

O VLT COMO INSTRUMENTO DE REDUÇÃO DE CUSTOS NOS SISTEMAS DE GRANDE CAPACIDADE

Raphael Kling David

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Programa de Engenharia de Transportes

RESUMO

As crescentes concentrações urbanas, que vem ocorrendo nas diversas cidades no mundo, tem tido, como consequência, uma série de problemas no sistema de transporte urbano, tais como congestionamentos e demoras, com graves impactos para o usuário desses sistemas. Na busca de soluções que minimizem tais impactos, os sistemas de grande capacidade são apontados como a melhor alternativa. Porém, países em desenvolvimento como o Brasil dificilmente têm condições de arcar com o custo implantação da correspondente infra-estrutura necessária para essas opções. O objetivo desse artigo é apontar uma alternativa de solução eficaz que reduz os custos de implantação dessa infra-estrutura e minimiza os impactos sobre o usuário do transporte urbano.

ABSTRACT

The increasing urban concentration of human activities in diverse cities in the world brings about a series of problems for the urban transport systems, such as congestion and delay, with severe impacts on the user of those systems. In the search for solutions which minimize such impacts, options offering greater capacity are being considered as best alternatives. However, developing countries like Brazil hardly have conditions to bear the costs of implanting the corresponding infrastructure needed for these options. The objective of this paper is to propose an alternative of solution which reduces the costs of implanting that infrastructure and minimizes the impacts on the user of urban transport.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento dos sistemas de transporte, em especial os de alta capacidade, teve um papel fundamental para a intensa urbanização, que ao longo do século passado veio ocorrendo em torno das grandes cidades. O exemplo das estradas de ferro na Europa que no início do século 19 reestruturou o território, antes tipicamente linear para uma concentração de atividades no entorno de suas estações (Juhnke, 1968), serve para ilustrar a força dos transportes na transformação das cidades.

Nas últimas décadas cresceram as cidades, multiplicaram-se os problemas. Com o poder de transformar ou pelo menos disciplinar a ocupação do solo, o planejamento de transportes tenta equilibrar um sistema, agravado pelo crescimento desordenado da população, onde muitos vivem em áreas com pouca, ou nenhuma infra-estrutura adequada (saneamento básico pavimento nas vias públicas, transporte público). Se os sistemas de transportes são um indicador da qualidade de vida nos centros urbanos, é preocupante o aumento do número de viagens a pé, evidenciando o crescimento da parcela da população que se encontra excluída.

Além da parcela da população que a cada ano vê diminuída sua acessibilidade, encontra problemas na estrutura viária também o usuário do transporte individual. É cada vez maior, o número de conflitos e alto o índice de acidentes. Menor o nível de serviço, com constantes congestionamentos, o que vem elevando o tempo médio das viagens.

A incapacidade de oferecer infra-estrutura suficiente para atender ao crescente contingente de autos circulantes, principalmente em países em desenvolvimento como o Brasil deixa

claro que a priorização do transporte coletivo deixa de ser apenas uma tendência para se transformar em uma necessidade.

2. O SISTEMA FERROVIÁRIO E A ESTRUTURA URBANA

Transferindo, no atendimento aos deslocamentos a ótica da oferta para a demanda, tem-se uma abordagem diferente, passando para o gerenciamento da demanda. Impondo limites ao número de veículos em circulação e buscando racionalizar as viagens realizadas diariamente. Segundo Câmara (1998) o Gerenciamento da Mobilidade é uma técnica de planejamento de transportes orientada exclusivamente a demanda, diferentemente das técnicas tradicionais voltadas principalmente à ampliação da oferta, através de provisão de infra-estrutura para acomodar crescimentos constantes da demanda, tais como: construção de novas rodovias, alargamentos de vias, construção de viadutos ou túneis, estacionamentos ou edifícios garagem etc.

Atualmente diversas cidades do mundo têm procurado aumentar a eficiência de seus sistemas de transporte público. Em cidades como Cingapura e Copenhagem, o desenvolvimento se deu através do desenvolvimento de sistemas de transportes sobre trilhos. Porém o desenvolvimento do transporte ferroviário e metroviário esbarra no alto custo de infra-estrutura. A melhor alternativa seria então um sistema sobre trilhos mais barato e que garantisse um deslocamento digno e de boa qualidade.

3. VEICULOS LEVES SOBRE TRILHOS

Tem aparecido com certa frequência na imprensa notícias sobre estudos para implantação de VLT (veículos leves sobre trilhos) em médias e grandes cidades. Além de estudos para implantação em áreas urbanas o VLT vem sendo o veículo preferido nos estudos de viabilidade técnico-econômica de sistemas ferroviários de passageiros de interesse regional. A questão é porque o VLT vem sendo apontado como a principal alternativa para o atendimento a demanda de transportes ?

Os VLT's tradicionais tem uma capacidade que se aproxima ao sistema metroviário com menores custos de implantação. Por serem mais leves as infra-estruturas necessárias para tais veículos é bem mais esbelta; o consumo de combustível também é bem inferior por apresentar uma melhor relação entre tara x carga útil. Além disso, o sistema é menos invasivo, se adaptando melhor ao espaço urbano.

Um obstáculo à implantação no Brasil dos VLTs ainda é o alto custo de aquisição do material rodante, devido à concentração do mercado nas mãos de poucos fabricantes que acabam ditando o preço. Pensando nisso a nossa proposta é desenvolver um veículo leve híbrido (diesel elétrico), com geração múltipla e tração em corrente alternada com a carroceria adaptada da indústria automotiva como será demonstrado adiante.

4. O ESTADO DA ARTE NA TRAÇÃO FERROVIÁRIA

Ao longo da história da ferrovia os veículos passaram por uma série de transformações, que trouxeram maiores índices de confiabilidade e melhor eficiência operacional. A migração dos motores geradores de corrente contínua para corrente alternada é uma dessas modificações que vem apresentando bons resultados. Os motores em CA por não terem escovas tem um custo de manutenção bem inferior aos de CC. Outra vantagem é a taxa de

aderência que os motores CA permitem, no quadro 1 pode se ver uma simulação da capacidade de tração dos veículos ao longo do tempo nos diferentes sistemas

Quadro 1 – Comparação da Evolução da aderência na tração Ferroviária

Sistema	Aderência (%)	Década
Locomotivas a vapor	15 a 17	30
Primeiras locomotivas diesel-elétricas	12 a 14	40
Locomotivas com corte manual na potencia do motor de tração	16 a 18	50
Com o aperfeiçoamento do corte manual	18 a 20	60
Locomotivas com “creep control”.	25 a 28	80
Adoção dos motores em corrente alternada	31 a 34	90

Fonte: www.northeast.railfan.net/pro_faq2.html

4.1. A Resistência ao Rolamento

Uma consequência dos altos custos dos veículos ferroviários vem sendo os estudos de viabilidade econômico-financeira para implantação de VLP (Veículo Leve sobre Pneus) onde um veículo de grande capacidade trafega numa via exclusiva. Apesar de serem mais baratos e apresentarem uma capacidade de transporte razoável, o consumo energético é muito superior pois um aspecto importante na comparação dos VLPs com os VLTs refere-se à resistência ao rolamento. Quando um cilindro, roda ou esfera, enfim uma superfície circular de revolução qualquer, rola sobre outra superfície plana, surge uma resistência a esse movimento, chamada Resistência ao Rolamento, devido às inevitáveis deformações dos corpos em contato, ou seja, o contato entre eles numa é exatamente pontual. Este resistência é dada em kgf/t, onde kgf é a força que se opõe ao movimento e t, a força vertical (peso) atuante na roda. Na ferrovia, no contato entre o aço da roda e o aço do trilho, esta grandeza varia de um a dois kgf/t, o contato do pneu sobre o asfalto varia de 8 a 12 kgf/t. (Lanças, 1992).

5. PROPOSTA DO VLT HÍBRIDO

O VLT proposto não é o “bonde modernizado” nem também o “pré-metrô de superfície”, mas um veículo que evoluiu das automotrizes e se aproxima das características dos “trens regionais”, com algumas diferenças no *design*. A cabine deverá ser reforçada, construída em fibra-de-vidro; acabamento interno de série dos ônibus, ao invés de equipamentos exclusivamente ferroviários, de baixa produção e, portanto mais caros; carroceria de alumínio, como dos ônibus e capacidade de passageiros, substancialmente maior que os VLT's europeus.

5.1. Geração Múltipla

O grande diferencial do projeto é o conceito de geração múltipla de energia. Enquanto os VLTs europeus funcionam com um grande motor diesel e transmissão para os eixos o nosso projeto é uma derivação das locomotivas diesel elétricas com geração múltipla.

A energia que chega diariamente as nossas casas dificilmente vieram de um único gerador, mas sim de uma série de geradores que vão sendo acionados em função do consumo. Assim ao invés de usarmos um motor de 2000 HP usaríamos 5 motores de 400HP que poderiam

ser não apenas diesel, mas multicomcombustíveis (GNV, álcool, biodiesel). A energia dos motores-geradores passaria por um inversor de frequência e seria transmitida para os truques motores (similar ao das locomotivas) com tração em corrente alternada.

5.2. Características Técnicas

Ao se adotar equipamentos de fabricação nacional o custo passa a ser bem inferior ao importado, alguns pontos exemplificam a capacidade da indústria nacional em produzir tal veículo.

- Como segundo maior montador mundial de ônibus, o Brasil desenvolveu uma indústria competitiva e tecnicamente avançada, produziu 24.676 unidades em 2004, sendo 8.850 exportadas (Simefre, 2005).
- A WEG S/A desenvolveu e testou na CVRD (em duas locomotivas da FCA) motores de tração ferroviária em corrente alternada (IRF, 2003).
- O Brasil é um competidor de primeira linha em rodas e eixos forjados, que equiparão os truques em chapa soldados – típicos dos trens de passageiros.
- Em decorrência da ameaça do “apagão” em 2002 o Brasil desenvolveu uma indústria competitiva de fabricantes de geradores elétricos inclusive a GNV, utilizando tanto motores do ciclo Otto nacionais como importados de maior potência (até 800 hp). Nas indústrias que não podem parar suas máquinas durante o horário de “pico”, quando a tarifa é majorada, geradores associados em paralelo entram automaticamente em ação, utilizando a mesma rede de distribuição interna da empresa, complementando ou não a energia da concessionária.
- Está nacionalmente dominada toda parte eletrônica de comando de inversores de frequência, equipamento que permite um motor trifásico CA ter o desempenho de torque e controle de velocidade dos motores CC. Segundo informações da WEG, assiste-se a cada ano uma redução nas encomendas de motores CC, que estão sendo substituídos por motores CA controlados por inversores de frequência.

As figuras a seguir, de caráter meramente ilustrativo, indicam as características técnicas previstas para o VLT.

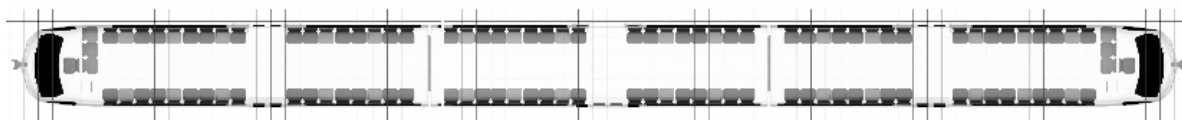


Fig. 3 – Planta baixa do VLT



Fig. 4 – Perfil do VLT

A capacidade total de cada trem-unidade composto de três módulos articulados será de 400 passageiros (6 passageiros/m²), numa configuração de poltronas longitudinais, pesando lotado 60 t. O comando de cada trem será computadorizado, podendo ser formados trens de 5 unidades, totalizando 2.000 passageiros em cada composição. Com um *headway* de 3 minutos, seria possível uma capacidade máxima (com as cinco unidades) de 40.000 passageiros/hora. Como o comprimento do trem cresce com o acoplamento de mais

unidades automotrizes, não há necessidade de investimentos em instalações fixas de potência; portanto, sua implantação pode ser gradativa de acordo com a reação do mercado, o que minimiza os investimentos iniciais.

5.3. Desempenho Energético e Poluente Comparativo

Um fator que contribuiu para o aumento, verificado no consumo de diesel após 1990, observado por Ribeiro (2002), decorreu da liberação das importações automobilísticas e o desemprego na classe média, que fez crescer o transporte de passageiros realizado através de *Vans* (dito “clandestino”). Embora esta nova oferta de serviços de transporte (municipal, interurbano e interestadual) tenha caído no agrado da população, pela rapidez e flexibilidade que oferece, entre as reações que gerou nos empresários urbanos, uma delas foi a substituição de seus antigos ônibus montados sobre chassis de caminhões, através dos microônibus, veículos menores, mais ágeis, de menor potência e que dispensam cobradores (a tarefa é acumulada pelo motorista).

Oliveira & Orrico Filho (2004), argumenta que a presença do transporte “alternativo” fez a indústria de ônibus se adaptar a este novo cenário torna a tabela de coeficiente de consumo de combustível, fruto de pesquisa realizada pelo GEIPOT, a pedido da EBTU (Empresa Brasileira de Transportes Urbanos) em 1986, defasada com relação à realidade. As variáveis consideradas pelos autores para análise do consumo foram: tecnologia, idade média da frota, congestionamento, rampa, carregamento e velocidade média. A pesquisa realizada em Petrópolis apontou os seguintes resultados médios: Microônibus – 0,23 km/l; Veículo Leve - 0,33 km/l e Veículo Padron – 0,42 km/l. Araújo (2004) identificou negligência por parte dos operadores de vans quanto a qualquer rotina de cálculo dos custos dos serviços, além de heterogeneidade no serviço prestado entre os associados de uma cooperativa que atua na ligação São Gonçalo – Rio de Janeiro. Portanto, para efeito deste estudo, admite-se um consumo médio 0,15 litros/km ou 6,53 km/litro no trânsito quase sempre difícil da ligação.

Pires (2002), simulando o consumo de energia de um trem-unidade elétrico com motores CA, indicou a taxa de 0,025 KWh/tkm. Tomando esta relação para o VLT a GNV, que pesa 60 t, em cada quilômetro haverá o consumo de 1,5 KWh/km. Leon Heimer, fabricante de grupos geradores a GNV, indica o consumo específico de 0,39 Nm³/KWh. Logo, o consumo médio do VLT a GNV será 0,585 Nm³/Km.

Com relação à poluição atmosférica, para estabelecer uma base comum de comparação entre emissões de gases de efeito estufa em diferentes países, foi elaborada em 1996 pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) uma metodologia para quantificação de emissões de CO₂ aceita pelo Brasil. A metodologia prevê duas abordagens distintas a partir dos dados disponíveis: *top-down* e *bottom-up*, razão pela qual no Brasil a primeira é a mais utilizada. Mattos (2001) apresenta uma tabela para o cálculo do conteúdo de carbono por tipo de combustível, indicando: por metro cúbico de óleo diesel 20,2 e por mil metro cúbico de GNV 15,3 em tC/TJ (tonelada de Carbono por Tera-Joule, 10¹² J).

O quadro 1, montado a partir das informações apresentadas, permite estabelecer uma comparação entre o VLT a GNV e as modalidades rodoviárias concorrentes no transporte de passageiros, com referência ao consumo de combustível e as emissões de gases

causadores do efeito estufa, para cada passageiro-quilômetro transportado, tomando como base 100 o ônibus urbano do tipo Padron. Observa-se que o VLT a GNV, comparativamente ao ônibus Padron mais utilizado, tem potencial para reduzir o consumo a mais de 3/4 e as emissões em mais de 4/5. Tomando o preço do Nm³ de GNV como 65% do preço do litro de diesel, a redução de custo no item combustível por passageiro-quilômetro será de 84% comparando com o do ônibus Padron.

Quadro 1 – Comparação de Consumo Médio e Potencial de Emissões

Veículo de Transporte de Passageiros	Unidade de Consumo	Consumo médio	Índice de Emissão	Lotação (passg)	Consumo por Mil Pass.Km	Consumo Base	Emissão por Mil Pass.km	Emissão Base
Padron	litro/km	0,420	20,2	69	6,09	100	122,96	100
Microônibus	litro/km	0,230	20,2	28	8,21	135	165,93	135
Van	litro/km	0,153	20,2	15	10,22	168	206,49	168
VLTaGNV	Nm3/km	0,585	15,3	400	1,46	24	22,38	18

6. CONCLUSÃO

O desempenho energético do VLT contribui para a economia operacional do sistema, podendo animar operadores privados de linhas de ônibus a estabelecerem consórcios com grandes construtoras para instalarem linhas financiadas com recursos captados através das PPP (Parceria Pública Privada). Para o Governo é estratégico estimular modalidades de transporte mais eficientes energeticamente, que não dependam do óleo diesel – um derivado que o Brasil não produz em quantidade suficiente para atender ao mercado interno, sendo obrigado a recorrer a importações que, custaram mais de US\$ 2 bilhões em 2003 (BEN, 2004)

Analizando o rápido e desordenado crescimento das grandes cidades e a infra-estrutura ferroviária observa-se que o rearranjo do espaço urbano não foi acompanhado pela infra-estrutura de transportes sobre trilhos, provavelmente pela necessidade de recursos que os sistemas de grande capacidade exigem para infra-estrutura própria. É neste contexto que o VLT poderá apresentar vantagens, já que pelo seu reduzido peso próprio pode compartilhar a infra-estrutura preparada para veículos rodoviários, melhores resultados energéticos que os VLP (veículos leves sobre pneus).

O VLT híbrido aqui proposto poderá apresentar uma significativa redução nos investimentos, em relação aos veículos ferroviários tradicionais. O material rodante foi estimado em R\$ 1,8 milhão por unidade dupla, em confronto com a estimativa de preço adotada no estudo do BNDES para implantação de trens regionais, de US\$ 1,5 milhão para unidade dupla de trem unidade diesel. A infra-estrutura também apresenta uma significativa economia uma vez que o veículo não necessita de eletrificação. A ampliação da oferta de transporte sem a necessidade de construção de subestações garante uma maior celeridade em sua implantação. Desta forma, com um custo de instalação inferior, fica mais viável interligar o VLT às linhas férreas existentes, aumentando mobilidade do usuário e melhorando a qualidade de vida não só dele próprio como de toda comunidade.

BIBLIOGRAFIA

- Abreu, M. de A. (1997) *A Evolução Urbana do Rio de Janeiro*, IPLANRIO, RJ, BR.
- Barat, J. (1975) *A evolução dos Transportes no Brasil*, IBGE, IPEA, RJ, BR.
- Barbosa, T.; Pernaseti, E.; Rosa, P. e Siciliano, C. (2001) Sistemas de Transportes Urbanos de Grande Capacidade, *Monografia*, Curso de Atualização em Transportes Urbanos, CBTU, PET-COPPE/UFRJ, RJ
- Chua, Ch. K., Chew, T. Ch. (1998) Development of Singapore's Rapid Transit System and The Enviroment, *Japan Railway & Transport Review* 18, December. .
- Cervero, R. (1998) *The Transit Metropolis: The Inquiry Global*, Island Press, Washington, D.C., Covelo, Califórnia.
- Doxiades Associates (1965), *A Plan for Urban Development*, Rio de Janeiro, Brasil.
- Gonçalves, J.A.M.; Portugal, L. da S.; Nassi, C. D. (2002) *A centralidade como instrumento de análise do desenvolvimento sócio-econômico no entorno de uma estação ferroviária*. XVI Congresso da ANPET. Natal.
- Juhnke, K. J. (1968) *A Eficiência das Ferrovias no Transporte Metropolitano*, Editora Edgard Blücher, SP, Br.
- Pamphile, R.C. (2001) Sistemas sobre trilhos com base no transporte-empreendimento: elementos conceituais e perspectivas. *Tese de Mestrado*. PET-COPPE/UFRJ.
- PMRJ (2000) *Anuário Estatístico da Cidade do Rio de Janeiro 1998*. Secretaria Municipal de Urbanismo e Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos. Prefeitura do Município do Rio de Janeiro.
- Portugal, L.da S. e Gonçalves, J. A. M. (2003) *Transportes e Integração*, *Jornal do Brasil*, A10, 22 de abril, RJ.
- Ribeiro, S., K., Tavares, K.,M.,M., Tavares, M.,S., Teixeira Filho, J.,L., L., Sistemas de trenes de la región metropolitana de Rio de Janeiro: inversiones, demanda y pasivo ambiental, CIT, 2002, Santander.
- SECTRA (2002) *Política de Transportes de Passageiros para a Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro*, RJ.
- SCHARINGER, J. F. (2002) – *Trens Regionais de Passageiros: o Renascimento de um Vetor para o Desenvolvimento Econômico no País*. Edição BNDES, Rio de Janeiro.
- <http://www.UrbanRail.net>
- Seeholzer, S. (2004) *The history de Singapore*.