

# PROJETO TAV BRASIL

Consórcio Halcrow – Sinergia

Junho 2009

VOLUME 4

## OPERAÇÕES FERROVÁRIAS E TECNOLOGIA

*Parte 1: Operações Ferroviárias*

Relatório Final

## TAV Brasil

### Consórcio Halcrow - Sinergia

## VOLUME 4

### Operações Ferroviárias e Tecnologia

#### Parte 1: Operações Ferroviárias

#### Relatório Final

### Registro de Alteração de Conteúdo

Este relatório foi emitido e ajustado conforme a seguir:

Edição	Revisão	Descrição	Data	Responsável
0	0	Compilado Relatório Preliminar	27/11/08	MJ
0	1	Verificado Relatório Preliminar	05/12/08	RB
0	2	Adicionados Comentários do Cliente	12/02/09	CH
0	2	Adicionados Comentários do Cliente	12/02/09	CH
1	0	Relatório Preliminar	13/03/09	MJ
1	1	Atualizado Relatório Preliminar	17/03/09	RB
2	1	Compilado Relatório Preliminar Final	28/03/09	DR
2	2	Verificado Relatório Preliminar Final	28/03/09	MJ
3	1	3ª Revisão do Relatório Preliminar Final	28/05/09	MJ
4	1	Relatório Final após reuniões no Rio de Janeiro	22/06/09	MJ

Tradução de inglês para português feita por:

Ana Rocha Traduções Ltda  
CNPJ: 00362040/0001-83  
Rua Pedroso Alvarenga 1046 sala 46 - São Paulo  
Brasil CEP: 04531-004

## Conteúdo

<b>1</b>	<b>Visão Geral .....</b>	<b>1</b>
1.1	Introdução ao Projeto TAV.....	1
1.2	Atualização de relatórios anteriores .....	1
1.3	Introdução a Ferrovia de Alta Velocidade.....	2
1.4	Padrões de Engenharia do TAV .....	3
1.5	Traçado e Estações do TAV .....	4
1.6	Desenvolvimento da Grade horária .....	6
<b>2</b>	<b>Grade Horária e Operações .....</b>	<b>11</b>
2.1	Introdução .....	11
2.2	Planejamento de Grade Horária .....	11
2.3	Ferramentas de Planejamento de Grades Horárias.....	13
2.4	Simulação de Tempo de Viagem no Railsys .....	15
2.5	Estações e Depósitos do TAV .....	23
2.6	Grade Horária VoyagerPlan.....	29
2.7	Tempos de Reversão e Números Unitários.....	33
<b>3</b>	<b>Custos Operacionais do TAV .....</b>	<b>36</b>
3.1	Introdução .....	36
3.2	Base de Custos Operacionais .....	37
3.3	Via Permanente .....	38
3.4	Manutenção de Estruturas.....	41
3.5	Serviço de Trem e Cliente .....	41
3.6	Manutenção de Material Rodante.....	42
3.7	Custos Complementares .....	44
3.8	Resumo das Despesas Operacionais .....	45
	<b>Anexo A: Nota Técnica do Aeroporto de Guarulhos .....</b>	<b>47</b>
	<b>Anexo B: Análise de Custo Operacional PROMPT Engenharia .....</b>	<b>48</b>

## Índice de Figuras

Figura 1-1: Estudo TAV .....	2
Figura 1-2: Esquema TAV .....	4
Figura 2-1: Processo Chave de Planejamento de Trens .....	12
Figura 2-2: 2014 Padrão de Serviço de Horário de Pico.....	19
Figura 2-3: Configuração da Estação Barão de Mauá .....	24

Figura 2-4: Chegada à Estação Barão de Mauá.....	24
Figura 2-5: Estação do Aeroporto Internacional do Galeão, mostrando acesso aos terminais.....	24
Figura 2-6: Configuração da Estação do Aeroporto internacional do Galeão.....	25
Figura 2-7: Configuração da Estação de Barra Mansa/Volta Redonda.....	25
Figura 2-8: Configuração da Estação de São José dos Campos.....	25
Figura 2-9: Configuração da Estação do Aeroporto Internacional de Guarulhos.....	26
Figura 2-10: Configuração da Estação de Campo de Marte.....	26
Figura 2-11: Configuração da Estação do Aeroporto de Viracopos.....	26
Figura 2-12: Configuração da Estação de Campinas.....	27
Figura 2-13: Configuração Proposta da Rota.....	28
Figura 2-14: Saída de Serviço de Trem do VoyagerPlan.....	32
Figura 2-15: Ocupação de Plataforma no VoyagerPlan.....	33
Figura 3-1: Perfil de Opex 2014 – 2034 (R\$ k Constante).....	46

## Índice de Tabelas

Tabela 1-1: Previsão de Tráfego Total por Estação de Origem e Destino (mil viagens): 2014.....	8
Tabela 1-2: Previsão de Tráfego Total por Estação de Origem e Destino (mil viagens): 2024.....	8
Tabela 1-3: Previsão de Tráfego Total por Estação de Origem e Destino (mil viagens): 2034.....	9
Tabela 1-4: Previsão de Tráfego Total por Estação de Origem e Destino (mil viagens): 2044.....	9
Tabela 2-1: Características de Trem de Alta Velocidade.....	15
Tabela 2-2: Localização dos Principais Túneis e Restrições de Velocidade.....	17
Tabela 2-3: Frequência do TAV por Estação.....	18
Tabela 2-4: Tempos de Viagens de Serviços de Trem Expresso a 300 km/h.....	20
Tabela 2-5: Serviços Regionais de Longa Distância a 300 km/h.....	20
Tabela 2-6: Trens Regionais de Curta Distância a 300 km/h.....	20
Tabela 2-7: Tempos de Operação de Serviço de Trem (300 km/h).....	22
Tabela 2-8: Características e Localizações de Estações.....	23

Tabela 2-9: Ocupação Média por Tipo de Serviço.....	30
Tabela 2-10: Padrão Básico de Serviço por Tipo de Serviço e Ano .....	31
Tabela 2-11: Tempos de Reversão de Serviço de Trens.....	34
Tabela 2-12: Número de Configurações Ferroviárias por ano .....	35
Tabela 3-1: Impulsionadores de Custo para Modelo de Custo Operacional .....	36
Tabela 3-2: Taxas de Câmbio 2009 .....	38
Tabela 3-3: Custos de Manutenção de Via Permanente em 2014 .....	39
Tabela 3-4: Custo de Manutenção de Infra-estrutura por País (preços 2002/2009, €/ via km) .....	40
Tabela 3-5: Custos de Via Permanente em 2014 .....	40
Tabela 3-6: Manutenção de Estruturas em 2014 .....	41
Tabela 3-7: Custos Anuais de Pessoal em 2014 .....	42
Tabela 3-8: Manutenção Anual de Material de Tração e Rodante em 2014 .....	43
Tabela 3-9: Consumo de Energia - Barão de Mauá a Campinas .....	43
Tabela 3-10: Consumo de Energia - Campinas a Barão de Mauá .....	44
Tabela 3-11: Consumo de Energia - Barão de Mauá a Campo de Marte (Sem Parada) .....	44
Tabela 3-12: Consumo de Energia - Campo de Marte a Barão de Mauá (Sem Parada) .....	44
Tabela 3-13: Custos Complementares em 2014.....	44
Tabela 3-14: Resumo de Opex, 2014, 2024, 2034 e 2044 (R\$ M) .....	45

## GLOSSÁRIO DE ACRÔNIMOS E ABREVIações

	Portugues	English
AGETRANSP	Agência Reguladora dos Serviços Públicos Concedidos de Transportes Aquaviários, Ferroviários, Metroviários e de Rodovias do Estado do Rio de Janeiro	Regulatory agency of Concessioned Public Transport Services (Water, Rail, Metro, and Roads) of the state of Rio de Janeiro
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil	National Agency of Civil Aviation
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres	National Agency of Land (Ground) Transportation
ARTESP	Agência Reguladora de Transporte do Estado de São Paulo	Regulatory Transport Agency of the state of São Paulo
BCR		Benefit-Cost Ratio
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento	
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Economico e Social	
CAPEX		Capital Expenditure
CBD		Central Business District
CNT	Confederação Nacional do Transporte	National Confederation of Transport
CPTM	Companhia Paulista de Trens Metropolitanos	São Paulo Metropolitan Train Company
DENATRAN	Departamento Nacional de Trânsito	National Department of Transport
DER-SP	Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo	Department of Roads of the state of São Paulo
DETRO/RJ	Departamento de Transportes Rodoviários do Estado do Rio de Janeiro	Department of Road Transport in the State of Rio de Janeiro
DfT		UK Department for Transport
DNIT	Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes	National Department of Transport Infrastructure
EMBRATUR	Instituto Brasileiro de Turismo	Brazilian Institute of Tourism
FEA		Financial and Economic Appraisal
GDP		Gross Domestic Product
HS/HSR		High Speed Train/High Speed Rail
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística	Brazilian Institute of Geography and Statistics
IBOPE	Instituto Brasileiro de Opinião Pública e Estatística	Brazilian Institute of Public Opinion and Statistics
INFRAERO	Empresa Brasileira de Infra-estrutura Aeroportuária	Airport Infrastructure Company of Brazil
IRR		Internal Rate of Return
MCA		Multi Criteria Analysis
NATA		New Approach to Transport Appraisal (UK Government)

	Portugues	English
NPV		Net Present Value
OPEX		Operating Expenditure
PDDT-Vivo 2000/2020	Plano Diretor de Desenvolvimento dos Transportes 2000/2020	Transport Development Master Plan Study
PDTU-RMRJ	Plano Diretor de Transportes Urbanos da Região Metropolitana do Rio de Janeiro	Urban Transport Master Plan of the Metropolitan Region of Rio de Janeiro
PITU	O Plano Integrado de Transportes Urbanos para 2020	Integrated Urban Transport Plan for the Metropolitan Region of São Paulo
PPP		Public-Private Partnership
PV		Present Value
SEADE	Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados de São Paulo	State Agency of Data Analysis of São Paulo
TAV	Trem de Alta Velocidade	High Speed Train
TOR		Terms of Reference
VfM		Value for Money
VOC		Vehicle Operating Costs
VOT		Value of Time
WEBTAG		The Web-based version of the UK DfT's Transport Appraisal Guidance

## AVISO IMPORTANTE

**O CONSÓRCIO NÃO ADVOGA NEM ENDOSSA NENHUM TIPO ESPECÍFICO DE TREM OU TECNOLOGIA DE ALTA VELOCIDADE; SEMPRE QUE POSSÍVEL FORAM UTILIZADOS ESPECIFICAÇÕES E NORMAS GENÉRICAS DE FERROVIA DE ALTA VELOCIDADE NO DESENVOLVIMENTO DE TODOS OS ASPECTOS DESTE ESTUDO DE VIABILIDADE, INCLUSIVE NESTE VOLUME. QUANDO SE FAZ REFERÊNCIA A UM TIPO DE TREM OU TECNOLOGIA DE ALTA VELOCIDADE, ISTO NÃO IMPLICA UMA PREFERÊNCIA OU RECOMENDAÇÃO POR PARTE DO CONSÓRCIO. TODOS OS TEMPOS DE VIAGEM SÃO APROXIMADOS E SÃO BASEADOS EM SIMULAÇÕES FEITAS PELO CONSÓRCIO; ESTÃO SUJEITOS A ALTERAÇÃO, DEPENDENDO DO TRAÇADO FINAL ADOTADO.**

# 1 Visão Geral

## 1.1 Introdução ao Projeto TAV

- 1.1.1 Em 2008, Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) comissionou a Halcrow Group Ltd e a Sinergia Estudos e Projetos LTDA (conjuntamente o “Consórcio”) para preparar um estudo de viabilidade para uma linha ferroviária de alta velocidade, com uma velocidade de linha máxima de 350 km/h, ao longo de 511 quilômetros, ligando as cidades do Rio de Janeiro, São Paulo e Campinas<sup>1</sup> no Brasil.
- 1.1.2 O Consórcio empreitou estudos detalhados, resumidos nos seguintes volumes, como segue:
- Resumo Executivo;
  - Volume 1: Estimativa de Demanda e Receita;
  - Volume 2: Estudos de Traçado;
  - Volume 3: Análise Econômica e Financeira, incluindo concessão;
  - Volume 4: Operações e Tecnologia;
  - Volume 5: Custo de Capital TAV; e
  - Volume 6: Estudos Imobiliários
- 1.1.3 A Figura 1-1 mostra o relacionamento geral entre cada volume do estudo.
- 1.1.4 Este volume apresenta os resultados do trabalho no Volume 4: Parte 1 – Operações, e está organizado como segue:
- Capítulo 2: Grade horária e Operações; e
  - Capítulo 3: Estimativas de Custos Operacionais (OPEX).

## 1.2 Atualização de relatórios anteriores

- 1.2.1 As versões anteriores deste relatório consideraram a operação de um serviço de traslado de aeroporto ligando Campo de Marte e o Aeroporto Internacional de Guarulhos, no Estado de São Paulo. As estimativas iniciais de demanda para o serviço de traslado de aeroporto previam 5,2 milhões de passageiros em 2008. Esse volume de passageiros exigia pelo menos três trens por hora durante o dia inteiro, o que levou a questões de capacidade entre Campo de Marte e Guarulhos, exigindo um traçado de quatro vias. Assumi-se então que a demanda esperada entre Campo de Marte e o Aeroporto de Guarulhos **NÃO** está incluída na análise aqui apresentada, e portanto não está sendo coberta pelo TAV proposto. Embora o TAV vá operar trens entre essas duas estações, assume-se que não embarque nenhum passageiro a não ser para viagens de longa distância, p.ex. Campinas para o Aeroporto Internacional de Guarulhos.
- 1.2.2 Conforme descrito no Volume 1, Seção 3.7, existem dois projetos potenciais para fornecer uma conexão ferroviária fixa entre a Barra Funda e o Aeroporto Internacional de Guarulhos. Qualquer um desses projetos poderia em tese fornecer capacidade suficiente entre o centro de São Paulo e Guarulhos. Isso então permitiria que o TAV concentrasse-se em servir mercados de longa distância para o aeroporto, p.ex. de Campinas e São José dos Campos para Guarulhos. Conforme observado no Volume 1, permitiria ainda que alguns vãos

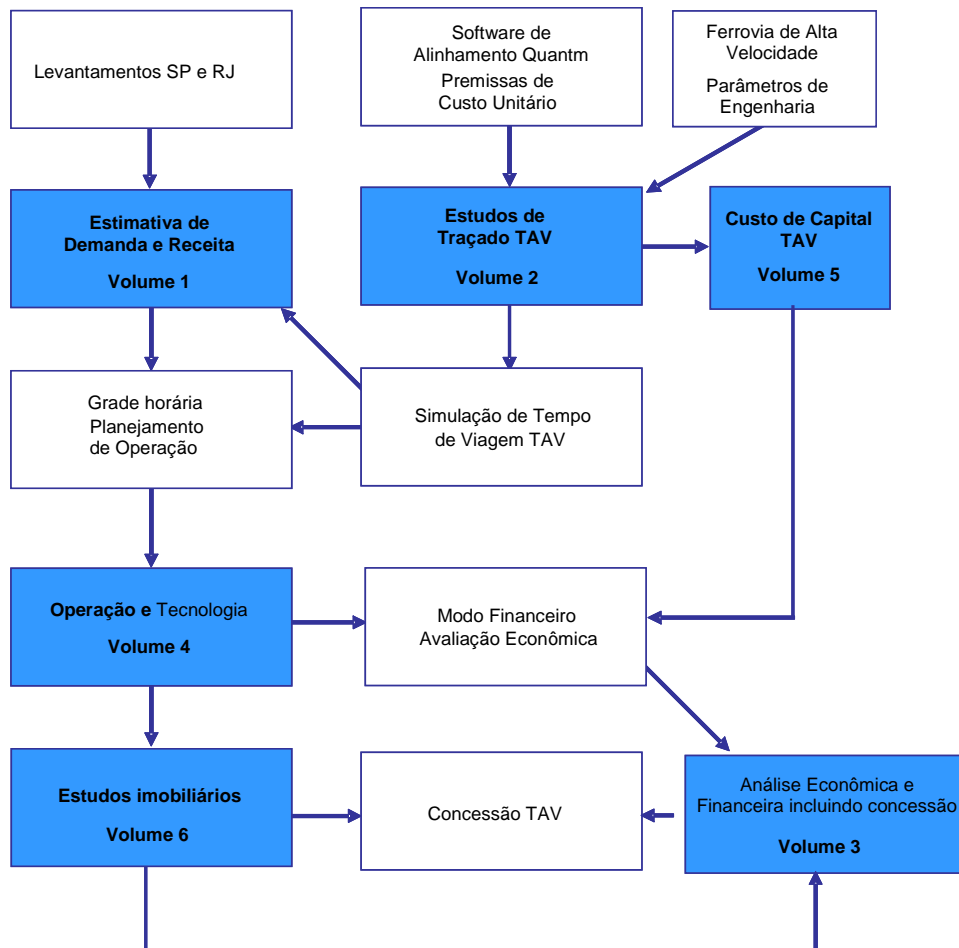
---

<sup>1</sup> Ao longo de todo este Resumo Executivo, o projeto é referido genericamente como TAV (Trem de Alta Velocidade)

internos entre o Galeão e Guarulhos fossem substituídos por ferrovia, liberando assim capacidade no aeroporto.

- 1.2.3 Maiores detalhes sobre a análise empreendida para o Aeroporto de Guarulhos encontram-se no Anexo A.

**Figura 1-1: Estudo TAV**



### 1.3 Introdução ao Trem de Alta Velocidade

- 1.3.1 Não existe uma única definição aceita sobre o que constitui uma ferrovia de alta velocidade, mas geralmente se refere a trens operando a mais de 200 km/h. A ferrovia de alta velocidade é mais adequada para pares de cidades quando a distância entre elas é menor que 500 km a 600 km; acima desta distância, a viagem aérea torna-se competitiva e a participação relativa de mercado da ferrovia de alta velocidade fica menor.
- 1.3.2 Vários países investiram em serviços ferroviários de alta velocidade, sendo o Japão e a França os maiores proponentes. A Europa desenvolveu uma extensa rede ferroviária de alta velocidade, com muitos milhares de quilômetros de via agora em operação, com velocidades comerciais variando de 300 km/h a 330 km/h, sendo 300 km/h a velocidade mais comum. A linha recém concluída entre Madrid e Barcelona tem potencial para operar a uma velocidade maior que 350 km/h.
- 1.3.3 As principais características da ferrovia de alta velocidade são:
- Tempos de viagem de centro a centro das cidades competitivos quando comparados a aéreo, conseguidos por operação a alta velocidade;

- capacidade do trem muito alta, com entre 450 e 750 assentos, dependendo da configuração e comprimento;
- novos traçados, separados e dedicados, inteiramente nivelados, operacionalmente independentes das existentes infra-estruturas ferroviárias convencionais, na maioria dos casos;
- serviços freqüentes no mesmo horário de cada hora, com paradas limitadas em estações para atingir tempos competitivos de viagens;
- altos níveis de conforto de passageiros, inclusive classes executiva e econômica e serviços de alimentação;
- alto desempenho e pontualidade; e
- estações convenientemente localizadas, frequentemente com melhor acessibilidade quando comparadas com aeroportos.

## 1.4 Padrões de Engenharia do TAV

- 1.4.1 O projeto para o TAV é baseado em tecnologia de ferrovia de alta velocidade genérica, com provisão específica para um traçado dedicado e totalmente segregado para maximizar a velocidade de operação e assegurar alto desempenho operacional em termos de confiabilidade e pontualidade, conforme as características descritas acima.
- 1.4.2 Não é esperado nos atuais estudos de viabilidade que o TAV compartilhe qualquer via existente ou opere conjuntamente com serviços brasileiros existentes ferroviários ou de metro. O traçado do TAV prevê vias dedicadas para a estação principal em cada cidade, com o traçado frequentemente localizado em túneis em áreas urbanas densamente povoadas. A Figura 1-2 mostra uma disposição esquemática do TAV.
- 1.4.3 O traçado do TAV foi desenvolvido baseado em padrões internacionais de linhas de alta velocidade, mais especificamente:
- uma velocidade máxima de projeto de 350 km/h e bitola de 1.435 mm, com via eletrificada. **Isto não deve ser confundido com a velocidade máxima de operação, que neste caso está prevista como 300 km/h (ver seção 2.4);**
  - um gradiente máximo de projeto de 3,5% e carga por eixo de 25 toneladas<sup>2</sup>;
  - túneis de perfuração dupla e simples projetados quando cabíveis para operação a 350 km/h, e uma altura máxima de viaduto de 70 metros para pontes principais;
  - estações com linhas de 'desvio', ou 'passantes' para manter operação em alta velocidade, e plataformas capazes de acomodar trens de 400 m de comprimento. As linhas 'passantes' evitam a necessidade dos trens reduzirem a velocidade por razões de segurança, o que seria o caso se passassem pelas plataformas;
  - um sistema de sinalização capaz de operar com 3 minutos de intervalo entre trens, com sinalização na cabina e rádio seguro de cabina;
  - padrões de infra-estrutura TSI (usados para fins de modelagem operacional e definição de CAPEX, o padrão de interoperabilidade da Organização Trans-Européia de Padrões Nacionais, datado de 19/03/2008);

---

<sup>2</sup> Favor observar que os trens de FAV normalmente tem um peso por eixo por volta de 17 toneladas. Trens japoneses de alta velocidade recentes têm uma carga por eixo ainda mais baixa, de 11 toneladas. Entretanto, durante os períodos de construção e manutenção, seriam usados trens de frete, que têm uma carga por eixo mais alta; mas cargas por eixo menores durante a operação real terão um impacto sobre desgaste e manutenção da via. A carga por eixo de 25 toneladas é especificada nos Termos de Referência (Anexo 2 - Seção 2-14).

- foram também usados genericamente padrões europeus de CEN (Centro Europeu par Padronização), CENELEC (Comitê Europeu para Padronização Eletrotécnica) e ETSI (Instituto Europeu de Padrões de Telecomunicações) e
- folhetos UIC (União Internacional de Ferrovias) e normas ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

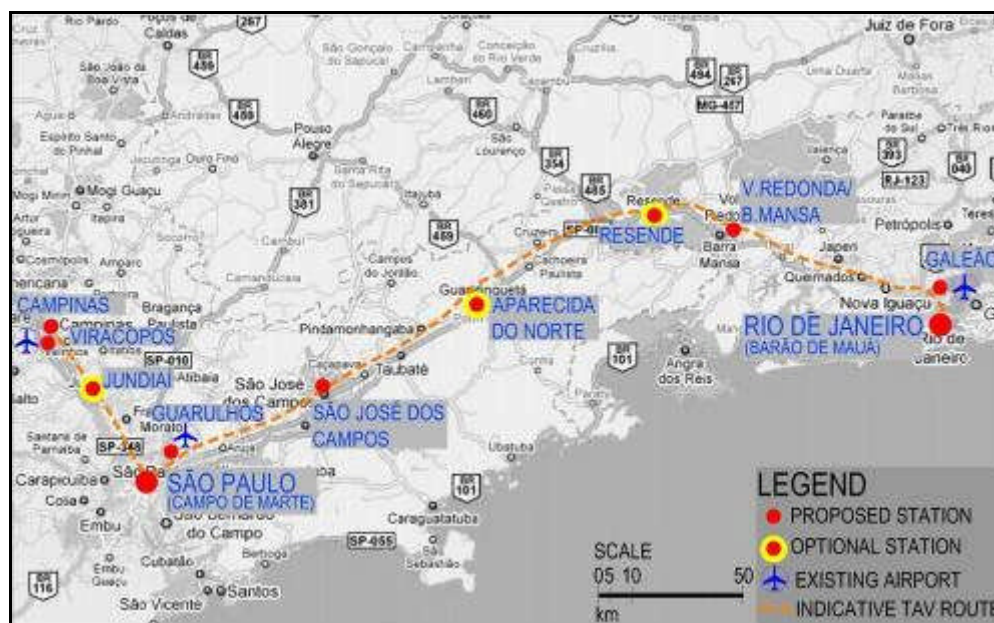
1.4.4 Os parâmetros precisos de engenharia estão estabelecidos nos Termos de Referência deste estudo (Anexo 2, Seção 2-14).

## 1.5 Traçado e Estações do TAV

1.5.1 O TAV operará entre Campinas, São Paulo e Rio de Janeiro (ver Figura 1-2). O traçado desenvolvido para o TAV atende também a uma aspiração de conectar os aeroportos de Viracopos, Guarulhos e Galeão com as principais áreas urbanas. A distância total estimada entre Campinas e Rio de Janeiro é de 511 km, enquanto a distância entre São Paulo e Rio de Janeiro é de aproximadamente 412 km. Existem oito estações propostas/obrigatórias no caso base, e mais tres estações opcionais. As estações opcionais são mostradas em verde na Figura 1-2.

1.5.2 Baseado no traçado desenvolvido para o TAV, o tempo de viagem sem paradas entre as duas cidades é estimado em aproximadamente 1 hora e 33 minutos, baseado em operação a 300 km/h. É importante ressaltar que os tempos de viagem no TAV variarão em função do número de paradas em estações, com serviços Regionais de longa distância entre Rio de Janeiro a Campinas levando até 2 horas e 23 minutos. Todos os tempos de viagem são aproximados e dependem do traçado final, padrões de paradas e desempenho do trem, incluindo velocidade máxima, frenagem e características de aceleração. **Os tempos de viagem mostrados neste relatório são portanto indicativos e foram desenvolvidos para avaliar a viabilidade global do projeto.**

Figura 1-2: Esquema TAV



PROPOSED ESTAÇÃO = ESTAÇÃO PROPOSTA

OPTIONAL ESTAÇÃO = ESTAÇÃO OPCIONAL

EXISTING AIRPORT = AEROPORTO EXISTENTE

INDICATIVE TAV ROUTE = ROTA INDICATIVA DO TAV

- 1.5.3 O TAV terá uma mistura de estações novas e reformadas, e um novo traçado próprio. No Rio de Janeiro existem planos de reformar e reconstruir a estação abandonada em Barão de Mauá (km 0<sup>3</sup>), que está perto da principal estação de ônibus em Novo Rio. Foi feita também uma provisão para uma instalação de manutenção leve<sup>4</sup> e vias de estacionamento em Barão de Mauá. A próxima estação é uma nova estação subterrânea para servir o Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro no Galeão (km 15,2). Do Galeão, a linha sobe através da região montanhosa da Serra das Araras, que é o principal desafio de engenharia, exigindo inúmeras seções de túneis e viadutos.
- 1.5.4 Planeja-se mais uma estação em Volta Redonda/Barra Mansa (km 118,3), localizada dentro do estado do Rio de Janeiro. Volta Redonda é uma importante área industrial, com a maior siderúrgica da América Latina. Existe também provisão para uma futura estação opcional em Resende<sup>5</sup>, a oeste de Volta Redonda/Barra Mansa.
- 1.5.5 Viajando-se para o oeste, o TAV então cruza a fronteira estadual entre os estados de São Paulo e Rio de Janeiro. Foi feita provisão para um possível ramal saindo do traçado principal para servir uma nova estação opcional em Aparecida. Aparecida é um importante local de peregrinação que gera 6,5 milhões de visitantes por ano (2008).
- 1.5.6 Depois de Aparecida, o TAV então chega à grande cidade industrial de São José dos Campos (km 328,7). São José dos Campos é um importante centro de alta tecnologia centrada em aeroespacial e engenharia, com uma população de 1,4 milhões. Propõe-se localizar nesta cidade o depósito de manutenção do material rodante, já que tem acesso à principal rede rodoviária, tem um aeroporto regional bem desenvolvido, abriga a planta de montagem da Embraer, e tem terrenos disponíveis para acomodar uso de terreno de alto impacto.
- 1.5.7 A oeste de São José dos Campos, a próxima estação é no aeroporto internacional de São Paulo em Guarulhos (km 390,4), que será uma construção subterrânea.
- 1.5.8 Ao chegar a São Paulo, foi identificado um local preferencial para estação no Campo de Marte (km 412,2), atualmente um campo de aviação federal na parte norte da cidade. Na opinião do Consórcio, a seleção de Campo de Marte fornece uma oportunidade de construir uma grande estação, mas serão necessárias melhorias para lidar com a distribuição de passageiros dentro de São Paulo, já que o local não é servido pelo sistema de metrô.
- 1.5.9 A estação de Campo de Marte terá várias plataformas 'passantes' para permitir que trens possam operar de São José dos Campos para São Paulo e depois a noroeste para Campinas, sem reversão.

#### **São Paulo para Campinas**

- 1.5.10 A partir de São Paulo, o traçado do TAV vira para o noroeste na direção de Campinas. O Consórcio empreendeu análises adicionais para examinar a possibilidade de reduzir a velocidade máxima da linha entre Campo de Marte e Campinas. Dadas as preocupações com os altos custos globais de construção, reduzir a velocidade máxima da linha é uma estratégia potencial para reduzir o custo capital, ao permitir com que o TAV evite obstáculos naturais, ao invés de utilizar túneis ou pontes para atender a rígidos critérios geométricos para operar a 350 km/h. Isto também faz sentido do ponto de vista de demanda porque, mesmo a velocidades relativamente modestas, o TAV terá uma considerável vantagem competitiva em relação às existentes modalidades de ônibus e carro, devido ao congestionamento de tráfego no corredor entre Campinas e São Paulo. Entretanto, devido à

<sup>3</sup> Todas as distâncias são a partir de Barão de Mauá, no Rio de Janeiro.

<sup>4</sup> Os termos manutenção 'leve' e 'pesada' são usados como segue: manutenção 'leve' refere-se a limpeza, verificações de manutenção e abastecimento dos trens com água, enquanto manutenção 'pesada' refere-se a manutenções maiores, tais como remoção de truques, usinagem de rodas, verificações maiores de serviço e assim por diante. São necessárias vias de estacionamento em todas as grandes estações terminais, de forma que os trens possam ser preparados para serviço.

<sup>5</sup> O traçado foi retificado para permitir uma estação em Resende.

topografia entre São Paulo e Campinas, contendo uma série de colinas atravessando o traçado, seria necessária uma significativa redução de velocidade, potencialmente para menos de 100 km/h, antes que se pudesse conseguir qualquer real economia, e, por essa razão, não foram empreendidas análises adicionais. Reduzir a velocidade máxima da linha nesta seção para Campinas também teria um impacto sobre quaisquer futuras aspirações para que o TAV servisse estações além de Campinas em projetos futuros.

- 1.5.11 Existe provisão no traçado para uma estação opcional tipo estacionamento em Jundiá, localizado entre as rodovias Anhanguera e Bandeirantes. O traçado do TAV então prossegue ao norte para incluir mais uma estação no aeroporto de Viracopos (km 487,6). O traçado do TAV assim atende uma aspiração do Governo de conectar os aeroportos de Viracopos, Guarulhos e Galeão com as principais áreas urbanas. A estação final é em Campinas (km 510,7), a terceira maior cidade do estado de São Paulo, depois de São Paulo e Guarulhos. Isto também seria uma estação reformada, incluindo vias de estacionamento.

## 1.6 Desenvolvimento da Grade horária

- 1.6.1 Esta seção descreve como as previsões de demanda estabelecidas no Volume 1 são usadas para desenvolver uma grade horária para o TAV. A primeira tarefa é identificar os fluxos individuais entre as estações e alocá-las a grupos de serviço. Em termos simples, o maior fluxo de passageiros entre cada grupo de serviço determina o número de trens necessários e sua frequência.

- 1.6.2 Baseado nas previsões de demanda desenvolvidas no Volume 1, podem ser identificados três principais grupos de serviço ferroviários que refletem mercados distintos para o TAV. Uma das forças do projeto TAV é de que não depende de um único mercado ou fluxo de receitas, e a importância de fluxos suburbanos para São Paulo não deve ser subestimada, já que representam mais de 40% das receitas. O potencial para o TAV servir três dos principais aeroportos da região é mais outra força, porque geram bastante demanda<sup>6</sup>. O agrupamento de serviços do TAV também permite a possibilidade de diferentes tipos de trens, customizados para os mercados servidos, p. ex. diferentes configurações de assentos, desenho de portas, instalações de alimentação, espaço de bagagens e assim por diante.

- 1.6.3 Os três grupos de serviço do TAV propostos são os seguintes:

- **Serviços expressos** de São Paulo para o Rio de Janeiro<sup>7</sup>, operando sem paradas; Os serviços expressos concorrerão principalmente com os serviços aéreos existentes entre as duas cidades;
- **Serviços regionais de longa distância** operando entre Campinas e o Rio de Janeiro, com paradas em Viracopos, São Paulo, o Aeroporto Internacional de Guarulhos, São José dos Campos, Volta Redonda/Barra Mansa, e o Aeroporto Internacional do Galeão. Este serviço também faz um papel de “aeroporto” ao parar nos aeroportos de Viracopos, Guarulhos e Galeão e todas as principais áreas urbanas na área de influência; e
- **Serviços regionais de curta distância** operando entre Campinas e São José dos Campos, com paradas em São Paulo e o Aeroporto Internacional de Guarulhos. Estes serviços são primariamente dirigidos ao mercado suburbano entre Campinas e São Paulo, e São José dos Campos e São Paulo. Estes serviços não param no aeroporto de Viracopos.

<sup>6</sup> A maioria dos aeroportos internacionais são servidos por uma conexão ferroviária, sendo o projeto contemplado aqui semelhante ao recentemente inaugurado para servir o Aeroporto Charles de Gaulle em Paris.

<sup>7</sup> Observe no Volume 1 que o fluxo entre o Rio de Janeiro e Campinas está incluído no sub-modelo expresso. No trabalho de planejamento de trens apresentado aqui, este fluxo está alocado aos serviços regionais.

- 1.6.4 Os termos 'Expresso', 'Regional de curta distância' e 'Serviço regional de longa distância' são adotados neste relatório para assegurar consistência com os termos usados no Volume 1: Previsões de Demanda e Receita. As previsões de demanda apresentadas no Volume 1 são desenvolvidas como o 'sub-modelo expresso' e 'sub-modelo regional', e são usadas como a base para desenvolver o plano de trens detalhado neste relatório.

#### **Rio de Janeiro - Campinas**

- 1.6.5 Observe que o fluxo entre Campinas e o Rio de Janeiro, conquanto desenvolvido no sub-modelo expresso (em razão da necessidade de considerar a concorrência aérea) no relatório de demanda, neste volume é considerado como sendo um serviço regional de longa distância. Nesta etapa, um serviço sem paradas entre Campinas e o Rio de Janeiro não poderia ser justificado em razão do pequeno mercado (Ver Tabela 1-1). Uma alternativa é estender o serviço expresso a Campinas, mas isso aumentaria o tamanho da frota estimada Expressa, e por esta razão foi rejeitada. Em qualquer caso, os serviços regionais de longa distância fornecem uma conexão direta entre essas estações, sem a necessidade de mudar de trem, e a penalidade de tempo para as paradas adicionais em estações é mínima.
- 1.6.6 Como será discutido mais adiante, os trens em todos os três grupos de serviço do TAV operarão com velocidades máximas idênticas e terão características de aceleração e frenagem similares. Conquanto a disposição interna dos trens Regional e Expresso poderiam variar, não se recomenda operar trens com grande variação de desempenho, devido ao impacto sobre a capacidade.
- 1.6.7 Deve ser observado que o eventual operador poderá decidir chamar os serviços Regional e Expresso usando termos orientados para o mercado (tais como 'Javelin' usado para o novo serviço de suburbano de alta velocidade Conexão Ferroviária do Túnel do Canal no RU, ou 'Eurostar' usado para o serviço ferroviário de alta velocidade entre Londres, Paris e Bruxelas, ou 'Thalys' para serviços entre Paris e Bruxelas). Usamos a nomenclatura acima puramente como termos descritivos para este estudo e para assegurar consistência com os termos usados nas previsões de demanda.

#### **Alocação de Fluxos de Demanda**

- 1.6.8 O padrão de origem e destino desses serviços entre estações, para o ano de início de previsão 2014 e os anos 2024, 2034 e 2044 está mostrado nas Tabelas 1-1, Tabela 1-2, Tabela 1-3 e Tabela 1-4 abaixo. Os quadrados azuis indicam fluxos expressos e os quadrados verdes indicam serviços regionais de curta e longa distância.
- 1.6.9 Os serviços regionais têm fluxos de tráfego particularmente significativos de São Paulo a São José dos Campos, e de São Paulo a Campinas. Estes fluxos discretos ao longo da rota indicam que será mais econômico terminar alguns destes trens regionais em parte do caminho a longo da rota, p.ex. em São José dos Campos, ao invés de todos os trens de serviço de paradas Regionais viajarem toda a extensão para Barão de Mauá; portanto a decisão de dividir serviços regionais em grupos de serviço de curta e longa distância, para refletir esses mercados.

Tabela 1-1: Previsão de Tráfego Total por Estação de Origem e Destino (mil viagens): 2014

	Rio de Janeiro	Galeão	Volta Redonda/Barra Mansa	São José dos Campos	Guarulhos	São Paulo	Viracopos	Campinas	Totais
Rio de Janeiro		687,5	1.309,5	105,5	#	3.217,5	n/a	318,0	5.638,0
Galeão	687,5		52,0	n/a	#	#	n/a	n/a	739,5
Volta Redonda/Barra Mansa	1.309,5	52,0		127,0	n/a	92,0	n/a	20,0	1.600,5
São José dos Campos	106,5	n/a	127,0		80,0	4.276,5	n/a	652,5	5.241,5
Guarulhos	#	#	n/a	80,0		*	n/a	176,5	256,5
São Paulo	3.218,0	n/a	92,0	4.276,5	*		\$	6.186,0	13.772,5
Viracopos	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	\$		207,0	207,0
Campinas	318,0	n/a	20,0	652,5	176,5	6.186,0	207,0		7.560,0
<b>Totais</b>	<b>5.638,5</b>	<b>739,5</b>	<b>1.600,5</b>	<b>5.241,5</b>	<b>256,5</b>	<b>13.772,0</b>	<b>207,0</b>	<b>7.560,0</b>	<b>35.015,5</b>

n/a Estes fluxos não foram estimados, e espera-se que sejam mínimos

\* Assume-se que o fluxo de São Paulo para Guarulhos seja transportado pelo Expresso do Aeroporto de Guarulhos, ou projeto semelhante

# Este é um mercado possível para o TAV, que é atualmente servido pelas linhas aéreas. Favor ver Volume 1, seção 8.5 para maiores detalhes.

\$ Dependendo do desenvolvimento de Viracopos, isto também poderia ser um significativo mercado futuro para o TAV

Tabela 1-2: Previsão de Tráfego Total por Estação de Origem e Destino (mil viagens): 2024

	Rio de Janeiro	Galeão	Volta Redonda/Barra Mansa	São José dos Campos	Guarulhos	São Paulo	Viracopos	Campinas	Totais
Rio de Janeiro		1.130,3	1.635,5	147,0	#	5.100,5	n/a	540,5	8.553,8
Galeão	1.130,3		85,3	n/a	#	#	n/a	n/a	1.215,7
Volta Redonda/Barra Mansa	1.635,5	85,3		168,5	n/a	116,5	n/a	27,5	2.033,3
São José dos Campos	147,0	n/a	168,5		131,9	5.745,0	n/a	1.001,5	7.193,9
Guarulhos	#	#	n/a	131,9		*	n/a	290,3	422,2
São Paulo	5.100,5	#	116,5	5.745,0	*		\$	8.547,0	19.509,0
Viracopos	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	\$		340,2	340,2
Campinas	540,5	n/a	27,5	1.001,5	290,3	8.547,0	340,2		10.747,0
<b>Totais</b>	<b>8.553,8</b>	<b>1.215,7</b>	<b>2.033,3</b>	<b>7.193,9</b>	<b>422,2</b>	<b>19.509,0</b>	<b>340,2</b>	<b>10.747,0</b>	<b>50.015,1</b>

n/a Estes fluxos não foram estimados, e espera-se que sejam mínimos

\* Assume-se que o fluxo de São Paulo para Guarulhos seja transportado pelo Expresso do Aeroporto de Guarulhos, ou projeto semelhante

# Este é um mercado possível para o TAV, que é atualmente servido pelas linhas aéreas. Favor ver Volume 1, seção 8.5 para maiores detalhes.

\$ Dependendo do desenvolvimento de Viracopos, isto também poderia ser um significativo mercado futuro para o TAV

**Tabela 1-3: Previsão de Tráfego Total por Estação de Origem e Destino (mil viagens): 2034**

	Rio de Janeiro	Galeão	Volta Redonda/Barra Mansa	São José dos Campos	Guarulhos	São Paulo	Viracopos	Campinas	Totais
Rio de Janeiro		1.594,5	2.105,5	211,0	#	8.674,0	n/a	987,5	13.572,5
Galeão	1.594,5		120,4	n/a	#	#	n/a	n/a	1.714,8
Volta Redonda/Barra Mansa	2.105,5	120,4		228,5	n/a	154,0	n/a	39,5	2.647,9
São José dos Campos	211,0	n/a	228,5		186,0	8.141,0	n/a	1.555,0	10.321,5
Guarulhos	#	#	n/a	186,0		*	n/a	409,6	595,6
São Paulo	8.674,0	#	154,0	8.141,0	*		\$	12.452,5	29.421,5
Viracopos	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	\$		479,9	479,9
Campinas	987,5		39,5	1.555,0	409,6	12.452,5	479,9		15.924,0
<b>Totais</b>	<b>13.572,5</b>	<b>1.714,8</b>	<b>2.647,9</b>	<b>10.321,5</b>	<b>595,6</b>	<b>29.421,5</b>	<b>479,9</b>	<b>15.924,0</b>	<b>74.677,7</b>

n/a Estes fluxos não foram estimados, e espera-se que sejam mínimos

\* Assume-se que o fluxo de São Paulo para Guarulhos seja transportado pelo Expresso do Aeroporto de Guarulhos, ou projeto semelhante

# Este é um mercado possível para o TAV, que é atualmente servido pelas linhas aéreas. Favor ver Volume 1, seção 8.5 para maiores detalhes.

\$ Dependendo do desenvolvimento de Viracopos, isto também poderia ser um significativo mercado futuro para o TAV

**Tabela 1-4: Previsão de Tráfego Total por Estação de Origem e Destino (mil viagens): 2044**

	Rio de Janeiro	Galeão	Volta Redonda/Barra Mansa	São José dos Campos	Guarulhos	São Paulo	Viracopos	Campinas	Totais
Rio de Janeiro		2.293,0	3.027,5	303,0	#	12.474,0	n/a	1.420,0	19.517,5
Galeão	2.293,0		173,1	n/a	#	#	n/a	n/a	2.466,1
Volta Redonda/Barra Mansa	3.027,5	173,1		328,5	n/a	221,5	n/a	56,5	3.807,1
São José dos Campos	303,0	n/a	328,5		267,5	11.707,5	n/a	2.236,5	14.843,0
Guarulhos	#	#	n/a	267,5		*	n/a	589,0	856,5
São Paulo	12.474,0	#	221,5	11.707,5	*		\$	17.907,5	42.310,5
Viracopos	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	\$		690,2	690,2
Campinas	1.420,0		56,5	2.236,5	589,0	17.907,5	690,2		22.899,6
<b>Totais</b>	<b>19.517,5</b>	<b>2.466,1</b>	<b>3.807,1</b>	<b>14.843,0</b>	<b>856,5</b>	<b>42.310,5</b>	<b>690,2</b>	<b>22.899,6</b>	<b>107.390,5</b>

n/a Estes fluxos não foram estimados, e espera-se que sejam mínimos

\* Assume-se que o fluxo de São Paulo para Guarulhos seja transportado pelo Expresso do Aeroporto de Guarulhos, ou projeto semelhante

# Este é um mercado possível para o TAV, que é atualmente servido pelas linhas aéreas. Favor ver Volume 1, seção 8.5 para maiores detalhes.

\$ Dependendo do desenvolvimento de Viracopos, isto também poderia ser um significativo mercado futuro para o TAV

### Demanda de Horário de Pico

- 1.6.10 Para planejar o serviço de trens, é necessário também considerar os picos de demanda esperados durante o dia, durante a semana, e durante o ano. Os parâmetros que foram usados para desenvolver isso foram baseados em observações atuais de movimentos de tráfego, juntamente com projeções futuras, a saber:

- para o serviço expresso, 35% do tráfego diário está concentrado no pico de três horas da manhã (06.00 – 09.00 horas) e 35% no pico de três horas da tarde (17.00 – 20.00 horas);
- para os serviços regionais, 25% do tráfego diário está concentrado no pico de três horas da manhã (06.00 – 09.00), 25% no pico da tarde (17.00 – 20.00), e 20% na hora do almoço (12.00 – 14.00);
- a distribuição semanal de tráfego é 16,3% em cada dia de segunda-feira a sexta-feira, 7,7% no sábado, e 10,8% no domingo; e
- os totais anuais de tráfego foram transformados em totais semanais, assumindo 52 semanas por ano.

1.6.11 Detalhes completos das premissas usadas aqui podem ser encontrados no Volume 1, seção 7.10. A distribuição geográfica e temporal da demanda foi alimentada no exercício de grade horária para determinar a capacidade necessária de cada trem e a frequência do serviço.

#### **Desenvolvendo a Grade horária**

- 1.6.12 As grades horárias dos trens geralmente adotam um padrão regular de serviços, tais como a cada hora, a cada meia hora, a cada 20 minutos, a cada 15 minutos, a cada 10 minutos, a cada 5 minutos, etc., para fornecer esta capacidade. Um padrão regular e consistente tende a otimizar a capacidade. Pesquisas acadêmicas mostraram que os passageiros também acham tal padrão fácil de entender, e isso encoraja o uso.
- 1.6.13 Para planejar o serviço de trens ao longo do dia, geralmente considera-se o período de maior demanda, que é o serviço de pico manhã/tarde. Uma grade horária de fora de pico com intervalos regulares é então construído entre os picos da manhã e da tarde. Finalmente, o serviço de trem é reduzido, até fechar no final da tarde. Também é uma prática comum para o primeiro trem de cada dia operar a uma velocidade reduzida por razões de segurança, antes do início de operação em alta velocidade.
- 1.6.14 No planejamento do padrão de serviço, é necessário integrar os vários grupos de serviço de trens de forma a assegurar que os trens mais lentos não atrasem os mais rápidos. Alças de passagem nas estações permitem que os trens mais rápidos ultrapassem os mais lentos, e esses movimentos de “ultrapassagem” são embutidos na grade horária, por exemplo, os trens mais lentos são programados para partir das estações terminais “atrás” dos serviços expressos rápidos (ver Figura 2-3).
- 1.6.15 Muitas ferrovias de alta velocidade têm um período de manutenção diária livre de todos os serviços de trem por algumas horas, normalmente durante a madrugada. Isto permite que verificações regulares e pequenas manutenções sejam feitas na infra-estrutura durante a noite. Com a intensidade dos serviços de trens operando a altas velocidades, é muito importante manter a segurança e integridade da infra-estrutura.
- 1.6.16 Nesta etapa do estudo de viabilidade, não faz sentido especificar uma estratégia preferida de material rodante, mas deixar isso em aberto para os licitantes para encorajar a concorrência. Por essa razão, uma trem de alta velocidade genérico foi considerado para fins de planejamento tanto dos serviços expressos quanto regionais.
- 1.6.17 Entretanto, os dois grupos de serviços regionais têm diferentes demandas de mercado, e reconhece-se que a configuração interna desses poderá ser diferente (p.ex. os trens de Campinas a São José dos Campos poderiam ter um maior número de assentos de cerca de 600, comparado com os 458 do serviço expresso). Entretanto, há grandes vantagens em operar uma frota padronizada em termos de operações, manutenção e compras, e isso deverá ser considerado pelos licitantes.

## 2 Grade Horária e Operações

### 2.1 Introdução

2.1.1 Este estudo de viabilidade e o planejamento do sistema TAV foram dirigidos ao mercado, e o plano operacional foi da mesma forma configurado para atender a demanda projetada para a ferrovia. A grade horária e o plano operacional têm dois objetivos:

- especificar os requisitos de serviço e recursos necessários para atender a demanda projetada; e
- fornecer uma base para estimar os custos operacionais do TAV.

2.1.2 Este capítulo cobre as seguintes áreas:

- um resumo do planejamento da grade horária e processo de planejamento de trens;
- uma descrição das principais ferramentas de planejamento de grades horárias usadas na análise;
- uma descrição da simulação de tempos de viagens do Railsys;
- um resumo da especificação das disposições da rota e das estações;
- uma descrição da simulação de grades horárias do VoyagerPlan;
- uma consideração dos futuros desenvolvimentos e questões de grades horárias; e
- uma avaliação das necessidades de material rodante.

2.1.3 Deve-se observar que a grade horária e os custos operacionais que dela resultam, foram desenvolvidos para atender a demanda prevista no Volume 1 do estudo. A grade horária apresentada foi desenvolvida para mostrar como o TAV poderia ser operado e a frequência e capacidade de trens necessários, comensurável com um estudo de viabilidade. Entretanto, a maioria das ferrovias baseiam-se numa filosofia pela qual são feitas pequenas mudanças para otimizar padrões de paradas e tempos de viagens, para encontrar o melhor equilíbrio entre custos operacionais e receita, já que uma grande parte dos custos são fixos. Por exemplo, as grades horárias aqui apresentadas estão baseadas em padrões de paradas padronizadas entre serviços de pico e fora de pico, quando na verdade muitos serviços de pico poderão ter paradas adicionais para refletir o fato que os usuários são menos sensíveis a tempos de viagens nestes períodos. Muitas dessas mudanças somente poderão ser incorporadas à grade horária após o TAV estar operando.

### 2.2 Planejamento de Grade Horária

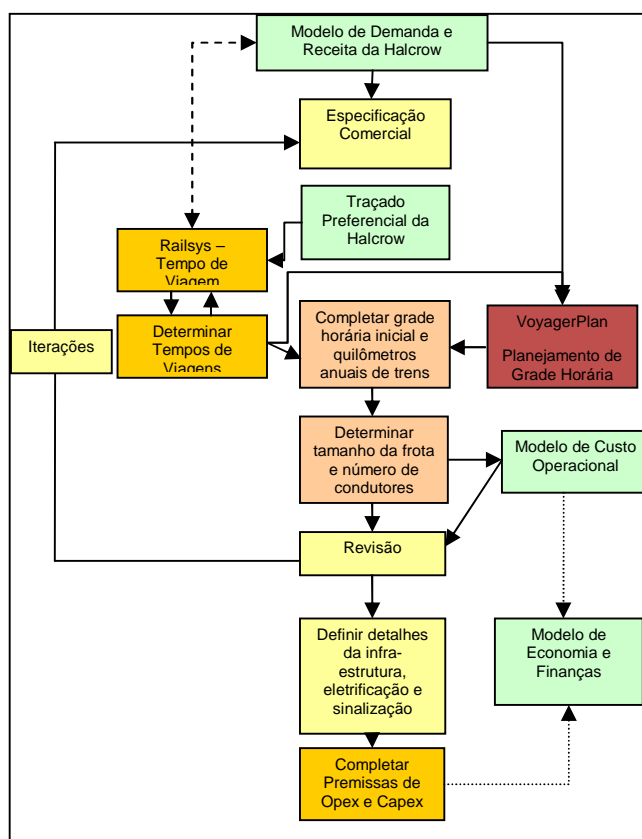
2.2.1 Na produção das grades horárias e planos operacionais dependeu-se muito dos resultados de outras partes do estudo do TAV. A Figura 2-1 mostra as interdependências entre operações, planejamento de trens e outros fluxos de trabalho.

2.2.2 As atividades chaves empreendidas para produzir o plano de trens estão descritas abaixo, começando com estrita referência às previsões de demanda, e terminado com a geração de dados de custo operacional. A Seção 2.3 fornece uma descrição técnica mais detalhada do processo de planejamento de trens e do software usado.

- **Previsões de Demanda e Receita.** Como discutido no Volume 1, foram desenvolvidas previsões detalhadas de usuários, baseadas em tempos de viagens iniciais obtidas de estudos anteriores. Estas foram posteriormente refinadas, baseado no traçado proposto neste estudo, quando foi concluído.

- **Traçado do TAV.** Baseado no traçado preferencial da Halcrow, foram selecionados importantes parâmetros operacionais, tais como intervalos de sinalização, margens de junções, espera em plataforma e tempos de nova ocupação. Estes então permitiram que fosse desenvolvida uma grade horária inicial. Detalhes completos do Traçado podem ser encontrados no Volume 2.
- **Tempos de Viagens.** Usando a ferramenta de simulação Railsys e o traçado preferencial otimizado da Halcrow, foi possível simular tempos de viagens entre estações e pontos de medidas de tempos. O Railsys usa as características físicas do material rodante (neste caso trens de alta velocidade) para determinar tempos de viagens. Podem ser usadas diferentes programações de trens (p.ex. todas as estações ou paradas limitadas) e podem ser alimentadas diferentes características de material [rodante] para examinar o impacto sobre tempos de operações, caso necessário. Para este projeto, foram consideradas as características de uma unidade genérica de alta velocidade capaz das velocidades necessárias. Uma vez estimados tempos de viagens precisos, estes foram então alimentados novamente na modelagem de demanda e receita, e o modelo de demanda foi processado novamente.

Figura 2-1: Processo Chave de Planejamento de Trens



- **Especificação Comercial.** As previsões de demanda anual foram desenvolvidas para uma especificação comercial. A especificação comercial reflete a variação de demanda diária e sazonal, e define o primeiro e último trem, demanda do horário de pico, número de trens, frequências mínimas aceitáveis, número de assentos e assim por diante.
- **Planejamento de Trens.** Uma vez definido um conjunto de tempos de viagens, estes foram então carregados eletronicamente no VoyagerPlan. O VoyagerPlan é um sistema de planejamento de trens e é usado para produzir um esboço inicial de grade horária (ver abaixo).

- **Capacidade dos Trens:** A capacidade de acomodar confortavelmente o número previsto de passageiros será um fator chave para o sucesso do TAV. Assume-se que nenhum passageiro ficará em pé nos trens expressos e regionais de curta e longa distâncias.
- **Grade Horária Inicial.** Conquanto o serviço expresso seja relativamente direto, o plano de trens foi complicado pela necessidade de acomodá-lo juntamente com o serviço regional de alta velocidade com paradas. A necessidade de entrelaçar alguns serviços de Campinas e do traslado do aeroporto na grade horária principal adicionou ainda mais complicações. Também existiu a necessidade de assegurar que as especificações da grade horária atendessem todas as restrições da infraestrutura e fornecessem níveis adequados de serviço para atender a demanda.
- **Material Rodante:** Uma vez definida a grade horária e comprovada ser viável, foi construído um conjunto de diagramas de material rodante. Estes definem os serviços que cada unidade operará em cada dia, começando com sua movimentação do local de estacionamento noturno e o número de trens que então trabalha, antes de terminar à noite. Os diagramas de material rodante também determinam quais configurações de trens precisam ser reforçadas para acomodar a demanda adicional no horário de pico. Este exercício é vital para informar o tamanho da frota e os custos de operar a rede. O número de unidades 'em manutenção' necessários para suportar a grade horária também foi determinado por este exercício. Foram então produzidos diagramas unitários para uma série de propósitos, inclusive determinar o número de condutores e guardas/cobreadores necessários, que é então alimentado na modelagem de custo operacional. O tamanho da frota de material rodante também determina outros parâmetros, tais como instalações de manutenção em depósitos e manutenção de material rodante, que também são entradas para a modelagem de custos.
- **Dupla verificação: infra-estrutura, eletrificação e sinalização.** Uma etapa chave adicional envolveu assegurar que o projeto de infra-estrutura permanecesse consistente com o plano de trens. Isto envolveu questões tais como comprimentos das plataformas das estações, capacidade de fonte de alimentação, sinalização e depósitos.

## 2.3 Ferramentas de Planejamento de Grades Horárias

- 2.3.1 Foram usados os sistemas RailSys e VoyagerPlan para determinar os tempos de operação dos trens e desenvolver as resultantes grades horárias. Estes são sistemas sofisticados de planejamento de trens da indústria ferroviária, usados por operadoras em todo o mundo. Esta seção descreve em detalhes como o plano de trens foi desenvolvido usando esses sistemas.

### RailSys

- 2.3.2 O RailSys é usado para estimar tempos de operação baseado em gradientes, curvatura, características de tração e assim por diante. O RailSys é usado para remover os 'chutes' de todas as etapas do planejamento de serviço ferroviário. É útil para engenheiros civis, para permitir avaliação precisa do impacto de novas infra-estruturas sobre uma rota (tal como limites de velocidade mais brandos), e é usado para auxiliar engenheiros de sinal na avaliação de novos ou revisados esquemas de sinalização.
- 2.3.3 O modelo de infra-estrutura do traçado do TAV foi construído na versão 6 do RailSys. Esta é ferramenta padrão de sistema de simulação ferroviária do RU, que também é usada por consultores e operadoras ferroviárias em todo o mundo.
- 2.3.4 As características de Material Rodante para um trem de alta velocidade foram importadas para o modelo da rede de demonstração do RailSys, que é baseada em dados reais fornecidos pelos fabricantes de sistemas ferroviários de alta velocidade do mundo inteiro. A simulação de tempo de operação do TAV foi então processada para o trem de alta

velocidade genérico na rota preferencial, para encontrar os tempos mínimos de operações entre estações.

- 2.3.5 Dá-se entrada aos trens com diferentes paradas em estações de acordo com os três grupos de serviços definidos, para permitir uma completa gama de tempos de paradas e passagens entre todas as estações. Por exemplo, parando somente nos pontos finais da rota, parando em todas as estações, e então em paradas alternativas. Tanto os tempos de operação técnicos mínimos (operação contínua na velocidade máxima, de acordo com a velocidade de linha máxima e gradientes), quanto os tempos de operação sugeridos na grade horária (que incluem uma folga de 6% para recuperação), foram calculados desta forma.
- 2.3.6 Este tempos calculados foram então usados para construir a grade horária durante o processo de planejamento de trens descrito abaixo.

### **VoyagerPlan**

- 2.3.7 O VoyagerPlan é um sistema de grade horária e programação usado para desenvolver cenários de grades horárias e empreender estudos de diagramação de grades horárias e trens (planejamento de recursos, p.ex. equipagem e seus custos associados) para uma gama de clientes. É a ferramenta escolhida pela maioria de Operadoras de Trens e autoridades Governamentais do RU, mas é também usado por operadoras em todo o mundo.
- 2.3.8 Para suportar a geração de planos operacionais, referiu-se à geografia da rota, localizações de estações e outros marcadores de intervalos que definem as linhas de operação e tempos de operação para cada tipo de material. As informações de tempos de operações foram derivadas da modelagem da rota pelo RailSys.

### **Especificação do Trem de Alta Velocidade**

- 2.3.9 Foi decidido usar uma especificação de trem genérica, ao invés de uma unidade de uma fabricante específico. Esta especificação do trem foi estabelecida a partir de uma combinação de características de trem de alta velocidade conhecidas e testadas, guardadas dentro da ferramenta de modelagem RailSys (como fornecidas pelos fabricantes). Estes dados foram então usados para ajustar os parâmetros para o modelo do TAV no RailSys, para calcular tempos de operações baseado no traçado do TAV, conforme previsto no Volume 2.
- 2.3.10 Para tanto, foi selecionado um trem ou tipo de unidade que oferecesse tanto características testadas de operação quanto a relevante velocidade de linha exigida para o TAV. Variantes diferentes de tecnologias ferroviárias de alta velocidade terão características de desempenho ligeiramente diferentes. Como vários fabricantes atualmente oferecem trens de alta velocidade em operação comercial a 300 km/h, essa foi usada como a velocidade máxima de operação para as simulações de grades horárias. Favor ver a Parta 2 – Tecnologia deste volume para maiores detalhes sobre desempenho de trens.
- 2.3.11 Fica entendido que vários fabricantes estão atualmente comercializando trens com uma velocidade máxima de 350 km/h ou mais. A decisão específica sobre a velocidade máxima deve ser deixada para os licitantes, que terão que decidir entre tecnologias comprovadas, i.é, 300 km/h contra os riscos tecnológicos e de desempenho de operar a velocidades maiores não comprovadas comercialmente. Deve ser ressaltado que o traçado foi projetado para uma velocidade de linha máxima de 350 km/h, com restrições apenas devidas a limites de geometria ou segurança (ver seção 2.4.5).
- 2.3.12 Uma característica chave de Ferrovias de Alta Velocidade é a capacidade de atender metas de pontualidade e confiabilidade, e essas metas deverão fazer parte do regime de desempenho entre a concessionária e o Governo (ver Volume 3 para maiores detalhes). No estudo de demanda (Volume 1), assume-se que o TAV tenha apenas em média 5 minutos de atraso, comparado à viagens aéreas, com 30 minutos de atraso. A velocidade de linha máxima de 350 km/h permite alguma folga para recuperação de tempo em serviços com atraso, e assim suporta as premissas de desempenho dos trens do estudo, caso seja assumido operação a 300 km/h.

- 2.3.13 A Tabela 2-1 mostra as especificações técnicas do material genérico usado. É importante observar que o Consórcio não advoga qualquer tipo particular de trem ou tecnologia.

**Tabela 2-1: Características de Trem de Alta Velocidade**

<b>Característica</b>	
Comprimento do Trem	200 metros, tipicamente 8 vagões
Carga Máxima por Eixo	17 toneladas métricas (Nota: a especificação do TAV é 25 toneladas métricas, para permitir trens de construção e manutenção, conforme os Termos de Referência – Anexo 2, Seção 2-14 c)
Peso Vazio	436 toneladas
Velocidade Máxima Comercial/Operacional	300 km/h
Potência Máxima na Roda	8.000 kW
Número de Assentos	Trem de serviço expresso - 458 com duas classes Trens de serviço regional – Assumiu-se trens com 600 assentos nos serviços regionais entre Campinas e São José dos Campos, em classe única.
Interior do Trem	O trem terá serviços de alimentação que poderão incluir um vagão restaurante, WC, acesso para cadeira de rodas e espaço de bagagens. O projeto específico do interior será deixado para ao licitantes, mas são dados detalhes de composição típica de frotas na Parte II deste Volume.

- 2.3.14 Os trens de AV típicos têm uma carga por eixo de 17 toneladas métricas, comparado a 25 toneladas métricas usado no trabalho do traçado (Ver Volume 2). É necessária uma carga por eixo maior de 25 toneladas métricas porque trens de manutenção e construção são mais pesados que trens de passageiros, e portanto é necessário permitir sua operação. Espera-se que a manutenção seja feita durante “períodos brancos”, como descrito mais adiante neste relatório.
- 2.3.15 A divisão entre classes econômica e executiva não está definida nesta etapa, mas viagens executivas representam aproximadamente 23% da demanda de TAV entre o Rio de Janeiro e São Paulo. A configuração e disposição específica dos trens de AV deverá ser uma decisão dos licitantes. Os preços dos bilhetes, previstos no Volume 1, assumem um preço de classe econômica no horário de pico de R\$ 200 e um preço de classe econômica fora do horário de pico de R\$ 150 (incluindo todos os impostos e encargos). Todos os preços foram assumidos como constantes em termos reais. Favor referir-se ao Volume 1 para maiores detalhes sobre preços.

## **2.4 Simulação de Tempo de Viagem no Railsys**

- 2.4.1 Os parâmetros de rota do traçado do TAV, conforme especificados e produzidos pelo QuantM, deram entrada no modelo Railsys. Esses parâmetros incluíram distâncias entre estações, gradientes, curvatura e limites de velocidade. Para simular a rota proposta, foi necessário determinar pontos de medida de tempo, que permitiram comparar tempos de viagem para diferentes opções, p.ex. operações de parada contra não-parada.
- 2.4.2 A segunda entrada importante é a especificação do trem, como previsto na Tabela 2-1, e são dados exemplos de trens de alta velocidade típicos na Parte II deste volume. O desempenho do trem em termos de aceleração e frenagem, bem como velocidade máxima,

são importantes na simulação de tempos de viagens. **Assume-se que velocidade máxima de operação para o TAV seja 300 km/h, porque a maioria dos trens de alta velocidade existentes operam nesta velocidade (favor ver detalhes dados no Volume 4: Parte 2 - Tecnologia).**

2.4.3 O Railsys faz uma importante distinção entre velocidade máxima de linha ou via e velocidade real de operação, como segue:

- **Velocidade Máxima de Linha ou Via.** Isto se refere à velocidade máxima de linha ou velocidade de projeto da linha, como usada no trabalho de otimização do traçado previsto no Volume 2, seção 3.5.6. Entre os parâmetros geométricos especificados estão o raio horizontal (via) mínimo e gradientes máximos permissíveis para operação a 350 km/h. Se não for obedecido o raio mínimo da via, isto é, são necessárias curvas mais fechadas, então a velocidade máxima da linha deverá ser reduzida, e imposta uma restrição de velocidade; e
- **Velocidade Máxima de Operação:** Isto está relacionado com as características técnicas de trem, como previstas na Tabela 2-1, e da forma em que os trens são operados. É afinal limitada pela velocidade máxima da linha ou via. Conquanto a velocidade máxima da linha possa ser 300 km/h, isto não significa que o trem seja capaz de atingir ou manter esta velocidade em todas as seções. Por exemplo, na Serra das Araras, foram usados gradientes máximos e curvaturas que impactam o desempenho do trem, e estão modelados no Railsys. Assume-se que a velocidade máxima de operação seja 300 km/h.

2.4.4 Um terceiro conceito é a velocidade comercial ou média, que é estimada simplesmente dividindo-se a extensão da linha pelo tempo total de viagem. Assim as velocidades médias variarão, dependendo do número de paradas em estações e as premissas das grades horárias.

### Restrições de Velocidade no Traçado

2.4.5 Como observado acima, o trabalho de otimização do traçado, como descrito no Volume 2 deste estudo, é baseado numa velocidade máxima de linha de 350 km/h, desde que sejam atendidos os critérios geométricos. Todas as estações intermediárias são baseadas num traçado de quatro vias que inclui duas linhas de desvio, além de duas plataformas, o que evita a necessidade de quaisquer restrições de velocidade.

2.4.6 Entretanto, algumas restrições de velocidade (isto é, uma redução abaixo de 350 km/h), são às vezes necessárias porque alguns dos critérios geométricos não podem ser atendidos. Como descrito abaixo, existem basicamente dois fatores principais que causam a redução de velocidade ao longo do traçado:

- **Restrições impostas por limitações no traçado**

Para fisicamente conseguir o traçado necessário entre estações, levando em conta os limites físicos impostos pela geografia, geologia e assim por diante, os critérios geométricos foram abrandados. A adoção de valores mais restritivos de raios de curvatura e gradientes resulta numa redução da velocidade máxima que pode ser aplicada nessas seções.

No caso de áreas urbanas, isso não tem um impacto significativo sobre o tempo total de viagem, porque os trens estarão ou acelerando ou brechando ao chegar/partir das estações terminais. Por exemplo, os trens de AV que partem de Barão de Mauá para o Aeroporto do Galeão estarão acelerando, e não atingirão sua velocidade máxima por vários quilômetros; obviamente o inverso aplicar-se-á quando os trens de AV chegarem a Barão de Mauá. Considerações similares aplicam-se a Campo de Marte e Campinas. Como resultado de velocidades menores em áreas urbanas, área da seção transversal dos túneis pode ser menor que o indicado pelo projeto para operação a 350 km/h, o que reduz o custo da perfuração do túnel. Isto foi considerado no desenvolvimento dos custos de capital previstos no Volume 5; e

- **Restrições impostas por segurança**

Existe um considerável efeito aerodinâmico na operação de trens em alta velocidade através de túneis, conhecido como o 'efeito pistão'. As seções transversais dos túneis previstos no Volume 2 são baseados nos desenvolvidos para a linha de AV entre Madrid e Barcelona (que é capaz de atingir operação de 350 km/h). Entretanto, essa velocidade ainda não foi comprovada em operação, e portanto para a simulação do TAV, assume-se uma velocidade máxima nos túneis de 300 km/h. Assim, conquanto os túneis atendam os critérios geométricos para operação a 350 km/h, isso ainda não foi comprovado em serviço. Assume-se que todos os túneis fora das principais áreas urbanas tenham uma velocidade máxima de 300 km/h. Os túneis no CTRL no RU atualmente operam nessas velocidades.

2.4.7 A Tabela 2-2 mostra um resumo de velocidades por seção da via.

**Tabela 2-2: Localização dos Principais Túneis e Restrições de Velocidade**

Seção	Início	Fim	Velocidade(s) Máxima(s) de Linha(s) km/h
Barão de Mauá - Galeão	<b>0.000</b>	<b>15.166</b>	Velocidades entre 60 km/h (chegada a Barão de Mauá) e 160 km/h
Galeão - Barra Mansa/ Volta Redonda	<b>15.166</b>	<b>118.302</b>	
	18.580	23.550	230 km/h: Traçado horizontal apto a 350 km/h, mas limitado a 230 km / h, devido a elementos verticais necessários para a mudança de altitude a partir do túnel sob o Canal do Fundão ao viaduto sobre a linha ferroviária Supervia (linha entre Duque de Caxias e Saracuruna) e cruzamentos de estradas no Norte de Duque de Caxias.
	81.610	82.650	300 km/h: Túnel, Traçado horizontal apto para 350 km/h
	83.490	90.670	300 km/h: Túnel, Traçado horizontal apto para 350 km/h
	99.660	100.950	300 km/h: Túnel, Traçado horizontal apto para 350 km/h
Barra Mansa/Volta Redonda - São José dos Campos	<b>118.302</b>	<b>328.663</b>	
	322.340	324.080	300 km/h: Túnel (SJ dos Campos), Traçado horizontal apto para 350 km/h
São José dos Campos - Guarulhos	<b>328.663</b>	<b>390.433</b>	
	383.620	390.000	230 km/h: Túneis de dupla perfuração
Guarulhos - Campo de Marte	<b>390.433</b>	<b>412.244</b>	230 km/h: Túneis de dupla perfuração
Campo de Marte - Viracopos	<b>412.244</b>	<b>487.594</b>	
	412.200	426.000	230 km/h: Túneis de dupla perfuração
	429.600	430.890	230 km/h: Túneis de dupla perfuração
Viracopos - Campinas	<b>487.594</b>	<b>510.760</b>	Atualmente 160 km/h, será parcialmente aumentado para 230 km/h, caso possível

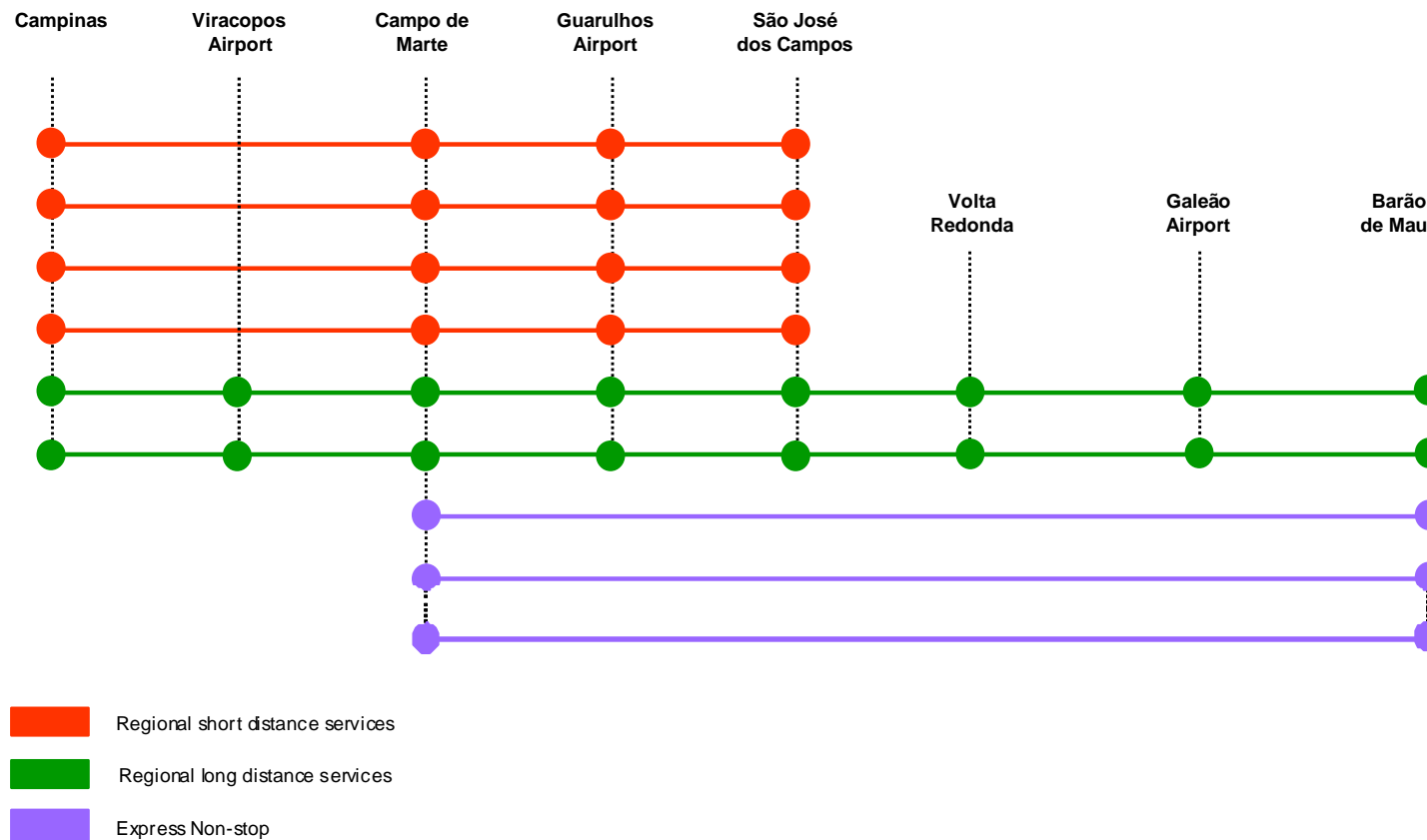
### Padrões e tempos de serviço de trens

- 2.4.8 Tendo entrado com detalhes do traçado, do tipo de trem e tempos de ponto a ponto, puderam ser desenvolvidos os padrões e tempos do serviço de trens, para melhor casar com o perfil previsto da demanda. A abordagem foi ainda informada através de workshops, perfis de demanda, para determinar como serão atingidas as receitas máximas, análise de sensibilidade envolvendo as várias premissas inerentes aos sistemas de grades horárias e conhecimento profissional de outros sistemas ferroviários de alta velocidade.
- 2.4.9 O plano de trens resultante otimizou tempos, confiabilidade de serviço e atratividade comercial. Inclui as três operações de serviço distintas mas separadas, conforme discutido na Seção 1.6.3, mostradas abaixo:
- **Serviços expressos** de São Paulo ao Rio de Janeiro;
  - **Serviços regionais de longa distância** operando entre Campinas e o Rio de Janeiro, com paradas em Viracopos, São Paulo, Aeroporto Internacional de Guarulhos, São José dos Campos, Volta Redonda/Barra Mansa, e o Aeroporto Internacional do Galeão. Este serviço também desempenha um papel de “aeroporto” ao parar nos aeroportos de Viracopos, Guarulhos e Galeão, e todas as principais áreas urbanas dentro da área de influência; e
  - **Serviços regionais de curta distância** operando entre Campinas e São José dos Campos, com paradas em São Paulo e o Aeroporto Internacional de Guarulhos. Este serviço não para no Aeroporto de Viracopos.
- 2.4.10 Os padrões de paradas por estação são mostrados na Figura 2-2 para o horário de pico em 2014 e na Tabela 2-3. Como mostrado na Tabela 2-3, a estação mais movimentada será de Campo de Marte, com 9 trens por hora (tph).

**Tabela 2-3: Frequência do TAV por Estação**

Estação	Expresso	Regional de Longa Distância	Regional de Curta Distância	Total
Barão de Mauá (Rio de Janeiro)	3 tph	2 tph	-	5 tph
Aeroporto do Galeão (Rio de Janeiro)	-	2 tph	-	2 tph
Volta Redonda/Barra Mansa	-	2 tph	-	2 tph
São José dos Campos	-	2 tph	4 tph	6 tph
Aeroporto de Guarulhos (São Paulo)	-	2 tph	4 tph	6 tph
Campo de Marte (São Paulo)	3 tph	2 tph	4 tph	9 tph
Aeroporto de Viracopos	-	2 tph	-	2 tph
Campinas	-	2 tph	4 tph	6 tph

Figura 2-2: 2014 Padrão de Serviço de Horário de Pico



- 2.4.11 Usando o pacote de software de modelagem RailSys, as características da rota conhecidas como previstas na Tabela 2-2, e o traçado importado do QuantM, foram derivados os tempos de viagens para os trens Regionais e Expressos. A Tabela 2-4, Tabela 2-5 e Tabela 2-6 mostram os tempos de viagem de cada padrão de serviço de trens (arredondando para cima cada tempo para o meio minuto mais próximo). Observe que não é verdade que em todos os casos os tempos de viagem para Barão de Mauá sejam os mesmos tempos de viagem que no sentido inverso (Ver, por exemplo, Tabela 2-4 e Tabela 2-6) porque os trens de AV breacam e aceleram a taxas diferentes, e gradientes e curvaturas de vias têm efeitos diferentes sobre o desempenho dos trens, dependendo do sentido da viagem.
- 2.4.12 Conforme mostrado na Tabela 2-4, baseado em uma velocidade máxima de operação de 300 km/h, os serviços Expressos levarão 1 hora e 33 minutos para leste, e um minuto a mais para oeste, um tempo de viagem muito atrativo para os passageiros. Como pode ser visto nas tabelas abaixo, é possível as velocidades médias variarem em função do sentido ao longo da mesma seção. Isso é plausível porque o perfil do gradiente do traçado é direcional, o que afeta o desempenho do trem durante as fases de aceleração e frenagem. As velocidades são também influenciadas pela localização das estações e suas posições relativas. Isso é resultado das distâncias relativamente curtas entre estações, que não permitem que o trem atinja velocidade de cruzeiro antes de precisar começar a breacar.

**Tabela 2-4: Tempos de Viagens de Serviços de Trem Expresso a 300 km/h**

De	Para	Paradas em Estações	Tempos de Viagem (Horas:Min:Seg) Velocidade Média
Campo de Marte	Barão de Mauá	nenhuma	1:33:00 280 km/h
Barão de Mauá	Campo de Marte	nenhuma	1:33:30 264 km/h

**Tabela 2-5: Serviços Regionais de Longa Distância a 300 km/h**

De	Para	Paradas em Estações	Tempos de Viagem (Horas:Min:Seg) Velocidade Média
Campinas	Barão de Mauá	Viracopos, Campo de Marte, Aeroporto de Guarulhos, São Jose dos Campos, Volta Redonda/Barra Mansa, Aeroporto do Galeão	2:33:30 200 km/h
Barão de Mauá	Campinas	Aeroporto do Galeão, Volta Redonda/Barra Mansa, São Jose dos Campos, Aeroporto de Guarulhos, Campo de Marte, Viracopos	2:26:30 209 km/h

**Tabela 2-6: Trenos Regionais de Curta Distância a 300 km/h**

De	Para	Paradas em Estações	Tempos de Viagem (Horas:Min:Seg) Velocidade Média
Campinas	São Jose dos Campos	Campo de Marte, Aeroporto de Guarulhos	1:04:00 172.5 km/h
São Jose dos Campos	Campinas	Aeroporto de Guarulhos, Campo de Marte	57:30 192 km/h

- 2.4.13 A Tabela 2-7 mostra os tempos de operação seccionais ao longo de várias seções da rota. São fornecidos quatro tempos de trens diferentes – partir para passar, passar para passar, passar para parar, e partir para parar. ‘Partir para Passar’ significa que o trem ‘parte’ da primeira estação mas não para na próxima. ‘Passar para Passar’ assume que o trem passa por ambas as estações sem parar, e portanto são os tempos mais rápidos da seção. ‘Passar para Parar’ assume que o trem passa a primeira estação, mas para na próxima. ‘Partir para Parar’ assume que o trem parte da primeira estação e para na próxima. Assim, a Tabela 2-7 reflete o impacto de incluir paradas em estações. Assume-se que todas as paradas em estações sejam de dois minutos, de acordo com padrões de operação internacionais.
- 2.4.14 Baseado na Tabela 2-7, o tempo de operação entre Barão de Mauá e Campo de Marte pode ser estimado como segue:
- Barão de Mauá a Galeão – partir para passar – 07:30 minutos;
  - Galeão - Volta Redonda/Barra Mansa – passar para passar – 22:00 minutos;
  - Volta Redonda/Barra Mansa - São Jose dos Campos – passar para passar – 42:00 minutos;
  - São Jose dos Campos ao Aeroporto de Guarulhos – passar para passar – 14:00 minutos;
  - Aeroporto de Guarulhos a Campo de Marte – passar para parar – 08:00 minutos;
  - o que dá um tempo total de 93,5 minutos, ou 1 hora e 33,5 minutos, conforme mostrado na Tabela 2-4
- 2.4.15 Os tempos dos serviços Expressos refletem a velocidade máxima ao longo das seções da rota, isto é, ‘Passar para Passar’. A seção de São José dos Campos a Barra Mansa/Volta Redonda não tem restrições de velocidade, e trens expressos atingem uma média de 299 km/h, muito próxima da sua velocidade máxima de operação. Em algumas seções há pequenas variações nas velocidades para leste a para oeste, que estão relacionadas principalmente à topografia local, p.ex. a Serra das Araras, entre Barra Mansa/Volta Redonda e o Rio de Janeiro.

Tabela 2-7: Tempos de Operação de Serviço de Trem (300 km/h)

De	Para	Distância	Tempos de Operação (para meio minuto)				Velocidade Média (km/h)	
		km	Partir para Passar	Passar para Passar	Passar para Parar	Partir para Parar	Expresso	Regional
Campinas	Aeroporto de Viracopos	22,4	00:10:00			00:10:30	n/a	127,91
Aeroporto de Viracopos	Campo de Marte	76,0			00:19:30	00:22:00	n/a	207,40
Campo de Marte	Aeroporto de Guarulhos	21,6	00:08:00		00:09:00	00:09:00	144,00	144,00
Aeroporto de Guarulhos	São José dos Campos	63,0	00:15:00	00:14:00		00:16:00	252,00	236,25
São José dos Campos	Barra Mansa/Volta Redonda	209,6		00:42:00		00:45:00	299,43	279,47
Barra Mansa/Volta Redonda	Galeão	102,9		00:21:30		00:24:30	287,16	252,00
Galeão	Barão de Mauá	15,0			00:07:30	00:08:00	120,00	112,50
De	Para	Distância	Tempos de Operação (para meio minuto)				Velocidade Média (km/h)	
		km	Partir para Passar	Passar para Passar	Passar para Parar	Partir para Parar	Expresso	Regional
Barão de Mauá	Galeão	15,0	00:07:30			00:08:00	120,00	112,50
Galeão	Barra Mansa/Volta Redonda	102,9		00:22:00		00:24:00	280,64	257,25
Barra Mansa/Volta Redonda	São José dos Campos	209,6		00:42:00		00:45:00	299,43	279,47
São José dos Campos	Aeroporto de Guarulhos	63,0		00:14:00	00:14:30	00:16:30	260,69	229,09
Aeroporto de Guarulhos	Campo de Marte	21,6			00:08:00	00:09:00	144,00	144,00
Campo de Marte	Aeroporto de Viracopos	76,0	00:20:00			00:21:30	n/a	212,09
Aeroporto de Viracopos	Campinas	22,4			00:10:00	00:10:30	n/a	128,00

n/a – as velocidades médias para trens expressos e regionais são as mesmas para esta seção, pois todos os trens param em Campo de Marte e Guarulhos

## 2.5 Estações e Depósitos do TAV

2.5.1 O mapa da rota mostrado na Figura 2-13 abaixo demonstra as estações propostas / obrigatórias que foram modeladas, e as distâncias aproximadas entre pontos de tempos<sup>8</sup>. Existem também três estações opcionais sendo consideradas, para as quais está sendo feita uma provisão futura apenas no trabalho de desenvolvimento do traçado. As estações opcionais são em Resende, Aparecida e Jundiaí. Os planos da configuração de estação para as estações chaves ao longo da rota foram produzidos junto com a configuração genérico de estação para as estações intermediárias. A Tabela 2-8 mostra um resumo das características chaves e da localização destas estações.

**Tabela 2-8: Características e Localizações de Estações**

Estação	Descrição	Localização da Estação (km)
Barão de Mauá (Rio de Janeiro)	Terminal (3 plataformas ilhas com 6 faces de plataforma)	0,0
Aeroporto do Galeão (Rio de Janeiro)	2 plataformas 2 linhas de prosseguimento	15,2
Volta Redonda/Barra Mansa	2 plataformas 2 linhas de prosseguimento	118,3
São José dos Campos	5 plataformas, uma sendo uma plataforma terminal 2 linhas de prosseguimento	328,7
Aeroporto de Guarulhos (São Paulo)	2 plataformas 2 linhas de prosseguimento	390,4
Campo de Marte (São Paulo)	6 plataformas.	412,2
Aeroporto de Viracopos	2 plataformas 2 linhas de prosseguimento	487,6
Campinas	Terminal (4 plataformas)	510,7

2.5.2 Campo de Marte, Barão de Mauá, Campinas e em São José dos Campos são providos de locais de retorno para reverter grupos de serviço de trens. Estes locais de retorno requerem plataformas extras e depósitos ou vias laterais próximas para estacionamento de trens, para assegurar que trens estejam prontos para entrar em serviço como necessário. A seguir está uma descrição das configurações recomendados das estações.

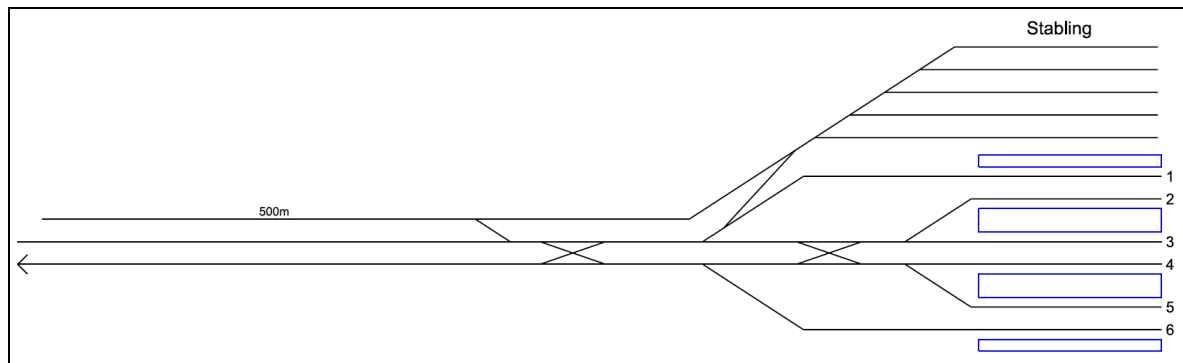
### Barão De Mauá

2.5.3 Barão de Mauá é a estação terminal no Rio de Janeiro. A configuração proposto para essa estação são três plataformas ilhas com seis faces de plataforma. Isto seria a necessidade mínima para atender a demanda prevista de uso do sistema. Devido a maior demanda em anos futuros e posterior necessidade de trens de comprimento duplo nos horários de pico, a plataforma e chegada à estação exigirá as seguintes características:

- Comprimento da Plataforma: 500 m;
- Chegada à Estação: 400 m; e
- Largura da plataforma dupla: 12 m.

<sup>8</sup> As estações opcionais de Resende, Aparecida e Jundiaí não estão consideradas nesta análise

- 2.5.4 Haverá também a necessidade de uma conexão 'pescoço' (*shunt neck*) instalada entre as duas linhas de chegada, e múltiplas travessões para permitir entrar nas vias laterais de triagem e estacionamento que serão posicionadas ao lado da estação. Estes estão todos mostrados na Figura 2-3 e Figura 2-4.



**Figura 2-3: Configuração da Estação Barão de Mauá**



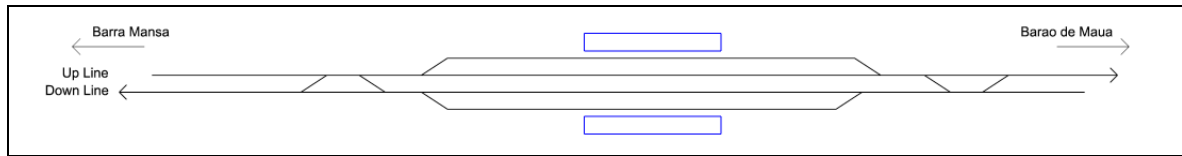
**Figura 2-4: Chegada à Estação Barão de Mauá**

### Aeroporto Internacional do Galeão

- 2.5.5 Esta estação será operada com duas plataformas do lado de fora das alças, como mostrado na Figura 2-5 e Figura 2-13. Este arranjo permite a operação segura de serviços de trem Expresso afastada de passageiros de pé nas plataformas aguardando os trens não-expressos. Também tem benefícios operacionais, ao permitir que trens expressos ultrapassem trens não-expressos. Todas as plataformas terão ao menos 420 metros de comprimento para permitir serviços de trem de comprimento duplo (400 metros) em atendimento de crescimento futuro.

**Figura 2-5: Estação do Aeroporto Internacional do Galeão, mostrando acesso aos terminais**

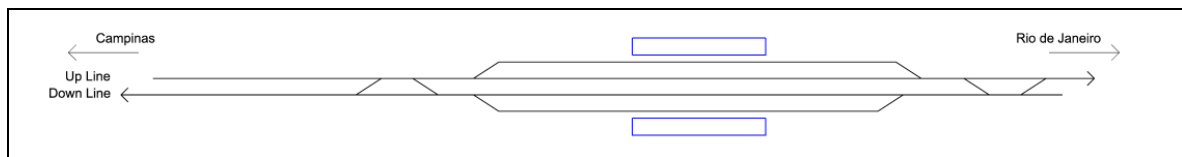




**Figura 2-6: Configuração da Estação do Aeroporto internacional do Galeão**

### Barra Mansa/Volta Redonda

2.5.6 Esta estação é outra estação de 'parada e prosseguimento', e a configuração recomendada é a mesma que do Aeroporto do Galeão. Isso está mostrado na Figura 2-7.

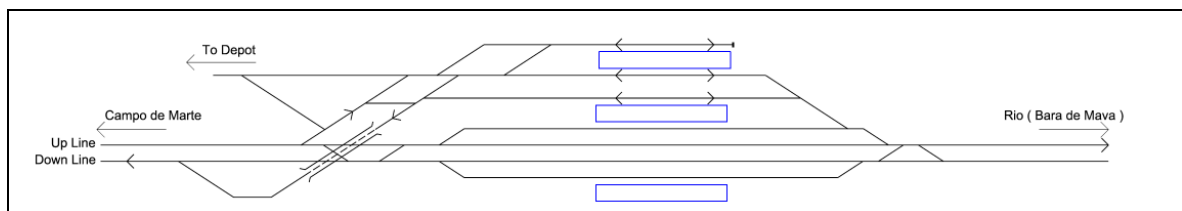


**Figura 2-7: Configuração da Estação de Barra Mansa/Volta Redonda**

### São José Dos Campos

2.5.7 Embora esta seja uma estação intermediária e não um terminal, foi determinado através do processo de planejamento de trens anteriormente descrito, e do trabalho de previsão de demanda, que São José dos Campos oferece a melhor localização para reverter trens regionais de curta distância de volta a São Paulo, como mostrado na Figura 2-8.

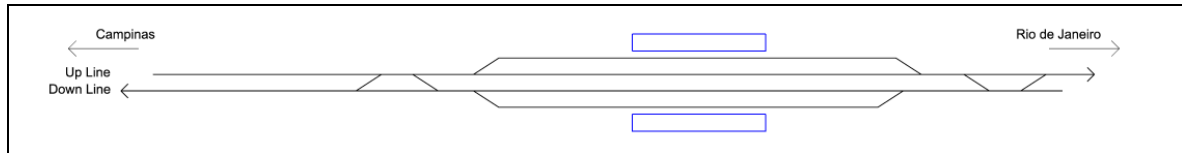
2.5.8 Recomenda-se portanto que a configuração deverá permitir que uma mescla completa de padrões de serviço usem a estação simultaneamente. Como pode ser visto pela configuração abaixo, foram recomendadas cinco faces de plataforma, com uma plataforma terminal do lado externo. Estas plataformas externas seriam alcançadas usando um cruzamento de nível separado ou em níveis distintos (*flying junction*) sobre a linha principal para permitir a continuidade de outros serviços.



**Figura 2-8: Configuração da Estação de São José dos Campos**

### Aeroporto Internacional de Guarulhos

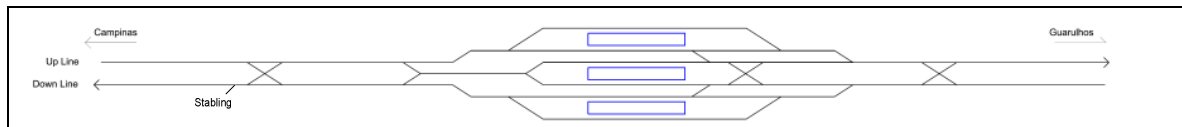
2.5.9 O aeroporto de Guarulhos é outra estação de 'parada e prosseguimento'. A configuração recomendada separa trens não-expressos de trens de parada e prosseguimento usando linhas de alça para permitir operação segura e para maximizar a eficiência e capacidade operacional, como mostrado na Figura 2-9.



**Figura 2-9: Configuração da Estação do Aeroporto Internacional de Guarulhos**

### Campo de Marte

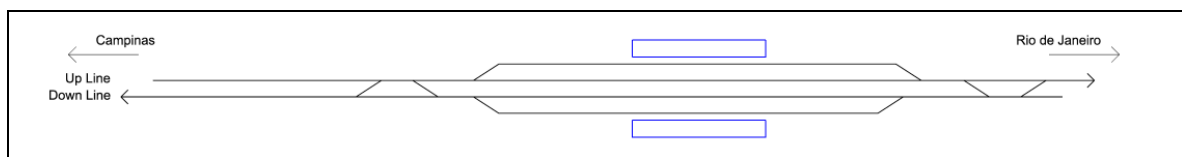
- 2.5.10 Esta é a estação terminal em São Paulo para trens Expressos, mas está configurada para operar como uma estação de parada e prosseguimento. Recomenda-se que o arranjo da plataforma seja três plataformas ilhas com seis faces de plataforma. Existem também vários travessões e linhas de desvio que permitem a qualquer serviço entrar em qualquer plataforma em qualquer sentido. É necessária sinalização bidirecional para permitir máxima flexibilidade operacional. A conexão de todas as plataformas e linhas leva a benefícios de desempenho de trens, bem como permitir melhor aproveitamento de plataformas em que poderá vir a ter uma disponibilidade limitada de espaço.
- 2.5.11 Há também necessidade de instalações de estacionamento neste local, e propõe-se que estas estejam próximas ou ao redor do local de Campo de Marte. Estas instalações seriam acessadas por meio de uma conexão 'pescoço' (*shunt neck*), um trecho de linha que conecta as linhas principais de operação com a instalação de estacionamento. A Figura 2-10 mostra a configuração proposta em Campo de Marte.



**Figura 2-10: Configuração da Estação de Campo de Marte**

### Aeroporto de Viracopos

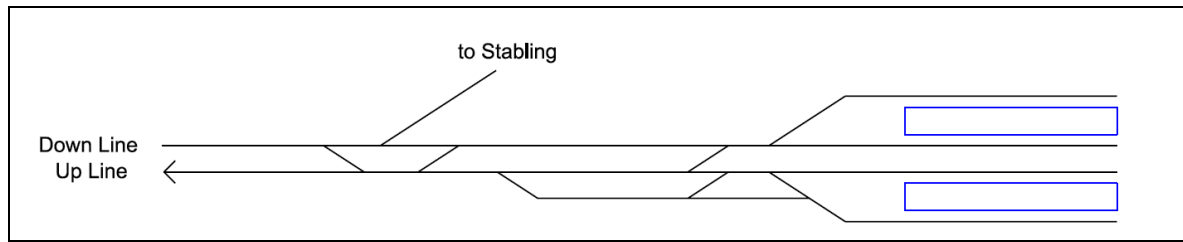
- 2.5.12 Esta estação é outra estação de 'parada e prosseguimento' com duas plataformas, e a configuração recomendada é a mesma que do Aeroporto do Galeão, como mostrado na Figura.



**Figura 2-11: Configuração da Estação do Aeroporto de Viracopos**

### Campinas

- 2.5.13 Campinas será uma estação terminal, e terá instalações de estacionamento, como mostrado na Figura 2-12. Em consequência, haverá necessidade de uma conexão 'pescoço' (*shunt neck*) conectando as linhas principais de operação com as vias laterais de estacionamento. Recomenda-se que esta estação tenha duas plataformas ilhas, com quatro faces de plataforma. Isto permite expansão futura dos serviços Expressos do Rio de Janeiro via São Paulo se necessário, bem como permitir os altos volumes de demanda que usarão os serviços.



**Figura 2-12: Configuração da Estação de Campinas**

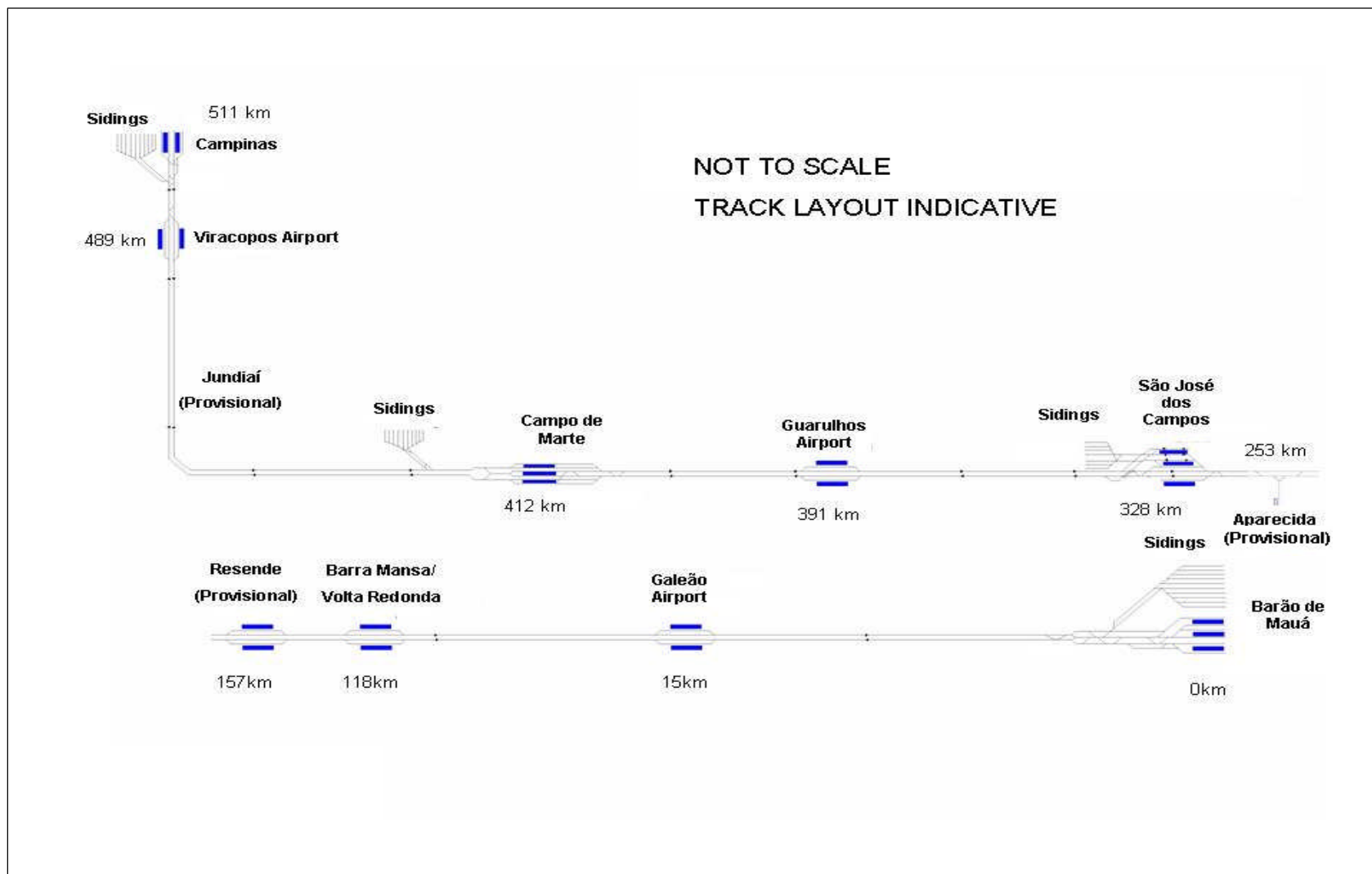
### Estações Opcionais

- 2.5.14 para uma estação opcional em Resende. Esta seria também uma estação de 'parada e prosseguimento', e a configuração recomendada é a mesma que Barra Mansa/Volta Redonda.
- 2.5.15 O traçado tem provisão passiva para uma estação opcional em Aparecida para atender a demanda dos períodos de peregrinação à Basílica de Aparecida. Entretanto, devido à posição do traçado, seria necessária uma curta linha de conexão. A linha de conexão seria acessada a partir da linha principal através de um desvio da linha principal, e teria uma única linha e única plataforma. Os trens então reverteriam para juntar-se novamente à linha principal.
- 2.5.16 para uma estação opcional em Jundiaí. Esta seria também uma estação de 'parada e prosseguimento', e a configuração recomendada é a mesma que Barra Mansa/Volta Redonda.

### AMVs e Travessões

- 2.5.17 Travessões são um benefício vital de desempenho, como meios de lidar com incidentes (p.ex. trens quebrados), manutenção e ajudar altos volumes de tráfego. Na nossa experiência com sistemas em todo o mundo, os sistemas ferroviários com as melhores operações e o melhor desempenho são os que têm travessões a intervalos regulares. Provêm continuidade de serviço e acesso a locais chaves. Recomenda-se que devam ser providos travessões como segue:
- antes e após cada estação intermediária;
  - em túneis se forem de perfuração única;
  - antes e após túneis compridos;
  - antes de terminais principais em cada extremo da rota;
  - início e fim de Campo do Marte;
  - todas os depósitos e vias laterais de engenharia;
  - quaisquer ramais (p.ex. plano para futura estação potencial em Aparecida); e
  - sempre que a distância entre travessões existentes for maior que 50 km.

Figura 2-13: Configuração Proposta da Rota



### Depósitos de Manutenção de Trens

- 2.5.18 O depósito de manutenção pesada será baseado no estado de São Paulo, já que uma grande parte da frota operará lá. Recomenda-se que o depósito seja localizado em São José dos Campos em razão da base de capacidade tecnológica na área, sua localização estratégica ao longo da rota, e a disponibilidade de terrenos.
- 2.5.19 Devido à grande frota, haverá também necessidade de instalações de estacionamento. Logicamente estas deveriam estar próximas das estações terminais, para reduzir a operação de trens vazios e o uso desnecessário de recursos. Sugere-se portanto que os seguintes locais sejam usados para estacionamento/manutenção leve: Barão de Mauá, Campo de Marte, São José dos Campos e Campinas.

### Manutenção de Trens/Engenharia

- 2.5.20 Haverá necessidade de vias laterais de manutenção para estacionar maquinário e equipamentos de manutenção de vias, inclusive veículos de inspeção de vias. Propõe-se que haja três localidades principais com equipamentos adicionais para reformas grandes, e localidades secundárias que poderiam atuar tanto como locais de consertos de emergência quanto de manutenção leve. As localidades seguintes foram consideradas como oferecendo os melhores locais para manutenção de vias/vias laterais de engenharia.
- depósitos principais de manutenção: Jundiaí, Volta Redonda e São José dos Campos; e
  - depósitos secundários de manutenção: Rio de Janeiro.
- 2.5.21 Cada via lateral nas localidades principais seria composta de vias laterais variando de 500 a 1.500 metros, com aproximadamente 10 vias laterais em cada extremo da rota. Estas seriam colocadas nos mesmos locais descritos acima para estacionamento. As configurações das vias laterais deveriam iniciar com linhas de 500 m, aumentando de comprimento até vias laterais de 1.500 metros, com dez linhas de vias laterais em cada extremo da rota. Haverá também necessidade de um sistema de manutenção desvio / reboque.

## 2.6 Grade Horária VoyagerPlan

- 2.6.1 Como descrito acima, as previsões de demanda foram transformadas em uma especificação comercial para planejamento de grade horária. Para desenvolver esta especificação, foi necessário casar a demanda com os padrões de serviço de trens propostos, incluindo detalhes tais como os picos de demanda e horários de operação dos trens.

### Horários de operação

- 2.6.2 O relatório de demanda mostra que aproximadamente 70% do atual tráfego de passageiros entre as duas cidades de Rio de Janeiro e São Paulo são viajantes a negócio. Estes serão então o principal segmento de mercado no período de pico, e o perfil de demanda usa isso como a base para planejamento de capacidade.
- 2.6.3 Foi determinado do modelo de demanda que os primeiros trens a partir de cada estação terminal deverão ser às 06:00, e os últimos trens deverão sair às 23:00. Além de permitir serviços suficientes para atender a demanda prevista para todas as rotas, isto também permite uma efetiva janela diária de manutenção para trabalhos nas vias.

### Determinação da Capacidade para Operação de Pico

- 2.6.4 A partir do perfil da demanda, é possível determinar os horários de pico. São os seguintes:
- pico da manhã: 06:00 – 09:00;
  - pico da tarde: 17:00 – 20:00; e
  - pico da hora do almoço : 12:00 – 14:00 (apenas trens regionais).

- 2.6.5 A partir disso, pode-se determinar o número de serviços necessários para estarem operando durante os períodos de pico para atender a demanda, e o número de veículos necessários por trem, p.ex., baseado em três trens por hora entre 06:00 e 09:00 horas, fornece-se 1.374 assentos, comparado com uma demanda estimada de 1.176 por uma hora, ou uma ocupação estimada de 86%. Uma análise similar para serviços regionais, baseada em 600 assentos por trem, resulta numa ocupação média de 78%. Observe que, como anteriormente dito, a configuração específica dos dois tipos de trens requer uma análise detalhada adicional, fora do escopo deste estudo.
- 2.6.6 Na medida em que cresce ao longo do tempo a demanda por serviços expressos e regionais, e como previsto na Tabela 1-1, Tabela 1-2 e Tabela 1-3, a ocupação média irá aumentar, acompanhando o crescimento da demanda. Portanto, para o serviço Expresso, os trens estarão próximos de 100% da capacidade até 2017/2018, quando será necessária capacidade adicional. Foi portanto assumido que será necessário dobrar a capacidade até então. Isto pode ser conseguido mediante a aquisição de vagões adicionais para encompridar a configuração dos trens p.ex. de 200 metros para 400 metros; sendo isto mostrado pelas células verdes na Tabela 2-9.
- 2.6.7 Como os trens de alta velocidade tendem a ser compostos de unidades integradas com um número fixo de veículos em cada uma, assumiu-se que a capacidade será expandida por meio de duplicação do tamanho do trem de uma para duas unidades. Na verdade, a operadora buscaria otimizar a capacidade da frota existente, procurando adiar a compra de trens adicionais: as técnicas incluem, por exemplo, operar trens adicionais apenas nos picos, através de diagramação mais sofisticada de trens, para aumentar sua disponibilidade, ou discriminação de preços, isto é, aumentar as tarifas de pico para estimular viagens em períodos fora de pico, quando há capacidade sobrando. Até 2030, a capacidade é novamente atingida (como ressaltado em vermelho na Tabela 2-9), e uma solução potencial para aumentar a capacidade está mostrada na Tabela , que requer um aumento na frequência, mas sem mais expansão da frota de material rodante. A capacidade é novamente atingida em 2038, a partir de quando será necessária capacidade das vias além da configuração proposta do TAV.
- 2.6.8 Como mostrado na Tabela 2-9, os serviços regionais começam com uma ocupação média inicial de 78%, mais baixa do que a ocupação esperada para os serviços expressos, em razão da maior capacidade dos trens de 600 assentos e maior frequência.
- 2.6.9 Os padrões básicos de serviço para tanto os serviços Expresso quanto Regional estão mostrados na Tabela 2-10. Baseado no crescimento estimado da demanda, os serviços regionais atingirão a capacidade por volta de 2021/2022, quando a capacidade será dobrada nos horários de pico sem nenhum aumento na frequência, como mostrado em verde na Tabela 2-9. Os trens são estendidos de 200 metros para 400 metros, e conseqüentemente a ocupação média cai para 51%. A ocupação de 100% não é atingida até 2040, portanto não é necessário mais material rodante, mas uma solução potencial para aumentar a capacidade além dessa é mostrada na Tabela 2-10.

**Tabela 2-9: Ocupação Média por Tipo de Serviço**

Tipo de Serviço	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Trens Expresso	86%	90%	94%	98%	51%	54%	56%	59%	62%	65%	68%
Serviços regionais	78%	81%	84%	87%	90%	93%	96%	99%	51%	52%	54%

Tipo de Serviço	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Trens Expresso	73%	77%	82%	87%	92%	96%	76%	79%	83%	87%
Serviços regionais	57%	59%	61%	64%	66%	68%	71%	73%	76%	78%

Tipo de Serviço	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044
Trens Expresso	90%	94%	98%	Necessidade de Maior Capacidade de Vias						
Serviços regionais	81%	85%	88%	92%	95%	98%	91%	94%	97%	100%

2.6.10 O padrão básico de serviço fora de pico está planejado para começar às 05:00, embora alguns serviços de longa distância muito cedo comecem às 04:00. Isto permitirá tempos de chegada razoáveis, como um primeiro serviço de Campinas começando às 04:00 e chegando ao Rio de Janeiro às 06:19. Estes serviços fora de pico poderão também ajudar com alta demanda durante o horário de pico. Poderiam ser usadas estratégias de preços para atrair viajantes de horário de pico para estes serviços fora de pico.

2.6.11 Não foram desenvolvidas soluções além de 2034, uma vez que isto provavelmente necessitará vias, plataformas e material rodante adicionais, mais melhoras aos sistemas de sinalização, eletrificação, depósitos e assim por diante.

**Tabela 2-10: Padrão Básico de Serviço por Tipo de Serviço e Ano**

Tipo de Serviço	Período	Assentos por trem	Horários de Pico		Horários Fora de Pico		Trens por dia	Tempo médio de viagem
			Trens por hora por sentido	Intervalo de serviço	Trens por hora por sentido	Intervalo de serviço		
Expresso	2014 – 2017	458	3	20 min	1.5	40 min	85	1 hr 31 min
	2018 - 2030	458 x 2	3	20 min	1.5	40 min	85	1 hr 31 min
	2031 - 2037	458 x 2	4	15 min	2	30 min	102	1 hr 31 min
Regional de curta distância	2014 - 2021	600	6	10 min	3	20 min	111	1 hr
	2022 - 2040	600 x 2	6	10 min	3	20 min	131	1hr
	2040 – 2044	600 x 2	7	8 – 9 min	3	20 min	187	1hr
Regional de longa distância	2014 - 2021	600	2 de curta distância estendidos ao Rio	30 min	1 de curta distância estendido ao Rio	60 min	53	2 hr 25 min
	2022 - 2040	600 x 2	2 de curta distância estendidos ao Rio	30 min	1 de curta distância estendido ao Rio	60 min	53	2 hr 25 min
	2040 - 2044	600 x 2	2 de curta distância estendidos ao Rio	30 min	1 de curta distância estendido ao Rio	60 min	53	2 hr 25 min

### Modelagem do Padrão de Serviço de Trens

2.6.12 O conjunto de geografia no VoyagerPlan é composto dos “tiplocs” (locais de pontos de tempo), que são estações e desvios, e “elos de rede”, que conectam locais como vias. Os tempos de ponto a ponto do RailSys (ver acima) são então inseridos no VoyagerPlan.

2.6.13 Um trem é programado entrando com o local de partida da origem do trem e então o conectando aos locais em que para ou passa (sem parar). O VoyagerPlan usa os tempos de operação para determinar o tempo de parada do trem em cada estação. Pode-se então replicar um tipo de trem para produzir todo o padrão de trens, baseado nos intervalos de serviço descritos acima.

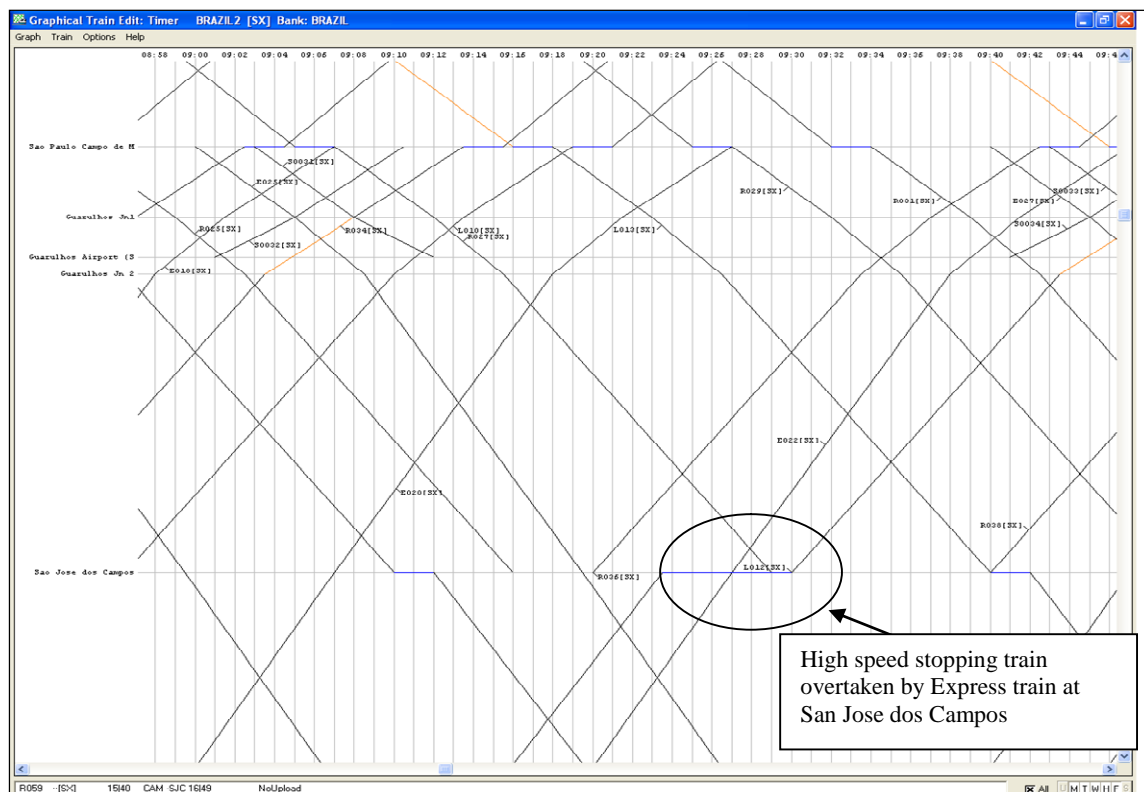
2.6.14 O planejamento de grades horárias tem vários fatores que precisam casar para que o plano funcione:

- intervalos entre trens: ao movimentar um trem, deve ser mantido um espaço à sua frente, para evitar que seja atrasado por sinais vermelhos;

- definição de plataformas: trens que usem plataformas deverão ter espaço alocado na plataforma para parar ou retornar numa estação;
- desvio ou fim de plataforma: ao entrar ou sair duma plataforma, um trem não poderá conflitar com qualquer outro trem chegando de qualquer sentido; e
- diagramação unitária: deverão estar disponíveis configurações ferroviárias para configurar cada serviço de trem no começo de cada viagem.

2.6.15 Quando tiverem sido programados todos os padrões de serviço de trens, estes são então mostrados graficamente, como mostrado na Figura 2-13, que mostra um gráfico distância/tempo, com cada linha representando a passagem de um trem; as seções azuis mostram onde os trens têm estações de paradas. Assumiu-se que o intervalo entre trens será de três minutos, que é o tempo mínimo permitido entre trens pelo sistema de sinalização<sup>9</sup> por razões de segurança. Os trens estão dispostos no gráfico de forma que estejam pelo menos três minutos do trem à frente e atrás. Planejar trens mais próximos do que isso resultaria em trens serem atrasados por sinais vermelhos, ou seu equivalente para sinalização na cabina.

2.6.16 Como os serviços regionais de longa distância viajam mais lentamente que o serviço expresso, alguns desses trens deverão esperar seis minutos em Barra Mansa/Volta Redonda ou em São José dos Campos, para permitir aos trens expressos ultrapassá-los nas linhas principais. A Figura 2-14 ilustra isso acontecendo em São José dos Campos. Além de poderem operar ao longo das linhas entre os locais, os trens deverão ter espaço numa plataforma nas estações onde irão parar. Os trens que estão retornando para configurar um serviço no outro sentido necessitam espaço na plataforma durante um tempo maior. A Figura 2-15 ilustra um exemplo de uma característica gráfica de ocupação de plataforma do VoyagerPlan.



Trem de alta velocidade não-expresso ultrapassado por trem expresso em São José dos Campos

**Figura 2-14: Saída de Serviço de Trem do VoyagerPlan**

<sup>9</sup> Assume-se um sistema de sinalização compatível com ERTMS Nível 2, com capacidade de sinalização na cabina. Há disponibilidade de sistemas comparáveis de fabricantes nos EU e Japão.

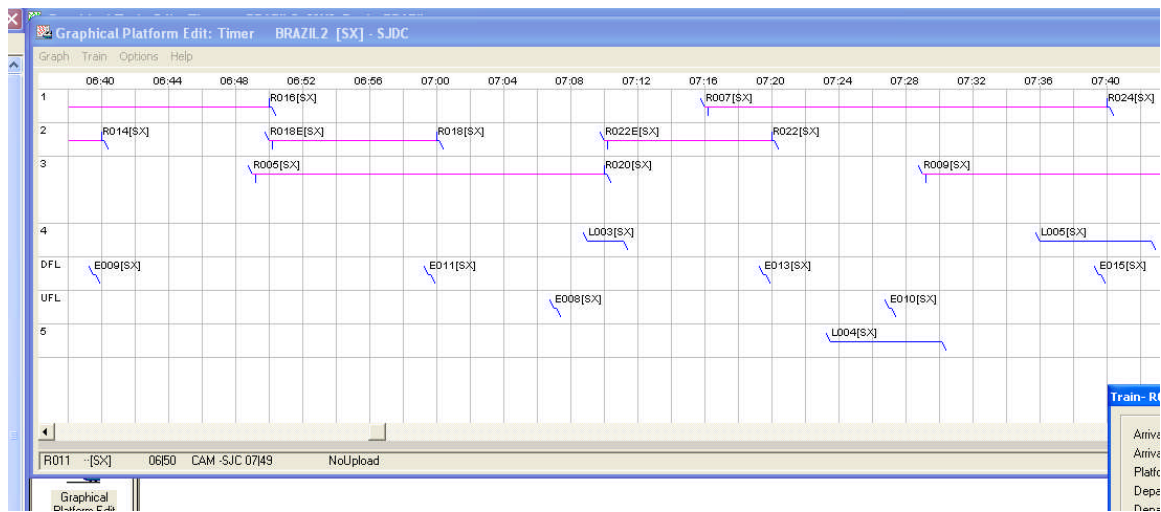


Figura 2-15: Ocupação de Plataforma no VoyagerPlan

2.6.17 Este gráfico da plataforma de São José dos Campos (Figura 2-15), no início do pico da manhã, mostra:

- Os trens Expresso operam nas linhas rápidas de Subida<sup>10</sup> e Descida. Estas são mostradas com linhas azuis curtas inclinadas;
- Serviços regionais de longa distância entre Campinas para e do Rio de Janeiro param nas Plataformas 4 e 5. Esses são mostrados com as linhas azuis mais compridas, indicando seu tempo de permanência, p.ex. o trem L003 para no mínimo dois minutos para permitir o embarque e desembarque de passageiros, mas os trens L005 e L004 permanecem seis minutos para permitir aos trens expressos ultrapassá-los nas linhas principais; e
- Serviços regionais de curta distância entre Campinas e São José dos Campos retornam aqui para configurar o funcionamento de um retorno. Isso requer um tempo maior de permanência (mostrado em rosa). Trens vazios também virão do depósito de São José dos Campos para configurar alguns dos serviços mais cedo do pico da manhã (mostrado pelas linhas rosas mais curtas).

2.6.18 O número e padrão dos trens passando, parando e retornando na estação influenciará o projeto e configuração da estação, e determinará o número de plataformas necessárias. O gráfico da plataforma também influencia a diagramação de configurações ferroviárias, já que geralmente retornam aí.

## 2.7 Tempos de Reversão e Números Unitários

2.7.1 Um dos fatores importantes usados para planejar um serviço de trem é o intervalo de tempo entre um serviço de trem chegar numa estação e sua partida. Isso é mais importante para estações terminais, onde a maioria dos passageiros provavelmente embarcará / desembarcará dos serviços, e onde também ocorrerão os serviços de limpeza / abastecimento do trem, tais como limpeza interna, coleta de lixo, reabastecimento de estoques de alimentação e reabastecimento de tanques de água para operação de W.C. e assim por diante. Algumas operadoras também têm coleta de lixo a bordo para reduzir o tempo de limpeza/abastecimento nas estações terminais.

2.7.2 Levando em conta o alto volume de passageiros que usarão o TAV, e o espaço limitado disponível, as premissas sobre tempos mínimos de reversão, baseado na melhor prática de todo o mundo, são como segue na Tabela 2-11.

<sup>10</sup> 'Subida' denota trens para o Rio de Janeiro e 'Descida' denota trens para São Paulo/Campinas

Tabela 2-11: Tempos de Reversão de Serviço de Trens

Tipo de serviço	Estação	2014 - 2017	2018 - 2030	2030 – 2037
Expresso	Campo de Marte	30 minutos	30 minutos	15 minutos
Expresso	Barão de Mauá	30 minutos	30 minutos	30 minutos
Tipo de serviço	Estação	2014 - 2021	2022 - 2040	2040 - 2044
Serviço regional de longa distância	Barão de Mauá	25 minutos	25 minutos	25 minutos
Serviço regional de longa/curta distância	Campinas	20 minutos	20 minutos	15 minutos
Serviço regional de curta distância	São José dos Campos	20 minutos	20 minutos	15 minutos

- 2.7.3 Os tempos de reversão incluem passageiros chegando que desembarcam do trem, quaisquer verificações de manutenção e reabastecimentos necessários, e passageiros partindo que embarcam. Existe normalmente uma folga para compensar atrasos. Dessa forma um tempo de retorno maior permitirá um serviço mais robusto, mas potencialmente aumentará o número de plataformas necessárias. Serviços de distâncias mais longas geralmente têm tempos de retorno maiores, uma vez que há mais chance de atraso na rota. É mais provável que haja necessidade de reabastecimento e limpeza do trem, uma vez que os passageiros passaram mais tempo no trem. O serviço do TAV é relativamente curto para um trem expresso (em torno de 1 hora e 33 minutos), e limpeza, reabastecimento, reabastecimento de água completos dos trens não serão necessários em cada viagem.
- 2.7.4 Para o planejamento operacional, assume-se que os tempos de reversão sejam os mesmos de 2014 até 2030 para trens Expressos e 2040 para trens Regionais, com a única diferença sendo a duplicação da capacidade do trem, mas sem alteração nas frequências básicas. Na verdade, poderia ser desenvolvida uma solução mais detalhada para gerenciar o crescimento de passageiros, por exemplo, entrada de capacidade por fases ao longo do tempo, ao invés de num único passo, ou nova diagramação de configurações existentes para ganhar capacidade em períodos de pico. Embora fora do escopo deste estudo, recomenda-se trabalho adicional para desenvolver um plano operacional mais detalhado.
- 2.7.5 Para 2030, serão necessários valores menores de reversão, devido a frequências maiores e restrições no número de plataformas, especialmente em Campo de Marte. O tempo maior de reversão no Rio de Janeiro foi mantido para assegurar robustez na grade de horários, e permitir qualquer operação fora de rota. Espera-se que até 2030 as atividades de estação necessárias poderão ser concluídas mais rapidamente, uma vez que o pessoal / estabelecimento serão mais experientes, ou devido a processos mais eficientes. A alternativa é que será necessário construir plataformas adicionais em Campo de Marte para permitir esse nível de serviço. Considera-se que os tempos de reversão de 2030 sejam, portanto, exequíveis, mas são apenas uma solução possível para aumentar a capacidade de atender um crescimento adicional de demanda. É necessário trabalho de validação detalhada adicional para assegurar que os tempos de reversão fornecidos na Tabela 2-11 sejam exequíveis.
- 2.7.6 Baseado nas reversões planejadas nas estações terminais, é possível montar os diagramas unitários. Dependendo do número de plataformas em cada estação, algumas unidades poderão permanecer na plataforma durante a noite para formar os primeiros serviços do dia seguinte. As outras unidades precisarão começar dos depósitos/vias laterais próximo das estações terminais.
- 2.7.7 Os serviços de retorno serão baseados nos valores mínimos de reversão e no espaço disponível na plataforma. Isso determina o tempo máximo de reversão. O diagrama de uma configuração ferroviária segue a mesma unidade de trem ao longo de cada serviço configurado. Como não há trabalho admissível quando há mais de um trem na mesma plataforma, os trens em reversão geralmente chegam e saem da estação na mesma ordem. São necessários mais serviços de trem durante os picos, então fora do pico algumas unidades de trem retornarão aos depósitos até que sejam novamente necessárias no próximo pico.

- 2.7.8 Os requisitos de material rodante por grupo de serviço estão resumidos na Tabela 2-12 abaixo.

**Tabela 2-12: Número de Configurações Ferroviárias por ano**

Tipo de Trem	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Expresso	14	14	14	14	28	28	28	28	28	28	28
Regional	25	25	25	25	25	25	25	25	50	50	50
Reservas	3	3	3	3	6	6	6	6	6	6	6
Total	42	42	42	42	59	59	59	59	84	84	84

Tipo de Trem	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Expresso	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Regional	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Reservas	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Total	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84

Tipo de Trem	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044
Expresso	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Regional	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Reservas	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Total	84	84	84	84	84	84	84	84	84

- 2.7.9 Como discutido, propõe-se que a capacidade do sistema possa ser aumentada para atender a demanda futura dobrando-se o comprimento dos trens, por essa razão a duplicação nos diagramas unitários expressos de 39 para 59 em 2018 e de 25 para 50 para serviços regionais em 2022. A frota incluiria ainda três configurações reservas (aumentado para seis em 2018) para substituir aquelas em manutenção, e duas locomotivas de alta velocidade que seriam usadas para recuperação de trens quebrados e reboque de veículos de inspeção de linha.
- 2.7.10 A necessidade de frota estimada para 2014 assemelha-se favoravelmente àquela operando atualmente na rede de alta velocidade da Coreia. Estima-se que o TAV necessite 45 configurações para transportar cerca de 40 milhões de passageiros por ano ao todo (todos os serviços). O sistema Coreano atualmente opera 46 configurações e transporta cerca de 38 milhões de passageiros por ano. Embora as duas redes difiram em vários aspectos (por exemplo, os trens coreanos movem-se sobre grandes extensões vias convencionais ainda não atualizadas para alta velocidade, enquanto o sistema do TAV acomodará grandes fluxos suburbanos de curta distância), essa comparação indica ampla compatibilidade e, portanto suporta as propostas para o TAV.

## 3 Custos Operacionais do TAV

### 3.1 Introdução

3.1.1 A seção anterior mostra o desenvolvimento de grades horárias para o TAV. Essa seção pega os resultados do trabalho de preparação da grade horária e desenvolve custos operacionais para inclusão no modelo financeiro e econômico conforme mostrado no Volume 3.

3.1.2 Esta seção abrange as seguintes áreas:

- uma discussão sobre os impulsionadores de custos operacionais;
- uma visão geral das fontes de custos operacionais;
- derivação de custos de manutenção de infra-estrutura;
- derivação de custos de serviço de trem e de cliente; e
- derivação de custos de manutenção de material rodante.

3.1.3 Os custos operacionais do TAV são divididos em duas categorias principais: manutenção de ativos e operações de trem, conforme mostrado na Tabela 3-1 abaixo:

**Tabela 3-1: Impulsionadores de Custo para Modelo de Custo Operacional**

<b>Categoria</b>	<b>Subcategoria</b>	<b>Impulsionador Chave</b>
Manutenção de Infra-estrutura	Manutenção de via	Extensão da rota (túnel e superfície)
	Manutenção de estação	Número de estações
Serviço de trem e de cliente	Pessoal da estação	Número de estações, número de viagens anuais
	Pessoal do trem (Condutores e Cobradores)	Número de diagramas ferroviários
	Gerenciamento e despesas indiretas	Número de estações e pessoal do trem
Manutenção de Material Rodante	Manutenção do trem	Trem-quilômetro
	Energia do trem	Trem-quilômetro

3.1.4 É razoável assumir que o TAV se beneficiará das técnicas de construção e da tecnologia ferroviária mais atuais. Por exemplo, avanços nos sistemas de sinalização na cabina exigem muito pouca manutenção do lado da via quando comparado a sinais tradicionais de lado da linha. Na verdade, evidências de outras administrações ferroviárias têm mostrado que os custos de manutenção em linhas construídas recentemente são menores do que de redes convencionais. O desenvolvimento de novas tecnologias tais como limpadores de lastro de alto rendimento e máquinas de monitoramento de trens também podem melhorar a eficiência de manutenção ao longo do tempo em comparação a métodos convencionais.

3.1.5 Espera-se que os licitantes tragam as técnicas de construção mais atuais para oferecer no projeto do TAV, e de acordo com a filosofia de PPP/DBFO, construam ativos com vistas ao custo de vida total, ao invés de custo de investimento inicial baixo, que subsequentemente é caro para manter. Um bom exemplo disso é o uso de via em laje que é muito mais caro para instalar (1,5 a 2,0 vezes mais caro do que dormente e lastro tradicionais) mas os custos de manutenção são muito menores (0,18 a 0,33 vezes menor). Usando essas premissas em

base de custo de vida total, a via em laje é 12% menor do que dormente e lastro tradicionais em termos de custo total<sup>11</sup>. A maioria dos países tem, entretanto, optado por via com lastro convencional ao invés de implementar via em laje. A escolha final sobre via em laje é uma decisão para os licitantes.

- 3.1.6 Os regimes de manutenção e a redundância de equipamentos têm um grande impacto nos custos de manutenção que são difíceis de controlar em administrações ferroviárias. A manutenção na rede de Shinkansen é baseada numa filosofia de manutenção preventiva, exames e monitoramento extensivos, num nível muito alto do que o usado na Europa.
- 3.1.7 A carga por eixo também tem um grande impacto no desgaste da via, e assumiu-se aqui que não será operado nenhum trem de frete de alta velocidade no traçado do TAV. Além disso, o gradiente de projeto de 3,5% para o TAV seria inadequado para operação de frete.
- 3.1.8 Mundialmente, as administrações de ferrovia usam diferentes padrões de contabilidade para custos de manutenção e isso torna as comparações entre as administrações difíceis de serem feitas na mesma base. Na Europa é exigência legal (91/440) dividir os custos entre infra-estrutura e operações, e isso é refletido na estrutura organizacional de administrações ferroviárias dentro da União Européia, i.é, separação vertical.
- 3.1.9 A metodologia usada neste estudo está baseada no estabelecimento de valores de referência de custos operacionais, comparados a outras administrações ferroviárias. O estabelecimento de valores de referência de custos operacionais é difícil, pelas razões mencionadas acima, e é necessário cuidado para assegurar a capacidade de transferência para o TAV. É, entretanto, razoável assumir que a manutenção do TAV será feita a padrões internacionais, e de qualquer maneira isso seria uma exigência do contrato de concessão. Por esta razão, assume-se que normas internacionais com relação a substituição de via, S&C, limpeza de lastro e assim por diante aplicam-se ao TAV, como é a tecnologia de manutenção de trilhos, tais como máquinas na via, esmerilhadores de trilho, socadoras, limpadores de lastro e assim por diante.

## 3.2 Base de Custos Operacionais

- 3.2.1 Os custos operacionais apresentados estão em base de “por via-quilômetro, ou por unidade” e são médias obtidas dos bancos de dados de custo de vida total internos da Halcrow, que contém larga experiência internacional. Deve ser observado que a Halcrow esteve envolvida numa grande revisão técnica dos custos de manutenção e renovação da Rede Ferroviária do RU para a Secretaria de Regulação Ferroviária (ORR) em 2008/2009, quando foram examinadas as tendências de longo prazo para custos de manutenção. A revisão considerou os custos de manutenção e renovações para a rede do RU como parte da revisão periódica da Rede Ferroviária em 2008/2009, e usou extensivamente sua experiência internacional para determinar o potencial para economias de eficiência.
- 3.2.2 Nestes casos onde a utilização de custos internacionais não refletem os custos locais, i.e. custos de eletricidade, os valores apresentados foram fornecidos pela PROMPT ENGENHARIA LTD (“PROMPT”). Todas as vezes onde estas informações foram utilizadas, foram indicadas nas seções abaixo. Todos os detalhes do trabalho da PROMPT ENGENHARIA LTDA estão indicados no Anexo B.
- 3.2.3 A dificuldade de estimar custos operacionais confiáveis não deve ser subestimada, uma vez que ferrovias são ativos de vida longa e os custos de manutenção verdadeiros poderão aparecer somente depois de muitos anos de operação, quando tiverem que ser consideradas as renovações e restaurações. Alguns custos operacionais são fixos, tais como sistemas de gerenciamento de sinalização e segurança e dependem de padrões técnicos e de segurança ao invés de intensidade de tráfego.
- 3.2.4 Foram feitos ajustes para o fato de que o TAV será uma nova ferrovia, e não usará ou compartilhará nenhuma infra-estrutura ferroviária convencional existente, e espera-se que

<sup>11</sup> WS Atkins (2002) Estudo de Linha de Alta Velocidade Relatório de Modelo de Custo do Marco 8 preparado para a SRA

os custos de infra-estrutura sejam menores nos anos iniciais de serviço, particularmente para estruturas e túneis. Entretanto, o escopo para significativamente menores custos de manutenção de via no Brasil, explorando as taxas de mão-de-obra mais baratas, é mais limitado, porque grande parte do trabalho é mecanizado ex. socagem/limpeza de lastro, e os equipamentos e ferramentas terão que ser importados. Além do mais, a decisão de adotar uma bitola de via de 1.435 mm significará que qualquer equipamento de manutenção existente já em uso no Brasil em linhas de frete doméstico serão de uso bastante limitado, uma vez que operam em bitola de via diferente.

- 3.2.5 Para material rodante, os custos de manutenção são mais bem entendidos, e construções de material rodante mais recentes têm incluído os custos de manutenção nos custos de capital como arranjos de “energia por hora”. De acordo com esse modelo, amplamente usado no RU, os fabricantes assumem a responsabilidade pela manutenção, restauração e reformas do trem. Tipicamente, os contratos com os fabricantes são estruturados em torno do número de unidades necessárias por dia para operar o serviço principal, com multas para falhas de serviço. Esses tipos de contratos também são usados em aviação para componentes principais, tais como motores. Isso é discutido com mais detalhes abaixo.
- 3.2.6 Todos os preços estão em valores de 2008/09 e quando outras estimativas foram usadas, estas foram apropriadamente corrigidas pela inflação. A Tabela 3-2 mostra as taxas de câmbio usadas para converter custos para R\$.

**Tabela 3-2: Taxas de Câmbio 2009**

Moeda	Taxa
Taxa de câmbio GBP (£) para R\$ brasileiro	3,46
Taxa de câmbio Euro (€) para R\$ brasileiro	2,90
Taxa de câmbio Dólar dos EU (US\$) para R\$ brasileiro	2,55

### 3.3 Via Permanente

- 3.3.1 A manutenção da via tem os custos operacionais mais caros por causa do alto padrão de manutenção exigido para possibilitar operação em alta velocidade. Baseado em fontes internas da Halcrow e padrões de referência internacionais, foi usada uma taxa estimada de GBP £22.800 por via km para 1.104 km, incluindo uma provisão para ramais e depósitos de manutenção.
- 3.3.2 As tarefas típicas de manutenção de via incluem:
- patrulhas de inspeção da via;
  - detecção ultra-sônica de defeito do trilho;
  - esmerilhamento de trilho;
  - substituição de fixações de trilho; e
  - manutenção de lastro e formação incluindo socagem simples de linha.
- 3.3.3 A eletrificação foi estimada baseada em estrutura (GBP £282 por estrutura), que inclui uma provisão para o seguinte:
- estruturas de equipamentos de linha aérea (20 por quilômetro), p. ex. postes de eletrificação;
  - estações alimentadoras de autotransformadores;
  - estações de autotransformadores; e
  - outros equipamentos de eletrificação.
- 3.3.4 O termo ‘estrutura’ usado na Tabela 3-3 refere-se a postes de eletrificação que são usados para suspender o fio de contato e cabos de aterramento acima da via. Vários sistemas de

eletrificação estão disponíveis no mercado e estes estão mostrados na Parte II deste volume.

- 3.3.5 Baseado em recomendação recebida de especialistas internacionais em sinalização e telecomunicações (S&T), ISV, assume-se que os custos anuais de manutenção para S&T sejam 5% do custos de capital. A Tabela 3-3 lista os itens de manutenção considerados:

**Tabela 3-3: Custos de Manutenção de Via Permanente em 2014**

	Taxa Unitária	Quantidade	Custo (R\$ por ano)
Manutenção da Via	£22.800 por via km	1.104 km	R\$ 87,1m
Eletrificação	£283 por estrutura	29.781 estruturas	R\$ 29,1m
Sinalização e Telecomunicações	5% do Custo Capex	R\$ 630,8 m	R\$ 31,5m
<b>Via Permanente Total</b>			R\$ 147,7m
<b>Custos médios por via km</b>			R\$ 133.848 por via km

- 3.3.6 O custo médio por via km é R\$ 133.848 por km ou €46.154 por via km. Um trabalho de pesquisa recente examinou custos empíricos de construção e manutenção de linhas ferroviárias de alta velocidade baseado em dados fornecidos pelo UIC<sup>12</sup>. Os resultados da pesquisa estão mostrados na Tabela 3-4. Os preços foram corrigidos pela inflação a partir dos preços de 2002 até 2009 baseado numa inflação de 3,5% p.a. Nessa base, os custos de manutenção desenvolvidos para o TAV são comparáveis aos da Bélgica, França e Espanha, dentro do contexto de um estudo de viabilidade.
- 3.3.7 Deve ser observado que a alocação de custos operacionais nos cabeçalhos mostrados na Tabela 3-4 não é de forma alguma um exercício direto, e depende demasiadamente do sistema de contabilidade gerencial usado por cada administração ferroviária, como observado pelos autores do trabalho de pesquisa. Outros pesquisadores também já comentaram sobre a falta de clareza e divulgação limitada dos custos operacionais ferroviários<sup>13</sup>, e a dificuldade de comparação entre administrações ferroviárias, uma vez que não há padrões de contabilidade gerencial, ou metodologias padronizadas para a colação de custos de manutenção ferroviária. A metodologia usada aqui assume um custo fixo por km ao invés de uma base por trem km, uma vez que grande parte dos custos de manutenção de via, eletrificação, sinalização e telecomunicações são fixos. Os custos de manutenção obviamente variarão dependendo do nível de intensidade de tráfego e os valores adotados refletem uso de médio a pesado.
- 3.3.8 A Tabela 3-4 mostra ‘-’ para algumas categorias p. ex. telecomunicações é mostrado como ‘-’ para a França. Entretanto, isso não significa que não haja custo incorrido para telecomunicações, mas sim que esses custos estão provavelmente categorizados como sinalização, porque esses itens são tratados juntos nas contas ferroviárias francesas. Como discutido no Volume 5, existem problemas similares ao comparar estimativas de custos unitários para garantir que as comparações foram feitas na mesma base.
- 3.3.9 Apesar do fato de que a alocação de custos de manutenção difere entre administrações ferroviárias, a Bélgica, Espanha e França têm custos médios na faixa de €40.000 a €47.000 por km, com o valor estimado para TAV em €46,154 por km baseado na metodologia mostrada neste relatório. Isso assegura que com um custo médio por km, as taxas

<sup>12</sup> **Campos, de Rus, e Barron (2006)** Alguns fatos estilizados sobre trem de alta velocidade ao redor do mundo: uma abordagem empírica. 4º Conferência Anual sobre Estrutura, Concorrência e Investimento de Indústria Ferroviária, Universidad Carlos III de Madrid, 19-21 de outubro de 2006;

<sup>13</sup> **Steer Davis Gleave (2006)**, Competição e Complementaridade Ar e Ferrovia. Preparado para a Comissão Europeia DG TREN.

derivadas para o TAV são consistentes com padrões de referência internacionais, mesmo que a proporção de custos possa variar.

**Tabela 3-4: Custo de Manutenção de Infra-estrutura por País (preços 2002/2009, €/ via km)**

	<b>Bélgica</b>	<b>França</b>	<b>Itália</b>	<b>Países Baixos</b>	<b>Espanha</b>	<b>TAV (1)</b>
Manutenção da Via	13.841	26.524	5.941	37.213	13.531	27.203
Eletrificação	2.576	3.895	2.455	7.165	2.986	9.100
Sinalização	3.248	7.185	4.522	11.942	8.654	9.851
Telecomunicações	1.197	-	-	-	5.637	-
Outros Custos	10.821	-	-	14.330	2.650	-
Custo Total de Manutenção	31.683	37.604	12.919	71.650	33.457	-
<b>Corrigidos pela inflação para preços de 2009</b>	<b>40.237</b>	<b>47.757</b>	<b>16.407</b>	<b>90.995</b>	<b>42.490</b>	<b>46.154</b>
(1) preços de 2009 de GBP£ para €, usando 1,19 i.é. £22.800 = €27.203						

#### Perfis de Custos de Via Permanente

3.3.10 Os custos de manutenção para via permanente foram perfilados para refletir o fato de que os ativos serão novos e exigirão inicialmente manutenção mínima. Entretanto, ao longo do tempo é razoável assumir que os custos de manutenção aumentarão e finalmente os ativos necessitarão ser substituídos. Perfis de custos de manutenção foram feitos como segue:

- Foi calculado um custo total de 40 anos, baseado nos custos anuais estimados de manutenção fornecidos nas tabelas acima;
- assume-se que 10% do custo total de 40 anos seja gasto entre 2014 e 2024, i.é, 1% por ano do total de 40 anos é gasto de 2014 até 2024;
- assume-se que 30% do custo total de 40 anos seja gasto entre 2024 e 2034, i.é, 3% por ano do total de 40 anos é gasto de 2024 até 2034; e
- assume-se que 60% do custo total de 40 anos seja gasto entre 2034 e 2044, i.é, 6% por ano do total de 40 anos é gasto de 2034 até 2044.

3.3.11 O perfil dos custos de manutenção reduz os custos significativamente nos primeiros 10 anos de operação, mas então são muito maiores nos anos posteriores na medida em os ativos exigem mais manutenção. A Tabela 3-5 mostra os custos de manutenção de Via Permanente para 2014.

**Tabela 3-5: Custos de Via Permanente em 2014**

	<b>Fonte</b>	<b>Custo (R\$ k)</b>
Manutenção da Via	HALCROW	R\$ 87,1m
Eletrificação	HALCROW	R\$ 29,1m
Sinalização e Telecomunicações	HALCROW	R\$ 31,5m
<b>Via Permanente Total</b>		<b>R\$ 147,7m</b>

### 3.4 Manutenção de Estruturas

- 3.4.1 Estimar os custos de manutenção para estruturas ferroviárias é ainda mais problemático do que para Via Permanente. Por essa razão, os valores dados aqui são baseados em adaptação de taxas fornecidas pela PROMPT ENGENHARIA LTDA (PROMPT). O trabalho de engenharia para túneis, terraplenagens e pontes deve refletir os detalhes brasileiros recentes, detalhes completos do trabalho da PROMPT são dados no Anexo B.
- 3.4.2 Foi adotado um valor de 3% do custo de capital para manutenção de estação, baseado na análise da PROMPT. É possível uma ampla gama de custos de manutenção para as estações, dependendo de sua especificação e disposição finais. Detalhes são fornecidos na
- 3.4.3 Tabela 3-6 abaixo.

**Tabela 3-6: Manutenção de Estruturas em 2014**

Estruturas	Fonte	Quantidade	Unidade	Custo (R\$ por ano)
Terraplenagens e Drenagem	PROMPT	301,6 km	40,204.7 R\$/km	R\$ 12,1m
Túneis	PROMPT	91,0 km	19,536.6 R\$/km	R\$ 1,8m
Pontes	PROMPT	1,50 milhões de m <sup>2</sup>	11.57 R\$/m <sup>2</sup>	R\$ 17,3m
Estações	PROMPT	8 estações	3% do custo de capital (R\$ 710m)	R\$ 21,3m
<b>Total Estruturas</b>				<b>R\$ 52,6m</b>

- 3.4.4 A manutenção de túneis é cara por causa dos sistemas mecânicos e elétricos mais onerosos necessários para segurança. Uma consideração para licitantes será o uso de via em laje em túneis, inicialmente mais cara, mas com menores custos de manutenção. Outras considerações incluem a instalação de equipamentos de monitoramento remoto, mas isso obviamente tem um custo inicial mais alto.

### 3.5 Serviço de Trem e Cliente

- 3.5.1 Os custos de pessoal foram estimados para os vários departamentos da nova organização ferroviária, da alta gerência, administração e finanças, marketing e receita, manutenção de trens e infra-estrutura e operações e controle de trens. As estimativas estão baseadas em custos de mão-de-obra brasileira local. Os custos previdenciários e de encargos salariais apropriados foram adicionados para se obter os custos totais de mão-de-obra. Estes estão mostrados na Tabela 3-7 abaixo.
- 3.5.2 Os números da equipagem são baseados no número de serviços de trens e horas de operação, levando-se em conta produtividade. Os padrões internacionais para equipagem também variam, e alguns países exigem dois condutores por cabina para operação em alta velocidade. Assume-se que quatro pessoas sejam necessárias para um trem de 8 vagões e seis para um trem de 16 vagões. Assume-se que os custos de equipagem e pessoal de manutenção do material rodante aumentam proporcionalmente a trem km.

### 3.6 Manutenção de Material Rodante

#### Manutenção de Trem

- 3.6.1 Como o Brasil não opera atualmente nenhum serviço comparável de alta velocidade, os custos de manutenção de material rodante são baseados em custos internacionais para se fazer a manutenção de material rodante moderno de alta velocidade. Como com manutenção de infra-estrutura, os custos de material rodante podem variar dependendo das premissas fundamentais e da categoria de custos, ex. manutenção leve/pesada. No RU e em outras partes da Europa, a tendência é dos fabricantes de trens fornecerem tanto trens como manutenção, juntos num único contrato. Este tipo de contrato exige que o fabricante de trens construa depósitos de manutenção e empregue diretamente o pessoal de manutenção.

**Tabela 3-7: Custos Anuais de Pessoal em 2014**

Custos de Pessoal	Fonte	Número de Pessoas	Custo (R\$ por ano)
Gerentes/Diretores	PROMPT	20	R\$ 3,7m
Equipagem	PROMPT	264	R\$ 8,9m
Pessoal de Manutenção (Material Rodante e Via)	HALCROW	87	R\$ 8,7m
Outro Pessoal		251	R\$ 12,8m
<i>Gerencia e finanças</i>	<i>PROMPT</i>	<i>52</i>	<i>R\$ 2,6m</i>
<i>Formação dos trens e disponibilidade</i>	<i>HALCROW</i>	<i>37</i>	<i>R\$ 3,5m</i>
<i>Estações e CTC</i>	<i>PROMPT</i>	<i>162</i>	<i>R\$ 6,6m</i>
<b>Pessoal Total</b>		<b>542</b>	<b>R\$ 34,1m</b>

- 3.6.2 A grande vantagem do esquema acima é o gerenciamento de risco de desempenho. De acordo com estes contratos, os fabricantes são obrigados a assumir o risco de desempenho da frota de trens, que está ligado a um regime de desempenho. O regime de desempenho mede tipicamente, entre outras coisas, o número de paradas ou falhas em serviço por trem-km, e o número de configurações disponíveis para serviço diário em comparação com a grade horária planejada. Também vale observar que durante os anos iniciais de operação um esforço considerável será necessário para gerenciar a frota de trens de alta velocidade, uma vez que a experiência mostra que novas frotas de trens freqüentemente necessitam tempo para se estabilizar em serviço. Considerando que o consórcio vencedor provavelmente incluirá um fabricante de trens, poderia ser considerado este tipo de contrato.
- 3.6.3 Os custos de manutenção de trens apresentados aqui são baseados em taxas internacionais e foram reduzidos para refletir custos totais menores no Brasil. O custo médio por km foi estimado em R\$ 6,6 por trem-quilômetro. O recente trabalho de pesquisa mencionado anteriormente cita um custo médio por km de €2 (preços de 2006), equivalente a R\$ 5,8 por km, próximo ao valor recomendado aqui quando ajustado para inflação. O trabalho de pesquisa também observa que os custos de manutenção dos trens variam dependendo do uso, planos de manutenção e periodicidade de reforma.
- 3.6.4 O número anual de trem-quilômetros percorrido é um resultado do trabalho de planejamento de trem usando VoyagerPlan (conforme explicado no Capítulo 2). A Tabela 3-8 abaixo mostra um resumo do custo de manutenção anual de material de tração e rodante.

**Tabela 3-8: Manutenção Anual de Material de Tração e Rodante em 2014**

<b>Material Rodante</b>	<b>Fonte</b>	<b>Taxa Unitária</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Custo (R\$ por ano)</b>
Manutenção de material rodante	HALCROW	R\$ 6,6 por trem-km	26.421.927	R\$ 174,2m
Tração do material rodante	PROMPT	R\$ 0,14 por kWh	245,084,670 kWh	R\$ 34,4m
Locomotivas de socorro	HALCROW	2% do preço de compra	Preço de compra R\$ 62,1 m	R\$ 1,2m
<b>Material Rodante Total</b>				<b>R\$ 209,9m</b>

- 3.6.5 O trem-km/por ano assume que a rede inteira será inaugurada de uma vez e não por fases. O custo para operar as três locomotivas de socorro está estimado em 2% por ano de seu custo capital.

#### **Energia Elétrica do Trem**

- 3.6.6 O custo de eletricidade de tração exige uma análise detalhada para estimar o consumo de energia esperado necessário para mover os trens. Baseado em experiência internacional, normalmente há encargos de pico nos custos de energia por hora do dia, durante a semana, e por período do ano. Foi feito algum trabalho inicial para simular o consumo de energia de tração para fornecer uma estimativa razoável baseada nos resultados da RailSys.
- 3.6.7 Como os trens novos incorporarão frenagem regenerativa que pode ser usada enquanto os trens estiverem locomovendo-se costa abaixo, as taxas de consumo foram reduzidas (em 16,5%) para refletir este benefício. As seguintes Tabelas (Tabela 3-9, Tabela 3-10, Tabela 3-11 e Tabela 3-12) mostram o consumo de energia simulado na RailSys para operação a 300 km/h como a base para estimar o consumo de eletricidade.

**Tabela 3-9: Consumo de Energia - Barão de Mauá a Campinas**

<b>Estação</b>	<b>Trabalho aplicado kWh</b>	<b>Custo R\$ (R\$ 0,14 kWh)</b>
Barão de Mauá (RJ)	0,00	0,00
Galeão (RJ)	310,20	43,43
Barra Mansa/Volta Redonda (RJ)	1.834,30	256,80
São Jose dos Campos (SP)	4.261,70	596,64
Aeroporto de Guarulhos (SP)	5.227,20	731,81
Campo de Marte (SP)	5.590,00	782,60
Aeroporto de Viracopos (SP)	7.024,70	983,46
Campinas (SP)	7.413,00	1.037,82

**Tabela 3-10: Consumo de Energia - Campinas a Barão de Mauá**

<b>Estação</b>	<b>Trabalho aplicado kWh</b>	<b>Custo R\$ (R\$ 0,14 kWh)</b>
Campinas (SP)	0,00	0,00
Aeroporto de Viracopos (SP)	327,70	45,88
Campo de Marte (SP)	1.471,60	206,02
Aeroporto de Guarulhos (SP)	1.880,50	263,27
São Jose dos Campos (SP)	2.764,80	387,07
Barra Mansa/Volta Redonda (RJ)	4.785,20	669,93
Galeão (RJ)	5.822,70	815,18
Barão de Mauá (RJ)	6.118,50	856,59

**Tabela 3-11: Consumo de Energia - Barão de Mauá a Campo de Marte (Sem Parada)**

<b>Estação</b>	<b>Trabalho aplicado kWh</b>	<b>Custo R\$ (R\$ 0,14 kWh)</b>
Barão de Mauá (RJ)	0,00	0,00
Campo de Marte (SP)	4.687,00	656,18

**Tabela 3-12: Consumo de Energia - Campo de Marte a Barão de Mauá (Sem Parada)**

<b>Estação</b>	<b>Trabalho aplicado kWh</b>	<b>Custo R\$ (R\$ 0,14 kWh)</b>
Campo de Marte (SP)	451,40	0,00
Barão de Mauá (RJ)	4.315,60	604,18

- 3.6.8 O custo unitário de consumo de energia (R\$ 0,14 por kW-hora) foi obtido do trabalho da PROMPT ENGENHARIA LTDA. O custo total de consumo de energia foi estimado em R\$ 34,4 milhões em 2014 pela PROMPT.

### 3.7 Custos Complementares

- 3.7.1 Foi incluída uma provisão para vendas e marketing de 0,88% p.a. da receita bruta baseada em experiência internacional. Foi adicionado mais R\$ 1,6 milhão para utilidades em escritórios e outras despesas baseadas em análise empreendida pela PROMPT ENGENHARIA LTDA. Detalhes são fornecidos na Tabela 3-13.

**Tabela 3-13: Custos Complementares em 2014**

<b>Custos Complementares</b>	<b>Fonte</b>	<b>Unidade</b>	<b>Custo (R\$ por ano)</b>
Vendas e Marketing	PROMPT	0,88% da receita bruta	R\$ 21,3m
Utilidades	PROMPT	Prédios de escritórios	R\$ 1,6m
<b>Material Rodante Total</b>			<b>R\$ 22,9m</b>

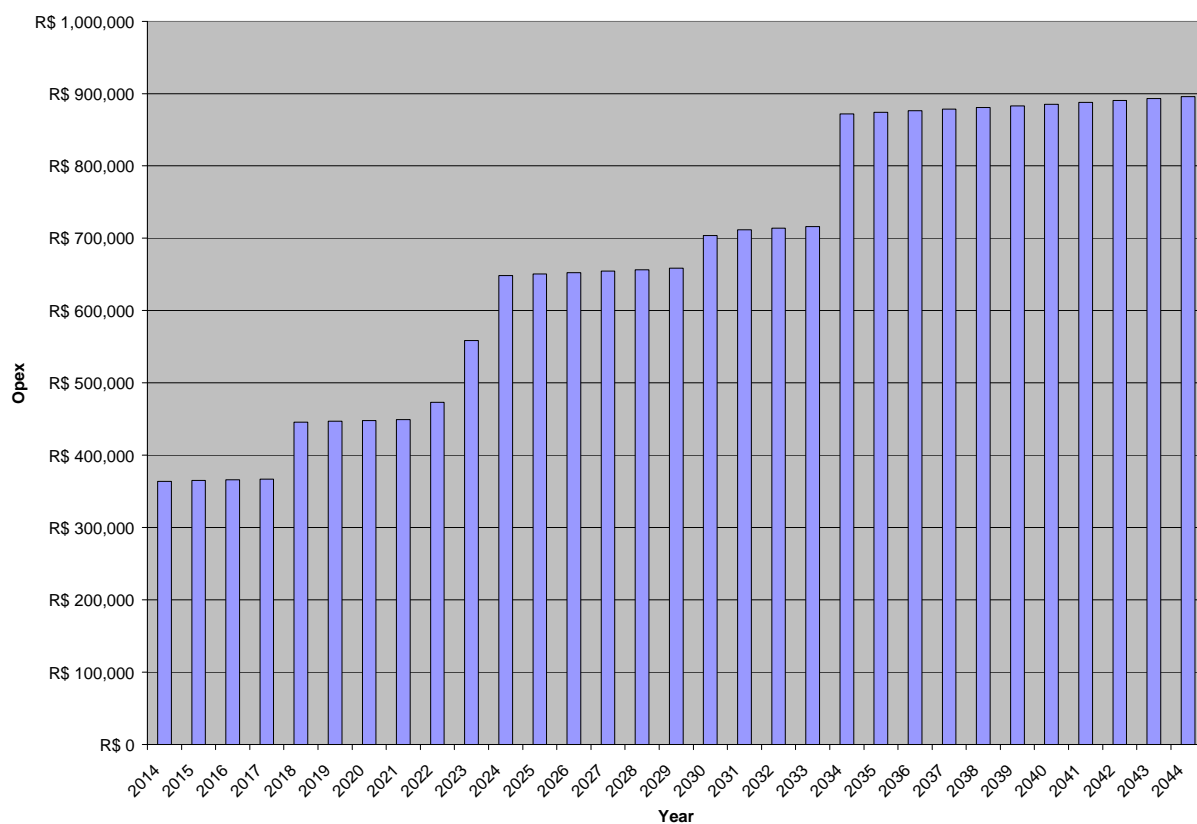
### 3.8 Resumo das Despesas Operacionais

3.8.1 A Tabela 3-14: Resumo de Opex, 2014, 2024, 2034 e 2044 (R\$) fornece um resumo de custos Opex esperados para 2014, 2024, 2034 e 2044, enquanto a Figura 3-1 mostra o perfil de custos entre 2014 e 2044. Todos os preços são constantes em termos reais e não se levou em conta a inflação.

**Tabela 3-14: Resumo de Opex, 2014, 2024, 2034 e 2044 (R\$ M)**

Custo	2014	2024	2034	2044
<b>Via Permanente</b>				
Via	R\$ 26.128	R\$ 78.383	R\$ 156.766	R\$ 156.766
Eletrificação	R\$ 8.741	R\$ 26.222	R\$ 52.445	R\$ 52.445
Sinalização/Telecomunicações	R\$ 9.462	R\$ 28.386	R\$ 56.772	R\$ 56.772
subtotal	<b>R\$ 44.331</b>	<b>R\$ 132.992</b>	<b>R\$ 265.983</b>	<b>R\$ 265.983</b>
<b>Infra-estrutura</b>				
Terraplenagens	R\$ 12.127	R\$ 12.127	R\$ 12.127	R\$ 12.127
Túneis	R\$ 1.778	R\$ 1.778	R\$ 1.778	R\$ 1.778
Pontes	R\$ 17.354	R\$ 17.354	R\$ 38.315	R\$ 38.315
Estações	R\$ 21.300	R\$ 21.300	R\$ 21.300	R\$ 21.300
subtotal	<b>R\$ 52.559</b>	<b>R\$ 52.559</b>	<b>R\$ 73.520</b>	<b>R\$ 73.520</b>
<b>Custos de Pessoal</b>				
Gerenciamento	R\$ 3.773	R\$ 3.773	R\$ 3.773	R\$ 3.773
Equipagem	R\$ 8.881	R\$ 12.314	R\$ 13.153	R\$ 13.153
Manutenção	R\$ 8.683	R\$ 13.876	R\$ 15.430	R\$ 15.482
Pessoal Outros	R\$ 12.786	R\$ 12.786	R\$ 12.786	R\$ 12.786
subtotal	<b>R\$ 34.124</b>	<b>R\$ 42.750</b>	<b>R\$ 45.143</b>	<b>R\$ 45.195</b>
<b>Manutenção do Material Rodante</b>				
Expresso/Regional	R\$ 174.230	R\$ 316.224	R\$ 358.697	R\$ 360.119
Custo de Energia de Tração	R\$ 34.413	R\$ 68.825	R\$ 73.741	R\$ 73.741
Locomotivas	R\$ 1.242	R\$ 1.242	R\$ 1.242	R\$ 1.242
subtotal	<b>R\$ 209.884</b>	<b>R\$ 386.291</b>	<b>R\$ 433.680</b>	<b>R\$ 435.102</b>
<b>Custos Complementares</b>				
Utilidades	R\$ 1.665	R\$ 1.665	R\$ 1.665	R\$ 1.665
Vendas e Marketing	R\$ 21.308	R\$ 32.263	R\$ 52.107	R\$ 74.215
subtotal	R\$ 22.973	R\$ 33.928	R\$ 53.771	R\$ 75.879
<b>Custos Operacionais Totais</b>	<b>R\$ 363.871</b>	<b>R\$ 648.519</b>	<b>R\$ 872.097</b>	<b>R\$ 895.679</b>

Figura 3-1: Perfil de Opex 2014 – 2034 (R\$ k Constante)



## Anexo A: Nota Técnica do Aeroporto de Guarulhos

## **Anexo B: Analise de Custo Operacional PROMPT Engenharia**