

20.1. Considerações gerais sobre a rede

20.1.1. Concepção básica

A primeira questão a ser resolvida no projeto da rede foi, como não poderia deixar de ser, sua concepção geral, em confronto com a cidade e sua estrutura, atual e futura.

A cidade de São Paulo, como extensivamente discutido naqueles capítulos que tratam de seus aspectos urbanísticos, apresenta uma estrutura nitidamente radial-concêntrica, com quase todas suas principais vias convergindo para o Distrito Comercial Central (DCC). Este mantém ainda alta concentração de empregos no setor terciário, atraindo cerca de 15% de todas as viagens realizadas na área.

Foi ainda discutido na parte urbanística dos Estudos Sócio-Econômicos, de Tráfego e de Viabilidade Econômica-Financeira, a viabilidade de propostas de implantação de uma estrutura tipo malha para a cidade. Claro é que não pretende o presente estudo estabelecer tal diretriz; tão somente foi aquela alternativa analisada sob o ponto de vista das vantagens e desvantagens que poderia oferecer ao desenvolvimento de São Paulo.

Embora se possa reconhecer que a estrutura malha apresente algumas vantagens sobre aquela atualmente apresentada pela cidade, não menos verdade, é que tal mudança implicaria em investimentos pesadíssimos; mais que isto, São Paulo não se adapta topográfica e morfológicamente àquela conformação.

Dentro de uma concepção mais pragmática da implantação pretendida, não se pode ainda deixar de enfatizar que o STR entrará em funcionamento a curtíssimo prazo, devendo portanto procurar, na medida que não prejudique sensivelmente o desenvolvimento futuro, atender a uma situação de fato.

Estruturas diferentes da atual e suas eventuais implicações no projeto global da rede deverão portanto ser convenientemente analisadas quando da elaboração do Plano Diretor da Cidade, adotando-se aqui aquela que, tanto quanto puderam os dados disponíveis o demonstrar e possa o poder de decisão da Cia. do Metropolitano o implantar, que aparece como a mais conveniente, ou seja, a radial-concêntrica.

20.1.2. Integração do sistema de transportes

Escolhida uma concepção básica, dada especial atenção a integração do STR com os demais meios de transporte, principalmente com o sistema ferroviário que serve a área em estudo.

Dentro deste princípio grande cuidado foi dedicado, em todas as alternativas estudadas, para que o STR não viesse a competir com as ferrovias, que poderão oferecer transporte rápido com investimentos muito menores. Além disto, incorporou-se nos modelos de transporte desenvolvidos a idéia de não competição também com os ônibus, para que o sistema global tenda a apresentar máxima utilização de recursos.

Onde as linhas do STR cruzam as linhas ferroviárias foram sempre projetadas estações de baldeação, havendo ainda previsões de estações para atender a demandas específicas do sistema rodoviário, como, por exemplo, junto aos terminais de ônibus intermunicipais.

20.1.3. A localização das estações do STR

Além das estações que tiveram suas localizações definidas pelos princípios explicitados no item anterior, as demais foram fixadas atendendo a dois critérios básicos:

- a) na zona central o STR deve ser atingível por qualquer passageiro andando uma distância máxima de 400 m;
- b) nas zonas periféricas as distâncias entre estações não devem ser superiores a 1.000 m;
- c) as estações não devem ser localizadas no cruzamento de duas vias importantes.

20.2. Análise macroscópica de diversas variantes de sistemas

Com base na idéia de uma rede radial-concêntrica, as variantes possíveis para o STR oferecem diversas possibilidades de solução técnica. O atendimento do centro da cidade e, conseqüentemente, o entrosamento das linhas diametrais mais importantes no centro, são de uma importância decisiva. Em virtude

das condições topográficas, geológicas e urbanísticas no núcleo urbano de São Paulo, a localização desse ponto central de convergência, pela sua importância fundamental para o tráfego, constitui um problema essencialmente técnico, não se deixando no entretanto de considerar as linhas das estradas de ferro existentes na área, no âmbito de uma rede de transportes integrado.

20.2.1. Variante 1 (Fig. 20.1/I)

A rede da Variante 1, baseada essencialmente na proposta apresentada no "Ante-projeto de um sistema de transporte rápido metropolitano", da PMSP, é formada por três linhas diametrais, que atravessam a cidade de Norte para Sul, de Oeste para Leste e de Sudoeste para Sudeste; cada uma das radiais ao Norte e a Oeste têm um ramal. Com o objetivo de reduzir os custos de construção, as linhas foram traçadas em parte ao longo das avenidas marginais dos rios Tietê e Tamanduateí, onde existem faixas que podem ser utilizadas para tais fins, e em parte aproveitando o antigo leito ferroviário da Av. Cruzeiro do Sul e a antiga linha de bonde Santo Amaro. O entroncamento no centro da cidade é feito por um anel virtual constituído ao Norte, em forma de "U", pela Linha Sudoeste-Sudeste e ao Sul pela Leste-Oeste. A Linha Norte-Sul corta esse anel no eixo da Av. Tiradentes, Av. Anhangabaú e Av. 23 de Maio; estão previstas 15 estações localizadas no DCC. (Fig. 20.3/I)

A concepção desta proposta atende às exigências para a rede básica de um metrô. Todavia, a disposição dos diversos traçados não é inteiramente satisfatória. Uma exagerada preocupação com o custo inicial das obras projetadas não permitiu fôsse dada suficiente atenção a uma adequada coincidência das linhas do metrô com as diretrizes de tráfego mais significativas. Além disso, não foi planejada a devida conexão da rede do metrô com zonas residenciais de elevada densidade demográfica, tais como a zona a Sudeste, entre as linhas ferroviárias da EFCB e da EFSJ, a parte Nordeste da cidade e a zona Sul, entre os bairros do Ipiranga e Ibirapuera.

Não foi resolvido satisfatoriamente ainda o problema da integração com as estradas de ferro existentes. O traçado de alguns trechos, principalmente para Leste fica muito próximo e corre quase paralelamente às linhas da EFCB. O mesmo ocorre

nos trechos da linha a Oeste, com seu ramal para Noroeste, que também correm quase que paralelas às linhas da EFS na direção de Osasco e da EFSJ na direção de Jundiaí, não criando novas áreas de atendimento e introduzindo uma competição não desejável entre meios de transporte. O entroncamento das linhas no centro, através de um anel virtual, é bastante vantajoso. No entanto, a distância entre os três trechos de linhas que atravessam o centro, em sentido quase paralelo na direção Norte-Sul, é muito pequena, de forma que as respectivas estações apresentam uma superposição de áreas de influência muito acentuada, tornando-se excessiva e muito dispendiosa a construção de 15 estações. Outrossim, o traçado é caracterizado por raios de curvatura muito pequenos (110, 120 e 150 m), o que se opõe à concepção de que apenas em casos realmente excepcionais as velocidades máximas previstas tenham de ser reduzidas em virtude de restrições deste tipo.

20.2.2. Variante 2 (Fig. 20.1/II)

Com base nas considerações feitas sobre a Variante 1, foi desenvolvida a de número 2, mantendo-se os princípios da primeira, isto é, também aqui a rede básica é formada por três linhas diametrais. O entroncamento das três linhas no centro, por meio de um anel virtual, é processado de forma semelhante. Todavia, foram propostas algumas alterações para o traçado das linhas e do anel propriamente dito. Assim, de uma forma geral, tentou-se ajustar as linhas radiais do metrô de maneira mais adequada aos grandes corredores de tráfego existentes. (Fig. 20.2/I)

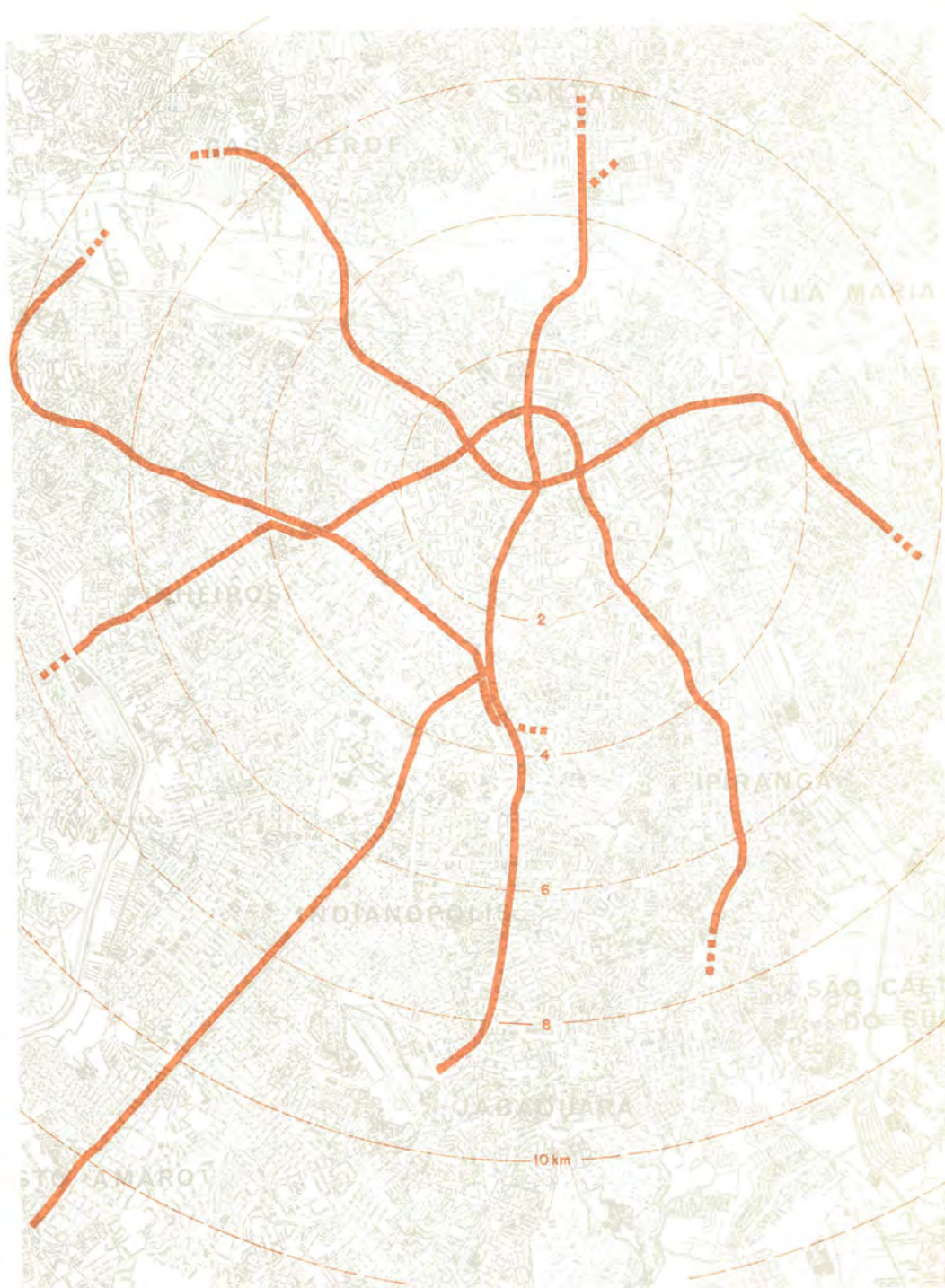
A radial Leste foi traçada de forma a abranger o fluxo principal de tráfego ao longo da Av. Celso Garcia; na altura da Rua Belém, a linha desvia-se para Sudeste, entrando na Rua Siqueira Bueno, terminando provisoriamente no Alto da Moóca, sendo esta última uma área de forte geração de tráfego. É dada a possibilidade de uma futura ampliação na direção da Estrada de Sapopemba.

O trecho inicial da Radial Sudeste não acompanha mais o rio Tamanduateí, cuja área de demanda de tráfego é irrelevante, mas sim, já na altura da Rua Luiz Gama desvia-se para o Sul, passa subterraneamente pelo Hospital Militar e, por um curto trecho, pela Av. D. Pedro I, continuando pela Rua Benjamin Jafet

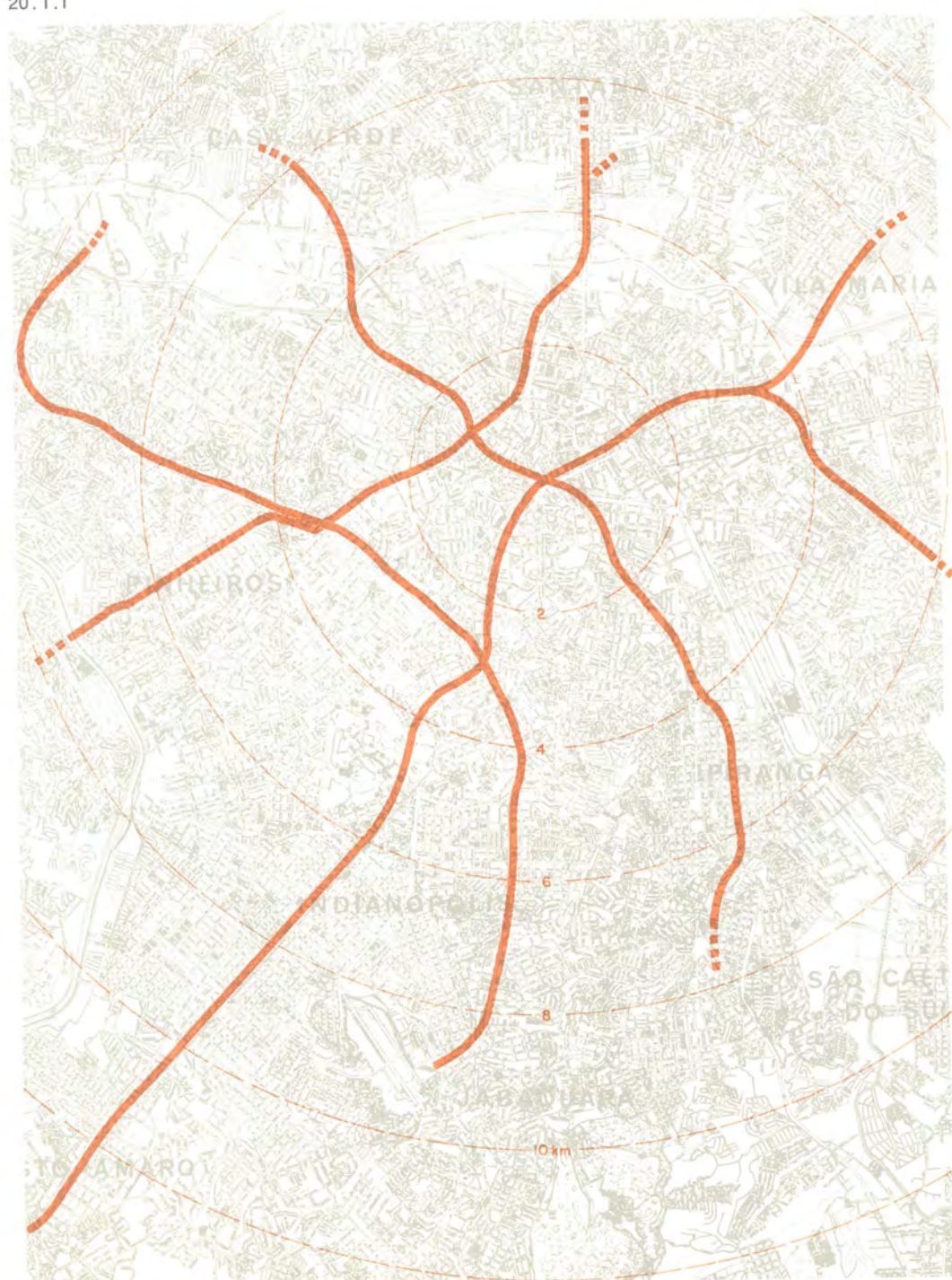
Fig. 20.1. I-VIII
Estudos do Metrô; variantes 1 — 4



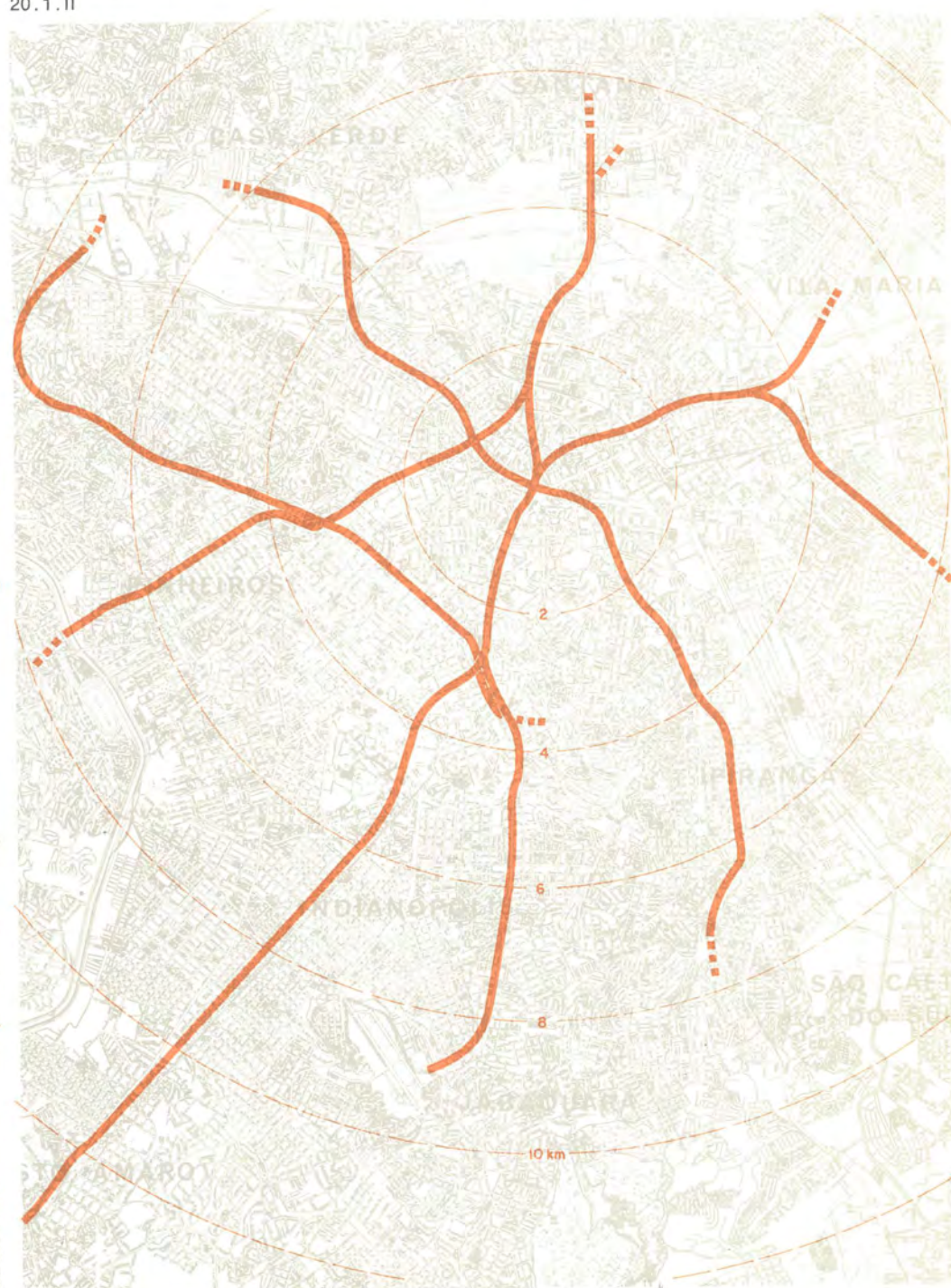
20.1.I



20.1.II



20.1.III



20.1.IV

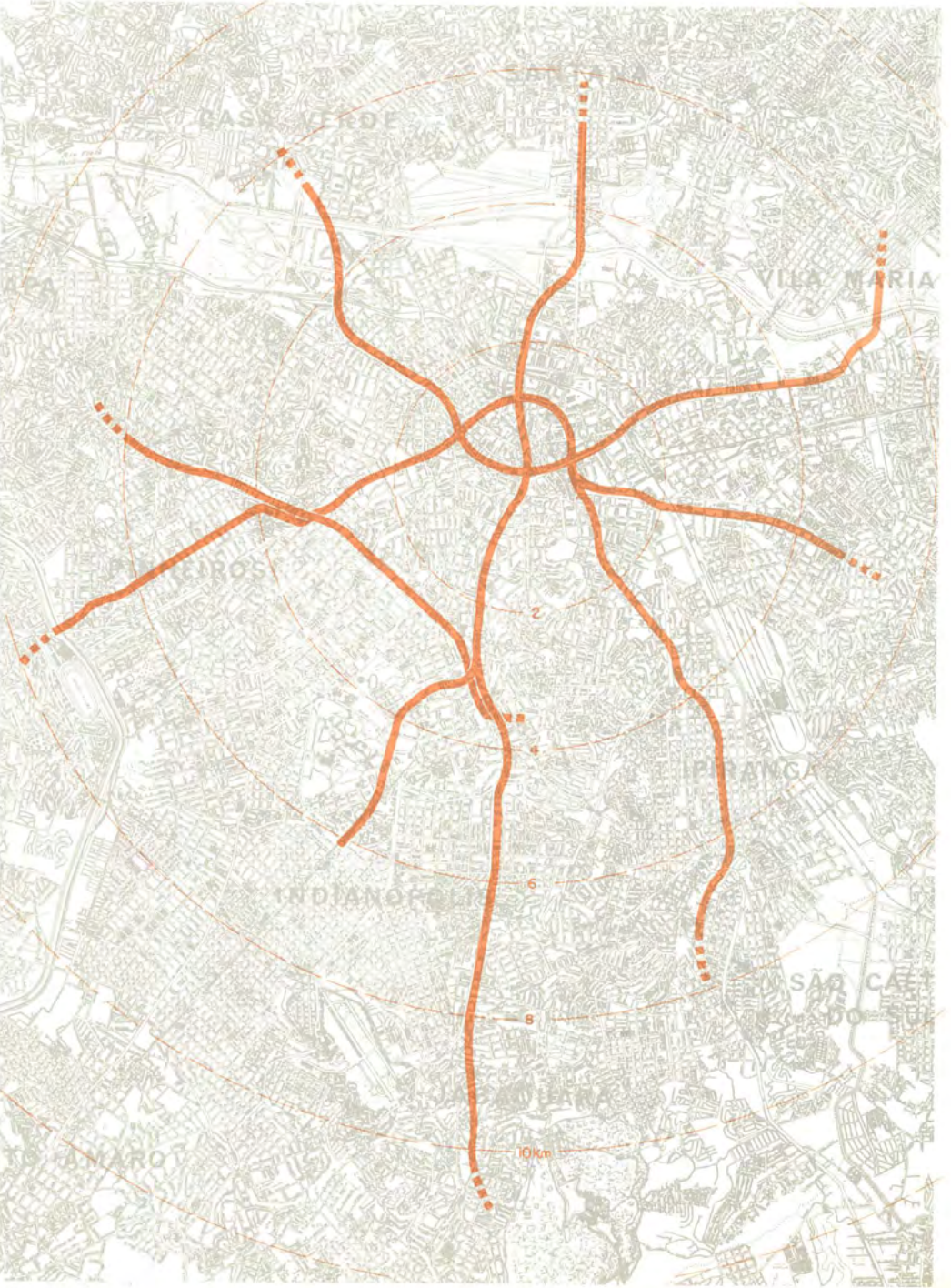
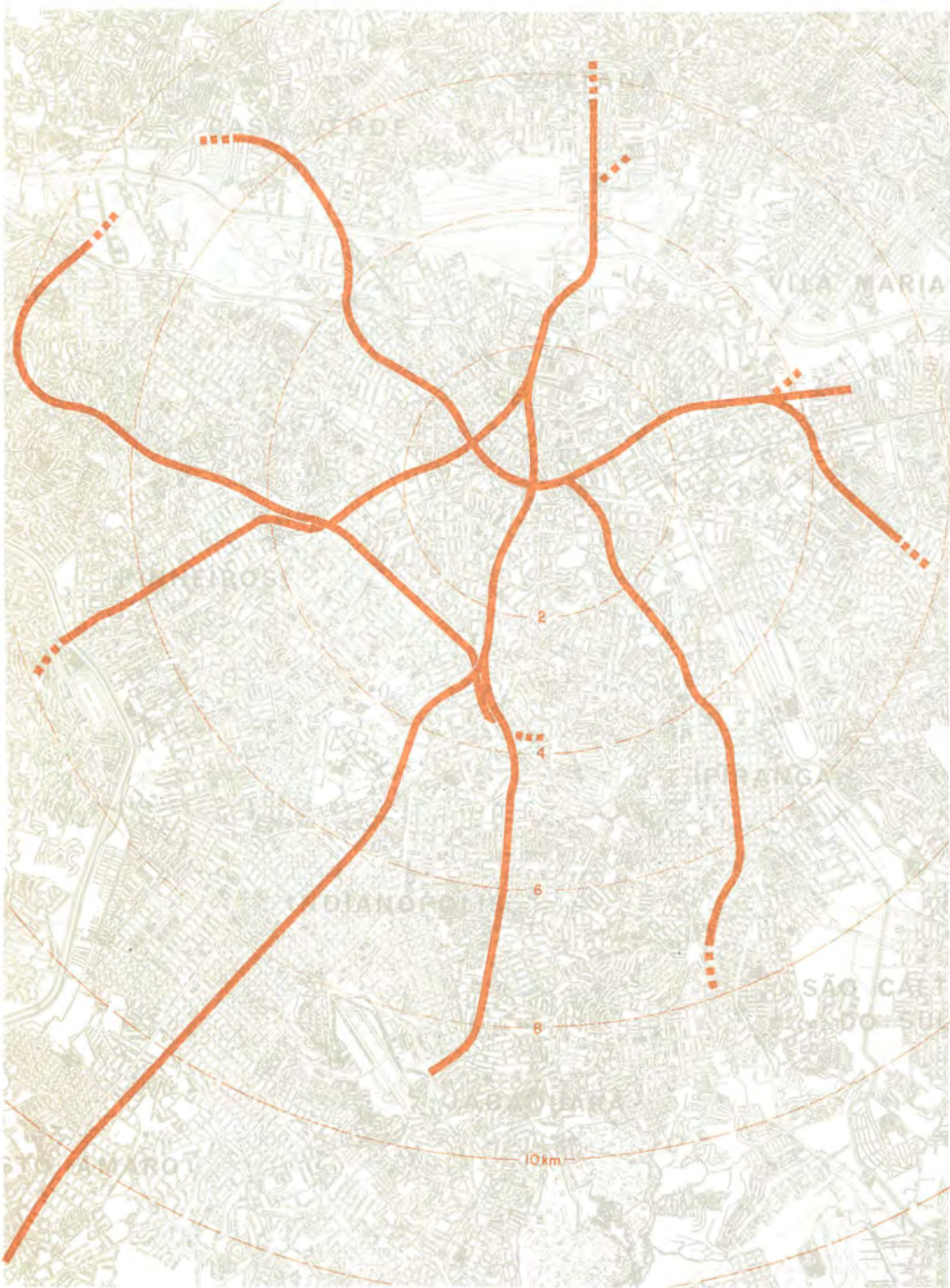
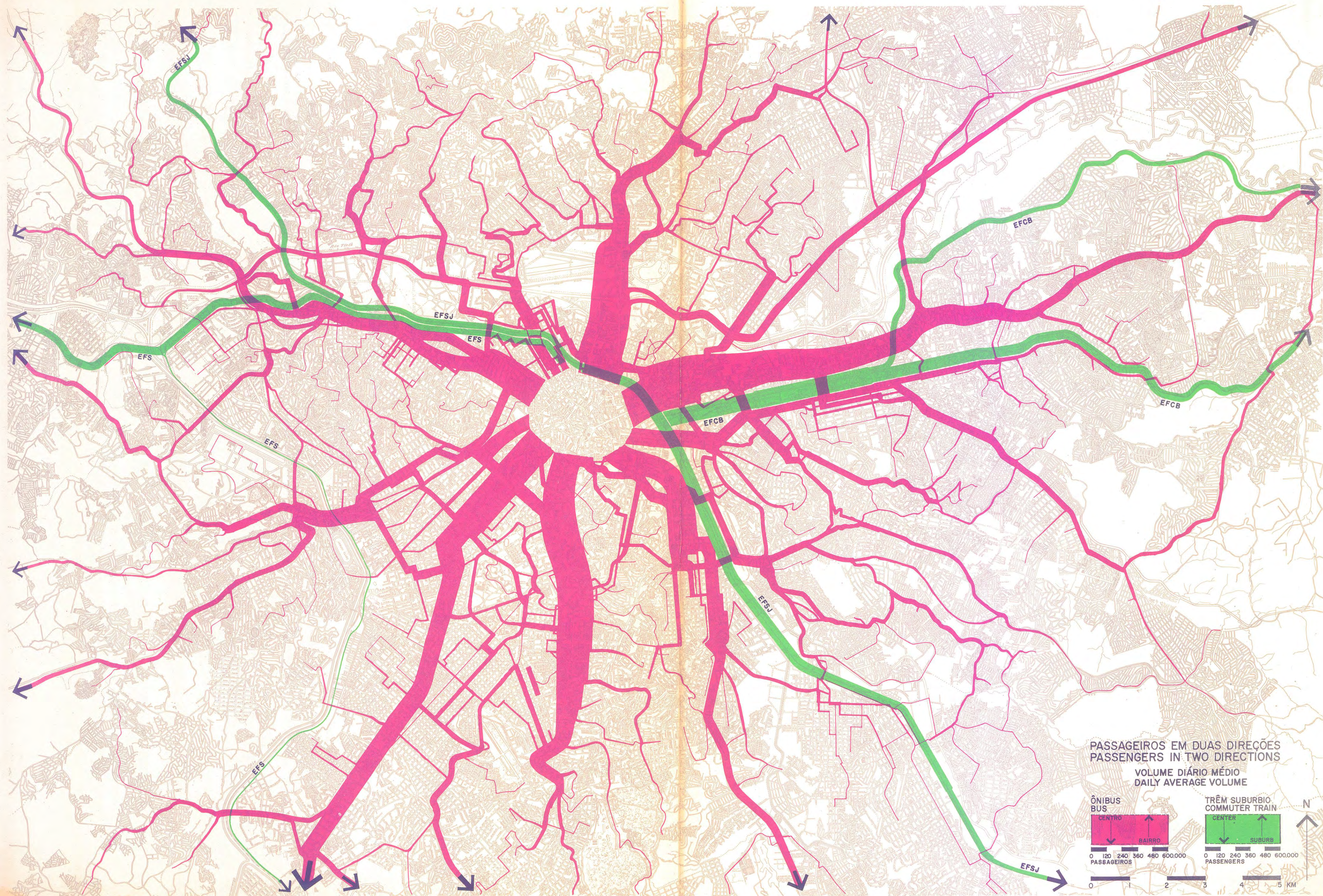
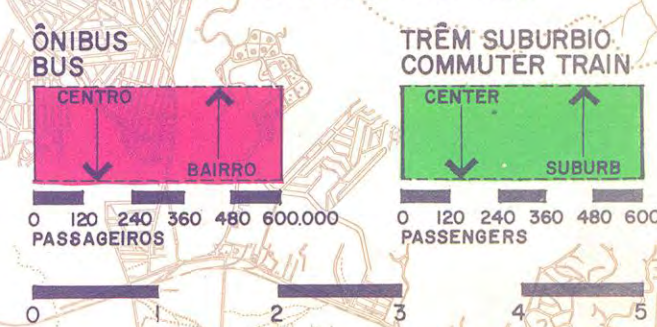


Fig. 20.2
Fluxograma de passageiros do transporte
coletivo (ônibus e trem suburbano),
baseado no levantamento de maio a
agosto de 1967



PASSEGEIROS EM DUAS DIREÇÕES
PASSENGERS IN TWO DIRECTIONS
VOLUME DIÁRIO MÉDIO
DAILY AVERAGE VOLUME



até desembocar na Rua Agostinho Gomes. A estação terminal provisória da linha fica situada junto à Via Anchieta, de onde será possível estender-se a linha para as cidades do ABC. Com este traçado, o metrô está a uma distância suficiente da estrada de ferro para não intervir em sua área de atendimento, escapando ainda aos problemas sérios ocasionados pelo bloqueio oferecido pelos desvios e armazéns da EFSJ.

O ramo Sul da Linha Norte-Sul fica situada dentro da área do maior fluxo de tráfego, proveniente do setor de Jabaquara (São Judas) e que se dirige ao centro. Tendo em vista que esse fluxo de tráfego apresenta maior densidade do que o proveniente de Santo Amaro e Brooklin, a linha tronco foi levada até Jabaquara, tendo sido feita conexão das áreas de Santo Amaro e Brooklin por um ramal, que tem sua origem no bairro Paraíso.

A modificação no trecho Sudoeste, restringe-se à transposição do traçado da Av. Rebouças para a Rua Teodoro Sampaio, a qual também apresenta melhores condições para o tráfego. A estação junto ao rio Pinheiros foi escolhida como terminal provisória e como ponto adequado para a baldeação dos passageiros de ônibus.

A radial Oeste sairá da Av. São João e desviar-se-á para o Norte, atravessando a Barra Funda em direção ao bairro do Limão, tendo a sua estação terminal provisória na Praça Prof. Francisco D'Auria. Abandonou-se, provisoriamente, o projeto de continuação da Linha Leste-Oeste em direção à Lapa, já que a estrada de ferro pode suprir a demanda daquela área. O ramo Norte da Linha Norte-Sul basicamente permanece o mesmo da Variante 1, terminando, no entanto, provisoriamente, no bairro de Santana. Neste ramo, o nível escolhido para a linha, deverá possibilitar uma futura extensão na direção Mandaqui. Numa estação ao Sul de Santana deverá ser previstas facilidades para instalação de um futuro ramal em direção ao Tucuruvi.

O fluxo de tráfego tangencial que já se ressaltava na borda do centro a Sudoeste deverá ser atendido por uma linha suplementar, que acompanha a Av. Paulista e dirigindo-se para Noroeste, até a Lapa, nas proximidades da estrada de ferro. Na direção Leste oferecer-se-ia a possibilidade de uma ampliação futura, que pode eventualmente atravessar o Ipiranga.

O anel virtual que envolve o centro, é formado pela Linha Sudoeste-Sudeste e pela Linha Leste-Oeste. A primeira contorna o centro ao Norte, percorrendo a Av. Ipiranga, Av. Senador Queiroz, Av. Mercúrio e Rua da Figueira. A Linha Leste-Oeste fecha esse anel ao Sul, com um novo traçado que parte da Praça da República, segue a Rua 7 de Abril, atravessa a Praça Clóvis Bevilacqua e entra na Av. Rangel Pestana. A Linha Norte-Sul corta esse anel no eixo Av. Tiradentes — Av. Prestes Maia — Largo São Bento — Praça Clóvis Bevilacqua — Rua da Liberdade — Rua Vergueiro. Em confronto com a Variante 1, o traçado da Linha Norte-Sul foi levemente deslocado para leste, uma vez que o nível subterrâneo no trecho do Anhangabaú não satisfaz aos requisitos técnicos de construção e de tráfego, obrigando inclusive a existência de curvas de raio inferior a 300 metros.

O deslocamento da Linha Norte-Sul da Av. 23 de Maio para as Ruas da Liberdade e Vergueiro foi, em princípio, consequência da mudança do terminal para o Jabaquara, melhorando-se consideravelmente tanto o traçado como a disposição das vias. Além disso, a localização da linha na faixa central de uma avenida expressa e bloqueada, como é o caso da 23 de Maio, é desfavorável sob o ponto de vista do acesso dos usuários, pois a utilização direta do metrô é tolhida pelas pistas de tráfego de superfície; a situação ainda é agravada por se tratar de vale profundo, dificultando o estabelecimento de pontos de convergência e irradiação de passageiros. Ainda mais, no eixo da Liberdade-Vergueiro o metrô poderá contribuir melhor para o incremento do desenvolvimento comercial da faixa lindeira.

Dentro do anel acham-se previstas 9 estações, cujas áreas de influência cobrem adequadamente a zona central (vide fig. 20.3/II). As áreas mais importantes de origem e destino das viagens centrais abrangem as seguintes estações, enumeradas de acordo com a sua importância:

- 1 — Praça Clóvis Bevilacqua, Largo São Bento, Praça da República;
- 2 — Santa Efigênia, Anhangabaú;
- 3 — Senador Queiroz;
- 4 — Liberdade, Mercado e D. Pedro II.

O entrosamento das linhas e a disposição das estações possibilitam à grande massa de passageiros atingir várias estações sem necessidade de baldeação.

As ferrovias integram-se harmoniosamente à rede, sendo premissa básica que se equipem de maneira a atender às elevadas demandas previstas ao longo de suas linhas.

20.2.3. Variante 3 (Fig. 20.1/III)

Embora do ponto de vista da estrutura urbana tenha-se optado pela implantação de um sistema radial-concêntrico, foi analisada uma alternativa reticulada, que se constitui na Variante 3. A parte Sul da linha, proveniente de Santo Amaro, é ligada a toda a zona leste da cidade através de ramais em direção a Guarulhos e Alto da Moóca; a linha proveniente do bairro do Limão é levada para Sudeste, em direção à Via Anchieta. A terceira linha é formada pelo ramo ao Norte da Linha Norte-Sul e do restante da Linha Sudoeste-Sudeste; finalmente a Linha Paulista desemboca no ramo Sul da Linha Norte-Sul, em direção a São Judas, tangenciando o centro da cidade, o qual é servido apenas por 6 estações, (vide fig. 20.3/III).

Do ponto de vista da construção, esta é a menos dispendiosa das alternativas; no entanto, não é satisfatória no que se refere ao atendimento dos desejos de deslocamento da população.

A zona compreendida pelas Avenidas Ipiranga, Prestes Maia e Senador Queiroz, não é servida pelo sistema. Em viagem direta, poucas são as estações do centro que podem ser alcançadas. Com isto, eleva-se de forma indesejável o movimento de baldeação nas Estações República e Clóvis Bevilacqua, tendo em vista serem estas as duas únicas possibilidades para tanto. Além disso, na Estação Paraíso, os passageiros que chegam de

Jabaquara são obrigados também a baldear.

Ainda, do ponto de vista operacional, esta variante apresenta fortes desequilíbrios entre ramos de uma mesma linha.

20.2.4. Variantes 4 e 5 (Figs. 20.1/IV e 20.1/V)

As Variantes 4 e 5 resultaram de combinações entre as Variantes 2 e 3, obtendo-se o entroncamento no centro através de sistemas triangulares, que oferecem a possibilidade de uma interligação operacional entre quase todas as linhas. Em oposição à grande vantagem de poderem os passageiros de uma só linha alcançar duas áreas de destino diferentes sem baldeação, podem ser identificadas desvantagens não menos importantes. A interligação operacional, com com passagem de trens dos ramais para uma única linha, limita a capacidade do sistema, pois a soma da capacidade dos ramais, sempre, ficará subordinada à capacidade da linha tronco. Todavia, em ramais com grande demanda, tais restrições não se justificam, principalmente porque a interligação é feita antes da área de destino que a maioria dos passageiros pretende atingir. Se a interligação for feita depois de atingida a área do destino (por exemplo centro), tais soluções podem ser admitidas, embora com reserva, já que uma parte dos trens pode fazer o retorno na estação de entroncamento, enquanto que o restante dos trens atende ao tráfego de curta distância. Como todas as radiais em direção ao centro serão fortemente solicitadas, a solução da interligação, conforme as Variantes 4 e 5, fica prejudicada.

Também do ponto de vista operacional as desvantagens são consideráveis, visto que a frequência de trens, muito densa no centro, dificulta a intercalação. Outrossim, o serviço fica sujeito a interrupções no caso de alguma irregularidade, que repercutiria em todo o sistema. O equilíbrio operacional da rede também deixa a desejar.

Apesar do sistema triangular permitir uma boa distribuição das estações no centro (vide figs. 20.3/IV e 20.3/V), a interligação não impede que também neste sistema uma grande parte dos passageiros seja obrigada a fazer baldeações.

20.2.5. Variante 6 (Fig. 20.1/VI)

Para uma análise das consequências decorrentes de uma ampliação do anel que envolve a cidade, em direção ao Norte, foi analisada ainda uma outra solução alternativa, que constitui a Variante 6.

Partindo de considerações puramente urbanísticas, o anel da Linha Sudoeste-Sudeste abre-se extensamente para o Norte. O anel interno é formado pelas duas outras linhas, uma das quais é formada pela Radial Leste e pelo trecho para Santo Amaro, e a outra pela Radial Oeste e pelo trecho para Alto da Moóca. A Linha Norte-Sul e a Linha Paulista permanecem inalteradas.

Com esta proposta pretendeu-se levar em conta a tendência de desenvolvimento que se faz notar nos bairros situados na borda ao Norte do centro, estando previstas 5 estações para cobrir a demanda daquela área

(Fig. 20.3/VI), onde as pesquisas realizadas revelaram a existência de um fluxo transversal do tráfego. Este porém ainda é irrelevante, devendo-se procurar atendê-lo numa data futura através de uma conexão em forma de anel, quando o desenvolvimento e o crescimento do centro assim o justificarem. No início da implantação da rede do metrô não é aconselhável tal solução, pois todos os passageiros que se dirigem ao centro — e estes são a maioria — seriam obrigados a baldear. Por outro lado, o traçado do anel só é possível com raios de curva relativamente pequenos e sua execução técnico-construtiva é muito dispendiosa, tendo em vista que vários trechos somente poderiam ser executados pelo processo coureço. De uma forma geral, a interligação da rede não se apresenta como solução satisfatória para a primeira rede básica, a qual deveria satisfazer a maior parte dos desejos de deslocamento existentes.

20.2.6. Variante 7 (Fig. 20.1/VII)

A Variante 7 foi desenvolvida de propostas anteriores (principalmente Variante 2), considerando os resultados das pesquisas de origem-destino e de tráfego efetuadas, que confirmaram a sua essência a rede como concebida na Variante 2. Análises mais profundas dos resultados das alocações de tráfego levaram, entretanto à elaboração desta variante. Desta forma, desistiu-se de cobrir a área Sudoeste entre as linhas de EFCB e EFSJ por meio de uma linha de metrô saindo da Av. Celso Garcia, através da linha ferroviária da EFCB, desviando-se para o Alto da Moóca. Em compensação, foi prevista uma continuação da Linha Leste-Oeste, de Catumbi até Vila Maria, atravessando o rio Tietê e com o seu terminal provisório junto à Via Dutra. Esta alternativa atende mais adequadamente à área Nordeste, para o que as linhas de ônibus daquela área deverão ser conduzidas até junto às estações terminais provisórias Santana e Vila Maria. No futuro as Linhas Norte-Sul e Leste-Oeste poderão ser extendidas na direção Mandaqui-Tucuruvi e Guarulhos, respectivamente, dispensando-se em consequência o ramal Tucuruvi, previsto na Variante 2.

Por outro lado, a análise das alocações do tráfego revelou ainda que as áreas de tráfego situadas ao Sul e Sudoeste da cidade, não se acham suficientemente servidas pelas linhas previstas nas variantes anteriores.

Tendo em vista a restrita capacidade do ramal de Moema, que poderia ser superada pela demanda neste trecho, previu-se para o sistema do metrô uma linha diametral suplementar (5.ª linha). O traçado sai do bairro do Brooklin, com estação inicial provisória na altura da Rua Joaquim Nabuco, prossegue pela Av. Santo Amaro — Av. Brigadeiro Luiz Antônio até a Estação Clóvis Bevilacqua e, seguindo para a Estação Pedro II e Av. Radial Leste, para entrar na Rua da Moóca, com terminal provisório no bairro de Vila Bertioga.

Sem dúvida alguma, esta linha tenderá a absorver parte da demanda do ramal Moema; por outro lado, uma futura interligação de ambas as linhas na direção de Santo Amaro e a eventual conexão do Aeroporto de Congonhas possibilitarão a distribuição e adaptação do tráfego de forma mais adequada.

Fig. 20.3.I — VIII
Variantes 1-4; raio da área de influência das
estações R = 400 m



20.3.I



20.3.II



20.3.III



20.3.IV

Fig. 20.3.I — VIII
Variantes 5-8; raio da área de influência das
estações R = 400 m



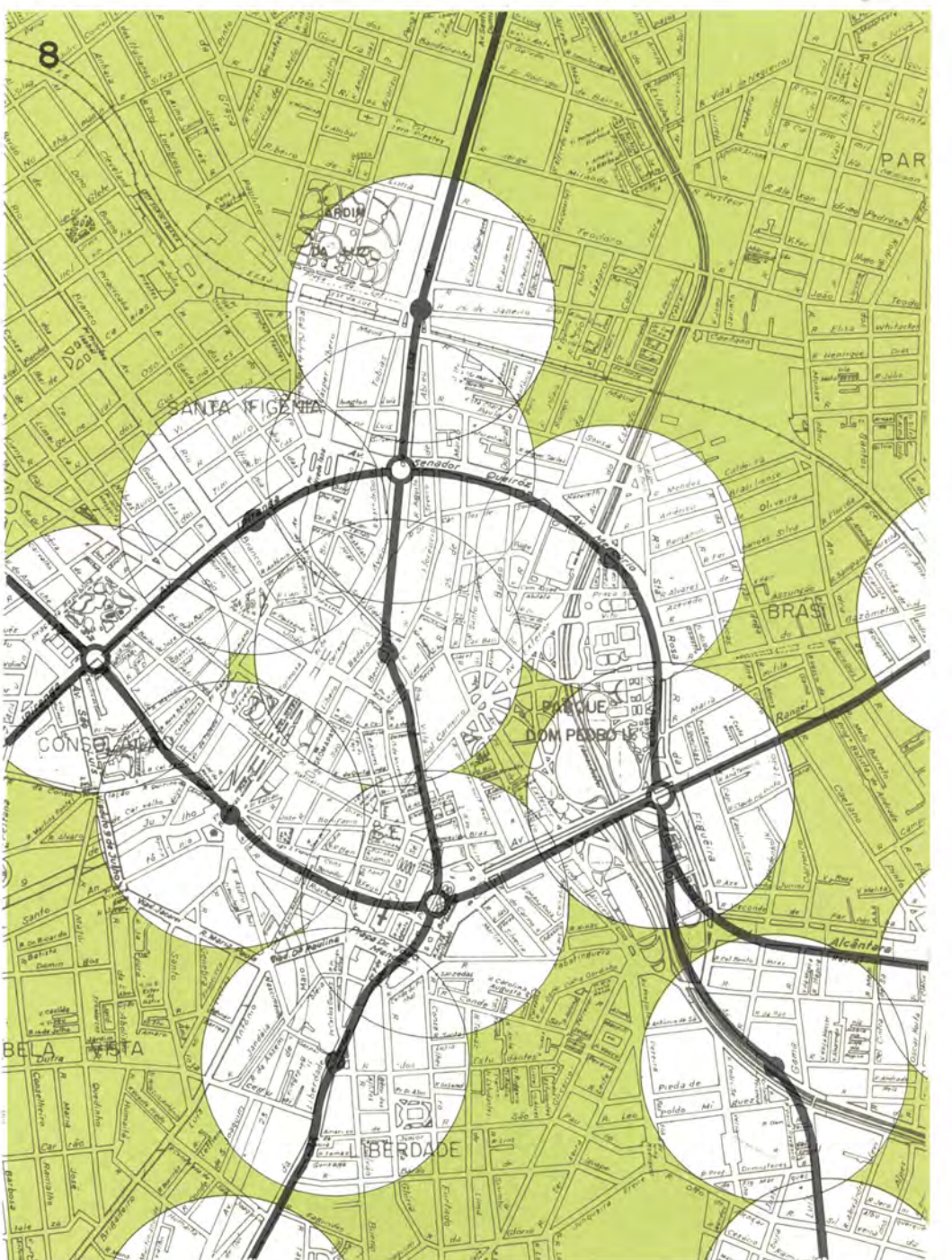
20.3. V



20.3. VI



20.3. VII



20.3. VIII

Em direção ao centro, apresenta-se como difícil tarefa interligar a esta linha como o restante da rede, sem desobedecer aos princípios do tráfego. Um novo traçado que cortasse ainda o anel, não realizável sob o aspecto técnico de construção, restando a solução de conduzir a linha para junto do centro e o anel até a altura da Estação Clóvis Bevilacqua (vide Fig. 20.3/VII). Com isto porém o centro da cidade só pode ser atingido diretamente numa estação.

Assim sendo, a massa dos passageiros que se dirigirem ao DCC precisará baldear na Estação Clóvis Bevilacqua, o que conduzirá forçosamente a uma sobrecarga desta estação. Outrossim, não satisfaz um traçado da Av. Paulista até a Estação Clóvis Bevilacqua, pois este trecho correria, praticamente, dentro da área de influência da Linha Norte-Sul.

No que se refere ao ramo da Linha Leste-Oeste, a estação provisória terminal foi transferida para a Casa Verde. A continuação da Linha Paulista, por sua vez, só se justifica até Vila Madalena.

O ramo Sul da Linha Norte-Sul foi, também extendido na direção Jabaquara.

Note-se que as alternativas anteriores previam o desvio, na altura de São Judas, na direção do Parque do Estado, onde seriam localizadas as oficinas. No entretanto, os modelos de tráfego demonstraram a existência, já em futuro próximo, de uma demanda em nível tal que justifica esta extensão, ao longo da Av. Jabaquara, via que

se constitui no centro de gravidade da referida demanda.

20.3. Seleção das propostas para rede existentes

Com base nas considerações anteriores, em que se discutem as vantagens e desvantagens apresentadas pelas diversas variantes sugeridas para a rede de metrô, as de números 2 e 7 ressaltam como as mais indicadas. Tendo em vista as restrições a que conduziu o estudo da Variante 7, foi finalmente elaborada uma última alternativa, aqui denominada Variante 8 (Fig. 20.1/VIII e 20.3/VIII), com base na Variante 2. Para ambas estas últimas variantes foram desenvolvidos modelos de simulação de tráfego, explicados no Estudo Econômico Financeiro (redes VI e VIII), com o auxílio das quais foram estudadas as várias alternativas de desvio do tráfego visando verificações adicionais e eventuais melhoramentos da rede, chegando-se finalmente à solução adotada representada pelo modelo VIII e mostrada na figura 20.4, cujas características essenciais são a seguir descritas.

20.4. Integração do metrô com as ferrovias e o sistema viário

No sistema da rede VIII estão previstas as seguintes estações junto

às ferrovias, de maneira a provocar uma integração harmônica com este sistema:

- 1 — Estação Barra Funda
— baldeação Metrô, EFS e EFSJ (tráfego local)
- 2 — Estação da Luz
— baldeação Metrô e EFSJ (tráfego local e de longa distância)
- 3 — Estação Brás-Roosevelt
— baldeação Metrô, EFCB e EFSJ (tráfego local e de longa distância).
- 4 — Estação da Moóca (tráfego local).
- 5 — Estação Jockey Clube
— baldeação Metrô e EFS (tráfego local)

As linhas de ônibus de longa distância, serão ligadas ao metrô nas estações:

Cruzeiro do Sul, Via Anchieta, São Judas e Jockey Clube.

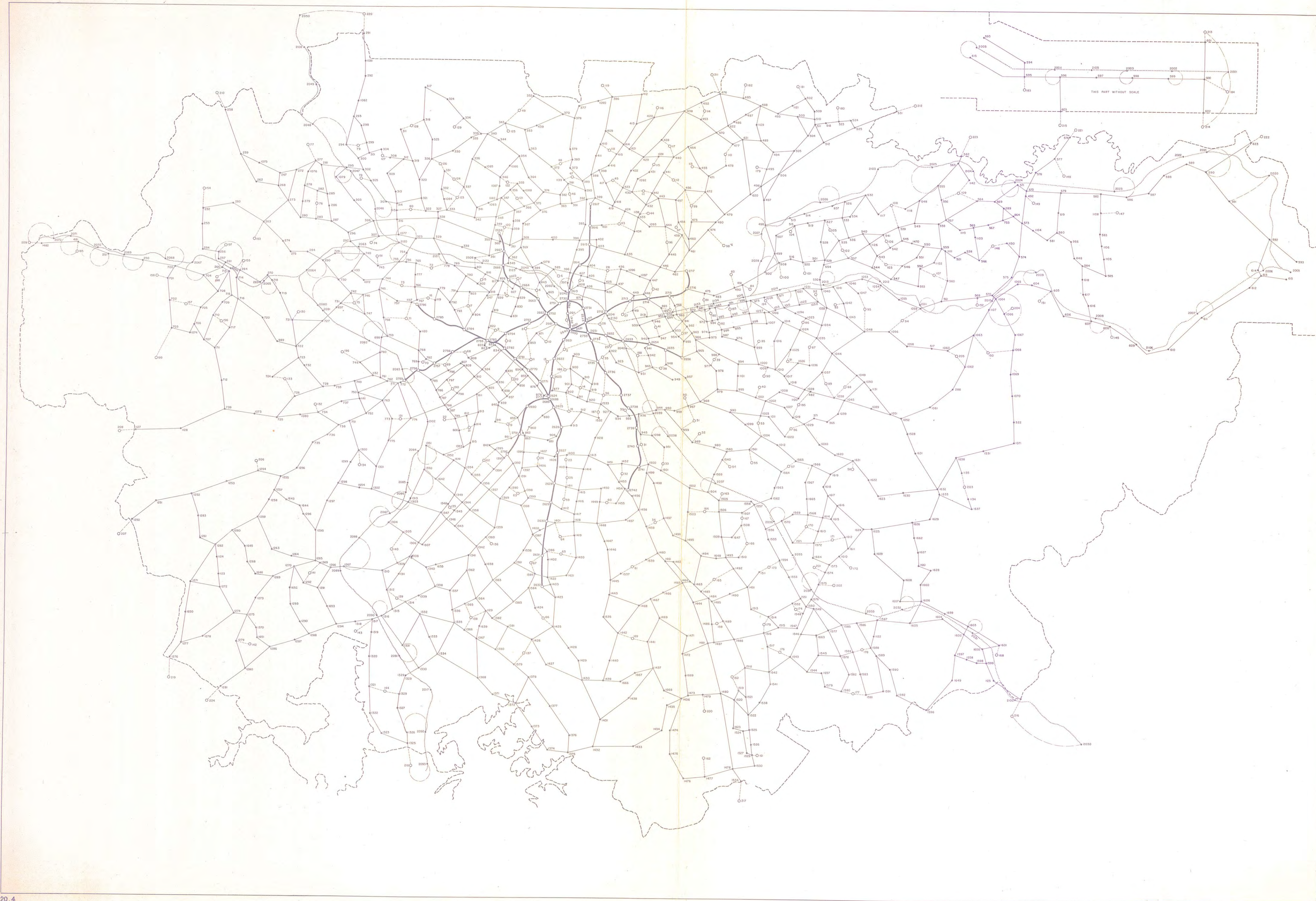
Por outro lado, para a implantação de um sistema "park and ride", propõe-se a instalação de áreas de estabelecimento para o tráfego individual nas seguintes estações de metrô e trem: Casa Verde, Barra Funda, Cruzeiro do Sul, Vila Maria, Tatuapé, Vila Bertioga, Via Anchieta, Sacoman, Jabaquara, São Judas, Moema, Brooklin, Traição, Bandeirantes, Jockey Clube.

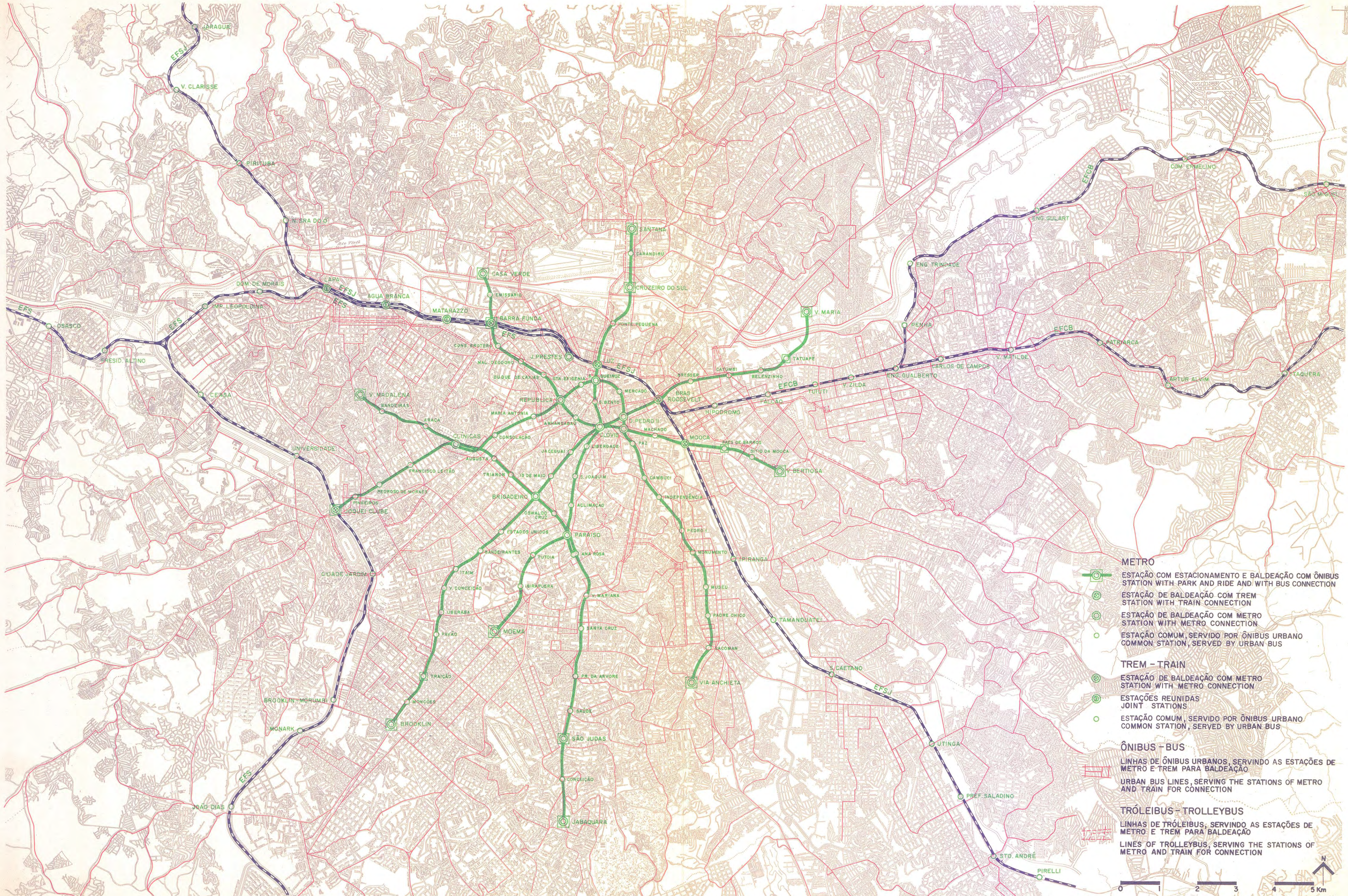
Atualmente existe suficiente espaço disponível para a instalação de áreas de estacionamento em todos aqueles pontos, com exceção de Vila Bertioga e Brooklin. Todavia, do ponto de vista de uma integração de tráfego mais amplo possível, parece ser recomendável criar possibilidades de estacionamento também naquelas estações. Por ocasião de

planejamentos urbanísticos naquelas áreas, recomenda-se sua realização.

Nas estações de trem nos subúrbios, já agora deverá ser providenciada a criação de áreas de estacionamento, a fim de preparar desde já a implantação do sistema "park and ride".

Nas figuras 20.5 e 20.6 estão apresentadas propostas para sistemas de tráfego integrado (carros — ônibus — metrô — trem). Os pontos de conexão metrô/metrô, metrô/trem, metrô/ônibus e metrô/carro estão devidamente assinalados.





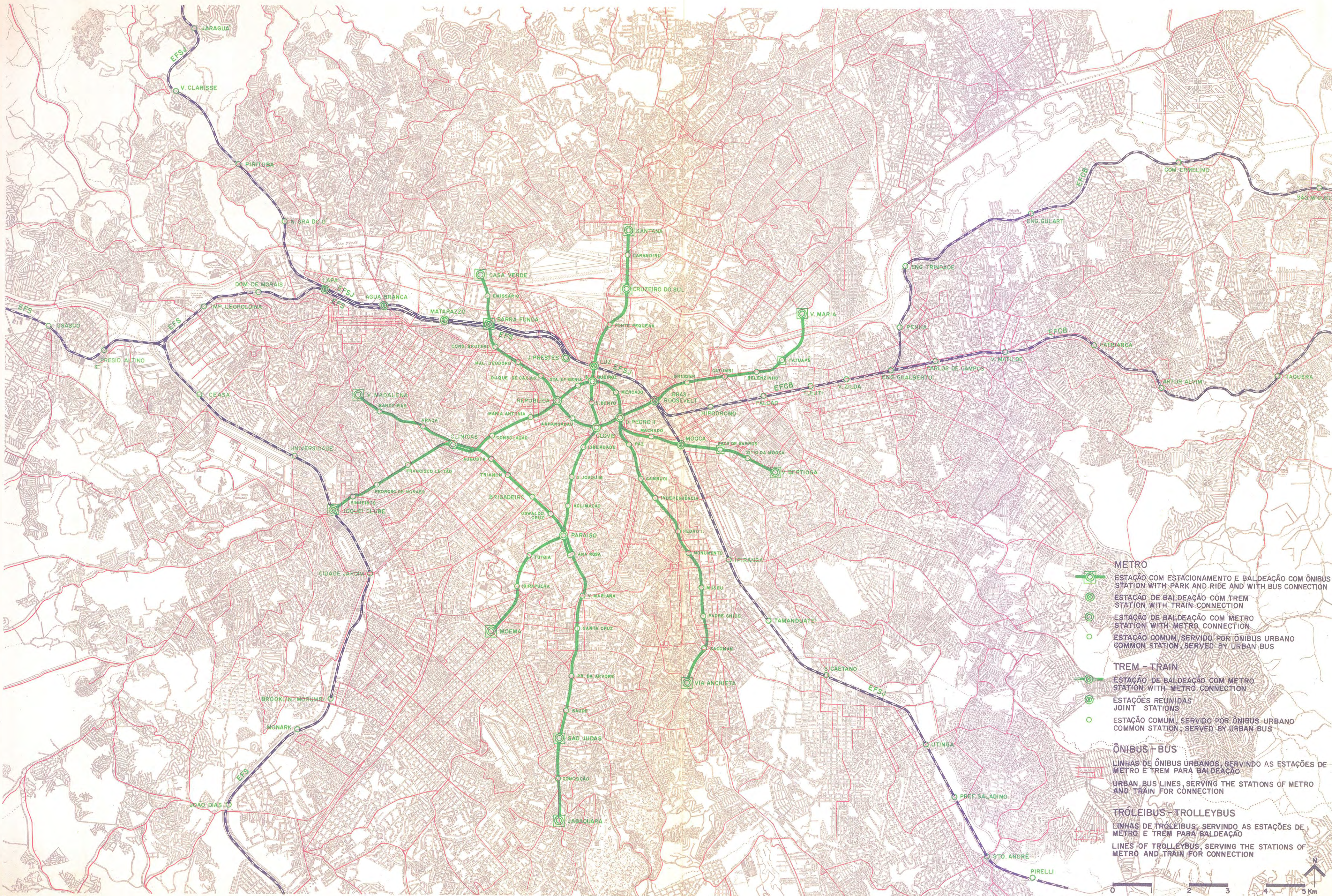


Fig. 21.1
Mass net VI carregado com as
viagens de 1987

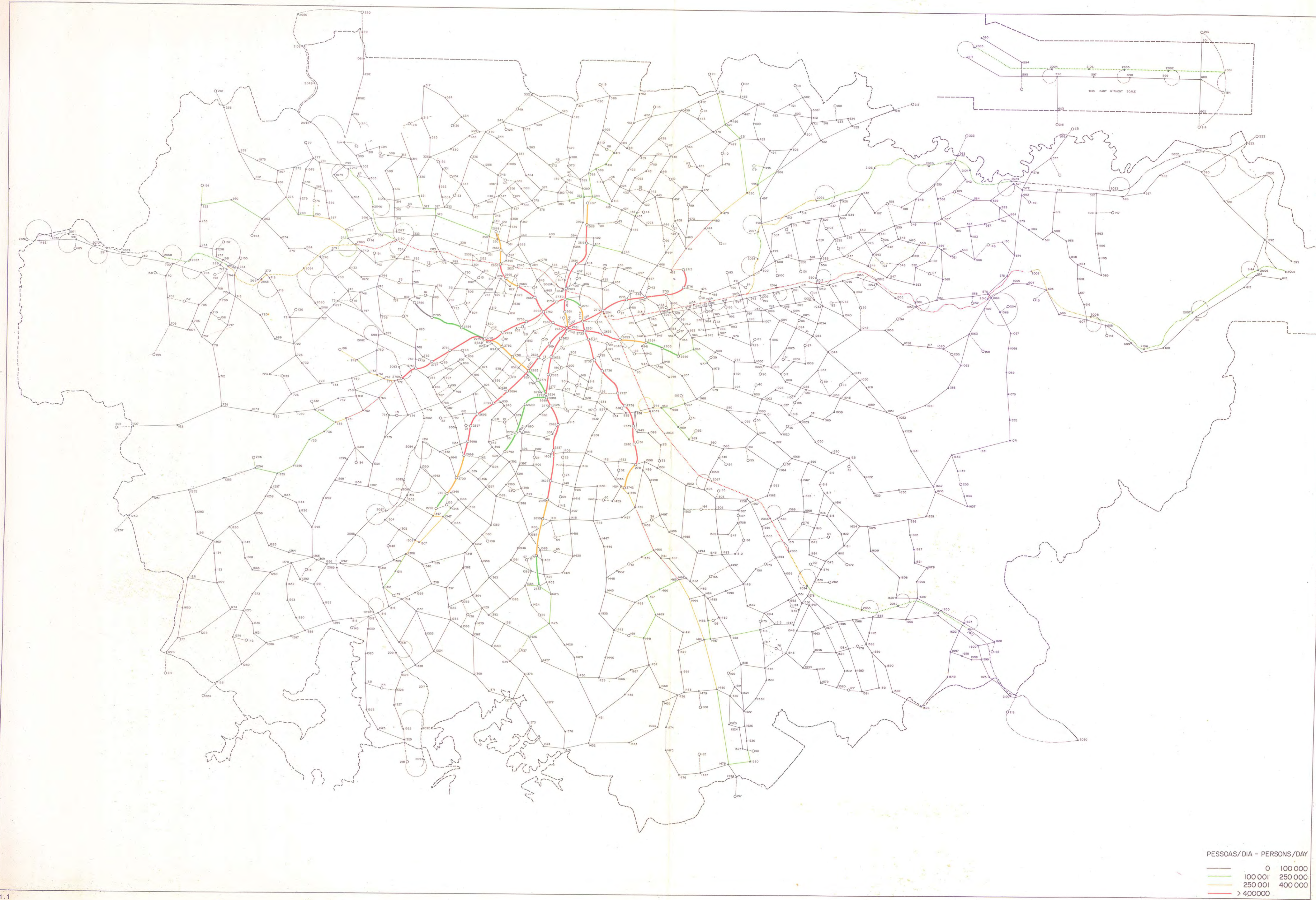
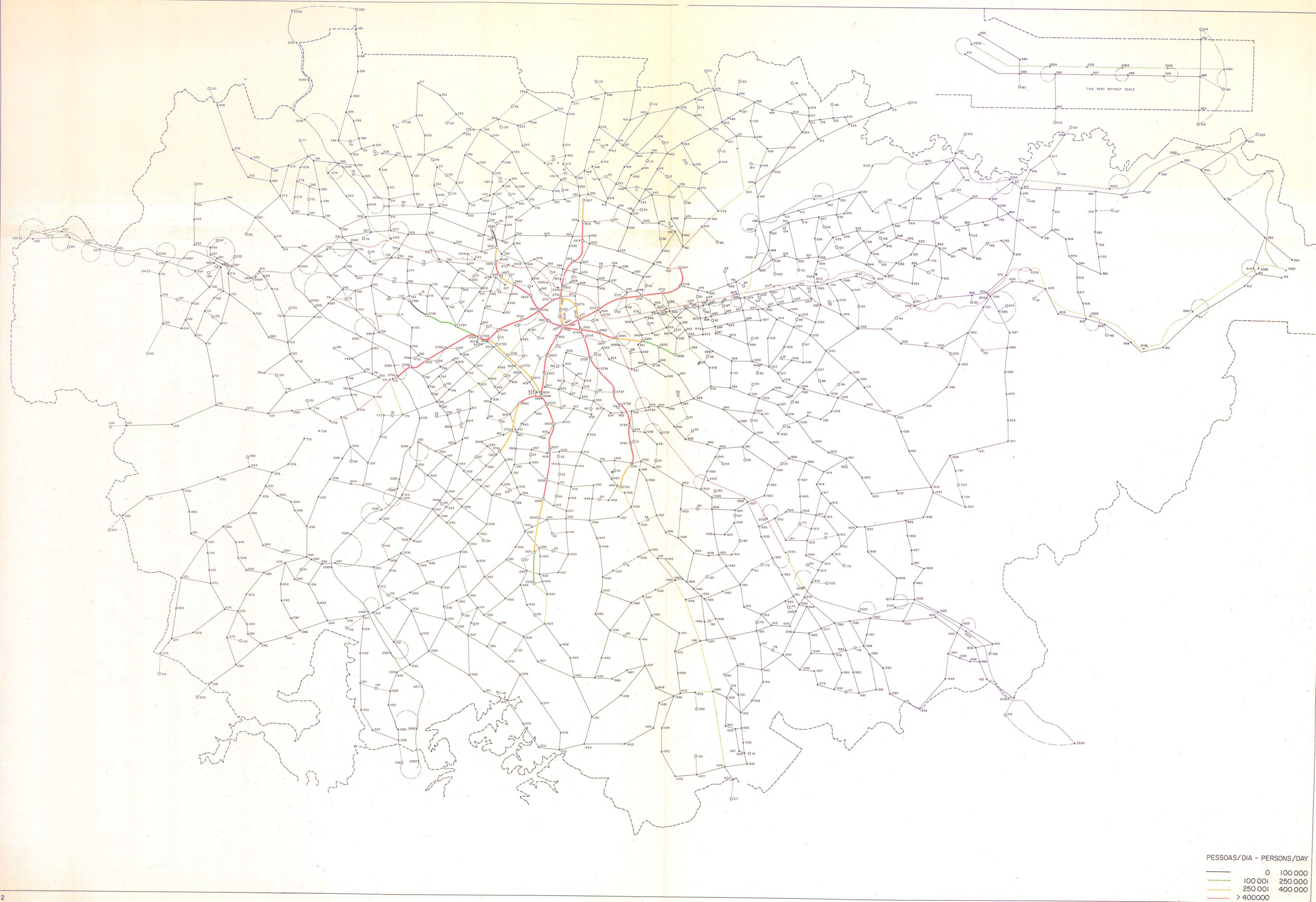


Fig. 21.2
Mass net VIII carregado com as
viagens de 1987



21. Análise e aperfeiçoamento da proposta preliminar para a rede

21.1 Averiguação da demanda de pico nas linhas do metrô por meio de alocação do tráfego de 1987 para a rede do metrô

Os métodos de análise aplicados nos capítulos anteriores 20.1 e 20.2 bastaram para uma pré-seleção das variantes de rede previstas, porém não são suficientes para uma decisão definitiva a favor de um dos sistemas de rede propostos. Para tanto, foi necessário adotar um processo de cálculo, que permita uma análise de rede quanto à sua capacidade e conveniência. Conforme ficou explícito na Parte I do estudo, as linhas de desejo da população urbana foram alocadas para análises das propostas escolhidas de redes preliminares, por intermédio dos denominados "mass-net". Tendo em vista a impraticabilidade de estabelecer, já na primeira elaboração, a forma ideal de tais sistemas "mass-net", os mesmos apenas poderão ser aperfeiçoados gradativamente após sua respectiva avaliação, até atingirem a solução ideal. As repetições de alocação foram representadas nos "mass-net" (Fig. 21.1 e 21.2) para as variantes 7 e 8.

A avaliação do resultado da alocação permitiu a decisão definitiva a respeito da rede mais aconselhável para o Metrô de São Paulo. Para a decisão foi previamente necessário esclarecer duas questões:

1. Se a capacidade das linhas com maior movimento, da rede do metrô, será suficiente para atender satisfatoriamente à demanda de tráfego do ano de 1987.

2. Se a demanda total do tráfego é suficientemente elevada para uma operação econômica do metrô na rede prevista.

No presente caso, bastará para essa verificação, analisar apenas a variante de rede 8, pois, se a rede menor puder arcar com a demanda de tráfego em 1987, decidir-se-á por ela, em virtude de seu aproveitamento mais favorável, dos seus custos mais reduzidos e do seu período menor de construção. Outra vantagem está na nitidez da limitação de sua capacidade, cujo conhecimento exato é de particular importância para um planejamento de previsão mais ampla.

O cálculo da demanda máxima absoluta de pico, para os diversos trechos das linhas do metrô no "mass-net" VIII, está baseado nas relações calculadas na Parte I, capítulo 4.1.3. para uma distribuição do total das viagens sobre os diversos meios de transporte.

Foram determinadas as seguintes relações:

Relação da distribuição do total das viagens sobre tráfego individual e coletivo, havendo fluência perfeita do tráfego individual:

Tráfego individual	58%
Tráfego coletivo	42%

Relação média de distribuição para as horas de pico no centro, considerando-se especialmente o trânsito de atravessamento:

Tráfego individual	32%
Tráfego coletivo	68%

Fator do rush para uma direção:

Tráfego individual do tráfego total diário	22%
--	-----

Fator de correção com o qual deverão ser corrigidas as viagens totais diárias

1,16

Com os valores acima será calculada a demanda máxima dos trechos de linhas, conforme segue:

1. Separação da parte referente a todas as viagens que se destinam ao centro, atravessam ou tangenciam o centro ou tenham origem e destino dentro do mesmo (D) do total das viagens (T) por meio de "selected links downtown", extraídos pelos computadores para cada um dos trechos de linha e para cada direção entre duas estações e formação da relação D/T.

2. Multiplicação desse quociente D/T pela relação de distribuição 0,68, portanto: 0,68. D/T.

3. Definição do índice de viagens no tráfego total, que de modo algum atingem o centro da cidade — D/T e multiplicação pela relação de distribuição 0,42:

0,42. (1 — D/T);

4. Assim, é obtida a demanda de pico (L) para cada trecho de linha, considerando-se os fatores anteriormente citados, pela fórmula:

$L = [0,68 \cdot D/T + 0,42 \cdot (1 - D/T)] \cdot 0,22 \cdot 1,16$

(1 — D/T) 0,22 . 1,16;

Nesta fórmula, o significado de:

L = demanda máxima do trecho de linha na hora de pico para uma direção, em pessoas por hora;

T = total das viagens por dia segundo "mass-net" VIII do trecho de linha, em pessoas por dia;

D = índice de viagens no tráfego total, que atingem de alguma forma o centro da cidade, em pessoas por dia;

0,22 = fator das horas de pico para uma direção;
1,16 = fator de correção.

O cálculo foi feito em tabelas e o resultado está apresentado no fluxograma da figura 21.3.

21.2. A rede proposta do metrô

As variantes de rede 7 e 8 escolhidas para análise, são similares em estrutura fundamental. A diferença existente entre elas consiste basicamente em que a variante 7 é formada de cinco linhas de metrô — quatro transversais e uma tangencial — a variante 8 é formada de apenas quatro linhas de metrô — três transversais e uma tangencial. A rede 8, com um comprimento total de 66,218 km, é 10,528 km mais curta do que a rede 7.

Apesar do menor número de linhas e do menor comprimento total, a rede de metrô da variante 8 ajusta-se às exigências do tráfego nas horas de pico em 1987, conforme ficou demonstrado no fluxograma da figura 21.3 e nos cálculos do capítulo 21.1. Antes, porém, deverá ser retirada a comunicação transversal entre as estações Clóvis Bevilacqua e Pedro II constante do "mass-net" VIII, e a correspondente demanda adequadamente distribuída. A distribuição ainda será esclarecida detalhadamente neste capítulo.

Ao mesmo tempo, cabe assinalar também as desvantagens deste sistema:

1. Os ramais ao Sul e Este não poderão ter sua capacidade totalmente aproveitada, tendo em vista que isto dependerá do aproveitamento total da linha e da capacidade de transporte de passageiros de baldeação dos seus trens.

2. As linhas em anel têm capacidade limitada.

Essas desvantagens serão cuidadosamente analisadas a seguir:

A demanda do ramal de Moema dependerá da capacidade do trecho Paraíso-Clóvis Bevilacqua e do índice dessa capacidade que couber à demanda ao longo do trecho

Jabaquara-Paraíso. A projeção para 1987 indica que será de cerca de 2/3 da capacidade máxima, sobrando para o ramal de Moema apenas 1/3 da capacidade. Esse índice não chega a cobrir totalmente a demanda de tráfego. Por outro lado, a capacidade do ramal Paraíso-Moema não poderá ser aumentada pela colocação de trens para, apenas, esse percurso, pois não seria viável obrigar a massa dos passageiros, que já teve que passar em Moema do ônibus para o metrô, a uma nova baldeação depois de apenas 3 ou 4 min de viagem.

Portanto, o número máximo de trens nas horas de pico que poderá ser colocado em serviço para atender à demanda de tráfego, seria de 27 trens no trecho Jabaquara-Paraíso, e 13 trens no trecho Moema-Paraíso (período de tempo 4,5 min). Com esta oferta, a demanda no trecho Jabaquara-Paraíso será totalmente atendida, enquanto que no ramal Moema sobrarão 3 000 passageiros/h no trecho Tutóia-Paraíso.

De qualquer maneira, porém, a capacidade do trecho, de 13 trens/h ou 26.000 passageiros/h, será totalmente aproveitada. Isto poderá ser feito, adaptando-se uma à outra as respectivas capacidades de transporte até a linha em Moema e Tutóia, e transportando-se os passageiros remanescentes até ao Paraíso.

Em virtude das restrições impostas à capacidade do ramal Moema e da linha Tronco Paraíso-Clóvis Bevilacqua, a demanda de tráfego da ampla área Sul da cidade, limitada pelas linhas

ao Norte:
Jóquei Clube-Clínicas-Avenida Paulista-Paraíso

a Oeste:
Rio Pinheiros

a Este:
Paraíso-Jabaquara,

não poderá ser suficientemente servida a longo prazo.

Como já foi confirmado, até 1987 o ramal Moema poderá receber a demanda de tráfego das zonas Brooklin Paulista e Santo Amaro, por meio das linhas de ônibus que transportarão os passageiros até o metrô. Todavia, as áreas ao Norte de uma linha que poderia ser demarcada pela projetada Av. Traição, não poderão ser atendidas pela rede 8. Essas áreas teriam que ser ligadas ao centro como tem sido feito até agora, por linhas de ônibus, através das Avenidas 9 de



21.3

Julho-Anhangabaú ou Brigadeiro Luiz Antônio.

Assim, ainda não pode ser alcançado o objetivo de liberar as ruas do centro o mais que seja possível do trânsito de ônibus. Por este motivo, a variante 7 prevê uma linha de metrô adicional, que deverá servir à área anteriormente delimitada. A alocação de tráfego ao "mass-net" VI (Fig. 21.1) provou como é acertada a localização do traçado ao longo das Avs. Santo Amaro, Brigadeiro Luiz Antônio até a Paulista. Da Av. Paulista até a Praça Clóvis Beviláqua, o traçado não é tão satisfatório, tendo em vista a proximidade da Linha Norte-Sul, o mesmo valendo para a sua grande profundidade.

Soma-se a isto, como inconveniente, o fato de que a conexão ao anel e, conseqüentemente, o entroncamento com outras linhas do metrô, somente poderá ser feito na Estação Clóvis Beviláqua. Partindo da premissa que esta conexão é certa, com base no fato de que hoje a maioria dos locais de trabalho se concentra no centro "antigo", a Leste do Anhangabaú, não se estaria atendendo à tendência do desenvolvimento, que indica o aumento de locais de trabalho nos diversos setores do centro da cidade.

O resultado das nossas pesquisas indicou que nos próximos 2 decênios os locais de trabalho nos setores 1, 2 e 13, que são as áreas Rua Vergueiro, Liberdade, Praça da Sé e Largo São Bento, aumentarão em apenas 18%, sendo que os locais de trabalho nos setores 3, 8, 10 e 11, que são as áreas Praça Roosevelt, Largo do Arouche, Av. São João e Duque de Caxias aumentarão em 76%. De acordo com essa tendência, porém, a instalação da 5.ª linha de

metrô ocasionaria um tal movimento de baldeação na Estação Clóvis Beviláqua, que sobrecarregaria fortemente, tanto a própria estação como as linhas do anel, mas principalmente o trecho Clóvis Beviláqua-República. São consideráveis as conseqüências sobre o projeto de construção da estação e seu equipamento com escadarias comuns e escadas rolantes.

Como em cada direção haverá 4 relações de baldeação, deverão ser consideradas 24 relações, ao todo, por ocasião do projeto. Ao lado dos elevados custos, certamente não será fácil para os passageiros a orientação rápida nesta estação.

Em vista disso, após detalhadas pesquisas de tráfego, não poderá ser encarado como favorável ao tráfego nem econômico, o traçado na área ao Norte da Av. Paulista. Nas propostas para a ampliação da rede do metrô, este ponto será considerado mais amplamente.

A confluência dos serviços e das demandas na Estação Pedro II causa problemas similares aos da Estação Paraíso. O número de passageiros/hora de pico foi calculado em 56.500 passageiros/h da direção Vila Bertioga e em 61.000 passageiros da direção Via Anchieta. Serão necessários 30 trens em cada uma das linhas para o transporte desses passageiros. Como só 40 trens poderão seguir da Estação Pedro II em direção à Estação Senador Queiroz-República, sempre 10 trens/h dos dois trechos de acesso precisarão fazer retorno na Estação Pedro II. Por este motivo, a estação deverá ser provida de vias para manobra (Fig. 22.9).

Outrossim, essa estação deverá poder arcar com a demanda de $77.800 + 61.000 + 56.500 = 195.300$ passageiros/hora de pico, por meio de suas instalações e das linhas em direção ao centro. A alocação dos fluxos de tráfego para o "mass-net" VIII ainda foi feita com uma rede de metrô, que previa 2 linhas de conexão (Linha Oeste-Este e ramal Vila Bertioga) da Estação Pedro II para a Estação Clóvis Beviláqua. Segundo esse sistema, as linhas traziam de Vila Maria, Vila Bertioga e Via Anchieta:

195.300 passageiros/h

e transportavam para Clóvis Beviláqua 70.000

+ 40.000 = 110.000 passageiros/h

e para Senador Queiroz 37.000 passageiros/h

Total 147.000 passageiros/h

De acordo com essa distribuição, cerca de 48.000 passageiros/h teriam que descer na Estação Pedro II.

A variante 8 não prevê a conexão para a Estação Clóvis Beviláqua da direção Vila Bertioga. Tendo em vista que esse trecho é um ramal da linha tronco, os 40.000 passageiros/h do trecho Pedro II-Clóvis Beviláqua, provenientes da direção Vila Bertioga, terão que ser distribuídos sobre as Linhas Casa Verde-Vila Maria e Pinheiros-Via Anchieta. Devido a facilidade da ligação direta, não haverá grande movimento de baldeação na Estação Pedro II, para alcançar São Bento ou República através da Clóvis Beviláqua. Portanto, poderá ser previsto que a maioria dos passageiros provenientes

de Vila Anchieta e Vila Bertioga permanecerá no trem para alcançar aqueles destinos, seja em viagem direta, seja por baldeação na Estação Senador Queiroz. Com isto poderá ser conseguido um melhor aproveitamento dos trechos Pedro II-Senador Queiroz-República e, por outro lado, será aliviado o trecho Pedro II-Clóvis Beviláqua-República, eliminando-se assim a sobrecarga desse trecho. Ao invés do acesso de 110.000 passageiros/hora na Estação Clóvis Beviláqua da direção Este e Sudeste, este número será reduzido para 75.000 passageiros/hora.

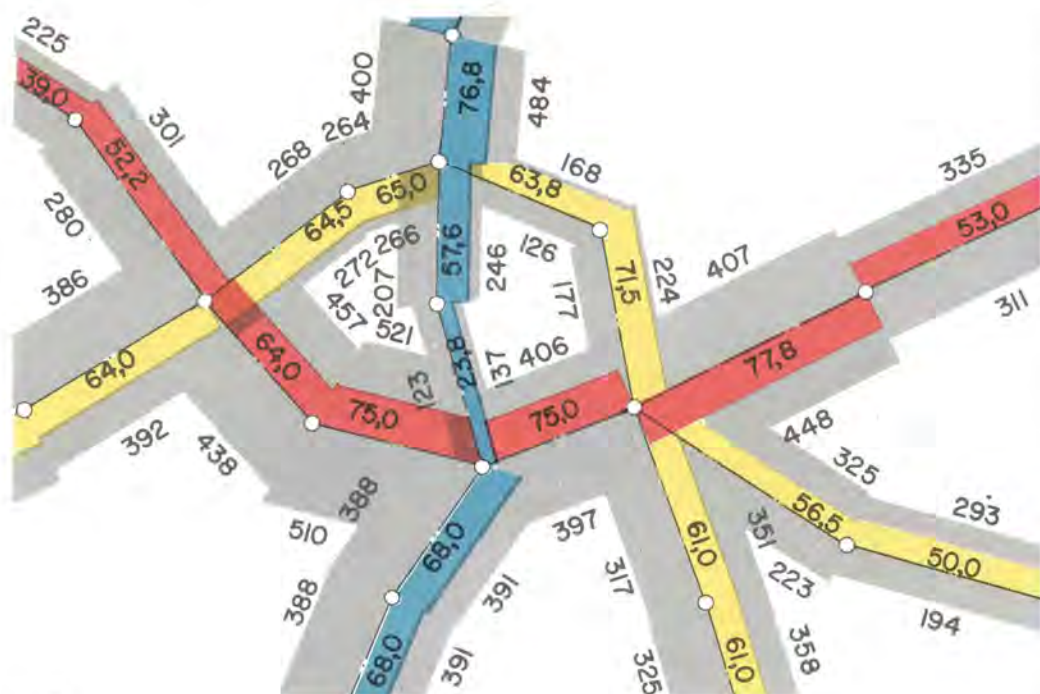
Conseqüentemente, a demanda de tráfego entre Clóvis Beviláqua e Anhangabaú se reduzirá para 75.000 passageiros/h aproximadamente. Em compensação, o aproveitamento da Linha Pinheiros-Via Anchieta, no anel, aumentará de $37.000 + 35.000 = 72.000$ passageiros/h no trecho Pedro II e Mercado e, de forma correspondente, nos trechos até República.

Com isto, é obtida uma boa distribuição da demanda de tráfego em todos os trechos do anel (Fig. 21.4).

A oferta de transporte na forma de um distribuidor de trens nos diversos trechos, para atendimento da demanda de tráfego, acha-se representada na figura 21.5.

Feita esta análise de alocação do tráfego para as duas variantes 7 e 8 a decisão da rede ideal poderá ser feita claramente a favor da variante 8.

O plano desta rede encontra-se ilustrado na figura 21.6.

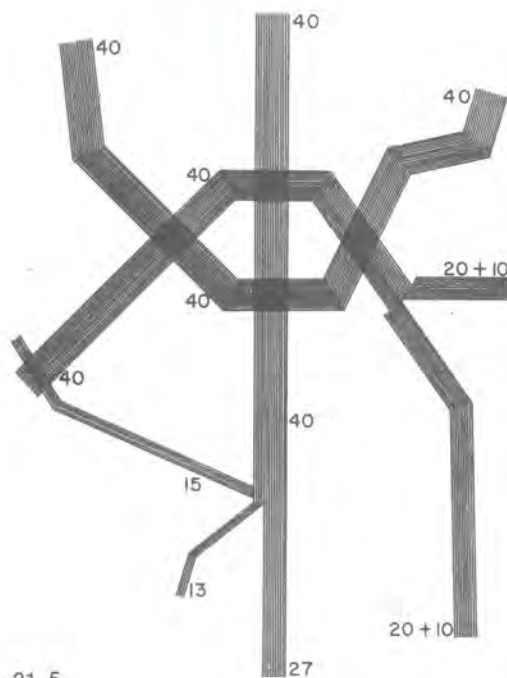


21.4

Fig. 21.3
Rateio de tráfego das linhas do Metrô na hora do pico em relação às viagens totais do mass net 21.1

Fig. 21.4
Rateio de tráfego das linhas do Metrô na hora do pico em relação às viagens totais do mass net 21.2 (só centro)

Fig. 21.5
Distribuição de trens em 1978



21.5

21.3. Linha prioritária

Das três linhas diametrais e da linha tangencial que formam a rede proposta, deverá ser escolhida a linha a ser construída e posta em funcionamento em primeiro lugar. O critério decisivo será o grau de utilidade a ser obtido pela instalação inicial de uma única linha, no tráfego geral da cidade, considerando-se desde o início, um sistema de tráfego integrado pelo trem, ônibus e metrô.

Para proceder à escolha, ainda poderá ser consultada a projeção do tráfego, a qual, porém, não deverá ser igual às cifras calculadas para 1987 para a rede total.

O ponto de partida para a avaliação do efeito de utilidade alcançável pela construção de uma linha de metrô é, antes de mais nada, a situação atual existente sem o metrô.

Conforme já está explicado mais detalhadamente, em outra parte, sua característica mais relevante é a sobrecarga da rede viária no centro urbano. Isto significa que deverá a linha do metrô proporcionar um certo descongestionamento do centro pela eliminação parcial do trânsito de ônibus.

Outra característica do quadro geral do tráfego atual, é a existência de linhas ferroviárias de Oeste para Este, e de Oeste para Sudeste, que tangenciam o centro da cidade na Estação da Luz e, por outro lado, a ausência total de coletivos ferroviários na direção Norte-Sul. Justamente nesta direção, porém, pode ser notado um forte fluxo de tráfego em direção à cidade, conforme

demonstra a figura 21.7. Portanto, a primeira linha do metrô deverá, em colaboração com as estradas de ferro existentes, levar a influência dos meios de transporte em massa, sobre trilhos, até as zonas ainda não servidas atualmente.

Estas considerações básicas se acham de forma um pouco modificada também já nos estudos anteriormente feitos, particularmente no estudo Prestes Maia — Berrini e levam basicamente a evidenciar uma ligação na direção Norte-Sul.

Analisando, sob esses aspectos as diversas linhas do metrô, a linha tangencial Vila Madalena-Paulista será eliminada imediatamente, pois não atende a nenhuma das exigências apontadas. Igualmente a Linha Jockey Clube-Via Anchieta não preenche os requisitos de uma linha prioritária, quando analisada em detalhe. Apesar de abranger o setor Sudoeste da cidade, não traz, além deste, quando considerada isoladamente, qualquer benefício significativo para o tráfego geral da cidade. Isto porque ela tangencia a cidade no mesmo lado que a estrada de ferro existente sem que haja entre elas uma conexão que satisfaça às exigências do tráfego no centro.

Restam, portanto, como alternativas a comparar as Linhas Casa Verde-Vila Maria e Santana-Jabaquara. Fazendo uma comparação entre os elementos preliminares de projeto dessas duas linhas, figuras 21.8 e 21.9, ressaltam as seguintes conclusões:

A construção da Linha Casa Verde-Vila Maria, proporciona uma boa comunicação com o centro, para os setores a Nordeste e Noroeste da cidade. Também as áreas de serviço

da estrada de ferro, situadas a Este e Oeste, terão melhor comunicação, além dos dois pontos de conexão da estrada de ferro (Barra Funda e Brás-Roosevelt) pois a linha envolve o centro da cidade como um anel, sem tocar aliás, o atual núcleo da cidade, propriamente dito. Como a figura 21.8 demonstra claramente, a parte Norte da cidade é fortemente beneficiada por essa linha, embora o setor Norte central, ao redor de Santana, que apresenta grande movimento de tráfego, não é abrangido. Toda a parte Sul da cidade continuaria sem serviço ferroviário coletivo, estando sujeito a um atendimento exclusivo pelas linhas de ônibus.

A segunda solução, de iniciar com a construção da Linha Santana-Jabaquara, oferece consideráveis vantagens, conforme pode ser visto pela análise conjunta das figuras 21.8 e 21.9. Com a entrada em serviço desta linha, quase toda a área urbana terá comunicação para o centro, seja por metrô, seja por estrada de ferro. Cabe ainda ressaltar, que esta linha é a única a atravessar o núcleo da cidade, não se limitando a tangenciá-lo. Com as Estações Luz, São Bento, Clóvis Beviláqua e Liberdade, o atual centro estará devidamente servido. Assim sendo, essa linha poderá atender, imediatamente, aos dois grandes fluxos de tráfego dos setores ao Norte e ao Sul, aliviando o movimento nas ruas do centro da cidade.

Também o confronto entre as áreas de atendimento, diretas e indiretas, de ambas as linhas, decidirá a favor da prioridade da Linha Santana-Jabaquara, não obstante, por um certo período, a demanda de tráfego do ramal Este da Linha Casa Verde-Vila Maria, deva ser atendida pela estrada de ferro existente. Haverá, portanto, necessariamente, um sistema de tráfego integrado, o que constitui a premissa básica nas presentes considerações.

A prioridade da Linha Norte-Sul é, evidenciada, ainda, pelo fato de que o seu tráfego se originará exclusivamente de sua área de influência, sendo que a Linha Noroeste-Nordeste caberá mais a tarefa de distribuição pela rede total, ficando claro, portanto, que só será funcional quando devidamente integrada no conjunto das linhas de um sistema.

Conforme já foi mencionado, a projeção para 1987 das demandas de transporte previstas nas horas de pico, não poderá ser diretamente aplicada para uma comparação neste sentido, sem a ressalva de que aqueles cálculos referem-se à rede total, não podendo ser aplicadas, isoladamente, a uma qualquer das suas linhas.

Todavia, eles mostram uma certa relação no significado do tráfego das diversas linhas da rede do metrô. Se as duas linhas em pauta forem comparadas sob este aspecto, revela-se uma certa paridade. A favor da Linha Casa Verde-Vila Maria apresenta-se o menor comprimento do traçado. Essa vantagem, todavia, é diminuída pelo fato de que a maior extensão do trecho do Sul da Linha Norte-Sul é devida, presentemente, mais à instalação do Depósito do que às exigências do tráfego, propriamente dito.

Após uma análise criteriosa de todos os argumentos desenvolvidos, evidenciam-se as vantagens que indicam como prioritária a Linha Santana-Jabaquara.

21.4. Possibilidades de desenvolvimento futuro da rede do metrô

A rede do metrô, como está projetada para o ano de 1987 (Fig. 21.6), com um comprimento total de 66,2 km aproximadamente, deverá ser encarada apenas como primeira etapa da rede básica de uma metrópole com 12 milhões de habitantes, conforme está evidenciado na figura 11.11 do capítulo 11.2.

Já na análise dessa rede, ficou demonstrado o limite de suas capacidades de rendimento e de absorção. Toda e qualquer ampliação dessa rede, que tenha por objetivo aumentar as suas áreas de atendimento e a sua produção, conduzirá a uma sobrecarga insuportável. Em vista disso, deverão ser estudadas, desde logo as tendências do seu desenvolvimento, para que as mesmas possam ser devidamente analisadas quanto às suas consequências sobre a rede básica.

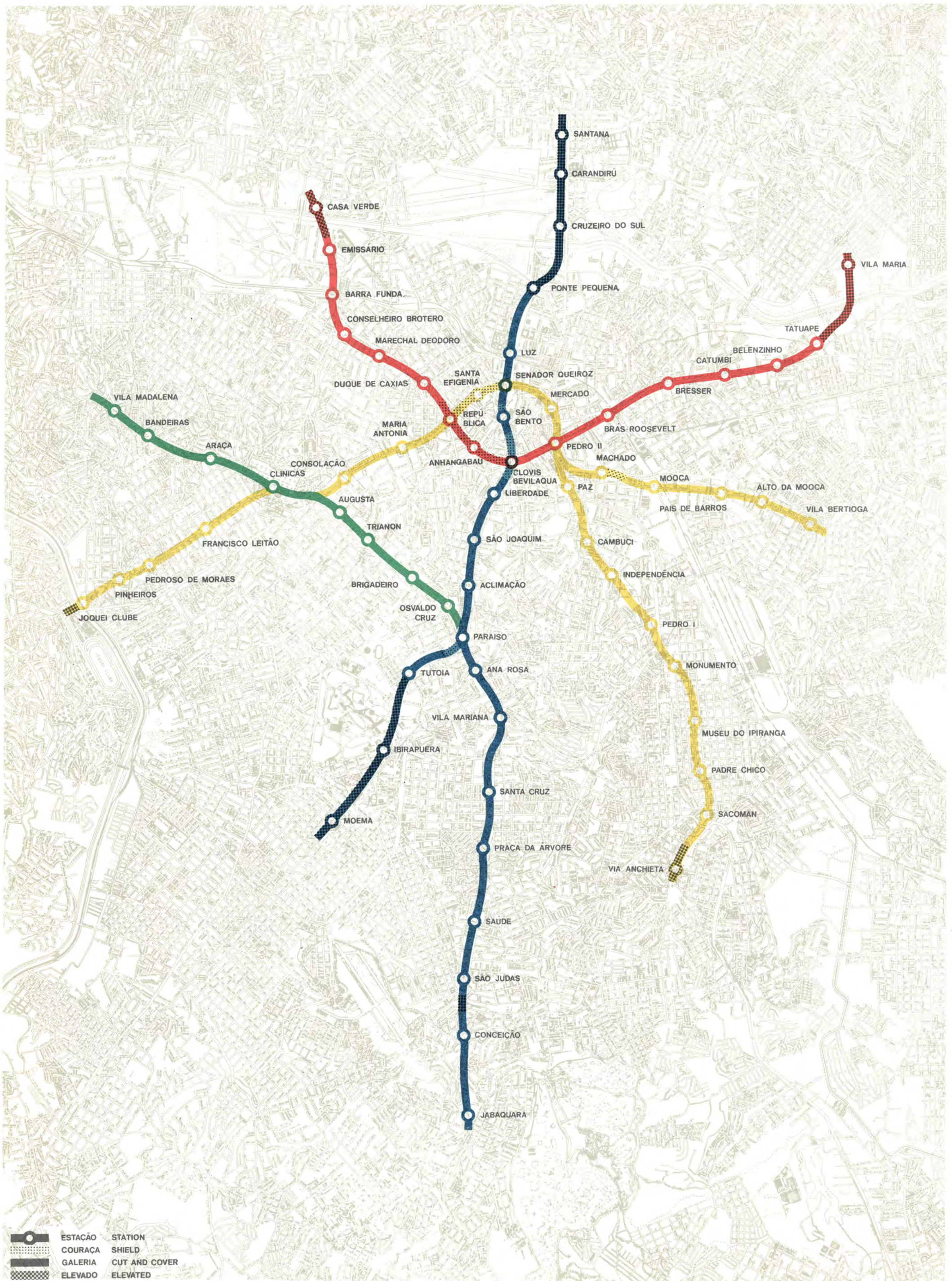
A seguir serão tratadas propostas para ampliação, na sequência correspondente à sua urgência:

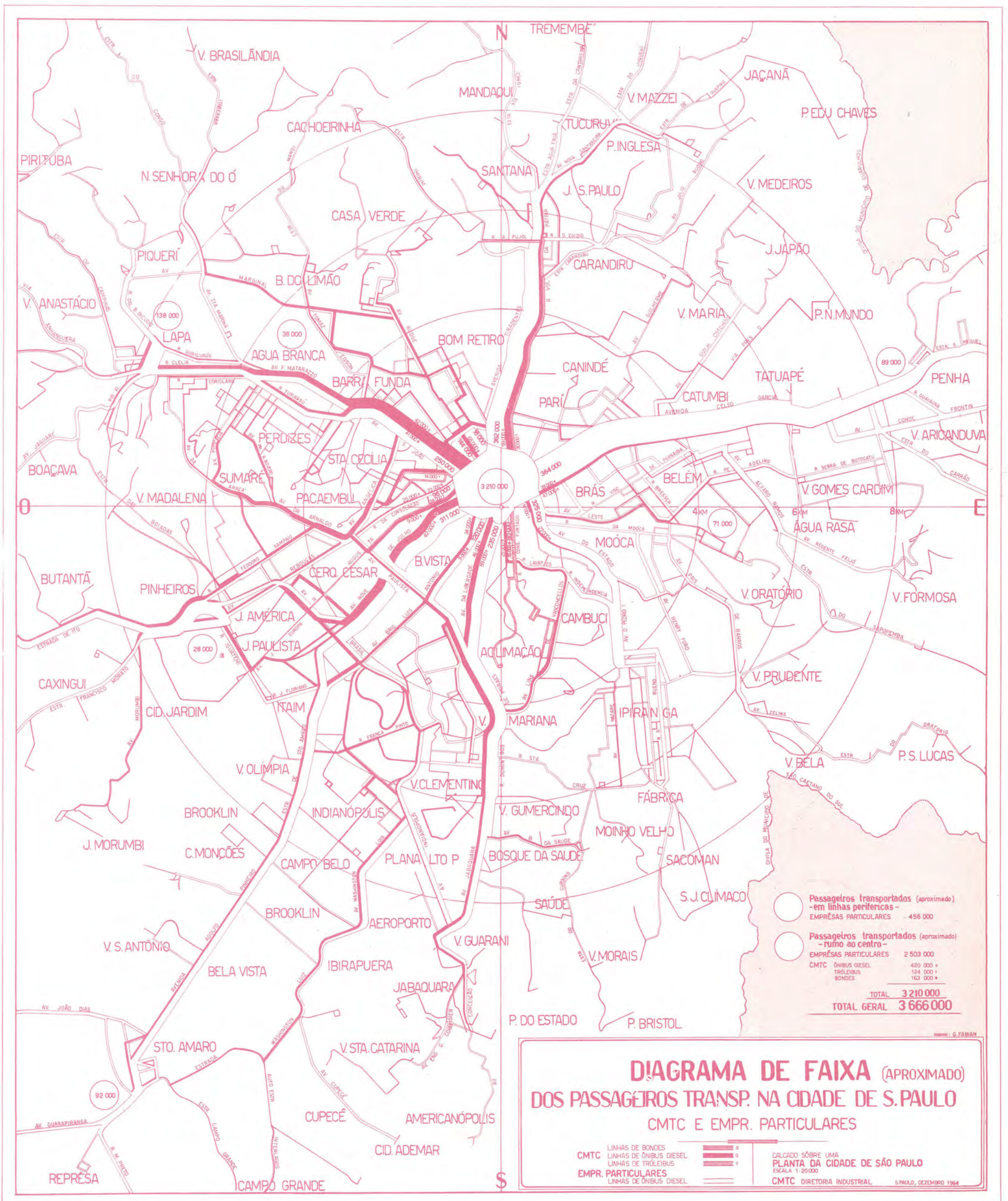
1. — A análise das duas variantes de rede 7 e 8 revelou, que o atendimento da extensa área Sudoeste de São Paulo, a longo prazo, não poderá ser feito apenas pelo ramal Moema, da Linha Norte-Sul. Por outro lado, o atendimento das áreas não abrangidas pelo ramal Moema por meio de linhas de ônibus e a sua comunicação imediata com o centro, somente é viável em um período de transição. Esta conclusão levou a uma proposta, já feita no estudo da variante 7, de instalar uma quarta linha diametral do metrô, que saia do Brooklin, seguiria pela Av. Sto. Amaro — Av. Brigadeiro Luiz Antônio — Pça. Clóvis Beviláqua — Parque D. Pedro II e conduziria até o Alto da Moóca. Os prós e contras deste traçado foram analisados e julgados, exaustivamente, no capítulo 21.2. A respeito da localização adequada daquele traçado, de Santo Amaro pelo traçado do bonde — Av. Santo Amaro — Av. Brigadeiro Luiz Antônio até a Av. Paulista, não restou qualquer dúvida, mesmo após uma verificação por meio de uma cuidadosa alocação do tráfego.

Assim sendo, como primeira medida de ampliação, propõe-se a construção dessa linha. Futuramente, seu início será ao sul de Santo Amaro, em Socorro, junto ao rio Pinheiros.

Após percorrer o centro de Santo Amaro em nível subterrâneo, seguirá o traçado do bonde e bifurcará à altura da Av. Traição, em direção à Moema e à Av. Santo Amaro — Av. Brigadeiro Luiz Antônio.

Esta bifurcação possibilitará a uma parte dos passageiros da zona Sul, alcançar, através de um percurso direto, optativo, o centro "antigo" ou o centro "novo" da cidade. Projetando-se a estação de bifurcação como estação de entroncamento, poder-se-ia, ainda, abranger o aeroporto de Congonhas, o qual no futuro, aumentará indubitavelmente a sua demanda de tráfego, já hoje considerável. Ao Norte da Av. Paulista, a nova linha do metrô seguirá a Av. Brigadeiro Luiz Antônio apenas em um curto trecho, dobrando, a seguir, na Rua 13 de Maio. Em sentido paralelo à segunda perimetral atravessará a Av. 9 de Julho, prosseguindo pela Rua Caio Prado, Av. Amaral Gurgel e Av. Duque de Caxias, para a Estação Júlio Prestes. Ao Norte da estrada de ferro,





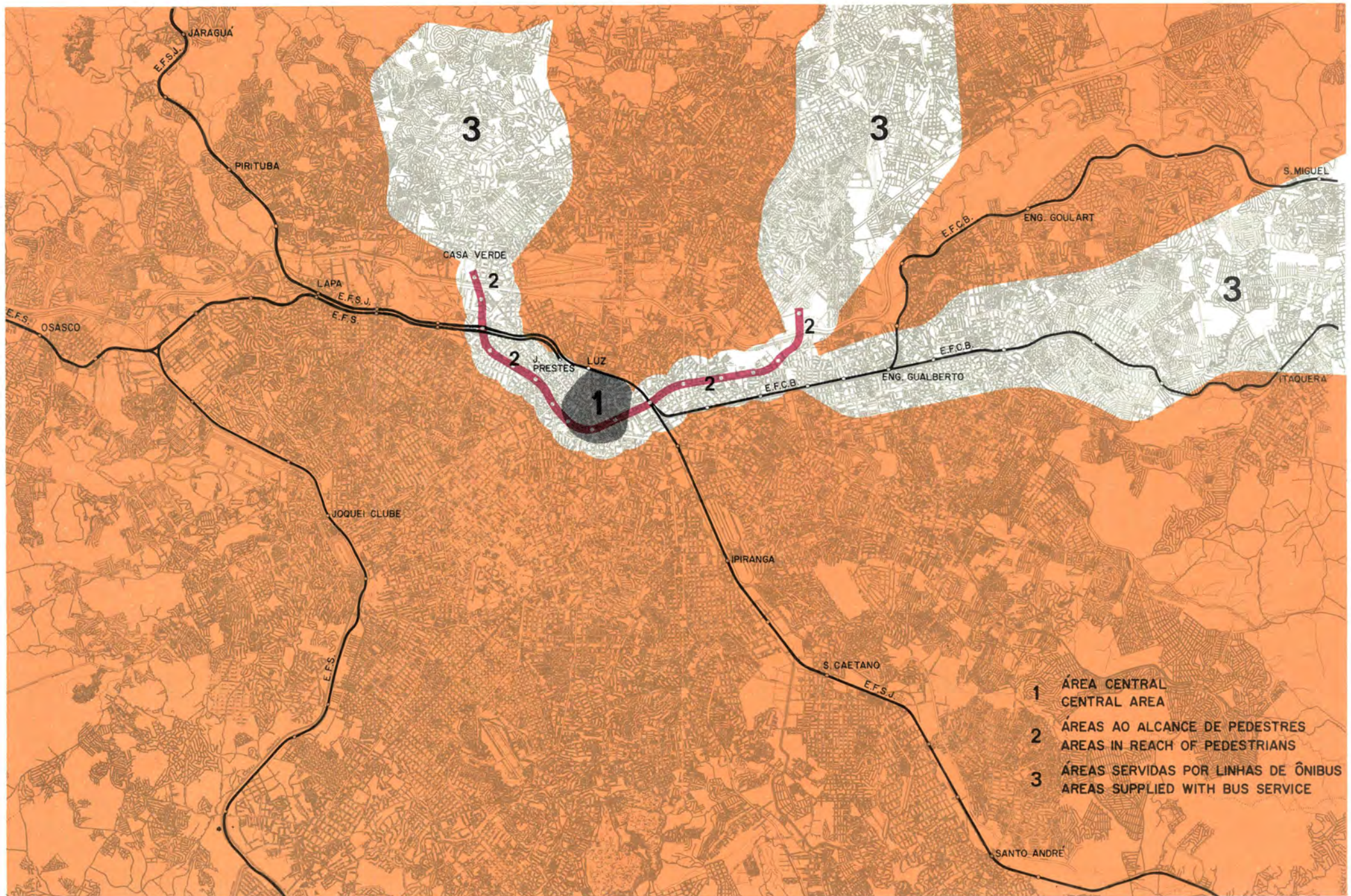
21.7

Fig. 21.6
Proposta para a rede de Metrô

Fig. 21.7
Fluxograma de passageiros da CMTC
baseado no levantamento de 1964

Fig. 21.8
Comparação das áreas servidas por linhas
de ônibus num sistema de tráfego integrado.

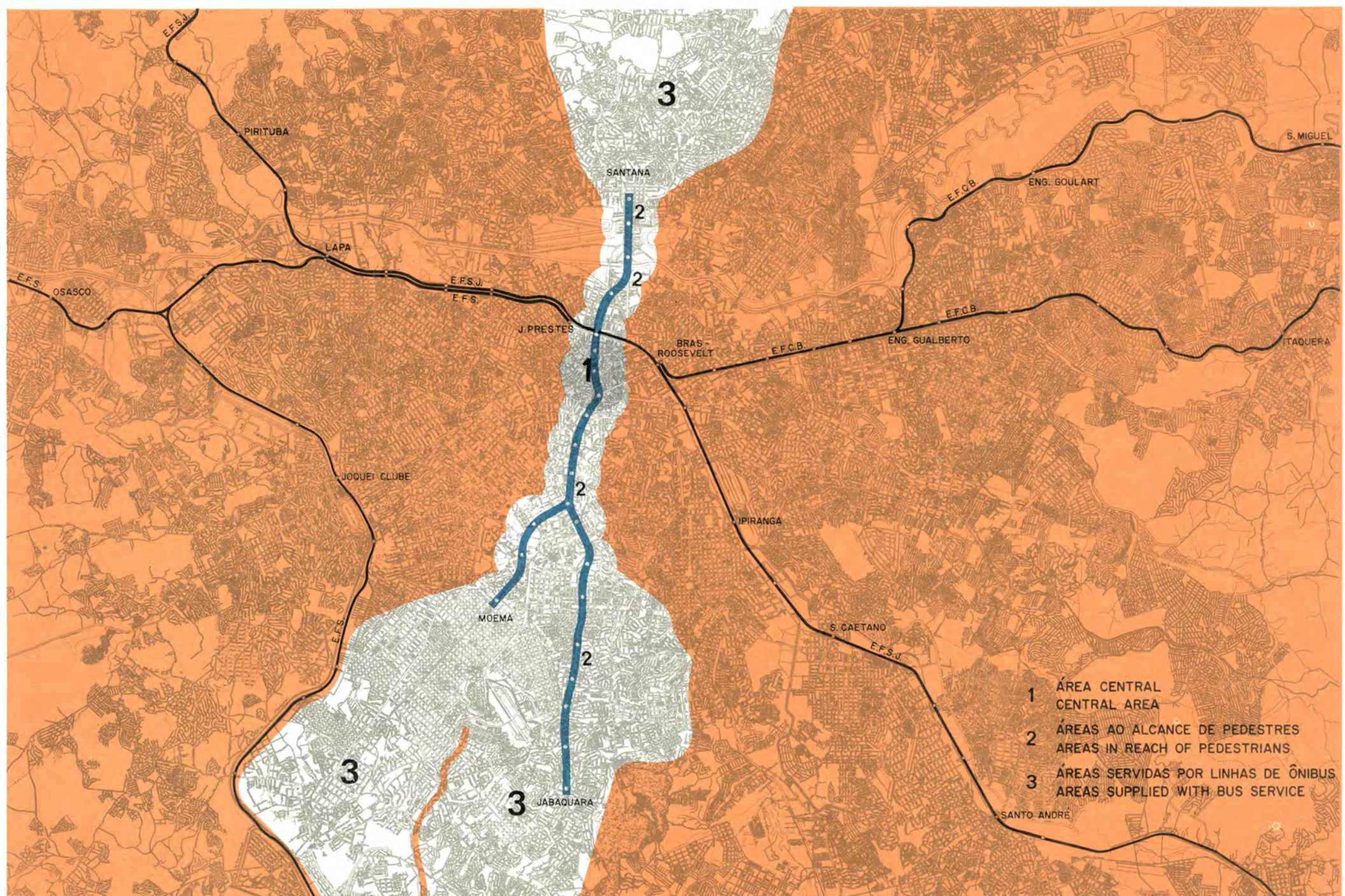
considerando-se em primeiro plano a
Linha Casa Verde-Vila Maria



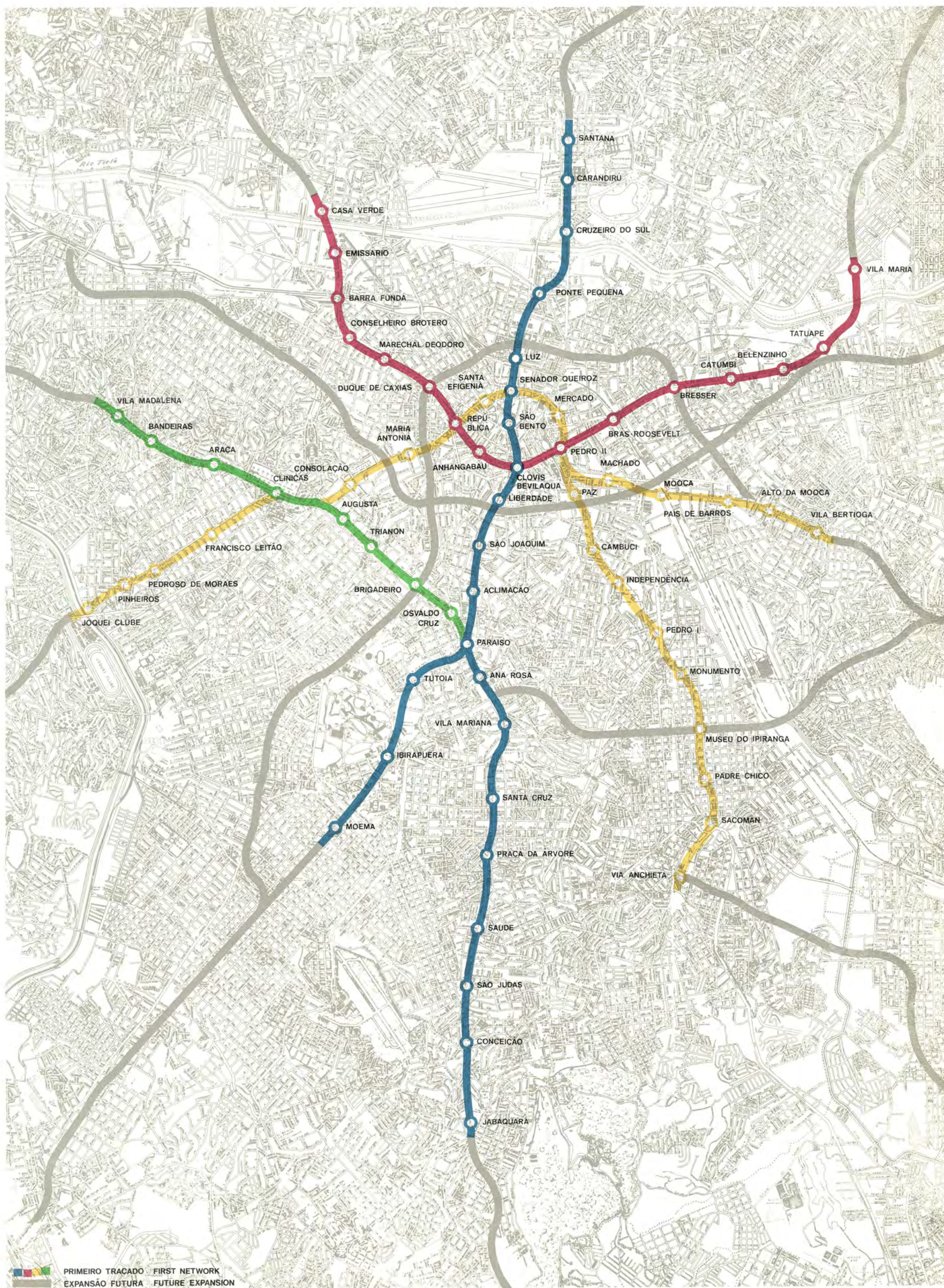
21.8

Fig. 21.9
Comparação das áreas servidas por linhas
de ônibus num sistema de tráfego integrado,

considerando-se em primeiro plano a Linha Santana-Jabaquara



21.9



contornará em ampla curva o centro da cidade, cruzando a linha do metrô em direção a Este na Estação Bresser, para desembocar, depois, junto à Estação Moóca, na linha de metrô para Vila Bertioga, que poderá então ser ampliada na direção da Estrada de Sapopemba. Este traçado atende às tendências do desenvolvimento do centro em direção aos setores Oeste e Norte. A localização do traçado possibilitará a uma grande parte dos passageiros atingir o seu destino sem necessidade de baldeação. A linha terá boa conexão com as demais linhas do metrô, através de quatro estações de entroncamento. Provenientes da direção de Sapopemba, a maioria dos passageiros (75%) poderá alcançar o seu destino através do anel; os restantes (25%) poderão fazer o percurso direto para o centro antigo.

2. — De acordo com o desenvolvimento das zonas residenciais, a Linha Oeste-Este, sem dúvida, terá a tendência de avançar para Nordeste e Este, até Guarulhos e Penha. Com ampliação de sua área de atendimento, crescerá também a demanda de tal maneira, que a linha de metrô Oeste-Este apenas complementada por uma linha suburbana da EFCB, liberada do tráfego de longa distância, não será suficiente para atender a todo o fluxo de transporte incidente nas horas do rush.

Já em 1987 sua demanda de tráfego será considerável. A parcela de transporte desviado para a estrada de ferro foi aumentada, principalmente pela conexão preferencial com linhas de ônibus (vide "mass net" VI e VIII) de tal forma, que ultrapassa a sua capacidade, calculada, no máximo, em 250.000 passageiros/dia. Se a

distribuição da demanda fosse feita de acordo com as diversas capacidades das linhas, (metrô máximo 360.000 passageiros/dia), em 1987 o metrô já estaria solicitado até quase o limite de sua capacidade.

Em vista disso, deverá ser instalada uma terceira linha de metrô naquela área, para aliviar as linhas mencionadas.

Desta forma, propõe-se a construção de uma nova transversal Oeste-Este, com um ramal ampliado Belenzinho — Vila Maria — Guarulhos. Esta nova linha de metrô cruza ou se junta com a Linha Oeste-Este na Estação Belenzinho, linha essa a ser futuramente ampliada até a Penha. Na Estação Belenzinho, a linha descreve uma curva, pelas estações de metrô Moóca e Paz, ao Sul, contornando o centro da cidade, para acompanhar a Oeste as Ruas Manuel Dutra — Antônio de Queiroz — Itapicuru e Clélia, e terminar à altura da Estação da Lapa das EFS e EFSJ. Essa linha proporciona a ligação com as zonas industriais e residenciais a Este junto à Via Dutra e Avenida Celso Garcia com aquelas situadas a Oeste na Lapa, sem atravessar a cidade. Na área do centro, a linha é conduzida pela zona em franco desenvolvimento, entre a Av. Paulista e a segunda perimetral. Em virtude do seu grande número de estações de conexão, nos pontos de entroncamento, com outras linhas de metrô ou de trem, esse traçado preenche os requisitos de uma linha distribuidora e, simultaneamente, serve de auxílio e alívio para a Linha Oeste-Este no percurso Penha — Clóvis Beviláqua — República — Vila Madalena.

3. — As demais possibilidades de ampliação, são oferecidas por

extensões das linhas de metrô então existentes, podendo ser aumentada a área servida pelo metrô por intermédio de bifurcações das linhas. Para tanto, apresentam-se as seguintes sugestões:

a) Linha Norte-Sul na área Noroeste Mandaqui — Tucuruvi;

b) a Linha Oeste-Este, na área a Noroeste da Serra, para além de Casa Verde;

c) a radial Sul-Oeste em direção a Itapeperica;

d) a radial Sul-Este em direção às cidades do ABC;

e) a Linha Paulista:

1. — em direção a Este acompanhando um tráfego transversal que já começa a se delinear, atravessando o Ipiranga para Este, com conexão com a Linha Bertioga — Sapopemba.

2. — em direção a Oeste, a partir de Vila Madalena desviando-se para Sudoeste, para servir a área da Cidade Universitária e a zona industrial que se desenvolve ao Norte da mesma.

Pelas possibilidades de ampliação aqui apenas esboçadas, ficaram demonstradas as grandes possibilidades oferecidas pela rede básica proposta para o metrô, para um futuro desenvolvimento depois do ano de 1987. Essa rede, com um comprimento de 66,2 km, poderia ser aumentada para mais de 200 km por meio das propostas ilustradas na figura 21.10. A figura 21.11 mostra uma possível distribuição de trens na futura rede nas horas de pico, a fim de indicar a possível coordenação operacional.

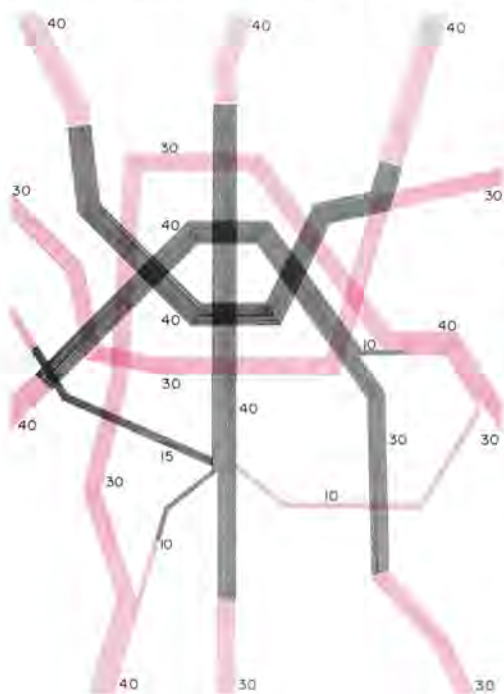


Fig. 21.11
Distribuição de trens — Expansão futura

22.1. O traçado

O traçado da rede básica escolhida, foi examinado detalhadamente na escala 1: 2.000. Os elementos de construção, estabelecidos no capítulo 14, serviram de base para o traçado. De acordo com a sua prioridade na sequência de construção, a Linha Santana — Jabaquara, com o ramal Paraíso — Moema, está representada no estudo na escala 1: 4.000, em planta e corte. As demais linhas acham-se representadas em escalas menores e na seção longitudinal, na figura 22.1. Tendo em vista a multiplicidade dos trechos de linha, sua denominação por pontos cardeais apresentaria dificuldades; assim sendo, serão designados segundo as suas respectivas terminais, ou receberão o nome de uma de suas áreas características de influência.

Na medida em que as linhas do metrô atingem projetos de ruas em andamento, ambos os planejamentos foram devidamente adaptados através de trabalho conjunto com o Departamento de Urbanismo da Prefeitura.

22.1.1. Linha Santana — Jabaquara com ramal Paraíso — Moema (Fig. 22.2)

A linha começa ao Norte do rio Tietê, no fim da Av. Cruzeiro do Sul, ao sopé de um morro no bairro de Santana. A Estação Santana será provisoriamente o ponto final da rede básica, havendo a possibilidade de prolongá-la para o Norte, posteriormente. A localização da estação permite considerar as alternativas do plano viário (prolongamento da Av. Cruzeiro do Sul): contornando o morro por um dos dois lados ou atravessando-o por meio de um túnel em linha reta.

Pela Av. Cruzeiro do Sul a linha passará em plano elevado na faixa central. A segunda parada é Carandirú. Junto à estação seguinte "Cruzeiro do Sul" será instalada uma estação rodoviária, possibilitando aos passageiros dos ônibus intermunicipais, vindos dos municípios ao Norte do Tietê, baldeação para o metrô. Na continuação do traçado, à altura da ponte sobre o rio Tietê, serão aproveitados os pilares preparados entre as duas pistas conforme projetos anteriores. Em seguida, a linha desvia para Sudoeste, atravessa ainda em elevado o rio Tamanduateí, onde se localiza a Estação "Ponte Pequena", passando então para uma vala aberta pelo método a céu aberto (cut and cover) sob a Av. Tiradentes ao lado da Estação da Luz e por baixo dos trilhos da EFSJ, para desembocar na Av.

Prestes Maia. Neste último trecho está prevista a construção conjunta da linha do metrô e do túnel rodoviário projetado pela municipalidade.

A Estação da Luz estabelecerá a conexão entre o metrô e a EFSJ. Na estação seguinte, a Senador Queiroz, está previsto o cruzamento e também a baldeação dos passageiros da Linha Santana — Jabaquara e da Linha Pinheiros — Via Anchieta.

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.

O metrô atravessará o centro da cidade, na direção Sul, em subterrâneo, por baixo do Largo São Bento, e da Rua Boa Vista — até a Praça Clóvis Bevilacqua. O traçado apresenta dificuldades e a entrada na Estação Clóvis Bevilacqua só será possível usando raios relativamente pequenos. Por causa de numerosas fundações profundas de edifícios existentes na área, razões técnicas e econômicas não permitem propor outro traçado.

A instalação prevista no centro da cidade, da Estação São Bento, só será possível com sacrifício das normas básicas para a construção descrita no capítulo 14. A estação fica em uma curva em forma de "S", com raios inferiores a $R = 400$ m. Considerando a importância desta estação do ponto de vista do transporte, esta transgressão das normas não pode ser evitada pela simples eliminação desta estação no traçado da Linha Norte-Sul.

Na Estação Clóvis Bevilacqua está previsto o cruzamento com a futura Linha Casa Verde — Vila Maria, bem como a respectiva baldeação dos passageiros.

Ao Sul da Estação Clóvis Bevilacqua, a linha segue sob a Av. da Liberdade e Rua Vergueiro com as Estações Liberdade, São Joaquim e Aclimação até o Largo Ana Rosa. A Rua Vergueiro, conforme projetos municipais, será amplamente alargada. Outra possibilidade de traçado neste trecho, a de passar pela Av. 23 de Maio, foi abandonada por sua situação desfavorável que dificultará por demais o acesso do público. Por outro

lado, a ideia da construção em elevado foi abandonada por motivos urbanísticos. Com isto foi possível evitar o traçado tecnicamente difícil, na Av. Anhangabaú, com raios inferiores a $R = 300$ m, para a entrada na Av. 23 de Maio.

A Estação Paraíso foi concebida como ponto de entroncamento dos trechos até Jabaquara e até Moema, servindo ao mesmo tempo de estação de baldeação entre a Linha Santana — Jabaquara com ramal para Moema e a Linha Vila Madalena — Paulista. Contudo, por motivos de espaço, a junção das vias com a Linha Vila Madalena — Paulista só está prevista na Estação Ana Rosa.

A continuação do traçado pela Rua Domingos de Moraes e Av. Jabaquara com as Estações Vila Mariana, Santa Cruz, Praça da Árvore, Saúde será construída em subterrâneo. O trajeto em elevado, como foi previsto anteriormente, teria alcançado, por causa das circunstâncias topográficas em parte das linhas, uma altura de mais de 15 m acima do nível da rua.

Além disso as duas rampas no começo e no fim do trecho em elevado, em uma extensão de cerca de 600 m, diminuiriam o espaço útil da rua. Com a supressão destas rampas também foi possível melhorar o gradiente de elevação de todo o trecho.

Ao Sul da Estação São Judas, em curto trecho em elevado, será transposto o vale do Córrego da Água Vermelha. Até a Rua Diederichsen a linha passa por zona edificada. Há, pois, a possibilidade de abrir, por cima do traçado do metrô, uma rua de ligação entre a Av. Jabaquara e a Rua Diederichsen, ligação essa que poderá ser prolongada até a Av. Eng.^o Armando Arruda Pereira onde está prevista a Estação Conceição.

Como ponto final provisório da linha, está prevista a Estação Jabaquara, na altura da Praça Padre José Conceição Meirelles. Atrás dessa estação serão implantadas, em um terreno atualmente baldio, as oficinas de manutenção da totalidade da rede do metrô ligadas através da via permanente que ali será construída na superfície.

A Linha Jabaquara — Santana terá um ramal que, saindo da Estação Paraíso, seguirá primeiramente em subterrâneo na direção Sudoeste, acompanhando a Av. 23 de Maio pelo lado Este. Pouco além do cruzamento por baixo da Rua Tutóia na Estação Tutóia a linha emerge à superfície, afasta-se dessa artéria, inclinando-se para o Sul em direção ao Parque Ibirapuera, com a estação do mesmo nome para transpô-lo em plano elevado.

O ramal seguirá então um pequeno trecho da antiga linha de bonde para ir ter seu ponto final provisório na Estação Moema junto ao cruzamento com a Av. Indianópolis.

Em algumas estações da linha, em Santana e Moema, bem como nas Estações São Judas e Jabaquara, foram previstas disposições especiais de baldeação entre a rede de ônibus municipais e o metrô.

A linha de Santana até à Estação Jabaquara com ramal Paraíso — Moema tem o comprimento de cerca de 21 km, incluindo as vias de manobra além das estações terminais. Ao total foram previstas 23 estações, que no centro têm uma distância de cerca de 600 m entre si. A distância média entre as estações em todo o trajeto é de cerca de 915 m.

Dos 21 km da linha toda, aproximadamente 14,3 km serão construídos a céu aberto (cut and cover) e cerca de 0,8 km pelo sistema de couroça. Aproximadamente 5,9 km poderão ser construídos em elevado.

22.1.2. Linha Casa Verde — Vila Maria

Esta linha também começa na margem Norte do rio Tietê, e terá uma estação terminal provisória no bairro Casa Verde. Partindo dali, a linha atravessa o vale do Tietê em traçado elevado, cruzando as ferrovias da EFSJ e da EFS na Barra Funda. Em seguida passa a ser subterrânea, fazendo uma ampla curva para atingir a Av. São João.

Para o futuro está prevista uma estação (Emissário) ao Sul do Tietê, para atender as necessidades de transporte, que deverão surgir nesta área. A Estação Barra Funda será construída como estação de baldeação para as ferrovias. Ao cruzar as ferrovias, o traçado foi levado propositalmente para o lado Oeste do viaduto existente, a fim de evitar, tanto quanto possível, desapropriações de terrenos. Assim, os terrenos livres dos dois lados das ferrovias poderão ser aproveitados para o acesso de ônibus e a construção de estacionamentos.

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 couroça 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.

Partindo da Estação Clóvis Bevilacqua — já mencionada na Linha Santana-Jabaquara, como estação de baldeação — a linha passa pelo Parque D. Pedro II, desembocando em seguida na Av. Rangel Pestana. Pouco antes disso a Linha Pinheiros — Via Anchieta com o ramal Pedro II — Vila Bertoga, será novamente cruzada subterraneamente, instalando-se neste ponto a estação de baldeação Pedro II, para ambas as linhas. No fim da Av. Rangel Pestana, está prevista mais uma estação de baldeação (Brás — Roosevelt), a qual deverá proporcionar aos passageiros a possibilidade de baldeação entre o metrô e as Estações Brás (EFSJ) e Roosevelt (EFCB).

A linha continua pela Av. Celso Garcia com as Estações Bresser, Catumbi e Belenzinho até a Rua Ulisses Cruz. Da Praça Clóvis Bevilacqua até este ponto a linha é construída a céu aberto, emergindo em seguida para passar na superfície (Estação Tatuapé) em direção ao Norte pelo vale do rio Tietê. Após cruzar o rio, termina provisoriamente perto da Via Dutra, no bairro da Vila Maria. A estação terminal provisória Vila Maria será um ponto de ligação entre o metrô e os ônibus vindos das zonas Norte e Nordeste da cidade.

O comprimento da linha é de cerca de 13,3 km, dos quais aproximadamente 7,5 km deverão ser executados pelo sistema a céu aberto e cerca de 1,5 km pelo método couraça. O restante se divide em cerca de 2,1 km de traçado na superfície e em cerca de 2,2 km em elevado. Ao todo serão instaladas 16 estações, inclusive as estações de baldeação República, Clóvis Bevilacqua e Pedro II. A distância média entre essas estações é de cerca de 840 m.

22.1.3. Linha Pinheiros — Via Anchieta com ramal Pedro II — Vila Bertoga

A linha começa na margem Oeste do rio Pinheiros, nas proximidades do Jockey Clube. A estação terminal do Jockey Clube será em plano elevado diretamente sobre o rio Pinheiros, com acesso para passageiros em ambos os lados do rio. Do lado Oeste, uma estação de ônibus deverá estabelecer ligação entre o metrô e a rede de ônibus daquela área. Na margem oriental haverá também possibilidades de baldeação entre o metrô e a EFS.

Esta ferrovia constrói nessa área uma nova estação que, com a adoção de sistema de transportes integrado, deverá receber o mesmo nome que a estação do metrô.

Deixando o plano elevado, a linha passa para um túnel construído a céu aberto, atravessa o bairro de Pinheiros e chega pela Rua Teodoro Sampaio com as Estações Pinheiros, Pedrosa de Moraes e Francisco Leitão até as Clínicas. No alto da Rua Teodoro Sampaio o traçado faz uma curva fechada ($R = 300$ m), entra na Av. Dr. Arnaldo, e atinge ali, a Linha Vila Madalena — Paulista. A Estação das Clínicas, prevista nesse local, proporciona baldeação dos passageiros entre as duas linhas.

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.

A partir daí, passando pela projetada Estação Sta. Efigênia, o greide acentua-se consideravelmente, a fim de possibilitar a passagem por baixo da Linha Santana-Jabaquara, no cruzamento da Rua Senador Queiroz com a Av. Prestes Maia.

Como na última parte desse trecho a linha passará por baixo de alguns edifícios com alicerces profundos, e é no intuito de evitar bloqueio da Av. Ipiranga, cujo tráfego é muito intenso, todo esse trecho deverá ser construído pelo método couraça. Na Estação Senador Queiroz será previsto um entrosamento do tráfego na Linha Santana-Jabaquara.

A linha segue depois em túnel construído a céu aberto pelas Ruas Senador Queiroz, Mercúrio e Figueira que contornam o centro da cidade em ampla curva, passando por baixo do rio Tamanduateí onde está projetada a Estação Mercado. Na Rua Figueira encontra novamente a Linha Casa Verde-Vila Maria, a qual cruzará em pouca profundidade. A estação de entroncamento Pedro II servirá simultaneamente para a linha tronco em direção à Via Anchieta e para o ramal em direção à Vila Bertoga.

Atravessando novamente o rio Tamanduateí, a linha tronco segue pela Rua Luiz Gama e pelo Largo do Cambuci, à Rua Independência. Neste trecho estão previstas as Estações Paz, Cambuci e Independência. O outeiro situado abaixo do Hospital Militar será cavado pelo método couraça. Após um curto trecho em túnel construído a céu aberto, ao longo da Av. Dom Pedro I, com a Estação Pedro I, a linha desvia-se novamente em direção Sudoeste para desembocar, através da Rua Benjamim Jafet — Estação Monumento — na Rua Agostinho Gomes. Há ali dois lances que, passando sob quarteirões edificadas, só poderão ser construídos pelo método couraça.

Uma alternativa possível, que a partir do Parque Dom Pedro II seguiria em construção elevada pelo rio Tamanduateí até este ponto, não foi considerada adequada por motivos urbanísticos. Além disso, esse traçado ficaria muito próximo à linha EFSJ, numa zona, em parte, ainda pouco urbanizada. Outra alternativa seria a passagem pela Av. Nazaré. Esta artéria, que apresenta um tráfego quase que exclusivamente de passagem, não se caracteriza com a zona de afluência para o metrô, tanto mais que a região para Oeste tem declive muito acentuado.

Por essas razões, foi dada preferência à solução que faz a linha atravessar o bairro do Cambuci, seguir a Rua Agostinho Gomes, com as Estações Museu e Padre Chico servindo às zonas residenciais adjacentes. Nesse trecho, a Rua Agostinho Gomes é a que está mais favoravelmente situada, do ponto de vista topográfico, em comparação com as ruas paralelas, tais como a Rua Bom Pastor.

No fim da Rua Agostinho Gomes, a linha deixa essa rua, emerge cerca de 40 m após a Rua do Grito, transpõe a Rua Bom Pastor com a Estação Sacoman em elevado, e segue então

o vale do córrego Moinho Velho. Junto à estação terminal, diretamente ao lado da Via Anchieta, deve ser prevista a construção de uma estação rodoviária para os ônibus intermunicipais que servem o litoral, criando assim uma conexão entre metrô e ônibus.

Na Estação Pedro II, a Linha Pinheiros-Via Anchieta terá um ramal em direção à Vila Bertoga.

Primeiramente, esse traçado acompanhará a Av. Radial Leste com a Estação Machado até a altura da Rua Barão de Jaguará, passando depois para a Rua da Moóca, tendo um pequeno trecho construído pelo método couraça. Juntamente com a Rua da Moóca, ela cruzará a linha da EFSJ. Simultaneamente com a construção do metrô, também deverá ser feita a passagem subterrânea da rua, eliminando-se assim a passagem de nível. Outrossim, apresenta-se como recomendável transferir a Estação Moóca da EFSJ para aquele ponto de cruzamento, a fim de criar ali a desejada conexão entre metrô — Estação Moóca — e ferrovia.

A linha continuará pela Rua da Moóca com as Estações Paes de Barros e Alto da Moóca em túnel construído a céu aberto, até a estação terminal provisória na Vila Bertoga.

O comprimento da Linha Pinheiros-Via Anchieta com o ramal Pedro II-Vila Bertoga, incluindo as vias de manobra além das estações terminais, é de cerca de 23,8 km. Dêstes, mais ou menos 18,1 km deverão ser construídos pelo método céu aberto, aproximadamente 2,1 km em elevado, cerca de 0,7 km na superfície, e mais ou menos 2,9 km pelo método couraça. Com 26 estações, dando uma distância média entre elas de 885 m, é esta a linha continua mais longa da rede básica.

22.1.4. Linha Vila Madalena-Paulista

Como parte de um primeiro anel de interligação, esta linha deve encarregar-se do tráfego transversal na periferia Sudoeste do centro da cidade.

O traçado da linha, a partir da Estação Vila Madalena, pela Rua Heitor Penteado e pela Rua Araçá com as Estações Bandeiras e Araçá até as Clínicas, está condicionado às condições topográficas desfavoráveis desta área da cidade. Na Estação das Clínicas, onde atinge a Linha Pinheiros-Via Anchieta, está prevista a possibilidade de baldeação entre as duas linhas. A partir daí, o traçado faz uma curva, entrando na Av. Paulista e seguindo esta artéria, onde estão previstas as Estações Augusta, Trianon, Brigadeiro e Osvaldo Cruz.

Na Estação Paraíso, a linha passa por baixo da Linha Santana-Jabaquara com o ramal Paraíso-Moema, havendo possibilidade de baldeação entre as duas. Por questões de espaço, não haverá conexão operacional. Por isso a linha segue pela Rua Vergueiro paralelamente à Linha Santana-Jabaquara até o Largo Ana Rosa, onde há facilidades para efetuar uma conexão operacional.

A linha deverá ser construída, em sua totalidade, pelo método a céu aberto. Com 10 estações e um comprimento de cerca de 8,1 km, a distância média entre as estações será de cerca de 840 m.

22.2. Traçados das linhas

Na elaboração dos traçados da via permanente, tomou-se em consideração a possibilidade de mudança de via a cada 3 ou 4 estações, para circulação bidirecional ou manobras.

A localização das vias de estacionamento foi escolhida, do ponto de vista operacional, considerando-se as condições locais. Além destas vias de estacionamento poderão ser utilizadas em parte, as vias principais durante a paralisação das operações e também no início ou término do serviço, quando nos trechos terminais o movimento se desenvolver temporariamente em uma só linha.

Foi estabelecida uma interconexão das linhas da rede, nas estações ou por meio de travessões e chaves nas linhas. Não foi previsto intercâmbio entre os trens do metrô e os das estradas de ferro, portanto não foi prevista uma conexão de vias entre os dois sistemas. As unidades operacionais do metrô, deverão ser embarcadas sobre carretas rodoviárias porta-vagões e colocadas sobre os trilhos da rede do metrô, em locais adequados.

22.2.1. Linha Santana-Jabaquara com ramal Paraíso-Moema

Na Estação Santana, os trilhos serão prolongados até cerca de 180 m além da estação, para o estacionamento de duas composições. Essa medida corresponde ao comprimento dos trens e a um trecho de cerca de 50 m, tendo em vista o sistema de segurança adotado. No intuito de evitar demora nas manobras de retorno dos trens, foi instalado ao lado Sul da estação, um travessão de retorno. Assim os trens podem entrar e sair, alternadamente, nas linhas das plataformas, vindo diretamente das linhas principais.

Uma interligação entre as Linhas Santana-Jabaquara e Pinheiros-Via Anchieta na Estação Luz deve permitir a passagem para ambas as direções da Linha Santana-Jabaquara. Além da instalação de uma via de estacionamento, deverá ser prevista uma segunda via com comprimento equivalente ao de um trem, que permita, além da possibilidade de passagem exigida, manobras de retorno com pequeno tempo de bloqueio da via permanente. A interligação entre as duas linhas, entretanto, pode ser dispensada, no caso da construção da rede em etapas, se a Linha Vila Madalena-Paulista for preferida à Linha Pinheiros-Via Anchieta, ou então, se ambas forem construídas ao mesmo tempo. Dêsse modo, haverá uma possibilidade de passagem a partir da Estação Ana Rosa (Linha Vila Madalena-Paulista) pela Estação Clínicas para a Linha Pinheiros-Via Anchieta. A interligação e a segunda via de estacionamento a ela ligada, poderão ser então dispensadas, mas as outras instalações de vias previstas na Estação Luz deverão permanecer. A interligação também não será necessária caso, na sequência das obras, a Linha Pinheiros-Via Anchieta receba uma conexão operacional com o Depósito na Estação Pedro II, através da Linha Casa Verde-Vila Maria (vide cap. 22.2.3.).

A perfuração pelo método couraça sob o Colégio São Bento, exige um afastamento de 12 m entre as linhas logo além da Estação Senador

Fig. 22.1
Perfis longitudinais das linhas do Metrô

123

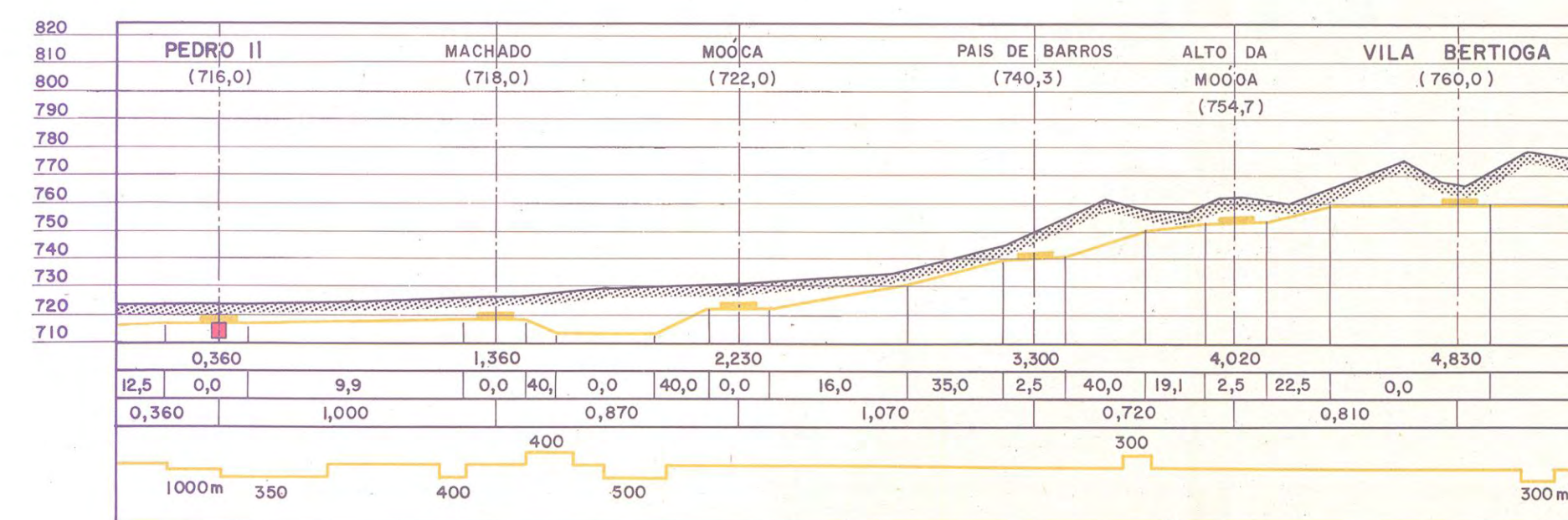
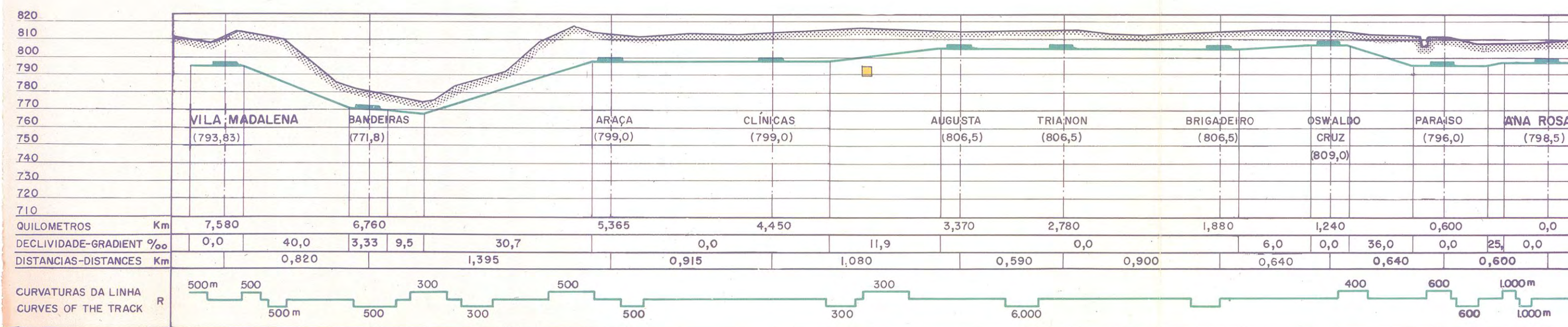
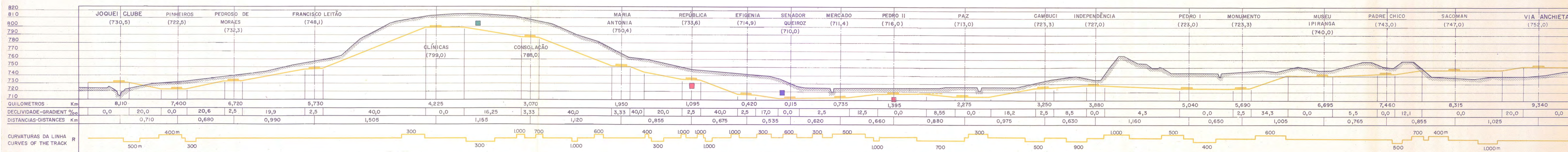
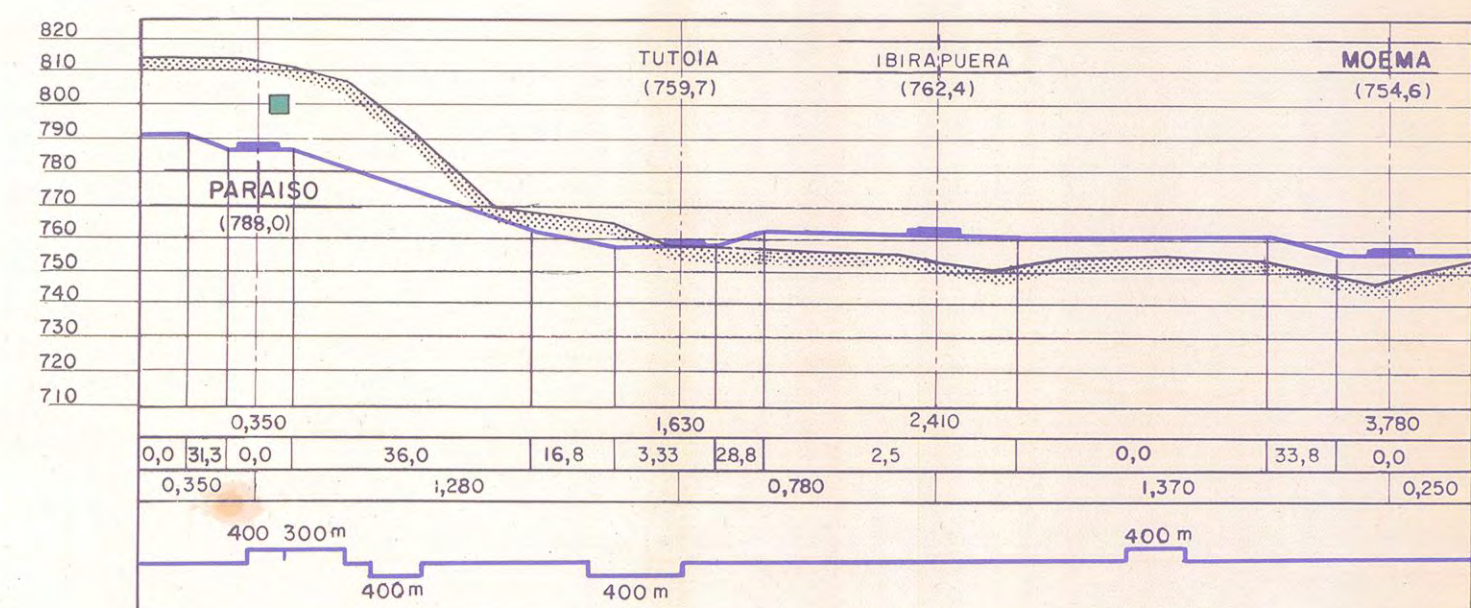
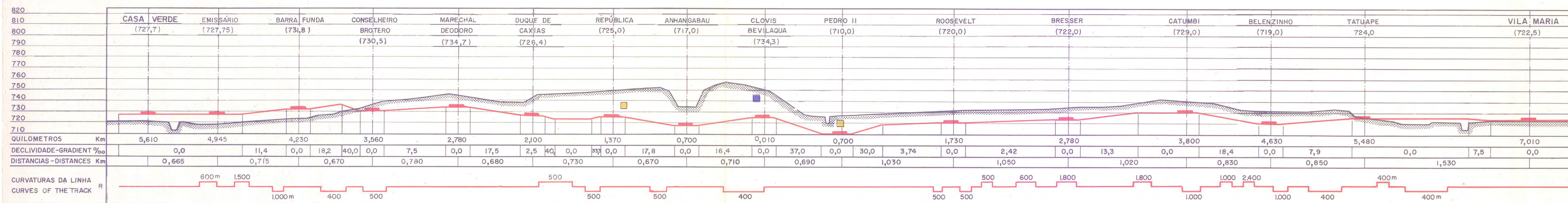
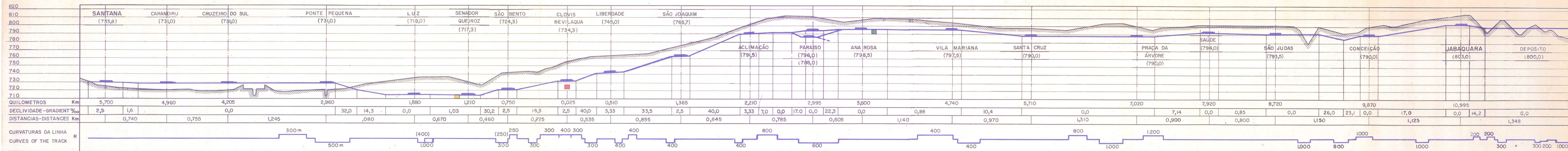
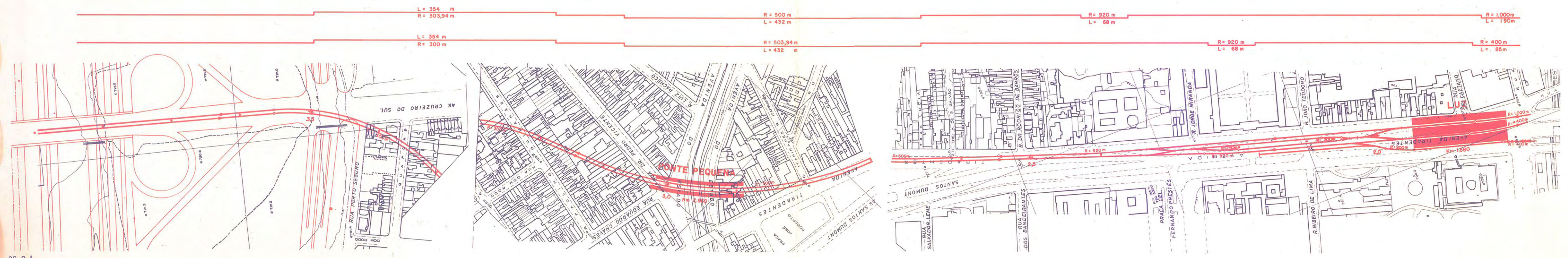
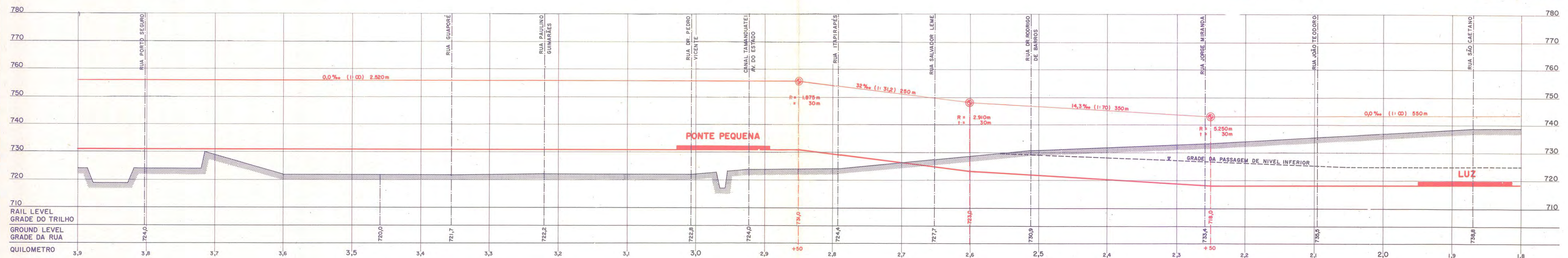
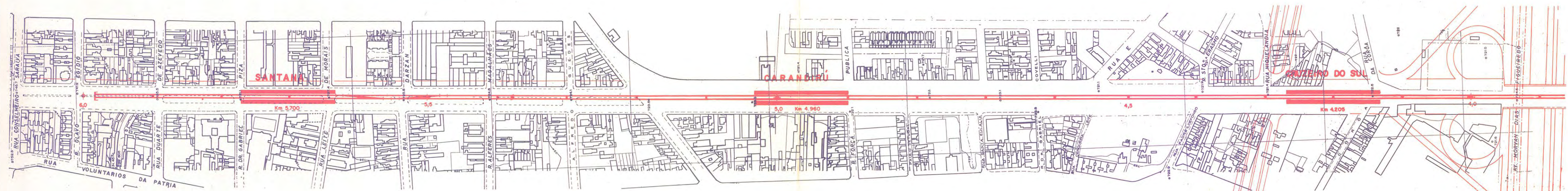
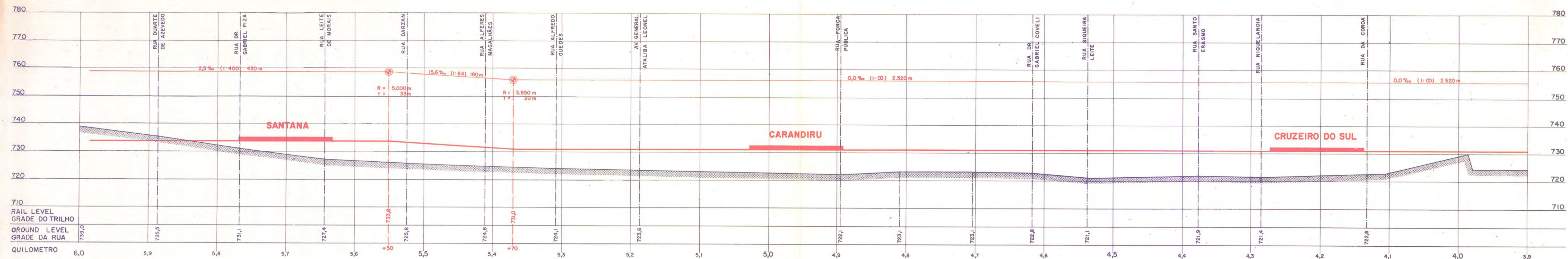
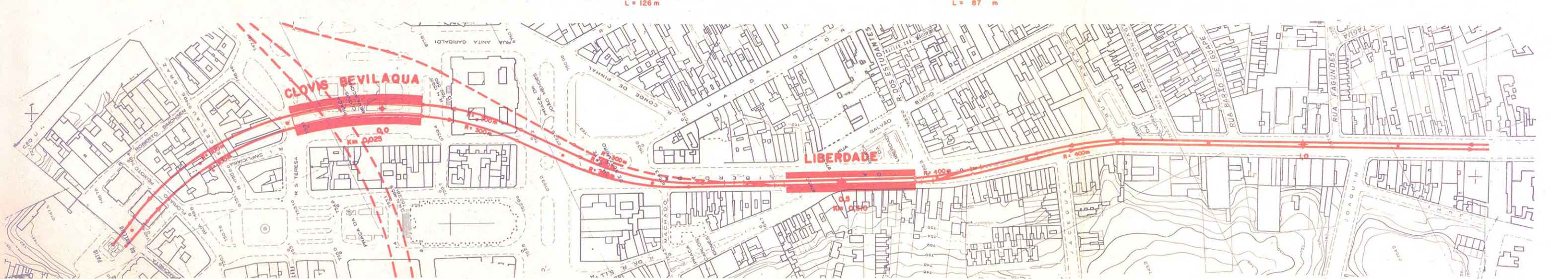
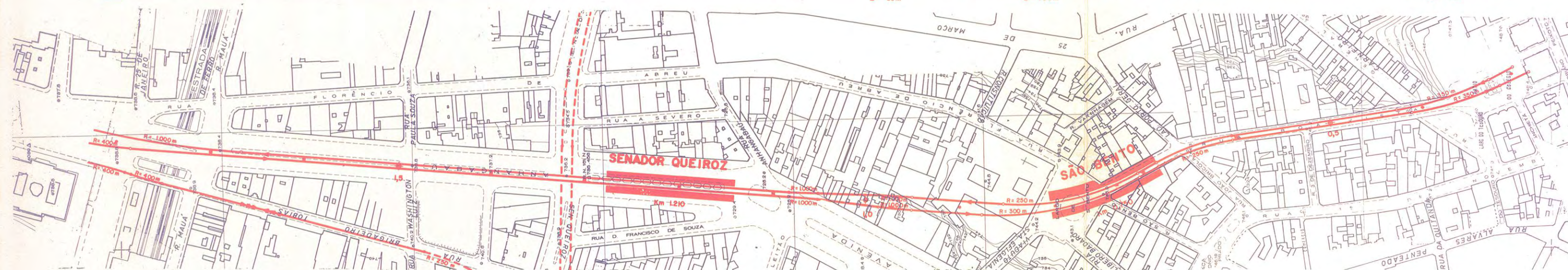
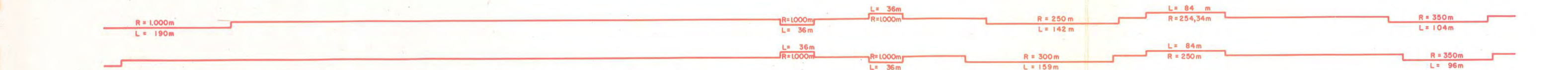
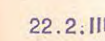


Fig. 22.2/1 Traçado da Linha Santana-Jabaquara, com ramal Paraiso-Moema; perfil longitudinal e planta







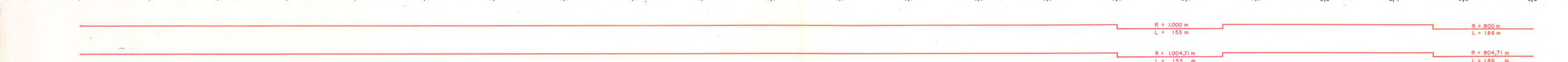
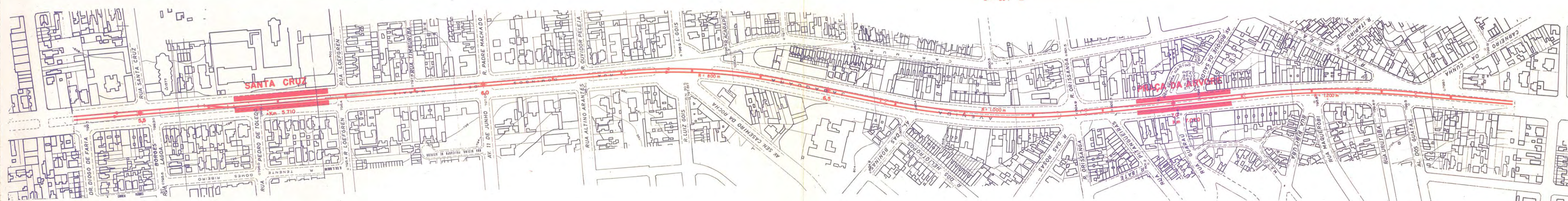


Fig. 22.2/V Traçado da Linha Santana-Jabaquara, com ramal Paraiso-Moema; perfil longitudinal e planta

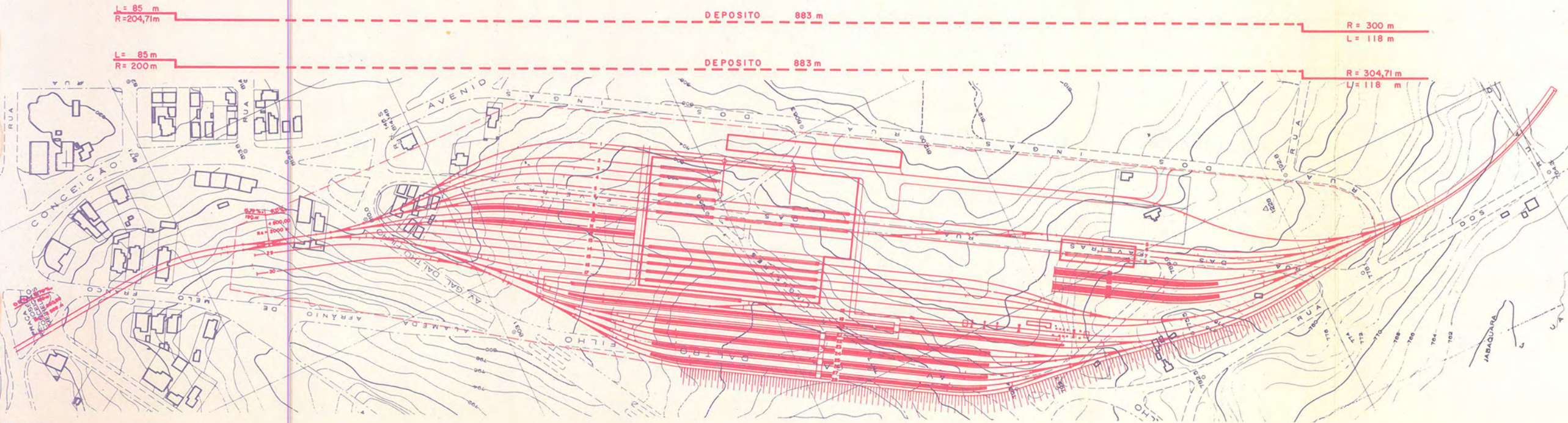
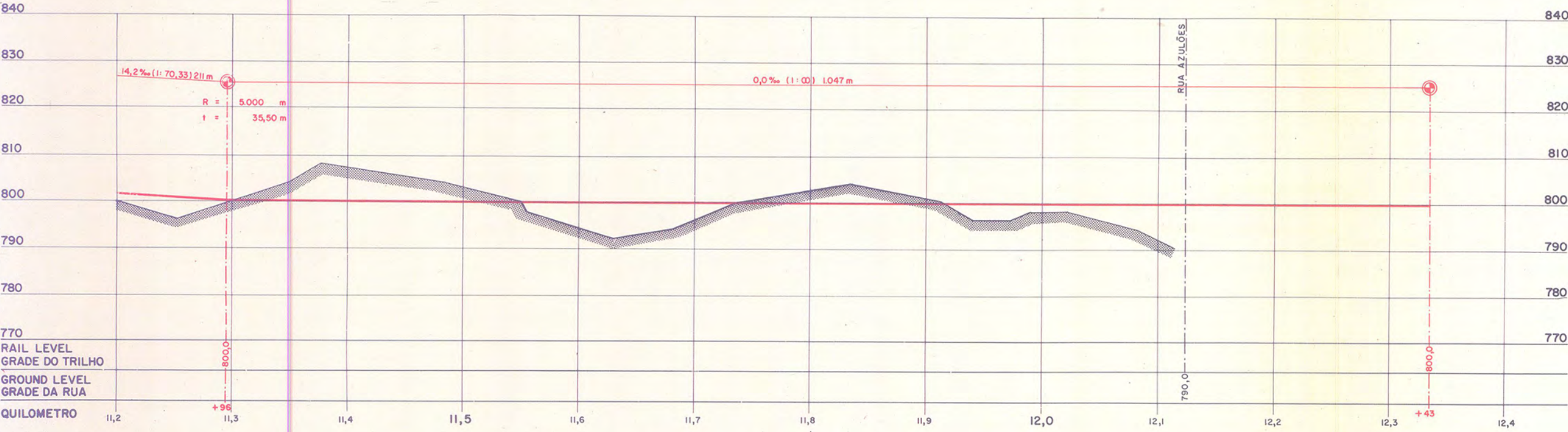
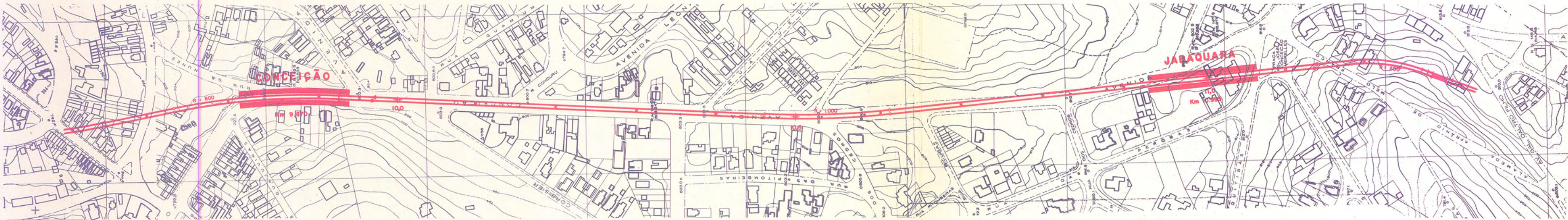
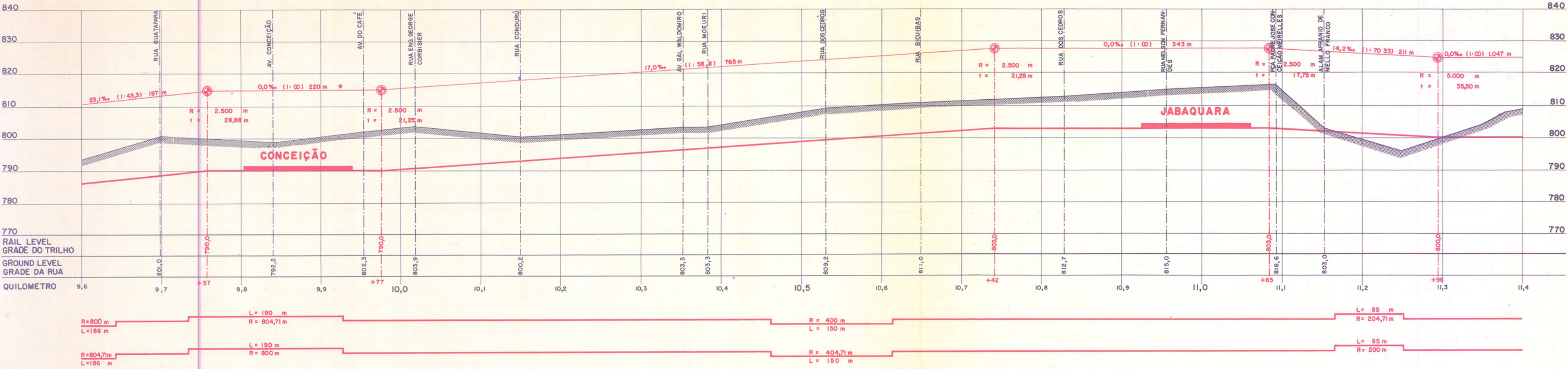
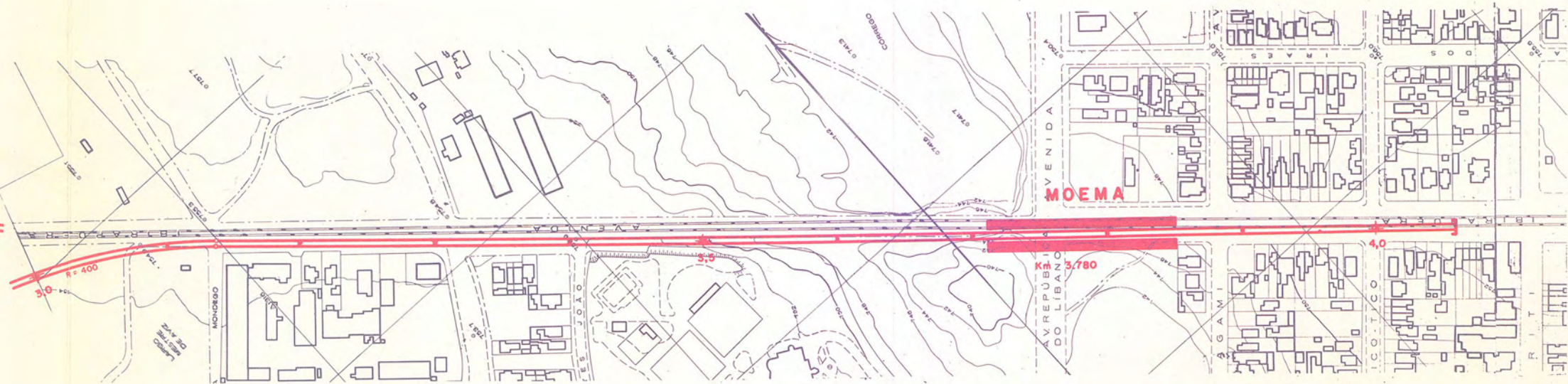
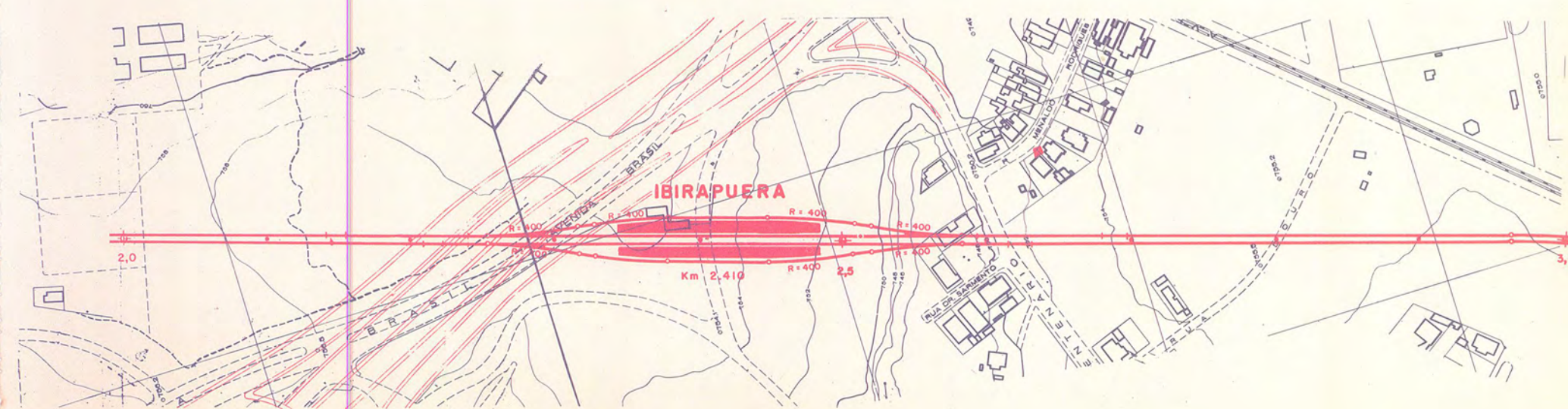
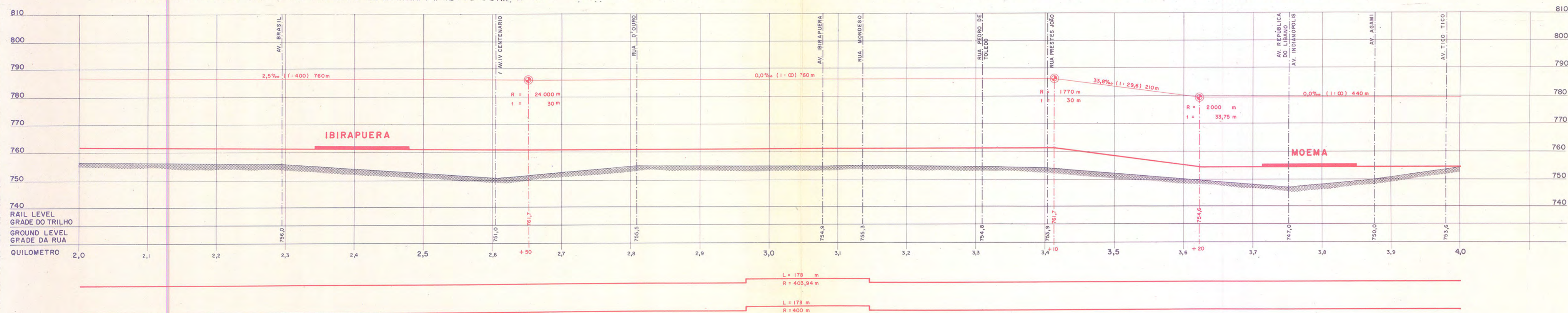
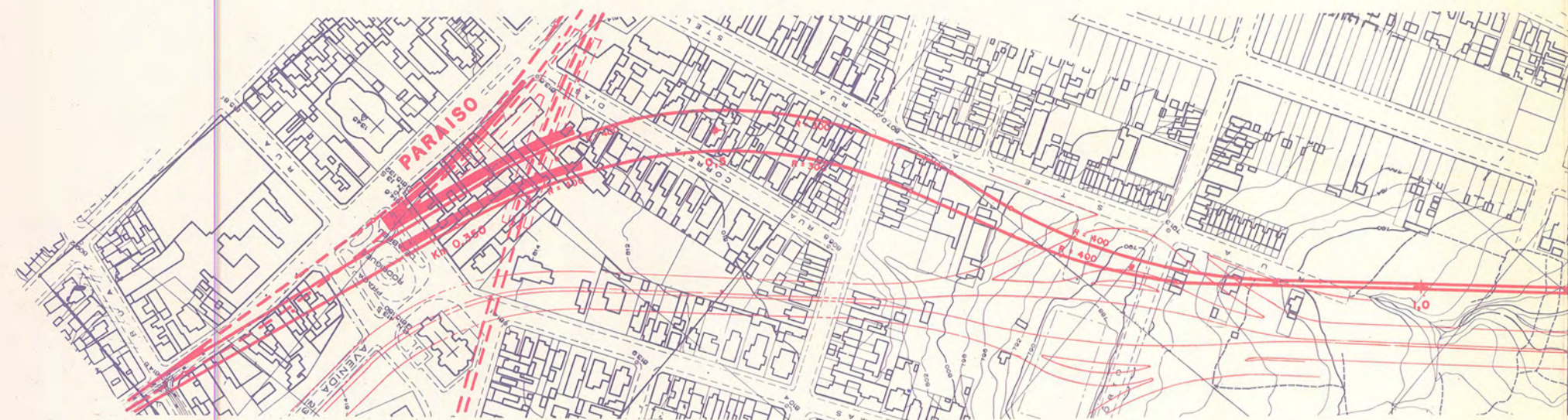
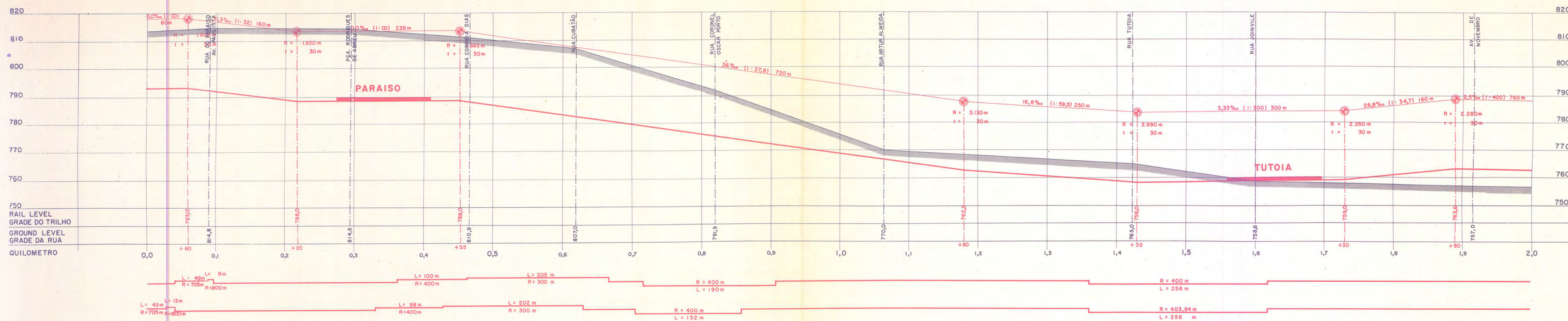


Fig. 22.2/VI Traçado da Linha Santana-Jabaquara, com ramal Paraiso-Moema; perfil longitudinal e planta



Queiroz, voltando ao afastamento normal na Estação São Bento. Antes e depois da Estação Clóvis Bevilacqua essa separação também é necessária por idênticas razões.

A curva de ligação entre as Linhas Santana-Jabaquara e Casa Verde-Vila Maria será disposta na altura da Estação Clóvis Bevilacqua e levada até a Estação Liberdade. Uma junção logo depois da Estação Clóvis Bevilacqua não é viável por motivos técnicos (passagem sob o Palácio da Justiça), sendo que uma junção ao longo da linha ocasionaria dificuldades operacionais.

Uma ligação por meio de desvios antes da Estação Liberdade permitirá a passagem para a via operacional em direção ao Sul. Com o auxílio de outra ligação da mesma natureza, do outro lado da estação, será possível a instalação de uma estação de retorno. Dêsse modo, o trecho Sul do traçado, que provavelmente estará concluído mais cedo, poderá entrar provisoriamente em operação até a Liberdade.

O ramal Moema está ligado à linha tronco Norte-Sul entre as Estações Aclimação e Paraíso. Antes do primeiro desvio do ramal, está prevista uma ligação para tráfego bidirecional, que poderá servir a ambas as linhas. A disposição das vias na Estação Paraíso considera que ambas as linhas que levam à direção Norte, tanto a do ramal como a do tronco, se situem no mesmo nível junto à mesma plataforma.

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.

Nos trechos seguintes da Linha Norte-Sul até à Estação Jabaquara estão planejadas outras ligações para manobras e tráfego bidirecional nas Estações Santa Cruz e Saúde. Atrás da Estação Jabaquara haverá conexões para a oficina de reparos. A fim de evitar tempos longos nas manobras de retorno, os travessões antes da estação também deverão permitir a utilização alternada das vias junto às plataformas.

Em virtude da disposição das linhas na Estação Paraíso, as vias do ramal para Moema sairão daquela estação a grande distância uma da outra, voltando à distância normal entre vias apenas na entrada para a Av. 23 de Maio.

Em parte, esse traçado é devido também ao método de construção com couraça, que será aplicado naquele trecho. Por causa da diferença de nível das vias, ali não poderão ser instaladas ligações de desvio. Em compensação, está previsto um travessão, excepcionalmente instalado na linha entre as Estações Paraíso e Tutóia, o qual possibilitará a entrada dos trens na Estação Paraíso sobre a via bidirecional. Caso seja requerido pela situação operacional, aqueles trens poderão passar a trafegar em direção

única, sem que necessitem utilizar a via principal.

Na Estação Ibirapuera conta-se com uma certa demanda de tráfego, por ocasião das exposições e demais promoções naquele local. Para esse tráfego especial foram previstas uma terceira e quarta via com plataforma. Fora daqueles períodos de grande movimento, as citadas vias poderão servir para o estacionamento de trens.

A disposição das vias e desvios na estação terminal provisória de Moema, corresponde à da Estação Santana.

O traçado das linhas com as ligações por travessões planejados nas estações ao longo da linha principal, pode ser examinado nos anexos ao capítulo 31.

22.2.2. Linha Casa Verde-Vila Maria

Na Estação Casa Verde, as linhas serão prolongadas para além da estação propriamente dita, a fim de oferecer uma possibilidade de estacionamento para duas composições. Tendo em vista que a estação em elevado somente constitui ponto final provisório, não é aconselhável a instalação de um estacionamento maior, devido aos custos elevados de sua construção.

As estações seguintes até a Praça Clóvis Bevilacqua não apresentarão, nas suas vias, nada de especial. As únicas particularidades dignas de menção são as ligações de tráfego bidirecional, previstas por motivos técnicos nas Estações Conselheiro Brotero e Duque de Caxias. Antes

de atingir a Praça Marechal Deodoro as vias permanentes serão separadas até o início do trecho em túnel. construído pelo método couraça, em virtude dos projetos de novas ruas. Desta forma, haverá a possibilidade de construir uma após a outra, as duas linhas daquele trecho, obstruindo apenas uma das pistas da Av. São João de cada vez, o que será muito vantajoso, tendo em vista o intenso movimento naquela avenida.

Está prevista uma conexão operacional entre as Linhas Casa Verde-Vila Maria e Santana-Jabaquara atrás da Estação Clóvis Bevilacqua. O travessão atrás do desvio do ramal possibilitará a respectiva passagem dos trens provenientes de Vila Maria. Antes da Estação Pedro II, esse trecho será ligado à linha Pinheiros-Via Anchieta por meio de uma via de ligação.

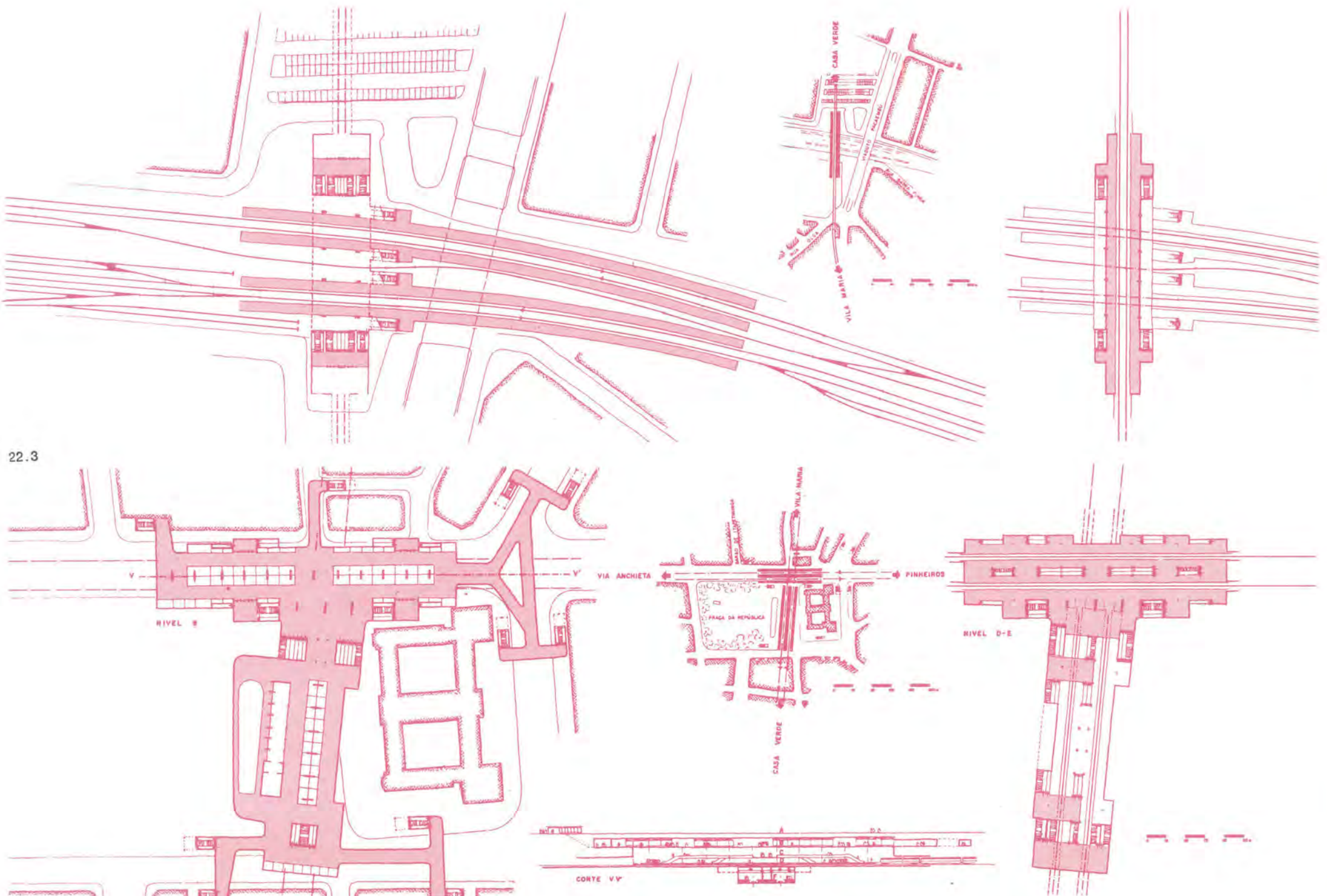


Fig. 22.3
Estudo preliminar da Estação Barra Funda

Fig. 22.4
Estudo preliminar da Estação República

22.3

22.4

Fig. 22.5
Estudo preliminar da Estação Anhangabaú

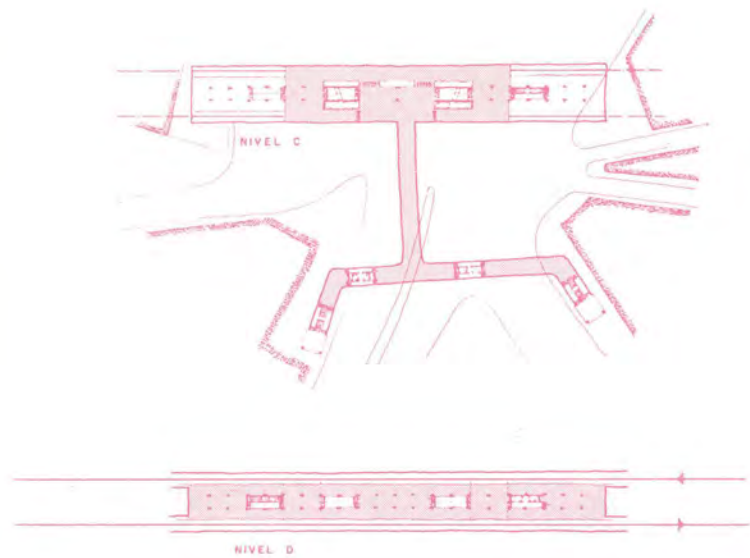


Fig. 22.6
Estudo preliminar da Estação Brás-Roosevelt

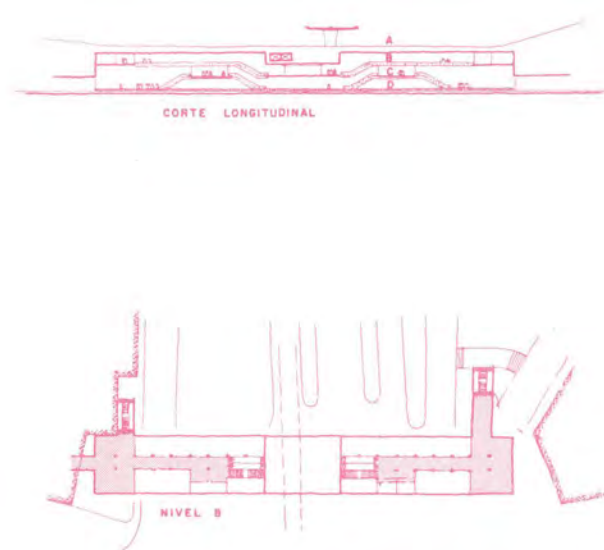
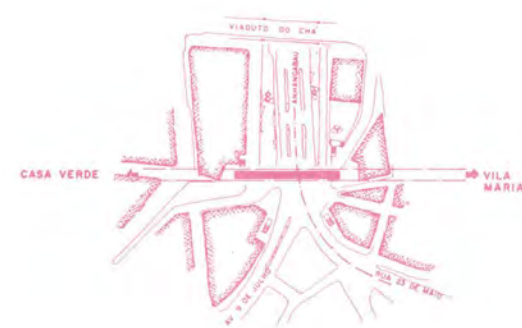
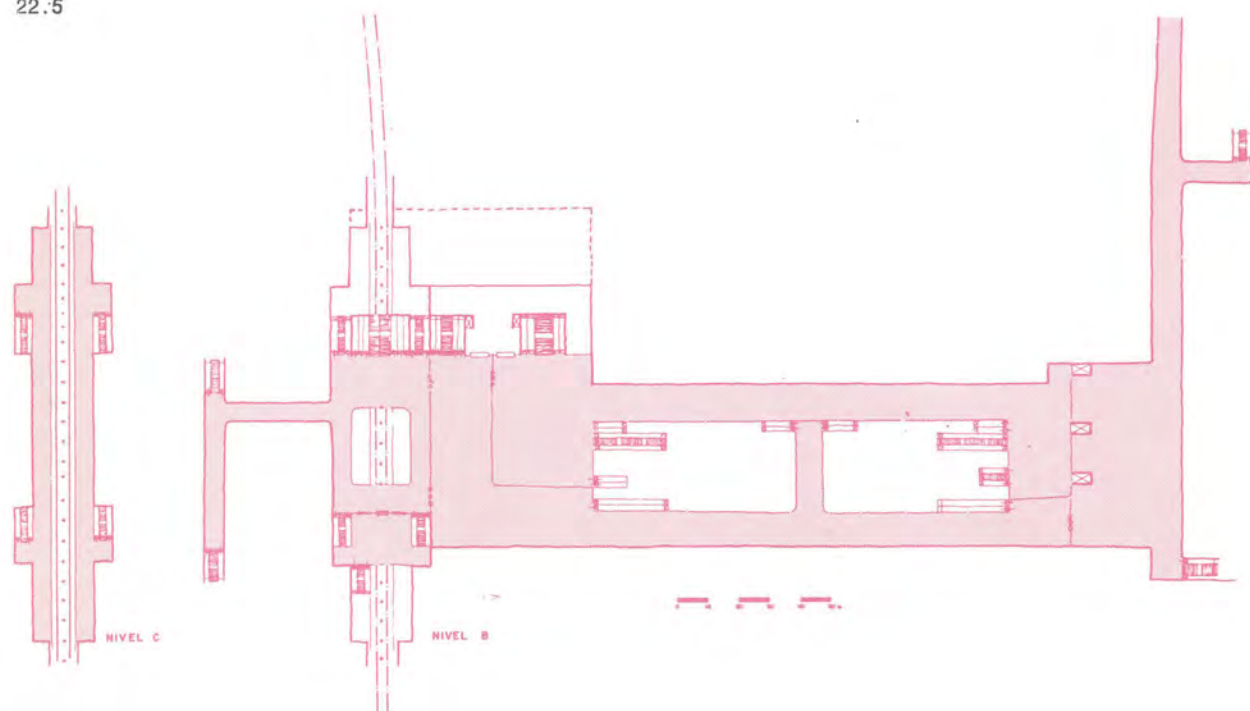


Fig. 22.7
Estudo preliminar da Estação Jockey Clube

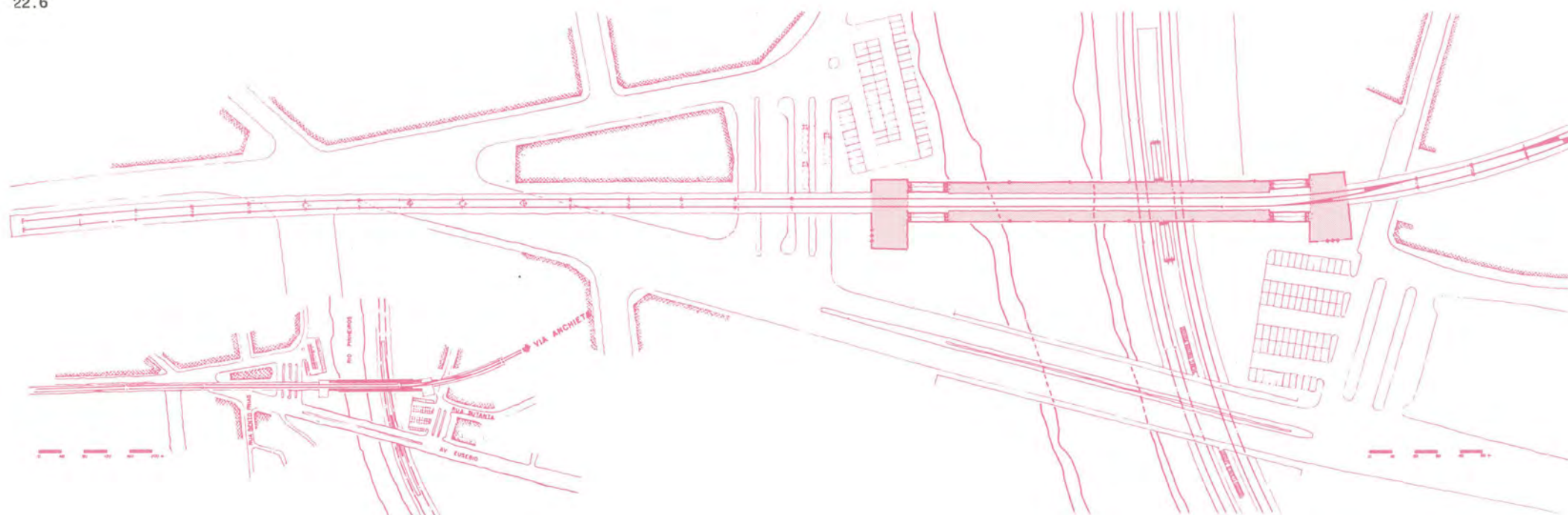
Fig. 22.8
Estudo preliminar da Estação Clínicas



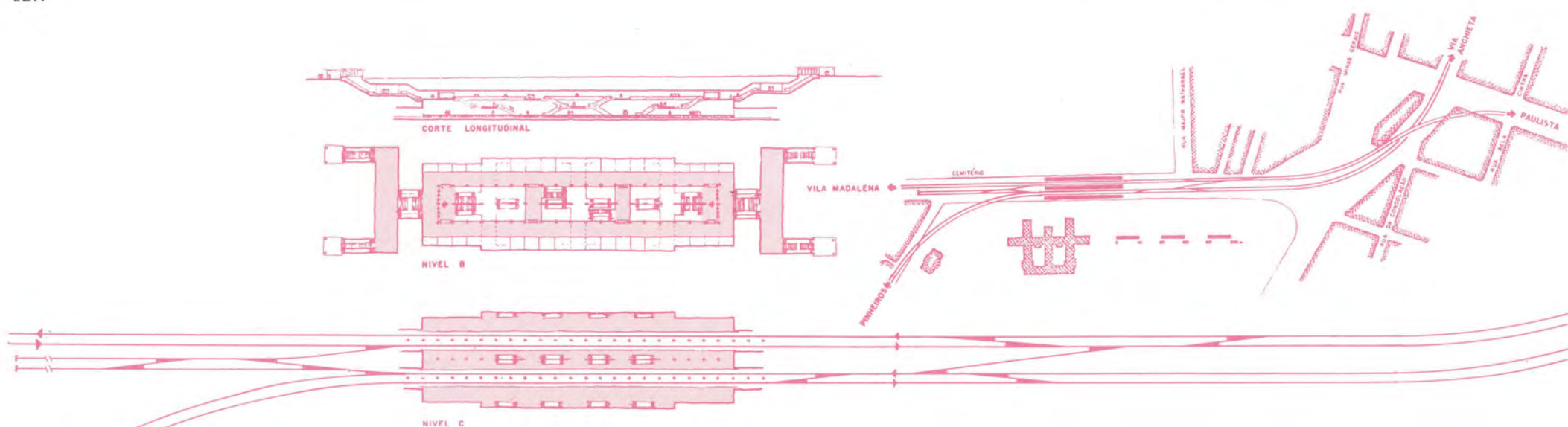
22.5



22.6



22.7



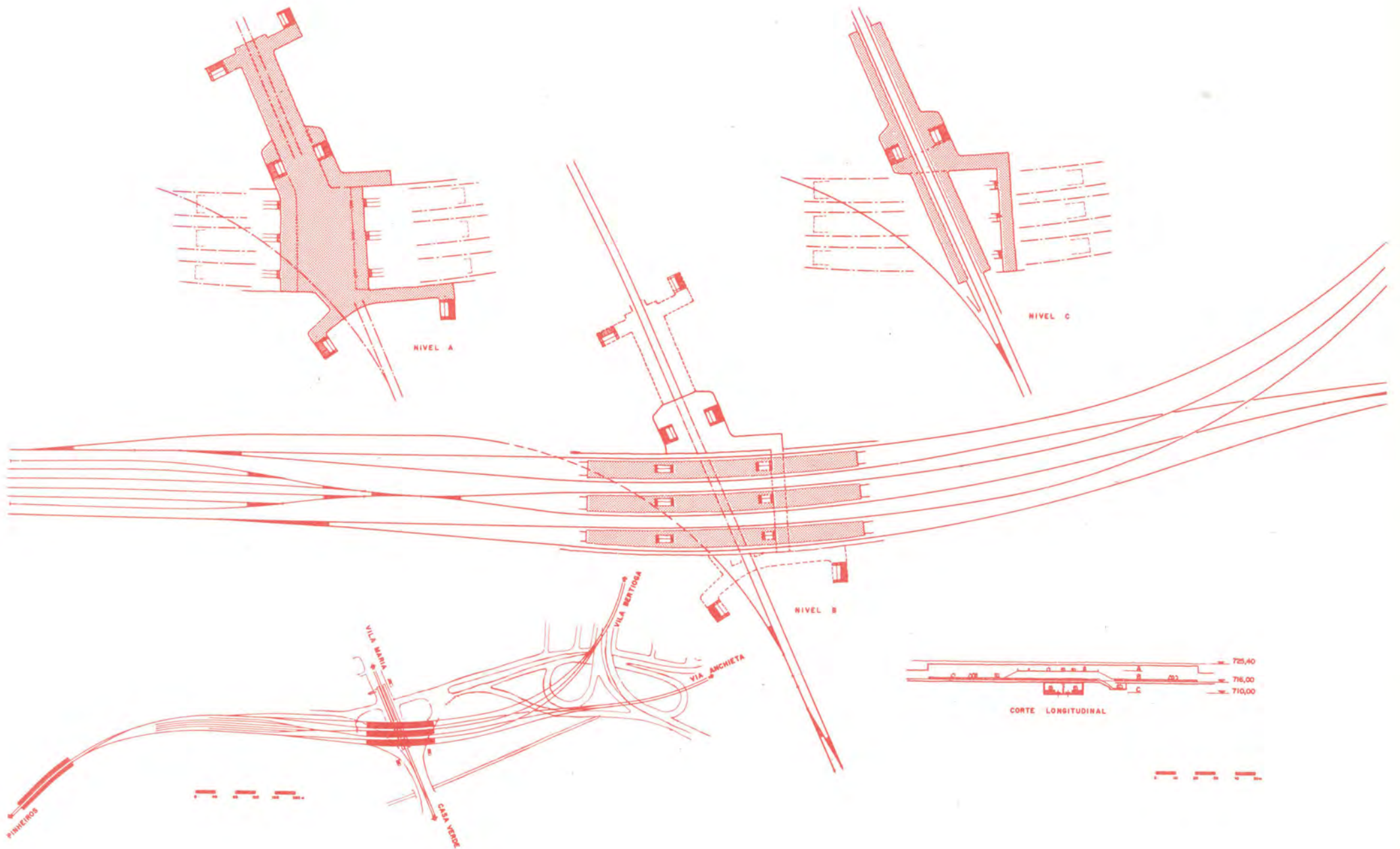
22.8



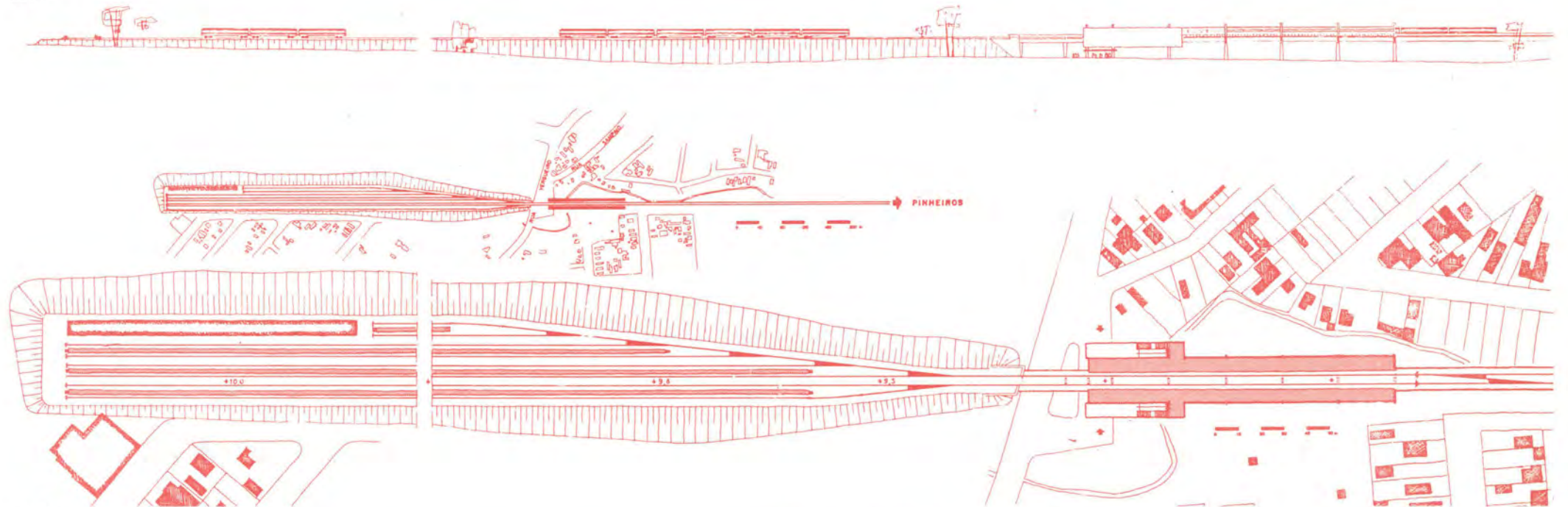
Fig. 22.9
Estudo preliminar da Estação D. Pedro II

Fig. 22.10
Estudo preliminar da Estação Via Anchieta

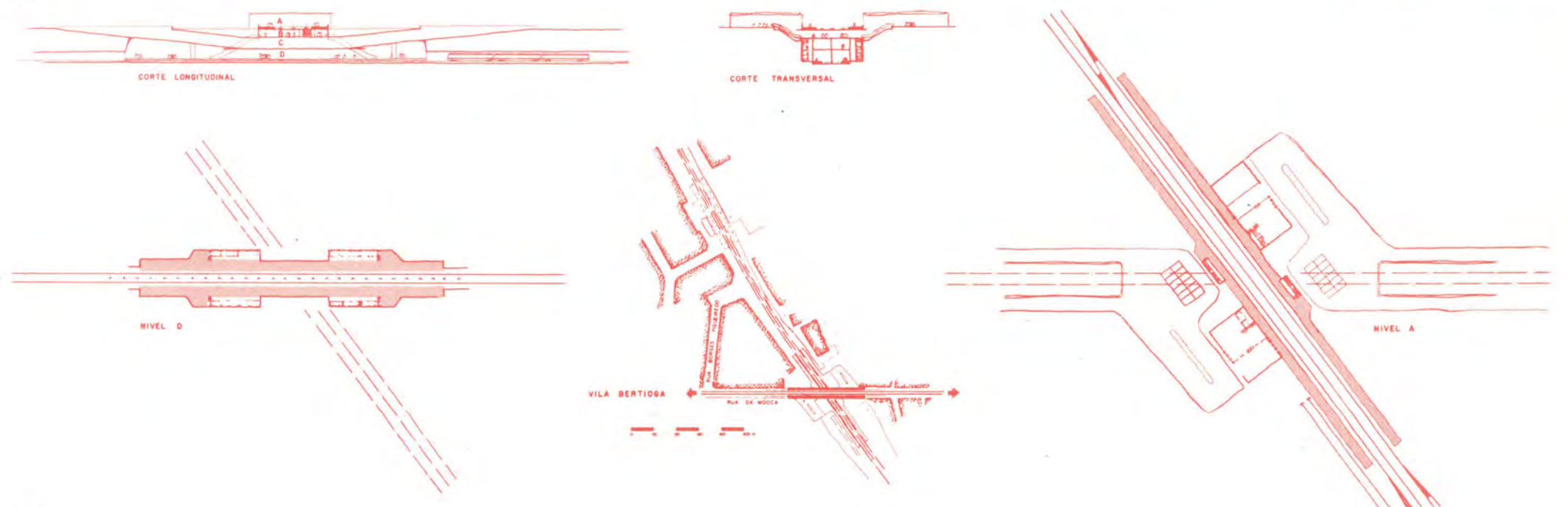
Fig. 22.11
Estudo preliminar da Estação Moóca



22.9



22.10



22.11

As Estações Pedro II, Bresser e Catumbi, por motivos operacionais, receberão ligações para tráfego bidirecional. Na terminal provisória de Vila Maria estão previstas, além dos prolongamentos das vias operacionais, outras vias suplementares para que possam estacionar ao todo 24 composições. As ligações dos desvios de entrada e saída nas estações terminais serão dispostas sempre antes das referidas estações, como na Linha Santana-Jabaquara; desta forma, ficará possibilitada a utilização alternada das vias de plataforma

Algumas das estações características desta linha como, por exemplo, Barra Funda, República, Anhangabaú, e Brás/Roosevelt, estão representadas nas figuras 22.3. a 22.6. Os desenhos representativos das estações de entrosamento Barra Funda e Brás/Roosevelt incluem, também, sugestões para o traçado das vias das estradas de ferro.

22.2.3. Linha Pinheiros-Via Anchieta com ramal Pedro II-Vila Bertioga

Na Estação Jóquei Clube deverá haver um prolongamento da via operacional, possibilitando o estacionamento de quatro trens. Por falta de espaço, não poderão ser dispostas outras vias de estacionamento laterais.

A Estação Clínicas, que servirá como estação de contato com a Linha Vila Madalena-Paulista, terá além das duas vias de estacionamento previstas, os travessões correspondentes para passagem operacional dos trens de uma linha

para outra. Independentemente da sequência da execução das obras, essa estação deverá, de qualquer forma, ser construída em toda a sua extensão, ao mesmo tempo que a parte da outra linha, enquanto que a construção dos dois trechos de linha que seguem paralelos entre a estação e a Av. Paulista, poderá ser executada separadamente.

Na estação de entroncamento Pedro II, serão necessárias, ao todo, 6 vias de plataforma para os trechos de linha para Via Anchieta e Vila Bertioga. Devido à forte demanda de tráfego, as vias junto à plataforma central estão reservadas aos trens que fazem os trajetos de ida e volta somente nos citados trechos; isto possibilitará a chegada e partida daqueles trens, sem que estes sejam obrigados a utilizar as vias operacionais que atravessam a estação. Para o estacionamento daqueles trens de ida e volta, estão previstas instalações de estacionamento com capacidade para 10 trens no lado Norte da estação, entre as vias operacionais. Ao lado das vias de estacionamento, nas estações terminais Jóquei Clube e Vila Bertioga, existe a possibilidade de instalar estacionamentos maiores para o restante das composições no final da linha principal, atrás da Estação Via Anchieta, instalação essa que, juntamente com os prolongamentos das vias operacionais, poderá admitir um total de 26 composições. No lado Norte da Estação Pedro II também será instalada a via de ligação à Linha Casa Verde-Vila Maria. Tendo em vista as parcas possibilidades de desenvolvimento na área entre o rio Tamanduateí e a via operacional, aquela via de ligação terá que passar sob o conjunto de estacionamento,

fazendo a conexão à via operacional em direção a Pinheiros somente no outro lado. Como naquele local as vias operacionais ainda se encontram afastadas entre si, a ligação de desvio com a via de tráfego em sentido oposto só poderá ser instalada antes da Estação Mercado.

No caso, porém, de serem as Linhas Pinheiros-Via Anchieta construídas ao mesmo tempo na sequência das obras, essa via de ligação não será necessária, tendo em vista que haverá então uma ligação para o Depósito através da Linha Vila Madalena-Paulista nas Estações Clínicas e Ana Rosa.

Nos trechos a serem construídos pelo método couraça, na Av. Ipiranga, sob o Hospital Militar, entre as Estações Pedro II e Museu Ipiranga, bem como na passagem da Radial Leste para a Rua da Moóca, a distância entre vias deverá ser conseqüentemente aumentada.

Também aqui, as ligações de desvios para chegada e partida nas estações terminais, serão construídas antes dessas estações. Ligações para tráfego bidirecional estão previstas nas Estações Clínicas, República, Pedro II, Independência, Museu do Ipiranga e Paes de Barros.

Pontos característicos de cruzamento, como as Estações República e Senador Queiroz, já foram descritos nas outras linhas. Outros exemplos para a execução de estações especiais, tais como Jóquei Clube, Clínicas, Pedro II e Via Anchieta, bem como uma proposta para a construção da Estação Moóca como estação de entrocamento entre metrô e estrada de ferro, estão apresentados nas figuras 22.7 a 22.11.

22.2.4. Linha Vila Madalena-Paulista

Devido ao seu nível subterrâneo e às condições topográficas desfavoráveis, a única solução a ser considerada para o estacionamento de trens na estação terminal provisória de Vila Madalena será o prolongamento das vias permanentes. A Estação Clínicas já foi citada no capítulo 22.2.3. como ponto de interligação com a Linha Pinheiros-Via Anchieta. O cruzamento com a Linha Santana-Jabaquara, na Estação Paraíso, bem como a estação de interligação Ana Rosa, já foram igualmente descritos juntamente com essa linha.

Ao ser concluída a rede, haverá uma ligação entre as Linhas Pinheiros-Via Anchieta e Santana-Jabaquara através das Estações Clínicas e Ana Rosa.

Fig. 22.12
Tabela de trilhos e desvios para todas as linhas

		Linha Santana-Jabaquara		Linha Casa Verde-Vila Maria		Linha Jóquei Clube-Via Anchieta (1)		Linha Paulista		Depósito 1.ª Fase 2.ª Fase		somatotal		1ª. Fase de execução (2)	
Trajeto (linha dupla)	Superfície	km	—	2,090	0,720	—	—	—	—	—	—	2,810	—	—	—
	elevado	km	5,940	2,160	2,060	—	—	—	—	—	—	10,160	5,940	—	—
	galeria	km	14,288	7,570	18,130	8,080	—	—	—	—	—	48,068	14,288	—	—
	met. couraça	km	0,750	1,510	2,920	—	—	—	—	—	—	5,180	0,750	—	—
	soma	km	20,978	13,330	23,830	8,080	—	—	—	—	—	66,218	20,978	—	—
Comprimento do trajeto de centro a centro das estações		km	20,125	12,620	22,140	7,580	—	—	—	—	—	62,465	20,125	—	—
Outras linhas (linha singela)	superfície	km	—	1,920	2,880	—	—	—	—	10,170	4,070	19,040	10,170	—	—
	elevado	km	0,700	—	—	—	—	—	—	—	—	0,700	0,700	—	—
	galeria	km	1,880	0,100	2,690	0,690	—	—	—	—	—	5,360	1,880	—	—
	met. couraça	km	—	0,125	—	—	—	—	—	—	—	0,125	—	—	—
	soma	km	2,580	2,145	5,570	0,690	—	—	—	10,170	4,070	25,225	12,750	—	—
Compr. da linha (linha singela) (sem desvios)		km	44,536	28,805	53,230	16,850	—	—	—	10,170	4,070	157,661	54,706	—	—
Quantidade de desvios	trajeto		25	20	38	10	—	—	—	—	—	93	25	—	—
	outras linhas		21	8	16	7	—	—	—	41	20	113	62	—	—
	soma		46	28	54	17	—	—	—	41	20	206	87	—	—
Comprimento total dos desvios		km	1,380	0,840	1,620	0,510	—	—	—	1,170	0,570	6,090	2,550	—	—
Comprimento da linha (linha singela) incl. desvios		km	43,156	27,965	51,610	16,340	—	—	—	9,000	3,500	151,571	52,156	—	—
Quant. de estações	estações subterr.		16	11	23	10	—	—	—	—	—	53(3)	16	—	—
	outras estações		7	5	3	—	—	—	—	—	—	15	7	—	—
	soma		23	16	26	10	—	—	—	—	—	68(3)	23	—	—

(1) Linha Jóquei Clube — Via Anchieta, incl. ramal Pedro II — Vila Bertioga

(2) Linha Santana — Jabaquara incl. ramal Paraíso — Moema e as partes do depósito

(3) Estação de baldeação é contada somente uma vez

Para a utilização alternada das vias de plataforma nas estações terminais, os respectivos cruzamento serão aí, localizados antes dessas estações. Cruzamentos especiais para tráfego bidirecional estão previstos ainda nesta linha, nas Estações Trianon e Brigadeiro.

22.3. Seqüência das obras

A rede básica proposta para o Metrô de São Paulo tem um comprimento de cerca de 66,2 km. Considerando-se os meios financeiros necessários para a realização dessa rede e tendo em vista a capacidade de construção existente, a construção das linhas não poderá ser feita simultaneamente.

Além disso, o tráfego no perímetro central da cidade não deve ser excessivamente afetado pelas obstruções e desvios de ruas, necessários à execução das obras.

Portanto, ao ser fixado o plano de seqüência para a execução das obras, dever-se-á levar em conta que não deverá haver nunca mais de duas linhas, simultaneamente, em construção. A Linha Santana-Jabaquara com o ramal Paraíso-Moema, é a mais urgente, conforme consta do capítulo 21.3. devendo portanto ser construída primeiro. Posteriormente, a seqüência de construção obedecerá à capacidade de transporte prevista para cada uma das linhas.

A liberdade de deslocamento de todos os veículos do metrô dentro da rede básica e o estabelecimento de

uma oficina de assistência técnica central no extremo Sul da Linha Santana-Jabaquara, mostram a necessidade de se efetuar a interligação de todas as linhas.

Deverá, portanto, ser levada em consideração, à medida que as obras forem sendo executadas, a possibilidade de passagem dos veículos de uma linha para outra. Quanto à seqüência da execução das obras, ter-se-á então o seguinte quadro de prioridades:

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.

Como já foi dito, a via de ligação entre as Linhas Santana-Jabaquara e

Pinheiros-Via Anchieta, da Estação Luz à Estação Santa Efigênia, poderá ser dispensada, se fôr mantida a seqüência de execução das obras na ordem acima sugerida. A via de ligação entre as duas Linhas Pinheiros-Via Anchieta e Casa Verde-Vila Maria somente se tornará necessária quando as Linhas Pinheiros-Via Anchieta e Vila Madalena-Paulista forem construídas simultaneamente.

Além disso, a execução de todas as linhas da área do Parque D. Pedro II só será possível, uma vez concluída a regularização do traçado do Rio Tamanduateí, projetada pela Administração Municipal e que deverá tornar a área livre de inundações.

Na figura 22.12 encontram-se os comprimentos das vias, bem como demais indicações para a rede total.

23. Propostas para as instalações de sinalização e telecomunicação para o Metrô de São Paulo

23.1. Generalidades sobre a instalação de sinalização

23.1.1. Introdução

No planejamento da construção e implantação de um metrô tem-se a possibilidade de escolher um sistema de sinalização segundo os mais modernos padrões técnicos. Análises de metrô existentes demonstram que sistemas eficientes de sinalização aumentam consideravelmente o rendimento operacional. Esta vantagem natural, oferecida pela sinalização, é sempre atraente, ainda mais levando-se em conta que o custo dos equipamentos é relativamente baixo em comparação com o custo total da obra ou seja, até 3%, aproximadamente, do último.

Altas velocidades, intensa seqüência de trens, alto grau de segurança, cumprimento rigoroso dos horários, condução adequada das composições pelas suas partidas e paradas uniformes, são os objetivos visados atualmente pelas modernas instalações de sinalização.

Estas características farão com que um número cada vez maior de pessoas escolha o metrô como meio de transporte preferido.

23.1.2. Definições

a) Localização

Determinação do lugar onde se encontra um trem, com meios técnicos apropriados. Há dois tipos de localização: a localização contínua e a localização por trecho.

— Localização contínua

A localização contínua encontra-se atualmente ainda em fase experimental (por exemplo com detectores semelhantes ao sistema "Link", ao longo de um condutor "Lecher" ou com um "Absorber" UHF codificado junto ao trilho).

— Localização por trecho

A localização por trechos é feita através de circuitos de via com ou sem talas isoladas ou com contador de eixos. Uma outra possibilidade é a contagem de espiras instaladas na via, na forma de condutores transpostos ou em gregas.

b) Distanciamento

Manutenção de uma distância entre dois trens correspondente à distância necessária ao trem seguinte para frear até a parada total. Por um controle de

velocidade apropriado pode-se testar automaticamente a manutenção do distanciamento (ver item c).

c) Controle da velocidade

Controle da velocidade limite em cada ponto de percurso. Neste caso distinguem-se dois tipos de controle de velocidade: o controle pelo maquinista e o controle por equipamento. O controle por equipamento subdivide-se ainda em: controle pontiforme da velocidade e controle contínuo da velocidade.

— Controle pontiforme

O controle pontiforme da velocidade é feito normalmente por dois aparelhos e é conhecido geralmente pela sigla ATS.

1. Dispositivo de via

Este aparelho é instalado junto ao trilho e ajustado para uma determinada velocidade. Este ajuste poderá ser feito de maneira que atue permanentemente ou que possa ser desligado conforme o aspecto do sinal. Na passagem do trem pelo aparelho de via 1 ocorre uma verificação após um pequeno intervalo de tempo, se o maquinista reagiu ao sinal do equipamento ATS, e se a velocidade do trem é menor que a velocidade de teste V_1 . Na passagem do trem pelo aparelho de via 2 e 3 a velocidade do trem também é comparada às velocidades de teste V_2 e V_3 .

Em todos os casos, quando a velocidade por ocasião da verificação for maior que as velocidades de teste haverá imediatamente uma frenagem de emergência (gráficos I e II).

2. Dispositivos do trem

No trem encontra-se montado um dispositivo que detecta a condição do dispositivo de via e provoca, caso necessário, a frenagem de emergência.

— Controle contínuo

O controle contínuo de velocidade exige que cada ponto do gráfico nominal de frenagem seja determinado por um valor de velocidade exatamente definido, o qual é transmitido da via para o trem. Com isso o trem acompanha, até a parada total, o gráfico nominal de frenagem com sua velocidade efetiva. Uma transmissão sem degraus ou estágios dos valores de velocidade apresenta algumas dificuldades técnicas. Por este motivo transmitem-se os valores dos trechos, que são mais curtos ou mais longos conforme a precisão de controle desejada. Dentro destes

trechos tem-se ainda a possibilidade de formar "valores auxiliares de velocidade" por meio de equipamentos adicionais (por exemplo instalações com medidores de percurso), de modo a resultar também a continuidade do gráfico nominal de frenagem.

A desvantagem destes sistemas consiste na baixa confiabilidade dos valores auxiliares de velocidade assim obtidos, pois nem sempre pode-se garantir o acompanhamento preciso do último valor de velocidade do gráfico nominal de frenagem, transmitido pelo trecho, até à parada total do trem. Por esta razão torna-se necessário anteceder o ponto de frenagem colimado por uma distância de proteção " d_p " ao ponto de perigo (ver 23.1.2.d). O controle contínuo de uma frenagem será explicado com um exemplo.

A via está, neste caso, dividida em trechos de informação. Um dispositivo de via fornece valores de velocidade aos trechos de informação os quais são determinados pela sua distância em relação ao ponto colimado.

com:

$b = \text{deceleração}$

$$d = \sum_{i=1}^n A_i$$

($A_i = \text{comprimento do trecho de informação}$)

resulta:

$$V = \sqrt{2bd}$$

O trem poderá solicitar os valores de velocidade e obter assim o gráfico escadiforme (gráfico III).

Com um medidor de percurso, montado no eixo do trem, obtém-se, com espaçamentos pequenos, os valores auxiliares de velocidade em forma de gráfico escadiforme fino 2.

Simultaneamente efetua-se a comparação destes valores com os valores efetivos de velocidade. Da diferença entre os dois valores resulta o valor de regulação para o freio. No início de um novo trecho de informação o medidor de percurso é aferido.

d) Distância de proteção

A distância de proteção " d_p " é a distância entre o ponto colimado e o ponto de perigo. O comprimento da distância de proteção corresponde à

distância necessária para a frenagem de emergência a partir da velocidade V_1 sendo que o percurso da frenagem começa no lugar onde o valor de velocidade $V = 0 \text{ km/h}$ é transmitido. Quanto menores forem os degraus do gráfico do controle de velocidade, tanto menor será " d_p ".

Com um controle contínuo real de velocidade " d_p " tenderia à zero.

Ver gráficos IV (controle pontiforme de velocidade) e V (controle quase contínuo de velocidade), onde temos

$$d_p = d_{br} + d_{be}$$

$d_{br} = \text{distância de reação na frenagem}$

$d_{be} = \text{distância efetiva de frenagem de emergência}$

e) Tempo de seqüência dos trens (densidade de circulação)

Tempo de seqüência $= t_{sq}$ é o intervalo de tempo decorrido entre a passagem de dois trens consecutivos, observado num ponto qualquer da via. Nos metrô o tempo de seqüência é determinado pelas estações que oferecem os maiores obstáculos para uma circulação intensa de trens, causados pelos processos de partida e de frenagem, bem como pelo tempo de parada.

Uma excessão resulta apenas quando as distâncias entre estações são bem grandes. Neste caso pode-se melhorar o tempo de seqüência dos trens pela divisão da distância de bloqueio.

As representações gráficas (Figs. 23.2-23.6) permitem uma visualização de todos os valores, dos quais se compõem os tempos mínimos de seqüência de trens.

$$t_{sq} = t_{st} + t_{sb}$$

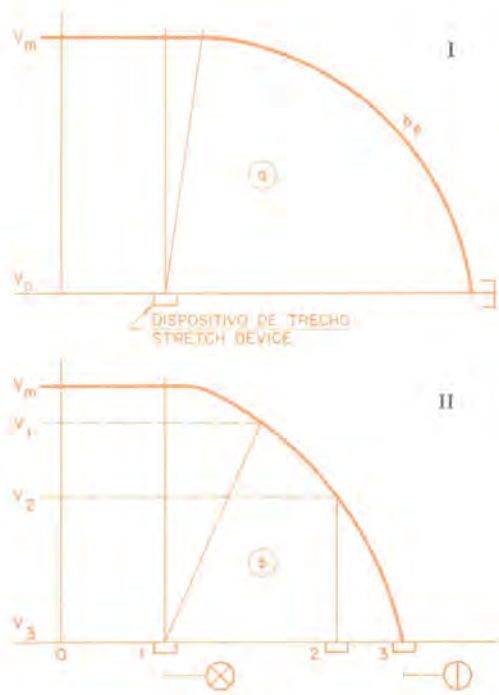
$$t_{sb} = t_a + t_b + t_c + t_{sig}$$

$t_{sq} = \text{tempo de seqüência dos trens.}$

$t_{st} = \text{tempo de parada nas estações.}$

$t_{sb} = \text{tempo de substituição de trens, isto é, o intervalo do tempo decorrido entre a partida de um trem da plataforma de uma dada estação e a parada de um trem consecutivo exatamente no mesmo lugar.}$

$t_a = \text{tempo de liberação, isto é, o tempo necessário para que o trem 1, que sai da estação, possibilite a}$



entrada ao trem 2. De acordo com a velocidade máxima do trecho, compõe-se o tempo de liberação apenas do tempo de aceleração ou do tempo de desaceleração e um tempo de movimento com a velocidade máxima do trecho. (Ver representação matemática e gráfica do tempo de substituição de trens).

t_b = Tempo necessário para a frenagem normal segundo a curva nominal de velocidade, inclusive o tempo de reação na frenagem (t_{br}).

Quando se calcular o tempo de substituição de trens o tempo de reação na frenagem já está contido implicitamente no tempo " t_c ".

O tempo de reação do maquinista, que tem uma função atuante na operação manual, foi desprezado, uma vez que o mesmo não deverá ultrapassar 0,7 s.

t_c = tempo de aproximação para o trem 2.

Em um sistema ideal, com localização contínua e controle de velocidade sem estágio, t_c é igual a zero. Em um sistema com um "circuito de via para aviso de estação livre" com o comprimento l_p e um controle de velocidade que exige uma distância de segurança d_{pe} , t_c é o tempo para a marcha com velocidade máxima autorizada no trecho, e um percurso de comprimento $l_p + d_{pe}$.

t_{sig} = tempo necessário para a mudança do aspecto do sinal. Este tempo corresponde ao tempo necessário para a transmissão da informação "circuito de via para aviso de estação livre" desocupado.

Determinação matemática e gráfica do tempo de substituição de trens para Condições Simples e desprezando t_{sig} .

1. Condição (gráfico VI):

$$\frac{V_{\max}^2}{2 b_a} \geq l_p + d_p$$

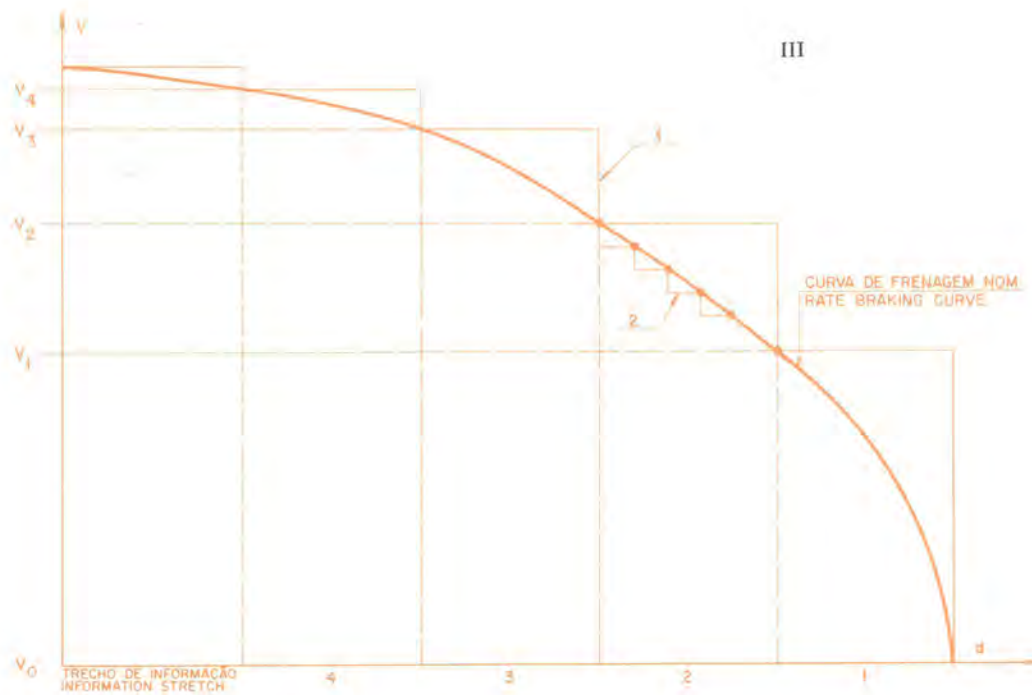
A partir das equações fundamentais

$$d = V \cdot t; \text{ e } d = \frac{V^2}{2b}$$

resulta:

$$t_{sb1} = t_a + t_c + t_b$$

$$= \sqrt{\frac{2(l_p + d_p)}{b_a}}$$



$$+ \frac{l_p + d_p}{V_{\max}} + \frac{V_{\max}}{b_s}$$

Para pequenas "Velocidades máximas autorizadas no "trecho", resultam as seguintes relações:

2. Condição (gráfico VII):

$$\begin{aligned} \frac{V_{\max}^2}{2 b_a} &\leq l_p + d_p \\ t_{sb2} &= t_a + t'_a + t_c + t_b \\ &= \frac{V_{\max}}{b_a} + \frac{(l_p + d_p) - \frac{V_{\max}^2}{2 b_a}}{V_{\max}} + \\ &+ \frac{l_p + d_p}{V_{\max}} + \frac{V_{\max}}{b_s} \\ &= V_{\max} \left(\frac{l_p}{b_s} + \frac{l_p}{2b_a} \right) \\ &+ \frac{2(l_p + d_p)}{V_{\max}} \end{aligned}$$

Dos gráficos e das equações pode-se deduzir:

1. O tempo de substituição de trens depende da velocidade máxima autorizada no trecho. Existe uma velocidade de trecho " V_{opt} " na qual o tempo de substituição de trens atinge um mínimo (gráfico VIII).

A velocidade máxima ideal não é, via de regra, a escolhida para a velocidade máxima de percurso, uma vez que desta velocidade relativamente pequena (valores gráficos: 50 até 60 km/h) resultam tempos da viagem desfavoráveis.

A fim de poder aproveitar a vantagem de uma velocidade de chegada ideal para melhorar o tempo de substituição, muitas vezes a entrada ocorre segundo uma curva característica quebrada (gráfico IX).

A interrupção da frenagem, porém, diminui o conforto da viagem.

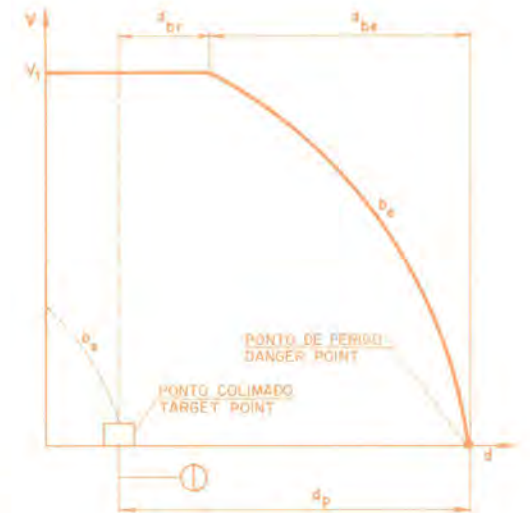
2. O comprimento da plataforma da estação " l_p " influi, como indica o diagrama, no tempo de substituição de trens (gráfico X):

3. De grande importância para o tempo de substituição de trens são os valores de aceleração e deceleração b_a e b_s , respectivamente (gráfico XI).

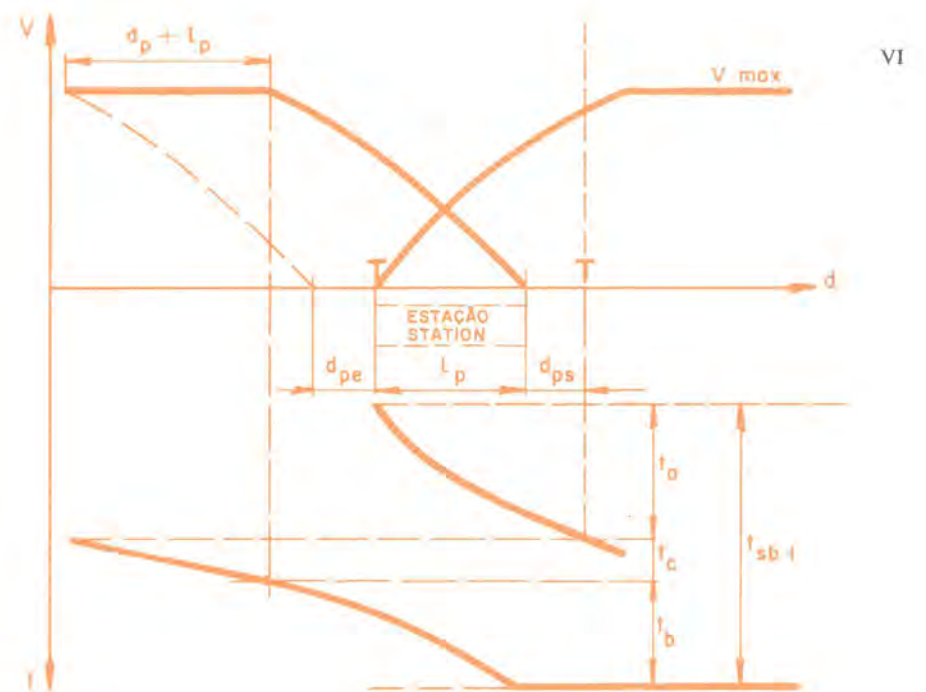
As condições de trecho (aclives, declives) influem, através dos

III

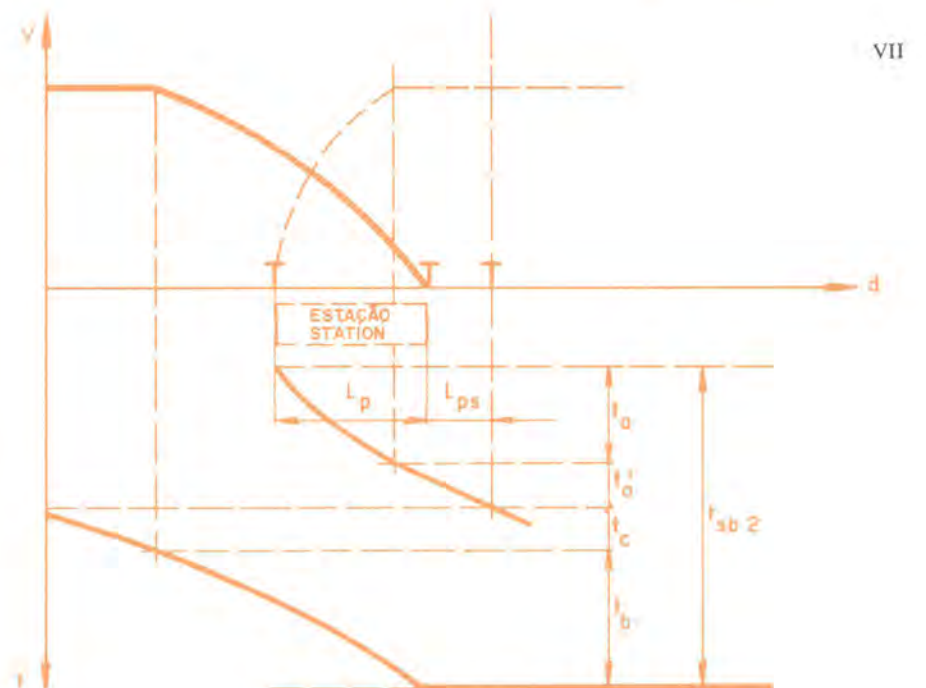
IV Controle pontiforme de velocidade



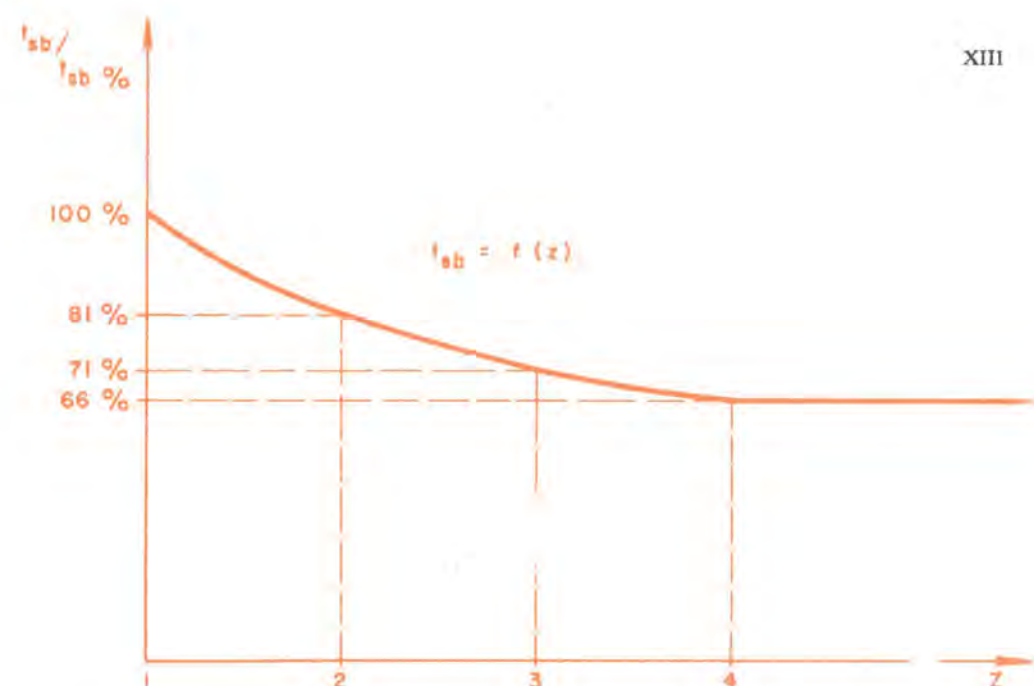
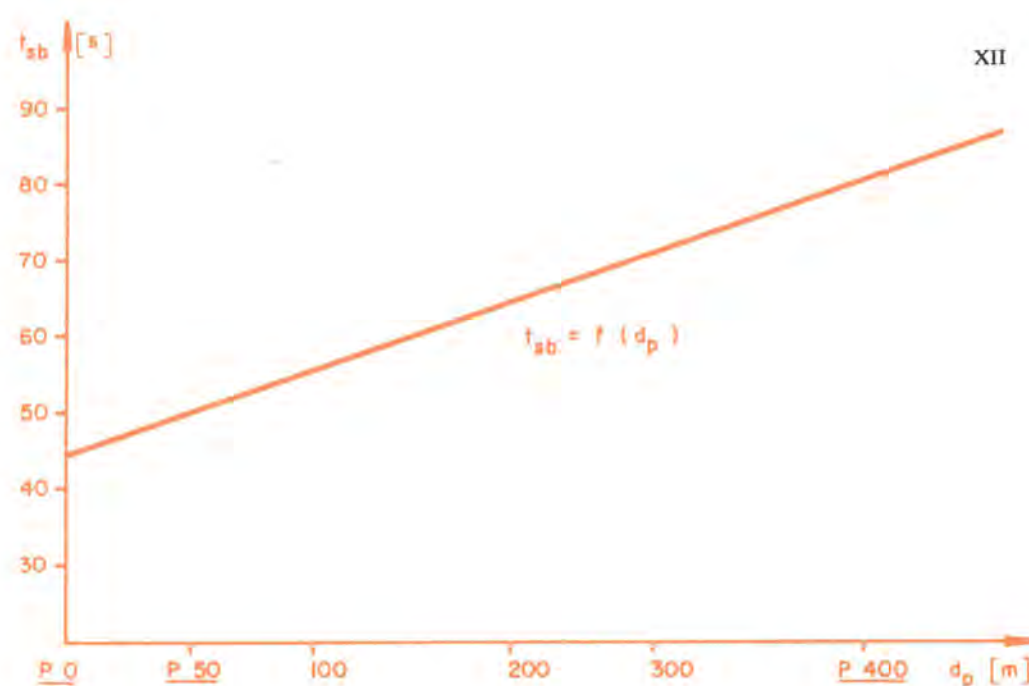
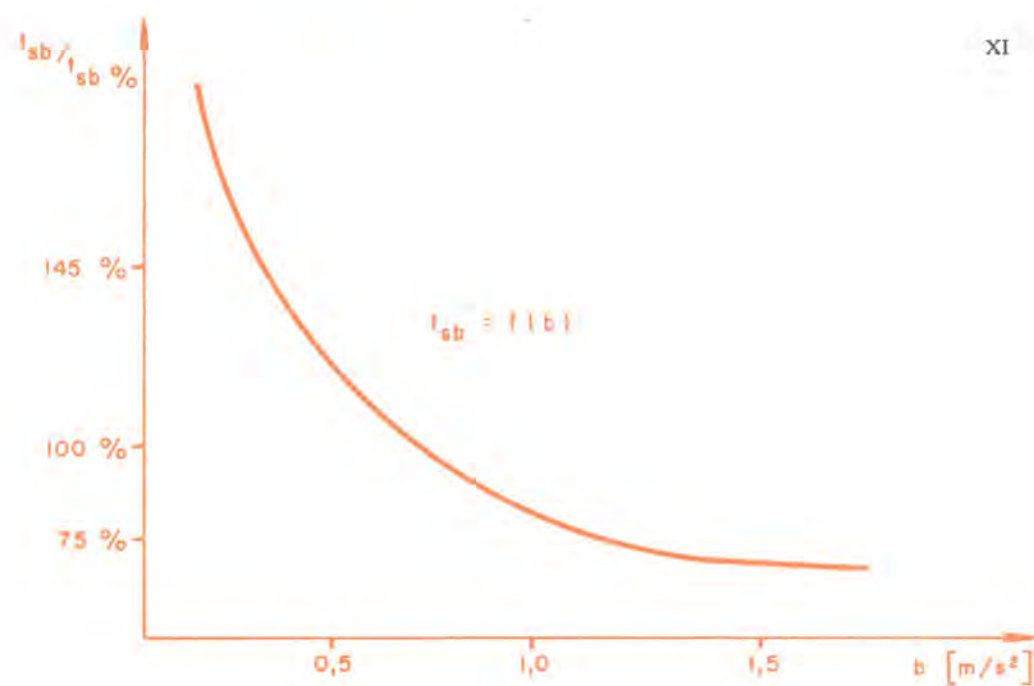
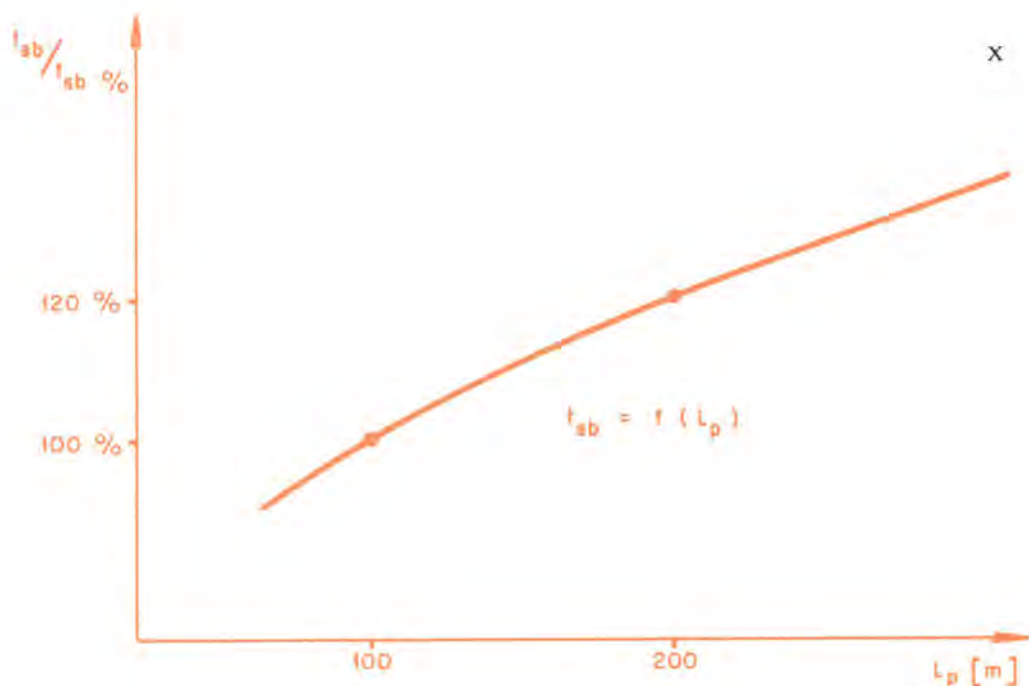
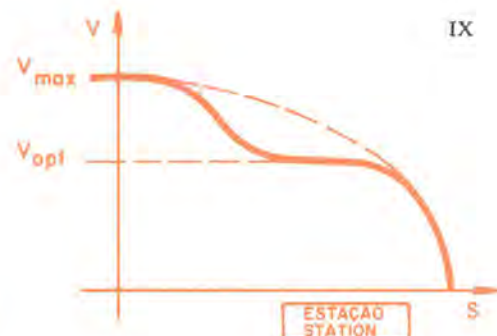
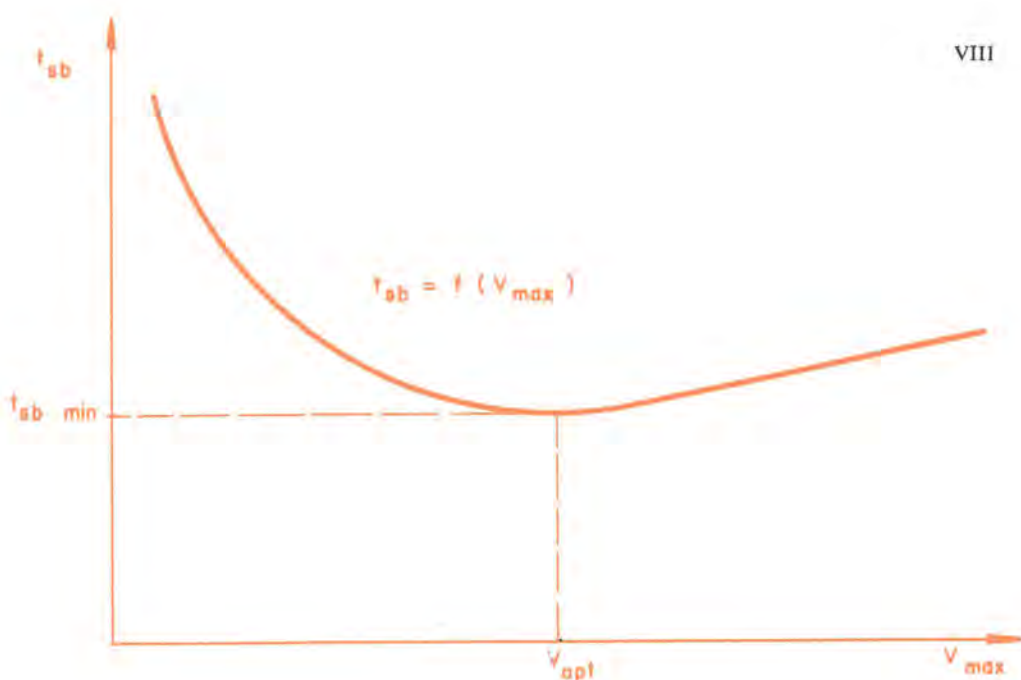
v Controle quase contínuo de velocidade



VI



VII



valores de aceleração e retardamento, no tempo de substituição de trens. (Declives-menor retardamento de frenagem; aative-menor aceleração de partida).

4. O tipo de controle de velocidade determina, através do comprimento da distância de proteção " d_p ", o tempo de substituição de trens.

No gráfico XII foram considerados os seguintes valores:

$V_{max} = 100 \text{ km/h}$; $b_a = 1 \text{ m/s}^2$; $L_p = 100 \text{ m}$;

P_o = Sistema de sinalização ideal com controle de velocidade sem estágios. Último ponto de prova em $V = 0 \text{ km/h}$.

P_{50} = Sistema de sinalização com controle contínuo de velocidade.

Último ponto de prova em $V \approx 35 \text{ km/h}$.

P_{400} = Sistema de sinalização com um controle pontiforme de velocidade, junto ao sinal. Último ponto de prova em $V = 100 \text{ km/h}$.

5. O tipo da localização dos trens na via da estação influencia também o tempo de substituição de trens. Melhores tempos de substituição de trens podem ser obtidos pela subdivisão do circuito de via da estação para aviso de via livre, como indicado pelo diagrama para condições médias (gráfico XIII).

Z = número dos "circuitos de via da estação para aviso de via livre".

f) Bloqueio Automático (AB)

O sinal que protege um determinado trecho de bloqueio é colocado automaticamente em posição de PARE pela frente do trem assim que este pisa o trecho de bloqueio. Assim que a cauda do trem deixa o bloco, o sinal muda automaticamente para VIA LIVRE. Desta maneira poder-se-á encontrar apenas um trem num trecho de bloqueio.

O comprimento de um trecho de bloqueio deverá corresponder pelo menos ao espaço necessário à frenagem de um trem e/ou ao seu comprimento.

A fim de garantir a marcha fluente dos trens indica-se o aspecto de um sinal de bloqueio automático já num trecho anterior por um sinal de aproximação.

g) Parada automática do trem (ATS)

A parada automática do trem consiste de um controle pontiforme de velocidade. O ponto de controle da velocidade é, via de regra, disposto junto a um sinal. Um comando "PARE" do sinal motiva uma **frenagem de emergência** do trem, quando o mesmo ultrapassa o ponto de controle.

h) Controle automático do trem (ATC)

Esta denominação é normalmente conhecida na técnica de sinalização pela sigla ATC. Trata-se do controle automático do trem pelo controle contínuo de velocidades limites.

Tôda vez que o trem ultrapassar a velocidade limite prescrita, verifica-se uma frenagem de emergência até se

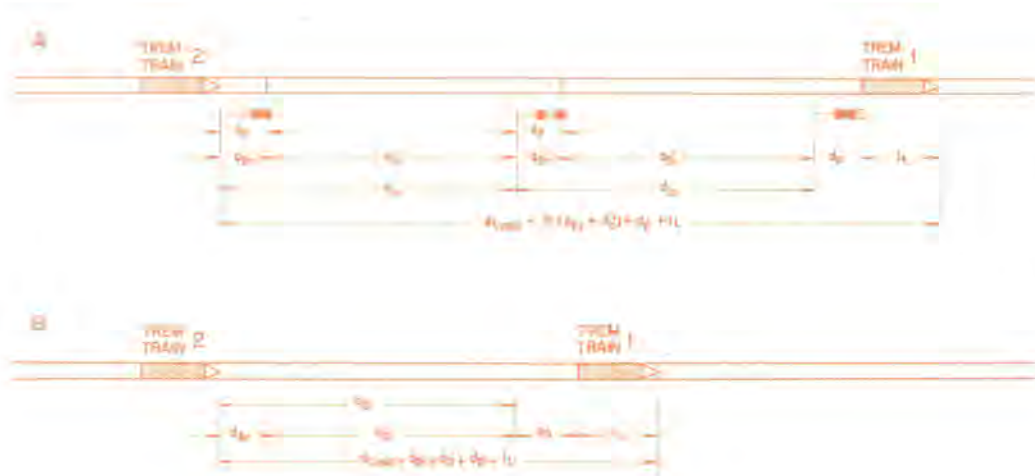


Fig. 23.1
Princípios de espaçamento

A Circulação com base em sinal luminoso e espaçamento por seções de licenciamento clássicas

B Circulação com distanciamento dos trens pela distância de frenagem absoluta

Simbologia
 ○ Aspecto vermelho
 ⊗ " amarelo
 ⊙ " verde
 ● " apagado

23.1

alcançar a velocidade permitida. A este grupo pertencem também as instalações que possuem, além do supra mencionado controle automático do trem, uma instalação para frenagem colimada automática.

i) Operação automática do trem (ATO)

Esta denominação é normalmente conhecida na técnica de sinalização pela sigla ATO.

Trata-se de condução automática de um trem durante todo o percurso de acordo com um ou vários diagramas de marcha, preestabelecidos.

Distingue-se entre sistemas integrados, nos quais os valores nominais de velocidade do sistema ATO são vinculados às velocidades limites fornecidas pelo ATC, e sistemas não integrados, nos quais as curvas de velocidade do sistema ATO são pré-fixados no carro.

Em ambos os casos a segurança do distanciamento entre trens é imposta pelo sistema ATC. O comando de partida, geralmente não é feito automaticamente.

k) Velocidade limite (V_{lim})

Velocidade máxima permitida em determinados pontos ou trechos de informação. A velocidade máxima é determinada pelas condições da via ou pelos processos de frenagem. Este valor é continuamente controlado no trem esteja ele em movimento ou parado. A ultrapassagem deste valor causa a frenagem de emergência do trem.

A velocidade limite é diminuída por etapas durante o processo de frenagem e fornece assim os valores nominais para o comando da frenagem.

l) Velocidade nominal (V_{nom})

A velocidade nominal é a velocidade ideal que deverá ser mantida pelo maquinista ou pelo equipamento de comando a fim de possibilitar um bom regime de marchas. A velocidade nominal é formada pelos valores da velocidade limite.

m) Velocidade efetiva (V_{ef})

A velocidade efetiva é a velocidade que o trem realmente possui. Em instalações ATC ou ATO utiliza-se a comparação da velocidade nominal

com a velocidade efetiva para o reajuste manual ou automático da velocidade para o seu valor nominal.

n) Velocidade colimada (V_{col})

A velocidade colimada indica a velocidade que deverá ser alcançada ao término de um processo de frenagem ou de aceleração. Da comparação da velocidade efetiva (V_{ef}) com a velocidade colimada (V_{col}) obtém-se a informação sobre as três condições de marcha do trem:

$V_{ef} \leq V_{col}$ acelerar

$V_{ef} = V_{col}$ rolamento livre

$V_{ef} \geq V_{col}$ freiar

o) Sinais de linha — Informações de linha

Sinal de linha é a transmissão de informações entre um equipamento de trecho e o do trem através de um portador de informações linear. Os portadores de informações mais conhecidos são:

1. o trilho (faixa de áudio-frequência)
2. cabos, instalados em forma de gregas ou transpostos
3. antenas.

p) Retenção de tempo

A operação com retenção de tempo é caracterizada pelas condições "acelerar, rolamento livre e freiar".

Contrariamente à marcha mais rápida possível, isto é, na movimentação segundo as condições "acelerar e freiar" obtém-se com retenção de tempo uma operação bem mais econômica sem que se altere o tempo mínimo de substituição de trens, exceto em distâncias muito grandes entre estações.

Na operação automática do trem (ATO), projeta-se o gráfico nominal de operação de tal modo que a retenção de tempo seja de aproximadamente 8%.

$$\left(1 - \frac{\text{tempo mín. de viagem}}{\text{tempo de viagem}}\right) \times 100\%$$

Para um exemplo com condições médias resulta, com uma distância entre estações de 915 m e tempo de parada na estação de 30 s, a seguinte comparação de valores:

Grandeza	Unidade	Retenção de tempo	
		0 %	8 %
V_{max}	km/h	90	72
t_r	s	60,5	65,5
t_{sqmin}	s	< 90	< 90
E	kWh	42,0	25,8
V_{rm}	km/h	36,4	34,5

E = energia por trem

t_r = tempo de viagem

V_{rm} = velocidade média de viagem.

Na operação automática do trem com vários diagramas de marcha preestabelecidos, pode-se fazer depender a operação econômica com retenção de tempo, do tempo de parada realmente necessário nas estações. Todas as variações em relação ao horário normal podem, neste caso, ser diminuídas com número determinado de diagramas de marcha. Veja figura 23.13.

23.1.3. As exigências operacionais relativas ao sistema de sinalização

Na concepção dos veículos e da instalação de sinalização é necessário levar em conta, como mencionado no capítulo 13, um movimento máximo de 80.000 passageiros/h. Para a construção dos veículos foi considerado primeiramente um tempo de sequência de trens de 90 s, o que corresponde a uma densidade de 40 trens/h.

No que se segue deverá ser provada, entre outros pontos, a viabilidade do suposto tempo de sequência dos trens, considerando um tempo de parada nas estações de 30 s e as características dos veículos. As pesquisas deverão visar especialmente as relações entre os diversos tipos de localização de trens e controle da velocidade, separadamente para sistemas de sinalização com equipamento ATS e sistemas ATC-ATO.

Outrossim, dever-se-á pesquisar o tempo de sequência de trens para o caso mais desfavorável de um declive de 40‰ antes da plataforma.

Para a operação dos trens deverá ser recomendado um sistema global de sinalização que processe automaticamente todas as operações e controles. Excetua-se, por enquanto, o comando de partida, que é dado pelo maquinista.

Uma outra condição é que a instalação total deverá ser controlada a partir de um ponto central. Não se cogita colocar operadores para a instalação de sinalização em outros pontos.

Em caso de avarias, o tráfego deverá ser mantido, na medida do possível, em condições normais.

Deverão ser examinados, quais os meios que possibilitem uma operação mais econômica e rigorosamente dentro dos horários estabelecidos.

Deverá ser pesquisada ainda a conveniência de se tomar como base para um sistema ATO, um sistema com sinais externos ou com cab-sinais.

Para a instalação de sinalização nas vias do depósito exige-se a operação em itinerários travados, onde a velocidade máxima de 30 km/h é controlada automaticamente.

23.2. Sistemas de sinais fixos com ATS

Estes sistemas serão estudados quanto ao distanciamento mínimo entre dois trens, quanto à possibilidade do controle de velocidade e quanto à sua capacidade operacional.

No sistema de bloqueio automático, a fim de se obter uma elevada densidade de circulação, pode-se encurtar o comprimento de cada setor de bloqueio até atingir o comprimento da distância de frenagem $d_{br} + d'_p$.

Com uma velocidade máxima superior a cerca de 65 km/h, mantém-se neste caso a permissão de que o comprimento do trem seja inferior ao comprimento do setor de bloqueio.

Para a movimentação uniforme das composições (o que significa frenagem colimada a partir da velocidade máxima entre duas estações), resulta o seguinte distanciamento mínimo para a velocidade máxima (Fig. 23.1-A)

$$d_{t \min} = 2(d_{br} + d'_b) + d_p + l_t$$

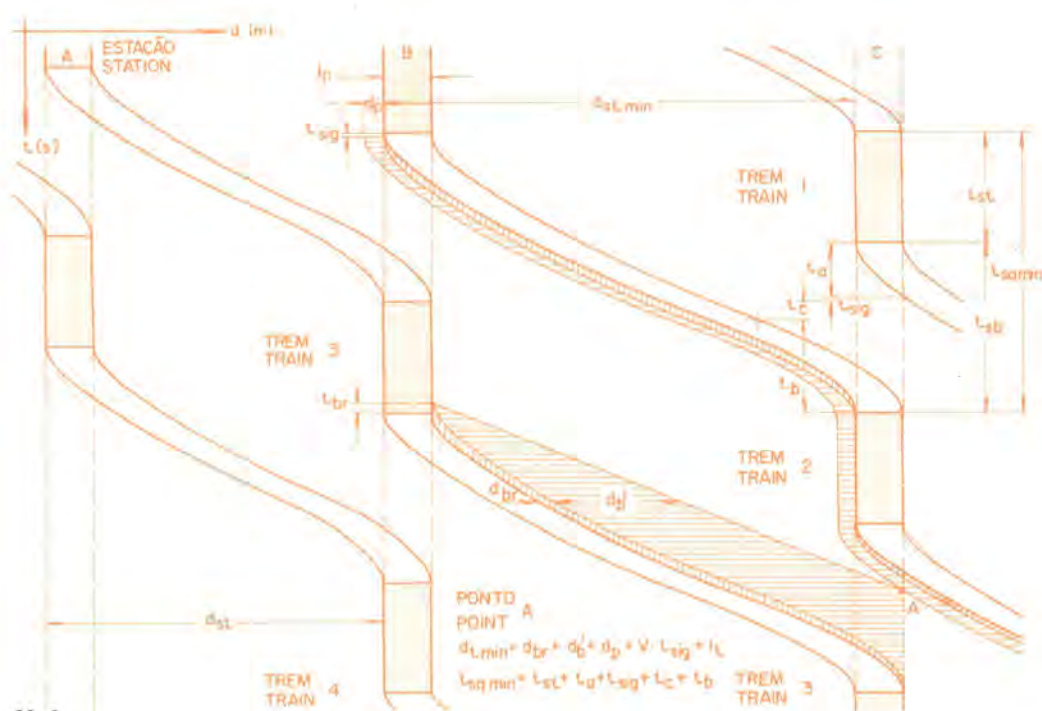
onde,

d_{br} = percurso de reação, distância que o trem percorre até à atuação dos freios.

d'_b = distância percorrida até a parada absoluta, seguindo o gráfico nominal de frenagem.

d_p = é a distância de proteção.

l_t = comprimento do trem.



23.2

Este sistema é caracterizado pelo fato de que para o distanciamento entre dois trens subsequentes deverão existir pelo menos dois setores de bloqueio livres mais uma distância de proteção “ d_p ” também livre. O comprimento deste setor de bloqueio é em trechos planos:

$$d_{bl} = \frac{V_{100}^2}{2b} = 322 \text{ m}$$

O comprimento da distância de proteção depende do sistema de controle automático de distanciamento. Se os sinais principais forem equipados com bloqueadores (ATS), que operam automaticamente quando um trem passa por um sinal indicado “PARE”, então a distância de proteção deverá ter o comprimento da distância necessária para a frenagem de emergência, estando o trem na sua velocidade máxima.

Neste caso deverá ser:

$$d_p = V_{100} \cdot t_{br} + \frac{V_{100}^2}{2b_e} = 313 \text{ m}$$

$$t_{br} = 2,0 \text{ s (ver item 23.1.2.e)}$$

Pelo controle por pontos da distância normal de frenagem tem-se a possibilidade de encurtar a distância de proteção necessária.

O método mais simples é um só controle de velocidade diante de sinais principais (Fig. 23.4). Neste sistema obtém-se a distância de proteção menor possível pela escolha adequada do ponto de verificação e da velocidade de prova sob as seguintes premissas:

“Um trem que no ponto de verificação com velocidade máxima seja obrigado a uma frenagem de emergência, deverá parar no mesmo lugar que um trem que, por ocasião da frenagem de serviço, passou pelo ponto de verificação com uma velocidade ainda admissível continuando então este último a marcha com esta velocidade admissível, sendo obrigado a uma frenagem de emergência somente junto ao sinal principal”.

Pela equação abaixo poderá ser calculada a V_{prova} :

$$V_{max} \cdot t_{br} + \frac{V_{max}^2}{2b_e} = \frac{V_{prova}^2}{2b_s} +$$

$$+ \frac{V_{prova}^2}{2b_e} + V_{prova} \cdot t_{br}$$

Assim resulta uma velocidade de prova $V_{prova} = 69 \text{ km/h}$ e uma distância de proteção:

$$d_p = V_{69} \cdot t_{br} + \frac{V_{69}^2}{2b_e} = 160 \text{ m}$$

Na prática a velocidade de percurso no ponto de verificação é menor que a velocidade de prova, a fim de evitar frenagens de emergência.

Um aprimoramento eficaz deste sistema consiste em controlar, mediante um teste através de um dispositivo de temporização junto ao sinal de aproximação, se o maquinista reconheceu realmente a indicação restritiva do sinal de aproximação e, se após outro espaço de tempo a velocidade controlada no velocímetro corresponde ao gráfico nominal de frenagem.

Neste caso, trata-se de um controle da velocidade por pontos. Teoricamente existe a possibilidade de que um maquinista, após ter passado o último ponto de prova, por exemplo, por motivos de uma interpretação errônea do sinal, acelere outra vez, conseqüentemente, seja muito tardiamente obrigado a uma frenagem de emergência junto ao sinal principal.

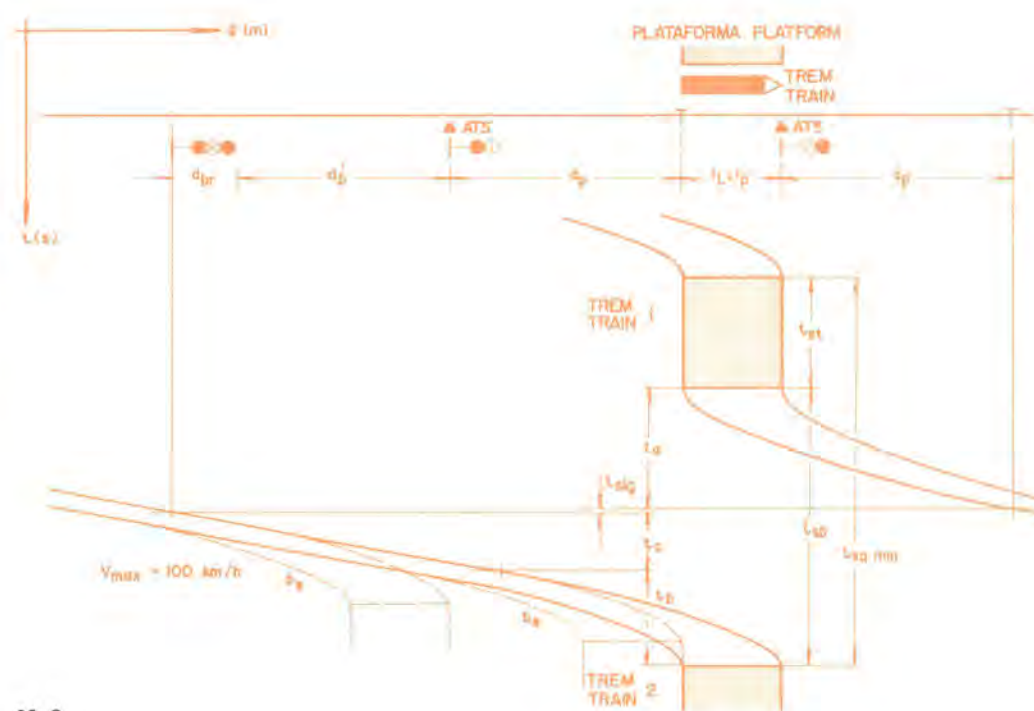
Considerando-se o fato, embora raro, de que um trem que parta fique parado logo depois do circuito de via da estação para aviso de via “livre”, e que o trem que vem chegando não pare na cabeceira da plataforma, encurtou-se em alguns lugares a distância de proteção após o sinal fixo de saída.

No Metrô de Berlim, por exemplo, esta distância é de apenas alguns metros. Em outras companhias esta distância é calculada a partir das velocidades permissíveis para passagem por estações, por exemplo: em Frankfurt 40 km/h. Para o Metrô de São Paulo poder-se-á considerar uma velocidade de 50 km/h. Neste caso resultará uma distância de proteção de:

$$d_{ps} = V_{50} \cdot t_{br} + \frac{V_{50}^2}{2b_e} = 92 \text{ m}$$

23.2.1 Cálculo do tempo de seqüência dos trens

Os resultados dos cálculos dos tempos mínimos de seqüência, baseiam-se nos dados fixados abaixo.



23.3

Não são consideradas limitações de velocidade motivadas pelo trecho ou pela operação. A título de simplificação iguala-se o comprimento do trem ao comprimento da plataforma.

Os seguintes valores foram tomados como base:

Aceleração inicial, na partida

$$b_{a \max} = 1,35 \text{ m/s}^2$$

Aceleração média, na partida, para um percurso de aproximadamente 200 m

$$b_{am} = 1,0 \text{ m/s}^2$$

Deceleração média de frenagem normal

$$b_s = 1,2 \text{ m/s}^2$$

$$b_{40\%} = 0,8 \text{ m/s}^2$$

Deceleração máxima da frenagem de emergência

$$b_e = 1,5 \text{ m/s}^2$$

$$b_{40\%} = 1,1 \text{ m/s}^2$$

Tempo de reação de frenagem

$$t_{br} = 2,0 \text{ s}$$

Tempo de mudança do aspecto do sinal

$$t_{sig} = 1,0 \text{ s}$$

Velocidade máxima no trecho

$$V_{max} = 100 \text{ km/h}$$

Comprimento da plataforma

$$136 \text{ m}$$

Em todos os casos considerados vale a premissa

$$\frac{V_{max}^2}{2b_a} > l_p + d_p$$

uma vez que a velocidade máxima somente é alcançada após aproximadamente 1 000 m de percurso, contados da partida.

Considerando que a aceleração de partida diminui bastante uma vez alcançada a velocidade de 30 km/h, calculou-se os tempos de liberação da estação “ t_a ” a partir das características dos motores, mencionadas no capítulo 42.2. Em comparação com os tempos de seqüência mínimos teóricos $t_{h \min}$, os tempos de seqüência reais $t'_{h \min}$ a serem obtidos são maiores, pois na prática operacional de condução manual os maquinistas iniciam a frenagem um pouco antes para não ultrapassar o ponto

colimado. Desta forma, resulta uma deceleração média menor estimada em $1,0 \text{ m/s}^2$ para efeito de cálculos posteriores.

$$t_{sq \min} = t_{st} + t_{sig} + t_a + t_c + t_b$$

Assim sendo, resultam os seguintes tempos mínimos de seqüência em trechos planos:

1. Sistema com ATS junto aos sinais principais (Fig. 23.3):

$$d_{pe} = d_{ps} = 313 \text{ m}$$

$$t_{sq \min} = 30 + 1 + 31,0 + 16,2 + 23,2 = 101,4 \text{ s}$$

$$t'_{sq \min} \approx 30 + 1 + 31,0 + 16,2 + 27,8 \approx 106 \text{ s}$$

2. Sistema com ATS antes do e junto ao sinal principal (Fig. 23.4):

$$d_{pe} = d_{ps} = 160 \text{ m}$$

$$t_{sq \min} = 30 + 24,0 + 10,6 + 23,2 = 88,8 \text{ s}$$

$$t'_{sq \min} \approx 30 + 1 + 24,0 + 10,6 + 27,8 \approx 94 \text{ s}$$

3. Sistema como no item 2, porém com distância de proteção existente imediatamente após o sinal de saída reduzida:

$$d_{pe} = 160 \text{ m}$$

$$d_{ps} = 92 \text{ m}$$

$$t_{sq \min} = 30 + 1 + 20,0 + 10,6 + 23,2 = 84,9 \text{ s}$$

$$t'_{sq \min} \approx 30 + 1 + 20,0 + 10,6 + 27,8 \approx 90 \text{ s}$$

4. Sistema como no item 3, porém com velocidade de entrada reduzida para $V_{opt} = 60 \text{ km/h}$ (curva quebrada de entrada) (ver 23.2.1. cifra 2)

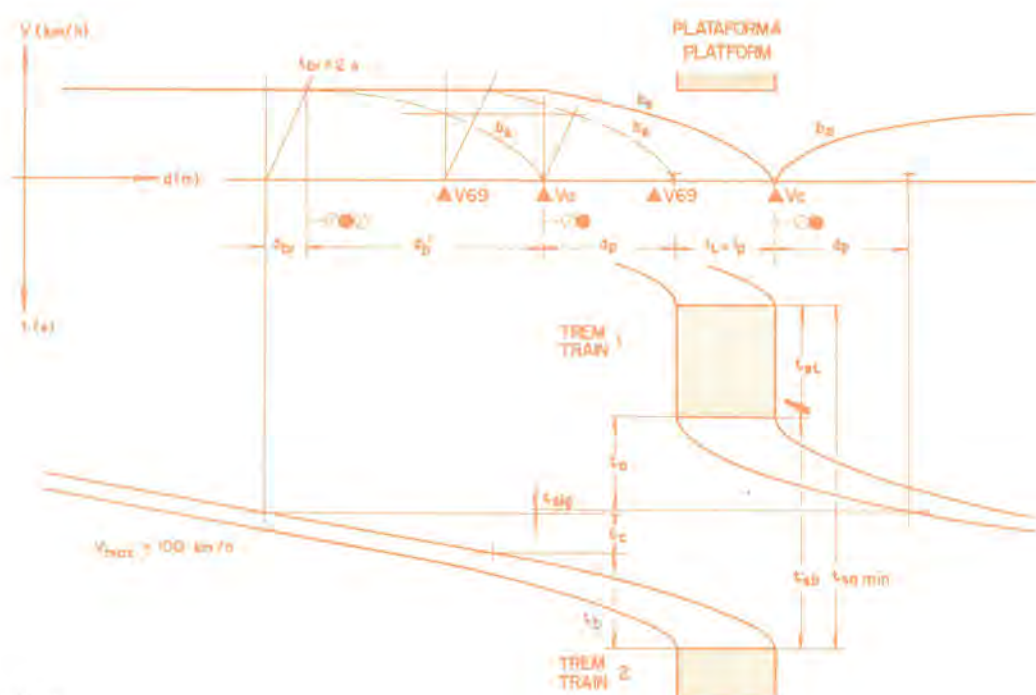
$$t_{sq \min} = 30 + 1 + 20,0 + 13,6 + 13,9 = 78,5 \text{ s}$$

$$t'_{sq \min} \approx 30 + 1 + 20,0 + 13,6 + 16,7 \approx 81 \text{ s}$$

5. Sistema como no item 3, porém com subdivisão do trecho de via da estação para fins de redução do tempo de liberação.

$$t_{sq \min} = 30 + 1 + 20,0 + 5,7 + 23,2 = 79,9 \text{ s}$$

$$t'_{sq \min} \approx 30 + 1 + 20,0 + 5,7 + 27,8 \approx 85 \text{ s}$$



23.4

A subdivisão do trecho de circuito de via para aviso de estação livre em dois trechos, considerada no item 5, pode ser calculada da seguinte maneira: (ver exemplo na fig. 23.5).

A subdivisão alcança seu valor ótimo quando se necessita para percorrer o segundo trecho de liberação $a_2 = l_p + d_{ps} - a_1$ o mesmo tempo (t_{a2}) que se necessita para a aproximação com velocidade máxima, em um percurso de igual comprimento ao do primeiro trecho de desocupação a_1 .

Com isso o trem 2 pode se aproximar mais do trem 1, de uma distância a_1 , o que não poderia ocorrer se a plataforma não estivesse subdividida. Esta operação é possibilitada pela disposição de um sinal de aproximação, a uma distância a_1 situada logo em seguida ao sinal de entrada.

O cálculo é feito segundo as equações para a aceleração constante:

$$t = \sqrt{\frac{2d}{b_{am}}}$$

$$t_{a2} = \sqrt{\frac{2(l_p + d_{ps})}{b_{am}}}$$

$$-\sqrt{\frac{2a_1}{b_{am}}} = \frac{a_1}{V_{max}}$$

Resolvendo a equação para a_1 , temos o seguinte resultado:

$$a_1 = \left(\sqrt{\frac{V_{max}^2}{2b_{am}}} + V_{max} \right) \sqrt{\frac{2(l_p + d_{ps})}{b_{am}}} - \frac{V_{max}}{\sqrt{2b_{am}}} = 135 \text{ m}$$

Assim sendo, resulta para $V_{max} = 100$ km/h o tempo mínimo de sequência mais conveniente pela subdivisão do trecho de circuito de via para aviso de estação livre junto ao fim da plataforma. Com a velocidade de entrada muda também a divisão ideal.

6. Sistema como no item 5, porém para um declive máximo de 40 ‰ até 50 m antes da plataforma.

$$d_{pe} \text{ 40‰} = 210 \text{ m} \quad d_{ps} = 92 \text{ m}$$

$$t_{sq \text{ min}} = 30 + 1 + 20,0 + 12,5 + 26,0 = 89,5 \text{ s}$$

$$t'_{sq \text{ min}} \approx 30 + 1 + 20,0 + 12,5 + 32,2 \approx 96 \text{ s}$$

Os resultados acima demonstram que um sistema de sinais fixos com os aspectos "PARE" e "SIGA" possibilita uma sequência de trem real de 90 s, quando são previstos um ou mais pontos de verificação de velocidade para a frenagem e subdividindo-se a plataforma. Um outro melhoramento do intervalo entre trens consistiria na entrada com velocidade ideal (curva quebrada de frenagem). Neste caso, todavia, reduz-se um pouco a velocidade de marcha. Com uma velocidade máxima de trecho de $V_{max} = 100$ km/h e com uma parada na estação de aproximadamente 30 s esta perda seria da ordem de cerca de 5%.

Da transmissão dos valores de velocidade de prova ATS para o trem, poder-se-ia derivar também uma indicação-ótica (cab-sinal).

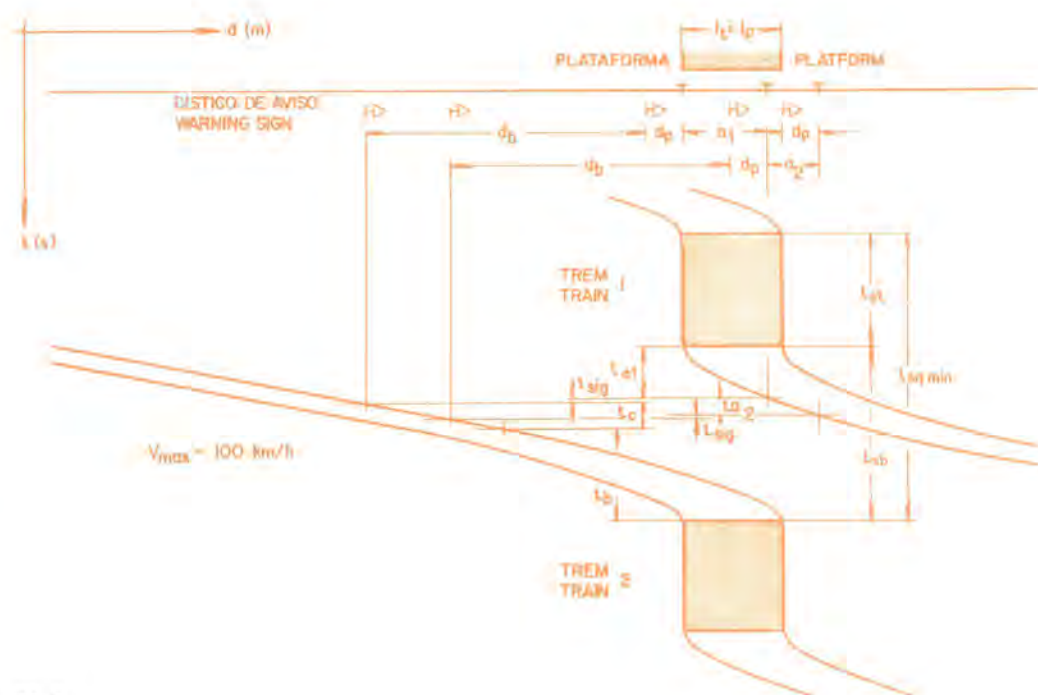
Se um sistema local de sinalização for complementado com uma instalação ATO, a qual se encontra no trem, então tem-se a possibilidade de alcançar, pelo controle contínuo da velocidade na operação da frenagem colimada, tempos de sequência menores do que 90 s.

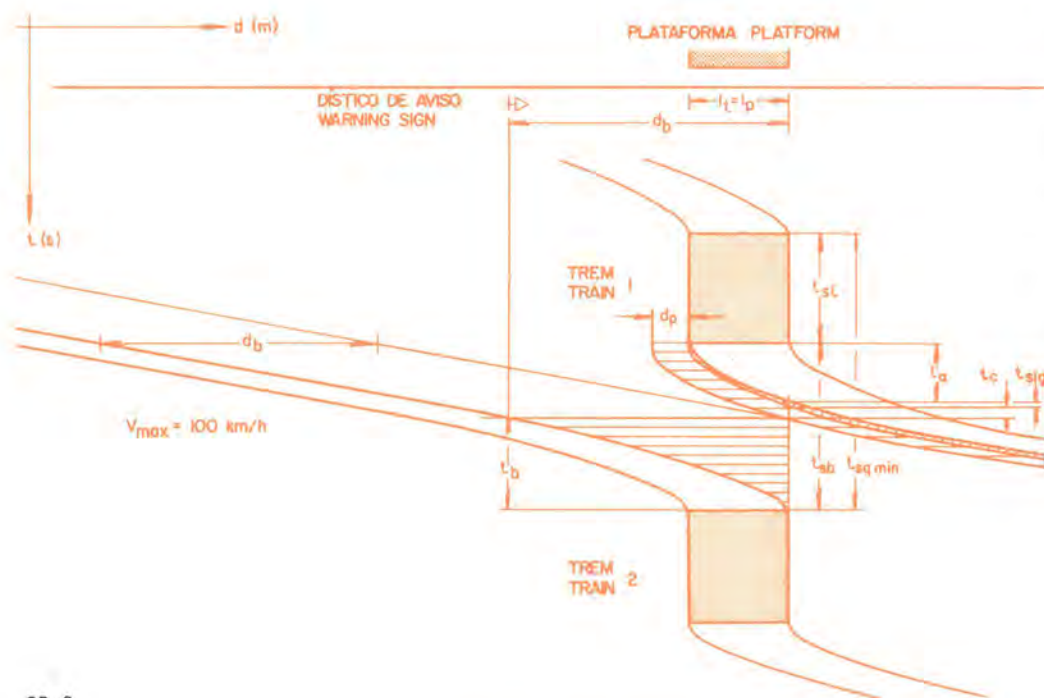
23.3. Sistemas de sinalização com indicação na cabine do maquinista (cab-sinal) — com ATC e ATO

As primeiras experiências práticas da transmissão indutiva de sinais para a cabine do maquinista foram feitas há quarenta anos e há dez anos encontra-se em serviço o sistema mais antigo de cab-sinal do Metrô de Estocolmo. Mas, somente com a aplicação da eletrônica moderna na técnica de sinalização verificou-se um maior desenvolvimento de vários sistemas de segurança e de controle de trens segundo o princípio da sinalização por cab-sinal.

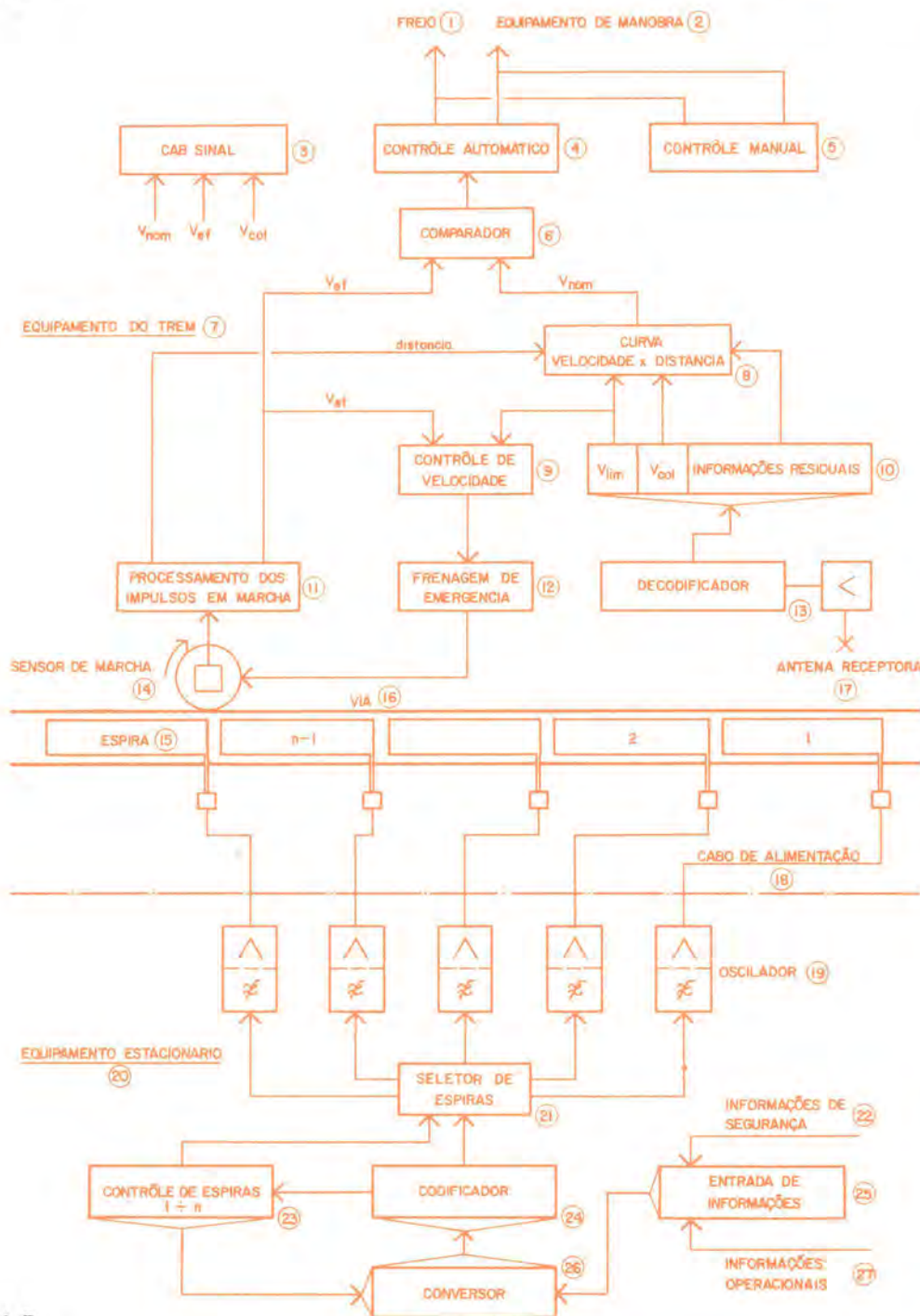
As possibilidades deste sistema ainda não estão esgotados e a falta de possibilidades de comparação em bases internacionais, quanto aos aspectos econômicos dos diversos sistemas permitem, neste trabalho, apenas o estudo de alguns tipos característicos.

Num sistema ideal com localização contínua e controle de velocidade sem estágios na fase de frenagem,

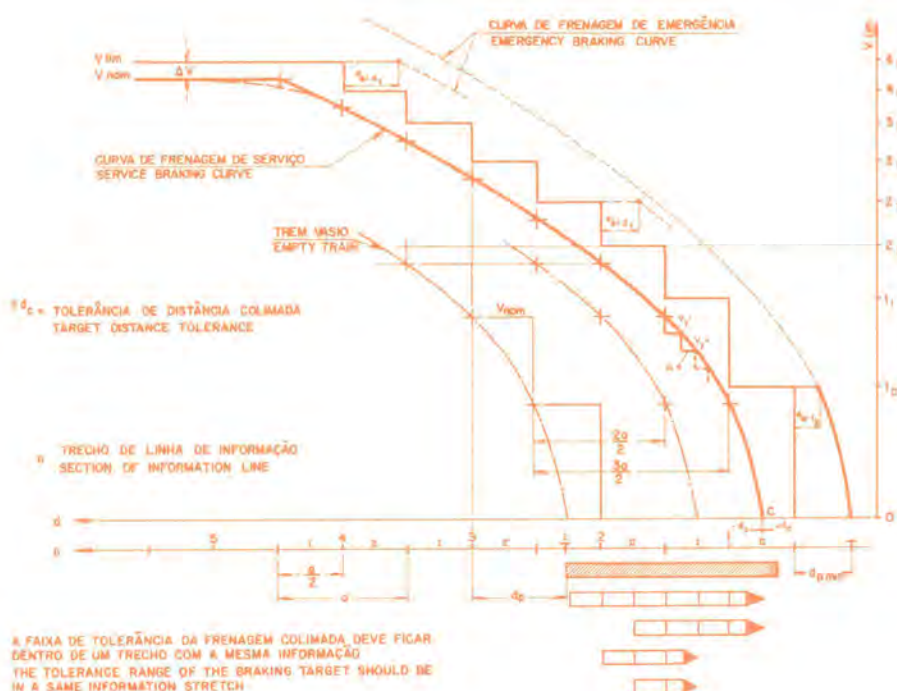




23.6



23.7



23.8

$$t_{sq \min} = 30 + 1 + 17,7 + 6,7 + 23,2 = 78,6 \text{ s}$$

$$t'_{sq \min} \approx 30 + 1 + 17,7 + 6,7 + 25,3 \approx 81 \text{ s}$$

2) Como 1) porém $V_{opt} = 60 \text{ km/h}$

$$t_{sq \min} = 30 + 1 + 15,4 + 2,6 + 11,1 + 13,9 = 74,0 \text{ s}$$

$$t'_{sq \min} \approx 30 + 1 + 15,4 + 2,6 + 11,1 + 16,7 \approx 77 \text{ s}$$

A velocidade ideal, considerando

$$\frac{V_{\max}^2}{2 b_{am}} \leq l_p + d_p$$

poderá ser derivada da seguinte fórmula do tempo mínimo de sequência de trens:

$$t_{sq \min} = t_{st} + t_{sig} + t_a + t'_a + t_c = t_b$$

$$t_{sq \min} = \text{const} + \frac{V_{\max}}{b_{am}} + \frac{l_p + d_p - \frac{V_{\max}^2}{2 b_{am}}}{V_{\max}} + \frac{l_p + d_p}{V_{\max}} + \frac{V_{\max}}{b_s}$$

$$t_{sq \min} = \text{const} + \frac{V_{\max}}{b_{am}} + \left(\frac{1}{2 b_{am}} + \frac{1}{b_s} \right) + \frac{2(l_p + d_p)}{V_{\max}}$$

A fórmula mostra que velocidades muito altas ou muito baixas conduzem a grandes tempos de sequência dos trens.

A velocidade ótima V_{opt} é calculada por derivação e igualando-se à zero:

$$\frac{d t_{sq \min}}{d V_{\max}} = \frac{1}{2 b_{am}} + \frac{1}{b_s} - \frac{2(l_p + d_p)}{V_{\max}^2} = 0$$

$$V_{opt} = 2 \sqrt{\frac{(l_p + d_p) \cdot b_{am} \cdot b_s}{2 b_{am} + b_s}}$$

$$= 16,7 \text{ m/s} = 60, \text{ km/h.}$$

Neste caso atende-se à condição do item e do capítulo 23.1.2. de se alcançar a velocidade ótima dentro de um percurso de desocupação.

$$\frac{16,7^2}{2 \cdot 1,0} < 136 + 50$$

3) $V_{\max} = 100 \text{ km/h}$; declive máximo 40‰ até o ponto final do declive 50 m antes do início da plataforma; massa do trem concentrada no seu centro de massa; subdivisão ideal da via da plataforma:

$$d_{pe} 40\text{‰} = 62 \text{ m}$$

$$d_{ps} = 50 \text{ m}$$

$$t_{sq \min} = 30 + 1 + 17,7 + 7,1 + 26,0 = 81,8 \text{ s}$$

$$t'_{sq \min} \approx 30 + 1 + 17,7 + 7,1 + 28,2 \approx 84 \text{ s}$$

Os resultados supra comprovam que um sistema de sinalização com cab-sinais traz melhorias em relação aos tempos de sequência de trens, teóricos. Estas melhorias são obtidas exclusivamente pelo controle de velocidade, com ajustes mais finos, durante o processo da frenagem.

23.3.2. Descrição dos tipos

Sistema ATC

Sistemas de sinalização da via possibilitam a comparação do valor admissível de velocidade com o valor efetivo, em cada ponto do percurso.

A ultrapassagem do valor da velocidade limite tem como consequência o acionamento automático do freio. A velocidade nominal é indicada na cabine do maquinista como cab-sinal, dando ao maquinista a possibilidade de conduzir o trem em função destas indicações. Um dos controles mais importantes é o controle da velocidade, isto é, o controle da condução do trem segundo o gráfico nominal de frenagem. Um trecho de via é subdividido em trechos de informação de acordo com o controle de velocidade a ser executado. É conveniente fazer-se inicialmente uma divisão grosseira em setores com e sem percursos de frenagem (em trechos livres).

O controle repetitivo da velocidade dentro dos percursos de frenagem diante de pontos fixos de perigo, inícios e fins de plataformas, requer uma divisão do trecho, cujo dimensionamento depende, essencialmente, das distâncias de proteção permissíveis (ver item 23.1.2.d). Os valores da velocidade são deduzidos das velocidades máximas autorizadas nos trechos.

Sistema ATO

Uma solução bem próxima consiste em utilizar cada valor de velocidade limite, já existente no trem, após transformação em um valor nominal, por um circuito de regulação cuja saída controla o trem em lugar do maquinista.

Como sistemas combinados ATC-ATO encontramos dois tipos básicos de sistemas de sinalização com cab-sinal, os quais podem ser caracterizados sem levar em consideração detalhes técnicos, como sistemas de espiras curtas ou espiras longas.

Fig. 23.6 Circulação com base em "cab sinal" com distância de frenagem absoluta

Fig. 23.7 Sistema de espiras curtas para ATC e ATO

Fig. 23.8 Etapas de velocidade em sistema de espiras curtas

Num sistema de espiras curtas a escolha do comprimento da espira é feita de tal modo que a informação de uma espira permaneça válida e inalterada durante o espaço de tempo, durante o qual o trem se encontra na zona de influência destas espiras. Em um sistema de espiras longas, esta espira é formada de tal modo, que um trem possa receber informações diferentes durante o seu percurso através da área coberta por uma espira ou que se possa encontrar até mais de um trem, simultaneamente, sobre uma espira. Com esta finalidade subdivide-se a espira eletricamente em trechos, que passam a corresponder respectivamente aos trens que se encontram sobre esta espira. Diz-se neste caso que o trem possui enderêço. Acoplado a este enderêço poder-se-á efetuar uma troca de informações entre o trecho de via e os trens. Declina-se de uma descrição pormenorizada do sistema de espiras longas no âmbito deste estudo, visto que este sistema ainda não ganhou a devida importância em instalações de metrô.

O portador fixo de informações ao longo do trecho de via possui, geralmente, a forma de uma espira que consiste de um condutor de ida e de retorno, realizado por uma linha especial instalada próxima aos trilhos ou realizada pelos próprios trilhos.

A detecção de obstáculos é feita preferencialmente pela indicação de "trecho de via ocupado", por meio de curto-circuito causado pelos eixos, quando o trem pisa o circuito de via, respectivo. Este sistema oferece, pela correta determinação do fim do trem, o índice máximo de segurança operacional.

Abaixo descreve-se um sistema de espiras curtas com linha de informação em separado e algumas variantes de um sistema de espiras curtas com formação dos trechos de informação por meio de circuitos de via. Sempre que o volume de informações da via exceda a capacidade de transmissão do portador físico, utilizam-se adicionalmente antenas puntiformes ou uma disposição de espiras longas com condutor.

23.3.2.1. O sistema de espira curta

Este sistema de espira curta com condutor em separado, baseia-se no seguinte princípio básico: O trecho é subdividido em setores de informação, para cujos diversos setores são formadas espiras, que estão ligadas através de cabos do respectivo equipamento de trecho. Cada espira atua como antena transmissora de um sistema de transmissão indutiva, o qual transmite informações do trecho para o trem.

As informações previstas para os diversos trechos são transmitidas em forma de uma sequência de impulsos à prova de erros, através de impulsos codificados de corrente alternada, por meio de um portador de alta frequência, cujo suporte físico é um condutor linear.

Mostrou-se eficiente a reunião das espiras em um equipamento de trecho, o qual cobre a distância da saída de uma estação até a saída da estação subsequente. No equipamento de trecho as informações de segurança e operacionais são traduzidas em valores de velocidade limite e enviadas aos setores de informação. As velocidades máximas determinadas para os trechos são programadas

antecipadamente, de maneira fixa, nos equipamentos. Os pontos de perigo, que por questões de segurança não podem ser ultrapassados, encontram-se antes de um trecho de bloqueio ocupado ou antes de um itinerário não travado. A decisão de uma permissão para prosseguir viagem ou de uma ordem de parada, resulta da situação das respectivas instalações locais de aviso de via livre, dos itinerários das instalações de bloqueio ou de cabines.

O funcionamento em conjunto dos equipamentos de trecho com os equipamentos dos trens pode ser explicado com maior clareza com base na representação esquemática (Fig. 23.7). Na parte inferior encontra-se a representação esquemática da composição de um equipamento de trecho.

Este equipamento alimenta as espiras de via "L até N" e processa as seguintes informações:

Informações de segurança:
Trecho de via livre/ocupado
Itinerário fixado/não fixado
Sinal de perigo desligado/ligado (este poderá ser dado na área do pátio para a frenagem de emergência do trem).

Informações operacionais:
Ponto de frenagem colimada, aproximadamente na metade da plataforma (trens curtos), no fim da plataforma (trens completos) e no início da plataforma (trens vazios);
Ordem de partida.

Em um conversor, a partir destas indicações, originam-se as informações para os trens que a seguir são transmitidas através das espiras selecionadas.

A conexão contínua das espiras efetua-se através de um distribuidor eletrônico, o qual estabelece a conexão para a espira desejada durante a duração de uma informação.

Os valores de velocidade fornecidos ao trem através das espiras, são encaminhados já no aparelho do trem, a um circuito de regulação. Este circuito de regulação forma, das diferenças entre a velocidade nominal e a velocidade real, uma grandeza de regulação e, desta, uma grandeza de operação para a seleção automática de determinados estágios de aceleração ou de frenagem.

A fim de se obter uma sequência densa de valores de verificação dentro de um gráfico de controle de frenagem, o sistema de espira curta prevê a seguinte divisão fina entre os valores de velocidade limite transmitidos:

1. A distância "a" referente ao comprimento de uma espira, é dividida por meio de um equipamento de medição de percurso instalado no trem, em duas metades. Em cada início de espira inicia-se a medição de percurso novamente com zero. O início da espira, o respectivo comprimento da espira, bem como o critério "diminuição da velocidade", são deduzidos das informações através do decodificador. Na primeira metade vale o valor da velocidade limite transmitida pelo equipamento da via. Alcançada, pelo trem, o meio da espira, essa velocidade é diminuída para um valor situado entre o valor transmitido nessa espira e na espira seguinte. Com esta maneira de formar o valor nominal, identificam-se a tempo frenagens insuficientes, também em relação às

frenagens colimadas, possibilitando um reajuste automático eficiente. (Fig. 23.8).

2. Em cada semi-espira introduzem-se outros valores nominais no comparador, por meio do equipamento medidor de percurso, em forma de gráfico escadiforme fino com uma amplitude entre degraus correspondendo a um percurso $\Delta d = 50$ cm. Esses valores são obtidos em um equipamento translador de distância/velocidade nominal, da seguinte maneira:

$$V_v'' = \sqrt{V_v^2 - 2 \Delta d \cdot b_s}$$

Os transmissores situados sobre os eixos dos rodízios e a respectiva parte eletrônica devem ser construídos de tal maneira, que em caso de avaria não simulem a parada do trem.

Os comandos automáticos dirigidos à instalação de controle do trem para acelerar, correr em marcha normal ou frear, são derivados do valor e do sinal da diferença entre a velocidade nominal e a velocidade real. Pequenas diferenças têm como consequência, aplicações de força de aceleração ou de frenagem; grandes diferenças motivam a aplicação de valores máximos.

A segurança da marcha é feita independentemente do circuito de regulação do controle automático do trem (Fig. 23.7).

A segurança é dada em cada ponto da marcha de um trem. Nos setores de informações do trecho livre, controla-se a manutenção da velocidade limite permitida em cada trecho.

Em caso da ultrapassagem da velocidade limite, verifica-se também naqueles trechos a aplicação da frenagem de emergência.

O controle automático da marcha de um trem é ligado pelo maquinista mediante um botão especial. Desta maneira o maquinista tem a possibilidade de adaptar o tempo de parada na estação, de acordo com a quantidade de passageiros.

Para o controle manual do trem segundo os cab-sinais, tem-se a indicação das velocidades nominal e efetiva na cabine, de modo a possibilitar uma fácil comparação dos valores. O valor da velocidade nominal encontra-se abaixo da velocidade limite por uma pequena faixa de tolerância ΔV .

A fim de executar as tarefas do ATC e ATO, é conveniente a transmissão pelas diversas espiras da via, do seguinte programa de informações para a unidade condutora de um trem:

1. A velocidade limite (V_{lim}). O número dos degraus está relacionado com a velocidade máxima e o comprimento da espira. Para um metrô prevêem-se normalmente, considerando a distância de proteção permissível, a necessária precisão da frenagem colimada e o número desejado de programas de marcha para a operação econômica, de 6 até 12 degraus.
2. A velocidade colimada (V_{col}) no mesmo número de degraus que a velocidade limite.
3. Informações andar/frear. Estas informações servem para uma caracterização mais precisa do ponto, no qual deve ser aplicada uma

frenagem, a fim de que se alcance o ponto colimado, com a menor diferença possível do gráfico de frenagem nominal. Levando em conta o percurso de reação, em caso de velocidade máxima, resultam três pares de informações.

Andar/início da frenagem colimada na primeira ou segunda metade desta ou na primeira metade da próxima espira. A percepção antecipada de três semi-espiras permite preparar o controle do trem com bastante antecedência para o início ou fim de uma frenagem, de maneira a se obter passagens sem solavancos entre as diversas acelerações.

4. O reconhecimento do ponto colimado. Em caso de paradas de trens curtos, aproximadamente no meio de uma plataforma, torna-se necessário um deslocamento do gráfico nominal de frenagem. Assim o ponto da aplicação do freio encontra-se antecipado em sentido contrário ao sentido da marcha.

Uma vez que os valores da velocidade limite são estabelecidos em função de um ponto de perigo junto ao fim da plataforma, torna-se possível a formação do gráfico nominal de frenagem a partir do ponto de aplicação dos freios (dependente colimado) e a partir da velocidade colimada. Este gráfico nominal de frenagem poderá assim se iniciar, eventualmente, em um trecho no qual não esteja sendo ainda transmitido o valor de velocidade limite reduzida. Uma vez não se tratando de informações de segurança, poder-se-á verificar a seleção das etapas da velocidade nominal, por trecho, no próprio trem.

O deslocamento maior no sentido contrário ao da marcha do trem, do ponto de aplicação dos freios é válido para trens vazios, que devem parar exatamente antes do início da estação, a fim de que os passageiros não tomem aquela composição por engano. A característica do ponto colimado é transmitida como característica de distância. Esta característica fornece o número de semi-espiras, que se encontram entre o primeiro e o segundo, eventualmente necessário, ponto de aplicação dos freios (Fig. 23.8).

Assim que o comprimento de um trem e o critério "trem vazio" for do conhecimento dos equipamentos de campo, é necessário apenas transmitir a característica do ponto colimado válida para o respectivo trem. Caso contrário, devem ser transmitidas todas as características do ponto colimado. A seguir o equipamento do trem escolhe automaticamente a característica correta do ponto colimado. Para tanto o equipamento do trem se utiliza dos critérios anteriormente ajustados e memorizados "trem vazio/trem curto/trem completo".

5. O comprimento das espiras. Visando-se pontos de parada o mais possível exatos quanto à centralização do trem em relação à plataforma para trens completos e trens curtos, resulta como trecho de informação mais conveniente o comprimento de uma unidade dupla. A fim de manter reduzida a necessidade de instalações de alimentação para as espiras, pode-se reunir dois trechos de informação em uma espira. Os valores de velocidade válidos para a segunda metade são, como descrito acima, formados no trem. Se estes valores forem suficientes para atender às condições de segurança, poderão

contribuir para o encurtamento da distância de proteção. Em percursos de frenagem em trechos com declive, deve-se levar em consideração a influência da inércia sobre o retardamento efetivo do trem. Se os valores dos estágios da velocidade limite (os degraus da curva), não devem ser alterados como função de determinados ângulos de declividade, então é necessário aumentar o comprimento das espiras, mantendo-se os estágios de velocidade, de acordo com os três níveis de declividade a serem sugeridos para São Paulo.

Ao longo de um percurso de frenagem é necessário que o equipamento do trem conheça o comprimento da espira, a fim de que se possa formar um gráfico nominal contínuo através da medição do percurso dentro de uma espira. A faixa do retardamento efetivo do trem na aplicação de toda a força de frenagem é deduzido igualmente a partir do comprimento da espira, pelo equipamento do trem.

6. A identificação da área. Cada mudança de espira dentro de um gráfico de frenagem é utilizada como ponto de sincronização para o medidor de percurso. Nestes pontos inicia-se cada vez um novo trecho de medição. O reconhecimento da mudança de espira é feito por intermédio de duas informações, que são transmitidas alternadamente em espiras subsequentes.

7. Informações corrente motriz/frenagem ligada/desligada. Naqueles setores das chaves e para mudança de vias onde não se tem a possibilidade de uma conexão contínua com o trem, pode-se evitar a formação de centelhas procedendo-se a um desligamento em tempo hábil no trem.

8. A pré-determinação da aceleração. Mesmo em declives não deve ser ultrapassada uma aceleração máxima de $1,4 \text{ m/s}^2$ na partida. O declive das vias nas áreas das estações é no máximo de 3,5% de modo que não podem ser alcançados valores não permissíveis. Fora das estações já se tem uma redução considerável da aceleração de partida em função da velocidade, devido a característica do motor. Em caso excepcional a partida em declives, no trecho entre duas estações, pode ser efetuada manualmente. Se esta partida tiver que ser feita automaticamente, haverá necessidade de três pré-determinações da aceleração nos trens, uma para cada grau de declividade.

9. Reserva de informações. O programa de transmissão prevê um mínimo de 43 informações de segurança e de controle. O volume de informações do sistema de transmissão deverá prever, além da reserva de informações para a detecção de erros e segurança da transmissão, ainda uma reserva de informações adicional.

O número necessário de informações que deve ser transmitido ao trem através do sistema de espiras pressupõe um sistema de transmissão eficaz e seguro. Estas condições são amplamente atendidas pelo sistema de transmissão com multiplexação no tempo largamente experimentado na técnica de telegrafia. De todas as informações que devem ser introduzidas em uma espira forma-se uma mensagem ou trem de pulsos, o qual é formado de pulsos de mesmo comprimento. Em cada pulso ou passo

transmite-se uma das duas frequências possíveis, f_1 ou f_2 . Assim, cada passo permite 2 subinformações, 2 passos 4 subinformações e assim por diante. Se uma informação contiver mais de duas subinformações, então ela ocupará dois ou mais passos. Para sincronizar os equipamentos de transmissão e os de recepção, necessita-se de um pulso de partida na frequência f_1 , o qual define o início de uma mensagem. Durante o intervalo entre duas mensagens transmite-se para controlar as linhas de transmissão, a frequência f_2 . Por meio dos pulsos de frequência f_1 , entre as informações, assegura-se a diferenciação das informações com a frequência f_2 em todos os passos do intervalo. Para a segurança da transmissão os pulsos de prova serão obtidos da própria mensagem e anexadas ao fim da mesma. Estes pulsos de prova são comparados com os pulsos de prova formados no receptor, segundo a mesma lei. Somente após esta comparação ter mostrado a identidade de mensagem, as informações memorizadas no trem são transmitidas aos respectivos grupos de função. Com isto consegue-se evitar que a troca simultânea da frequência em quatro pulsos dentro de uma mensagem não seja reconhecida. Uma vez que para cada pulso da mensagem existe além da dependência de frequência também uma dependência de tempo (comprimento do pulso), torna-se bastante improvável o surgimento de quatro pulsos estranhos, que se identifiquem quanto à frequência e quanto ao tempo exatamente com o texto da mensagem. Considerando ainda que a mensagem correta e posterior para o trem, segue a primeira já recebida pelo trem com cerca de 200 ms, de diferença, tem-se, uma segurança praticamente absoluta.

A velocidade limite e a velocidade colimada possuem tarefas diferentes neste sistema. Através do respeito à velocidade limite obtém-se a segurança da circulação dos trens. A operação econômica, significa todavia, que as velocidades máximas condicionadas ao trecho não devem ser utilizadas. Os valores de velocidade determinados nos diversos programas para uma operação econômica, (a fase de aceleração na partida deve findar, uma vez alcançados estes valores) são transmitidos ao trem em forma de uma velocidade colimada, nos trechos que se encontram entre o ponto de partida e o primeiro ponto de aplicação dos freios.

Nos equipamentos de via estes valores de velocidade colimada podem ser fixados como função da partida antecipada ou atrasada de um trem.

23.3.2.2. Os sistemas de transmissão de informações através dos trilhos

— Sistema com código em áudio-frequência

O sistema aqui descrito baseia-se no seguinte princípio:

Os circuitos de via previstos em um sistema deste tipo para a localização dos trens, têm construção e comprimento de tal maneira que se possa efetuar, nos trechos formados pelos circuitos de via, uma transmissão de informações através dos trilhos para um determinado trem. No sistema ATC aqui tratado, com transmissão através dos trilhos, transmitem-se apenas as informações

para a segurança dos trens, servindo os trilhos como suporte físico. O sistema de segurança de trens é construído como sistema de bloqueio curto com várias determinações de velocidade. Como o estudo do tempo de sequência dos trens anteriormente feito mostrou, a utilização de alguns poucos valores de velocidade é suficiente, se neste caso for possível mediante providências adequadas, manter curtos os trechos de proteção antes de pontos de perigo. Pontos de perigo quanto à segurança dos trens são, neste caso, considerados os conjuntos de aparelhos de mudança de via, os inícios e fins de estações e os trechos com velocidade reduzida. Os circuitos de via que antecedem estes pontos, são dimensionados de tal maneira que uma velocidade limite reduzida de trecho para trecho assegura a perfeita manutenção do distanciamento entre os trens. Com exceção dos trechos das estações, o comprimento dos trechos nos setores de frenagem são determinados da seguinte maneira:

O percurso com velocidade constante é calculado a partir da velocidade limite controlada do trecho precedente e do tempo necessário da transmissão do sinal. O trecho de frenagem imediatamente seguinte considera a frenagem normal, para uma velocidade nominal. Da soma do trecho de frenagem mais o trecho de marcha normal resulta o comprimento mínimo do respectivo trecho. Uma vez que movimentos contrários em ambas as vias do trecho devem ser possíveis com a devida segurança, torna-se necessária uma respectiva subdivisão do trecho antes dos pontos de perigo nas duas direções. A parte do trecho, em estações afastadas, que se encontra entre os dois trechos de frenagem contrapostos, não é subdividido, a não ser que uma subdivisão adicional do trecho de bloqueio seja necessária em consequência da operação com noventa segundos.

O esquema funcional de um sistema ATC deste tipo com transmissão através dos trilhos, é representado na figura 23.9. As informações de segurança para um determinado setor, a serem transmitidas ao trem, são obtidas da situação instantânea das instalações de aviso de via livre e de itinerário da locação de campo. A locação de campo também considera todas as limitações de velocidade impostas pelo traçado da via. As velocidades limite permissíveis nos diversos trechos, são fixadas em um translador nos estágios requeridos pela instalação. Através de um codificador gera-se nos osciladores conectados a ele um par de frequências correspondente à característica de velocidade. Ao todo dispõe-se de cinco frequências na faixa de áudio inferior. Aproveitando-se todas as combinações cujo número é de $(5/2)$ resulta um código equivalente para dez informações diferentes. Através de uma instalação de transmissão e uma comutação de direção este par de frequência é introduzido nos dois trilhos em forma de uma informação contínua, no fim do trecho determinado pela direção do movimento. A corrente passa pelos trilhos e o circuito se fecha através do primeiro eixo do trem. As bobinas receptoras instaladas na frente do trem são ligadas por um comutador em função do sentido de movimento e recebem, indutivamente a informação do trecho, conduzindo a seguir esta informação ao equipamento de interpretação, o qual analisa a

superposição de frequências. O decodificador determina o valor da velocidade e controla a informação recebida da via, verificando se esta informação consiste de apenas duas das cinco frequências possíveis. Informações falsas são excluídas do processamento e provocam uma indicação de avaria. A velocidade limite transmitida é constantemente confrontada com a velocidade efetiva medida no trem em um controlador de velocidade. Um sensor de marcha acoplado à roda transmite um impulso a cada seis graus de giro da roda. Do intervalo de tempo entre estes impulsos e do espaço percorrido, determina-se a velocidade média efetiva verificada neste percurso de aproximadamente 50 cm. Se num trecho a velocidade efetiva ultrapassa a velocidade limite ou se o condutor ao entrar em um trecho com velocidade limite reduzida não aplica em tempo a frenagem, destrava-se automaticamente a frenagem de emergência. O controle do freio providencia também uma frenagem de emergência quando a frenagem efetuada não for suficiente ou quando a operação de frenagem for interrompida antes de ser alcançado o valor da velocidade limite. Em trechos antes de pontos de perigo com parada absoluta, transmite-se uma velocidade limite diferente de zero, que possibilita o movimento até o fim do trecho também com uma velocidade inferior à velocidade máxima de entrada. O fim do trecho é antecipado em relação ao ponto de perigo de tal maneira que o trem possa parar ainda antes do ponto de perigo, mesmo quando a frenagem de emergência tenha sido acionada no limite extremo do trecho.

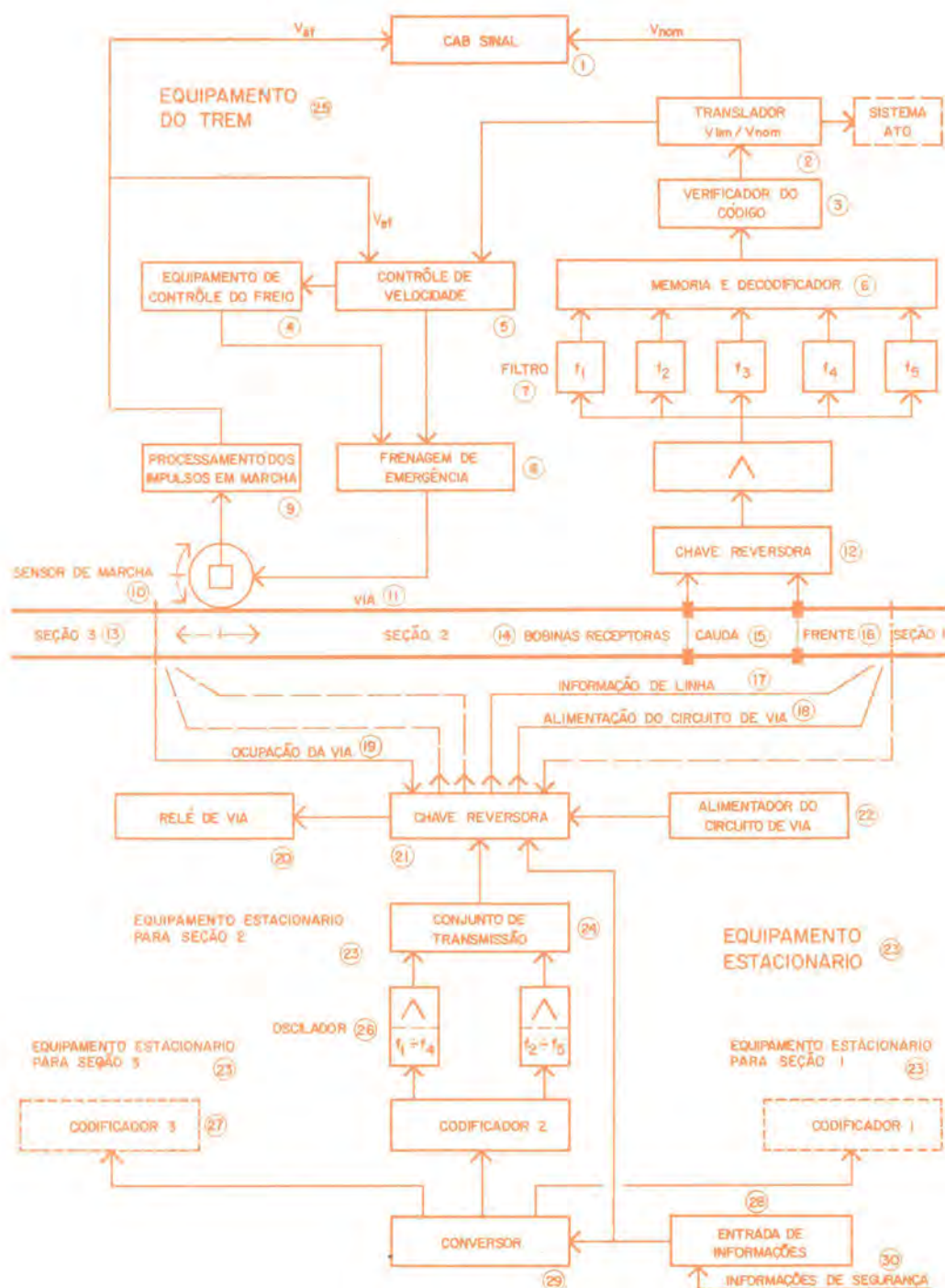
Os problemas da segurança do trem são solucionados neste sistema de sinalização pela via com um mínimo de linhas de transmissão e de equipamentos nos trens.

Para a complementação de um sistema combinado ATC-ATO oferece-se um sistema ATO com antenas de trecho, o qual por sua vez também necessita apenas de um mínimo de antenas neste caso junto às vias. Este sistema resolve sem auxílio de instalações centrais o problema de marcha econômica. As instalações de automatização motivam de um lado um controle automático dos motores de tração, bem como dos freios para uma frenagem precisa num espaço ótimo de tempo e por outro lado garantem a observância pontual do horário com um consumo mínimo de energia.

Essencialmente estas instalações executam as seguintes funções: conexão dos motores de tração com o recebimento da ordem de partida, desligamento da parte motriz do trem uma vez atingida a velocidade máxima ou econômica de acordo com as características do traçado e no início do processo de frenagem; religação em trechos longos entre estações e trechos de velocidade reduzida e ainda regulagem dos freios para a frenagem colimada em estações, e no início de trechos com velocidade reduzida.

As informações para a indicação dos sinais na cabine do maquinista são transmitidas em forma de valores de velocidade limite do sistema ATC, resultantes da manutenção do distanciamento e condicionadas ao trecho.

O sistema ATO necessita das seguintes linhas de transmissão: como ponto de início da frenagem e como ponto de correção uma antena



23.9

de via próxima aos trilhos de cada via e para cada uma delas.

A antena poderá ser utilizada também para a transmissão de valores para deceleração por frenagem. Outrossim o sistema necessita na área da estação, uma espira curta, que possibilite a transmissão da ordem de partida a um trem que se encontra num local qualquer da estação. Estas informações operacionais, provenientes do equipamento do trecho, são processadas automaticamente no trem.

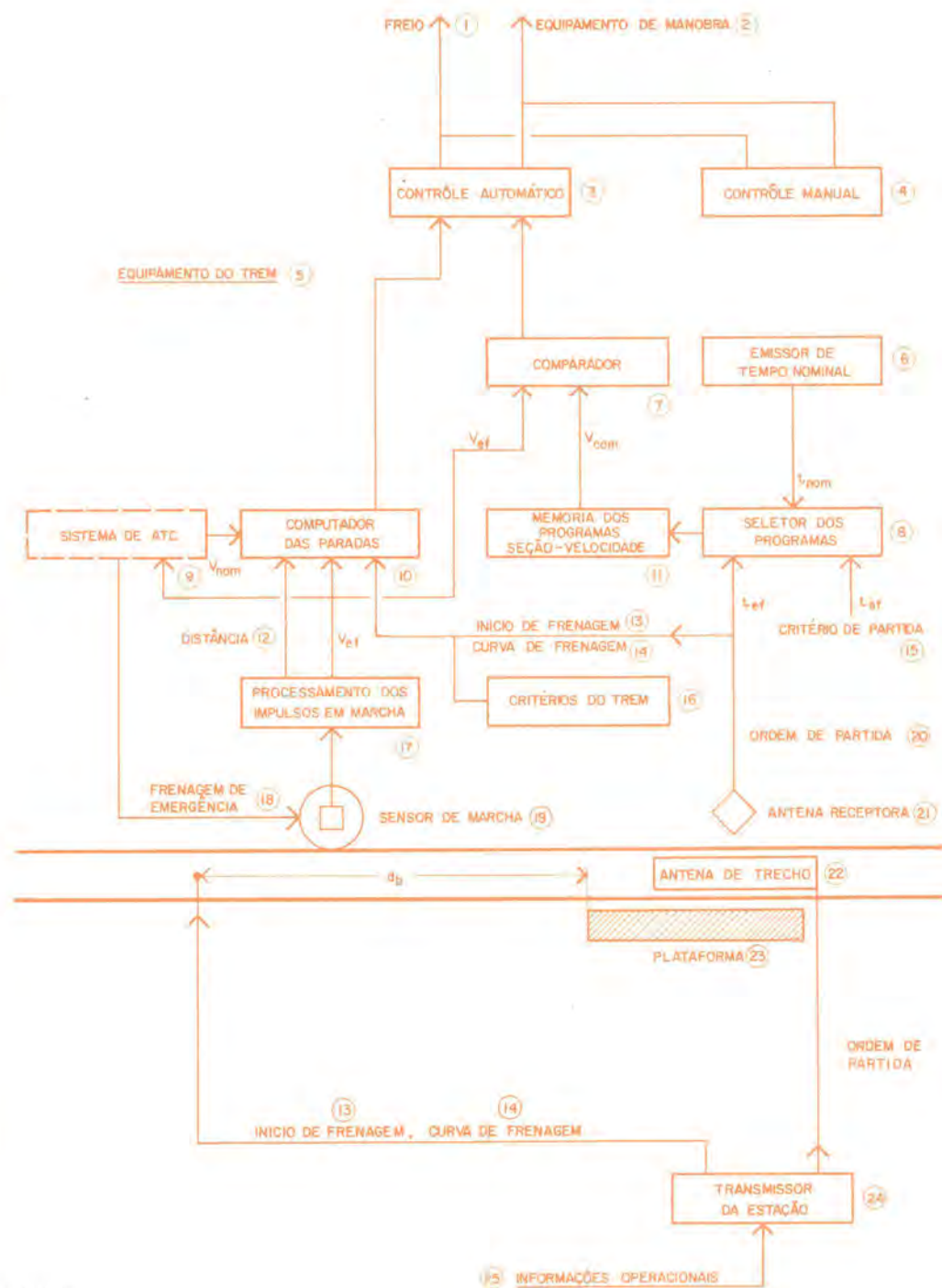
O trem possui para esta finalidade, para cada unidade dupla, uma unidade automática de partida e de frenagem colimada.

O esquema funcional de um sistema ATO deste tipo com antenas de trecho é representado na figura 23.10. A frenagem colimada é feita como regulagem de velocidade dependente do trecho. A partir do ponto de aplicação dos freios o sensor de marcha determina o espaço percorrido pelo trem em direção a um ponto colimado. Este sensor fornece ainda, através de um processamento dos impulsos em marcha, a velocidade efetiva instantânea com bastante sensibilidade. Em função da distância percorrida, determina-se na instalação automática da frenagem colimada, a velocidade nominal considerando, todavia, um gráfico de frenagem escolhido no ponto de aplicação dos freios. O gráfico da velocidade nominal termina no ponto colimado, o qual o trem deverá atingir de acordo com a sua capacidade de frenagem. Diversos pontos colimados como início de plataforma, meio de plataforma e fim de plataforma podem ser visados através dos respectivos gráficos de frenagem.

A escolha dos gráficos de frenagem que conduzem aos pontos colimados: início de plataforma, meio de plataforma e fim de plataforma pode ser feita nos trens com base nos critérios trem vazio, trem curto, trem completo. Eventuais declives no trecho dentro de um percurso de frenagem são levados em consideração pelo posicionamento correspondente das antenas do trecho. Neste caso, todavia, instalar-se-á uma segunda antena de trecho no fim do declive.

Na instalação automática da frenagem colimada compara-se a velocidade nominal e a velocidade efetiva e, do resultado, forma-se uma grandeza de regulagem de valor positivo ou negativo. Se a velocidade do trem alcança ou ultrapassa a velocidade nominal, o controle automático emite uma grandeza de ajuste como ordem de frenagem, visando-se, conforme a diferença em relação ao valor nominal, diversos estágios de frenagem. Da perfeita adaptação dos gráficos nominais de frenagem às condições do trem, obtém-se uma boa precisão na frenagem colimada.

Além disso pode-se manter em estreitos limites o jogo alternado entre os diversos estágios de frenagem, que significa, por sua vez, uma atuação homogênea e sem solavancos da operação de frenagem. Com gráficos nominais de frenagem o mais possível parabólicos, possibilita-se um retardamento quase constante do trem. Ao contrário, em correspondência ao gráfico de frenagem interrompido, em caso de uma velocidade baixa, verifica-se a frenagem no menor tempo possível e com grande retardamento através do percurso total de frenagem.



23.10

Todavia, é necessário observar que os valores de velocidade limite fornecidos pelo sistema ATC prevalecem. Se, por exemplo, a entrada em uma estação não for possível devido ao estacionamento de um trem, então a velocidade máxima permitida é solicitada pelo controle automático de frenagem como informação de segurança de trem. Daí resulta uma frenagem em estágios correspondentes à subdivisão do trecho e uma velocidade reduzida da aplicação dos freios de acordo com a frenagem colimada. A frenagem colimada é providenciada sempre naquele ponto onde a velocidade efetiva alcança a velocidade nominal, de modo a evitar frenagens antecipadas desnecessárias.

As instalações para uma operação econômica têm a função de ajustar os movimentos de tal maneira, que o tempo de marcha seja fixado segundo horários e, conseqüentemente, a velocidade de marcha prescrita seja exatamente mantida, devendo os movimentos ser executados com consumo mínimo de energia. A base deste princípio consiste em relacionar a medição do tempo com o tempo de chegada nas estações, a fim de se poder com mínimo consumo de energia, compensar eventuais diferenças nos tempos de parada com uma alteração correspondente no tempo de marcha até a estação seguinte e, com chegada pontual à mesma. A economia de energia se obtém, utilizando-se eventuais sobras de tempo, não utilizadas na troca de passageiros, durante o tempo de parada, partindo-se, neste caso, mais cedo, acelerando-se a seguir até a velocidade máxima, conseqüentemente mais

Fig. 23.9
Sistema ATC (transmissão pelos trilhos)

Fig. 23.10
Sistema ATO (transmissão lateral)

baixa, e efetuando-se um percurso de frenagem conseqüentemente menor. O programa nominal de marcha prevê uma retenção de tempo de 8%. Conseguindo-se uma economia de tempo de cerca de 5 segundos no tempo de parada, pode-se aumentar este valor da retenção de tempo para em média 15%, com o que se verifica já uma economia de aproximadamente um terço na energia elétrica necessária para marcha mais rápida possível. Neste caso necessita-se apenas de toda a energia quando, devido a atrasos, deve-se operar em velocidades limites. Além disso, pode-se diminuir pelas instalações que possibilitam uma operação mais econômica, o desgaste na instalação motriz, freios e via permanente. O calor de frenagem despendido reduz-se na mesma proporção que a economia de energia.

A figura 23.10 fornece uma visualização do esquema funcional da chamada unidade automática de marcha concentrada no trem, a qual está em condições de comandar, automaticamente, a marcha do trem de acordo com o respectivo programa de marcha, com exceção da frenagem colimada.

Esta instalação dispõe de emissor de tempo nominal que fornece ao trem nas diversas estações os tempos de partida exatos previstos segundo o horário para cada trecho a ser por ele percorrido. Estes marcos de tempo t_{nom} se referem ao instante de tempo de partida da estação de origem, na qual o emissor de tempo nominal foi colocado automaticamente para a sua posição zero ao se chegar de uma direção contrária ou de um depósito.

Assim sendo, estes marcos de tempo têm sua validade independentemente da hora real e do espaço de tempo determinado no horário, para cada movimento, entre os pontos extremos desta linha. O mesmo se diga para aqueles trens que devem ser retirados, antes de atingirem o fim da linha. A hora exata da partida efetiva é marcada por um outro marco de tempo t_{ef} através de um critério de partida originado da ordem de partida transmitida pelo trecho, ou pelo acionamento do botão de partida pelo maquinista. Um seletor de programas compara a diferença de tempo entre t_{ef} e t_{nom} quanto aos seus valores positivos ou negativos e seleciona o melhor programa de marcha para este caso.

Para uma variação dos tempos de marcha em estágios medidos em segundos, necessita-se, entre as diversas estações, aproximadamente de 10 até 15 diferentes programas de marcha. Com isto tem-se a possibilidade de variar automaticamente a retenção de tempo aproximadamente de 0 a 15%. Os 10 a 15 respectivos estágios da velocidade máxima V_{rm} em relação ao consumo de energia, nos quais os motores de tração devem ser desligados, diferenciam-se apenas por alguns poucos quilômetros por hora (Fig. 23.13).

Os valores destes estágios variam por sua vez com o comprimento dos trechos entre duas estações, isto é, variam com a distância entre estações. A memória dos programas na parte referente à velocidade contém todos os valores de velocidade de desligamento V_{rm} necessários para cada distância entre estações e os fornece em correspondência com cada trecho ao comparador, o qual por sua vez controla o controle automático dos motores.

Desta maneira podem se recuperar atrasos dentro do tempo mínimo possível de marcha entre duas estações. Isto não exclui todavia a possibilidade de uma recuperação maior de atrasos, além da reserva de tempo dada pela retenção nominal de tempo, pela abreviação do tempo de parada. O seletor dos programas seleciona, também para este caso do tempo de parada abreviado, o programa para o tempo de marcha mais curto possível, através da diferença de tempo. Isto é feito automaticamente. O primeiro trem atrasado poderá assim, de acordo com a distância entre estações e abreviação do tempo de parada, recuperar de estação para estação aproximadamente 10 a 20 segundos de seu atraso.

Os trens subsequentes poderão fazer esta recuperação, em marcha normal, somente dentro do tempo mínimo de sequência dos trens do sistema ATC.

Sistemas utilizando a manipulação de troca de frequências.

Um outro sistema idênticamente combinado ATC/ATO utiliza igualmente circuitos de via para a localização dos trens. Neste sistema a localização é feita com a troca entre três frequências de aviso de via livre de trecho em trecho. Além disso, transmitem-se nestes trechos as ordens de velocidade através de manipulação codificada de frequências através dos trilhos aos trens. Neste caso não se faz diferença entre velocidade limite e velocidade colimada; as ordens de velocidade servem neste caso tanto para a segurança dos trens como para o controle dos mesmos. O número total de indicações de velocidade à disposição depende essencialmente do comprimento desejado dos diversos trechos. Para a frenagem colimada utiliza-se um sistema adicional com uma antena de espira longa, do comprimento do trecho total de frenagem. A disposição da espira longa requer em espaços regulares a transposição. Esta espira é alimentada pelo transmissor da estação com uma informação contínua. Através do sistema de antenas do trem identificam-se os pontos de transposição. Desta identificação a instalação determina o caminho percorrido e a velocidade efetiva e fornece estes valores a um sistema automático de frenagem colimada, a qual por sua vez determina os comandos para uma frenagem colimada através de uma curva nominal previamente programada.

Sistema com frequência modulada individualmente

Um outro sistema combinado ATC/ATO utiliza igualmente circuitos de via para a localização dos trens e para a transmissão das ordens de velocidade. Para a localização utiliza-se, para cada trecho, uma das dez frequências na faixa média da frequência de áudio. As ordens de velocidade são formadas por duas frequências portadoras as quais são moduladas, combinadas ou individualmente, com uma das duas frequências de modulação. Desta maneira resultam no total sete ordens de velocidades, que são utilizadas para a segurança do trem e para o seu controle.

Quando um trem entra num trecho, estas ordens de velocidade são introduzidas na outra extremidade deste trecho.

Estas ordens são geradas em equipamentos na estação, selecionados através de contatos correspondentes dos relés de via que se encontram próximos aos circuitos de via e conectados até o ponto de alimentação. Na seleção considera-se a distância até o próximo ponto de perigo. Durante todo o percurso do trem efetua-se neste uma comparação entre a velocidade real e a velocidade nominal. Dos resultados desta comparação formam-se as ordens de comando para a força motriz e para os freios.

A frenagem colimada é feita através de um sistema especial de frenagem colimada automática do próprio trem.

A frenagem colimada é ativada através de um marco de trecho alimentado continuamente, produzindo a curva da velocidade nominal por intermédio do valor do retardamento da frenagem referente ao espaço percorrido. Dois sensores de marcha, que operam independentemente um do outro, determinam o espaço percorrido, bem como a velocidade real como valor analógico.

As ordens de controle para a frenagem colimada são determinadas através de um comparador.

23.4. Outras instalações

23.4.1. Setor de campo

Na composição de locações de campo é necessário considerar se as operações de controle devem ser efetuadas de modo centralizado ou descentralizado. Uma centralização recomenda-se apenas quando existe um completo sistema de sinalização de reserva de outro tipo. A tendência geral é, todavia, a utilização de um sistema de sinalização largamente descentralizado. Isto significa que as instalações das locações de campo contêm todos os equipamentos necessários para a determinação e segurança dos movimentos dos trens. Estas locações consistem da cabine e as respectivas instalações externas, os equipamentos do trecho para o controle automático dos trens, as instalações de comando à distância, os equipamentos dos números dos trens, os equipamentos da orientação dos trens e as instalações da chegada do trem. Com estes equipamentos a locação de campo tem a possibilidade de dirigir o serviço local sem interferência do posto central.

A cabine de comando e as respectivas instalações externas, em seus tipos de construção, é hoje em dia amplamente padronizada, de modo que se dispensa comparações. A cabine serve para formar itinerários travados providos de pontos de partida e de chegada bastante definidos. A ordem para o ajuste de um itinerário provém do equipamento automático do controle do trem, podendo ser dado também, em caso excepcional, pelo posto central. Além disso, cada cabine possui conforme o seu tamanho, uma mesa de comando ou simples painel de comando para a operação local em casos de emergência. A fim de evitar ordens contraditórias, têm estas instalações a propriedade de não permitir operação secundária, permitindo assim, em **operação normal**, apenas o estabelecimento automático das rotas.

A ordem de operação entra inicialmente no comprovador de permissão do itinerário, o qual comprova se os elementos pertencentes ao itinerário desejado estão à disposição. A conexão dos itinerários opera as chaves e providencia o seu travamento.

Após a operação da última chave, desde que as vias estejam livres, trava-se o itinerário e, em conjunto com a cabine vizinha, determina-se a direção do tráfego no trecho entre as duas estações. Com isto protege-se o movimento do trem contra movimentos de flancos e outros movimentos contrários.

O critério "itinerário ajustado e travado" é transmitido agora ao equipamento do trecho do controle automático do trem.

O cancelamento do itinerário verifica-se parcialmente a fim de permitir mais rapidamente a formação de outros itinerários. Nos casos em que os trens, obedecendo um programa sempre igual, utilizam sempre o mesmo itinerário, pode-se acumular o cancelamento do itinerário e torná-lo somente efetivo quando o trem subsequente requer um outro itinerário.

As instalações externas de uma cabine para um metrô com ATC ou ATO consistem essencialmente dos elementos que constituem os aparelhos de mudanças de vias e os trechos de avisos de via livre, para a localização dos trens. A máquina de chave consiste de um motor de corrente trifásica, o qual opera a chave em curtíssimo tempo e que comprova o encostamento das agulhas da chave com uma precisão de um a dois milímetros. As máquinas de chaves não precisam ser talonáveis, visto que somente são efetuadas manobra com itinerários travados. Os trechos de aviso de via livre, de acordo com a instalação de controle de trens a ser utilizada, é construída em forma de circuitos de via com corrente alternada ou em forma de circuitos de vida com áudio frequência.

Para casos especiais de emergência, deverão ser previstos dispositivos de emergência, que poderão ser acionados pelo público.

No trem então será acionado o freio de emergência.

Considerando as condições atuais da técnica convém escolher a cabine de comando em forma de uma instalação de relés. A fim de garantir uma alimentação contínua dos relés, mesmo em caso de falha da rede de alimentação, deve-se prever uma bateria.

A instalação da cabine local por conveniência, deve ser feita nos seguintes recintos:

- Sala de relés
- Sala de alimentação (em instalações pequenas junto com a sala de relés)
- Sala de baterias
- Sala de operação na qual se encontra a mesa de comando ou painel de comando.

23.4.2. A instalação de sinalização das vias do depósito

Tipo de construção

O sistema de sinalização do depósito deve ser construído com os mesmos elementos básicos como utilizados nas locações de campo.

Com isto simplifica-se consideravelmente o estoque de peças de reposição e a manutenção. Somente os circuitos de via devem, em face dos custos, ser construídos segundo a técnica convencional, com alimentação de corrente alternada e utilização de juntas isoladas. Este sistema é indicado para o depósito, pois nele se isolam principalmente as chaves que necessitam de juntas isoladas para a determinação exata dos limites dos respectivos trechos.

Isto elimina o único argumento a favor da utilização de circuitos de

vla com audio-freqüência. Além disso, tendo em vista as reduzidas velocidades de operação, a montagem de juntas isoladas não apresenta problemas. Os sinais serão do tipo anão que cabem perfeitamente no interior do gabarito dos trens. Com isto obtém-se uma redução da distância entre as vias e um aumento do comprimento útil das mesmas. Somente para as entradas e saídas do depósito serão previstos sinais altos a fim de possibilitar maior visibilidade.

Os sinais terão apenas dois aspectos: vermelho (luz constante) = parada de manobra; vermelho (pisca-pisca) = permissão para manobra. Dadas as reduzidas velocidades de manobra (30 km/h) não foram previstos sinais de aproximação.

Como a experiência tem demonstrado em outros depósitos, deve-se contar com manobras em sentido inverso sobre as chaves, causando a abertura forçada daquelas chaves que não se encontrem na posição condizente com a direção do movimento. As razões para isto são: que o sinal da via vizinha possa ser considerado acidentalmente com ordem de partida; que as manobras são efetuadas sem itinerário de manobra travado; ou, que em casos de avaria, não se tenha condições de travar o itinerário.

Por estes motivos recomenda-se a utilização de máquinas de chaves talonáveis.

Tôdas as instalações de sinalização do depósito devem ser comandadas a partir de uma mesa de comando central.

Um controle automático dos trens na área do depósito não deve ser utilizado, uma vez que os movimentos daquele setor não podem ser programados com precisão (por exemplo, as paradas, se dão em pontos quaisquer). Por outro lado seria o investimento demasiadamente grande para uma instalação deste tipo. Resultaria também nesta área um aumento considerável da possibilidade de acidentes com a utilização de uma operação automática.

Operações

O ajuste e cancelamento de itinerários de manobra devem ser efetuados com apenas uma operação. Isto também é válido para o ajuste de percursos longos de manobra, os quais se compõem de vários itinerários parciais. Por motivos de custos não se utilizará um teclado de dez teclas (para a seleção dos números) tendo em vista a multiplicidade dos itinerários de manobra.

Os itinerários operam de modo semi-automático, isto é, sem influência do trem. O cancelamento dos itinerários é automático, se o trem passa o itinerário travado de ponta a ponta. Se isto não for o caso, a parte restante do itinerário não utilizado deverá ser cancelada a partir da mesa de comando.

Indicações na mesa de comando

A mesa de comando deverá indicar por meio de sinais luminosos a ocupação das vias e a posição das chaves.

Para tanto é necessário isolar totalmente a rede de vias do depósito. A divisão dos trechos de via isolados deverá ser feita de tal maneira, que se possa aproveitar

totalmente a capacidade das vias e que o despachador tenha a indicação na mesa de comando, que corresponda a ocupação real.

Se, por exemplo, um desvio estiver ocupado por dois trens, então a mesa de comando deverá apresentar também duas ocupações.

As operações de manobra de um trem devem ser indicadas na mesa de comando.

A indicação da posição das chaves deve ser feita como é feito nas locações de campo e posto central do sistema. O aspecto dos sinais também deve ser indicado. A mesa de comando deverá também indicar avarias, por exemplo, a queima de um filamento de uma lâmpada de sinal.

Movimentos dentro do depósito, estando a instalação de sinalização avariada

Em caso de avaria no depósito, deverá ser possível operar tôdas as chaves individualmente a partir da mesa de comando.

De modo idêntico deverá cada chave possibilitar a sua operação manual. Se uma eventual avaria da instalação impossibilitar a operação dos sinais, deverá existir a possibilidade de comandar as manobras através de um sistema de alto-falantes.

O trecho de prova para as instalações ATO do trem

Antes que um trem entre no trecho do metrô, ele deverá passar por um trecho de teste para verificação do funcionamento das suas instalações ATO e a introdução do número do trem. Neste caso a chave seletora na cabine do maquinista deve-se-á encontrar na posição "automático". O trem é então acelerado por esta instalação automática e, logo após, freado em regime de emergência. Um trem proveniente do trecho e retornando ao depósito recebe, através da instalação ATO, uma ordem de manobra para movimentos manuais com uma velocidade máxima de 25 km/h fora do comando do ATO. A ordem de manobra permite movimentos para trás e para frente. Se a velocidade permitida de 25 km/h no depósito é ultrapassada, verifica-se uma frenagem de emergência.

A ordem de manobra é anulada quando o trem ultrapassa o supra mencionado trecho de prova.

23.4.3. Posto de comando ou central

Numa instalação construída descentralizadamente o posto central tem a tarefa de controlar toda a operação e, caso necessário, poderá interferir na operação como posto preferencial.

A instalação técnica para tanto consiste da instalação do comando a distância (CTC).

Para o controle central das operações existe um painel de controle onde são feitas tôdas as indicações necessárias à operação. Neste painel encontra-se uma representação esquemática, fiel à realidade, de toda a rede do metrô, inclusive das estações. Os diversos trechos são diferenciados um do outro por meio de cores diferentes. A fim de concentrar a atenção dos operadores para aquelas informações

que lhes são importantes no momento, existe a possibilidade de iluminar as áreas em questão com mais intensidade.

A iluminação mais intensiva de determinados trechos é feita automaticamente em caso de irregularidades.

O painel oferece uma supervisão de todo o tráfego de trens nos diversos trechos, sobre a localização e destino dos trens que se encontram em serviço e sobre os trens prontos para entrarem em serviço que se encontram nos desvios. O painel de controle indica ainda a ocupação das vias dos trechos e das estações, bem como os itinerários travados, sentido de marcha e os números dos trens. Ao painel de controle pertence também uma mesa de comando com uma unidade de comando com dez botões. Com esta unidade de comando torna-se possível controlar instalações locais necessárias para a operação dos trens em caso de avarias. As estações, bem como as pontos de partida e os pontos de chegada dos itinerários são providos de endereços, que podem ser visados por ocasião da transmissão de ordens de operação por meio do teclado de dez botões.

Um itinerário é operado da seguinte maneira:

- 1 — Seleção da área da estação; por exemplo 03.
 - 2 — Seleção do ponto de partida; por exemplo 52.
 - 3 — Seleção do ponto da chegada; por exemplo 44.
 - 4 — Acionamento de um botão para a operação da rota, podendo-se controlar a operação através de um sistema ótico de controle na mesa de comando.
- A instalação de comando à distância transmite a seguir o comando à locação de campo.

Toda a operação efetuada poderá ser verificada e controlada no painel de controle.

Na construção final da rede é conveniente subdividir o painel em três áreas de operação, correspondendo a cada uma, uma mesa de comando:

- 1 — Trecho azul: Santana/Jabaquara com ramal para Moema.
- 2 — Trecho vermelho: Vila Maria/Casa Verde e Vila Madalena/Ana Rosa.
- 3 — Trecho amarelo: Jôquei Clube/Via Anchieta com ramal para Vila Bertioga.

Para o serviço de "estabelecimento automático das rotas" acham-se igualmente instalados no posto central os equipamentos automáticos para a introdução dos números dos trens nos mesmos. Estes equipamentos são complementados por meio de teclados manuais nas mesas de comando, que são utilizados para a introdução ou anulação em casos especiais.

Outros equipamentos, que estão alojados nas mesas de comando, servem para a operação manual de chaves, para operações auxiliares de rotas, fornecimentos de ordens de permissão de tráfego (licenciamento) e operações de serviço análogas.

Para o registro das diversas operações pode-se prever um impressor para comprovações e um impressor para registro de avarias.

Com um impressor para comprovações controla-se a concordância entre os

horários nominais e efetivos e, caso necessário, se efetua as necessárias correções. Como valor nominal registra-se no impressor um gráfico horário exato, onde se anota, simultaneamente, o valor efetivo através de um indicador, em dependência dos avisos de ocupação dos trechos de aviso de via livre.

Com os impressores para registro de avarias pode-se registrar no posto central todos os avisos de avaria e as respectivas providências para a sua eliminação, inclusive com indicação de hora da ocorrência. Este impressor possibilita, inclusive, localizar avarias mais frequentes e pesquisar as suas origens.

Uma vez alcançada a etapa final da construção da rede e uma vez alcançado o tempo de sequência dos trens de aproximadamente 90 s, poder-se-á, de acordo com a experiência operacional adquirida, instalar um computador central. Esse computador tomaria a si o encargo do ajuste corretivo dos maiores desvios em relação ao horário nominal, desvios estes que então não podem mais ser corrigidos pelas possibilidades de correção do sistema ATO, com base na determinação dos tempos mais convenientes de parada nas estações. Considerando a situação nas estações seguintes, o mesmo transmite ao trem o horário de partida mais conveniente possível. Com tempos de sequência de trens maiores do que 90 s, a determinação dos tempos de parada necessários poderá ser feita, sem problemas, pelo maquinista através da comparação dos horários e com o consentimento do posto central. O trem então segue sem retenção de tempo até a próxima estação. Ficará a cargo também do computador a automatização da introdução ou retirada de trens para a variação da densidade de circulação dos trens.

Uma vez que para o controle automático dos trens necessitam-se apenas operações de memória e de traslado, torna-se a utilização de computador, para esta parte, de significado secundário.

Em São Francisco previu-se futuramente, operar e controlar a maior parte dos comandos de CTC através de um computador. Uma vez que ainda não se possui lastro de conhecimentos suficiente para um programa de controle desta natureza, é conveniente deixar a decisão se um sistema deste tipo deverá ser empregado em São Paulo, para uma ocasião oportuna.

Em condições normais de serviço o posto central, inclusive a instalação de telecomando para as instalações de alta tensão, poderá ser controlado por **um ou dois homens**. Em situações anormais de serviço e nas horas de máxima demanda de transporte (rush), três a quatro homens poderão operar as mesas de comando para a instalação de sinalização e o controle remoto de alta tensão.

O motivo mais freqüente de perturbações na sequência normal do serviço, é o atraso de um trem. Assim, por exemplo, uma forte demanda ou conduta errônea dos passageiros, poderá atrasar consideravelmente a saída de um trem. A instalação ATO procura, por ela mesma, controlar atrasos deste tipo, atuando imediatamente sobre o andamento do trem.

Em caso de atrasos maiores verifica-se um aviso no quadro de controle comunicando esta

irregularidade, cabendo ao despachador tomar as providências necessárias para reduzir as consequências deste atraso a um mínimo. Pelo aumento automático da iluminação do respectivo trecho do quadro de operação e controle obtém-se imediatamente uma indicação da posição do trem atrasado, bem como o seu número e o seu destino. O painel de controle oferece ainda todas as informações sobre toda a rede.

Com base nestas informações o despachador poderá decidir quais as providências necessárias, a fim de manter o tráfego segundo os horários estabelecidos.

Não havendo o perigo de que o trem atrasado, até alcançar o seu destino, possa perturbar outros trens, não deverão ser tomadas providências especiais; caso contrário, o despachador tem as seguintes possibilidades:

- 1 — Ele poderá excluir um ou mais trens do "estabelecimento automático das rotas", devendo então para estes trens ajustar os itinerários manualmente. Assim ele terá a possibilidade de alterar as rotas destes trens e, por exemplo, colocá-los em desvios para retirá-los do tráfego.
- 2 — Ele poderá utilizar trens de reserva que se encontram nos desvios, ajustando os itinerários para estes trens nas vias da estação.
- 3 — Ele poderá alterar os números dos trens que se encontram nas vias das estações, ou então introduzir novos números.

Desta maneira ele tem a possibilidade de utilizar um trem de reserva no lugar de um trem atrasado, trafegando assim o primeiro normalmente no lugar do segundo. O trem atrasado, ele poderá retirar do tráfego ou então lhe fornecer um novo número, por exemplo o número do trem que o seguirá na mesma linha.

4 — O despachador tem a possibilidade, nas vias da estação, de dar aos trens números especiais, que não têm nenhuma ligação com o horário. Um destes números não contém, por exemplo, qualquer informação sobre o seu movimento e requer em todos os desvios a intervenção manual do despachante. Se, por exemplo, nas áreas de comando local, devido à ruptura de um trilho, se puder efetuar apenas um tráfego de emergência, então as mesmas providências acima descritas poderão ser efetuadas pela mesa de comando da respectiva locação de campo.

Desta maneira o despachador do posto central será aliviado desta tarefa permanente, podendo dedicar a sua atenção ao tráfego nas outras partes da rede.

23.4.4. Sistema de telecomando — CTC

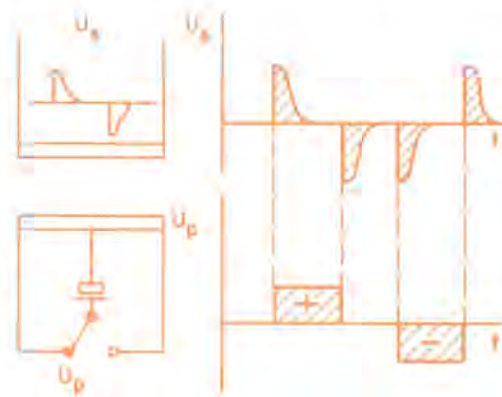
Para a transmissão dos comandos e indicações do posto central para as locações de campo, deverá existir um equipamento de telecomando. Partindo da premissa que a instalação global será descentralizada, deve-se, na direção dos comandos, imitar apenas os processos de operação da instalação local e, na direção das indicações, indicar corretamente no posto central as operações executadas. São feitas as seguintes solicitações ao equipamento de telecomando:

1. grande volume de informações no equipamento de comando e

indicações, para a transmissão de valores de medição analógicos e digitais

2. tempos de transmissão breves, especialmente para as indicações
3. impossibilidade de transmissões errôneas
4. canais de transmissão separados para os comandos e indicações
5. suporte físico para transmissão composto por um simples cabo de telecomunicação, não pupinizado, com distâncias entre cabos de acordo com as normas CCIT
6. construção com componentes eletrônicos que dispensam a manutenção. Entrada e saída por meio de relés a fim de se ter a separação nítida entre a parte eletrônica e o resto da instalação
7. possibilidade de ampliação do sistema, por adoção de equipamentos modulares
8. possibilidades múltiplas de aplicação, por exemplo para instalação de alta-tensão, instalações de sinalização, e outras instalações. Estas solicitações são atualmente atendidas por dois tipos conhecidos de instalações.

O primeiro sistema, que opera segundo o sistema de impulsos codificados, utiliza impulsos indutivos de polaridade variável, para a seleção da estação e todas as transmissões. Os impulsos indutivos são gerados em um transformador de choque a partir de impulsos em corrente contínua. No ligamento e desligamento do enrolamento primário, forma-se no secundário, cada vez um impulso indutivo, sempre de polaridade contrária ao antecedente. Por esta razão, os impulsos sofrem uma sensível limitação quanto à duração.



Conforme o vulto do programa de informações, utilizam-se, para a codificação de uma indicação, 4 ou 5 impulsos de corrente contínua de polaridade alternada.

Como instalação de recepção para os impulsos indutivos, utiliza-se um relé polarizado. A segurança da transmissão é obtida pelo fato de que todo comando de indicação é verificado com uma chamada de retorno, que tem o mesmo código.

Este sistema se caracteriza pelo fato de que após a transmissão de um comando, ou indicação, não existe mais nenhuma conexão com os elementos de aviso. Somente após a modificação de uma condição existente para uma outra condição, por exemplo, sinal "PARE" para sinal "SIGA", verifica-se uma nova indicação (transmissão espontânea). As desvantagens deste sistema residem no fato que devido à chamada de retorno e ao sistema de transmissão, resultam tempos de transmissão relativamente altos.

Além disso, pode suceder que indicações importantes sejam transmitidas com atraso, visto que em determinadas condições o equipamento de transmissão se encontra ocupado com a transmissão de indicações pouco importantes — de condições que se alternam muitas

vêzes — dificultando assim a transmissão de uma outra indicação.

Considerando o vulto do programa de informações, nota-se de imediato, a importância de um curto intervalo de tempo para transmissão. Só para transmissão de informação da situação das máquinas de chave, em um metrô da ordem de grandeza do de São Paulo, necessita-se de aproximadamente 1.000 indicações. Para cada chave existem 8 indicações, a saber:

1. chave em posição normal,
2. chave em posição reversa,
3. chave desocupada,
4. chave ocupada
5. chave travada,
6. chave não travada,
7. chave em ordem,
8. chave avariada.

No total, é necessário contar com aproximadamente 10.000 comandos, indicações e transmissões de valores de medição, se todas as funções do telecomando tais como para os sinais, comunicações, alta tensão e outras instalações, forem executados por uma instalação central de CTC.

O segundo tipo de instalações modernas de telecomando trabalha segundo um sistema Multiplex de tempo.

No sistema Multiplex de tempo, a condição momentânea de serviço dos elementos de aviso é transmitida numa sequência fixa, **uma após outra** (transmissão cíclica). Nesta transmissão corresponde à cada informação um determinado elemento de tempo de um intervalo de tempo. O intervalo de tempo, também chamado mensagem, corresponde à soma das informações a serem transmitidas. A vantagem da transmissão cíclica reside no fato de se obter uma ligação quase constante entre o elemento de aviso e o reproduzidor do aviso. Assim, este sistema se aplica à transmissão de valores de medição em forma analógica ou digital. A desvantagem, que modificações importantes de avisos só podem ser transmitidas após decorrido um intervalo de tempo, pode ser eliminada subordinando-se a estas operações uma mensagem de aviso espontânea própria, que é introduzida no ciclo contínuo de mensagens (transmissão-cíclica-espontânea), ou então se transmitem os avisos importantes várias vezes dentro de um intervalo de tempo.

O inicialmente mencionado sistema de impulsos codificados permite a transmissão, de acordo com as recomendações do CCIT, de 24 canais em um cabo não pupinizado. Isto significa a transmissão de 24 avisos com uma velocidade telegráfica de 50 Baud. O sistema Multiplex de tempo aumenta esta capacidade uma vez que desdobra ainda os canais de transmissão. Este desdobramento, todavia, é limitado pelo fato que as transmissões dos valores de medição devem ser repetidas cada 2-4 s. É necessário observar que cada valor de medição deverá ser transmitido durante o tempo suficiente que possibilite aos equipamentos receptores a recepção correta. Neste caso pode-se considerar que sistemas de boa performance permitem transmitir com velocidades telegráficas de 50 até 1.200 Baud (em caso de transmissões de valores de medição, 800 Baud).

O funcionamento de uma instalação de CTC com transmissão em multiplex de tempo, é ilustrado esquematicamente na figura 23.14. Naquele esquema representou-se apenas a transmissão

técnicamente difícil, das indicações e valores de medição. A instalação de comando é sensivelmente mais simples.

O sistema utiliza para a transmissão de comandos, indicações e valores de medição, o princípio "impulso" — "pausa", largamente experimentado na técnica de teleimpressão. Cada ciclo começa com um impulso (impulso de partida) e tem no fim algumas pausas (impulsos de parada), que serve também para a sincronização. Entre estes dois encontram-se as informações. Para cada aviso necessita-se de um impulso; para cada valor de medição necessitam-se tantos impulsos quantos forem os estágios da sequência de contagem (no esquema, 8 estágios). Ver também a descrição da transmissão dos valores de medição.

Em um ciclo (mensagem) podem-se reunir até 400 impulsos. Nesta transmissão digital os equipamentos deverão dispor de elementos de memória, que correspondam aos relés ou seletores da técnica atual. Na técnica eletrônica utiliza-se, para esta finalidade, circuitos com transistores bi-estáveis (estágios FLIP-FLOP) ou núcleos magnéticos com ciclo de HYSTERESE retangular.

Pelas seguintes razões dever-se-á dar preferência à técnica dos núcleos magnéticos:

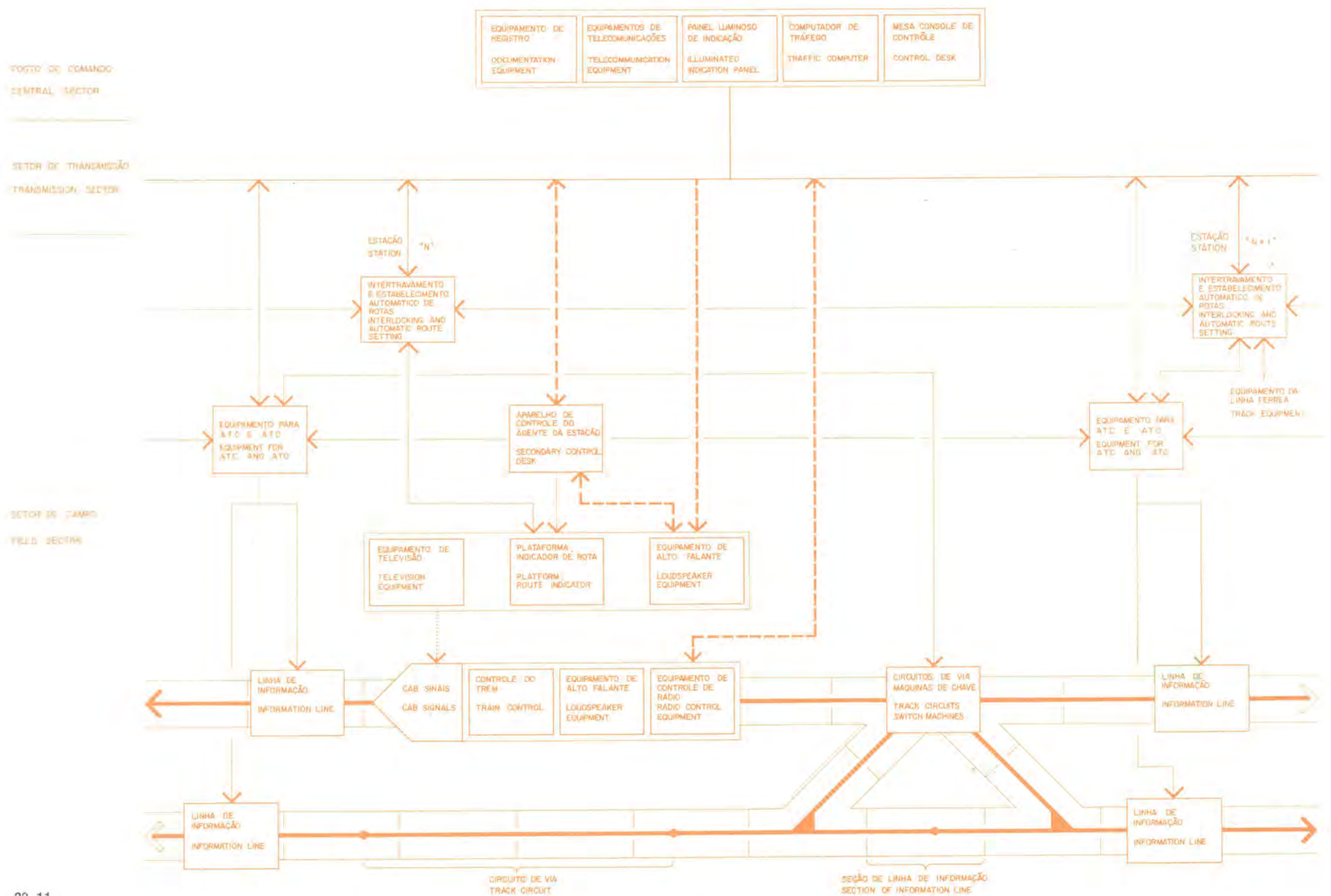
1. Os núcleos magnéticos são insensíveis a impulsos estranhos. Isto é muito importante em relação aos condutores influenciados pela alta tensão. Esta propriedade deve-se aos circuitos de baixa resistência e ao valor de acumulação dado pela força coercitiva.
2. Através de núcleos magnéticos pode-se comandar transistores, sem potencial. Por este motivo os circuitos tornam-se simples e compõe-se, normalmente, de poucos elementos construtivos. Devido ao reduzido número de elementos construtivos, principalmente, porém, devido à múltipla aplicação de bobinas — que sem dúvida estão entre os componentes de maior confiabilidade — apresenta o sistema com núcleos magnéticos uma probabilidade muito remota de avarias.
3. Núcleos anelares e transfluxores — estes são núcleos magnéticos com vários circuitos magnéticos entrelaçados — não necessitam de energia para reter uma informação. Por esta razão, os circuitos com núcleos magnéticos têm pouco consumo de energia e pouquíssimo desprendimento de calor. É de importância capital, em alguns casos, que especialmente as memórias transmissoras não percam suas informações em caso de falta de energia elétrica. Esta exigência é atendida pelos núcleos magnéticos.

Processo de transmissão

a) Indicações

A cada contato de aviso com o critério "fechado/aberto" corresponde um núcleo magnético, que memoriza as respectivas condições "1 ou 0". Todos estes núcleos magnéticos estão dispostos em uma matriz. O contador de linhas prepara, através da saída "1", a primeira linha da matriz. A seguir, o contador de colunas consulta as colunas da matriz. Neste caso, todos os núcleos magnéticos da primeira linha que se encontram na condição "1", transmitem, cada um, um impulso.

Esta operação se repete de linha em linha. A sequência de impulsos que se forma na linha coletora é transposta



23.11

em sinais de corrente polarizada, que, por sua vez, poderão modular o transmissor de mensagens em corrente alternada da estação. A construção da central é semelhante à das estações. A cada contato, cuja condição deverá ser transmitida, corresponde na central um núcleo magnético com um transfluxor como memória de transmissão e um relé de indicação.

Em um circuito receptor, os impulsos da mensagem são selecionados segundo "1 ou 0" e retransmitidos a todos os elementos da matriz, através de duas linhas coletoras. Sincronizado a esse processo, os impulsos do contador de linhas e do contador de colunas chegam aos elementos da matriz de saída de indicações, correspondentes aos elementos da matriz de entrada de indicações. Em todos os elementos na condição "1" o respectivo relé transmissor de indicação opera.

A sincronização do gerador de impulso da central com a estação é feita por meio dos impulsos de parada no fim de uma mensagem. Os contadores passam para a posição de partida e com impulso de partida no início da mensagem, proveniente da estação, inicia-se novamente a operação de contagem. O movimento uniforme durante este ciclo de transmissão é garantido pelo gerador de impulsos estabilizado por cristal.

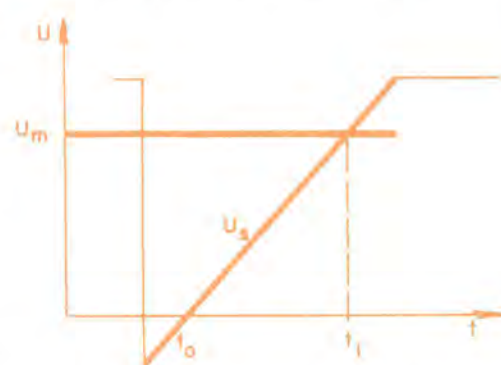
b) Valores digitais

Os valores digitais são transplantados em um translador em seqüências de impulsos que são extraídos do gerador. O número de impulsos está fixamente relacionado com o valor numérico.

Na seqüência de contagem seguinte, os impulsos são transformados em um código binário e transmitidos à central como descrito sob item a). Na central, esta informação é introduzida em uma memória intermediária. Nesta memória verifica-se a exatidão da informação. Não havendo erro, a informação é recebida pela memória dos valores de medição e transmitida em forma de valor digital.

c) Valores analógicos

Na estação, o valor analógico de medição, é introduzido em um translador de valores de medição, o que transforma o valor de medição em uma tensão contínua proporcional de OV (0%) a 10V (100%). A seguir verifica-se a transformação do valor analógico para um valor digital.



Esta transformação se verifica em um translador com característica tipo dente de serra, o qual opera segundo o princípio da comparação de tensões. A tensão contínua do valor de medição U_m é ligada na primeira entrada desse comparador de tensões em cuja segunda entrada se encontra a tensão U_s em forma de dente de serra. Num determinado intervalo de tempo t_0 , a tensão tipo dente de serra ultrapassa a linha zero e verifica-se um impulso

que é desligado no intervalo de tempo t_1 estando iguais as tensões U_m e U_s . Assim, o valor de medição é transformado em um valor tempo/comprimento. A seguir este valor é transformado em uma série de impulsos de mesma relação. O número destes impulsos representa uma medida para a precisão da transmissão dos valores de medição. Sendo, por exemplo, previsto 100% = 200 impulsos para o valor de medição, então a máxima inexatidão é de 0,5% do valor final da tensão de medição.

A transformação das seqüências de impulsos em códigos binários, bem como a transmissão do valor de medição, efetuam-se conforme descrito sob item b).

Adicionalmente, na saída da transmissão, o valor digital deverá ser transformado outra vez em um valor analógico. Isso se verifica em uma série de resistências ligadas em paralelo, que estão ligadas a uma tensão constante comum.

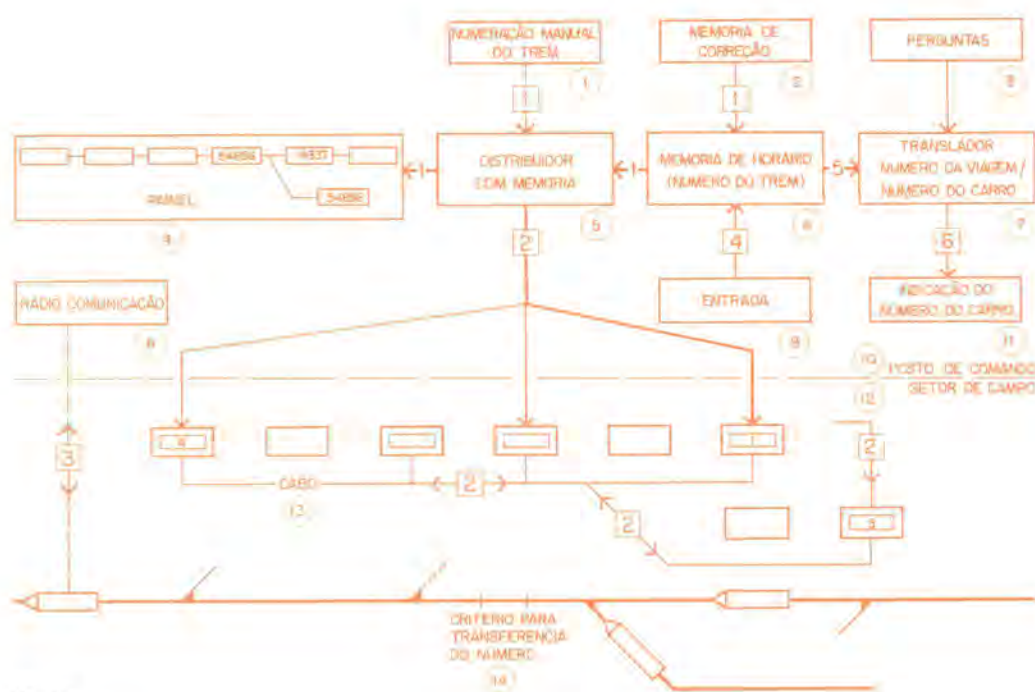
A cada estágio na memória do valor de medição corresponde uma resistência. Estas resistências são ajustadas de tal forma entre si, que os valores de condução das diversas ramificações paralelas correspondam ao valor do respectivo estágio no sistema binário. A "corrente soma" resultante, representa assim uma grandeza para o valor numérico existente na memória. Na prática construtiva dos equipamentos prevê-se uma série de seguranças a fim de excluir qualquer transmissão falsa. Um aviso "chave condição normal", por exemplo, dado para uma chave que na realidade está avariada, poderia ter conseqüências imprevisíveis.

Fig. 23.11 Sistema de operação do Metrô — conceito fundamental

Sistema simples de CTC para a transmissão de indicações e comandos

Num metrô existe um volume de transmissões de forma simples "sim" ou "não" maior do que o de valores de medição. Por esta razão seria conveniente, por motivos econômicos, estudar a utilização de um sistema CTC, paralelo às transmissões dos valores de transmissão, especialmente construído para a transmissão de indicações.

Um sistema simples de CTC com consultas cíclicas e alto grau de segurança, é sucintamente descrito no esquema da figura 23.15. Trata-se de um sistema chamado Multiplex em frequência e tempo, no qual corresponde à cada informação um determinado elemento de tempo dentro de um intervalo de tempo e uma determinada frequência. A velocidade de transmissão está em torno de 100 Baud. Os circuitos são construídos segundo a técnica dos núcleos magnéticos.



23.12

- Estação sem chave
- ▣ Estação com chave
- ▣ Estação de origem
- 1 Número do trem
- 2 2—3 cifra do número do trem
- 3 Conexão de rádio comunicação
- 4 Horário
- 5 Número de viagem
- 6 Número do carro

Fig. 23.12
Estabelecimento automático de rotas

Fig. 23.13
Programas de velocidade para uma marcha econômica

Fig. 23.14
CTC: Sistema multiplex de tempo

Descrição de uma transmissão de indicações

A cada estação e à central corresponde um contador de impulsos igual.

Estes contadores são comutados, impulso a impulso, a partir da posição básica, por um gerador de impulsos. Isto significa que cada contador tem a mesma posição de contagem, no mesmo tempo. Os contadores funcionam de modo sincronizado.

Uma vez alcançado o volume de contagem, verifica-se um reposicionamento para a posição básica e o ciclo começa de novo.

A cada estação corresponde um determinado setor de ciclo.

Exemplo: estação A pulso 1-6
estação B pulso 8-13
etc.

Os impulsos vazios que se encontram entre estação, são impulsos de prova. Nas estações, através das saídas do contador de impulsos efetua-se a consulta cíclica das condições dos contatos de indicação. Se um contato estiver fechado, verifica-se através deste contato fechado durante a pergunta, a transmissão de um impulso modulado em amplitude (AM) de uma das frequências $f_1 - f_4$ à central.

Este impulso de frequência de indicação é recebido na central através de um filtro, transformado em impulsos retangulares e coincidindo com um elemento de tempo, tirado do gerador de impulsos. Neste caso, o contador da central encontra-se no mesmo impulso que o contador da estação.

Através de uma memória intermediária o elemento de coincidência está ligado com o relé transmissor. Na primeira transmissão o aviso ainda não é transmitido até o relé transmissor, mas memorizado intermediariamente.

Somente quando a próxima transmissão contiver a mesma informação, o relé receptor de indicação opera. Este sistema denomina-se "processamento em dois ciclos".

Outrossim, diferencia-se entre a introdução simples e a introdução segura. Na introdução simples a condição "sim" ou "não" é transmitida através de uma frequência. Neste caso o contato de aviso estará fechado ou aberto. Na introdução segura, as condições "sim" e "não" são transmitidas cada uma em uma frequência diferente. Para a transmissão dos avisos deverão existir dois contatos. Um contato fechado permite a formação do aviso "sim"; o outro contato permite a formação do aviso "não". Se os dois contatos estiverem fechados, não haverá transmissão. Inversamente, quando os dois contatos estão abertos, também não há transmissão.

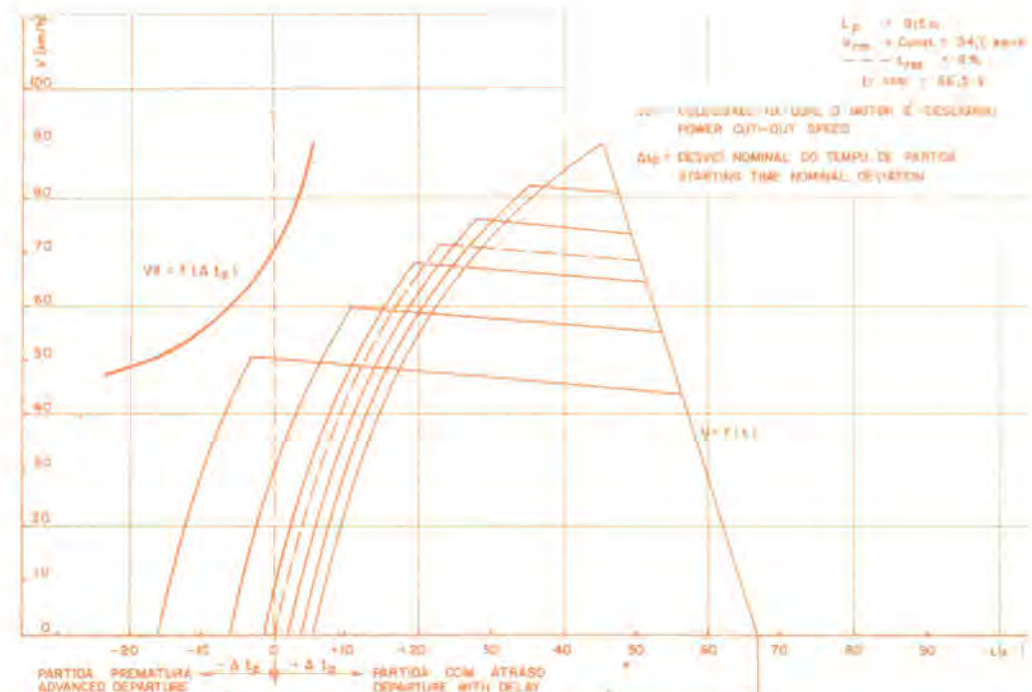
Este sistema chama-se "sistema de frequência dupla" com prova de código de "1 de 2".

23.4.5. Estabelecimento automático das rotas

A formação automática das rotas torna-se necessária quando — com sequência muito intensa de trens — as rotas não podem ser mais estabelecidas manualmente, visto que estabelecimentos atrasados ou prematuros prejudicariam grandemente a marcha dos trens. Um estabelecimento atrasado de uma rota prejudica o andamento do trem, para o qual a rota foi destinada. Um estabelecimento prematuro perturba outros trens, pois é possível que parte das rotas já estejam ocupadas. Além disso deverá ser mantido o princípio de descentralização no caso de postos locais de manobra sem operador. Isso significa que o trem deverá transmitir direta ou indiretamente a ordem de manobra para a rota aos postos locais de manobras.

Assim, também para o estabelecimento de rotas, o posto central somente seria posto de controle.

Atualmente existem três sistemas básicos para o controle automático de trens:



23.13

1. Sistema de introdução de número do trem no carro

Neste caso, antes do início da viagem é introduzido no carro um número geralmente de três algarismos, relativo ao horário. O número do trem define o destino final do trem. Se este destino pode ser alcançado através de diferentes itinerários, também o itinerário tem que ser estabelecido.

Em uma distância calculada antes dos desvios de um posto local de manobras está instalado um equipamento de controle dos números codificados em alta-frequência e introduzidos no trem.

Essa distância é igual à soma da distância de frenagem de emergência, mais uma distância que o trem percorre enquanto se opera a chave.

Através de um cabo especial, o código é passado ao posto local de manobras, para a determinação da rota. Em um estágio de controle é examinado, se o estabelecimento pode ser permitido.

Ao mesmo tempo o número do trem é transmitido do posto de manobras local, através do sistema CTC, ao posto central, aparecendo ali em um painel.

No destino o número é apagado em vista da troca da cabine de comando e, no caso de execução de manobra, deverá ser introduzido pelo maquinista um outro número.

A vantagem deste sistema é o modo simples da introdução do número do trem no carro. A desvantagem é a complicada técnica de transmissão codificada. Principalmente a transmissão indutiva pelo transmissor do carro à bobina receptora da linha traz complicações, visto que esta bobina deve constantemente estar rigorosamente ajustada em altura, fato que, como é sabido, é muito difícil com aparelhagens fixadas aos trilhos.

Quando deve ser empregado um número de trem com muitos algarismos, por exemplo no caso de trens curtos ou não tripulados, que passam pelas estações sem parar, deve-se contar com perturbações, visto que o número de exames no equipamento de controle cresce muito.

Outra desvantagem é que a nova introdução do número do trem no destino, não pode ser controlada pelo controle de trem.

Da instalação de controle de trem forçosamente também é derivado o controle do indicador do destino do

trem (vide cap. 23.7.7.). Aqui então se apresenta mais uma desvantagem: a informação do destino do trem nem sempre poderá ser transmitida a tempo às estações, principalmente aquelas sem posto de manobras local, a não ser, que para tanto sejam instalados mais aparelhos de controle nas linhas ou então sejam previstos dispositivos somente para a continuação da transmissão ao indicador de destino dos trens. Quando o trem passa por um determinado local da linha, o trem dá o critério para transmissão. As desvantagens poderiam ser evitadas, se em um sistema ATO com possibilidade de transmissão do carro à linha, também pudesse ser transmitido o número do trem.

Os custos de investimento do sistema com seleção de número para o trem, são consideravelmente maiores em relação aos sistemas mencionados nos itens 2 e 3, uma vez que às instalações locais somam-se ainda os equipamentos para $3 \times 142 = 426$ unidades duplas e eventualmente em caso de duas cabines para cada unidade dupla ainda 426 equipamentos de seleção.

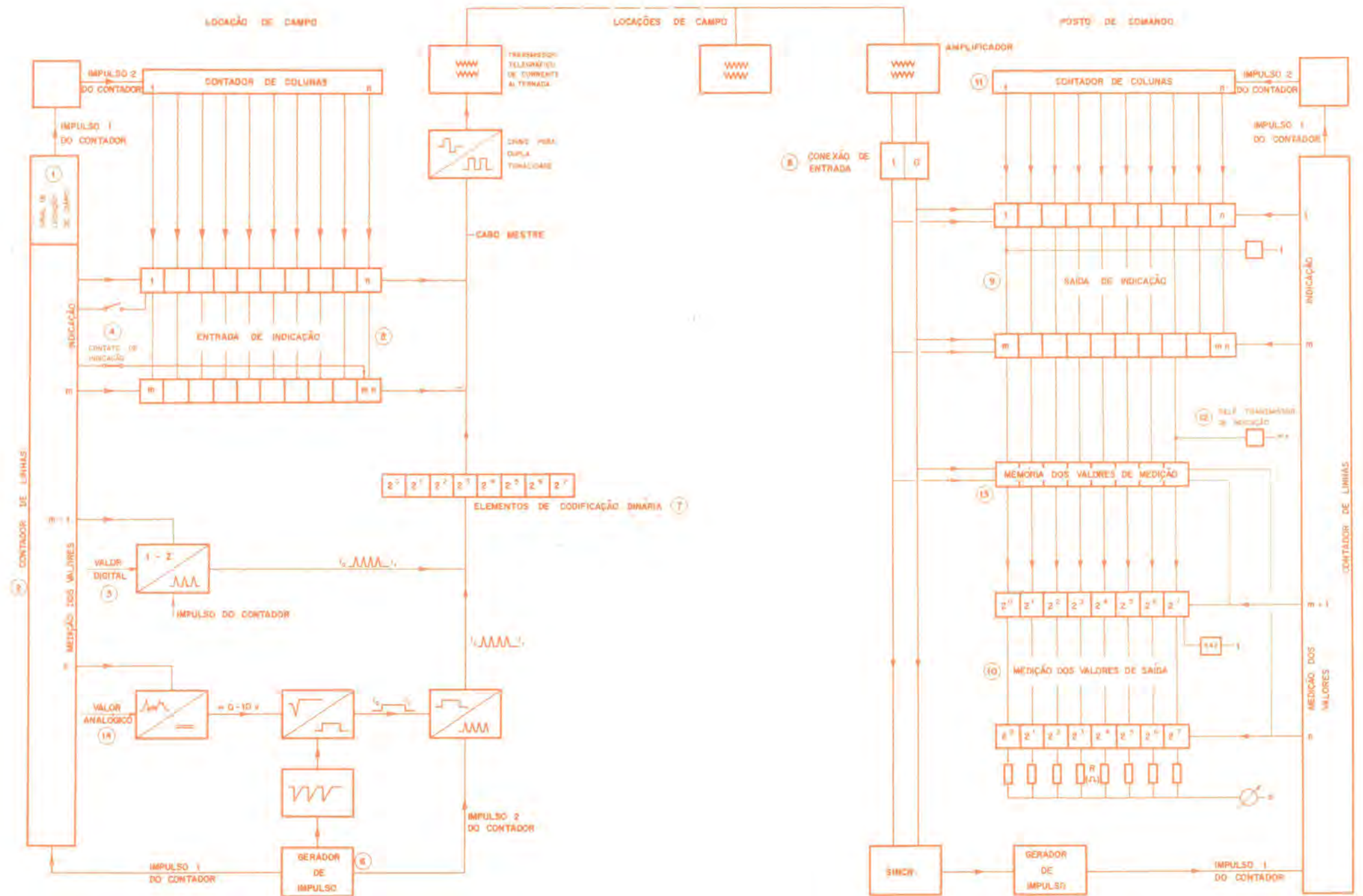
2. Sistema com a introdução do número do trem em pontos de introdução fixos

Neste sistema introduz-se o número do trem em pontos fixos, que se encontram nas mesas de comando das locações de campo situadas em terminais de trechos ou ao alcance do maquinista (em caso de cabines sem operador). Além disso, existe a possibilidade de, em casos especiais, se introduzir um novo número, anular o existente, ou modificá-lo a partir do posto central, ou então da cabine das locações de campo.

Normalmente, antes do início da viagem do trem, o despachador do depósito introduz o número do trem.

Pela passagem por determinados trechos onde se localiza o equipamento de controle de trens, inicia-se a transmissão do número de cabine a cabine como também o início do ajuste dos itinerários e da indicação do destino do trem. Como técnica de transmissão utiliza-se uma técnica de impulsos largamente experimentada na técnica de comunicações.

Pela ocupação do trecho de manobra no destino do trem, apaga-se automaticamente o número deste. Se a locação de campo no destino do trem for do tipo sem operador, então o maquinista deverá ele mesmo introduzir o novo número do trem até o próximo destino.



23.14

O ponto de introdução é localizado, por conveniência, na plataforma, pois, de qualquer forma, o maquinista é obrigado a abandonar o trem sempre que mudar de cabine de comando. A introdução indevida de números de trens por pessoas não autorizadas é impossível.

As desvantagens do sistema mencionado no item 1, na introdução de números no trem não existem no sistema com introdução em instalações descentralizadas. A maneira complicada da introdução do número do trem apresenta, porém, uma certa desvantagem, podendo ser entretanto automatizada.

3. Sistema com controle por computador

Neste sistema diferencia-se dois tipos de construção que dependem do tipo do sistema de controle do trem.

a) O sistema de controle do trem tem apenas uma direção de transmissão de informação da via para o trem. Neste caso pré-ajusta-se uma memória de itinerários na locação de campo com a sequência dos trens estabelecida segundo horários. Havendo não observância nos horários corrige-se a memória básica por meio de uma memória auxiliar até que os trens trafeguem outra vez dentro dos horários. A entrada de dados na memória auxiliar se verifica toda vez que através do computador central, e da instalação de CTC, chega o aviso de que um trem está fora do horário estabelecido.

b) O sistema de controle de trens tem duas direções de transmissão. Neste caso transmite-se junto com a informação resposta do trem à instalação da via, também o

número de carro introduzido constantemente e de maneira fixa. Juntamente com a indicação da localização do trem forma-se através de um transdutor "número do carro/número do trem" instalado na locação de campo, um número de trem dependente do horário. Simultaneamente estes valores efetivos são transmitidos à central, onde são comparados com os valores nominais provenientes de uma memória de comando. Se os dois valores estiverem de acordo, efetua-se a liberação do itinerário para a respectiva operação.

23.5. Recomendação básica sobre a instalação de sinalização a ser utilizada

Na escolha de um sistema de sinalização adequado para o Metrô de São Paulo existem, além de considerações de ordem econômica e além dos requisitos gerais, a exigência de que a instalação deverá satisfazer as condições expressas no capítulo 23.1.3., e ainda outras condições.

É necessário levar em consideração que em um metrô com índices extremamente altos de transporte, exige-se dos veículos, da instalação de sinalização e das outras instalações, performances máximas, naturalmente limitadas pelos valores técnicos ou pelo conforto exigido e que não permitem outros aumentos (por exemplo tempo de sequência de trens, velocidade máxima, troca de passageiros, aceleração e capacidade de frenagem).

Em uma técnica tão altamente desenvolvida, o ajuste corretivo dos

atrasos torna-se possível apenas em faixas muito restritas. Sensíveis atrasos podem surgir com avarias na instalação de sinalização. Por esta razão a instalação deverá operar com um alto grau de confiabilidade. Este problema tem sido resolvido em planejamentos novos de instalações de metrô, até os dias mais recentes, pela utilização de um sistema de sinalização de reserva, constituído, via de regra, por sinais locais, ou pela duplicação de unidades importantes. Somente em relação ao projeto BARTD (São Francisco), sob condições ideais, dispensou-se um sistema de sinalização de reserva num trecho experimental.

Transportar esta solução experimental para um metrô em operação pública, na ordem de grandeza como a ser utilizada em São Paulo, parece irrealizável, a não ser que exista a possibilidade de efetuar viagens experimentais sobre o trecho total sob condições reais de serviço, e por um longo espaço de tempo. Segundo os cronogramas não existe qualquer possibilidade para uma experiência deste tipo.

A não utilização de instalações de reserva ou de substituição, requer, para a diminuição da proliferação de avarias, a construção descentralizada da instalação de sinalização. As características de uma construção deste tipo são as seguintes:

1. Colocação do núcleo do controle automático de trens, inclusive, das instalações necessárias para uma operação econômica e segundo gráfico de horários, no trem.
2. Equipamentos de trecho ATC, que alimentam apenas áreas restritas, aproximadamente até o comprimento do trecho da estação.

3. Setores de operação local que se encarregam da segurança total dos itinerários, inclusive o aviso de via livre.

4. A cabine central deve executar apenas tarefas de controle.

5. Um sistema para o estabelecimento automático das rotas cujos equipamentos de ligação estejam alojados em locações de campo.

Aos pontos acima fazem-se as seguintes sugestões:

Relativo ao item 1. Em primeiro lugar deve ser decidido se como base para o controle automático de trem deve ser escolhido um sistema ATC ou ATS com sinais externos.

Como demonstrado pelos cálculos de sequência de trens, poder-se-á alcançar com um sistema de sinais externos um tempo de sequência de trens de 90 s.

Este sistema possui além disso as seguintes vantagens: construção básica simples que teria uma grande eficiência considerando a sua confiabilidade com relação às avarias, e os relativamente pequenos custos de aquisição. As desvantagens consistem no pequeno volume de informações e nas dificuldades na transmissão das informações de sinal para o trem.

O controle pontiforme da velocidade não deve ser considerado como desvantagem, uma vez que existem possibilidades técnicas para evitar acelerações não permitidas após a passagem por um ponto de verificação.

O volume de informações poderia ser aumentado pela ampliação do número dos aspectos clássicos dos sinais

principais e sinais de aproximação; esta solução, todavia, conduz forçosamente a aspectos complicados dos sinais.

Havendo a necessidade de transmitir, além das informações de sinalização propriamente ditas, ainda outras informações do trecho ao trem ou vice-versa, o que geralmente é necessário, devem ser instalados em maior número equipamentos adicionais.

As desvantagens ou dificuldades mencionadas no sistema de sinalização externa não se apresentam, desta forma, no sistema ATC.

Por esta razão propõe-se um sistema combinado ATC/ATO que corresponde em sua concepção básica a um dos quatro sistemas, que foram descritos no capítulo 23.3.2. Neste ponto foram apresentados propositadamente apenas sistemas, que indicam o mais recente desenvolvimento das instalações mais modernas nos Estados Unidos e na Europa.

Neste caso considera-se como equivalentes os sistemas com condutor de linha especial ou com transmissão das informações através do trilho. Os primeiros têm a vantagem da maior gama de informações ao longo de todo o trecho, em uma técnica uniforme; os outros sistemas evitam o cabo condutor especial, porém, no trecho com maior demanda de informações, devem utilizar uma técnica especial, por exemplo, na área de frenagem.

Quanto à operação mais econômica e rigorosamente dentro dos horários estabelecidos, segundo várias curvas de operação, visa o desenvolvimento atual inequivocamente a montagem descentralizada de pequenos computadores ou equipamentos automáticos na via ou nos trens.

Um computador central para estas tarefas parciais da automatização do tráfego não poderá ser, portanto, recomendado. A este computador deverão ser atribuídas apenas as tarefas mencionadas no capítulo 23.4.3.

A pergunta de se em caso de controle automático dos trens, haverá necessidade da indicação ótica (cab signal) das velocidades efetivas, nominal, limite e colimada ou indicação de outros valores, deve ser respondida afirmativamente. Esta indicação é de capital importância para viagens de teste, viagens licenciadas, para o treinamento de pessoal e eventualmente para o reconhecimento a tempo de avarias em aproximação. Se a prática demonstrar que a operação na linha preferencial não necessita a indicação ótica, poder-se-á dispensar o equipamento de outros veículos

A instalação ATC/ATO deverá atender essencialmente as seguintes exigências:

1. A segurança da manutenção do distanciamento em relação ao trem anterior em conjunto com uma instalação de aviso de via livre.
2. A transmissão indireta das informações "itinerário ajustado e travado".
3. A aceleração automática do trem até um valor de velocidade determinado, o qual deriva da diferença entre o tempo de partida segundo o horário, e o tempo de partida efetivo (operação econômica segundo horários predeterminados e segundo vários programas de

marcha). Vide figura 23.13.

4. A manutenção das limitações de velocidades locais motivadas pelas condições do trecho (chaves, curvas, trechos de velocidade reduzida, turmas de manutenção etc.).

5. A segurança automática da operação de frenagem por ocasião da parada em plataforma e antes de outros pontos de perigo.

6. O controle da velocidade máxima especialmente em trechos em declive.

7. O controle da direção da marcha avante.

8. O controle da parada de trens vazios antes da plataforma, quando a saída para o trecho seguinte não for possível.

9. A limitação da velocidade do trecho para trens que não param, a fim de que estes tenham a mesma velocidade de marcha que os trens de passageiros.

10. O controle da velocidade de passagem por estações, em estações que não sejam de parada obrigatória, para 50 km/h.

11. Quando necessário a frenagem colimada de trens curtos em plataformas.

12. O fornecimento da corrente correta de partida para declives e aclives, a fim de que seja garantida a mesma aceleração em todas as condições do trecho.

13. O controle da velocidade máxima de 20 km/h $V_{nom} =$

15 km/h quando em movimento com controle visual (tráfego licenciado). Esta operação é

necessária quando, por motivos de avarias nas instalações de segurança de trens, apenas de trechos de via livres e controle correto das chaves, não se verificarem informações de linha. Para este caso deverá ser transmitida uma licença especial de movimento, como informação de linha, a partir da central ao maquinista. Este licenciamento poderá ser dado apenas de estação para estação. Em trechos de estação com chaves, esta permissão de viagens é dependente do bloqueamento das chaves. Se a transmissão da ordem de licenciamento não for possível como informação de linha, então a permissão para a movimentação é transmitida ao trem através do rádio. (Eventualmente com inclusão do controle da chave).

14. A ativação da frenagem rápida com o acionamento do botão de emergência na plataforma.

15. O controle automático de retornos nos pontos previstos.

16. O controle da velocidade limite em composições secundárias. A manutenção da velocidade nominal nas composições secundárias é feita manualmente pelo maquinista.

17. A ordem para um emissor de tempo na cabine do maquinista. O emissor de tempo deverá, estando a composição parada em uma estação, iniciar a contagem do tempo e emitir um sinal acústico pouco antes de se esgotar o tempo de parada efetivo.

18. A segurança de movimentos em vias de sentido contrário de tráfego.

19. O controle da operação de prova no trecho de teste (Cap. 23.4.2.).

20. A transmissão da ordem central de partida do trecho ao trem (Fig. 23.10). Esta ordem de partida é dada inicialmente como ordem contínua. Somente quando for instalado um computador central, o qual calculará em caso de desvios do horário estabelecido, o tempo ideal de parada em função da operação, esta ordem será individual.

Enquanto não for instalado um computador central, a ordem para uma partida antecipada para superação de atrasos poderá ser dada através de rádio ao maquinista.

Se nas Estações de Paraíso ou Pedro II houver a necessidade de entrar um trem com preferência no trecho comum, então pela retenção da ordem contínua de partida tem-se a possibilidade de reter os trens de outro ramal nas estações.

Enquanto os trens operarem com maquinistas será necessário que, além da ordem central de partida, o maquinista deverá também apertar um botão de autorização no trem, para a partida.

Relativo ao item 2. Os equipamentos de trecho ATC para a alimentação dos trechos de informação, deverão ser alojados nas salas de relés das locações de campo por causa da manutenção mais simples. Um equipamento de trecho não deverá, de um modo geral, alimentar mais do que seus trechos de informação ou então alimentar uma área do comprimento do trecho de uma estação.

Relativo ao item 3. Áreas de operação local, e com isso a descentralização da operação dos itinerários, são normalmente usados em instalações de metrô.

É necessário também observar a existência de elementos de operação nas locações de campo que permitam a operação manual dos itinerários em casos especiais.

Relativo ao item 4. A exigência de que o posto central deva executar apenas tarefas de controle, não deverá ser considerada quanto à transmissão do destino colimado às estações de saída. A construção descentralizada da introdução do destino colimado teria a desvantagem de exigir uma alteração quando futuramente será instalado o computador.

Para operações em casos especiais e controle de toda instalação, recomenda-se um sistema CTC que possibilite, além da transmissão de comandos e indicações, também a transmissão de dados de medição digitais e analógicos (Cap. 23.4.4.). A técnica do sistema deverá apresentar a mesma construção como as instalações de telecomando dos equipamentos de alta tensão.

Relativo ao item 5. O "controle automático do trem", não apresenta, no momento, uma tendência nítida nos seus diversos tipos de construção.

Alguns metrô preferem um sistema centralizado, no qual o reconhecimento do destino pode ser obtido, através da memória de horários e outras instalações, na central e, após um traslado, ser transmitido em forma de comandos para operação de itinerários, através do instalação CTC diretamente à cabine locação de campo.

Em outra solução técnica os comandos podem ser formados, por um caminho mais longo, pela transmissão do número do carro à central. Neste caso torna-se igualmente necessário transladar o número do carro, nas respectivas instalações, em um destino colimado. A solução do controle centralizado automático dos trens, somente poderá ser adotado quando, em casos de avaria, for possível uma operação manual, seja a partir do posto central ou das locações de campo. Com um tempo de segurança de trens de 90 s esta solução é inexecutável, pois uma operação manual de tráfego de toda a linha, ou de uma linha parcial, seria uma sobrecarga

demasiadamente grande para os operadores no posto central. Sugere-se um controle centralizado automático dos trens, largamente experimentado em muitos metrô e estradas de ferro. A construção do sistema é representada no esquema da figura 23.12.

O sistema destaca-se pela sua construção descentralizada, quanto aos equipamentos de controle de trens, propriamente ditos, localizados nas locações de campo.

O sistema se baseia no simples fato de transmitir a informação destino colimado, introduzido na cabine na estação de partida, através de um critério de vias, desencadeado pelo trem, de locação a locação. A informação de destino colimado corre, portanto, paralelamente ao trem através de um par de condutores no cabo de telecomunicação, até a estação de destino, provocando nas respectivas locações a operação dos itinerários. A vantagem deste sistema reside no fato de que apenas a operação da seleção do destino colimado é efetuada centralmente.

Em caso de desvios em relação ao horário tem-se a possibilidade de anular ou modificar o destino colimado em qualquer ponto do trecho. Em caso de avaria tem-se ainda a possibilidade de introduzir a informação de destino colimado, localmente, na locação da estação de partida.

O esquema da figura 23.12 indica que o número de trem, fixado no horário, é introduzido em uma memória de horários.

O número de trem é constituído por cinco algarismos no sistema decimal. Vide capítulo 23.3.3.

- 1.º algarismo = prefixo da estação de origem
- 2.º algarismo = prefixo da estação de destino
- 3.º-5.º algarismos = número da viagem.

O terceiro algarismo (primeiro algarismo do número da viagem) informa se se trata de viagens normais, viagens para desvios ou viagens de trens vazios para estações com ou sem desvios.

A memória de horário transmite o número de trem, em ordem cronológica, a um distribuidor com duas saídas. O distribuidor efetua a transmissão, interpretando o primeiro algarismo, o segundo e o terceiro algarismo do número do trem, às locações de campo das estações de origem. Paralelamente verifica-se a introdução do número completo nos setores do painel de controle central, que correspondem às estações de saída. Se o número de trem não pode ser transmitido por se encontrar ainda ocupado o equipamento de recepção nas locações de campo, verifica-se uma memorização intermediária do número.

A partir da estação de origem, o número de trem é, então, transmitido de estação a estação paralelamente ao movimento do trem. Esta ocorrência poderá ser seguida no posto central, através do painel de controle conjuntamente com os elementos de aviso de via livre, para cada movimento de trem, com a indicação do local onde se encontra, número de trem e destino.

Além dos equipamentos mencionados dever-se-á prever ainda para a parte

centralizada do controle automático do trem:

1. Uma possibilidade de se introduzir manualmente o número do trem.
2. Um armazenador de correções.
3. Um translador (número do trem/número do carro) a fim de possibilitar, eventualmente, a chamada seletiva dos trens com seus respectivos números através de rádio, pelo posto central.

Exemplo para viagens controladas automaticamente

1. Viagens de trens normais

Para viagens normais operam-se automaticamente, em cada estação do trecho, através do 2.º algarismo do número de trem, os itinerários para a entrada e saída. Uma possibilidade de passagem direta é excluída para todas as estações.

Se esta passagem direta for necessária para algumas estações, o posto central poderá tomar as devidas providências através das instalações do CTC. Na estação de destino processa-se apenas o itinerário de chegada, com o que termina forçosamente a viagem na plataforma.

2. Viagem de retirada

Em viagens que partem dos desvios da estação de saída, verifica-se, inicialmente, se a via da plataforma está ocupada. Se isto for o caso, o trem que se encontra na plataforma tem preferência para a saída. Isto se verifica forçosamente em todas as instalações de estacionamento, uma vez que as saídas se efetuam normalmente através da via da plataforma. Uma caracterização especial do setor de estacionamento de uma estação torna-se, portanto, desnecessária.

Em viagens para estacionamentos que se encontram além da plataforma, compõe-se, através do 3.º algarismo do número do trem, um itinerário para a entrada e para a continuação do movimento até o estacionamento. Existindo várias vias de estacionamento, a operação dos itinerários verificar-se-á sempre segundo uma sequência fixa, para a próxima via livre.

Encontrando-se o estacionamento ao lado da estação, poder-se-á formar, igualmente, um critério do 3.º algarismo do número do trem, para a viagem ao estacionamento.

3. Trens de manobra

Para a manobra, os itinerários são feitos ou segundo uma sequência estabelecida (Plataforma 1-2-1 etc.) ou a entrada dependerá da condição livre/ocupado das vias da plataforma. Uma visão geral da instalação de sinalização sugerida para o Metrô de São Paulo é apresentada pelo esquema da figura 23.11.

23.7. Parte geral sobre instalações de telecomunicações

23.7.1. Introdução

Além de um sistema de controle automático dos trens, a moderna técnica operacional exige instalações especiais de telecomunicações, como complementação.

Além da rede telefônica habitual em grandes empresas, o funcionamento rápido e sem dificuldades dos serviços requer instalações telefônicas estacionárias, radiocomunicação, televisão, alto-falantes e relógios, bem como indicadores de destino dos trens.

23.7.2. Rede telefônica geral

Para fins administrativos e tarefas operacionais em geral, a maioria das empresas ferroviárias costuma instalar uma rede telefônica especial. As instalações são automáticas, isto é, discando um determinado número, todos os assinantes da instalação podem, sem restrições, entrar em contato um com o outro (serviço interno). Todos os assinantes têm os mesmos direitos; limitações somente são previstas na transição para outras redes telefônicas. Tanto o posto de comando central como cada um dos assinantes poderá estabelecer toda e qualquer ligação no âmbito da rede. De acordo com o tamanho e a construção da instalação, há possibilidade de serem efetuadas diversas ligações internas simultaneamente. Um determinado número de assinantes poderá entrar em contato com assinantes da rede pública (serviço externo) discando um número, e obtendo a ligação sem interferência de uma central telefônica.

Apesar do sistema de discagem automática, uma central telefônica oferece certas vantagens.

Em primeiro lugar a mesma poderá tomar a si o controle de finalização dos chamados externos. Estes poderão ser atendidos pela central e, conforme o caso, serem passados para outro assinante. Além disso, a central telefônica ainda poderá realizar diversas tarefas internas, como, por exemplo, prestar informações, auxiliar nos chamados internos etc.

A estrutura da rede do metrô permite um sistema altamente centralizado. O posto de comando central, do ponto de vista das telecomunicações, é o ponto central da rede. Como dependência autônoma, o pátio de manutenção será dotado com uma instalação auxiliar.

Os diversos postos telefônicos das salas operacionais e auxiliares das estações farão parte da rede telefônica geral. A instalação auxiliar do pátio de manutenção deverá incluir as oficinas e os escritórios das oficinas, além dos postos telefônicos da administração.

23.7.3. Instalações telefônicas operacionais

A fim de manter fluente as operações ferroviárias por ocasião de irregularidades e pequenos distúrbios, bem como para a realização de todas as chamadas necessárias na manutenção do sistema, tornam-se necessárias instalações telefônicas operacionais de diversos tipos.

23.7.3.1. Sistemas telefônicos dependentes de linhas

Uma empresa ferroviária com controle operacional centralizado, bem como com dependências centrais de manutenção, exige ligações telefônicas entre estes postos centrais e os postos telefônicos espalhados ao longo das

vias, bem como ligações entre os diversos postos telefônicos. Além disso, nas áreas locais deverá ser possível a comunicação verbal entre os diversos postos e salas operacionais.

Em face à extensão da rede telefônica operacional das diversas linhas do metrô, e considerando os custos relativamente altos de cada linha telefônica dos inúmeros assinantes, oferecem-se sistemas para as ligações ao longo de uma linha do metrô, nos quais todos os postos telefônicos estão ligados em paralelo a uma linha telefônica geral.

As diversas instalações são independentes; não são previstas ligações entre as mesmas.

Correspondendo às exigências operacionais poderão ser sugeridos dois tipos de instalações para o Metrô de São Paulo.

Instalações telefônicas para os trechos das linhas ferroviárias

A rede telefônica dos trechos está ligada ao comando central, todos os telefones de trecho e alguns postos telefônicos de diversos serviços (operação, alimentação de energia, sinalização), nas estações e no pátio de manutenção.

Os aparelhos, em vez do disco usual, são providos de indutor de manivela, com a qual são efetuadas as chamadas.

Os assinantes utilizam-se de determinados sinais para as chamadas. Os sinais produzidos pelo indutor de manivela podem ser ouvidos em todas as conexões. Com diversos sinais de chamada ou ligações de linhas o número de assinantes poderá ser subdividido em diversos grupos.

Através de um dispositivo seletor de chamada é possível que uma chamada chegue somente ao seu grupo de assinantes (também é possível que chegue a um certo assinante). Em casos especiais é possível chamar todos os participantes ou grupos de participantes ligados à rede através de uma chamada geral. Em uma linha sempre poderá haver um só telefonema, porém, cada participante tem a possibilidade de entrar na linha durante um telefonema já existente (não há telefonema confidencial). O comando central e o chefe de operações do pátio de manutenção terão sinais de chamada especiais e seletor de chamadas. Com isto será evitado que estes postos operacionais recebam chamados não destinados a eles.

O telefone de um trecho está ligado fixo à uma linha telefônica. Para poder utilizar as ligações restantes, este telefone também pode ser ligado às demais linhas telefônicas.

Os telefones de um trecho deverão ser dispostos sempre nas passagens de evasão, distanciados de 250 a 350 m um do outro. Dentro destas distâncias poderão ser dispostas tomadas, através das quais poderão ser ligados telefones portáteis à rede.

Instalações de comando

Fazem parte da rede de assinantes da instalação de comando: a central, as salas de manobras, respectivamente as salas da fiscalização operacional das diversas estações e do pátio de manutenção. Nesta instalação há possibilidade de chamadas confidenciais.

A instalação de comando só permite chamadas entre a central e os assinantes (telefones externos) ligados à mesma. Os assinantes de telefones externos não podem efetuar ligações entre si.

A instalação de comando opera com sinais indutivos na linha.

Para fins de identificação dos assinantes e para chamadas confidenciais, os telefones externos ou a central são chamados por um sinal em código.

O controle central chama os telefones externos mediante o acionamento de uma tecla, sendo que os telefones externos chamam mediante a retirada do fone do gancho. Durante um telefonema todos os outros telefones externos ficam bloqueados. Terminado o telefonema, o bloqueio é desfeito.

Na central todo chamado de um telefone externo é identificado, armazenado e avisado pelo piscar da respectiva tecla iluminada.

A central também pode ser chamada, estando a linha ocupada.

A central armazena estas chamadas e tem a possibilidade de entrar em contato com os telefones externos na ordem mais conveniente.

Conscientemente desiste-se do disco seletor. A ligação com um telefone externo mediante acionamento da respectiva tecla de comando, é extremamente rápida e à prova contra enganos.

Informações importantes de serviço e telefonemas poderão ser gravados magneticamente em fitas ou fio.

Instalações de telefonia de chamadas recíprocas

Para auxiliar os serviços do pessoal da manutenção por ocasião dos reparos e das verificações permanentes, torna-se necessária a instalação de meios de comunicação nas áreas das estações e no depósito que permitam uma rápida ligação de chamada e um manejo simples.

As instalações de telefonia de chamadas recíprocas preenchem esses requisitos. Foram previstas para pequeno número de assinantes e para distâncias curtas. Trabalham sem codificação, através de ligações de cabos individuais.

Cada posto telefônico é provido de um equipamento de comunicação, sem necessidade de contato direto com o aparelho, com alto falante e microfone, tecla porta-voz e uma ou mais teclas seletoras. O alcance acústico desse aparelho é de até 10 m, sendo que, uma vez completada a ligação, o participante poderá distanciar-se do aparelho indo até o seu local de trabalho, situado nas proximidades, sem necessidade de interromper a sua comunicação. Sob chamadas recíprocas entende-se que os participantes falam alternadamente, isto é, sempre somente um dos participantes de um telefonema pode falar, sendo que para tanto é necessário apertar uma tecla. Outro participante só pode falar quando o primeiro soltar a tecla.

As instalações telefônicas são necessárias nas diversas estações entre os recintos dos relés de sinalização e as áreas de desvios; além disso, também no posto de comando central entre a sala do chefe de operações e o recinto dos relés de sinalização.

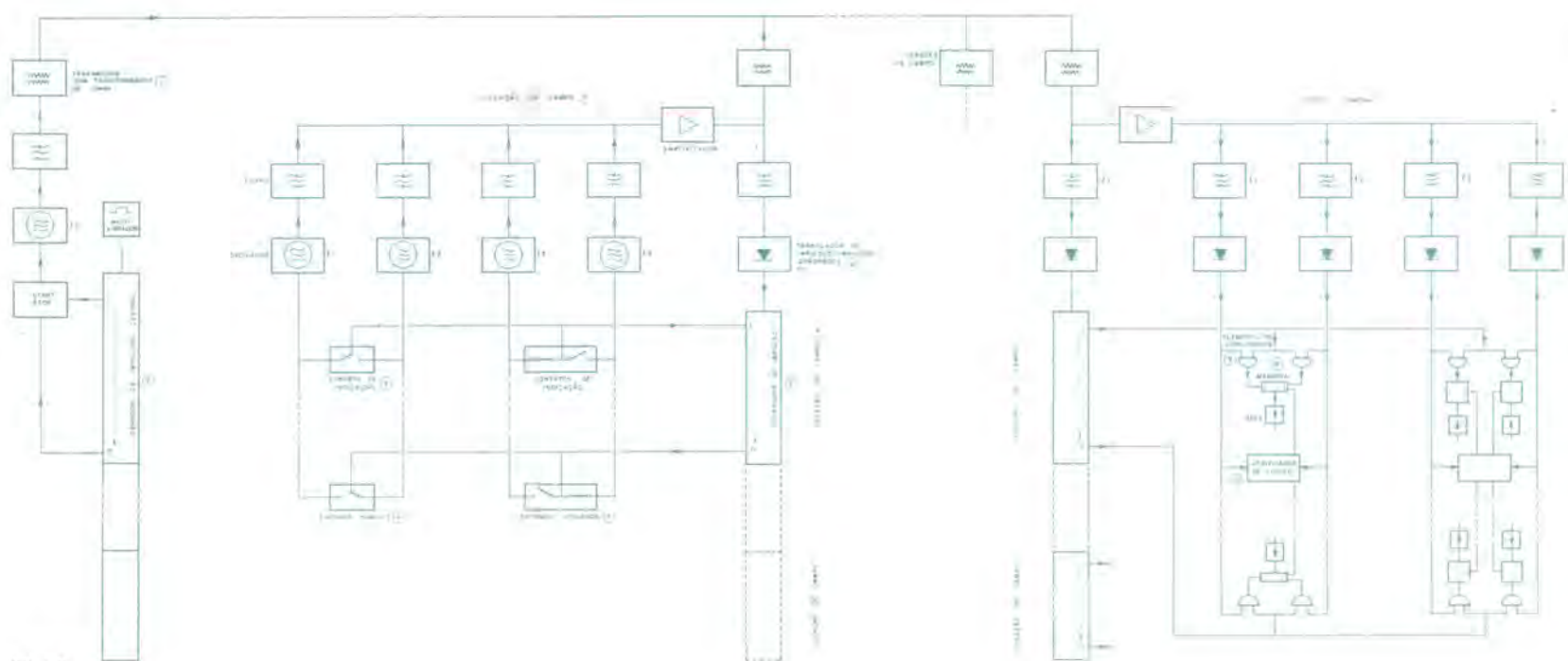


Fig. 23.15
CTC: Sistema multiplex de frequência e tempo

23.15

Nas estações e no depósito serão instaladas colunas com um aparelho de comunicação em pontos importantes na área de desvios.

Além disso, essas colunas ainda poderão ser previstas entre as vias de saída, a fim de possibilitar, principalmente ao maquinista do carro motoriz, entrar em contato com o chefe de operação do depósito.

23.7.3.2. Comunicação com os trens

As particularidades de um moderno sistema de comando operacional, em especial por ocasião de perturbações na transmissão de informações, relacionadas com a sinalização, aos carros, exigem a possibilidade de poder-se entrar em contato com os trens, tanto em marcha como parados, a qualquer hora, através de um sistema de comunicações. Esta exigência somente poderá ser cumprida com o auxílio da telefonia de trem ou da radiocomunicação. Na telefonia de trem (telefonia por frequência portadora) a transmissão processa-se através de circuito de indução. Este circuito é instalado perto da via. Através de uma bobina no carro, a energia é captada pelo mesmo. Conforme o comprimento dos circuitos, os trens são chamados diretamente ou se chama o setor onde se encontra o veículo. Este sistema é especialmente adotável se, para o sistema de sinalização já existe um circuito de indução e circuitos da condução automática contínua.

A transmissão de informações de sinalização e de telefonia superpostos em um único suporte físico é possível tecnicamente. A influência recíproca na transmissão e na recepção deverá ser mantida baixa através de circuitos seletivos. Porém estas instalações são de técnica complicada e muito onerosas. Como condutor para a transmissão os trilhos não são aproveitáveis em vista da faixa de frequências muito estreita que se pode operar sobre os mesmos. Também por motivos operacionais um único suporte físico não seria muito prático, pois em caso de perturbação seria interrompida tanto a transmissão de sinais como a comunicação com os trens.

Uma possibilidade de dois condutores independentes para a transmissão em separado, é dada com o emprego da radiocomunicação.

Nas instalações de rádio em túneis e em galerias surgem dificuldades

na faixa das ondas ultracurtas, devido a restrita possibilidade de propagação das ondas. Uma transmissão através de antenas convencionais somente é possível com gastos excessivos para antenas e equipamentos de transmissão e recepção, em vista da alta atenuação da energia de alta-frequência.

Em vista disso, no Metrô de São Paulo deveria se preferir um sistema com o qual a transmissão e a emissão da energia de alta-frequência em trechos de túnel pode ser efetuada com poucas perdas com o auxílio de uma antena contínua ao longo da linha, fixada ao lado ou sobre a via. Nos trechos na superfície, a radiocomunicação poderá ser operada através de antenas direcionais, pois aqui não se apresentam os problemas acima mencionados.

O comando central chama os trens com uma chamada aberta, isto é, através de um canal de chamada todos os trens nas linhas são chamados ao mesmo tempo. O carro desejado responde e o maquinista, de acordo com a ordem do comando central, muda seu equipamento para um dos canais de comunicação. A radiocomunicação agora passa a ser desenvolvida neste canal. Três canais de rádio estarão disponíveis: 1 canal para chamar e 2 canais para falar. A chamada do veículo para a central se processa da mesma maneira através do canal de chamada.

Com o emprego de elementos de construção correspondentes, a instalação poderá ser ampliada para chamada seletiva, isto é, o comando central só chamará um determinado trem. Instalações deste tipo atualmente estão sendo testadas.

Como os resultados finais destes testes estão sendo esperados para breve, o sistema de chamada para o Metrô de São Paulo somente deveria ser determinado por ocasião do projeto.

Além da radiocomunicação entre comando central e trens, também haverá possibilidade de comunicação com turmas de trabalhadores na linha, equipadas com aparelhos de radiocomunicação portáteis. Empregando-se estes aparelhos portáteis, pode-se desistir, nas áreas locais de manobras, de instalações de chamadas recíprocas entre as salas de relés de sinalização e as áreas de desvios.

Como para o Metrô de São Paulo não está previsto um sistema de

sinalização fixo, a ordem de licenciamento de partida também deverá ser transmitida ao maquinista através do rádio, em casos de falhas na transmissão dos sinais de linha.

Para o pátio de manutenção as instalações de chamadas recíprocas, de alto-falantes e de telefones são o suficiente em matéria de comunicação. Assim parece não ser necessário incluir também esta área no sistema de radiocomunicação.

Propõe-se a instalação do sistema de radiocomunicação já por ocasião das operações experimentais, a fim de acelerar o exame dos carros e das instalações de linha.

23.7.4. Fiscalização das plataformas antes da partida dos trens

Antes da partida dos trens, e depois de um sinal acústico, deverá ser assegurado que os passageiros se afastem do trem, deixando livre uma faixa entre o mesmo e a plataforma, ao longo de todo o comprimento do trem. Será necessário, portanto, fiscalizar a área das plataformas, para o que se oferecem várias soluções.

a) Fiscalização das plataformas pelo posto central

Neste método, as imagens captadas pelas câmaras de televisão são transmitidas ao posto central, através de cabos de ligação especiais (cabos coaxiais), em frequências portadoras.

No caso, a quantidade de sinais de imagem sincronizados a serem transmitidos através de uma ligação de cabo, é limitada. No posto central estão instalados vários monitores, que poderão ser ligados, optativamente, às diversas câmaras.

A tomada de imagem poderá ser alterada pelo posto central para o sentido horizontal e vertical, através de comando remoto da câmara.

b) Fiscalização das plataformas pelo pessoal da estação, encarregado do despacho de trens

Nesta solução se oferece a possibilidade de que o pessoal da estação se encarregue de fiscalizar as plataformas com o olhar ou por meio de aparelhos de televisão, antes de dar o sinal de partida para os trens. As imagens no vídeo são transmitidas a uma distância relativamente curta pelas câmaras distribuídas ao longo das plataformas para os monitores instalados na sala de controle da estação.

c) Fiscalização das plataformas pelo maquinista

O maquinista da automotriz deverá dispor de meios auxiliares para poder fiscalizar adequadamente a área da plataforma pouco antes da partida do trem. Não se recomenda a utilização de espelhos convexos nas extremidades da plataforma, pois, devido à imagem deformada refletida pelo espelho, a fiscalização da plataforma se tornaria bastante problemática visto ser esta muito longa. Além disso, de qualquer maneira não poderiam ser utilizados espelhos nas plataformas dispostas em curvas.

Quanto à fiscalização por meio de aparelhos de televisão, existem duas possibilidades técnicas: a transmissão de imagens para monitores instalados nos veículos, ou para monitores instalados na plataforma, à altura do ponto de parada predeterminado. O método de transmissão de imagem para o veículo foi comprovado tecnicamente, porém, requer grande número de equipamento, pois no setor da alta frequência, a transmissão da imagem terá que ser feita em frequência portadora. A transmissão de imagem para monitores instalados na plataforma, é mais simples do ponto de vista técnico. Tratando-se de distâncias relativamente pequenas, as imagens poderão ser transmitidas em audiodiferência, sem necessidade de grandes despesas para equipamentos. Na altura do ponto de parada predeterminado, os monitores serão dispostos de tal forma, que o maquinista possa discernir bem a imagem da sua cabine de comando.

A primeira solução apresentada, que é a da fiscalização pelo posto central, é a que exige maior aparato técnico, sendo também, comprovadamente, a mais cara.

A cada parada de trens na estação, o posto central precisaria fazer a ligação às câmaras da respectiva plataforma, tarefa essa que o deixaria sobrecarregado, tendo em vista o grande movimento de trens. Além disso, teria que ser dado um sinal separado ao posto central, avisando a iminente partida dos trens.

A segunda alternativa, fiscalização pelo pessoal da estação encarregado do despacho de trens, não poderá ser levada a efeito, pois particularmente nas estações de menor movimento de passageiros em São Paulo não estão previstos despachadores para os trens.

Por esses motivos, propõe-se a fiscalização pelo maquinista da composição, por meio de monitores instalados nas plataformas. Apesar de sua simplificada concepção técnica, este sistema poderá atender a todas as exigências operacionais referentes à fiscalização das plataformas, se for mantida a precisão de frenagem de aproximadamente 1 m nos pontos de parada predeterminados.

Outra vantagem oferecida por esta solução, é a dos seus custos reduzidos.

Não deverá ser aplicado comando remoto nas câmeras, mas sim, deverão ser utilizadas câmeras fixas, pois, chegando-se ao final de uma sequência de movimentos, não será fácil revistoriar a área da plataforma tomada no início, caso isto for necessário. Tendo em vista os curtos tempos de parada de trens nas estações, a repetição dos movimentos da câmera levaria a atrasos prejudiciais na partida dos trens. No caso de serem necessárias várias câmeras para uma só plataforma, poderão ser unificadas para uma imagem só. O número de câmeras, bem como a sua localização e o tipo das objetivas a serem empregadas, são dados que somente poderão ser determinados após os respectivos estudos e testes por parte da firma construtora.

23.7.5. Instalações eletro-acústicas

Para poder transmitir informações ao público, os carros e as estações serão equipados com uma instalação de alto-falantes.

Levando em consideração as condições acústicas, em parte desfavoráveis, as diversas estações deverão ser providas de uma instalação de alto-falantes tal, para que o som alcance bem as plataformas, os acessos às mesmas e o saguão com os guichês. Estas instalações de alto-falantes serão operadas pelo pessoal local da fiscalização. Os diversos circuitos de alto-falantes podem ser operados em separado. Para o projeto deverão ser tomadas certas providências, para que mais tarde seja possível, completar as instalações sem a necessidade de grandes reformas de tal maneira, que o público, quando necessário, possa receber informações também através do posto de comando central. Os carros deverão ser providos com uma instalação de dois circuitos, um para alto-falantes internos, outro para alto-falantes externos. Assim o maquinista terá possibilidade de dirigir-se da cabine de comando tanto ao público no trem, como às pessoas nas plataformas. Por ocasião de breves interrupções das instalações de alto-falantes locais, o maquinista poderá transmitir informações do pessoal da fiscalização aos passageiros nas plataformas, através dos alto-falantes externos do carro. Como principalidade em caso de irregularidades operacionais, por exemplo interrupção da energia elétrica, a transmissão de informações torna-se necessária, a instalação de alto-falantes será alimentada pela bateria dos telefones, ficando assim independente da rede.

Fator importante a ser cuidado por ocasião da instalação do sistema de alto-falantes, é a questão da audibilidade.

Como índice máximo referente à ocupação da área, deverá ser levado em consideração, que nas plataformas, 1 m² será ocupado por 1,5 pessoas, enquanto que no saguão dos guichês e nos acessos às plataformas, 1 m² será ocupado por cerca de 3 pessoas.

Uma densa rede de alto-falantes permitirá que o tempo da propagação do som, e assim também a diferença desse tempo entre som direto e indireto, possa ser mantido dentro dos limites admissíveis para uma boa audibilidade. Para a determinação da capacidade acústica deverá ser considerado o nível de ruído das operações metroviárias.

23.7.6. Instalação de relógios elétricos

O comando automático de trens, básico para a pontualidade das operações, exige uma instalação de relógios de controle central, com uma alta precisão garantida por largo espaço de tempo, bem como a manutenção do comando sincronizado. Como para a correção dos relógios mestres do Metrô de São Paulo não existe um sinal de hora oficial, deve-se fazer questão de exatidão mantida durante um espaço de tempo maior.

A instalação de relógios será comandada por um relógio-mestre, instalado no comando central. Todos os outros relógios auxiliares estão ligados a este relógio-mestre através de circuitos. Estes últimos não dependem da rede, sendo sincronizadamente comandados pelo relógio-mestre, isto é, com impulsos de corrente contínua de polaridade alternadamente. São necessários impulsos de segundos e de minutos.

Para que a maior parte possível da instalação de relógios elétricos continue funcionando em caso de paralisação do relógio-mestre ou defeito em um circuito de associação de relógios, é conveniente a instalação de alguns relógios-mestres, como reserva, em alguns pontos finais da rede do metrô, que nestes casos garantem o funcionamento dos relógios auxiliares. Para os casos de interrupções da rede, serão previstas reservas de funcionamento de 10 a 48 horas. Os relógios principais serão dotados de um dispositivo automático, que permitirá a regulação manual.

Com um relógio-mestre alimentado por baterias, comandado por um gerador estabilizado por um cristal de quartzo oscilante, é possível dirigir uma precisão de funcionamento de 0,01s/dia, com controle da temperatura do cristal de quartzo.

Para os diversos relógios é proposto o convencional mostrador com ponteiros. Dentro da área do metrô deverão ser instalados relógios nos seguintes locais:

no interior das estações, nas cabeceiras e perto dos indicadores do destino dos trens, nas plataformas, na sala de serviço do agente da estação, no saguão dos relés de sinalização, no saguão dos guichês, no posto de comando, nas colunas luminosas do metrô em frente às estações, nas dependências da administração e no pátio de manutenção;

nas plataformas, nas salas de serviço e no posto de comando, serão utilizados relógios que também marcam os segundos.

No caso dos circuitos de relógios que correm paralelamente a linhas de alta tensão, aparecem tensões longitudinais influenciando nos circuitos de relógios, e que até podem oferecer perigo.

No intuito de diminuir estas tensões os circuitos de relógio poderão ser subdivididos em diversos trechos, separados galvanicamente entre si. Os relógios auxiliares então são acionados por impulsos indutivos.

23.7.7. Indicador do destino dos trens

A fim de informar os passageiros nas plataformas, torna-se necessário anunciar o destino dos trens esperados, através de um indicador de destino dos trens. Esta informação já deverá ser reconhecida antes da chegada dos trens (pré-anúncio). Os indicadores deverão ser dotados de um quadro para as inscrições, que sob qualquer iluminação possam ser facilmente lidas de qualquer distância, compreendida nos limites de embarque.

Os indicadores poderão ser de quadros ou de fita.

Nos indicadores de quadro as diferentes informações são fixas, e iluminadas.

Nos indicadores de fita, as mesmas são transportadas em etapas, por motor elétrico, conforme o comando e aparecem em uma janela. Os indicadores são iluminados interiormente.

O movimento das informações dos dois tipos é comandado pela instalação de controle automático do trem. Em determinados pontos da via antes das estações, são formados os critérios de informação, derivados do número do trem e da ocupação do trecho da via. Faltando o código do trem, então os indicadores passam a dar informações neutras, por exemplo: "Atenção para o chamado pelo alto-falante".

Quando um trem deixa a estação, então a informação é apagada, com o auxílio da indicação de desocupação do trecho da via, aparecendo um quadro vazio. No caso de distúrbios ou em casos excepcionais, a fiscalização local das operações tem a possibilidade de interferir manualmente no comando automático dos indicadores.

Nos indicadores de quadro, a escolha do tamanho dos indicadores é determinada pelo número de trens a serem anunciados, bem como pelo número e tipo de outras informações julgados necessários. O funcionamento dos indicadores é simples.

Além da vantagem do tamanho menor dos indicadores de fita, ainda é possível a ampliação da quantidade de informações até 50 a 60 informações por fita.

Em relação ao preenchimento das exigências operacionais, ambos os tipos de indicadores são adequados. Considerando o baixo volume de informações necessárias (no máximo 4 destinos) e a construção simples dos indicadores de quadros, estes são propostos para o Metrô de São Paulo.

As caixas dos indicadores e dos relógios auxiliares poderão ser reunidas, formando uma unidade.

23.7.8. Instalações do posto de comando

As instalações de telecomunicação no posto de comando serão: a instalação geral da rede telefônica, as instalações de comando, de telefones de linha e de radiocomunicação de toda a área do metrô, e também as instalações locais das chamadas recíprocas e de alto-falantes, pertencentes à área da estação do comando central.

Os diversos equipamentos funcionarão independentemente entre si. Por questões de supervisão, porém, os diversos elementos necessários para o manejo dos mesmos deverão ser convenientemente reunidos em dispositivos de operação, centralizados. Estes, além do aparelho manual com disco seletor, dispõem de diversas teclas e lâmpadas de controle, que correspondem aos diversos assinantes ou ligações. Dispõem ainda de um equipamento de comunicação à distância, composto de microfone e alto-falante, para a instalação de chamadas recíprocas, dos alto-falantes e da radiocomunicação. As teclas e as lâmpadas de controle das diversas conexões da instalação de comando, dos telefones de linhas e da radiocomunicação de cada linha do metrô, são reunidas em um conjunto. Todas as chamadas que chegam, têm aviso visual e acústico. Quando a tecla correspondente é apertada e o fone retirado do gancho, podem ser recebidos os telefonemas da rede telefônica geral, dos telefones de comando e dos de linha.

Os chamados recíprocos e de radiocomunicação chegam diretamente aos alto-falantes, sem que seja necessário apertar anteriormente uma tecla. Pelo piscar da respectiva lâmpada, pode ser identificada a origem do chamado. Havendo necessidade, os chamados poderão ser mantidos na espera. Assim, durante um telefonema é possível atender a um outro chamado. Terminado este, o primeiro telefonema poderá ser reiniciado.

Para telefonemas a partir dos telefones de comando ou dos de linha, o fone é retirado, é primeiro apertada a tecla correspondente à ligação desejada e em seguida a tecla de chamada. Uma lâmpada de verificação especial assinala se o sinal de chamada, produzido automaticamente, de fato é transmitido.

Para ligações na rede telefônica geral, é retirado o fone do gancho e em seguida discado o número desejado. Para as chamadas recíprocas e as de alto-falantes é apertada a tecla correspondente, sendo que na primeira o participante somente poderá responder, depois que a tecla de outro aparelho for solta.

Para estabelecer uma ligação no sistema de radiocomunicação, chama-se primeiro através de um canal de chamada, que sempre está ligado, apertando uma tecla de chamada. Estabelecida a ligação, é mudado para o canal para falar e a comunicação pode ser iniciada.

Para poder anotar telefonemas importantes, relativos às operações e cujo conteúdo deverá ser examinado mais tarde, poderão ser empregados equipamentos de memória, que automaticamente começam a funcionar ao iniciar-se um telefonema, desligando tão logo o mesmo termine.

24. Processamento das operações

24.1. Princípios do processamento das operações

A função principal de um metrô consiste em oferecer um serviço de transportes com frequência adequada, tão rápido e pontual quanto possível e com garantias de segurança operacional. Além disso, a oferta de transporte deve corresponder à demanda, tanto no que se refere a horário, como no que diz respeito à quantidade. Essa correspondência pode ser obtida através da elaboração de horários adequados ou, quando necessário, pela composição adequada dos trens. Variações diurnas de volume e direção da demanda, com horas de pico (rush) acentuadas, que variam também conforme os dias da semana e com a época do ano, devem ser consideradas através de estudos estatísticos, em cada caso particular. A condição exclusiva de aproveitamento máximo possível do número de lugares, nem sempre é o critério mais aconselhável no estudo desses horários, quer sob ponto de vista econômico, quer no que respeita à técnica de operação do sistema. O atendimento de trechos de fim de linha ou das correntes de tráfego dirigidas alternativamente, em uma só direção, assim como os trajetos obrigatórios decorrentes de eventuais problemas de circulação, exigem, freqüentemente, a colocação de trens que, durante o percurso ou retorno, não acusam um aproveitamento máximo de seus lugares. Por outro lado, é necessário, que, mesmo nas horas de pouca demanda, haja uma oferta suficiente de transporte, para que os usuários continuem a sentir as conveniências do metrô. Uma adaptação muito rígida da composição dos trens baseada unicamente nas vantagens econômicas pode, em certos casos, ter efeito contraproducente sobre a evolução desse meio de transporte.

Por isso, em geral, a oferta diária média de lugares será muito superior à demanda. Horário e número de veículos devem portanto subordinar-se, sempre, a um compromisso entre demanda de condução e as exigências. E o ponto de vista econômico não seria a única das razões para este procedimento.

24.2. Cálculo dos tempos de percurso

Os tempos de percurso foram calculados pelo processo gráfico do

Prof. Dr. Mueller (Universidade Técnica de Aachen). Os trechos de linha e o diagrama SV serviram de base para os cálculos.

Os resultados para a Linha Santana-Jabaquara, com ramal Paraíso-Moema acham-se representados em um diagrama de marcha (Fig. 24.1) e na tabela de horários (Fig. 24.2).

Os menores valores dos tempos de percursos obtidos foram arredondados para segundos na confecção da tabela de horário. O tempo regulamentar das paradas em todas as estações é de 30 s. Um acréscimo de 8% sobre o tempo total do percurso calculado pelo gráfico, foi estabelecido, a fim de possibilitar eventuais reajustamentos nas irregularidades operacionais e técnicas.

O tempo de parada de 30 s em cada estação intermediária está, aliás, incluído no horário, mas poderá, sempre que as condições do movimento o exigirem, ser diminuído para recuperar eventuais atrasos. Além disso, após a introdução do sistema de comando central automático das operações, será possível aproveitar economias resultantes da administração dos tempos de parada, para obtenção de um regime mais econômico das velocidades no percurso entre as estações.

Nessas condições, com um tempo de percurso de 20 min de Santana até Jabaquara, e 15 min de Santana até Moema, que correspondem a um tempo total de viagem de 31 min de Santana até Jabaquara e respectivamente, 23 min de Santana até Moema, a velocidade média de percurso será de, aproximadamente 50 km/h, e a velocidade média comercial aproximadamente 32 km/h (Fig. 24.2).

24.3. Elaboração das tabelas de horário

24.3.1. Princípios fundamentais

O horário é o instrumento para controlar o conjunto das operações. Além disso, o horário serve para informar os usuários sobre a circulação dos trens, seus percursos e itinerários. O horário indica a movimentação dos trens permitindo calcular a quantidade necessária de

veículos e de pessoal de serviço. O horário pode ser apresentado em forma de livreto ou em forma de gráfico, de acordo com sua respectiva finalidade. O horário gráfico proporciona uma boa supervisão do andamento das operações. Demais, poderá também servir como base de trabalho para disposições operacionais.

24.3.2. Exemplo de horário para a Linha Santana-Jabaquara com ramal Paraíso-Moema

No exemplo de horário para o início das operações na Linha Santana-Jabaquara com o ramal Paraíso-Moema, apresentado na figura 24.3, as linhas do trajeto dos trens representam os tempos de percurso. Nos pontos de interseção dessas linhas com as linhas verticais das estações, foi dispensada a marcação das horas de chegada, para maior clareza da figura. Para evitar repetições, a apresentação do horário limita-se aos espaços de tempo compreendido entre 4 e 12 horas e entre 15 e 2 horas. Para torná-lo mais simples, o percurso dos trens em sentido contrário é marcado no mesmo gráfico.

O horário operacional do metrô é adaptado às necessidades de transporte e fixado entre cerca de 5.00 horas da manhã e 1.00 hora da madrugada.

Essa pausa operacional durante a noite possibilita a execução dos serviços de manutenção das instalações da ferrovia, sem perigo de perturbações. O horário é organizado de maneira rígida indicando a variação diurna de seqüência dos trens. O menor intervalo entre trens (maior quantidade de trens) é de 2,0 minutos nas horas de pico. Baseia-se na demanda prevista no início das atividades operacionais do metrô. As horas de pico (rush) são determinadas de acordo com o ritmo de trabalho da metrópole. Como ao meio dia não é de se esperar nenhum pico acentuado, não haverá necessidade de intensificar a seqüência dos trens nessa hora. Fora das horas de pico, o movimento geral será, normalmente, de 20 trens/h. A variação de freqüência dos trens processa-se gradativamente. Os trens excedentes serão encaminhados progressivamente para os desvios de depósito para a limpeza e manutenção, indispensáveis à volta ao serviço no momento oportuno.

As variações normais de demanda de lugares nas condições de tráfego de São Paulo, serão atendidas pela

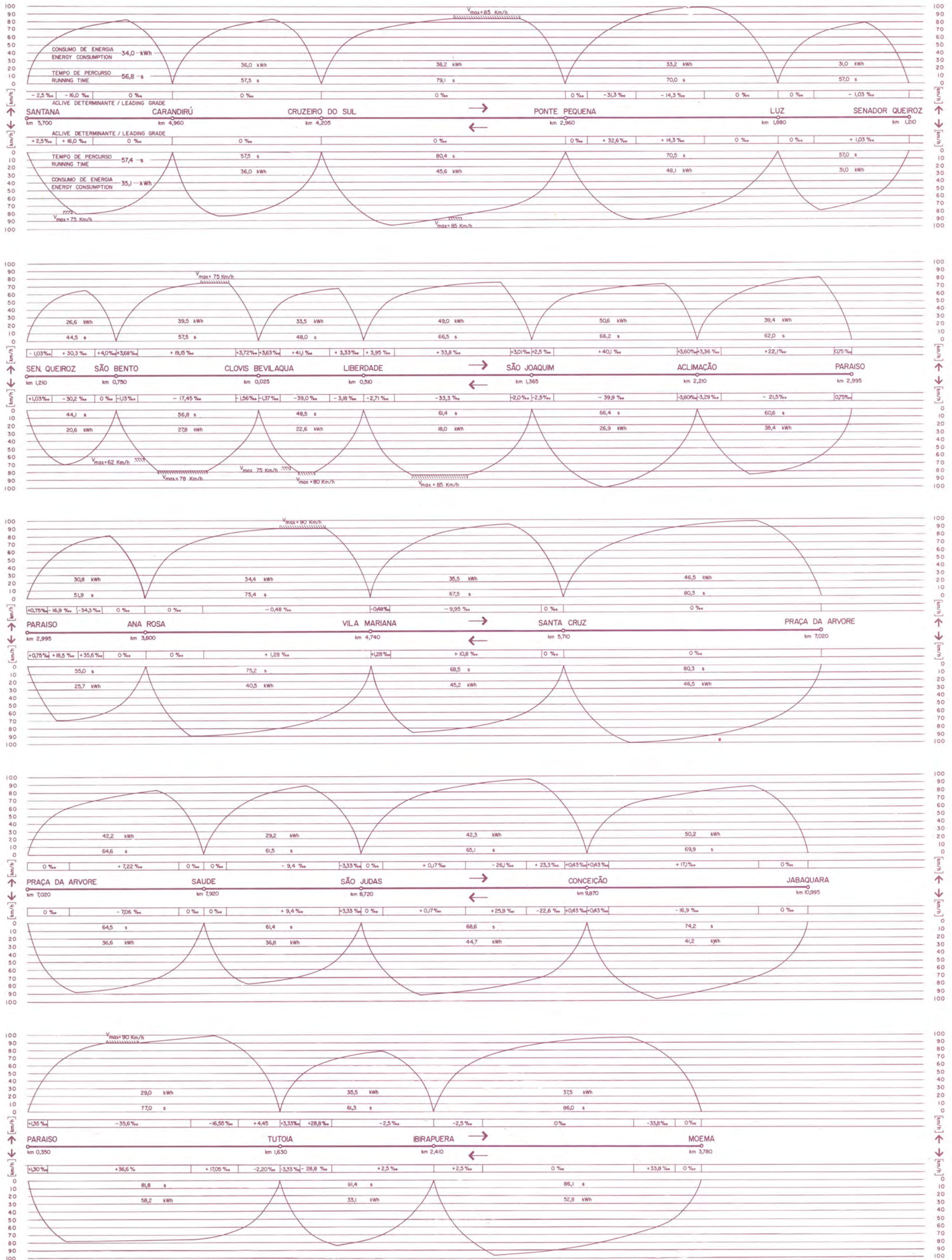
modificação da freqüência dos trens. Com os pequenos intervalos previstos entre trens subsequentes, nas horas do "rush" é praticamente impossível, por motivos operacionais, atender a essas variações relativamente rápidas através de aumento ou diminuição das composições. Isso demandaria, ainda pessoal de serviço suplementar. Quando à noite, porém, o intervalo entre um trem e outro for superior a 10 min, seria aconselhável, em benefício do próprio tráfego, manter o intervalo entre trens consecutivos, reduzindo o tamanho das composições. Com esse espaçamento dispõe-se de tempo suficiente para a execução de manobras, sem qualquer dos inconvenientes apontados nas horas de maior movimento.

O regime excepcional de afluência de passageiros nos sábados e domingos será atendido por horários especiais. Nos sábados a oferta de lugares poder-se-á limitar a 70 — 80% e aos domingos eventualmente a 50 — 60% dos dias úteis. As reduções ou intensificações da afluência de passageiros condicionadas às diferentes épocas do ano podem ser levadas em consideração através de horários apropriados.

Os passageiros serão informados sobre o tráfego do metrô, através de livretos de horários e de quadros de horários afixados à entrada de cada estação. Os horários informarão a respeito do início e fim das operações, hora das partidas, seqüência dos trens e tempos de percurso. O livreto de horários comportará, por questão de conveniência, o horário em conjunto de todos os meios de transportes suburbanos.

Fig. 24.1
Diagrama de marcha para a Linha Santana-Jabaquara e ramal Paraíso-Moema

Fig. 24.1
Diagrama de marcha para a Linha Santana-
Jabaquara e ramal Paraíso-Moema



A oferta de lugares proporcionada pelo horário apresentado a título de exemplo, cobre toda a afluência de passageiros prevista ao serem iniciadas as operações do metrô (Fig. 24.4). Reduzindo-se para 1,5 min o intervalo entre um trem e outro e ampliando-se o espaço de tempo durante o qual as operações se processam com essa sequência, é possível efetuar um substancial aumento na oferta de lugares e uma adaptação às diferentes demandas do tráfego.

24.3.3. Numeração dos trens

Cada viagem será assinalada por um número. Esse número informa sobre o destino do percurso do trem e sobre o tipo da viagem. O número do trem serve para identificar o trem nas comunicações e para controlar o andamento das operações. A numeração dos trens constituirá a base para o comando operacional automático, isto é, para a execução das funções de comando. O comando de operação automática estará baseado em cinco algarismos com as seguintes significações:

- 1.º algarismo — Identificação da estação inicial da viagem.
- 2.º algarismo — Identificação da estação de destino.

Cada estação da rede, que poderá servir de estação inicial ou de destino, receberá um número de um único algarismo. Desta forma os dois primeiros algarismos do número do trem serão escolhidos de acordo com as condições operacionais, pelos números de identificação da estação inicial e da estação de destino.

Pelo acima descrito se verifica que para a identificação das estações se dispõe de apenas 10 algarismos (de 0 até 9) os quais, todavia, poderão ser empregados com repetição. Neste caso, deverá atentar-se, para que sejam excluídas viagens distintas com números de trens idênticos (vide fig. 24.5)

Em caso de outras combinações de viagem, as rotas deverão ser estabelecidas manualmente.

Do 3.º ao 5.º algarismo — Número de viagem.

O número de viagem serve para a numeração contínua dos trens e para a identificação da finalidade da viagem.

Sequência de números:
de 001 até 799 — viagens regulares
de 800 até 899 — viagens para pátios de estacionamento
de 900 até 999 — viagens com trens vazios etc.

24.4. Rodízio da circulação dos carros

24.4.1. Finalidade e estruturação

A ordem de entrada em serviço dos trens programados pelos horários e formados com veículos à disposição no momento, é determinada através do rodízio dos veículos. Para tanto se faz necessário um quadro gráfico que inclua para cada veículo, os trechos rodados e as paradas, dispostos sobre uma coluna horizontal que cubra todo o tempo de expediente

operacional diário (Fig. 34.6). No quadro de rodízios os trechos rodados são representados em forma de barras horizontais com indicação, para cada trecho, da hora de partida e hora de chegada, bem como o número do trem. Em caso de retirada de serviço indica-se o local onde o veículo fica em depósito pelo símbolo que representa esse ponto. O plano de rodízio fixa os tempos de imobilização do veículo. Esses tempos devem ser sempre que possível dispostos de maneira que possam ser aproveitados para limpeza e manutenção. Nos casos de serviços de manutenção importantes, exigindo um ou mais dias parados, os respectivos carros deverão ser substituídos por carros de reserva.

24.4.2. Início e fim do expediente operacional

A localização dos desvios para depositar trens tem grande influência sobre o início e o fim do expediente diário. É por isso conveniente estabelecer vias de depósito em várias estações ao longo da linha, além dos desvios das terminais, a fim de possibilitar em ambas as direções, a entrada ou saída de serviço dos trens, de ou para essas vias de estacionamento, dentro do menor espaço de tempo. O transporte do pessoal de serviço pela manhã e seu recolhimento à noite, pode ser efetuado por um trem, como mostra o exemplo de horário, o qual, como transporte de pessoal, só pára nas estações onde deverá haver embarque ou desembarque de pessoal de serviço. Todo percurso de ou para os pontos de depósito será convenientemente aproveitado para transporte público. Obtém-se assim um mínimo de viagens com veículos vazios.

A interligação das diferentes linhas entre si só será exigida por motivos operacionais.

A transferência de carros motores de uma para outra linha, ou para a oficina de consertos, deve ser efetuada durante as horas de reduzido movimento.

24.4.3. Manobras de retorno nas estações terminais

As manobras de retorno nas estações terminais interrompem a marcha do trem. A rápida sucessão dos trens exige uma rápida preparação dos trens para a marcha em sentido contrário.

Nas figuras 24.7/I e 24.7/II foram estudadas duas possibilidades de manobras de retorno nas estações terminais com um intervalo de 90 s entre dois trens.

Mudança de via além da plataforma (Fig. 24.7/I)

Neste caso o trem que chega, pára sempre junto à mesma plataforma (seção 1). Após o desembarque dos passageiros o trem avança em um prolongamento da via (seção 3). Quando o trem seguinte chega, o primeiro trem volta passando para a outra plataforma (seção 2). Por mais rápida que seja a execução da inversão, ela exige, com este processo, 2,5 min. Necessitam-se, portanto, mais veículos. Além disso, devido ao pouco tempo disponível para a mudança de via de uma direção para a outra, pessoal suplementar torna-se necessário para as operações. O tempo de folga entre um trem e outro é muito reduzido.

Mudança de via antes da plataforma (Fig. 24.7/II)

Com essa disposição os trens encostam alternativamente na seção 1 ou 2. O trem permanece junto à plataforma durante todo o tempo destinado à inversão para a troca de passageiros. Como há economia do tempo que seria gasto para as manobras além da plataforma, o tempo gasto na transferência de via é mais curto, resultando por outro lado na necessidade de menor número de veículos. Com um tempo de inversão de 1,5 min ou mais, dispensa-se igualmente um maquinista suplementar, pois esse tempo é suficiente para a troca de cabine de comando.

A figura 24.7/II apresenta condições cronométricas, sensivelmente melhores sobretudo nos períodos de modificação na sequência dos trens. Entre a partida da seção 1 e a chegada à seção 2 deve haver um intervalo de segurança de 1,1 min, a fim de que o trem que chega não tenha necessidade de efetuar uma frenagem prematura, mesmo que sua velocidade seja de $V = 100 \text{ km/h}$. A última solução foi escolhida devido às suas melhores condições cronométricas.

24.5. Veículos necessários

O cálculo do número necessário de carros baseia-se no volume de tráfego em cada uma das linhas. A maior afluência de passageiros nas horas de pico (rush), é decisiva para a determinação do menor tempo

na sequência dos trens t_F (min). Este resulta do número de passageiros transportados por hora e do número de lugares em cada composição, acrescido de uma margem de segurança. O número de trens que deve circular por hora será então:

$$Z_h = \frac{60}{t_F} \frac{\text{trens}}{h}$$

Para calcular o número de veículos necessários deve-se ainda determinar o tempo que os veículos levam para completar o percurso t_u (min). Este compreende a viagem de ida e volta e o tempo de reversão nos dois terminais da linha. Enquanto que o tempo de percurso é conhecido através do cálculo do horário, a duração das manobras de retorno deve ser determinada de acordo com as condições locais. Do número de trens por hora e da duração do percurso, infere-se então o número de composições necessárias para cada uma das linhas:

$$\text{composições necessárias} = \frac{Z_h \cdot t_u}{60}$$

(unidades de composições)

24.5.1. Veículos necessários — 1.ª etapa

As operações da Linha Santana-Jabaquara com o ramal Paraíso-Moema exige uma sequência de 30 trens por hora para cobrir a afluência de passageiros nas horas de pico (rush). Com um tempo de percurso de $2 \times 31 \text{ min}$, respectivamente $2 \times 23 \text{ min}$ e uma duração das manobras de reversão de

Estação	Distância	Tempo de percurso por terminação gráfica	Tempo de percurso por terminação gráfica	Tempo de percurso por terminação gráfica	Tempo de percurso por terminação gráfica	Tempo de viagem a partir da estação inicial	Tempo de viagem a partir da estação inicial
		N/S	S/N	N/S	S/N	N/S	S/N
	m	s	s	s	s	min	min
Santana							30,94
Carandirú	740	56,8	57,4	62	63	1,03	29,39
Cruz. do Sul	755	57,5	57,5	63	63	2,58	27,84
Ponte Pequena	1245	79,1	80,4	86	87	4,51	25,89
Luz	1080	70,0	70,5	76	77	6,28	24,11
Sen. Queiroz	670	57,0	57,0	62	62	7,81	22,58
São Bento	460	44,5	44,1	49	48	9,13	21,28
Cl. Bevilacqua	725	57,5	56,8	63	62	10,68	19,75
Liberdade	535	48,0	48,5	52	53	12,05	18,36
São Joaquim	855	66,5	61,4	72	67	13,75	16,74
Aclimação	845	66,2	66,4	72	72	15,45	15,04
Paraíso	785	62,0	60,6	67	66	17,07	13,44
Ana Rosa	605	51,9	55,0	56	60	18,50	11,94
V. Mariana	1140	75,4	75,2	82	82	20,37	10,07
Santa Cruz	970	67,5	68,5	73	74	22,09	8,34
Pça. da Árvore	1310	80,3	80,3	87	87	24,04	6,39
Saúde	900	64,6	64,5	70	70	25,79	4,72
São Judas	800	61,5	61,4	67	67	27,33	3,10
Conceição	1150	65,1	68,6	71	75	29,01	1,35
Jabaquara	1125	69,9	74,2	76	81	30,78	
Paraíso							5,17
Tutoia	1280	77,0	81,8	84	89	1,40	3,19
Ibirapuera	780	61,3	61,4	67	67	3,02	1,57
Moema	1370	86,0	86,1	93	94	5,07	

Fig. 24.2
Tabela de tempos de percurso

Fig. 24.3/I
Gráfico do horário, Linha Santana-Jabaquara
e ramal Paraíso-Moema

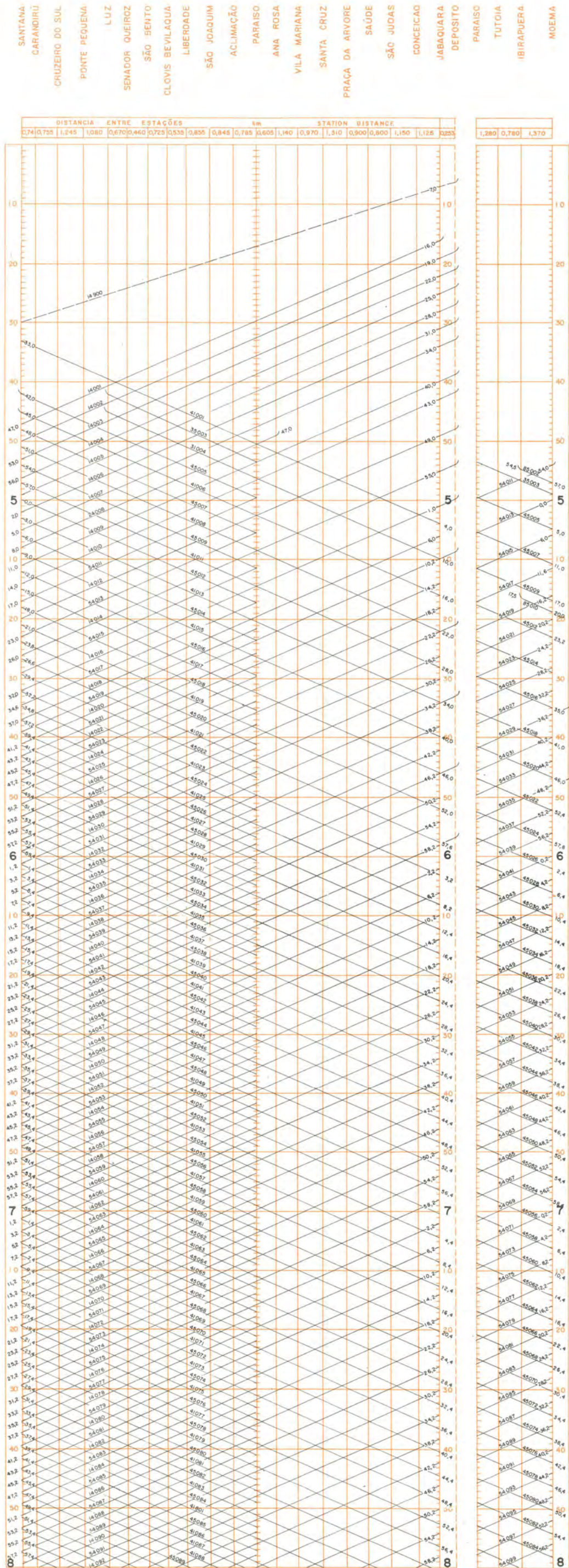
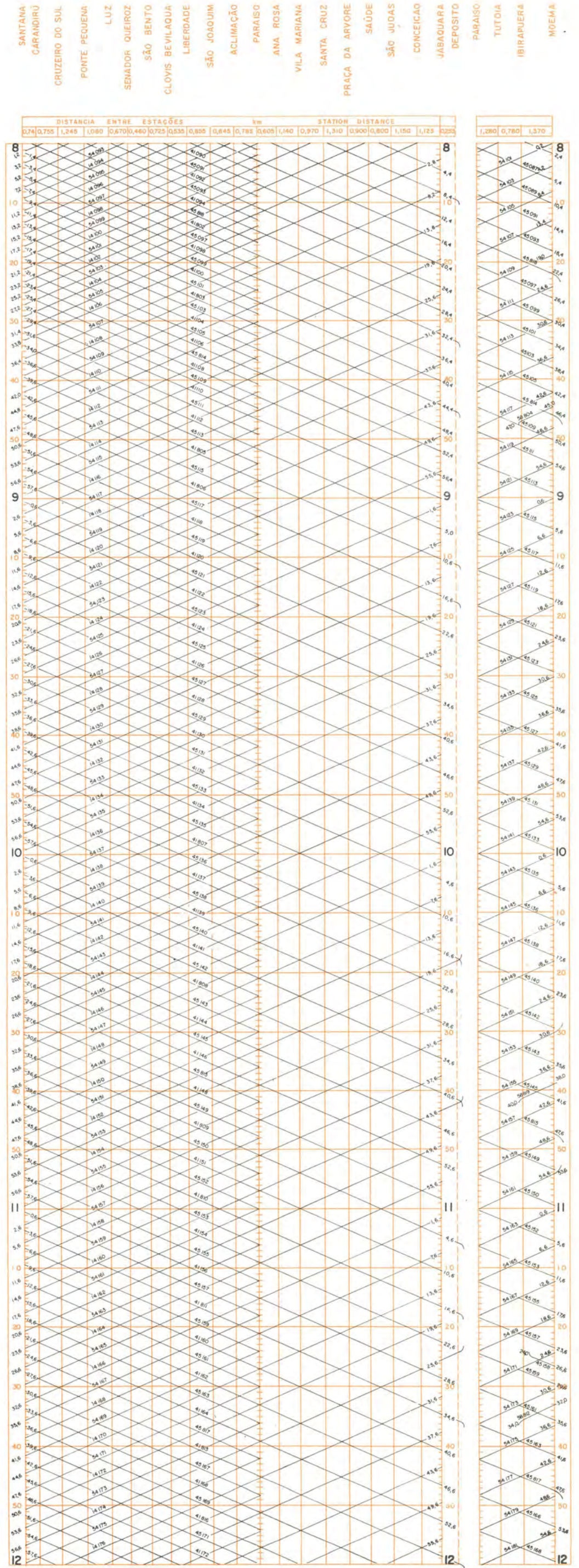
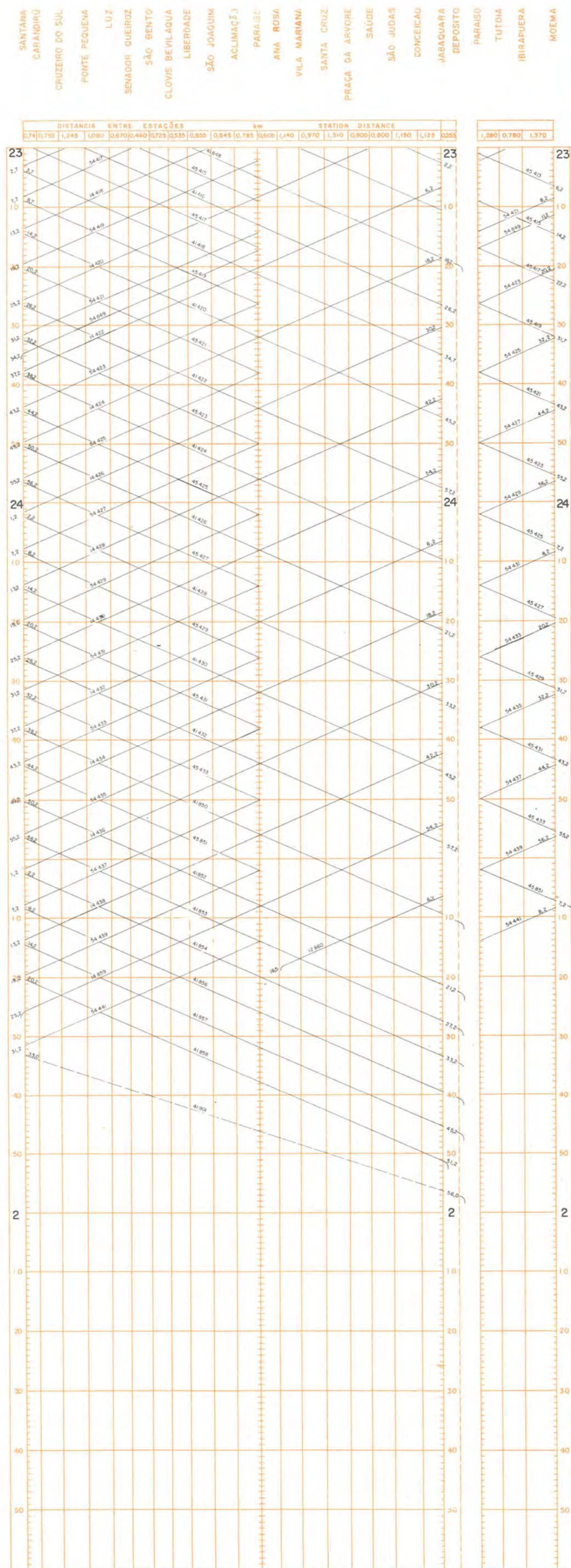


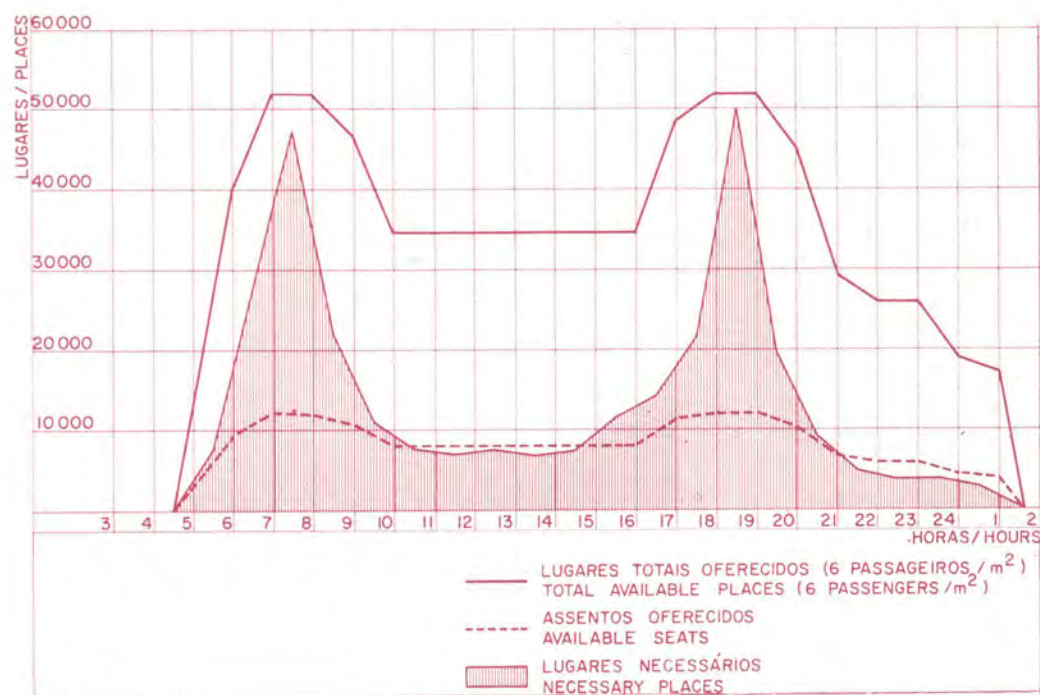
Fig. 24.3/II
Gráfico do horário, Linha Santana-Jabaquara
e ramal Paraíso-Moema







24.3.V.



24.4

Fig. 24.3/III
Gráfico do horário, Linha Santana-Jabaquara e ramal Paraíso-MoemaFig. 24.3/IV
Gráfico do horário, Linha Santana-Jabaquara e ramal Paraíso-MoemaFig. 24.3/V
Gráfico do horário, Linha Santana-Jabaquara e ramal Paraíso-MoemaFig. 24.4
Máximo de lugares oferecidos e necessários por trajeto de ida e volta

8,0 min (ver ex. de horário da fig. 24.3) tem-se o tempo de 116,0 min para 2 viagens totais, ida e volta. O número de trens necessários seria então de:

$$\frac{30 \cdot 116}{60 \cdot 2} = 29 \text{ composições}$$

Como essa demanda só ocorre nas horas de pico (rush), e como nas outras horas há um número suficiente de veículos encostados em reserva, não haverá necessidade de se aumentar esse número em virtude de serviço de limpeza e manutenção dos veículos. Quatro composições são previstas como reserva operacional. O número de trens necessários corresponde, pois, a 33 composições.

24.5.2. Composições necessárias na rede total

Com base no número de veículos necessários para a primeira linha, calcula-se em 152 o número de composições de 6 carros para o ano de 1987 (Fig. 24.8).

24.6. Pessoal necessário para o serviço operacional e de tráfego

24.6.1. Serviço de condução dos trens

O sistema de operações previsto, amplamente automatizado, permite a operação dos trens unicamente pelo

maquinista do carro motor. Com o auxílio do plano de rodízio dos veículos motores (Fig. 24.6), foram efetuados estudos de programação dos serviços para a Linha Santana-Jabaquara com o ramal Paraíso-Moema. Levando-se em consideração o tempo exigido para o serviço de preparação e de estacionamento, reservas para rodízio, instrução periódica, folgas, doença e férias, serão necessários 110 maquinistas de automotriz na primeira fase operacional do metrô.

Em face do tráfego previsto quando do início das operações sobre o total da rede, pode-se calcular que o movimento de trens nas horas de pico será o seguinte:

1. Linha Santana-Jabaquara com o ramal Paraíso-Moema 30 trens/h
2. Linha Casa Verde-Vila Maria 32 trens/h
3. Linha Pinheiros-Via Anchieta com ramal Pedro II-Vila Bertioga 34 trens/h
4. Linha Vila Madalena-Paulista 10 trens/h

De acordo com as previsões, até 1987, o movimento das linhas 1, 2 e 3 alcançará 40 trens/h, e o da linha 4 rede, se pode calcular que o será de 15 trens/h.

O movimento de trens das linhas 2 a 4 poderá sofrer uma redução fora das horas de pico (do rush) de acordo com a representada na figura 24.4 para a linha 1.

De acordo com essa projeção, o número de maquinista necessários em 1987, será de 382.

Estação de destino		Jabaquara	Ana Rosa	Luz	Santana	Pedro II	Moema	Vila Madalena	Casa Verde	Vila Bertioga	Vila Maria	Via Anchieta	Jóquei Clube	Ibirapuera	Clínicas	Mercado
Estação de origem		1	2	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	0
Jabaquara	1		12	13	14	—	—	15	—	—	17	—	18	—	19	10
Ana Rosa	2	21		23	24	—	—	25	—	—	—	—	—	—	29	—
Luz	3	31	32		34	—	35	—	—	—	—	—	—	38	—	—
Santana	4	41	42	43		—	45	—	—	—	—	—	—	48	—	—
Pedro II	4	—	—	—	—		—	—	—	46	—	47	—	—	—	—
Moema	5	—	—	53	54	—		—	—	—	—	—	—	58	—	—
Vila Madalena	5	51	52	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—	59	—
Casa Verde	6	—	—	—	—	—	—	—		—	67	—	—	—	—	—
Vila Bertioga	6	—	—	—	—	64	—	—	—		—	—	68	—	69	60
Vila Maria	7	71	—	—	—	—	—	—	76	—		—	—	—	—	—
Via Anchieta	7	—	—	—	—	74	—	—	—	—	—		78	—	79	70
Jóquei Clube	8	81	—	—	—	—	—	—	—	86	—	87		—	89	—
Ibirapuera	8	—	—	83	84	—	85	—	—	—	—	—	—		—	—
Clínicas	9	91	92	—	—	—	—	95	—	—	—	—	98	—		—
Mercado	0	01	—	—	—	—	—	—	—	06	—	07	—	—	—	—

24.5

Fig. 24.5
Numeração das rotas possíveis considerando a operação automática de trens

24.6.2. Serviço local de operação e tráfego

Como o comando da marcha dos trens é feito pelo posto central, só serão necessários funcionários encarregados do serviço local, onde as operações exigirem fiscalização especial e nos casos em que perturbações operacionais requeiram intervenção imediata, a saber: em postos de serviços equipados com painel para comando de manobras especiais, isto é, nos pontos onde os trens executam manobras de início ou fim de percursos ou mudanças de via.

A esses funcionários compete, além disso, o controle do posto de serviço próprio e, se for o caso, também a fiscalização de pontos de parada adjacentes. Com o expediente diário de 20 horas de serviço, haverá necessidade de 50 funcionários, incluindo reserva, para a Linha Santana-Jabaquara com o ramal Paraíso-Moema. Esse número elevar-se-á a cerca de 150 para a rede total.

O pessoal necessário para o serviço de tráfego nos transportes em massa de São Paulo, dependerá do sistema de fiscalização de embarque a ser adotado. O capítulo 4.2.4. do estudo financeiro e econômico, mostra e explica uma maneira pela qual uma fiscalização de embarque de passageiros poderá ser efetuada enfrentando um complexo de transportes cheios de dificuldades como o do tipo de São Paulo. Já que não é possível, de início, introduzir um sistema totalmente automático, é necessário que, ao lado dos distribuidores automáticos de bilhetes e dos bloqueios automáticos, sejam dispostas bilheterias e borboletas ocupadas por pessoal de serviço em

número suficiente. Para essa finalidade, é de 325 o número de pessoas calculado para a primeira etapa e de 1.000 para a rede total. Ao todo, o pessoal necessário é o seguinte:

	Primeira etapa (pessoas)	Rede total (pessoas)
Condução de trens	110	382
Serviço operacional	50	150
Serviço de tráfego	325	1.000
Total	485	1.532

24.7. Regulamentos para o serviço da operação

24.7.1. Bases jurídicas das normas operacionais

No conjunto de medidas a serem adotadas para promover a implantação do sistema de transporte rápido, se destacam as Normas Operacionais do Metrô, que servirão de base para um serviço operacional coordenado e deverão obedecer às normas gerais da legislação correspondente.

Devem ser observadas, preliminarmente, as medidas legais que dão suporte jurídico às normas operacionais. Essas providências legais são, basicamente, as seguintes:

a) Regulamentação da Lei Municipal n.º 6988, de 26 de dezembro de 1966, em particular o artigo 3.º, a alínea "c" do artigo 4.º e o artigo 5.º, onde ficam definidos:

— política do sistema de transportes coletivos de passageiros na cidade de São Paulo;

— papel da Companhia do Metropolitano de São Paulo e da C.M.T.C. no referido sistema de transportes;

— condição da C.M.T.C. como concessionária exclusiva dos serviços de transportes coletivos de passageiros no Município da Capital, de acordo com a legislação vigente e com as cláusulas do Contrato de Concessão para execução dos referidos serviços, firmado entre essa Companhia e a Municipalidade de São Paulo, em 24 de janeiro de 1948;

— direitos de natureza contratual da C.M.T.C., assegurados por lei, e cuja participação na Companhia do Metropolitano de São Paulo está prevista e autorizada;

— competência da Companhia do Metropolitano de São Paulo de promover ou contratar a operação do serviço do metrô, ressalvados os direitos da C.M.T.C.;

— orientação do contrato de operação do serviço do metrô, pela legislação aplicável à espécie e sujeito à prévia aprovação dos órgãos competentes da Municipalidade de São Paulo.

b) Regulamento Geral dos Serviços de Transportes Coletivos de Passageiros no Município de São Paulo, de competência do Governo, que sistematiza as seguintes medidas legais:

— definição dos referidos serviços;

— conceituação do Plano de Transportes Coletivos de Passageiros;

— definição das atribuições privativas do Município de delegar a empresa pública ou sociedade de economia mista os serviços de transportes coletivos de passageiros na cidade de São Paulo, bem como de conceder e permitir os referidos serviços, de disciplinar as concessões para operação de linhas de ônibus por empresas particulares, de determinar os itinerários e pontos de parada dos transportes coletivos, de fixar as tarifas desses serviços, etc.;

— classificação dos serviços de transportes coletivos de passageiros;

— classificação dos tipos de veículos;

— coordenação de linha e itinerários;

— fixação de horários;

— fixação de tarifas e de regulamentos sobre passagens;

— discriminação das obrigações do pessoal de tráfego;

— definição do exercício da fiscalização pelo Poder Público Municipal dos serviços de transportes coletivos de passageiros na cidade de São Paulo e discriminação das atribuições dessa fiscalização, por intermédio do órgão competente da Prefeitura.

c) Constituição da Companhia do Metropolitano de São Paulo — METRÔ —, na forma estabelecida pelo artigo 3.º da Lei Municipal n.º 6.988, de 26 de dezembro de 1966, que autoriza o Poder Executivo a promover as medidas e os atos necessários para instituir e organizar na forma da lei a referida companhia, como sociedade de economia mista.

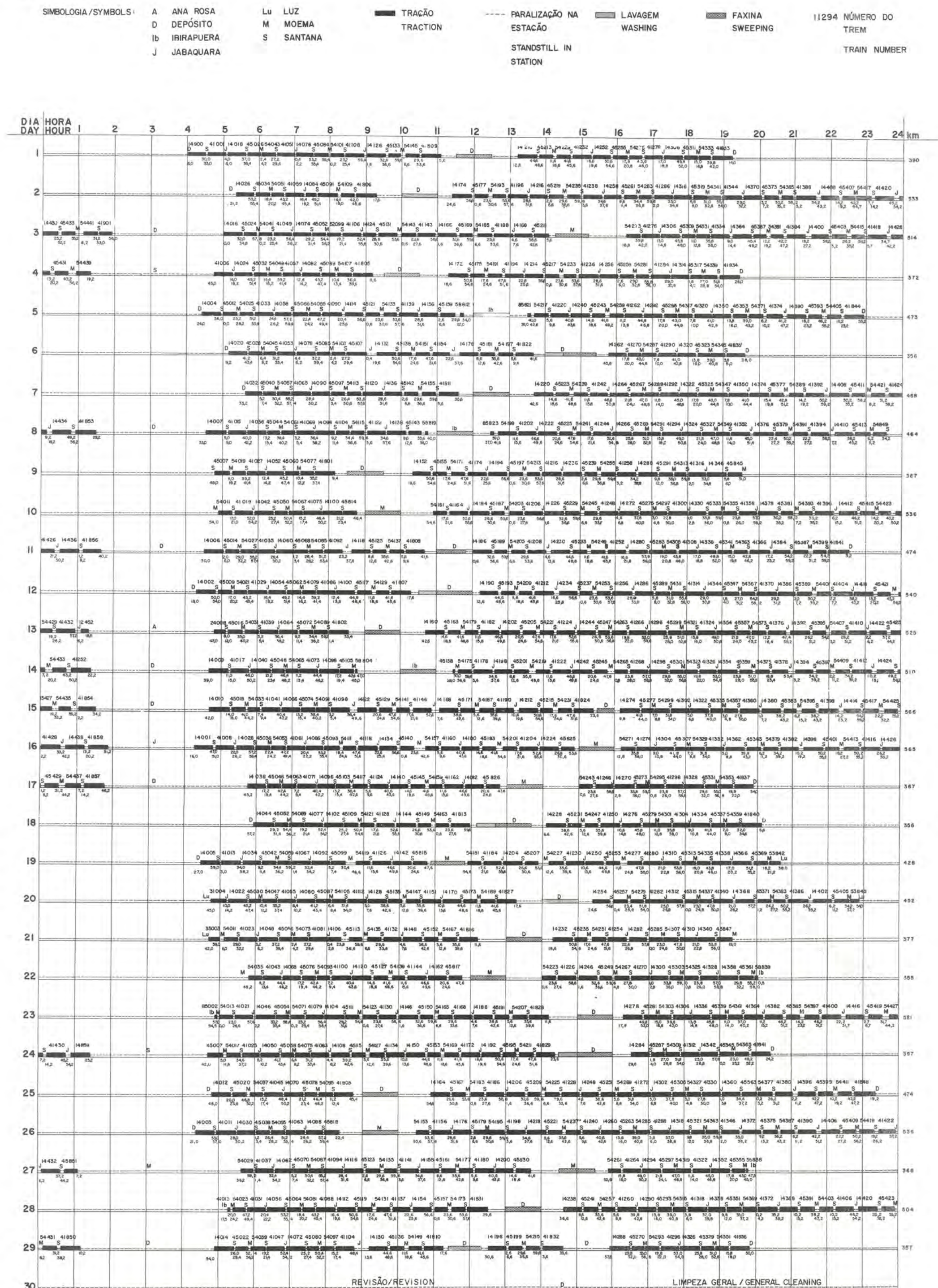
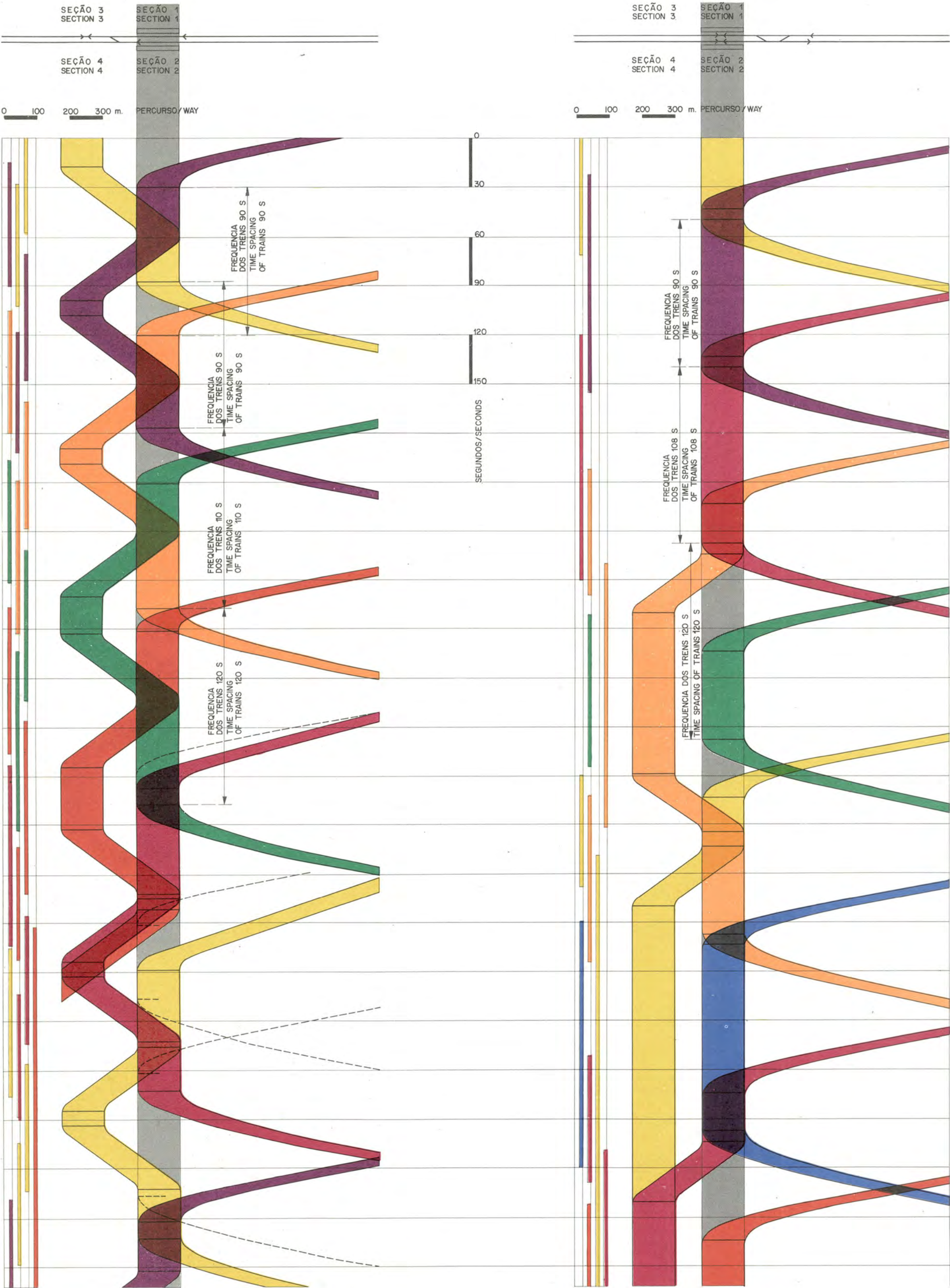
Fig. 24.6
Escala de trens

Fig. 24.7
Manobras de retôrno nas estações terminais:
I. Mudança de via além da plataforma
II. Mudança de via aquêm da plataforma



d) Contrato de Operação do Serviço do Metrô, sujeito à legislação aplicável à espécie, entre a Prefeitura do Município de São Paulo e a Companhia do Metropolitano de São Paulo ou entre esta Companhia e a C.M.T.C., neste caso com prévia aprovação da Prefeitura, no qual deverão ficar consubstanciadas, de forma genérica, as condições operacionais contidas na Regulamentação da Lei Municipal n.º 6988, além de outras prescrições consideradas necessárias.

De conformidade com as prescrições legais, compete à Companhia do Metropolitano de São Paulo, através de autorização ou mediante aprovação do Poder Público Municipal, elaborar as Normas Operacionais do Metrô, bem como cumpri-las e fazê-las cumprir.

Para a elaboração destas normas operacionais se pode recorrer, a título de subsídio, à legislação genérica vigente, em boa parte aplicável ao metrô. Em particular, é indispensável considerar o "Regulamento da Segurança, Tráfego e Polícia das Estradas de Ferro", aprovado pelo Decreto Ministerial n.º 2.089, de 18 de Janeiro de 1963. Existe, ainda, um diploma legal posterior — o "Regulamento Geral de Transportes para as Estradas de Ferro Brasileiras" — aprovado pelo Decreto n.º 51.813, de 8 de março de 1963, o qual contém, em seu Capítulo XXII, "Disposições Policiais" (artigo 180 a 194), também matéria aplicável ao caso específico do metrô.

Convém recorrer, também, ao "Regulamento da Operação de Tráfego", e ao "Regime Disciplinar" da Companhia Municipal de Transportes Coletivos — C.M.T.C.

Uma vez que as linhas do metrô, propriamente ditas, só serão operadas dentro de um período bastante dilatado, existe tempo suficiente para elaborar normas perfeitamente adequadas às características específicas desse meio de transporte.

Como já foi indicado, competirá à Companhia do Metropolitano de São Paulo elaborar suas normas operacionais. No que interferir com as disposições do Decreto n.º 51.813 já referido, deverá ser ouvido o Departamento Nacional de Estradas de Ferro ou o próprio Ministério dos Transportes, se for o caso.

24.7.2. Regulamento de tráfego

Os regulamentos de tráfego contêm todas as determinações para a

administração do serviço operacional. A sua finalidade é fornecer diretrizes uniformes a todo o pessoal que participar do serviço de tráfego, a fim de que o mesmo possa exercer suas funções. O pessoal do tráfego deve estar ciente de que a vida e a saúde dos passageiros, e dos próprios funcionários, dependem da direção segura dos serviços, e, com isso, do cumprimento dos regulamentos.

Os regulamentos deverão ser classificados da seguinte maneira:

- Determinações gerais
- Regulamentos gerais de tráfego
- Regulamentos para o pessoal de estação
- Regulamentos para o pessoal do trem.

Todos os modelos de formulários necessários ao bom andamento das operações deverão ser reunidos em um livro especial como anexo ao regulamento do tráfego.

a) Determinações gerais

Em primeiro lugar as Determinações Gerais deverão delimitar o âmbito dos regulamentos em relação a pessoal e área, e indicar quais os regulamentos superiores em que se baseiam os regulamentos de tráfego.

Esta parte dos regulamentos ainda contém as determinações sobre o horário de serviço, as tabelas de horário, as competências e atribuições de cada setor, o uniforme de serviço, a forma de substituições, em casos de doença, bem como sobre direção e controle do serviço de tráfego. O pessoal deverá ser instruído, a fim de cooperar no controle das instalações ferroviárias e do serviço, observando e comunicando aos escalões superiores todas as eventuais falhas e irregularidades.

Além disso, deverão ser dadas diretrizes, tanto em relação ao procedimento dos funcionários diante dos passageiros, quanto ao comportamento em face das questões em que os passageiros infringirem os regulamentos de transporte.

b) Regulamentos gerais de tráfego

Em um capítulo "Instalações Ferroviárias" deverão ser descritas as partes das instalações, como por exemplo: pontos de parada, vias principais, via livre, instalações do 3º trilho. O conceito de "trem" deverá ser definido. Os diversos tipos de trens (por exemplo trem regular, trem de pessoal, trem vazio, trem de serviço, trem auxiliar, etc.) deverão ser especificados. Neste capítulo, também poderão ser incluídos dados

sobre os diversos tipos de tabelas de horário e seu emprêgo. Em parágrafos separados deverão ser tratados assuntos como a ordem de tráfego, sucessão de trens e segurança da linha em casos especiais. A colocação em circulação e tráfego de trens de serviço, trens de pessoal, trens auxiliares, e trens especiais também deverão ser regulamentados.

Em um parágrafo especial deverão ser determinadas as velocidades de marcha permitidas para esses diversos tipos de trens em determinadas circunstâncias. Para que as falhas operacionais, principalmente interrupções de tráfego na via principal sejam eliminadas o mais rapidamente possível, deverão ser incluídas nestes regulamentos diretrizes bem precisas. Isto também compreende a remoção de trens danificados. O procedimento em casos de acidentes graves, principalmente quando houver vítimas, deverá ser tratado em um parágrafo à parte.

As particularidades da tração elétrica e as medidas de segurança a serem observadas no caso, deverão ser descritas minuciosamente. Nesta parte dos Regulamentos de Tráfego deverá ser incluído, além disso, um capítulo sobre o serviço de manobras, no qual também deverão constar instruções a respeito de tráfego nas vias secundárias, das oficinas e das instalações de limpeza.

c) Regulamentos para o pessoal de estação

Neste capítulo deverá ser descrito o âmbito das tarefas do pessoal destacado para os serviços operacionais e de tráfego. Destas tarefas fazem parte, por exemplo:

- a) chefia das estações;
- o serviço nos postos de manobras;
- o serviço de limpeza nas estações e nos vagões;
- a venda de bilhetes e o controle de bilhetes nas entradas.

d) Regulamentos para o pessoal de trem

Nesta parte dos regulamentos deverão ser especificadas as tarefas do pessoal de trem, em especial dos maquinistas das automotrizes. Fazem parte desse capítulo as instruções sobre a autorização de tráfego e conhecimentos da linha. Além das inspeções de rotina, necessárias ao ser assumida a direção do trem, também poderão ser incluídas normas fundamentais sobre a operação desses veículos, seus equipamentos, bem como diretrizes

para a execução periódica dos testes de frenagem.

Na parte final deste capítulo deverão ser abordadas providências a serem tomadas nos diversos casos possíveis de falhas e acidentes no trem. Como complemento, deverá ser explicada a maneira de proceder em casos de subdivisão das composições ou nas manobras eventuais de remoção de trens defeituosos.

24.7.3. Regulamento dos sinais

O objetivo de um regulamento de sinais é a descrição dos sinais previstos para a totalidade da rede e a instrução do pessoal relacionado com o serviço de tráfego, no que respeita à obrigatória observância deste regulamento.

O mesmo se divide como segue:

- Dados gerais
- Descrição dos sistemas de sinalização
- Demonstração e definição dos sinais e das respectivas diretrizes de execução.

O regulamento de sinais é complementado pelos regulamentos do serviço de tráfego, que regulamentam todo o desenvolvimento dos serviços.

a) Dados gerais

Na parte introdutiva serão dadas as bases legais e o âmbito de sua aplicação, além do manuseio do regulamento de sinais.

b) Descrição dos sistemas de sinais

Estas descrições, em forma sucinta, destinam-se à informação do pessoal relacionado com o serviço de tráfego, sobre o efeito fundamental dos sistemas de sinalização.

c) Demonstração e definição dos sinais e das respectivas diretrizes de execução

Esta parte do regulamento de sinais divide-se nos seguintes parágrafos:

- Licenciamento (sinais para tráfego principal e tráfego lento, em forma de conceitos de velocidade real)
- Conceitos de velocidades limite
- Conceitos de velocidades de destino
- Sinais de paradas de segurança
- Sinais de manobra
- Sinais de partida
- Sinais de transferência de alimentação de energia

Fig. 24.8
Trens necessários (composições de seis carros)

Fig. 24.7
Manobras de retorno nas estações terminais:
I. Mudança de via além da plataforma
II. Mudança de via aquém da plataforma

Linha	Trens necessários	
	Na inauguração	1987
1. Santana — Jabaquara Paraíso — Moema	33	43
2. Casa Verde — Vila Maria	31	39
3. Pinheiros — Via Anchieta Pedro II — V. Bertioga	40	58
4. Vila Madalena — Paulista	8	12
Total	112	152

- 8) Sinais nos veículos
- 9) Sinais de advertência de turmas trabalhando
- 10) Sinais especiais.

As diretrizes de execução incluem instruções sobre o uso do regulamento de sinais. Determinam obrigatoriamente o âmbito de aplicação local e operacional dos diversos sinais e as providências necessariamente decorrentes da significação particular de cada um deles.

As providências necessárias para a obediência das indicações acima mencionadas, serão regulamentadas pelos Regulamentos de Tráfego. Estes ainda podem ser completados com instruções de serviço para as diversas instalações empregadas nos diferentes setores. Para o serviço de tráfego dever-se-á fazer distinção entre condução manual ou automática de veículos.

Além disso, deverão constar nos Regulamentos de Tráfego os casos especiais, em decorrência de falhas e acidentes nos sistemas de sinalização e necessária utilização das instalações de rádio e telefone no trem e ao longo da linha.

24.8. Formação do pessoal

O serviço operacional de um metrô só pode ser executado com perfeição por um quadro de pessoal bem preparado. A natureza e a extensão da instrução ou das informações a serem transmitidas devem corresponder às diferentes áreas de

atividades de um serviço de tráfego. Assim é que, para operações de tráfego de técnica especial, é necessário um quadro de direção com boa base de cultura, ao passo que a mão de obra especializada deve receber uma formação especial. Para funções simples basta, em geral, que o candidato esteja inteirado de como devem ser executadas suas funções. Cada tipo de instrução ou de informação deveria sempre comportar regulamentos para prevenção de acidentes. Deve ser chamada atenção particular sobre os perigos provenientes da tração elétrica.

No intuito de conservar os funcionários atualizados sobre os conhecimentos necessários para a execução dos serviços, deverão estes receber instrução permanente, sendo informados, através de cursos e reuniões especiais, a respeito de inovações e modificações de qualquer natureza, no setor específico das suas atividades. A aptidão do pessoal encarregado das operações deve ser controlada por médicos de confiança da companhia.

Pessoal de manutenção e conservação

Este ramo de atividade compreende o pessoal das oficinas e toda a mão de obra empregada na conservação das instalações e das vias. Os empregados requisitados para a manutenção dos veículos, das instalações de postos de manobra, de sinalização, da superestrutura e de fornecimento de corrente elétrica devem receber uma formação complementar correspondente às suas funções. Neste sentido, os conhecimentos necessários sobre a constituição estrutural das instalações ou dos veículos, bem

como sobre o respectivo funcionamento, devem ser ministradas por instrutores de alto gabarito técnico e capacidade para despertar interesse e amor pelo trabalho de cada setor e funcionamento harmônico da estrutura. Serão, ainda, fornecidas instruções sobre os serviços rotineiros de manutenção, sobre as possíveis causas de panes e sua correção.

Para que se possa contar, já no início das operações do metrô, com um quadro de colaboradores técnicos e administrativos, é necessário providenciar o adestramento, em suas respectivas funções, de um grupo selecionado de pessoas, mediante assistência eventual de uma firma de consultores com a subvenção das firmas construtoras das diversas instalações congêneres de outros países. Os funcionários assim formados podem então ser encarregados da instrução dos outros empregados. Para a execução de trabalhos manuais simples não haverá necessidade de cursos especiais de formação; uma instrução simples, para pôr o funcionário a par de suas tarefas, será suficiente.

Encarregados das operações

Como estes funcionários são diretamente responsáveis pelo andamento das operações, este grupo de pessoas, deve ter, além dos conhecimentos técnicos, igualmente capacidades físicas para esse serviço.

Encarregados das operações são os funcionários responsáveis pela circulação dos trens, os funcionários das estações e dos postos de manobras. Como todo este grupo de pessoas deve estar a par das linhas

gerais e das normas que regulamentam o desenvolvimento das operações, é possível neste campo de atividades, realizar um curso de formação em conjunto. A parte técnica do curso será diferente para cada grupo.

É conveniente dividir o curso de formação técnica dos maquinistas de carros motores em duas partes: teoria e prática. No curso teórico devem ser ensinadas todas as normas e prescrições relativas ao serviço de circulação dos veículos. Também serão explicados a constituição estrutural e o funcionamento do veículo. No curso prático deve esse pessoal receber, além da instrução para dirigir as automotrices, conhecimentos suficientes para que esteja em condições de diagnosticar as causas das avarias, localizar defeitos e de removê-los, sempre que possível.

Antes do início de suas atividades no metrô, cada maquinista de automotriz deve fazer um exame para mostrar que está em condições de conduzi-la sozinho, respeitando as prescrições operacionais, e que possui um conhecimento suficiente dos percursos.

O pessoal encarregado das operações receberá um curso sobre o andamento geral do serviço, incluindo, entre outras matérias, o controle dos trens, a maneira de proceder nos casos de avarias no sistema de comando automático e nos casos de acidente, bem como a execução dos movimentos de manobras. A par das instruções teóricas serão administradas aulas práticas por um funcionário experimentado.

O pessoal do posto central de operações e dos postos de manobras deve estar perfeitamente familiarizado com o manejo e, na medida em que houver necessidade de eliminar uma falha, também com o funcionamento das respectivas instalações. Este ensino deve ser complementado simultaneamente por um estágio prático, executado com a assistência de instrutores especializados.

Concluído o curso, devem os encarregados das operações comprovar sua aptidão através de um exame.

Encarregados do tráfego

Esta categoria compreende as pessoas que trabalham nos postos de venda de bilhetes e junto às borboletas. Além das normas gerais, devem esses funcionários ser devidamente instruídos sobre os horários e todas as possibilidades de baldeação, bem como sobre as condições do tráfego. Estágios práticos sob instrução poderão completar a formação profissional.

25. Consumo de energia e de combustíveis para o metrô

25.1. Primeira etapa de construção

25.1.1. Corrente de tração

No cálculo do consumo de energia, deverá ser feita a diferença entre o consumo máximo — a ser suprido pelas instalações estacionárias — e os valores de consumo durante um determinado período, considerados para cálculo dos custos operacionais.

De acordo com essa diferenciação, deverá ser feito primeiramente o cálculo do consumo máximo, para o percurso dos trens do metrô ao longo da linha. Esse consumo máximo ocorrerá quando o trem completamente lotado percorrer o traçado, executando o programa operacional completo. O cálculo do consumo de energia poderá ser feito de várias maneiras: por processo de cálculo progressivo; por diversos métodos gráficos e, naturalmente, também através de computadores analógicos ou digitais. Estes últimos dois métodos são os que fornecem maior exatidão. Todavia, requerem que seja conhecido o perfil exato do traçado, bem como as curvas características dos motores elétricos dos veículos. Como ambos os dados não estão conhecidos para o estudo preliminar, não seria vantajoso fazer uso da exatidão dos computadores com valores aproximados, tais como, o perfil provisório do traçado e as curvas características dos veículos, calculadas empiricamente. Assim sendo, os valores de consumo são calculados por método gráfico, desenvolvido pelos Prof. Dr. Eng.º W. Mueller e Dr. Eng.º H. O. Kimmeskamp. Este método foi aplicado em estudos similares com os melhores resultados, sendo muito adequado, tanto no que diz respeito ao grau de precisão, como ao tempo despendido.

No capítulo 24 encontra-se o diagrama de percurso para o trem com 306 t de peso, isto é, completamente lotado para viagem de ida e volta ao longo da Linha Santana-Jabaquara com o ramal Paraíso-Moema. Esse diagrama servirá de base para o cálculo do consumo de energia (Fig. 25.1).

Como equipamento elétrico estacionário deverá ser instalado para um tráfego de pico de 40 trens/h, a capacidade máxima necessária para o trecho Santana-Jabaquara com o ramal Paraíso-Moema, será igual, respectivamente a:

$$1.389,5 \frac{\text{kWh}}{\text{par de trens}} \times$$

$$\times 27 \frac{\text{pares de trens}}{\text{hora}} =$$

$$= 37.500 \text{ kWh}$$

$$1.007,2 \frac{\text{kWh}}{\text{par de trens}} \times$$

$$\times 13 \frac{\text{pares de trens}}{\text{hora}} =$$

$$= 13.100 \text{ kWh}$$

com um total de 50.600 kWh.

Com os valores encontrados na figura 25.1 é calculado o consumo específico de energia para o trem completamente lotado, a saber:

$$a = \frac{A}{G \cdot L} = \frac{1.265}{306 \times 2 \times 15,220} =$$

$$= 0,136 \text{ kWh/trem, km}$$

sendo: A (kWh) o consumo de energia médio para uma viagem de ida e volta;

$$A = \frac{50.600}{40} =$$

$$= 1.265 \text{ kWh/trem}$$

G (t) — peso do trem completamente lotado, e

L (km) — o comprimento médio do trecho para as Linhas Santana-Jabaquara e Santana-Moema numa distribuição das composições de 2:1.

Para um trem parcialmente lotado, condição que deverá servir de base para o cálculo do consumo de energia durante um determinado período, os valores específicos médios de consumo de energia serão um pouco mais elevados do que para um trem com a lotação completa. Isto porque, numa operação com corrente contínua, sendo a característica de aceleração uniforme, a porcentagem da aceleração com perdas é maior.

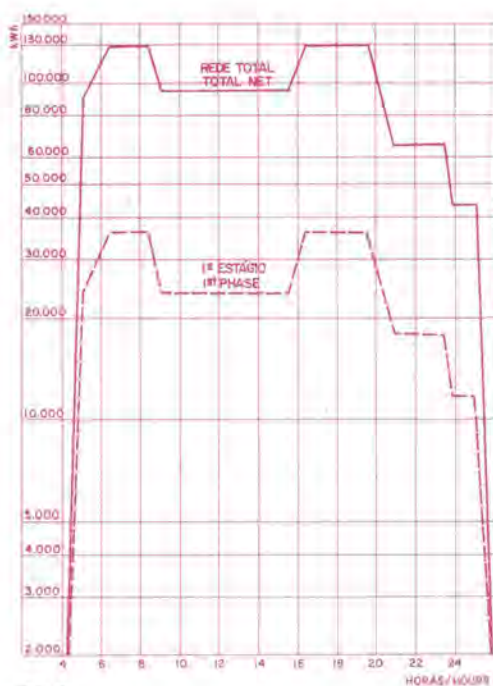
Todavia, em viagem com carga parcial, geralmente não é aplicado percurso forçado, mas sim, um horário folgado, com reserva do tempo. Através desse método de tráfego mais econômico, o consumo específico de energia é reduzido.

Em vista disso, o cálculo demonstrou que também com carga parcial esse consumo específico permanece na

Estação	Distância m	N/S Sentido kWh		Total ida e volta kWh
Santana	740	34,0	35,1	69,1
Carandirú	755	36,0	36,0	72,0
Cruzeiro do Sul	1245	38,2	45,6	83,8
Ponte Pequena	1080	33,2	48,1	81,3
Luz	670	31,0	31,0	62,0
Sen. Queiroz	460	26,6	20,6	47,2
São Bento	725	39,5	27,8	67,3
Clóvis Bevil.	535	33,5	22,6	56,1
Liberdade	855	49,0	18,0	67,0
São Joaquim	845	50,6	26,9	77,5
Aclimação	785	39,4	38,4	77,8
Subtotal Santana — Paraíso	8695	411,0	350,1	761,1
Paraíso	605	30,8	25,7	56,5
Ana Rosa	1140	34,4	40,5	74,9
V. Mariana	970	35,5	45,2	80,7
Sta. Cruz	1310	46,5	46,5	93,0
Pça. Árvore	900	42,2	36,6	78,8
Saúde	800	29,2	36,8	66,0
São Judas	1150	42,3	44,7	87,0
Conceição	1125	50,2	41,2	91,4
Subtotal Paraíso — Jabaquara	8000	311,1	317,3	628,4
Paraíso	1280	29,0	58,2	87,2
Tutóia	780	35,5	33,1	68,6
Ibirapuera	1370	37,5	52,8	90,3
Moema				
Subtotal Paraíso — Moema	3430	102,0	144,1	246,1
Total Santana Jabaquara	16695	722,1	667,4	1389,5
Total Santana — Moema	12125	513,0	494,2	1007,2

25.1

Fig. 25.1
Consumo de energia de um trem



25.2

mesma ordem de grandeza de 0,136 kWh/t.km.

Para a verificação dos valores do consumo de energia deverá ser adotada a lotação média dos trens. As verificações feitas nesse sentido demonstram que, para as condições de São Paulo, poderá ser calculada uma lotação média diária de 35%. O peso para um trem é de 162 t; com lotação máxima, devemos adicionar 144 t. Com 35% de lotação, a carga adicional é de cerca de 50 t, e o peso do trem $162 + 50 = 212$ t. Para a primeira etapa de construção, deverá haver um tráfego de 30 pares de trens/h nas horas de pico (do rush), na Linha Santana-Jabaquara, inclusive o ramal Paraíso-Moema. Se a distribuição da frequência de trens, desenvolvida no capítulo 24, for atendida pelo dia todo, e adotada como base para o cálculo, serão necessárias 1.010 viagens de trem por dia útil. Para levar em conta o tráfego menos intenso nos fins de semana e feriados, deverão ser calculados 325 dias por ano, ao invés de 365. Desta forma se pode calcular para consumo anual de energia para tração de trens na Linha Santana-Jabaquara compreendendo o ramal Paraíso-Moema, na primeira etapa de construção:

$$\begin{aligned} & 212 \text{ (t/trem)} \times 0,136 \text{ (kWh/t km)} \\ & \times 1.010 \text{ (trens/dia)} \\ & \times \frac{16,695 + 12,125}{2} \text{ km} \times \\ & \times 325 \text{ (dias/ano)} = 136.500.000 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

A curva do consumo diário médio se acha representada na figura 25.2.

25.1.2. Energia de força e luz

Além da energia para a tração dos trens, ainda será necessária a energia para iluminação das estações; acionamento das escadas rolantes e outras instalações transportadoras; instalações de ar condicionado e ventilação nas estações e nos trechos em túnel, bem como para instalações e máquinas das oficinas de reparo, escritórios etc. Esse consumo de energia para força e luz está condicionado ao esquema detalhado das instalações, que não pôde ser executado no estudo preliminar.

Assim sendo, a necessidade e o consumo de energia precisam ser estimados pelo dimensionamento geral das estações e por valores comparativos de estações de outros metrô. Como as estações foram projetadas conforme os critérios modernos, foi prevista uma grande

Fig. 25.2
Demanda diária média para tração

quantidade de escadas rolantes, bem como uma boa iluminação das instalações. Por meio desses dados, pode ser calculada, por estação, em média, uma capacidade instalada de 20 kW para escadas rolantes e 30 kW para iluminação e ventilação.

Em virtude dos grandes trechos em túnel, a duração do fornecimento é estimada em 4.875 horas/ano. Para a primeira etapa de construção, estão previstas 23 estações na Linha Santana-Jabaquara com o ramal Paraíso-Moema. Desta forma, o consumo provável anual de energia das estações será igual a: $(20 + 30) \text{ (kW)} \times 23 \text{ (estações)} \times 4.875 \text{ (horas/ano)} = 5.606.000 \text{ kWh/ano}$.

A ventilação dos túneis ao longo da Linha Santana-Jabaquara com ramal Paraíso-Moema foi calculado em 2.700 kW instalados. Admitindo-se o funcionamento durante 1.000 h por ano com capacidade máxima e 5.600 horas anuais com apenas metade da capacidade, obtém-se um consumo anual para a ventilação de:

$$\begin{aligned} & 2.700 \times 1.000 \text{ h/ano} = \\ & = 2.700.000 \text{ kWh/ano} \\ & 1.350 \text{ kW} \times 5.600 \text{ h/ano} = \\ & = 7.560.000 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

$$\text{Total} = 10.260.000 \text{ kWh/ano}$$

Para a oficina de manutenção é estimado um consumo de energia para a primeira etapa de construção, igual a 1.000.000 kWh/ano. Assim, os prováveis valores totais do consumo de energia para força e luz na primeira etapa de construção, são:

Tipo de consumo	kWh/ano
Estações	5.606.000
Ventilação	10.260.000
Oficinas de manutenção	1.000.000
Total	16.866.000

25.2. Consumo de energia na rede total

25.2.1. Energia de tração

Para a tração de trens na rede total do metrô, foram adotados novamente os valores específicos de consumo da primeira etapa de construção, calculando-se um valor específico de 0,136 kWh/t. km. O cálculo do consumo de energia foi baseado

novamente em 35% de lotação, isto é, 212 t/trem. Para as diversas linhas da rede total estão previstos os seguintes números de trens nas horas de pico para a fase final da construção:

1 — Santana-Jabaquara com ramal Paraíso-Moema	40
2 — Casa Verde-Vila Maria	40
3 — Pinheiros-Pedro II	40
3a — Pedro II-Vila Bertioga	30
3b — Pedro II-Via Anchieta	30
4 — Vila Madalena-Paulista	15

Com a distribuição da frequência de trens durante o dia, descrita no capítulo 24, são obtidas para as linhas individuais as seguintes viagens de trem por dia:

1 — Santana-Jabaquara c/ramal Paraíso-Moema	1.010
2 — Casa Verde-Vila Maria	1.010
3 — Pinheiros-Pedro II	1.130
3a — Pedro II-Vila Bertioga	682
3b — Pedro II — Via Anchieta	682
4 — Vila Madalena-Paulista	466

Com esses valores, é calculado o consumo provável de energia para as linhas individuais e para a rede total, da seguinte forma:

1) Santana-Jabaquara com ramal Paraíso-Moema

$$\begin{aligned} & 15,22 \text{ (km)} \times 0,136 \left(\frac{\text{kWh}}{\text{t. km}} \right) \times \\ & \times 212 \text{ (t)} \times \\ & \times 1.010 \left(\frac{\text{trens}}{\text{dias}} \right) \times 325 \left(\frac{\text{dias}}{\text{ano}} \right) = \\ & = 144.000.000 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

2) Casa Verde-Vila Maria

$$\begin{aligned} & 12,62 \text{ (km)} \times 0,136 \left(\frac{\text{kWh}}{\text{t. km}} \right) \times \\ & \times 212 \text{ (t)} \times 1.010 \left(\frac{\text{trens}}{\text{dia}} \right) \times \\ & \times 325 \left(\frac{\text{dias}}{\text{ano}} \right) = \\ & = 119.000.000 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

3) Pinheiros-Pedro II

$$\begin{aligned} & 9,76 \text{ (km)} \times 0,136 \left(\frac{\text{kWh}}{\text{t. km}} \right) \times 212 \text{ (t)} \times \\ & \times 1.130 \left(\frac{\text{trens}}{\text{dia}} \right) \times 325 \left(\frac{\text{dias}}{\text{ano}} \right) = \\ & = 103.000.000 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

3a) Pedro II-Vila Bertioga

$$\begin{aligned} & 4,36 \text{ (km)} \times 0,136 \left(\frac{\text{kWh}}{\text{t. km}} \right) \times 212 \text{ (t)} \times \\ & \times 682 \left(\frac{\text{trens}}{\text{dia}} \right) \times 325 \left(\frac{\text{dias}}{\text{ano}} \right) = \\ & = 27.800.000 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

3b) Pedro II-Via Anchieta

$$\begin{aligned} & 7,65 \text{ (km)} \times 0,136 \left(\frac{\text{kWh}}{\text{t. km}} \right) \times 212 \text{ (t)} \times \\ & \times 682 \left(\frac{\text{trens}}{\text{dia}} \right) \times 325 \left(\frac{\text{dias}}{\text{ano}} \right) = \\ & = 48.800.000 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

4) Vila Madalena-Paulista

$$\begin{aligned} & 7,58 \text{ (km)} \times 0,136 \left(\frac{\text{kWh}}{\text{t. km}} \right) \times 212 \text{ (t)} \times \\ & \times 466 \left(\frac{\text{trens}}{\text{dias}} \right) \times 325 \left(\frac{\text{dias}}{\text{ano}} \right) = \\ & = 33.000.000 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

Assim sendo, o consumo de energia de tração para o total da rede será de 475.600.000 kWh/ano. A curva do consumo diário médio para tração na rede total do metrô, acha-se representada na figura 25.2.

25.2.2. Energia de força e luz

No cálculo dos valores de consumo de energia para força e luz são igualmente adotados os respectivos valores médios da primeira etapa de construção. O valor médio estimado para o suprimento da estação no que diz respeito a estações de entroncamento, somente poderá ser aplicado com restrições, pois essas instalações são muito mais volumosas. Esse valor adicional será considerado contando-se a estação separadamente para cada linha. Isto significa que para uma estação com entroncamento de duas linhas, o valor médio será computado duas vezes no cálculo. Desta maneira, o consumo de energia para as estações da rede total, será de:

1) Santana-Jabaquara com o ramal Paraíso-Moema

$$\begin{aligned} & 23 \text{ (estações)} \times 50 \text{ (kW)} \times \\ & \times 4.875 \text{ (h/ano)} = \\ & = 5.606.000 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

2) Casa Verde-Vila Maria

$$\begin{aligned} & 16 \text{ (estações)} \times 50 \text{ (kW)} \times \\ & \times 4.875 \text{ (h/ano)} = \\ & = 3.900.000 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

3) Pinheiros-Via Anchieta com ramal Pedro II-Vila Bertioga

$$\begin{aligned} & 26 \text{ (estações)} \times 50 \text{ (kW)} \times \\ & \times 4.875 \text{ (h/ano)} = \\ & = 6.320.000 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

4) Vila Madalena-Paulista

$$\begin{aligned} & 10 \text{ (estações)} \times 50 \text{ (kW)} \times \\ & \times 4.875 \text{ (h/ano)} = \\ & = 2.435.000 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

$$\text{Consumo total: } 18.261.000 \text{ kWh/ano}$$

O cálculo do consumo de energia para a ventilação de túneis está igualmente baseado nos valores da primeira etapa de construção. A Linha Santana-Jabaquara com ramal Paraíso-Moema possui 16 estações subterrâneas, sendo o consumo médio de energia para a ventilação numa estação subterrânea de 641.000 kWh/ano. Com esse valor específico, é calculado o consumo provável de energia para ventilação dos trechos subterrâneos da rede total, a saber:

1) Santana-Jabaquara com o ramal Paraíso-Moema

$$\begin{aligned} & 16 \text{ (estações)} \times 641.000 \text{ (kWh/ano)} = \\ & = 10.260.000 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

2) Casa Verde-Vila Maria

$$\begin{aligned} & 11 \text{ (estações)} \times 641.000 \text{ (kWh/ano)} = \\ & = 7.051.000 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

3) Pinheiros-Via-Anchieta com ramal Pedro II-Vila Bertioga

$$\begin{aligned} & 23 \text{ (estações)} \times 641.000 \text{ (kWh/ano)} = \\ & = 14.740.000 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

4) Vila Madalena-Paulista

9 (estações) x 641.000 (kWh/ano)
= 5.769.000 kW/ano

Consumo total: 37.820.000 kWh/ano

Com o crescente número de veículos, aumentam os serviços de manutenção e, conseqüentemente, o consumo de energia da oficina de reparos. Para a fase final pode ser calculado o triplo, isto é, 3.000.000 kWh.

Assim, o consumo total provável de energia para força e luz da rede total do metrô será:

Estações	18.261.000 kWh/ano
Ventilação	37.820.000 kWh/ano
Oficina de manutenção	3.000.000 kWh/ano
Rêde total	59.081.100 kWh/ano

25.3. Material de consumo nas operações do metrô

Em comparação com o consumo de energia elétrica, os gastos com outros materiais nas operações do metrô são pouco importantes. Estes outros materiais são principalmente óleos e graxas para lubrificação das partes móveis do material rodante e das instalações mecânicas, óleos para transformadores, detergentes químicos, vassouras e outros materiais de limpeza, água, areia, combustível para motores de gasolina e motores diesel das instalações e dos veículos auxiliares, óleo para aquecimento de água, lâmpadas, fusíveis, água destilada, gás, oxigênio, etc.

De acordo com as experiências de ferrovias análogas, se deve contar, para o índice de funcionamento

previsto para cada unidade dupla, com um consumo anual de cerca de 110 kg de lubrificantes, \pm 45 m³ de água, 7 a 10 lâmpadas fluorescentes e 5 a 6 fusíveis. O consumo de produtos químicos para limpeza e desinfecção baseia-se em produtos de fabricação e comercialização comum na praça de São Paulo, e a despesa anual em produtos dessa natureza será de cerca de US\$ 30 por unidade de dois carros. A despesa anual total em material de consumo será de cerca de US\$ 70 por unidade dupla. Cada ano serão gastos em média US\$ 45 em produtos de consumo para a manutenção de cada estação e respectivas áreas de serviço.

US\$ 10.000 serão gastos anualmente em material de consumo nas oficinas de manutenção e nos veículos auxiliares da primeira etapa operacional. Na etapa final dever-se-á

contar com um montante de US\$ 45.000.

Em conjunto, haverá, portanto, na primeira etapa uma despesa total em material de consumo de US\$ 22.000 por ano. Quando a rede completa estiver em operação, esses gastos subirão a cerca de US\$ 80.000 por ano.