	6,258
08h00 - 09h00	16,740	13,523	3,659	5,935	4,853	5,704
09h00 - 10h00	13,437	10,800	2,910	3,999	3,857	3,842
10h00 - 11h00	11,121	9,774	2,300	3,189	3,048	3,064
11h00 - 12h00	11,856	12,294	2,703	3,516	3,582	3,379
12h00 - 13h00	12,885	13,812	3,256	3,766	4,314	3,619
13h00 - 14h00	11,957	13,154	3,129	3,524	4,149	3,385
14h00 - 15h00	10,349	12,666	3,167	3,143	4,199	3,019
15h00 - 16h00	8,674	13,721	3,586	3,112	4,754	2,991
16h00 - 17h00	9,853	17,437	5,018	3,642	6,651	3,500
17h00 - 18h00	11,667	21,910	6,097	5,159	8,082	4,955
18h00 - 19h00	11,566	19,223	6,839	4,756	9,066	4,570
18:30 - 19:30	11,617	20,567	6,468	4,958	8,574	4,763
19h00 - 20h00	7,399	11,478	4,755	2,650	6,304	2,547
20h00 - 21h00	5,451	9,198	2,778	1,743	3,682	1,676
21h00 - 22h00	4,856	10,049	2,150	1,548	2,852	1,485
22h00 - 23h00	6,173	14,441	2,701	2,309	3,581	2,216
23h00 - 00h00	2,260	2,986	947	482	1,253	464
00h00 - 01h00	264	230	72	40	96	38
TOTAL	204,211	240,444	64,393	66,273	85,360	63,674

	BUT	PIN		FAL	FRA	PTA		REP	LUZ		LINHA 4 - AMARELA	
	LINDEIRO	LINDEIRO	INTEGRADO	LINDEIRO	LINDEIRO	LINDEIRO	INTEGRADO	INTEGRADO	LINDEIRO	INTEGRADO	LINDEIRO	INTEGRADO
Manhã	5.530	701	11.702	3.161	1.142	1.940	8.686	10.058	496	10.435	11.890	41.960
Tarde	6.640	1.015	13.475	4.448	1.545	2.877	10.183	11.940	839	11.697	15.941	48.717

Anexo 7 - Demandas de entrada na Linha 4 - Amarela. Médias dos dias úteis nas horas de pico - 11/2016 - Secretaria dos Transportes Metropolitanos - STM - Protocolo SIC 587661617141.

Transferências CPTM LUZ x Metrô LUZ		
	Entrada	Saída
Média Sábado	50000	55000
Média Domingo	10000	15000
Média Dia Útil	115000	117000
Total Outubro 2016	2656000	2670500

Anexo 8 - Demandas de entrada e saída da estação Luz - CPTM - DRMK Departamento de Marketing – 11 / 2016.

FLUXOS DE TRANSFERÊNCIAS ENTRE LINHAS - Metrô de São Paulo - Média dos dias úteis - Outubro/2016

Estação Sé

Transferências da Linha 1 - Azul para a Linha 3 - Vermelha (pico da tarde)

Plataforma sentido Tucuruvi > Plataforma sentido Palmeiras-Barra Funda	Plataforma sentido Tucuruvi > Plataforma sentido Corinthians- Itaquera	Plataforma sentido Jabaquara > Plataforma sentido Palmeiras-Barra Funda	Plataforma sentido Jabaquara > Plataforma sentido Corinthians- Itaquera	Subtotal
12%	19%	10%	13%	54%

Transferências da Linha 3 - Vermelha para a Linha 1 - Azul (pico da tarde)

Plataforma sentido Palmeiras-Barra Funda > Plataforma sentido Tucuruvi	Plataforma sentido Palmeiras-Barra Funda > Plataforma sentido Jabaquara	Plataforma sentido Corinthians-Itaquera > Plataforma sentido Tucuruvi	Plataforma sentido Corinthians-Itaquera > Plataforma sentido Jabaquara	Subtotal
8%	15%	10%	13%	46%

Estação Ana Rosa

Transferências da Linha 1 - Azul para a Linha 2 - Verde (pico da tarde)

Plataforma sentido Tucuruvi > Plataforma sentido Vila Madalena	Plataforma sentido Tucuruvi > Plataforma sentido Vila Prudente	Plataforma sentido Jabaquara > Plataforma sentido Vila Madalena	Plataforma sentido Jabaquara > Plataforma sentido Vila Prudente	Subtotal
13%	8%	3%	15%	39%

Transferências da Linha 2 - Verde para a Linha 1 - Azul (pico da tarde)

Plataforma sentido Vila Madalena > Plataforma sentido Tucuruvi	Plataforma sentido Vila Madalena > Plataforma sentido Jabaquara	Plataforma sentido Vila Prudente > Plataforma sentido Tucuruvi	Plataforma sentido Vila Prudente > Plataforma sentido Jabaquara	Subtotal
8%	6%	11%	37%	61%

Estação Paraíso

Transferências da Linha 1 - Azul para a Linha 2 - Verde (pico da tarde)

Plataforma sentido Tucuruvi > Plataforma sentido Vila Madalena	Plataforma sentido Tucuruvi > Plataforma sentido Vila Prudente	Plataforma sentido Jabaquara > Plataforma sentido Vila Madalena	Plataforma sentido Jabaquara > Plataforma sentido Vila Prudente	Subtotal
3%	0%	22%	7%	33%

Transferências da Linha 2 - Verde para a Linha 1 - Azul (pico da tarde)

Plataforma sentido Vila Madalena > Plataforma sentido Tucuruvi	Plataforma sentido Vila Madalena > Plataforma sentido Jabaquara	Plataforma sentido Vila Prudente > Plataforma sentido Tucuruvi	Plataforma sentido Vila Prudente > Plataforma sentido Jabaquara	Subtotal
3%	1%	45%	19%	67%

Anexo 9 - Dados de demanda – 10/2016 – CTEI – CMSP - Protocolo SIC 610721615992.

FLUXOS DE TRANSFERÊNCIAS ENTRE LINHAS - Metrô de São Paulo
Projeto Funcional L4 - Amarela (pico da manhã - projeção ano 2000)

Estação República

Transferências da Linha 4 - Amarela para a Linha 3 - Vermelha					Transferências da Linha 3 - Vermelha para a Linha 4 - Amarela						
Plataforma sentido Luz > Plataforma sentido Palmeiras- Barra Funda	Plataforma sentido Luz > Plataforma sentido Corinthians- Itaquera	Plataforma sentido Butantã > Plataforma sentido Palmeiras- Barra Funda	Plataforma sentido Butantã > Plataforma sentido Corinthians- Itaquera		Plataforma sentido Palmeiras- Barra Funda > Plataforma sentido Luz	Plataforma sentido Palmeiras- Barra Funda > Plataforma sentido Butantã	Plataforma sentido Corinthians- Itaquera > Plataforma sentido Luz	Plataforma sentido Corinthians- Itaquera > Plataforma sentido Butantã			
2500	3500	300	800	7100	100	7000	100	2000	9200	16300	
15%	21%	2%	5%	44%	1%	43%	1%	12%	56%	100%	

Estação Consolação - Paulista

Transferências da Linha 4 -Amarela para a Linha 2 - Verde					Transferências da Linha 2 - Verde para a Linha 4 - Amarela						
Plataforma sentido Luz > Plataforma sentido Vila Madalena	Plataforma sentido Luz > Plataforma sentido Vila Prudente	Plataforma sentido Butantã > Plataforma sentido Vila Madalena	Plataforma sentido Butantã > Plataforma sentido Vila Prudente		Plataforma sentido Vila Madalena > Plataforma sentido Luz	Plataforma sentido Vila Madalena > Plataforma sentido Butantã	Plataforma sentido Vila Prudente > Plataforma sentido Luz	Plataforma sentido Vila Prudente > Plataforma sentido Butantã			
				Subtotal					Subtotal	Total	
1400	8500	1800	7000	18700	1000	3300	2500	1000	7800	26500	
5%	32%	7%	26%	71%	4%	12%	9%	4%	29%	100%	

Estação Luz

Transferências da Linha 1 - Azul para a Linha 4 - Amarela					Transferências da Linha 4 - Amarela para a Linha 1 - Azul				Transferências com CPTM						
Plataforma sentido Tucuruvi > Plataforma sentido Luz	Plataforma sentido Tucuruvi > Plataforma sentido Butantã	Plataforma sentido Jabaquara > Plataforma sentido Luz	Plataforma sentido Jabaquara > Plataforma sentido Butantã	Subtotal	Plataforma sentido Luz > Plataforma sentido Tucuruvi	Plataforma sentido Luz > Plataforma sentido Jabaquara	Plataforma sentido Butantã > Plataforma sentido Tucuruvi	Plataforma sentido Butantã > Plataforma sentido Jabaquara	Subtotal	CPTM - linha 4	Linha 4 - CPTM	CPTM - Linha 1	Linha 1 - CPTM	Subtotal	Total
0	1500	0	9700		3500	1000	0	0		13900	2100	8017	2700		
0%	4%	0%	26%	30%	9%	3%	0%	0%	12%	37%	6%	21%	7%	70%	100%

Dados interpolados a partir do projeto funcional da Linha 4 – Amarela (1997) com projeção para o ano 2000.
Podem apresentar discrepâncias com relação aos dados de 2016 (Metrô)

Anexo 10 - Dados de demanda – Linha 4 - Amarela – projeção ano 2000. Fonte: CMSP, 1997.