



## **METRÔS : OTIMIZAÇÃO DOS INVESTIMENTOS E REDUÇÃO DOS CUSTOS OPERACIONAIS**

**Autor : Peter L. Alouche**  
**Assessor Técnico da Diretoria – Metrô São Paulo**  
E-mail : [palouche@metrosp.com.br](mailto:palouche@metrosp.com.br)

### **I - Introdução**

A otimização dos custos, tanto para a implantação quanto para a operação e manutenção dos sistemas metroviários, tornou-se um imperativo premente, face à escassez crescente dos recursos públicos necessários para o setor e à dificuldade cada vez maior de obtê-los. As linhas de metrô são empreendimentos caros, tanto para implantar quanto para operar, mas pela sua importância para as grandes metrópoles e pelos enormes benefícios sociais que trazem para a vida urbana e para a sociedade em geral, são soluções de transporte mais econômicas em corredores de grandes demandas, principalmente quando avaliados no seu ciclo de vida útil.

Aliás, quando se comparam os custos de um metrô com os do ônibus urbano, dentro de uma análise global para uma qualidade de serviço similar, o custo operacional por passageiro transportado é mais barato em metrô. De fato, apesar de - à primeira vista - o investimento em ônibus aparentar ser muito menor, pode-se demonstrar que, se computados o investimento público no sistema viário e a vida útil do empreendimento (10 vezes mais longa no Metrô), os custos totais médios, levando em conta os investimentos, os custos operacionais e de renovação são muito parecidos, ligeiramente favoráveis aos metrô.

Mas apesar de suas vantagens, os sistemas sobre trilhos têm tido grandes dificuldades em conseguir os recursos financeiros necessários para sua implantação e operação, face ao montante desses recursos. Os metrô, considerada a sua alta capacidade de transporte, são infra-estruturas pesadas e complexas que requerem recursos importantes para sua implantação e custeios.

A maioria dos metrô existentes foi financiada diretamente pelo poder público. Embora haja atualmente uma tendência para uma parceria com a iniciativa privada, a decisão de se construir um sistema metroviário obedecerá sempre a decisões de cunho político e considerando o volume de investimentos necessários, mesmo que se recorra a mecanismos do tipo PPP, recursos públicos são necessários, mas serão, cada vez mais, de difícil obtenção, em virtude de sua crescente escassez.

Para otimizar e reduzir os custos dos sistemas metroviários, a tecnologia é uma ferramenta poderosa que atua, desde o planejamento e construção de uma linha até a sua operação e manutenção. De fato, a engenharia e a tecnologia têm, nesses últimos tempos, aperfeiçoado métodos e processos, além de sistemas e equipamentos, permitindo a otimização dos investimentos, a redução dos custos operacionais dos metrô e a melhoria substancial da qualidade de serviço.

### **II- Custo de um Metrô**

O custo de um metrô compreende, ao longo de sua vida útil, muitos elementos, tais como:

- custo de implantação e construção, que inclui:
  - Projeto, desapropriações e reurbanização



- Obras (via, túneis, estações, terminais, acabamento)
- Material rodante
- Sistemas e Equipamentos fixos
- Custo de financiamento
- custo operacional (operação e manutenção)
- custo de renovação ao longo da vida útil

A Distribuição relativa dos custos de uma linha de Metrô (Henry/Kühn, 1996) é, em média, a seguinte:

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

É preciso lembrar que oportunidades de redução de custo existem em todas as fases do projeto. Uma análise exata dos custos de construção dos metrôs, para efeito de comparação, é tarefa das mais difíceis, porque depende de uma série de fatores entre os quais se incluem: a oferta e a qualidade de serviço a serem garantidas pelo sistema e que são base do empreendimento, as desapropriações decorrentes do traçado da linha, os métodos construtivos adotados, as dificuldades enfrentadas na construção, as barreiras naturais e a geologia do terreno, a profundidade da linha, o número, características e tamanho das estações, o tipo de tecnologia e equipamentos escolhidos, a infra-estrutura do país onde está inserido o projeto, os custos reais de construção e dos equipamentos incluindo os impostos, o modelo de financiamento adotado, o câmbio na época da aquisição, etc. A avaliação de um custo de metrô só pode porém ser feita de modo preciso, através do custo analisado em termos de *Life Cycle Cost* do empreendimento. Um benchmarking entre metrôs, para avaliar a situação do custo relativo em relação às melhores práticas de redução de custos na construção, nas infra-estruturas, nos sistemas e na operação e manutenção, só pode ser válido dentro de uma avaliação baseada no ciclo de vida do empreendimento.

Os metrôs pesados têm um custo de implantação que varia de US\$ 70 milhões a US\$ 200 milhões por km de linha, incluindo construção, equipamentos e sistemas. Os metrôs leves, do tipo VLT, têm um custo de implantação por km que varia de US\$ 10 milhões a US\$ 50 milhões, na dependência do nível de segregação e da oferta a ser garantida inferior à dos metrôs propriamente ditos. Só a título de referência e para se estimar o custo atual de uma linha de metrô em nível internacional, pode-se citar o projeto do Metrô de Kaosiung, segunda cidade de Taiwan, descrito no IRJ World Railway Investment (1999), que prevê uma rede de 42,7 km, com a inclusão de 37 estações, um pátio de manutenção grande e dois pequenos, parte em subterrâneo e parte em elevado. Foi orçado em US\$ 6 bilhões, onde se incluem a aquisição dos terrenos, obras civis, material rodante e sistemas. Isto equivale a um custo médio de 140 milhões de dólares por km.

Num Relatório do Banco Mundial sobre implantação de metrôs, elaborado pela BB&J Consult, em maio de 2000, com a participação da Direção Geral da Comunidade Autônoma de Madri (CAM), foi feita a comparação de custos da expansão do Metrô de Madri com três outros metrôs latino-americanos - Santiago do Chile, México e Caracas. Além de outros dados sobre o custo desses metrôs e suas particularidades, o relatório aponta custos muito baixos. Isto é devido às condições locais, ao tipo de financiamento, a tecnologias específicas e ao valor do dólar na época de avaliação do projeto. Não há também muita clareza sobre o que estes custos efetivamente incluem.

Assim, na Cidade do México, a linha B, a última a ser construída, com 23,7 km, 21 estações, 6 subterrâneas, 4 em elevado e 11 em superfície, projetada para 600.000 usuários diários, teria custado US\$ 970 milhão, ou seja, US\$ 40 milhões por km. Em Caracas, o trecho La Rinconada-



Panteón da Linha 3, a última a ser construída, toda em subterrâneo, com uma extensão total de 4,38 km e um total de 5 estações, teria custado US\$ 372 milhões, ou seja US\$ 85 milhões por km. Em Santiago do Chile, a linha 5, com 13,2 km, 3,2 km em túnel, 6 em elevado e 1,1 em superfície, com 15 estações, projetada para 30.000 passageiros por hora e por direção, teria custado US\$ 424 milhões, ou seja US\$ 32 milhões por km. É preciso notar que, ao lado do Metrô de São Paulo, o Metrô de Santiago do Chile é um dos poucos metrôs do mundo que apresenta equilíbrio no seu balanço anual, com 100% de cobertura de suas despesas operacionais com a tarifa e as receitas comerciais. A expansão do Metrô de Madri, com 56 km e 38 estações, teria custado US\$ 31 milhões por km, se considerada tão somente a parte em subterrâneo e a não inclusão do material rodante. Em grande parte, as diferenças entre custos provêm não só das diferenças físicas entre as linhas e equipamentos, mas também da falta de precisão no conteúdo dos custos declarados pelas empresas.

Os custos estimados para a implantação do Metrô de São Paulo incluem obras complementares ao sistema, como a construção de terminais de integração, canalização de córregos, implementação de vias públicas, etc. A Linha 1 - Azul (sem a extensão Norte), teve um custo estimado em US\$ 3.000 milhões, ou seja 150 milhões de dólares por km. A linha 2 - Verde, teve um custo estimado em US\$ 1.400 milhões, ou seja US\$ 190 milhões por km. A Linha 3 - Vermelha teve um custo estimado em US\$ 3.500 milhões, ou seja US\$ 160 milhões por km. É bom lembrar que essas linhas incluíram importantes obras lindeiras, como canalização de córregos, construção de sistemas viários e avenidas, etc. Foram por outro lado construídas em diferentes épocas, com custos financeiros variados, diferentes valores monetários do dólar (sem considerar a sua desvalorização no período) e diferentes valores de câmbio no Brasil.

A Linha 5 – Lilás, de Capão Redondo ao Largo treze, com 8,4 km de extensão e 6 estações, teve um custo de US\$ 486,6 milhões, ou seja US\$ 60 milhões. É preciso considerar que grande parte do trecho é em elevado e nem todos os trens e sistemas previstos para a operação da linha foram adquiridos.

A Linha 4 - Amarela com 12,8 quilômetros de extensão, ligando o bairro da Luz ao bairro de Vila Sônia (zona Oeste), tem um custo total estimado em US\$ 1.262 milhões, ou seja US\$ 110 milhões por km, incluindo os custos de construção e desapropriações, material rodante e equipamentos. A nova linha deverá contar com a participação da iniciativa privada, em regime de concessão da operação por 30 anos.

#### **IV - Custos de Implantação e Construção**

Nos custos de implantação e construção de um metrô, um elemento fundamental a considerar é a escolha dos métodos construtivos da linha. Nesta definição são levados em conta diversos fatores como a não deterioração dos espaços públicos, a mínima agressão ao meio ambiente e o mínimo prejuízo à população. A análise leva em consideração as diversas tecnologias construtivas disponíveis, as suas condições ideais de utilização e procura as soluções com menor impacto ambiental, respeitando as leis de uso e ocupação do solo e onde a relação custo x benefício seja a maior possível e a confiabilidade e segurança garantidas. Os três métodos construtivos existentes, superfície, elevado e subterrâneo. Os métodos em superfície e em elevado, ocasionam grande impacto na paisagem urbana, principalmente nas regiões com alto grau de adensamento, e são indicados para regiões de baixa ocupação, vazios urbanos, faixas previamente garantidas através de legislação ou canteiros centrais de avenidas com larguras adequadas. Além disso, é comum nas construções em superfície e em elevado serem necessários enormes investimentos em desapropriação e na reformulação urbanística ao longo e nas imediações da linha.

Os métodos construtivos subterrâneos são os mais apropriados para áreas densamente ocupadas, pois proporcionam soluções de menor impacto na superfície quando levados em conta o valor das



desapropriações, o remanejamento de interferências, interrupções do tráfego e preservação de patrimônios históricos.

No planejamento de uma linha de metrô, construir em subterrâneo é sempre uma alternativa, à primeira vista, de maior custo. A pergunta que se coloca é, porque então construir em subterrâneo? As considerações econômicas têm sido o forte argumento dos que defendem o transporte em superfície ou em elevado. Porém, quando calculadas em base dos benefícios apresentados ao longo de sua vida útil, as construções em subterrâneo podem apresentar vantagens econômicas. Na análise de uma construção de metrô em subterrâneo, é preciso pois levar em conta os custos ao longo da vida útil do empreendimento. Assim, apesar de seu custo de implantação elevado, as obras em subterrâneo podem se apresentar como econômicas, se forem considerados os custos dos remanejamentos de interferência com serviços públicos e de manutenção a longo termo. A economia mais evidente reside na economia fundiária, com a redução das desapropriações e compra de terrenos e propriedades. A vantagem maior está porém na valorização dos terrenos ao redor de uma linha de metrô em subterrâneo.

Entretanto, a obra civil de linhas de metrô, em trechos subterrâneos, responde no empreendimento por cerca de 50% dos investimentos e, assim sendo, é preocupação constante a redução destes custos, através da introdução de novas tecnologias e da otimização dos projetos.

Na construção das estações procura-se, de forma geral, que estas sejam situadas na menor profundidade possível. Nestes casos opta-se por solução de vala a céu aberto, pelo método invertido (*cover-and-cut*), com paredes-diafragma de contenção incorporadas. Esta solução só é desprezada quando a circulação pelo viário público não pode ser interrompida. A menor profundidade das estações também é perseguida para se evitar grande quantidade de escadas rolantes, de custo muito elevado. A arquitetura das estações procura prover aberturas na superfície para permitir iluminação e ventilação naturais. Os materiais utilizados para acabamento e revestimento, buscam durabilidade, segurança, facilidade de manutenção e limpeza, para permitir economia, racionalidade e redução do custo de manutenção.

## **V - Os custos de pessoal**

As empresas de transporte em geral e os operadores de metrôs em particular, confrontados com a necessidade de reduzir seus custos e obter um razoável retorno sobre os investimentos, procuram soluções inovadoras em matéria de gestão. Dois fatores são predominantes nos custos operacionais (operação e manutenção) de um metrô, os custos de pessoal e os custos de energia.

Os custos oriundos do pessoal dependem em grande parte da estrutura organizacional adotada, mas também do nível de serviço que se requer, dos processos empregados e da tecnologia aplicada. Como, em termos de custeio, o item “pessoal” é o mais elevado, as empresas procuram reduzi-lo, com modificações em certas práticas tradicionais, e tentam tirar partido das novas tecnologias.

As mudanças estruturais são normalmente o resultado do equilíbrio entre a dinâmica das empresas e os interesses sindicais. Embora essas duas forças possam estar em conflito temporário, elas não são necessariamente contraditórias a longo termo. Constata-se atualmente uma tendência à terceirização dos serviços pouco especializados, tais como a limpeza e, em alguns metrôs, da venda de bilhetes e de parte da segurança pública. A operadora mantém porém sempre o controle da segurança operacional. Nos serviços de manutenção, a terceirização de alguns serviços parece inevitável. A manutenção de alguns equipamentos é feita pelos próprios fornecedores, o que permite a substituição, ao longo do tempo, de alguns componentes por outros com tecnologia mais atualizada.

Em relação aos recursos humanos, as empresas de transporte e particularmente os Metrôs, têm adotado, nos últimos anos, soluções tecnológicas, que têm reduzido, de modo significativo, o pessoal necessário para as funções rotineiras, com maior ou menor impacto nos quadros



operacionais. Com respeito às profissões ligadas à operação, esta questão tem outros contornos porque, em geral, trata-se de profissões criadas pelas próprias empresas para responder às suas necessidades.

A evolução tecnológica, a mudança das condições de prestação de serviços e ainda o nível mais elevado do universo de recrutamento, oferecem às empresas perspectivas novos recursos que facilitaram o acesso a soluções de mercado, com redução de uso de recursos próprios, aumentando porém, a dependência dos fornecedores.

Dentro desses recursos, pode-se citar:

- Vídeo - supervisão;
- Controle remoto das instalações;
- Captação, concentração e tratamento de informação;
- Automação dos sistemas de venda e de arrecadação
- Compra de serviços no mercado de empresas especializadas – “Out Sourcing”;
- Uso de tecnologias de ponta com soluções do tipo "caixa preta";
- Acordos com os meios externos, como os serviços de polícia, corpo de Bombeiros e serviços sanitários;

A venda de bilhetes é um setor que evoluiu muito. A instalação de distribuidores automáticos e o recurso às redes comerciais existentes e à venda automática (*smartcard*, internet, etc.) permitiram a redução de agentes na estação ou à sua condução a outras tarefas, como a informação à clientela, a supervisão das instalações e dos equipamentos, a sinalização de defeitos, etc..., o que torna possível incrementar o valor agregado do serviço, sem aumento de custeio.

É preciso ressaltar que na renovação e na modernização dos sistemas, as empresas mais antigas, têm, nos últimos anos adotado, cada vez mais, soluções já esquematizadas e, cada vez menos, soluções próprias de adaptação. Os fornecedores, de seu lado, têm procurado alianças e a redefinição dos seus negócios, notadamente nos setores de manutenção. Naturalmente as empresas de “Out – Sourcing” que atuam no sistema, às vezes o fazem com uma lógica industrial e não com uma lógica de prestação de serviços. O controle rigoroso de suas atividades é portanto fundamental.

Quanto ao pessoal operativo, ele é submetido a novas funções que não se limitam ao controle da operação, à assistência aos passageiros ou à venda dos bilhetes de transporte. A polivalência, englobando o controle e o telecomando das instalações, a mobilidade e o controle das atividades externas para a rede são mudanças notáveis.

Graças à tecnologia, as tarefas dos agentes de estação evoluíram para a vídeo -supervisão e o controle à distância. Administram os diferentes equipamentos ligados ao conforto dos usuários como a ventilação, as escadas rolantes, os elevadores, os distribuidores automáticos ou os equipamentos de controle de acessos. Atuam em algumas tarefas operacionais, como a sinalização de controle-comando de trechos da linha através dos centros de comando locais e assumem o papel de posto avançado para o centro de controle central, em casos de emergência.

Como os novos recursos tecnológicos mudaram profundamente os métodos de trabalho, há postos de trabalho que são eliminados, a ponto de permitir a dispensar trabalhadores. Nestes casos, as empresas tentam achar soluções para o pessoal em excesso, com a criação de novas atividades, em serviços complementares fora do *core business* da empresa.

## VI- Os custos de energia

A energia elétrica, para a tração dos trens, é um dos elementos de maior custo operacional de um metrô. Os custos de energia dependem basicamente da tecnologia. Uma escolha adequada do traçado e da profundidade das estações, o sincronismo entre acelerações e frenagens dos trens, a



regeneração durante a frenagem e outros mecanismos são fatores de redução da energia consumida. A evolução da tecnologia dos inversores de potência levou à adoção de subestações retificadoras controladas para o suprimento da energia dos trens, o que permite a otimização do fornecimento de energia, através do controle contínuo da tensão, a recuperação da energia (pela troca entre trens) e favorecer a otimização do desempenho dos trens com a conseqüente redução no consumo de energia. Permitiu também a racionalização da distância entre subestações, com a redução do número de subestações necessárias, o que diminui o custo de construção civil e de manutenção.

A energia elétrica para a iluminação e força nas estações, também é um fator de custo sobre o qual a tecnologia pode atuar. A busca contínua de soluções para garantir um alto desempenho operacional tem levado à adoção da chamada Estação Inteligente. Esta consiste na automatização dos processos operacionais que permitem prover a estação de infra-estrutura capaz de mantê-la flexível e funcional de acordo com a evolução das necessidades operacionais.

Permite também reduzir o consumo de energia e os custos de manutenção, dar maior autonomia aos usuários, aumentar os níveis de segurança e otimizar a utilização dos recursos humanos e materiais. O sistema de controle da Estação Inteligente integra os sistemas auxiliares como bloqueios, escadas rolantes, alimentação elétrica de força, monitoração, detecção de incêndio, multimídia, ventilação, bombas de água, telefonia, radio-comunicação, etc. Auxilia desta maneira a operação e supervisão centralizada da estação e abrange o processo global de gestão para fins operativos e de manutenção.

## VII - Adoção do automatismo integral na operação do metrô

O automatismo integral tira o condutor da condução dos trens. O condutor é então liberado das tarefas tradicionais e pode se dedicar a outras tarefas como as de supervisão do material rodante, pequenos reparos em caso de defeito e assistência permanente aos usuários. Traz benefícios para os usuários com melhorias na qualidade de serviço, tais como:

- Oferta de acordo com a necessidade ( por ex. em eventos especiais, feriados, etc.)
- Menor tempo de espera nos vales, graças à operação com tabelas horárias flexíveis
- Melhoria na atenção e segurança dos usuários, na informação e no transporte
- Melhor interface com outros modos de transporte com a oferta adequada de trens

Traz também benefícios operacionais para a empresa operadora, tais como:

- Gerenciamento operacional mais flexível (ajuste à demanda em tempo real)
- Não necessita de empregados em trabalhos rotineiros
- Aumenta a regularidade do transporte e a segurança operacional
- Maior contato com os usuários pela disponibilidade de empregados qualificados
- Maior frequência dos trens nas horas de pico e de vale

Traz enfim benefícios comerciais para a empresa, tais como:

- Aumento da eficiência sem a necessidade de adicionar empregados operacionais
- Independência da quantidade de empregados em relação à flutuação de demanda
- Redução dos custos operacionais.
- Maior capacidade de transporte com o mesmo número de carros e empregados
- Custo das rotinas de manutenção otimizado devido aos diagnósticos *on-line*
- Maior disponibilidade do serviço pelo controle automático dos trens

A automação integral é ideal para adaptar o fornecimento de serviço de acordo com a demanda de passageiros, onde se altera a frequência de trens de acordo com as necessidades. Em sistemas totalmente automáticos, a ausência de empregados permite à operadora utilizar-se de toda a capacidade do sistema. No horário de pico, torna-se possível colocar o máximo número de trens em serviço com o mínimo intervalo permitido pelo sistema. Possibilita também uma frequência de serviço que seja comercialmente atrativa para os períodos fora de pico. Já o serviço durante a



transição entre os períodos de pico e fora de pico, pode ser planejado ou adaptado em tempo real para satisfazer às necessidades dos usuários, sem ter que considerar o horário de trabalho dos operadores. Além disso a oferta de serviço não é afetada por faltas ou atraso de operadores, nem por eventos não rotineiros, como os feriados prolongados. Serviços especiais podem ser fornecidos sem a necessidade de operadores extras, para cobrir eventos muito especiais, como final de campeonato ou festa de comemoração.

Diversas operadoras em nível internacional já utilizam ou tendem a utilizar o automatismo integral na movimentação dos trens de metrô e prevê-se que nos próximos anos vários outros deverão também adotar este modo operacional, tanto para novas linhas quanto para a modernização de linhas existentes. A razão principal é que quando se considera o conceito de custo operacional (*life cycle cost*), os sistemas totalmente automáticos prometem maior economia de energia, menor custo operacional, além de maior flexibilidade operacional.

## **VII - Estudo de Caso: Otimização de custos na Linha 4 - Amarela do Metrô de SP**

O projeto da linha 4 - Amarela do Metrô de São Paulo é um exemplo claro do esforço do que se pode realizar em todas as fases do projeto, para otimizar os custos de implantação e de operação de um metrô. O planejamento da linha tem aperfeiçoado suas técnicas na escolha do traçado, número de estações e localização dos acessos. O projeto procurou, na escolha dos métodos construtivos e na sua concepção operacional, otimizar e reduzir os custos de implantação e de operação da linha, até para viabilizar o modelo de financiamento previsto para ela, com a concessão dos serviços à iniciativa privada.

Na construção, a engenharia tem desenvolvido tecnologias com novos métodos de escavação de túneis e construção de estações que permitem um substancial barateamento dos custos. A tecnologia tem sido também determinante na redução dos custos em investimentos no material rodante e nos sistemas essenciais para a operação de um metrô, não só nos equipamentos em si, como também na quantidade necessária para garantir a oferta de transporte requerida.

Os novos sistemas de sinalização têm permitido a redução a valores muito pequenos, com absoluta segurança, do intervalo entre composições (menos que 90 seg) sem diminuir a velocidade dos trens, permitindo maior oferta de transporte, com estações menores e portanto de menor custo. Na energia, a adoção de inversores nas subestações retificadoras, têm reduzido o número dessas subestações, além de permitir uma

As atuais diretrizes de sistemas da Linha 4 - Amarela apresentam inovações operacionais importantes que visam a redução dos custos. A adoção da bitola universal de 1435 mm, permite a aquisição de material rodante e aparelhos de mudança de via disponíveis no mercado internacional. Destaca-se também a possibilidade real de adoção do automatismo integral na circulação dos trens. Esta tecnologia de sistemas que viabiliza a operação sem condutor já está disponível, inclusive para metrôs de grande capacidade, e contribui para a redução de custos de implantação e operacionais. Esta viabilidade do Metrô de São Paulo em adotá-la é resultado de estudos exaustivos que levaram também em conta o fato dos sistemas e equipamentos especificados para a Linha 4 - Amarela, já permitirem a adoção do automatismo integral, independente da decisão de se retirar ou não o operador da cabine, sem acréscimo de custos em relação à operação convencional.

## **VII- Conclusão**

Os recursos públicos necessários para a implantação e operação de uma linha de metrô são importantes e cada vez mais de difícil obtenção, face à escassez crescente desses recursos. A otimização dos custos, tanto para a implantação quanto para a operação e manutenção dos sistemas metroviários, torna-se portanto um imperativo premente. Para isso é necessário que se reduza bastante os custos de investimentos e operacionais dos projetos. Isto é possível através de um bom planejamento, um modelo de financiamento seguro e consistente, mas principalmente através da tecnologia. A modernização não tão somente uma escolha. A renovação de uma linha, face à



obsolescência de alguns equipamentos ou componentes, leva obrigatoriamente à aplicação de novas tecnologias.

A moderna tecnologia e a automação têm permitido a otimização dos custos. As ferramentas disponíveis são o tele-controle, o despacho automático dos trens, a sinalização, a gestão da energia, a automação dos serviços administrativos, a venda automática de bilhetes, o controle da arrecadação, a vídeo-supervisão, a tele - informação e mais recentemente a automação integral da condução.

A tecnologia não é porém o único caminho para as empresas enfrentar a competitividade, sem afetar a segurança e a qualidade de serviço. A redefinição das funções do pessoal operativo e de manutenção, com a polivalência das equipes para maior abrangência das atividades, a terceirização de alguns serviços e o leasing de equipamentos são alguns outros caminhos.

Não há conclusões nem soluções definitivas. Só se pode falar em tendências. Cada empresa tem suas particularidades, sua tradição, sua cultura, sua legislação e seus compromissos sindicais. O que é fator de sucesso para uns, pode não sê-lo para outros. Uma coisa porém é definitiva: para otimizar custos, soluções inovadoras e corajosas são sempre necessárias.

### **Bibliografia**

- Alouche, Peter – “Otimização dos Investimentos e Redução dos Custos Operacionais dos Metrôs” - 15. Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito
- Minutas da Conferência Internacional da UITP em Nuremberg, sobre Automação dos Metrôs (Novembro de 2004)
- Relatório Técnico da Companhia do Metrô de São Paulo “SISTEMA DRIVERLESS e a LINHA 4 AMARELA” preparado pelas áreas de projeto, operação, manutenção e planejamento da Companhia.
- Relatório Técnico da Companhia do Metrô de São Paulo “LINHA 4 AMARELA PREMISSAS DO PROJETO BÁSICO AVANÇADO – 2002”
- IRJ “World Railway Investment” (1999)
- IRJ “Probing the benefits of Metro Automation” (Jan 2005)
- The World Bank Group Urban Transport Strategy Review (Implementation of Rapid Transi-BB&J Consult, S.A. in May 2000
- World Bank – Urban Transport Strategy Review – “Review of french Experience in Private Financing of Public Urban Transport”
- Relatório Comitê de Metrôs UITP -1991 (Catling, Depledge, Malterre, e von Rohr)
- World Bank, Booz-Allen Sofretu & Melte - 1994 (Etienne Henry - CODATU - Revista da ANTP N. 70 de 96)
- Victoria Transport Policy Institute (VTPI) "Comprehensive Evaluation of Rail Transit Benefits" por Todd Litman (Abril 2004)
- Gildo Magalhães : “Estimativas Comparadas De Custos De Transporte Público: Metrôs Ônibus Urbanos” – 2002
- Federal Transit Administration - "Fixed guideway capital costs", 1994
- Henry, Etienne e Kühn, Francis - "Do metrô às suas variantes: lições mexicanas e outras", Revista ANTP (1º trimestre, 1996)

### **Currículo**

Peter Ludwig Alouche, Engenheiro Eletricista, formado no Mackenzie, com Pós para Mestrado na Poli/ USP, com especialização em transporte na USP e no Japão, diversos trabalhos publicados em revistas especializadas no Brasil e no exterior. Desde 1972 no Metrô de São Paulo. Atualmente Assessor Técnico da Diretoria do Metrô e Diretor da Revista da ANTP.



METRÔ



**METRÔS: OTIMIZAÇÃO DOS INVESTIMENTOS E REDUÇÃO DOS CUSTOS OPERACIONAIS**

*Eng. Peter Ludwig Alouche*  
*Assessor Técnico - Metrô de São Paulo*

- **Benefícios do Metrô**
- **Avaliação do Custo do Metrô**
- **Tecnologia – Ferramenta de Otimização e Redução dos custos**
- **Otimização dos custos de Projeto e desapropriações**
- **Otimização dos custos da Construção Civil**
- **Otimização dos custos de Material rodante**
- **Otimização dos custos de Sistemas e Equipamentos fixos**
- **Otimização dos custos operacionais e de Renovação**
  - **Pessoal**
  - **Automação integral**
  - **Otimização dos custos de energia**
  - **Manutenção**
  - **A renovação**
- **Otimização de custos na Linha 4 - Amarela do Metrô de SP**
- **Conclusões**

# Benefícios da implantação de um Metrô ou VLT

## O Projeto Metrô traz

### Desenvolvimento e retorno econômico para a Cidade e para o País

#### Benefícios para a Cidade

(Estudo do Instituto Canadense "Victoria Transport Policy Institute" Benefícios introduzidos nas metrópoles com os sistemas sobre trilhos) - avaliação feita por Todd Litman - abril 2004

- mais viagens realizadas per capita (400 % mais)
- mais integração entre modos (390 % mais)
- menos fatalidades no trânsito per capita (36 % menos)
- menos despesas de transporte da população per capita (14 % menos)
- menos despesas em transporte nos orçamentos domésticos (19 % menos)
- menos milhagem de automóveis a per capita (21% menos)
- menores custos operacionais de transporte por passageiro (33 % menos)
- mais recuperação do custo do transporte (58 % mais)

**Custo de implantação e construção do Metrô (Henry/Kühn, 1996) :**

- **Projeto (3 %)**
- **Desapropriações e re-urbanização (12%)**
- **Obras (via, túneis, estações, terminais, acabamento) (45%)**
- **Material rodante (30 %)**
- **Sistemas e Equipamentos fixos (10 %)**

**Custo operacional (operação e manutenção)**

**Custo de renovação ao longo da vida útil**

**Custo financeiro**

## **Estimativa de custos**

**Custo de implantação e construção de metrôs pesados**

- **US\$ 70 milhões a US\$ 200 milhões por km de linha**

**Custo de implantação e construção de metrôs leves (do tipo VLT)**

- **US\$ 10 milhões a US\$ 50 milhões por km de linha**

## Metrô de Kaosiung (IRJ World Railway Investment-1999)

- 42,7 km, 37 estações - US\$ 6 bilhões - US\$ 140 milhões por km

## Metrô de São Paulo

- **Linha 1 - Azul** (sem a extensão Norte)
- US\$ 3.000 milhões, ou seja **US\$ 150 milhões por km**
- **Linha 2- Verde**
- US\$ 1.400 milhões, ou seja **US\$ 190 milhões por km**
- **Linha 3 - Vermelha**
- US\$ 3.500 milhões, ou seja **US\$ 160 milhões por km**
- **Linha 5 - Lilás**
- US\$ 487 milhões, ou seja **US\$ 60 milhões por km**
- **Linha 4 - Amarela** com 12,8 quilômetros de extensão
- US\$ 1.262 milhões, ou seja **US\$ 110 milhões por km**



(Relatório do Banco Mundial elaborado pela BB&J Consult, em 2000)

## Metrô da Cidade do México

- **Linha B**, com 23,7 km, 21 estações, 6 subterrâneas, 4 elevadas e 11 superficiais
- US\$ 970 milhões, ou seja, **US\$ 40 milhões por km**.

## Metrô de Caracas

- **Trecho La Rinconada-Panteón da Linha 3**, toda em subterrâneo, 4,38 km e 5 estações
- US\$ 372 milhões, ou seja **US\$ 85 milhões por km**

## Metrô de Santiago do Chile

- **Linha 5**, com 13,2 km, 3,2 km túnel, 6 em elevadas e 1,1 em superficiais, 15 estações
- US\$ 424 milhões, ou seja **US\$ 32 milhões por km**

**A tecnologia é a ferramenta mais poderosa para otimização dos custos**

**Atua em todas as fases do empreendimento**

▪ **Fase de Planejamento**

- Escolha do Traçado
- Escolha da Tecnologia

▪ **Fase de Implantação e construção**

- Escolha dos métodos construtivos
- Escolha do material rodante e dos equipamentos fixos

▪ **Fase operacional**

- Esquema operacional (Custos de pessoal)
- Estratégias de manutenção
- Estratégias para redução de consumo de energia
- Estratégias de renovação dos equipamentos

# Otimização dos Custos de Projeto e Desapropriações

**O Projeto tem custo marginal ( $\sim 3\%$ )**

**O custo do empreendimento pode ser otimizado como um todo :**

- Quanto mais aprofundado o estudo
- Quanto mais alternativas considerar
- Quanto mais forem debatidas as premissas operacionais e de segurança, etc..

**Desapropriações ( $\sim 12\%$ ) dependem:**

- da região onde o projeto está inserido
- do traçado
- da tecnologia
- dos métodos construtivos
- do tipo de intervenção urbana

## Escolha dos métodos construtivos da linha

- superfície
- elevado
- subterrâneo
  - trincheira
  - trincheira invertida
  - shield
  - NATM

## Porque construir em subterrâneo ?

- topografia
- preservação do meio ambiente
- desapropriações
- tráfego, atividades comerciais

**Calculadas em base dos benefícios apresentados ao longo de sua vida útil, as construções em subterrâneo podem apresentar vantagens econômicas**



# Otimização dos Custos do Material Rodante ( ~30%)

**Um carro de metrô custa de US\$ 2 a 2,5 milhões**

**Um carro de VLT custa de US\$ 1,5 a 2 milhões**

**Para reduzir o custo do material rodante:**

- **Escolha de material rodante de linha e padronizado (e não sob medida)**
- **Especificação na base dos critérios operacionais**
- **Especificação na base de produtos e componentes de linha**
- **Compra de maior quantidade possível de veículos**
- **Escolhida tecnologia baseada no life cycle cost**  
(considerar p.ex. energia consumida, manutenção, renovação)
- **Especificações de segurança para trens de passageiros e não de carga**
- **Padronização para reduzir custos de manutenção**

# Otimização dos Custos de Sistemas e Equipamentos Fixos (~10%)

## Equipamentos em geral

- Evitar equipamentos especiais, fora do padrão
- Levar em conta a manutenção
- Levar em conta a renovação (life cycle cost)
- Escolha de um equipamento ou componente, baseada nos benefícios, inclusive econômicos do conjunto e não de seu custo específico.

## Os custos de Energia

- Escolha do nível de tensão para suprimento dos trens
- Escolha do traçado
- Recuperação e Regeneração
- Subestações Retificadoras controladas
- Estações inteligentes

**Gestão do pessoal** com reestruturação das diversas funções

**Pessoal de operação e manutenção** com **funções multi-disciplinares**

**Política de Terceirização** dos serviços pouco especializados

**A manutenção** de alguns equipamentos feita pelos **próprios fornecedores**

**Tecnologias novas de**

- de vídeo-supervisão
- tele-informação
- bilhetagem automática

**Em recursos humanos não existem regras gerais, nem soluções prontas.**

**Soluções inovadoras dependem das situações locais, mas não devem ser feitas em detrimento da segurança ou da qualidade de serviço.**

# Otimização dos Custos Operacionais - Automação Integral

## Benefícios para os usuários

- Oferta de acordo com a necessidade e Menor tempo de espera
- Melhoria na atenção e segurança dos usuários e na informação
- Melhor interface com outros modos de transporte

## Benefícios operacionais para a empresa operadora

- Gerenciamento operacional mais flexível
- Não necessita de empregados em trabalhos rotineiros
- Aumenta a regularidade e a frequência do transporte
- Maior contato com os usuários

## Benefícios comerciais para a empresa

- Aumento da eficiência e Redução dos custos operacionais
- Independência de empregados em relação à flutuação de demanda
- Maior capacidade de transporte e Maior disponibilidade do serviço
- Custo das rotinas de manutenção otimizado

# Otimização dos Custos Operacionais - Manutenção e Renovação

**A manutenção preditiva**

**A automação da manutenção**

**Melhoria contínua nos processos**

**RCM - Reliability Centred Maintenance**

**(Manutenção de funções e não de ativos físicos)**

**A terceirização**

**A renovação (life cycle cost dos componentes)**

## Com a tecnologia pode-se reduzir os custos

### ▪ Tração

- traçado e profundidade das estações
- sincronismo entre acelerações e frenagens dos trens
- regeneração durante a frenagem
- subestações retificadoras controladas
  - a racionalização da distância entre subestações,
  - redução do número de subestações
    - menor custo de construção civil
    - menos manutenção.

### ▪ Iluminação e força nas estações

- Estação Inteligente (automatização dos processos operacionais)
- Flexível com as necessidades operacionais.

# Otimização de custos na Linha 4 - Amarela do Metrô de SP

**Custo Estimado : US\$ 110 milhões por km**

**O planejamento otimizou os custos com:**

- traçado, número de estações e localização dos acessos
- redução das interferências na superfície

**os métodos construtivos nas suas condições ideais de aplicação**

- NATM e shield (novos métodos de escavação de túneis)

**Subestações retificadoras controladas**

- redução de 2 subestações
- Estação Inteligente

**Sinalização CBTC**

**Automação integral**

## **Não há soluções definitivas para a otimização e Redução dos custos**

- **Há tendências, mas cada empresa tem suas particularidades**
- **A tecnologia é uma ferramenta poderosa**
- **Qualquer ação tem que considerar o custo ao longo da vida útil**
- **Qualquer ação tem que incluir a renovação dos sistemas e equipamentos**
- **Qualquer ação tem que ser analisada num contexto mais global (interferência na cidade, na segurança, nos usuários,...)**

## **Uma coisa é definitiva:**

**Para otimizar custos, soluções inovadoras e corajosas são sempre necessárias.**

**Obrigado !!!**

**Autor : Peter L. Alouche**

Assessor Técnico da Diretoria – Metrô São Paulo

E-mail : [palouche@metrosp.com.br](mailto:palouche@metrosp.com.br)