

Qual é o custo dos metrô?

Eng. Peter Alouche
Consultor

Setembro - 2015

21ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

AEAMESP



COMPLEXIDADE DE UM PROJETO DE UMA LINHA DE METRÔ



PROJETO COM MULTIPLICIDADE DE ATORES E AGENTES ENVOLVIDOS

- A cidade
- A população diretamente afetada
- O poder público e agentes de financiamento
- Fabricantes e Construtores
- Eventual concessionário
- Agentes da regulamentação
- Outros Modos de Transporte



PROJETO AMPLO POR SUA DIMENSÃO E VIDA ÚTIL

Vida útil dos ativos

- **Ativos com vida longa (>100 anos)**
 - Túneis, Viadutos, Estações, Oficinas, Depósitos
- **Ativos com vida média**
 - Trens, Trilhos, Subestações(<50 anos)
 - Sistema de sinalização e centro de controle (<30 anos)
- **Ativos com vida curta (<10 anos)**
 - Computadores, Bilhetagem

Espraiado por largas extensões urbanas

Reestrutura a cidade



PROJETO MÚLTIPLO NA SUA DEFINIÇÃO

- Oferta em função da demanda
- Traçado
- Estudos urbanísticos
- Estudos geológicos e topográficos
- Setor imobiliário
- Meio ambiente
- Localização das estações e seu tamanho
- Terminais de integração



PROJETO COMPLEXO NO SEU FINANCIAMENTO

Altos Custos de construção - Quem paga ?

- O Poder Público ? Central ? A Cidade ? O Usuário ?

Custo do material rodante e equipamentos fixos

Custos Operacionais

Riscos envolvidos (financeiros e técnicos)

Tarifa dificilmente cobre os custos operacionais



MODELO DE FINANCIAMENTO DIFÍCIL DE ESTRUTURAR

- Altos Custos
- Dificuldade nos modelos de Parceria Público-Privado
 - Modelo tipo PPP da Linha 4
 - Modelo tipo Concessão da Linha 6
- Exige uma Engenharia financeira
- Como financiar o Metrô com os ganhos nas externalidades



PROJETO SOFISTICADO NA IMPLANTAÇÃO

- Métodos construtivos complexos
- Obstáculos urbanísticos
- Topografia, geologia, lençol d' água
- Necessidade de um Pátio de manutenção
- Remoção de interferências
- Canteiros de Obras
- Interferência no trânsito e pedestres
- Interferência no comércio



PROJETO RÍGIDO NAS SUAS NORMAS E ASPECTOS DE SEGURANÇA

- Regulamentos do transporte
 - Segurança, qualidade e Acessibilidade
- Regulamentos ambientais
- Segurança operacional e pública
- Normas nacionais e internacionais
- Testes
- Treinamento da população



Novas composições são transportadas, sobre os trilhos, para o pátio Jabaquara do metrô. Arquivo - 1997/Divulgação

AVANÇOS TECNOLÓGICOS NOS SISTEMAS E EQUIPAMENTOS

- **Material rodante**
 - Tele-Informação aos usuários e operador
 - Auto-diagnóstico
 - Nova tração AC
 - Nova tecnologia de frenagem
 - Portas elétricas, Rodas resilientes e anel antirruído
- **Centro de Controle e Telecomunicações**
 - Transmissão digital
 - Transmissão de vídeo e VoIP
 - Monitoramento no CCO e salas de controle das estações
 - Uso de Palmtop



AVANÇOS TECNOLÓGICOS NOS SISTEMAS E EQUIPAMENTOS

- Centros de segurança
- Sinalização e controle dos trens – CBTC
- Suprimento de energia com Regeneração de energia
- Linha de contato - Rede aérea – Catenária Rígida
- Estação Inteligente
- Portas de Plataformas
- Bilhetagem com Tecnologia avançada



PROJETO DIFÍCIL NA SUA OPERAÇÃO

- Demanda variável
- Qualidade do Serviço exigida
 - (Disponibilidade, Segurança, Confiabilidade, Conforto)
- Comportamento dos usuários imprevisível
- Interferências operacionais
- Gestão de incidentes
- Gestão de catástrofe



PROJETO MINUCIOSO NA SUA MANUTENÇÃO

- Ativos espalhados
- Equipamentos com vida útil muito diversa
- Evolução constante dos componentes
- Manutenção preventiva e corretiva
- Incidentes de origem externa (Emergências, greves e Interrupções)



PROPRIEDADES LIGADAS À GARANTIA OPERACIONAL - RAMSI

- (R) Reliability – Confiabilidade : Corresponde à continuidade do serviço
- (A) Availability – Disponibilidade : Aptidão do sistema a estar apto a fornecer o serviço para o qual foi concebido
- (M) Maintainability – Manutibilidade : Aptidão do sistema a ser mantido em condição operacional
- (S) Safety – Segurança : garantia contra acidentes operacionais
- (I) Immunity – Imunidade : Resistência do sistema às agressões externas



NOVAS TECNOLOGIAS DE METRÔS – NOVOS MODOS

- Metrô com Motor Linear
- Monotrilhos



METRÔ

CUSTOS DE CONSTRUÇÃO

Dependem

- **dos métodos construtivos**
- **das obras de arte**
- **do tamanho das estações**

Englobam:

- **Desapropriações e Reurbanização**
- **Via, túneis, elevados, obras de arte**
- **Superestrutura com os trilhos e os AMVs**
- **Remanejamento das interferências, drenagem**
- **Estações, Terminais, Pátio , CCO**
- **Edificações para equipamentos operacionais**



CUSTO DO MATERIAL RODANTE E DOS SISTEMAS - CUSTOS OPERACIONAIS

Material Rodante

Equipamentos fixos

- Energia, Subestações, catenária ou terceiro trilho
- Sistema de sinalização, CCO e Telecomunicações
- Sistemas auxiliares
- **Custos Operacionais**
 - *Operação, Manutenção e Renovação*
- **Fatores Predominantes nos Custos Operacionais**
 - **Pessoal e Energia**



DISTRIBUIÇÃO DOS CUSTOS DE UMA LINHA DE METRÔ

(Henry/Kühn, 1996)

- **Construção civil 45 %**
- **Material rodante 30 %**
- **Desapropriação 10 %**
- **Equipamentos e Sistemas 8 %**
- **Reurbanização 4 %**
- **Projeto de Engenharia 3 %**

Não foram considerados os custos administrativos, custos jurídicos e outros



DIFICULDADES NA COMPARAÇÃO ENTRE CUSTOS DE METRÔS

Cada Metrô tem seu Projeto Específico

- **Traçado, profundidade e métodos construtivos**
- **Topografia e geologia do terreno;**
- **Obstáculos, Interferências e desapropriações**
- **Restrições ao meio ambiente e entorno**
- **Número, tamanho das Estações e Pátio**
- **A qualidade de serviço**
- **A tecnologia adotada**
- **Condições econômico- financeiras**



CUSTOS DE METRÔS – PROJETOS NO MUNDO

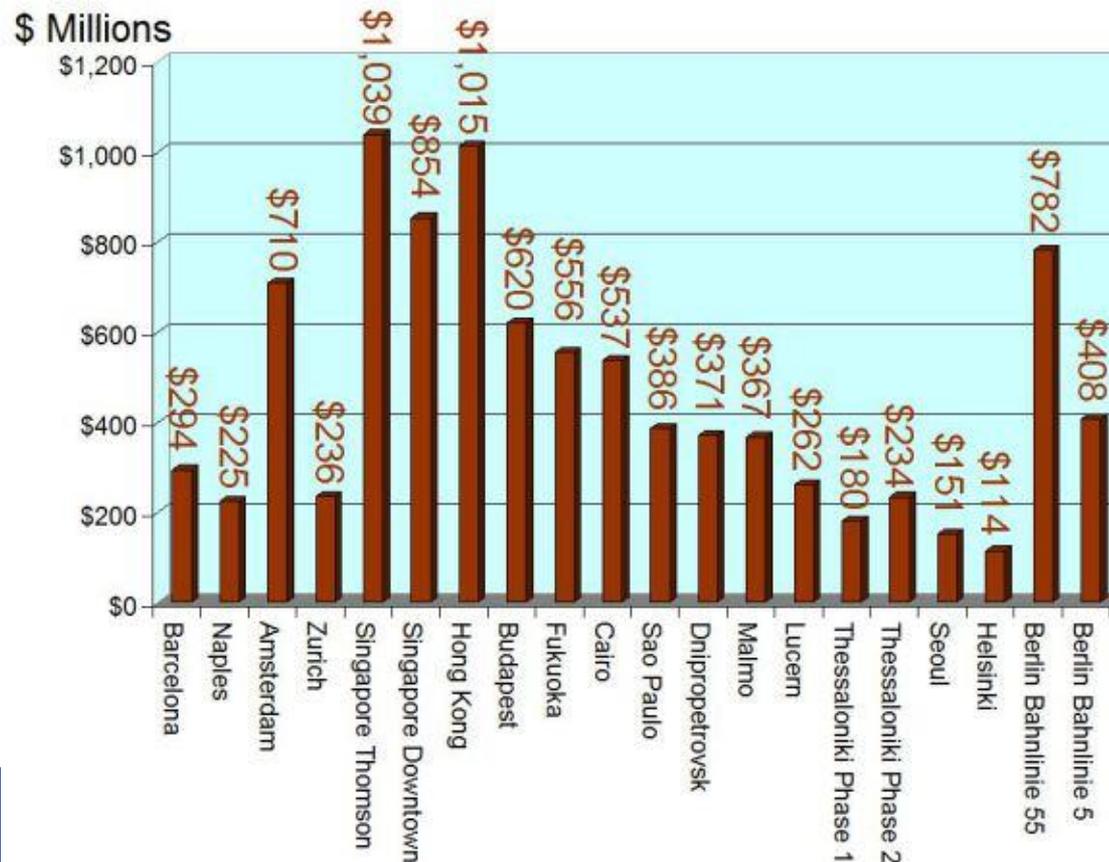
Nos dados apresentados a seguir vamos constatar dados conflitantes

- **dependendo da Fonte**
 - Fontes dos custos citados
 - Para Metrô SP – Contratos e editais do Metrô
 - Para Metrôs internacionais – Sites dos Metrôs, Projetos com Banco Mundial
 - Revistas Técnicas. Informações , site de Alon Levy
- **dependendo do que foi incluído no custo citado**

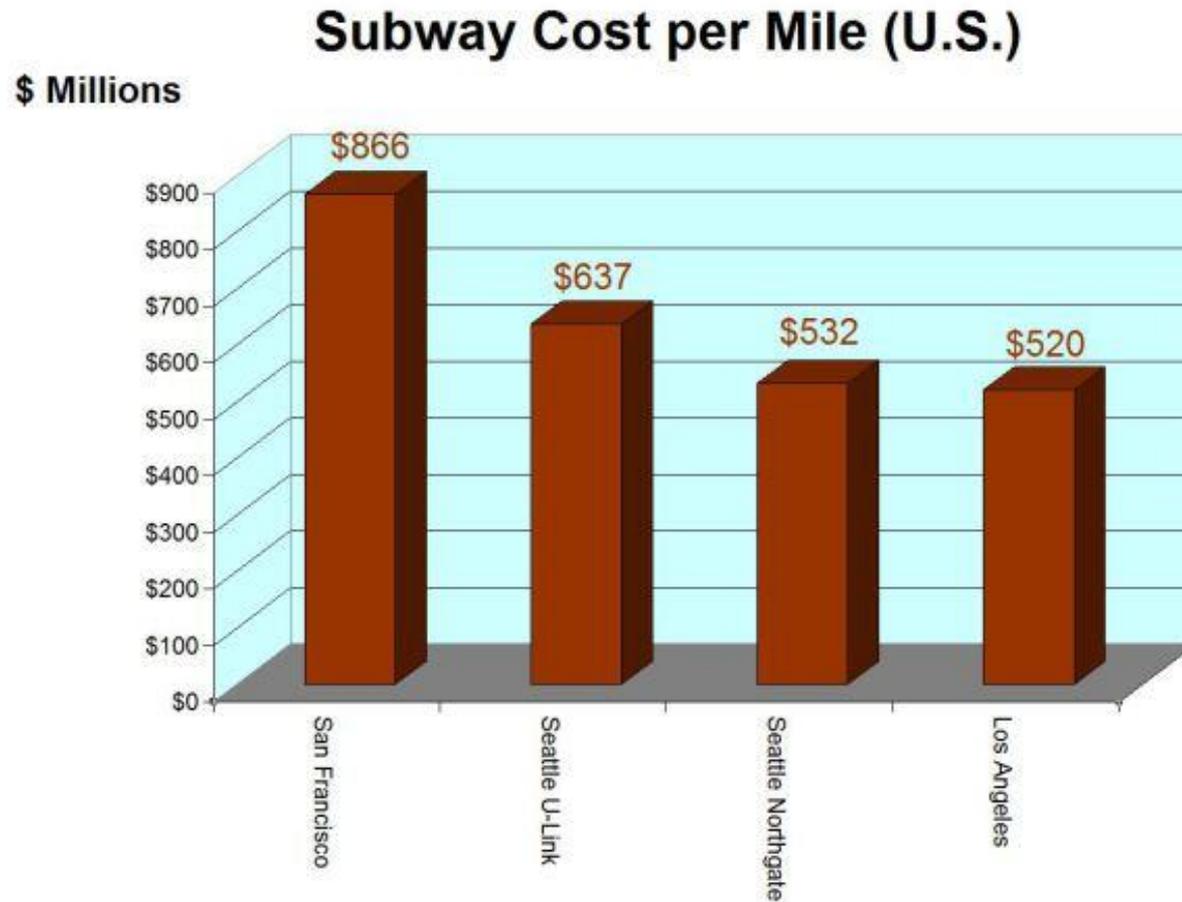


CUSTO DE METRÔS AO REDOR DO MUNDO

Subway Cost per Mile (World Cities)



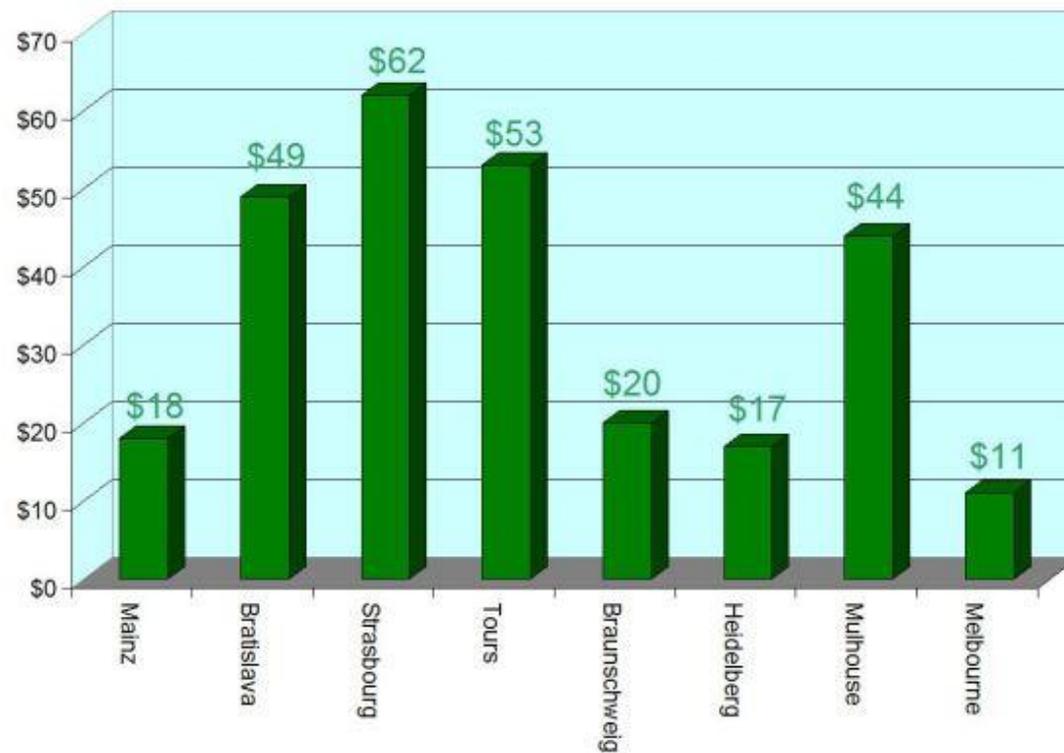
CUSTO DE METRÔS NOS EUA



CUSTO DE VLTs AO REDOR DO MUNDO

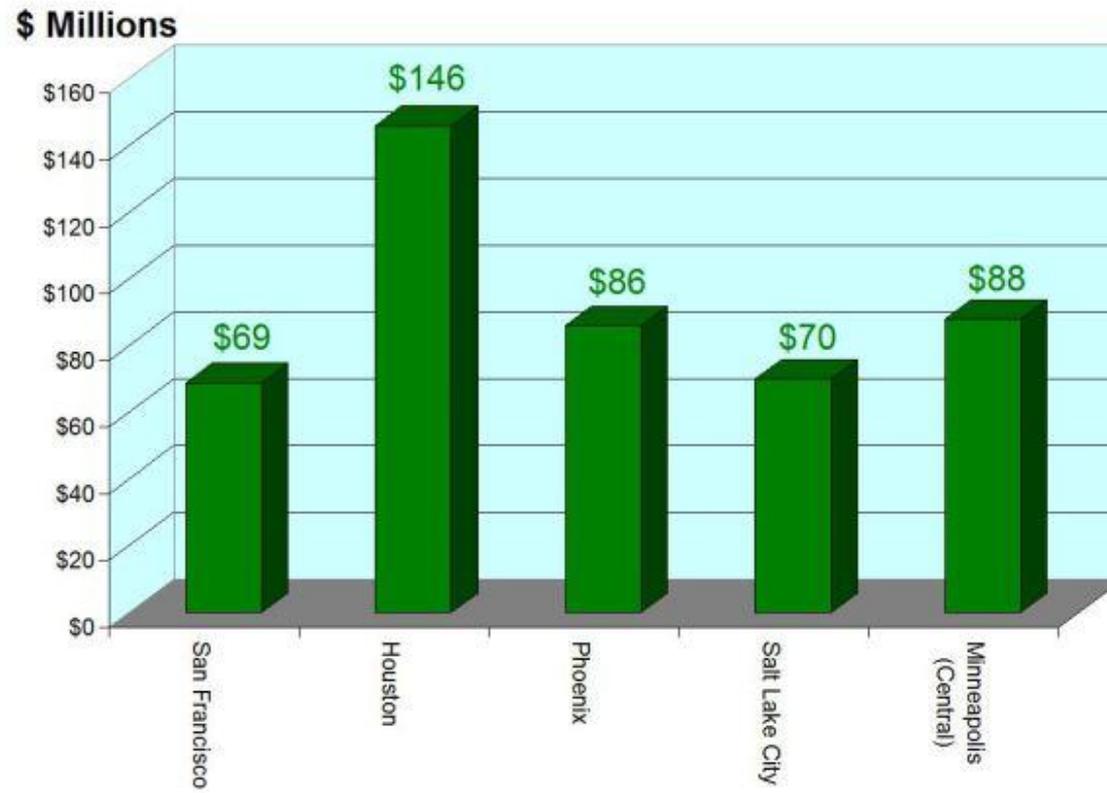
LRT Cost per Mile (World Cities)

\$ Millions



CUSTO DE VLTs NOS EUA

LRT Cost per Mile (U.S.)



CUSTO DE PROJETOS DE METRÔS CONTRATADOS LINHAS DIVERSAS AO REDOR DO MUNDO – Alon Levy , PT Expert

Project	City	Tunnel km	\$Billion/km
East Side Access	New York	2.0	4.00
Second Ave Subway Phase 1	New York	3.0	1.70
7 Extension	New York	1.6	1.30
Crossrail	London	22.0	1.00
Central Subway (LRT)	San Francisco	2.7	0.50
Jubilee Line Extension	London	12.7	0.45
North South Line	Amsterdam	9.5	0.41
Toei Oedo Line	Tokyo	40.7	0.35
Fukutoshin Line	Tokyo	8.9	0.28
U55	Berlin	1.8	0.25
Metro Line 14	Paris	9.0	0.23
Circle MRT Line	Singapore	35.7	0.22
Circle Line	Copenhagen	15.5	0.17
L9/L10	Barcelona	47.8	0.17
Durchmesserlinie	Zurich	9.6	0.14
Metro Line 6	Naples	5.0	0.13
Metro Line 5	Milan	5.6	0.11
AREX	Seoul	37.0	0.11
Sants-La Sagrera	Barcelona	5.8	0.04



CUSTO COMPARATIVO DE CONSTRUÇÃO DE METRÔS

Estudo do Metrô de Toronto - 2012

New York (Second Avenue Subway)	\$ 1.875 billion/km	(US\$ 1,50 bilhões/km)
Toronto (Sheppard Subway Extension)	\$ 370 million/km	(US\$ 300 milhões/km)
Toronto (Spadina-York Extension):	\$ 302 million/km	(US\$ 250 milhões/km)
Berlin (U5 Extension):	\$ 242 million/km	(US\$ 200 milhões/km)
Paris (Line 14):	\$ 234 million/km	(US\$ 200 milhões/km)
Montreal (Laval Metro Extension):	\$ 163 million/km	(US\$ 130 milhões/km)
Vancouver (Canada Line):	\$ 117 million/km	(US\$ 95 milhões/km)
Madrid (Line 2 Extension to Las Rosas):	\$ 89 million/km	(US\$ 70 milhões/km)

\$ = Dolar canadense



CUSTO DE PROJETOS DE METRÔS E VLTs CONTRATADOS LINHAS RECENTES AO REDOR DO MUNDO

Christopher MacKechnie, PT Expert

- San Francisco BART – Extensão San Jose - **\$251 million per mile** (em superfície)
- Washington Metro to Dulles Airport - **\$268 million per mile** – poucas estações
- New York- Second Avenue Subway - **\$2.1 BILLION per mile**
- VLTs Los Angeles´ s Crenshaw Line Norfolk, em superfície, **\$43 million per mile**
- New Milwaukie line in Portland - **\$204 million per mile** .
- Los Angeles´ s Crenshaw Line (trechos subterrâneos - **\$165 million per mile**
- Toronto, the Eglinton LRT line, (50% em superfície) **US\$ 400 million per mile.**
- Canada Line em Vancouver, (70% subterraneo e o resto em elevado)-
C\$ 177 million per mile ou seja **US\$ 140 million per mile**



CUSTO DE PROJETOS CONTRATADOS CIDADE DO MEXICO

Cidade do México – 20 milhões de hab

- 226 km de metrô
- 12 linhas, 195 estações
- cinco milhões de passageiros por dia
- 1,6 bilhões por ano

Linha 12 – linha dourada (2007 – 2012)

- 26,4 km – 49 % subterrânea
- **90 milhões de US\$ / km**
- linha parcialmente interdita



CUSTO DE PROJETOS CONTRATADOS ARÁBIA SAUDITA - RIAD

Projetos “Turn- key “

176 km de Metrô subterrâneo – 6 linhas

17 bilhões de Euros

- 7,1 bilhão – Bechtel
 - 5,9 bilhões – FCC
 - 3,9 bilhões – Ansaldo
- ~ 1 bilhão de Euro por km
- ~ **800 milhões de US\$ por km**



METRÔ DE DUBAI

75 km (12,7 km em subterrâneo)

- Estações : 49 (10 em subterrâneo)
- Custo de construção US\$ 7,6 bilhões
- **US\$ 170 milhões/km**



CAIRO, EGITO

Linha 3 aberta em 2012

(4,3 km totalmente subterrânea)

- **US\$ 310 milhões/km**



CUSTO PROJETOS CONTRATADOS

Diversos Metrô's da Ásia

Fonte: Pedestrian Observations

SINGAPURA

- Thomson MRT Line - 30 km (2019) - **US\$ 600 milhões / km**
- Downtown MRT Line - 42 - **US\$ 500 milhões / km (2008)**

HONG KONG

Nova linha Sha Tin a Central Link 1km subterrânea (não submarina)

US\$ 600 milhões/ km

SEUL – A expansão do Metrô

- Lines 1-9 - 331 km – 311 estações
- Linha Korail - 124,6 km – 75 estações
- Linha Shinbundang Line - 17,3 km – 6 estações (subterrânea)

87 milhões de US\$ / km



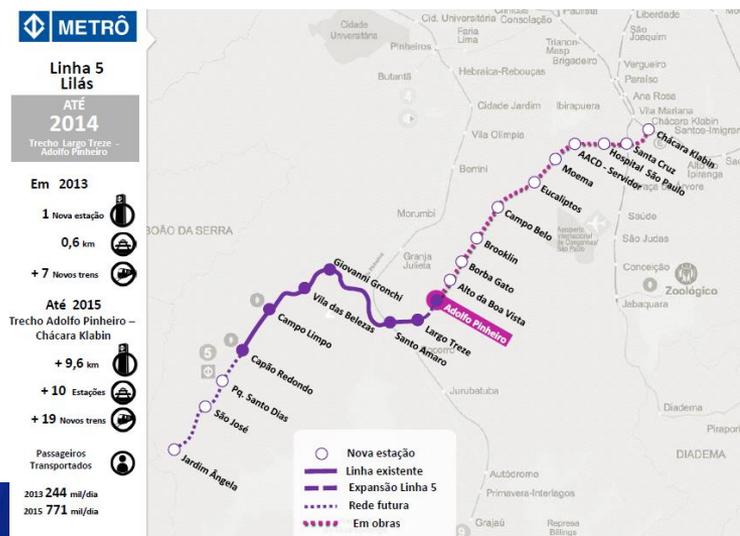
CUSTO DE PROJETOS CONTRATADOS METRÔ DE SÃO PAULO

Linha 4 – 12,8 km

- 5,6 bilhões de reais
- **223 milhões de US\$ por km**

Linha 5 – Lilás – 11,5 km

- 10 estações – toda subterrânea
- Adolfo- Pinheiros – Chacara Klabin 8,9 bilhões Reais
- **310 milhões de US\$ por km**



CUSTO DE PROJETOS CONTRATADOS METRÔ DE SÃO PAULO

Linha 15 – Prata - Monotrilho

- V. Prudente – Cidade Tiradentes
- 24,5 km (em elevado)
- 17 estações
- 7,2 bilhões de reais
- **117 milhões de US\$ por km**

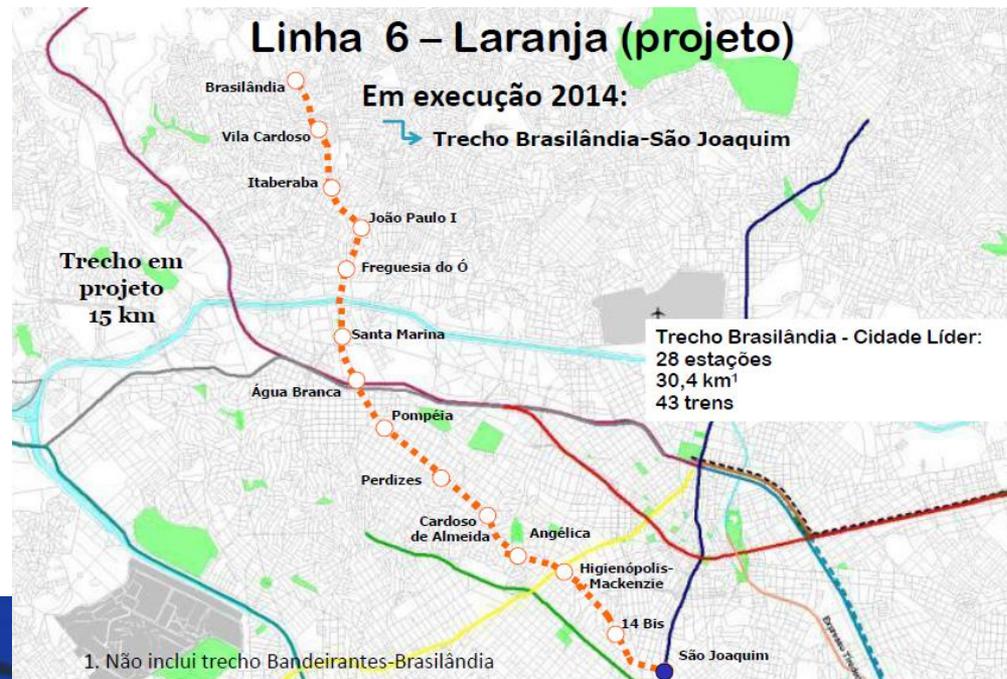
Linha 17 – Ouro - Monotrilho

- Jabaquara/Congonhas – Estádio Morumbi
- 17,9 km - 18 estações
- A obra completa, R\$ 5,1 bilhões
- **115.000 US\$ por km**



CUSTO DE PROJETOS CONTRATADOS METRÔ DE SÃO PAULO

- 15 estações -15,3 km - Toda subterrânea - PPP integral
- 9,6 bilhões de Reais (1US\$ =2,5 Reais)
- **250 milhões de US\$ / km**



CUSTO DE PROJETOS CONTRATADOS METRÔ DE SÃO PAULO

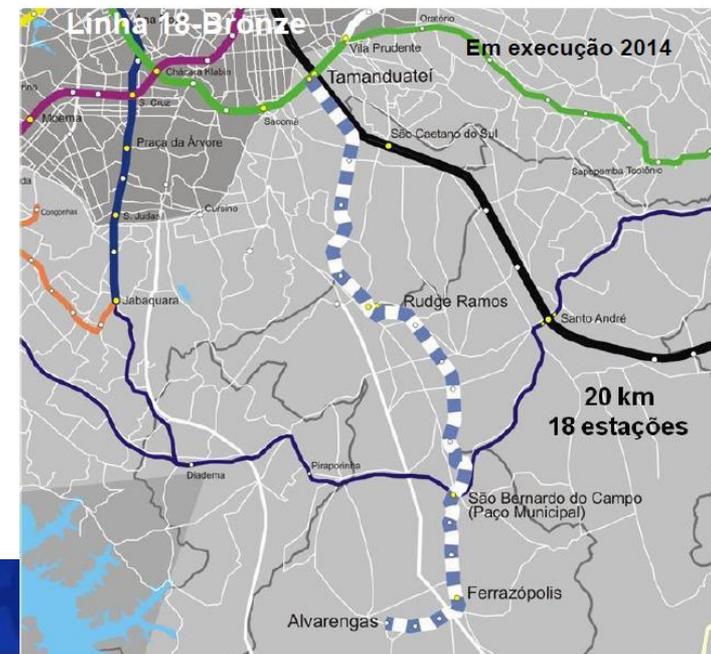
Linha 2 Vila – Prudente- Dutra

- **R\$ 6,7 bilhões.**
- (Só obras Civis)
- **13 novas estações**



Linha 18 – Bronze - Monotrilho

- **15,7 km (em elevado) - 13 estações**
- **4,2 bilhões de Reais**
- **110 milhões de US\$ / km**



CUSTO APROXIMADO MÉDIO DOS DIFERENTES MODOS

MODO	DEMANDA (mil p/h/sent)	TECNOLOGIA	CUSTO (milhões) US\$ / km
Ônibus	10 a 20	Corredores não exclusivos	< 5
BRT	15 a 30	Corredores exclusivos - Ônibus amplos - Priorização de tráfego, Paradas fechadas –Bilhetagem externa	15 a 20
VLT	15 a 35	Geralmente em superfície.- Corredor parcialmente reservado . Nas cidades, com Tração elétrica	20 a 60
METRÔ LEVE	25 a 45	Segregação total das vias, Corredor exclusivo - Veículos com gabarito reduzido . Em Superfície, Elevado ou Subterrâneo	40 a 80
MONOTRILHO	15 A 35	Geralmente em elevado. Rodas de Borracha. Tecnologia ainda não dominada no Brasil	80 a 100
METRÔ	60 a 80	Atende regiões mais centrais - Entre estações 800 a 1200 m, Em geral subterrâneo mas há trechos em elevado ou superfície , Velocidade máx 80 a 100 km/h, Headway de 90 a 120 s no pico	200 a 300

(Tabela preparada por Peter Alouche – Consultor de transportes)



CONCLUSÕES

Custos

- Os recursos para a implantação e operação de um metrô são importantes
- A otimização dos custos de implantação e operação é imperativo
- Soluções inovadoras e corajosas são sempre necessárias
- A moderna tecnologia e a automação permitem reduzir os custos

Como Parâmetros Indicativos

- Custo de uma linha subterrânea, com MR: Média – **200 a 300 milhões US\$/km**
- Custo de uma linha mista, com MR: Média – **150 a 250 milhões de US\$/km**
- Custo de uma linha em superfície, com MR: Média – **100 a 150 milhões de US\$/km**
- Custo de uma linha de Metrô Leve, com MR: Média **60% de um Metrô pesado**
- Custo de um carro de um trem de Metrô: Média - **2 milhões de US\$**
- Custo de uma Estação subterrânea: Média – **30 a 50 milhões de US\$**



CONCLUSÕES

Comparar custos de metrôs exige

- Análise minuciosa e detalhada de cada projeto
- Condições regionais específicas e políticas
- Condições de financiamento

Uma análise dos custos depende de:

- A oferta e a qualidade de serviço
- Traçado e Profundidade, métodos construtivos, desapropriações
- Número, características e tamanho das estações
- Dificuldades enfrentadas na construção, barreiras naturais e geologia
- Tipo de tecnologia e equipamentos escolhidos
- Economia do País onde está inserido o projeto

Sem um estudo detalhado de cada linha, comparar custos de metrôs é pura especulação



Qual é o custo dos metrô?

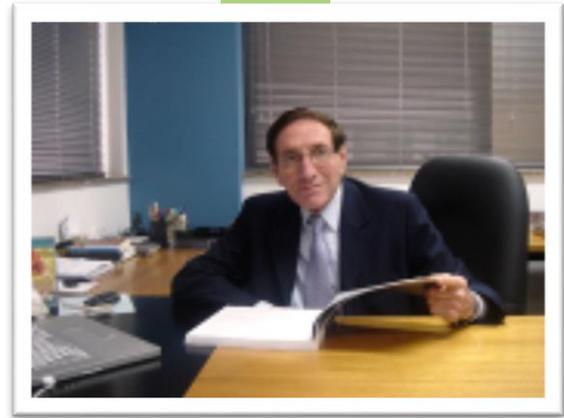
Eng. Peter Alouche
peter.alouche@uol.com.br

Obrigado



Peter Alouche

peter.alouche@uol.com.br



Engenheiro Eletricista pela Universidade Mackenzie

Pós graduação de mestrado na Politécnica da USP – SP

Diversos cursos de especialização em transporte em universidades do Brasil

Diversos cursos de especialização na Suíça, França e Japão

Formado também em Literatura pela Université de Nancy

Desde 1972, por 35 anos na Companhia do Metrô, com diversas responsabilidades na Empresa, todas ligadas à tecnologia

Foi responsável pelo Sistema elétrico e pelos testes dos equipamentos e sistemas da Linha 1- Azul

Foi Presidente do Conselho de Tecnologia do Metrô de São Paulo e da CPTM

Foi por 35 anos representante da Companhia na UITP e também no Grupo CoMET (Benchmarking de Metrôs)

Foi também professor de Engenharia em duas Universidades de Engenharia de São Paulo (Mackenzie e FAAP)

Em 2006, deixou o Metrô para ser Consultor de transporte na área de Tecnologia.

Deu consultoria para diversas empresas, como SPTrans (sistema de ônibus e Corredores de São Paulo) e ultimamente para o Banco Mundial, CEPAL, diversas empresas de Consultoria (Trends, Headwayx, ...)

Deu curso de MBA de Tecnologia de Transporte na USP

Membeo do Conselho da Revista de Transportes da ANTP

Único membro pessoal da UITP (Union Internationale des Transports Publics)

Tem inúmeros artigos técnicos publicados em revistas do Brasil e do exterior

