

**CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DO SISTEMA DE MONOTRILHO:
Características técnicas, vantagens & desvantagens e projetos em
andamento**

Moacir de Freitas Junior

FATEC Zona Sul

bicimo@uol.com.br

Alex Macedo de Araujo

FATEC Zona Sul

alexgeofelix@ig.com.br

Resumo – Este artigo visa apresentar o sistema de Monotrilho como alternativa aos sistemas de transporte de passageiros convencionais, quer por Ônibus, BRT (Bus Rapid Transit), VLT, Trem ou Metrô. Considera as características técnicas distintivas deste sistema de transporte de massa. As vantagens e desvantagens no que tange os custos, aspectos operacionais e implantação da infra-estrutura necessária ao seu funcionamento. Apresenta os três principais fornecedores do mercado comparando os produtos oferecidos por eles e considerada alguns projetos de monotrilho em andamento em grandes cidades brasileiras.

Palavras-chaves: (Monotrilho, Tráfego e Trânsito, Transporte de Passageiros)

Abstract - This paper aims to introduce the system of monorail systems as an alternative to conventional passenger transport, whether by bus, BRT (Bus Rapid Transit), VLT, Train or Subway. Consider the distinctive technical features of this system of mass transit. The advantages and disadvantages regarding the cost, deployment and operational aspects of the infrastructure needed for its operation. Presents the three main suppliers in the market by comparing products offered by them and considered some of monorail projects underway in major cities brazilians.

Keywords: (Monorail, Traffic and Transit, Passenger Transport)

Temática: Tráfego e Trânsito: Transporte Público de Passageiros

Introdução

A cidade de São Paulo enfrenta o desafio de implementar soluções e políticas públicas de transporte eficazes a curto e médio prazos com o fim de diminuir os congestionamentos, melhorar o transporte público de passageiros e, por conseguinte aumentar a velocidade média dos veículos durante os horários de pico. Uma das alternativas apresentadas para equacionar o problema do transporte de passageiros é o monotrilho que:

Monotrilho é um meio de transporte coletivo elétrico que pode alcançar a média-alta capacidade, e trafega sobre pneus em via exclusiva. O trem, com 4, 6 ou 8 carros, corre sobre uma viga elevada, que é seu trilho único. A distância entre os trilhos de ida e volta é determinada pela largura do trem, menor que a de outros sistemas equivalentes. O monotrilho é o único meio de transporte em que a via tem largura inferior à do veículo. (SPTRANS: 2010) Ou conforme Monorail Society, o Monotrilho é definido como um tipo de veículo leve sobre trilhos que ao invés de circular em um par de trilhos como as ferrovias tradicionais, circulam em um único trilho que pode ser metálico ou em concreto armado e que podem usar rodas metálicas, rodas com pneus de borracha ou levitação magnética e são movidos a energia elétrica. (OLIVEIRA: 2009 p 5)

Ao largo das últimas décadas a cidade deu prioridade ao transporte público de passageiros por ônibus. Construiu corredores exclusivos nas principais avenidas, terminais alimentados por linhas locais, implementou o bilhete único consolidando a integração física e tarifária entre os sistemas de transporte por ônibus, metrô e trem. Mesmo estas medidas aliadas ao aumento da malha do Metrô não foram suficientes para diminuir os congestionamentos em alguns pontos da cidade, sobretudo nas áreas mais periféricas, distantes da atuação dos sistemas integrados de Ônibus–Metrô-Trem. O Monotrilho aparece como alternativa viável em termos de custo e rapidez para construção de infra-estrutura em localidades que exijam sistemas de média capacidade para transporte de passageiros.

1- Características técnicas

As características técnicas pertinentes aos monotrilhos diferem um pouco dependendo do fornecedor. Os principais são a Bombardier, Hitachi e Scmi. Podemos apurar algumas dessas especificações na tabela 1 e figuras 1, 2 e 3 a seguir. A capacidade por carro difere bastante saindo de 139 passageiros nos carros da Scmi e podendo chegar até 440 no large type da Hitachi. A velocidade é superior apenas no Monotrilho fabricado pela Scmi, chegando a 90 km/h, que coincidentemente também transporta menos passageiros por vagão em relação aos dos outros dois fabricantes. Os sistemas oferecem a possibilidade similar de vencer greides/rampas de até 6% de inclinação. A estrutura de postes de apoio são similares nos projetos das três companhias iniciando com 0,8m de largura e podendo atingir a 1,5m, sem dúvida menos impactante que a infra-estrutura muito mais pesada requerida pelo sistema Metroviário. Finalmente a altura da via pode

variar de 6 a 12 metros em relação ao solo conforme as especificações dos fabricantes e de acordo com as particularidades de cada projeto.

Tabela 1: Características Técnicas do Monotrilho

Característica	Bombardier	Hitachi	Scomi
Capacidade por carro	224 a 350	98 a 440 (Small type to large type)	139
Velocidade máxima (km/h)	80	80	90
Menor raio de curva (m)	45	65 a 100 (Small type to large type)	50
Gradiente de elevação	6,5%	6%	6%
Configurações	Monocarro até 6 carros na composição	Monocarro até 9 carros na composição	Monocarro até 4 carros na composição
Largura dos postes de apoio (m)	0,8 a 1,2	0,8 a 1,5	0,8 a 1,0
Altura típica da via elevada (m)	6 a 8	6 a 12	6 a 10

Fonte: OLIVEIRA: 2009 p 25.



Figura 1: “Composição do monotrilho de Las Vegas sendo construído com detalhe para o sistema de tração abraçando a viga de circulação.” **Fonte:** Bombardier Transportation apud OLIVEIRA: 2009 p 6.

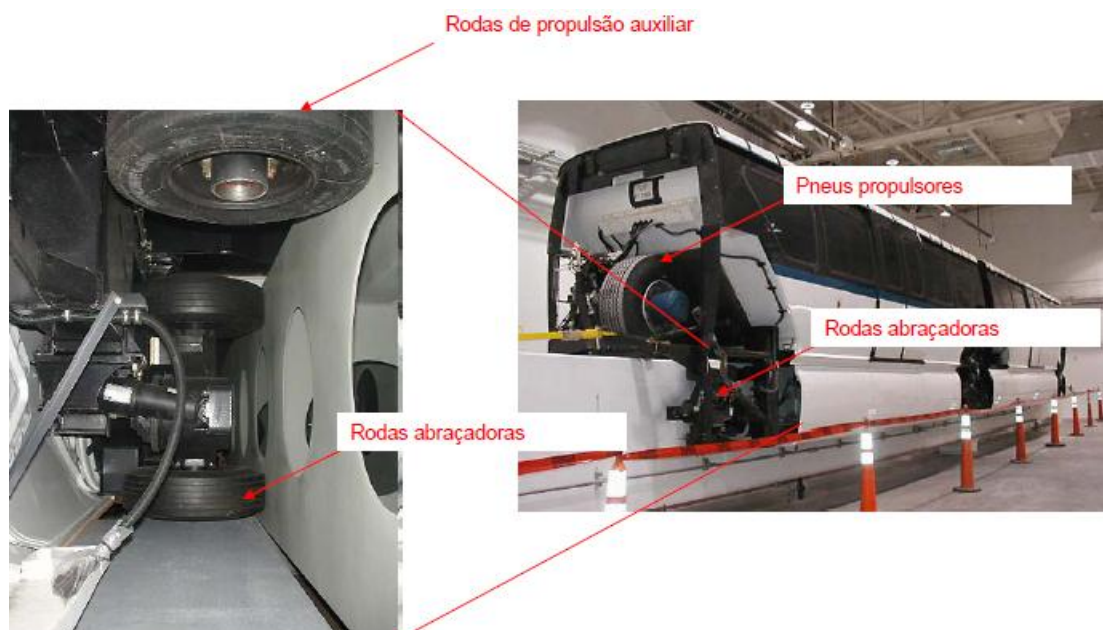


Figura 2: “Detalhes de como os carros são presos as vigas de rolamento no sistema monotrilho do tipo Alweg (o mais comum no mundo). Cada composição possui um sistema independente de rodas de propulsão auxiliar lateral de rodas e trava (abraçadoras) que estabilizam os carros da composição na viga de rolamento e evitam o descarrilhamento em um sistema similar a usado em montanhas russas de parques de diversão. Com pequenas variações entre si esse é o sistema típico dos 3 principais fornecedores.” **Fonte:** Bombardier Transportation apud OLIVEIRA: 2009 p 32.

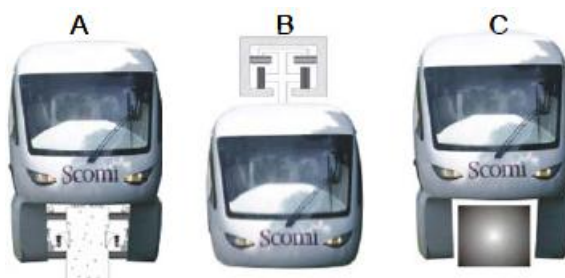


Figura 3: “Exemplo de alguns tipos de monotrilho. **A** - do tipo Stadle Beam (viga em concreto pré moldado), **B** – Suspensão Invertido e **C** – Levitação Magnética”. **Fonte:** Scomi Rail Co apud OLIVEIRA: 2009 p 6.

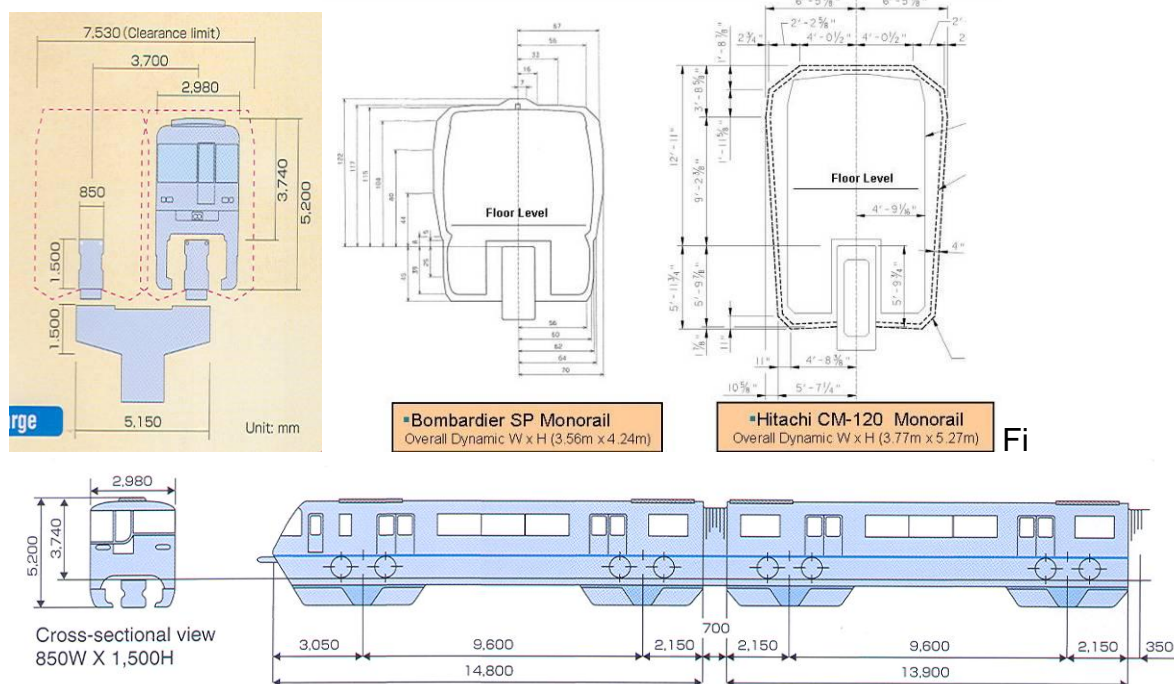


Figura 4: Esboço dos vagões produzidos pela Bombardier e pela Hitachi. **Fonte:** São Paulo: 2010.

2- Vantagens e Desvantagens do Monotrilho

Além das características técnicas listadas anteriormente o monotrilho oferece a particularidade de um custo menor em relação a outros sistemas de transporte público. Mais barato que o Metrô e com capacidade para até 50.000 passageiros/hora por sentido, não sofre interferência do tráfego de veículos, semáforos e cruzamentos chegando à velocidade de até 90 Km/h, boa relação capacidade/custo/tempo e finalmente, o ruído é baixo pelo uso do motor elétrico e pneus ao invés dos tradicionais trilhos metálicos. (OLIVEIRA: 2009). O sistema já foi testado e aprovado em grandes cidades como Mumbai, Kuala Lumpur e Las Vegas. Com projetos específicos que levem em conta as projeções de demanda é possível utilizar o sistema como protagonista do transporte público em determinada região em consonância com os outros sistemas de transporte através de integração física e tarifária. Abaixo temos um comparativo de capacidade de transporte entre os sistemas de ônibus, bonde, VLT (veículo leve sobre trilhos), monotrilhos e Metrô.

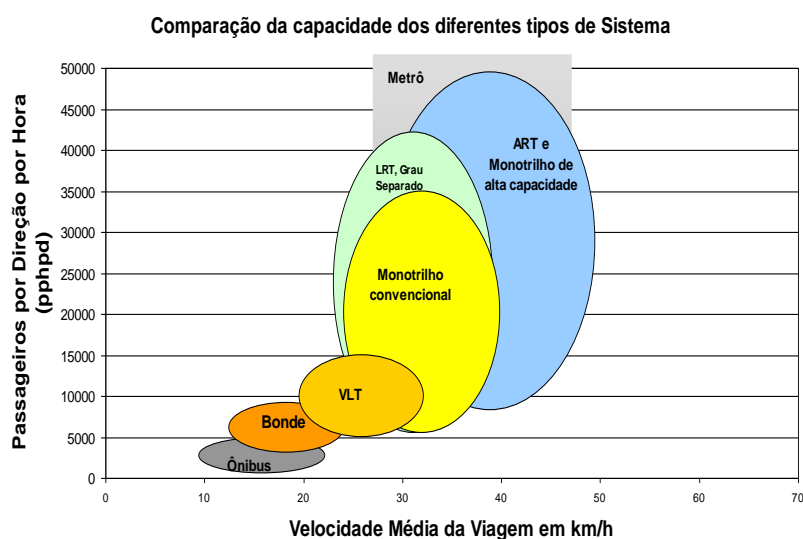


Figura 5: Comparação da capacidade dos diferentes tipos de sistema . Fonte: GARCIA: 2008 p 8.

Como pode ser observado no gráfico acima o monotrilho supera a capacidade de transporte do Ônibus e do VLT chegando muito próximo a capacidade do sistema de Metrô com a vantagem de ter menor custo e sua infraestrutura ser construída mais rapidamente. Abaixo temos a comparação entre os sistemas de Bus Rapid Transit (BRT – Ônibus de Trânsito Rápido), VLT (Veículo Leve Sobre Trilhos), Monotrilho e Metrô (Tabela 2) e os prós e contras dos modelos de monotrilhos fabricados pela Bombardier, Hitachi e Scomi, principais fornecedores do mercado (Tabela 3).

Tabela 2: Comparação entre os sistemas de transporte

CARACTERÍSTICA	BRT (Bus Rapid Transit)	VLT (Veículo Leve Sobre Trilhos)	MONOTRILHO	METRO
Custo médio de implantação (US\$/km)	15-40	20-50	40-70	80-120
Capacidade máxima típica de transporte (mil passageiros /hora)	10-30	10-40	15-50	25-80
Capacidade mínima típica de transporte (mil passageiros /hora)	2.000	2.000	3.000	10.000
Velocidade média (km/h)	25 a 60	25 a 40	40 a 60	40 a 90
Ruído (db)	70 a 90 (elevado)	60 a 80	60 a 80	75 a 100
Conforto	Menor conforto (sofre com interferências de freadas e semáforos)	Conforto médio (sofre com interferências de semáforos e trânsito)	Maior conforto (para somente em estações, menor tempo de trajeto, passageiros podem apreciar a paisagem)	Maior conforto (para somente em estações, menor tempo de trajeto)
Interferência no trânsito	Alta	Alta	Mínima (se elevado)	Mínimo (se subterrâneo)
Custo previsto em desapropriação	Elevado	Elevado	Baixo	Médio
Interferência durante a construção	Elevada	Elevada	Média	Baixa
Capacidade de atrair usuários do transporte individual	Baixa	Média	Alta	Alta

Fonte: Oliveira: 2009 p 11.

Tabela 3: Prós e Contras dos Principais Fornecedores de Monotrilhos

EMPRESAS	PRÓS	CONTRAS
Bombardier	<ul style="list-style-type: none"> - Grande experiência na área de transportes. - Possui sistema de monotrilho mais utilizado no mundo (Walt Disney World Monorail – aproximadamente 200.000/dia. - Design dos carros mais modernos. - Deve ser o vencedor da maioria das concorrências públicas nos EUA. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pouca experiência no transporte público urbano de massa (única experiência em Las Vegas).
Hitachi	<ul style="list-style-type: none"> - Maior experiência com o sistema monotrilho entre os fabricantes. - Possui a maioria dos sistemas instalados na Ásia para transporte de passageiros (Tóquio, Shonan, Chiba, Osaka entre outros). - Possui o sistema mais flexível do ponto de vista da capacidade, iniciando em 30.000 passageiros/dia (small type) até 300.000 passageiros/dia (large type). - Seu monotrilhos operam no Japão desde 1957 sem acidentes fatais. - Provável vencedor da concorrência em São Paulo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema construtivo mais robusto e com vigas de maior impacto sobre a paisagem da cidade.
Scomi	<ul style="list-style-type: none"> - Boa experiência na área de transporte. - Competidor entrante na área e com preços competitivos. - Venceu a concorrência para fornecer o monotrilho de Mumbai/Índia o maior projeto de monotrilho para transporte público 	<ul style="list-style-type: none"> - Menor experiência no sistema de monotrilho frente os dois fornecedores anteriores, possuindo apenas uma linha operando na Malasia (Kuala Lumpur)

Fonte: Adaptado de OLIVEIRA: 2009 p 20.

3 – Projetos em Andamento

Muitas cidades têm feito a opção por projetos de transporte público de passageiros baseados na construção de linhas para uso do sistema de monotrilho. O município de São Paulo já assinou contratos para construção do sistema de forma integrada ao Metrô, trem e ônibus com o objetivo de conseguir satisfazer a necessidade de mobilidade gerada até e durante 2014 tendo em vista a Copa do Mundo.

Um total de seis projetos com 110 quilômetros de extensão em seu conjunto e investimento aproximado em torno de R\$ 7,7 bilhões e R\$ 10,4 bilhões. A intenção é integrar os sistemas de transporte na cidade prolongando a Linha 2 - Verde do Metrô, entre a Vila Prudente e a Cidade Tiradentes. As outras linhas são a de ligação entre o Jardim Ângela e a Vila Olímpia (M'Boi Mirim) e a da Linha 17-Ouro, que ligará numa primeira etapa o Aeroporto de Congonhas e a Estação São Judas do Metrô e depois tem previsão de ir até a Avenida Roberto Marinho. Há ainda a Linha 16-Prata (Vila Nova Cachoeirinha-Lapa), a ligação entre a Vila Sônia e a zona sul, além do Celso Garcia, que já foi lançado como corredor e deve virar monotrilho, entre o Parque d. Pedro II e o Itaim Paulista. (GARCIA: 2008).

Apesar das vantagens oferecidas pelo sistema de monotrilho em relação aos outros já utilizados, nas Regiões do Morumbi e M'Boi Mirim há especialistas e moradores contrários aos projetos, inclusive organizando abaixo-assinados. Alegam que a infra-estrutura causaria degradação urbana semelhante aquela que o Elevado Costa e Silva (Minhocão) causou ao Centro da Cidade de São Paulo, rebaixando os valores dos imóveis. Há ainda o questionamento da eficiência desse tipo de transporte em relação ao Metrô como medida eficaz para solucionar os problemas advindos da necessidade de mobilidade urbana em longo prazo.

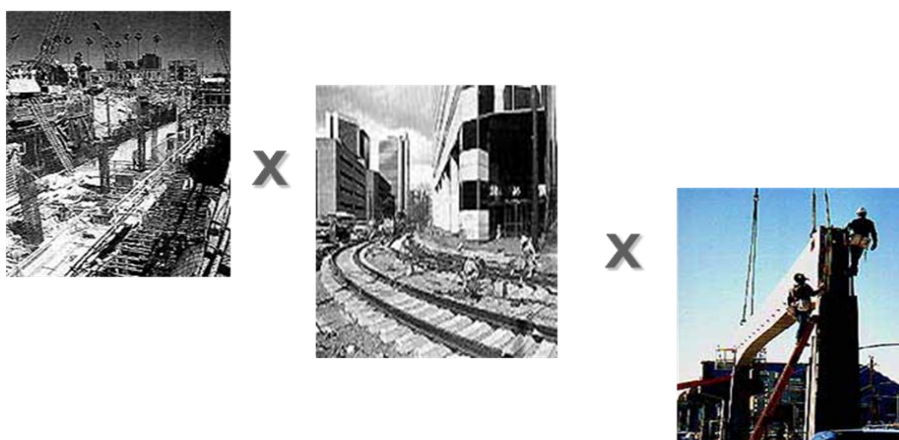


Figura 6: Impactos na paisagem urbana - da esquerda para direita - durante a construção de linha de Metrô, VLT e Monotrilho. **Fonte:** São Paulo: 2010.

Paralelamente a isso as Companhias Bombardier, Hitachi e Scomi buscam parceiros entre as maiores empreiteiras do Brasil. A Hitachi já consagrou sua parceria com a Camargo Corrêa e a Odebrecht em vista da Concorrência para Construção do sistema na cidade de São Paulo. Esta aproximação é muito importante, pois a parte da construção civil corresponde a 60% do custo total da obra sendo importados apenas os itens que dizem respeito à tecnologia propriamente dita.

Há outros projetos a serem conduzidos e estudos de viabilidade a realizar para construção de mon trilhos em Manaus, Santos, Natal, Fortaleza, Salvador, Belo Horizonte, Rio de Janeiro, Porto Alegre, Florianópolis, Curitiba e Cuiabá. Cada um deles com especificidades diferentes dando a possibilidade às empresas fornecedoras se candidatem a um ou outro projeto de acordo com sua especialidade tecnológica e experiências anteriores. (OLIVEIRA: 2009).

Conclusão

Apresentamos o sistema de mon trilho, suas características técnicas, vantagens e desvantagens para implantação em relação aos outros sistemas de transporte e comparativamente entre as empresas fornecedoras da tecnologia, finalmente fizemos um esboço dos principais projetos em andamento focando atenção naqueles localizados no município de São Paulo.

Conhecimento preciso das necessidades de transporte público urbano em quantidade de passageiros e disponibilidade de recursos financeiros são variáveis importantes para escolher este tipo de sistema. A relação custo-benefício, rapidez para construção e equivalência ao sistema de Metrô em alguns parâmetros aparecem como elementos que depõem a favor desse tipo de transporte.

Referências

GARCIA, Francisco. Os desafios da mobilidade nas cidades brasileiras: tecnologias de ponta para novos projetos ferroviários. Apresentação para 15ª Reunião intermediária dos Comitês Técnicos da ALAMYS. São Paulo: Junho/2008.

OLIVEIRA, Uarlem José de Faria Proposta de Implantação de Sistema de Transporte de Passageiros do Tipo Mon trilho na Região Metropolitana de Vitória. Espírito Santo: IFES - Instituto Federal do Espírito Santo, 2009.

SÃO PAULO. Mon trilho Jardim Ângela – Santo Amaro: um novo sistema de média capacidade em São Paulo. São Paulo: SPTRANS, 2010. 238p.

VASCONCELLOS, Eduardo. O que é trânsito. Editora: Brasiliense, 1992.

VASCONCELOS, Eduardo. Transporte urbano, espaço e equidade: análise das políticas públicas. São Paulo: Annablume, 2002.