

O TREM DE ALTA VELOCIDADE E O CORREDOR RIO DE JANEIRO – SÃO PAULO

Lauro Campos Soares
Marcus Vinicius Quintella Cury
Instituto Militar de Engenharia
Mestrado em Engenharia de Transportes

RESUMO

Este trabalho tem o objetivo de caracterizar o sistema de ferrovia de alta velocidade e o corredor de transporte Rio de Janeiro – São Paulo, bem como reabrir a discussão sobre a utilização desse modo de transporte na ligação entre as duas principais cidades brasileiras. Inicialmente, apresenta-se o conceito de ferrovia de alta velocidade e as características necessárias para sua implantação. Em seguida, disserta-se brevemente sobre os possíveis benefícios ambientais e sociais gerados por este sistema, e, por fim, as características do corredor Rio de Janeiro - São Paulo são apresentadas.

ABSTRACT

This work has the objective of characterizing the system of high-speed railway and the transport corridor Rio de Janeiro - São Paulo, as well as reopening the discussion about the use of that transport mean in the connection between the two main Brazilian cities. Initially, it presents the concept of high-speed railway and the necessary characteristics for its implementation. Next, it lectures shortly on the possible environmental and social benefits generated by this system, and, finally, the characteristics of Rio de Janeiro - São Paulo corridor are presented.

1. INTRODUÇÃO

O transporte ferroviário de passageiros de longa distância foi largamente utilizado no Brasil, muitas vezes era a única opção de transporte oferecida. Atualmente, a função de “ligação interurbana” da ferrovia pode ser considerada uma função extinta, uma vez que a ferrovia foi gradualmente substituída pelo modal rodoviário. O transporte rodoviário, no Brasil, domina fortemente o setor de passageiros, ficando apenas pequenas parcelas reservadas ao transporte aeroviário e ao ferroviário.

O transporte ferroviário de passageiros continua em grande atividade em muitos países, apesar da grande concorrência com o modo rodoviário. Na Europa e no Japão, o sistema de trens de alta velocidade tem sido intensamente utilizado como fator de integração nacional. Outros trechos estão em operação ou em construção em países como EUA, China, Coreia do Sul e Tailândia. A viabilidade das linhas de alta velocidade pode ser percebida pela contínua expansão da rede de alta velocidade no mundo.

2. O TREM DE ALTA VELOCIDADE

Há três tecnologias utilizadas para se desenvolver alta velocidade em ferrovia: o sistema tradicional de roda-trilho, com trens convencionais, com trens *tilting* e o sistema de levitação magnética (Maglev – Magnetic Levitation).

Com o sistema de roda-trilho, pode-se obter alta velocidade através de ferrovias convencionais adaptadas para alta velocidade ou de ferrovias especialmente construídas para tal finalidade. Nas ferrovias adaptadas, pode-se trafegar com o trem convencional ou com trens com um sistema de inclinação nas curvas (*tilting trains*). Os trens *inclinadores* podem alcançar velocidades de 200 a 220 km/h. Já nas ferrovias especialmente construídas, os trens de alta velocidade alcançam velocidades de até 350 km/h. Ambos sistemas são amplamente usados, principalmente na Europa e no Japão.

O sistema de levitação magnética exige uma via especial exclusiva para este tipo de tecnologia. Pode alcançar uma velocidade operacional de até 500 km/h. Atualmente, somente uma linha de 30 km entre a cidade de Shanghai e o Aeroporto Internacional de Pudong, na China, está em operação comercial.

A alta velocidade é a combinação de todos os elementos que constituem o sistema: infraestrutura (novas linhas projetadas para velocidades acima de 250 km/h e linhas convencionais adaptadas para velocidades em torno de 200 km/h, operadas com trens *tilting* ou não), material rodante e condições operacionais.

Segundo a UIC (2002), são possíveis quatro sistemas operacionais de alta velocidade:

- O Tipo 1 é o mais clássico sistema de alta velocidade. É constituído de uma rede de alta velocidade usada unicamente por trens de alta velocidade que não operam em nenhum outro tipo de linha;
- O Tipo 2 é uma rede de alta velocidade que também só é utilizada por trens de alta velocidade, mas estes trens também operam em linhas convencionais;
- O sistema Tipo 3 é constituído de linhas de alta velocidade que não são usados somente por trens de alta velocidade, mas também por trens convencionais e *trens inclinadores*. No entanto, os trens de alta velocidade não trafegam nas linhas convencionais. O sistema operacional de Tipo 3, invariavelmente, envolve redução da capacidade;
- No Tipo 4, tanto as ferrovias convencionais quanto as de alta velocidade podem ser trafegadas por qualquer tipo de material rodante.

O sistema operacional ideal dependerá essencialmente das características locais da rede. O sistema Tipo 1 é, aparentemente, o que mais se beneficia das potencialidades do sistema. O material rodante, de alta tecnologia, que trafega a baixa velocidade em ferrovia convencional (operação Tipo 2) não utiliza toda sua capacidade de transporte. O mesmo ocorre quando em uma ferrovia de alta velocidade é permitido o tráfego misto de trens convencionais e de carga. No entanto, esses sistemas operacionais “menos vantajosos” podem se justificar pelas características locais da rede.

Novas linhas de ferrovia de alta velocidade têm sido construídas por mais de 40 anos. Durante esse período, os critérios de projeto foram modificados constantemente. Cada ferrovia adota um critério próprio. Como referência, a Tabela 1 mostra as principais características geométricas adotadas pela França e Espanha em suas ferrovias especialmente projetadas para alta velocidade (velocidades entre 250 e 350 km/h).

O tipo de sistema operacional é essencial para a definição das características geométricas da ferrovia. “A coexistência de tráfego de trens de carga e trens com velocidades acima de 300 km/h pode afetar a capacidade, como também envolve sérias restrições de geometria por causa da limitação de superelevação. Por todas estas razões, operações acima de 300 km/h deve ser restrita, em princípio, ao tipo operacional 1 e 2” (UIC, 2001).

Tabela 1: Características Geométricas de Ferrovias de Alta Velocidade (250 a 350 km/h)

Parâmetro	País				Recomendado (UIC <i>Working Group</i>)
	França		Espanha		
	300 km/h	350 km/h	300 km/h	350 km/h	
Tipo de tráfego	passageiro	passageiro	passageiro	passageiro	passageiro
Carregamento máximo por eixo para a velocidade máxima de projeto (t)	17	17	17	18	17
Carregamento máximo por eixo para locomotivas (t)	X	X	22,5	22,5	X
Velocidade máxima de projeto (km/h)	300	350	270	350	> 300
Velocidade máxima operacional (km/h)	300	320	270 (300)	> 300	X
Raio de curvatura mínimo para a velocidade máxima (m)	4000	6250	4000	6500	X
Superelevação máxima (mm)	180	180	150	150	200
Gradiente máximo (mm/m)	35	35	12,5	25	35 (comprimentos < 6 km)
Raio vertical mínimo (m)	16000	21000	24000 (17000)	25000	X

Fonte: UIC, 2001 (adaptado).

3. O MERCADO

Para que se justifique a construção de uma ferrovia de alta velocidade, são necessárias algumas características particulares que a tornem economicamente viável, conforme segue: distância entre centros populacionais; demanda e capacidade; competitividade; e distribuição da população ao longo da linha.

3.1. Distância

A vantagem competitiva da ferrovia de alta velocidade é maior em viagens cobrindo distâncias médias. Nas distâncias excessivamente curtas ou longas, os outros modais, em termos de tempo de viagem, são mais eficientes. Para distâncias curtas, automóveis e mesmo ônibus podem ter tempo de viagem porta-a-porta inferiores. Já para distâncias muito longas, o avião é mais rápido.

No entanto, a distância exata em que o Trem de Alta Velocidade (TAV) pode ser mais eficiente é de difícil precisão. Depende do nível de performance do próprio TAV e de seus concorrentes no corredor em estudo. Conforme a *Comission for Integrated Transport* (2004), o mercado preferencial para o TAV é de corredores com distâncias entre 150 e 800 km, aproximadamente. Fora desta margem, o tempo de viagem porta-a-porta pode ser menor em outros modais, fazendo com que o mercado potencial para o TAV diminua substancialmente. Ellwanger (2002) apresenta as seguintes considerações: em distâncias menores que 500 km, o trem de alta velocidade oferece grande vantagem competitiva; entre 500 e 1000 km, há grande competição entre o TAV e o modo aéreo; e em distâncias superiores a 1000 km, o transporte aéreo é o mais competitivo.

3.2. Demanda e Capacidade

O trem de alta velocidade é um sistema que proporciona grande capacidade. O francês TGV (*Train à Grande Vitesse*) tem a capacidade de 1.000 passageiros por trem, com *headway* de apenas 5 minutos. Portanto, para que um país tenha o máximo de benefícios do TAV não basta que tenha metrópoles distantes dentro de uma faixa específica, mas que identifique

grandes demandas entre elas, pois, somente assim, haverá o uso efetivo da grande capacidade proporcionada pelo sistema de trens de alta velocidade. Segundo Táncoz et al (1999) é necessária uma demanda mínima de aproximadamente três milhões de passageiros por ano, por corredor. A Espanha, apenas com a linha Madrid-Servilha, de 471 km de extensão, transportou 6,23 milhões de passageiros em 2002 (RENFE, 2004).

A principal justificativa para a construção de ferrovias de alta velocidade em muitos países não foi a diminuição do tempo de viagem e sim o aumento de capacidade de transporte. As duas primeiras linhas a entrar em operação no mundo (Tóquio-Osaka e Paris-Lyon) foram construídas com este objetivo.

3.3. Competitividade

“A distâncias menores que 500 km e tempo de viagem menores que 2h30m, o trem de alta velocidade tem vantagem sobre o avião; cerca de 90% da divisão modal [TAV / avião] desta faixa no mercado. Neste mesmo setor tem ganhado ou ainda ganhará tráfego dos carros, como tem sido demonstrado pela linha Paris-Bruxelas” (Ellwanger, 2000).

A matriz de transportes entre Paris–Bruxelas antes (1994) e após (1998) a inauguração do Thalys, trem de alta velocidade da linha, é mostrada na Figura 1. A análise do transporte de passageiros relativo ao transporte aéreo e ferroviário é mostrada na Figura 2.

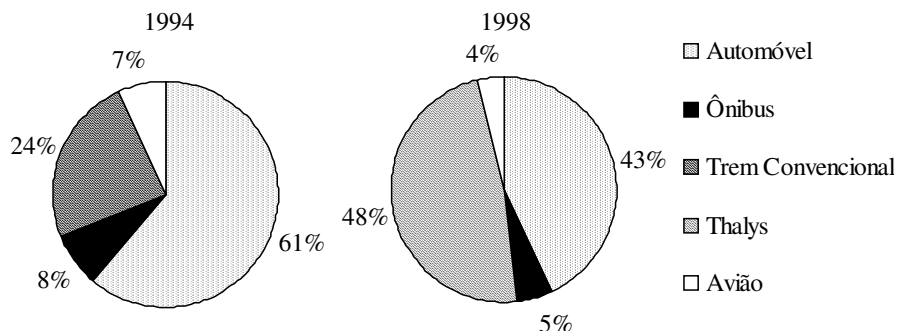


Figura 1: Divisão Modal Paris – Bruxelas.

Fonte: UIC, 2002.

Na Figura 2, a análise da divisão modal mostra que a ferrovia domina o mercado quando o tempo de viagem não excede 2 horas. Entre 2 e 3 horas, ainda apresenta percentagens acima de 50%. A importância do tempo de viagem torna-se mais clara quando se analisam as linhas Paris-Amsterdã (540 km) e Tóquio–Osaka (515 km), ambas com distâncias semelhantes. Contudo a linha Paris–Amsterdã participa com valores inferiores a 50% enquanto a linha japonesa participa com percentagens acima de 80%.

Na comparação feita anteriormente, foram analisadas apenas as viagens de aeroporto a aeroporto e de estação inicial a estação final. Embora seja válida para a análise do mercado nas pontas da linha, pode não ser muito representativo quando se analisa o sistema total, pois nas ferrovias as estações intermediárias podem aumentar significativamente a demanda.

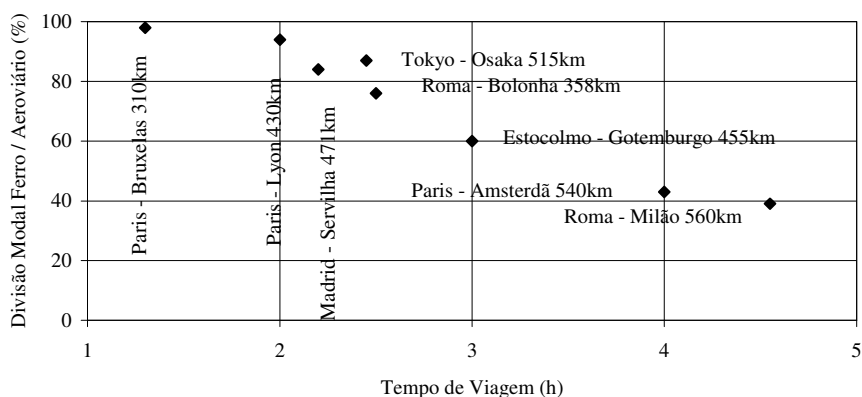


Figura 2: Divisão modal transporte ferroviário / aéreo (distancias entre 300 e 600 km).

Fonte: Ellwanger, 2000.

Embora haja grande competição entre os modos aéreo e ferroviário de alta velocidade, existe também uma complementaridade entre ambos. Conexões internacionais e mesmo nacionais entre os modais podem ser feitas nas cidades servidas pela ferrovia devido à existência de estações nos principais aeroportos.

3.4. Distribuição Populacional

A demanda de uma ferrovia de passageiros, convencional ou de alta velocidade, deve estar densamente concentrada nos principais nós. Grande parte da demanda potencial é atraída para a ferrovia nessas condições. Da mesma forma, a região ou país cuja ferrovia serve deve ter grande densidade demográfica. Contrariamente, o custo de construção tende a ser maior em regiões de grandes densidades.

4. BENEFÍCIOS AMBIENTAIS E SOCIAIS

Os benefícios gerados pela ferrovia de alta velocidade são em grande parte relativos à redução do tráfego de automóveis e aviões. Pode-se citar como benefícios gerados por uma ferrovia de alta velocidade os seguintes: redução da poluição do ar; melhor gerenciamento energético; segurança; desenvolvimento econômico; incremento do turismo; aumento da capacidade de transporte. Os parágrafos seguintes abordam cada um deles.

O meio-ambiente é duramente agredido durante a construção de uma ferrovia de alta velocidade, assim como uma ferrovia convencional e uma rodovia. Todos os cuidados devem ser tomados com a finalidade de minimizar o impacto ambiental durante esse período. Os impactos que persistem após a fase de construção são os causados principalmente pelos efeitos de separação e pela ocupação de grandes áreas de solo. No entanto, o nível de intrusão na natureza é menor em relação às rodovias: “A área de solo ocupado da ferrovia é de 3,2 ha/km (nas linhas Hannover – Würzburg e Mannheim – Stuttgart), que correspondem a um terço da área ocupada por rodovia (9,3 ha/km para rodovias da antiga Alemanha Oriental)” (Ellwanger, 2002). Sendo a linha eletrificada, não há poluição do ar ao longo de seu traçado além de possibilitar que o sistema seja alimentado com energia renovável, não dependendo de

combustíveis fósseis. O nível de poluição do ar depende diretamente da eletrificação ou não da linha e da matriz de geração de energia elétrica.

Os trens de alta velocidade apresentam grande vantagem comparativa em relação ao consumo energético. Tomando como unidade de medida “litros de petróleo por 100 passageiros – km”, tem-se o consumo de 2,5 unidades para o TAV, 6 para o automóvel e 7 para o avião (UIC, 2002).

Outra grande vantagem é a redução do número de acidentes. Em 40 anos de operação do Shinkansen (trem de alta velocidade japonês), nunca houve um acidente fatal, o mesmo ocorre com o francês TGV em 20 anos de operação. Já em relação ao transporte rodoviário, as estatísticas apresentam um quadro de elevado custo social. Na Rodovia Presidente Dutra, por exemplo, ocorreram 9.367 acidentes somente em 2002 (ANTT, 2004).

A introdução de um novo modo de transporte aumenta a mobilidade da população das áreas metropolitanas envolvidas, bem como das cidades médias situadas entre elas. Desta forma a ferrovia contribui para uma melhor distribuição populacional, uma vez que reativa a economia de toda região servida por ela.

Em consequência do aumento do nível de serviço de transporte de passageiros, há um incremento do turismo interno e externo, principalmente em áreas onde o turismo é de grande importância econômica. A viagem por uma ferrovia de tecnologia avançada, de alta velocidade, por si só é um atrativo turístico.

Com a redução da demanda das rodovias e aerovias, há aumento no nível de serviço nesses modais. O investimento em ferrovia de alta velocidade aumenta a capacidade de um corredor de transporte como um todo, adiando ou tornando desnecessário o investimento em aumento de capacidade em outros modais.

5. O CORREDOR RIO DE JANEIRO - SÃO PAULO

O corredor Rio de Janeiro - São Paulo se localiza na região sudeste brasileira, área de topografia muito acidentada. No entanto a região pode ser considerada relativamente favorável à ferrovia de alta velocidade quando comparada com outras regiões onde este sistema já foi implantado.

No transporte de passageiros de longa distância, o corredor Rio de Janeiro – São Paulo é o de maior fluxo de tráfego do país. Contudo, a maior parcela de transporte é feita através de rodovias. Em relação ao fluxo de tráfego de passageiros nas cidades entre as duas grandes metrópoles, o modo rodoviário tem participação ainda maior, uma vez que o modo aéreo é menos acessível em cidades interioranas.

A Figura 3 foi elaborada baseada nos dados do Geipot (1998) relativos ao ano de 1997. Nela é apresentada a matriz de transporte entre as áreas metropolitanas do Rio de Janeiro e de São Paulo e também a matriz de transporte entre a metrópole do Rio de Janeiro e a macrozona de estudo Volta Redonda, que representa a região Sul Fluminense.

As regiões metropolitanas de Rio de Janeiro e São Paulo são as mais populosas do país. Segundo o IBGE (2001), a área metropolitana de São Paulo possui aproximadamente 18

milhões de habitantes e a do Rio de Janeiro 11 milhões de habitantes. A população diretamente beneficiada pelo corredor ultrapassa 30 milhões quando são somadas as populações dos municípios situados entre as duas metrópoles, representando aproximadamente 18 % da população brasileira.

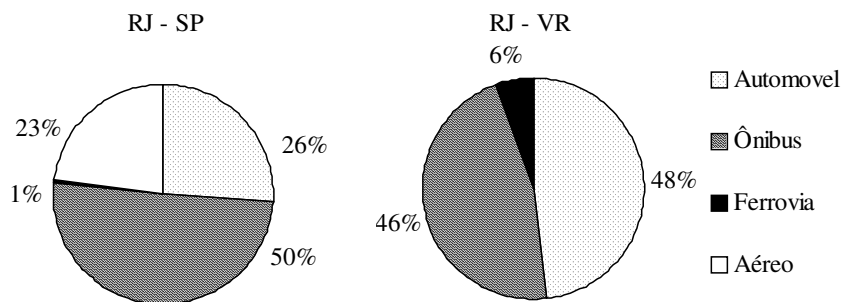


Figura 3: Divisão Modal RJ – SP e RJ – VR.

Fonte: Geipot (1998).

5.1. Distância

As cidades de Rio de Janeiro e São Paulo estão separadas por cerca de 430 km. Esta distância é considerada adequada ao transporte ferroviário de alta velocidade. O trem de alta velocidade tem apresentado grande participação no mercado nesta distância, como foi mostrado na Figura 1.

5.2. Demanda e Capacidade

O investimento em aumento de capacidade de transporte no corredor mostra-se necessário em virtude dos sinais de saturação, tanto no modo rodoviário quanto no aéreo. Segundo o Geipot (1998), o fluxo de passageiros em 1997 apenas entre as duas metrópoles foi de aproximadamente 9 milhões. Entre a região metropolitana de São Paulo e a macrozona de estudo de São Jose dos Campos, o fluxo de passageiros foi de aproximadamente 34 milhões e entre a região metropolitana do Rio de Janeiro e a macrozona de Volta Redonda, 33 milhões aproximadamente.

5.3. Competitividade

Apesar das características favoráveis do corredor ao TAV, o percurso deve ser completado com tempo de viagem porta-a-porta competitivo com todos os outros modos de transporte. O conforto e serviços, tanto nos trens quanto nas estações são também fatores determinantes para a competitividade do sistema.

5.4. Distribuição Populacional

Os estados do Rio de Janeiro e o de São Paulo possuem respectivamente densidades de 317,3 e 146,1 hab./km² (IBGE, 2001). Os países que usam intensamente ferrovias de alta velocidade possuem concentrações demográficas próximas a de ambos estados brasileiros: Japão, 339,8 hab./km²; França, 108,6 hab./km²; Alemanha, 230,4 hab./km²; Espanha, 78,3 hab./km².

6. CONCLUSÕES

A base para o desenvolvimento de um país é o desenvolvimento de sua infra-estrutura: água potável; esgotamento sanitário; energia elétrica; e comunicações. A infra-estrutura de transporte é tão importante e indispensável quanto todas as outras. Sob o ponto de vista do transporte, a infra-estrutura só está completa quando as rodovias, ferrovias e aerovias exercem suas funções de transporte onde elas apresentam melhor adequabilidade.

A tecnologia de trens de alta velocidade tem-se desenvolvido ao longo de mais de 40 anos. Durante esse período, muitos países optaram por este modo de transporte, principalmente com o objetivo de aumento de capacidade e melhoria do nível de serviço. No entanto, os benefícios ambientais e sociais gerados pela implantação desse modo de transporte são também percebidos, sendo fator fundamental para a viabilização desse tipo de empreendimento.

O corredor de transporte Rio de Janeiro - São Paulo atende aos requisitos básicos para a implantação desse tipo de ferrovia. Desta forma, como há a necessidade de novos investimentos para aumentar sua capacidade, o sistema de trens de alta velocidade deve ser visto como uma opção a ser analisada, tendo em vista os benefícios sociais e ambientais superiores aos dos modos de transporte concorrentes.

A implantação de projetos desse sistema de transporte de passageiros exige grande aporte de recursos, fazendo com que o Estado não seja capaz de implantá-los. Por sua inviabilidade financeira, os projetos de trens de alta velocidade não atraem o setor privado. Portanto, o grande desafio está em encontrar formas de viabilizá-los econômica e financeiramente, para que venham gerar benefícios para a sociedade como um todo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTT (2004) *Transporte Terrestre – Números do Setor*. Agencia Nacional de Transportes Terrestres, Ministério dos Transportes, Brasília, DF.
- Comission for Integrated Transport – UK (2004) *High Speed Rail: International Comparisons*. Londres.
- Ellwanger, G. (2002) High Speed and the Environment. *7th Conference of UIC Environment Coordinators*, Roma.
- Ellwanger, G. (2000) High Speed Rail – Success and Challenges. *European Railway Review*, p.13 – 17, outubro 2000.
- GEIPOT (1998) *Corredor de Transportes Rio de Janeiro – São Paulo –Campinas: fases I e II, relatório síntese*. Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes, Ministério dos Transportes, Brasília, DF.
- IBGE (2001) *Censo Demográfico 2000*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Brasília, DF. Disponível: <http://www.ibge.gov.br>
- RENFE (2004) *Dados Estatísticos 2000 – 2001 – 2002*. Disponível: <http://www.renfe.es>
- Tánczos, K; Abdelslam M. (1999) Some Technical, Financial and Organisational Aspects of High Speed Trains. *Periodica Polytechnica Ser. Transp. Eng.*, v. 27, n. 1-2, p. 121-126.
- UIC (2001) *Design of New Lines for Speeds of 300 – 350 km/h – State of the Art*. International Union of Railways, Paris.
- UIC (2002) *High Speed Around the World*. International Union of Railways, Paris.
- UIC (2003) *Air/HS Rail - From Competition to Complementarity*. International Union of Railways, Paris. Disponível: http://www.uic.asso.fr/d_gv/toutsavoir/air-rail_en.pdf

Endereço dos autores:

Instituto Militar de Engenharia - IME
Mestrado em Engenharia de Transportes
Praça General Tibúrcio, 80. Urca.
22.290-270 – Rio de Janeiro, RJ.
e-mail: laurocs@hotmail.com e mvqc@uol.com.br