



AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS ECONÔMICOS E ECONOMIA DE  
COMBÚSTIVEL FÓSSIL COM A IMPLANTAÇÃO DO METRÔ DE CURITIBA  
NO EIXO NORTE / SUL

Luciana Costa Brizon

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes.

Orientador: Rômulo Dante Orrico Filho

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL  
SETEMBRO DE 2012

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS ECONÔMICOS E ECONOMIA DE  
COMBÚSTIVEL FÓSSIL COM A IMPLANTAÇÃO DO METRÔ DE CURITIBA  
NO EIXO NORTE / SUL

Luciana Costa Brizon

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO  
LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA  
(COPPE) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE  
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE  
EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES.

Examinada por:

---

Prof. Rômulo Dante Orrico Filho, Dr.Ing

---

Profa. Suzana Kahn Ribeiro, D.Sc.

---

Prof. Oswaldo Cavalcanti da Costa Lima Neto, Dr.Ing

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL  
SETEMBRO DE 2012

Brizon, Luciana Costa

Avaliação dos Impactos Econômicos e Economia de Combustível fóssil com a Implantação do Metrô de Curitiba no Eixo Norte – Sul / Luciana Costa Brizon. – Rio de Janeiro: UFRJ / COPPE, 2012.

XII, 81 P.: 29,7 cm.

Orientador: Rômulo Dante Orrico Filho  
Dissertação (mestrado) – UFRJ / COPPE / Programa de Engenharia de Transportes, 2012.

Referências Bibliográficas: p. 71-76

1 Deseconomias Urbanas. 2. Avaliação Sócio Econômica. 3. Economia de óleo diesel em transporte coletivo I. Orrico Filho, Rômulo Dante. II Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Transportes. III Título.

*Aos meus amados filhos Lara e Maurício,*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço em primeiro lugar a Deus.

Agradeço, também:

Ao Humberto, meu companheiro de todas as horas, pela paciência, carinho, incentivo e o apoio incondicional.

A minha mãe, sem a qual não estaria aqui, pelo amor e carinho que serviram de base para que eu me tornasse a pessoa que sou hoje.

A minha família, irmã e tios, pelo incentivo e apoio.

Ao prof. orientador Rômulo Dante Orrico Filho, pela orientação e paciência;

Aos meus amigos Silvana Tavares Accurso e Fernando de Senna Bittencourt, pelo incentivo para a realização deste mestrado.

A Diretoria da Companhia Brasileira de Trens Urbanos (CBTU) em especial os Diretores Raul de Bonis e Marcus Quintella pela autorização e apoio para realização deste mestrado.

Aos colegas do curso de mestrado, pela amizade, pela parceria nos trabalhos pelo companheirismo em especial, Clarice Zunta e José Luiz Britto pelas palavras de apoio.

Aos amigos e funcionários do PET: da secretaria, do CPD e do CEDOC, pela cortesia e presteza no atendimento de minhas demandas.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc)

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS ECONÔMICOS E ECONOMIA DE  
COMBÚSTIVEL FÓSSIL COM A IMPLANTAÇÃO DO METRÔ DE CURITIBA  
NO EIXO NORTE / SUL

Luciana Costa Brizon

Setembro / 2012

Orientador: Rômulo Dante Orrico Filho

Programa: Engenharia de Transportes

Atualmente, as grandes cidades brasileiras vêm enfrentando importantes problemas nos seus sistemas de transporte urbanos de passageiros, sendo que o maior deles é a falta de capacidade dos diversos modos de transporte de oferecer uma oferta de lugares, nos horários de pico, compatível com a demanda de passageiros. Neste contexto, esta dissertação propõe realizar uma análise socioeconômica dos ganhos com a redução da poluição, dos congestionamentos, dos tempos de viagens, dos acidentes e do consumo de combustível fóssil - energia não renovável - como forma de viabilizar o financiamento dos projetos de implantação e expansão dos sistemas de metrô. Ressalta-se ainda que, será verificada a possibilidade de que o óleo diesel que deixar de ser usado no transporte de passageiros urbanos, através da troca do modo rodoviário pelo modo metroviário possa contribuir para o financiamento de projetos sobre trilhos. Esta avaliação foi aplicada para o projeto de implantação do metrô de Curitiba no Eixo Norte / Sul. Os resultados encontrados mostram que os ganhos socioeconômicos financiam grande parte do empreendimento, com taxa de retorno de aproximadamente 13%, além de apresentar ganhos significativos de qualidade de vida da população de Curitiba, com a redução de poluentes, redução de acidentes de trânsito e redução dos tempos de viagens.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

ASSESSMENT OF ECONOMIC IMPACTS AND THE ECONOMICS OF FOSSIL  
FUEL SURCHARGE WITH THE SUBWAY IMPLANTATION OF CURITIBA IN  
THE SOUTH NORTH AXIS

Luciana Costa Brizon

September/2012

Advisor: Rômulo Dante Orrico Filho

Department: Transportation Engineering

Nowadays the major Brazilian cities have faced relevant problems in their urban passengers transport systems and the greatest of them is the lack of capacity of the various modes of transport to provide number of seats, in peak time, compatible with the demand of passengers. In this context this thesis proposes to make a socio-economic analysis of the gains with the reduction of pollution, heavy traffic, times of travel, accidents and consumption of fossil fuel - non-renewable energy - as a way to make the financing of projects for the implementation and expansion of subway systems. It is also that, will be verified the possibility that the diesel oil which ceases to be used in the transport of passengers urban, via the exchange from the road by mode subways can contribute to the financing of projects on trails. This assessment was applied for implementation of the subway of Curitiba North / South. Results showed that the socio-economic gains finance most part of the project, with return of investment of approximately 13 % and, additionally bringing significant gains for life quality of the population of Curitiba, with a reduction of pollutants, reducing accidents of transit and time travel reduction.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	1
1.1	Definição do Problema .....	2
1.2	Relevância e Justificativa.....	3
1.3	Objetivo do Estudo .....	3
1.4	Estrutura Proposta para a Dissertação.....	4
2	REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	5
2.1	Deseconomias Urbanas .....	5
2.1.1	Ganho de Tempo.....	5
2.1.2	Redução de Poluição.....	8
2.1.3	Redução de Acidentes.....	12
2.1.4	Redução do Consumo de Combustível.....	14
2.2	Transporte e Consumo de Óleo Diesel .....	15
2.3	Análise Comparativa das Modalidades de Transporte.....	18
2.3.1	Sistema BRT.....	18
2.3.2	Veículo Leve Sobre Trilhos – VLT .....	20
2.3.3	Metrô.....	21
2.3.4	Características Comparativas das Modalidades.....	26
3	BRT CURITIBA.....	29
3.1	Histórico do BRT de Curitiba .....	29
3.2	Uso do Solo.....	34
3.3	Serviço de Transporte Público – Análise da Situação Atual .....	37



3.3.1	A Estrutura Atual do Sistema de Transporte Coletivo .....	37
3.3.2	Gerenciamento do Sistema de Transporte Coletivo .....	40
3.3.3	Situação Atual.....	41
3.3.4	Demanda Atual .....	42
4	PROJETO DO METRÔ DE CURITIBA.....	46
4.1	Localização e Caracterização do Projeto .....	46
4.2	Análise do Estudo de Demanda no Eixo Norte/ Sul .....	49
4.2.1	Demandas Consideradas .....	50
4.2.2	Critério para Alocação das Demandas.....	51
4.2.3	Critério para Transferência dos Pontos do Eixo Norte / Sul para Estações do Metrô.....	52
4.2.4	Expansão dos Desembarques para Todo o Período na Canaleta e Definição da Demanda Total por Sentido .....	54
4.2.5	Crítérios de Projeção de Demanda e Cálculo da Expansão da Demanda para a Vida Útil do Projeto do Metrô. ....	58
4.3	Considerações Finais .....	59
5	ANÁLISE DO FINANCIAMENTO DO METRÔ DE CURITIBA ATRAVÉS DOS GANHOS SOCIOECONÔMICOS E DA ECONOMIA DE PETROLÉO .....	60
5.1	Cálculo do Ganho de Tempo .....	61
5.2	Cálculo da Redução de Poluição.....	62
5.3	Cálculo do Custo de Acidentes .....	62
5.4	Cálculo do Custo Operacional e Consumo de Combustível .....	63
5.5	Cálculo da Economia de Barris de Petróleo.....	64
5.6	Análise dos resultados da Avaliação Socioeconômica .....	65

5.7	Análise de Sensibilidade do Fluxo de Caixa da Avaliação Socioeconômica do Metrô de Curitiba.....	67
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS, LIMITAÇÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	68
	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	71
	ANEXO I – Dados da Avaliação Socioeconômica .....	77

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1.1 – Mapa ilustrativo de Curitiba e Região Metropolitana.....	31
Figura 3.1.2 – Sinopse da Evolução do Sistema de Transporte de Curitiba desde 1974, até o ano de 2006. ....	32
Figura 3.1.3 – Carregamento dos Diversos Eixos de Transporte da RIT em 2007 .....	33
Figura 3.1.4 – Ilustração Esquemática do Metro Proposto para Curitiba.....	34
Figura 3.2.1 – Evolução do Número de habitantes/ hectare por Regional em Curitiba. Período de 2000 até 2005 .....	36
Figura 3.2.2 – Evolução do Percentual Crescimento de habitantes/ hectare por Regional em Curitiba. Período de 2000 até 2005 .....	37
Figura 3.3.1 – Esquema da RIT .....	38
Figura 3.3.4.1 – Mapa temático da demanda dos terminais .....	45
Figura 4.1.1 – Ilustração da Configuração Prevista para a Implantação da Linha do Metrô em Curitiba.....	47
Figura 4.2.1 – Localização das Estações do Metro de Curitiba .....	48

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1.1.1 – Encargos Sociais e Trabalhistas.....	7
Tabela 2.3.1.1 – Vantagens e Desvantagens do BRT – Aplicado ao Sistema de Curitiba...	19
Tabela 2.3.2.1 – Vantagens e Desvantagens do VLT.....	20
Tabela 2.3.3.1 – Vantagens e Desvantagens do Metrô Aplicado a Curitiba .....	22
Tabela 2.3.6.1 – Métodos Construtivos .....	25
Tabela 2.3.4.1 – Capacidade Por Modalidades .....	26
Tabela 2.3.4.2 – Prazos de Execução e Custos de Implantação .....	27
Tabela 2.3.4.3 – Tempo Gasto em Descolamentos .....	27
Tabela 3.1.1 – Localização dos Municípios Lindeiros a Curitiba por Região, na RMC.....	30
Tabela 3.2.1 – Quadro da Evolução do Número de habitantes/hectare de 2000 até 2005. ...	36
Tabela 3.3.4.1 – Quadro Resumo –Demanda por eixos de Transporte .....	44
Tabela 4.3.3.1 – Relação das Estações do Metrô de Curitiba .....	53
Tabela 4.3.4.1 – Expansão dos Desembarques na Canaleta no Sentido Norte / Sul .....	54
Tabela 4.3.4.2 – Expansão dos Desembarques na Canaleta no Sentido Sul / Norte .....	55
Tabela 4.3.4.3 – Demanda por Estação no Sentido Norte / Sul .....	56
Tabela 4.3.4.4 – Demanda por Estação no Sentido Sul / Norte .....	57
Tabela 4.3.5.1 – Pesquisa de Disposição de Mudança de Modal e Taxa de Crescimento Populacional ao Longo da Vida Útil do Projeto. ....	58
Tabela 4.3.5.2 – Projeção da Demanda para a Vida Útil do Projeto .....	59
Tabela 5.1 – Custo para Implantação da 1ª etapa do Metrô de Curitiba .....	61
Tabela 5.5.1 – Percentual de Extração de Eerivados por Refino do Petróleo Definidos no Mercado de Consumo Brasileiro em 2001.....	64
Tabela 5.6.1 – Fluxo de Caixa Socioeconômico (x 1.000) – Projeto Metrô de Curitiba .....	65
Tabela 5.6.2 – Resultados do Fluxo de caixa .....	66
Tabela 5.7.1 – Sensibilidade do Projeto – Análise do Fluxo de Caixa Socioeconômico (R\$ X 1000) .....	67

# 1 INTRODUÇÃO

Transporte público de qualidade é peça fundamental para melhoria da mobilidade urbana nos grandes centros urbanos. Neste contexto pode-se ressaltar que, um transporte público eficiente pode trazer ganhos significativos na qualidade de vida da população – com a diminuição da emissão de poluentes e menores tempos de viagem –, no desenvolvimento econômico das cidades e na economia do consumo de combustíveis fósseis.

Os transportes urbanos de passageiros no Brasil são responsáveis atualmente pelo consumo de 12,27 milhões de tep (toneladas equivalentes de petróleo) por ano ANTP (2010), o qual corresponde a aproximadamente 5,5% da energia total consumida no país, incluindo todos os sistemas em operação (petróleo e derivados, biocombustíveis e energia elétrica).

Segundo MARINS e ROMÉRO (2012) o custo acima mencionado representa um elevado consumo energético, considerando a restrição de escopo – transporte de pessoas em áreas urbanas-. Esse consumo é fortemente relacionado com a falta de planejamento urbano adequado e decorrente da quantidade e extensão das viagens, assim como dos modos de transporte utilizados.

Atualmente, as grandes cidades brasileiras vêm enfrentando importantes problemas nos seus sistemas de transporte urbanos de passageiros, sendo que o maior deles a falta de capacidade dos diversos modos de transporte público de apresentar uma oferta de lugares, nos períodos de pico, compatível com a demanda passageiros. Este problema, por sua vez se reflete de forma muito negativa na qualidade de vida da população como um todo, pois a cada dia têm-se mais carros nas ruas, há um aumento dos congestionamentos e com isso maior nível de poluição, aumento significativo nos tempos de viagem e aumentos no consumo de combustível, tanto nos transportes públicos quanto no transporte individual. Isso, no futuro, poderá tornar os grandes centros urbanos e de negócios economicamente insustentáveis.

A condição atual do transporte de passageiros comprometerá a eficiência econômica, a mobilidade e a qualidade de vida da população. COPPEAD-CNT (2002).

Outro grande problema que as grandes cidades vêm enfrentando ao longo dos anos é a dificuldade de obtenção de financiamento para projetos de infraestrutura de transporte de sistemas sobre trilhos em função do seu alto custo de implantação.

Neste contexto, esta dissertação propõe realizar uma análise socioeconômica dos ganhos com a redução da poluição, dos congestionamentos, dos tempos de viagens, dos acidentes e do consumo de combustível fóssil - energia não renovável - como forma de viabilizar o financiamento dos projetos de implantação e expansão dos sistemas de metrô. Ressalta-se ainda que, será verificada a possibilidade de que o óleo diesel deixado de ser consumido no transporte de passageiros urbanos, através da troca do modo rodoviário pelo modo metroviários possa contribuir para o financiamento os projetos de transportes sobre trilhos.

## **1.1 Definição do Problema**

A população das grandes cidades brasileiras vem sofrendo com a falta de capacidades de transporte dos sistemas públicos de passageiros urbanos. O esgotamento da capacidade de transporte dos sistemas urbanos podem ter vários motivos, tais como: falta de planejamento de transporte, falta do planejamento de uso e ocupação do solo, falta de políticas de incentivo ao transporte público, gerenciamento pouco eficiente dos órgãos públicos, crescimento da população urbana, dificuldades de financiamento de infraestrutura de transportes, dentro outros.

A cidade de Curitiba vem enfrentando um grande problema de transporte com o esgotamento da capacidade de transporte do modo sobre pneus no Eixo estrutural Norte/Sul, necessitando assim de uma intervenção para adequação da capacidade do corredor de transporte. Para atendimento da demanda do corredor será necessária a implantação de um novo modo de transporte de alta capacidade: o metrô.

Porém, como o município não dispõe de recursos financeiros para implantar sozinho o metrô, nem capacidade de endividamento suficiente, fica na dependência de conseguir formar uma parceria com o Governo Federal e com a Iniciativa privada.

## **1.2 Relevância e Justificativa**

O transporte público nas grandes cidades do país tem sido, de maneira geral, um grande problema para a população, uma vez que, as pessoas estão perdendo muito tempo em seus deslocamentos, as cidades estão cada vez mais poluídas e a qualidade do serviço vem piorando muito ao longo do tempo.

Em função do seu crescimento e do crescimento da demanda por transporte público as cidade tem de passar a ofertar sistemas de alta capacidade. Estes sistemas tem custo de implantação bastante superior aos sistemas tradicionais apoiados na tecnologia ônibus. Portanto a busca por metodologia que possam apoiar o processo de financiamento desse modal é de grande importância para os governos municipais que se encontram nesta situação.

A implantação de um sistema de alta capacidade metrô trará ganhos na qualidade de vida da população, uma vez que, os tempos de viagem serão menores, diminuindo assim o tempo gasto nos deslocamentos. Além disso, um sistema de transporte mais eficientes e com maior confiabilidade tira carros das ruas, melhorando a fluidez do trânsito e por consequência a mobilidade urbana.

Como o financiamento de projetos metroviários vem se defrontando com a escassez de recursos, esta dissertação busca avaliar a partir de uma análise socioeconômica uma forma de financiar a implantação do metrô de Curitiba através da economia de consumo de combustíveis e considerando os ganhos econômicos obtidos com a diminuição do número de acidentes, a diminuição de poluição, redução do tempo de viagem.

## **1.3 Objetivo do Estudo**

O objetivo desta dissertação é avaliar como os ganhos socioeconômicos com a implantação do metrô podem contribuir para o financiamento do empreendimento. Pretende-se examinar em que medida os ganhos socioeconômicos podem representa parcela importante para o financiamento dos sistemas metroviários, e que sistemas de transporte coletivo eficientes tornam as cidades mais sustentáveis, tanto do ponto de vista ambiental, quanto do ponto de vista econômico.

#### **1.4 Estrutura Proposta para a Dissertação**

Esta dissertação está dividida em 5 capítulos incluindo esta introdução.

O segundo capítulo trata da revisão teórica sobre os temas, sistema de BRT e Sistemas de Metrô no Brasil e no exterior; deseconomias urbanas – ganho do tempo, redução de acidentes, redução de poluentes, redução de consumo de combustível – ; processo de fabricação do Óleo Diesel;

O capítulo três apresenta um breve histórico da cidade de Curitiba, bem como o estado da arte no eixo estrutural Norte /Sul.

O quarto capítulo apresenta o projeto do metrô e uma análise da pesquisa de demanda realizada pelo IPPUC para o corredor.

O capítulo cinco apresenta a análise socioeconômica da implantação do metrô no Eixo Norte e sul de Curitiba, apresentando a taxa interna de retorno, a relação benefício/custo do empreendimento e a economia de óleo diesel.

As conclusões e as recomendações encontram-se no capítulo 6.



## **2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA**

O objetivo deste capítulo é apresentar uma revisão teórica sobre os temas, deseconomias urbanas – ganho do tempo, redução de acidentes, redução de poluentes, redução de consumo de combustível – sistema de BRT e Sistemas de Metrô no Brasil e no exterior; processo de fabricação do Óleo Diesel. Esta revisão permitiu a elaboração de uma avaliação socioeconômica para o projeto do metro de Curitiba.

Sendo assim, este capítulo encontra-se estruturado em 3 (três) itens. No item 2.1 apresenta-se a conceituação e a monetarização das deseconomias urbanas. O item 2.2 apresenta uma revisão do transporte e o consumo de óleo diesel. Já no item 2.3 apresenta-se uma análise comparativa entre os modos de transporte – BRT e Metrô.

### **2.1 Deseconomias Urbanas**

#### ***2.1.1 Ganho de Tempo***

A variável tempo pode ser considerada como um dos delimitadores das atividades humanas (VASCONCELOS,2000). Como as atividades são inerentes as relações sociais e segundo SANTOS (1984) estas relações modificam e conformam o espaço, logo pode se concluir que o tempo possui as mesmas propriedades. Para SILVA (2008) o tempo pode ser explicado como algo muito além de sua grandeza do campo da física ou matemática. O tempo é aqui entendido como sendo elemento que atribui parâmetro ao transporte, ou seja o tempo de deslocamento é critério de decisão de escolha de que tipo de modo de transporte a ser utilizado pelos usuários.

Em função do exposto acima, pode-se concluir que os usuários de transporte público tendem a buscar uma maneira de aperfeiçoar seus deslocamentos levando em consideração as restrições impostas pelo tempo de deslocamento.

Para GOMIDE (2003) o tempo excedente nas viagens poderia ser aproveitado para outras atividades remuneradas ou para a satisfação de necessidades básicas, como de lazer, por exemplo. Além disso, as longas viagens são responsáveis por reduções na produtividade do trabalhador urbano.

Segundo COLENCI Jr. E KAWAMOTO (1998), ao analisarem os efeitos das condições de transporte na produtividade do trabalhador urbano em indústrias da região

de Osasco e da zona oeste de São Paulo, mostraram que as viagens com duração entre 40 e 60 minutos, entre 60 e 80 minutos, e acima de 80 minutos podem provocar reduções médias na produtividade de 14%, de 16% e de 21%, respectivamente.

Na tradição do planejamento de transporte, a valorização do tempo é feita de forma indireta, por meio de salários das pessoas envolvidas. Assume-se que o tempo perdido tem um valor que guarda a relação com o salário da pessoa, no sentido de tempo perdido para a produção econômica, e que também as pessoas atribuem valores ao tempo que dependem das suas condições pessoais (nível de renda e idade) e da condição específica do deslocamento (tempo dentro do ônibus, tempo esperado em pé na via, tempo de caminhada). A complexidade desses fatores, aliada a sua grande variação no tempo e no espaço, torna a valoração do tempo uma atividade de difícil mensuração nos estudos de transporte, pois existem enormes variações entre os valores de tempo utilizados (VASCONCELLOS e LIMA, 1998).

Levando-se em consideração o exposto acima a viagem a trabalho tem valor produtivo para os empregados e a sociedade, sendo o modelo para avaliação do valor do tempo o salário por uma unidade de tempo (normalmente por hora) ou taxa de salário expressa em R\$/hora, acrescido dos custos adicionais para o empregador (BITTENCOURT e BRIZON, 2009).

No Brasil, os custos adicionais para o empregador são classificados de acordo com a tabela abaixo.

Tabela 2.1.1.1 – Encargos Sociais e Trabalhistas

Grupo A	Contribuição	%
	INSS (parte da Empresa)	20,00
	Contribuição de Terceiros	5,80
	Seguro de Acidentes (SAT)	2,00
	FGTS	8,00
	<b>Sub Total 1</b>	<b>35,80</b>
Grupo B	13º Salário	8,33
	Férias	8,33
	Adicional de Férias	2,78
	Abono Pecuniário (10 dias de férias)	1,39
	Horas Extras	5,00
	<b>Sub Total 2</b>	<b>25,83</b>
Grupo C	Vale Transporte	<b>11,00</b>
Grupo D (Incidência de A sobre B)	Encargos sobre 13º Salário	2,98
	Encargos sobre Férias e abono	4,48
	Horas Extras	1,79
	<b>Sub Total 3</b>	<b>9,25</b>
<b>Total de Encargos Sociais e trabalhistas (1+2+3)</b>		<b>81,88</b>

Utilizando os dados da tabela acima calcula-se o valor econômico do salário financeiro ou de mercado, que reflete as distorções existentes no mercado de trabalho, estabelecendo-se a taxa do preço sombra da taxa do salário por hora pela média ponderada destas taxas coletadas no estudo de demanda mais os custos adicionais para o empregador.

Dois trabalhos do Kenneth Small (1992, 2005), mencionam que em países desenvolvidos as estimativas do valor do tempo para viagens a trabalho variam de 20 a 100 por cento da taxa de salário bruto. Através de uma recente pesquisa bibliográfica, o autor chega a conclusão que um valor médio razoável para o tempo de viagem a trabalho é de 50% da taxa de salário bruto. Menciona ainda que existe uma considerável evidência que o valor do tempo aumenta com a renda, mas menos do que proporcionalmente.

Já o estudo realizado pelo Banco Mundial para o sistema de transporte de massa da Colômbia foi adotada uma taxa de 40% da taxa de salário bruto.

No estudo realizado pelo IPEA e ANTP (1998), para o cálculo do custo do tempo gasto nos congestionamento foi necessário estabelecer o valor do tempo. Para isto foi

adotada a metodologia mais utilizada nos estudos de viabilidade econômica, segundo o Manual de Avaliação de Projetos de Transportes Urbanos, (EBTU, 1986) no projeto BIRD IV, adotando-se como proxy a renda média da cidade, independente daquelas específicas dos usuários de ônibus ou autos.

$$CT = (RSM \times ES \times FA \times HP \times NH)$$

Onde:

*CT = valor da hora (R\$/hora);*

*RSM = renda média dos habitantes (PEA) da cidade;*

*ES = encargos sociais 95,02% = 1,9502;*

*FA = 0,3 (possibilidade de uso alternativo em quantidade útil de tempo);*

*HP = percentual de uso produtivo do tempo (% viagens a trabalho + % viagens casa - trabalho \* 0,75). Caso não disponível, usado 0,5;*

*NH - número de horas de trabalho por mês = 168 horas.*

A busca da redução do tempo de deslocamento é uma das principais metas de projetos em transporte. Pela teoria econômica, o valor do tempo de cada pessoa está associado a sua capacidade de produzir algum valor para a sociedade, o que está refletido na sua capacidade de gerar renda.

### **2.1.2 Redução de Poluição**

A poluição atmosférica é considerada um dos problemas ambientais mais graves nas grandes aglomerações urbanas. Ela é proveniente da emissão de centenas de gases tóxicos e materiais particulados emitidos a partir de fontes fixas e móveis, que em determinadas condições meteorológicas acumulam-se na atmosfera, causando danos à saúde (LANDMANN, RIBEIRO e DEÁK, 2007).

O setor de transportes é apontado como um dos maiores causadores da poluição nas grandes metrópoles, principalmente nos países em desenvolvimento. No Brasil, durante as décadas de 1960 e 1970, a poluição do ar era majoritariamente proveniente

das fontes industriais, porém este quadro mudou, e os transportes passaram a ser a principal fonte de emissão. Isto aconteceu porque houve uma acentuada redução das emissões industriais em meados da década de 1970, com a Lei 997 de maio de 1976, que forçou a implementação de políticas de controle até então inexistentes. (RIBEIRO e ASSUNÇÃO, 2001).

Apesar da poluição do ar causar inúmeros entraves ao desenvolvimento, não há uma metodologia claramente definida nem amplamente aceita para valorá-la. Os técnicos e as autoridades envolvidas com o tema quase sempre se deparam com dificuldades quando são solicitados a expressar monetariamente os custos dos danos ou os benefícios da redução das emissões nas análises de viabilidade econômico-financeira dos projetos. Com o aumento da preocupação global com as questões ambientais, e principalmente após a Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento em 1992, as análises dos benefícios ambientais assumiram maior importância, e atualmente, é recomendado pelos agentes de financiamento, como o Banco Mundial e o Banco Interamericano de Desenvolvimento, que os custos e benefícios ambientais apareçam nas contas das análises de viabilidade dos projetos e que sejam explicitamente valorados em termos monetários (LANDMANN, RIBEIRO e DEÁK, 2007).

Nos estudos de viabilidade de projetos de transportes feitos no Brasil, pela ausência de estudos específicos para as condições brasileiras, são aplicados quase que diretamente os valores dos custos dos danos das emissões veiculares calculados para regiões urbanas dos EUA e Europa, com algumas adaptações. A metodologia que serve de referência para os projetos brasileiros é apresentada numa publicação bastante divulgada entre os profissionais de transportes, elaborada pela ANTP – Associação Nacional de Transporte Público, em conjunto com o IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (1998).

Na metodologia da ANTP, os valores calculados para os custos referentes a danos da poluição do ar nas cidades americanas, em US\$/kg de emissão de poluentes, aparecem convertidos em reais através de uma relação aproximada das rendas per capita brasileira e norte-americana.

No entanto, tal adaptação não é verossímil, pois não se trata simplesmente de fazer uma relação entre a renda per capita dos países. A metodologia clássica para estimar os valores monetários das reduções das emissões veiculares, normalmente

apresentados em US\$/kg de emissão ou em US\$/km, inclui procedimentos bastante complexos, e compreende várias etapas de cálculo envolvendo um grande número de variáveis, que nem sempre podem ser controladas (LANDMANN, RIBEIRO e DEÁK, 2007).

A questão da poluição, em todas as suas manifestações, tem gerado números enorme de estudos em todo mundo. Na área de transporte urbano, os estudos tem se concentrado em dois tipos de impactos ambientais: poluição atmosférica e ruído provocado pelo tráfego. A validade desses estudos prende-se tanto a avaliação do seu impacto direto para a saúde das pessoas, quanto ao seu impacto de médio prazo para o ambiente global. Muitos dos poluentes têm efeitos nocivos claramente definidos para a saúde humana. Por exemplo, o monóxido de carbono reage com a hemoglobina do sangue causando anemia problemas cardíacos e pulmonares. Os hidrocarbonetos reagem com dióxido de nitrogênio e causam problemas respiratórios e o dióxido de enxofre associado ao material particulado pode agravar problemas de bronquite (VARMA ET alii, 1992).

No estudo realizado pelo IPEA e ANTP (1998) os coeficientes de emissão de poluentes por veículos automotores variam muito em função das condições dos combustíveis e dos veículos, sendo que o estudo concentrou-se na emissão dos quatro principais poluentes nocivos à saúde: monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC), óxido de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) e materiais particulados (MP).

Segundo o estudo (IPEA e ANTP 1998) a revisão da literatura mostrou, no entanto, que as diferenças entre os vários estudos não são muito elevadas e que a relação mais importante - velocidade e emissão - apresenta características semelhantes em todos os estudos. O estudo propôs a combinação dos dados existentes no Brasil com os do exterior.

No caso dos ônibus a diesel, foram obtidas quatro equações, uma para cada um dos poluentes descritos acima. As equações servem para velocidades até 45 km/h. Abaixo seguem as equações obtidas:

$$\text{HC (g/km)} = 14,14 - 3,67 \ln V$$

$$\text{CO (g/km)} = 43,34 - 8,98 \ln V$$

$$\text{NO}_x \text{ (g/km)} = 37,21 - 6,46 \ln V$$

$$\text{Particulados (g/km)} = 1,74 - 0,32 \ln V$$

A monetarização da poluição ambiental é bastante complexa, pois além de demandar estudos relativos aos reflexos da poluição sobre o ser humano (que varia de acordo com o clima, altitude, dispersão, regime de ventos, relevo etc.) também apresenta uma mescla de efeitos das várias fontes de poluição (IPEA e ANTP 1998).

Em função do exposto acima, para se ter uma proxy dos custos advindos da poluição, utilizaram-se estudos elaborados por várias fontes. Os valores originais, expressos em US\$/kg de emissão, foram transformados em reais. Como estes valores refletem os custos das sociedades européias e norte-americana e na ausência de estudos específicos sobre as condições brasileiras estes valores foram reduzidos segundo uma relação aproximada das rendas per capita brasileira e norte-americana. Os valores finais adotados são:

$$CO = R\$ 0,19 \text{ kg}$$

$$HC = R\$ 1,14 \text{ kg}$$

$$NOx = R\$ 1,12 \text{ kg}$$

$$Partículas = R\$ 0,91 \text{ kg}$$

Já o Banco Mundial no Estudo de Baixo Carbono para o Brasil (2010) adotou como parâmetros necessários para o cálculo do benefício advindo da “redução dos custos de poluição” os obtidos a partir de valores básicos adotados no “Estudo de Redução das Deseconomias Urbanas com a Melhoria do Transporte Público”, coordenado pelo IPEA e ANTP, de Agosto de 1998. Foram realizadas atualizações com os parâmetros de emissão apurados para a região metropolitana de São Paulo, pela CETESB (2009), com base nos resultados dos experimentos realizados, para assunto de homologação de veículos no que tange à emissão de poluentes em geral, foram considerados na utilização prática do modelo Copert. As curvas de emissão, em função da velocidade dos veículos, oriundas do Copert, inicialmente foram adaptadas aos números indicados pela CETESB.

Este estudo envolveu dez cidades brasileiras e permitiu a quantificação das perdas anuais nestas cidades em função da ineficiência dos sistemas de transporte. Para o transporte regional os parâmetros foram adaptados em função dos níveis de emissão de cada uma das alternativas.

Estas reduções em termos de veículos x km, multiplicadas pelos custos unitários de poluição referentes a cada um dos modos, permitem a determinação do benefício anual gerado pela redução da poluição atmosférica.

### **2.1.3 Redução de Acidentes**

Na literatura encontra-se uma variedade de definições de acidentes de trânsito. Para BRANDÃO (2006), DENATRAN (2007), FERRAZ, RAIJA Jr.e BEZERRA (2008), acidente de trânsito pode ser entendido como um evento não intencional, envolvendo um ou mais veículos, motorizados ou não, que circulam por uma via de trânsito e que resulta em algum tipo de dano, seja ele material ou lesões em pessoas e/ou animais.

O número de acidentes de trânsito vem aumentando, concomitante ao aumento populacional e da frota nacional de veículos. A população aumentou de 161,79 milhões, em 1998, para 184,18, em 2005. A frota que, em 1998, era de 30,94 milhões saltou para 42,07 em 2005. Ferraz, Raia Jr. e Bezerra (2008).

Segundo SANTOS (2006) e MELLO JORGE e KOIZUMI (2006), os principais fatores associados aos acidentes no Brasil são: fator humano, meio (viário) e a máquina (veículo)RAIA Jr. (2004) e CAMPOS e MELO (2005) acrescentam ainda os fatores climáticos e ambientais, uso e ocupação do solo e institucional/social.

Em relação aos custos anuais gerados pelos acidentes de trânsito em cidades brasileiras, um estudo do IPEA/ANTP (2003) estimou em 5,3 bilhões, sendo que 57% dos custos são produzidos por acidentes envolvendo automóveis e utilitários leves. As motocicletas são responsáveis por 19% desses custos.

Para VASCONCELLOS e LIMA (1998) a definição do custo de acidentes é muito difícil de quantificar, pois o valor da vida perdida em um acidente de trânsito não tem valor nem pode ser expresso matematicamente. Os estudos de acidentes utilizam medidas indiretas, baseando-se no valor do prêmio do seguro de vida pago pelas pessoas. Justificando esta aproximação afirmando que, se elas pagam para ter esse benefício (mesmo não desejado), é esse valor que implicitamente estão dando às suas vidas. Mesmo assim o raciocínio é limitado, uma vez que nada indica que isso é tudo o que a pessoa gostaria de receber como compensação.



Já o Banco Mundial adota nos seus estudos de viabilidade para financiamentos de os dados de custos unitários de acidentes para os sistemas de transporte coletivo por ônibus foram obtidos em estudos realizados pelo Banco Mundial no Brasil, particularmente os Programas de Descentralização da CBTU para os Sistemas de Trens Urbanos do Rio de Janeiro, São Paulo, Belo Horizonte e Recife.

O procedimento de cálculo adotado para este tipo de benefício considera custos específicos de acidentes para cada modo de transporte. Os produtos destes custos específicos pelo diferencial do total de passageiros x km entre as situações com e sem projeto para cada modo de transporte considerado, e para cada horizonte de modelagem, determinam os benefícios anuais.

A formulação matemática geral, para cada modo de transporte considerado, é dada por:

$$RCAcid = ((Pass \times km \ SP - Pass \times km \ CP) \times C \ Acid / FP - Oferta) \times Dias / Ano$$

*Onde:*

*RCAcid = Redução do Custo de Acidentes*

*Pass x km SP = Total de passageiros x km no período de pico para a situação sem projeto*

*Pass x km CP = Total de passageiros x km no período de pico para a situação com projeto*

*FP - Oferta = Fator de Pico referente à demanda*

*C Acid = Custos unitários de acidentes, específicos ônibus, determinados a partir de estudos realizados pelo Banco Mundial para sistemas de transporte no Brasil*

*Dias / Ano = Total de dias equivalentes no ano*

### 2.1.4 Redução do Consumo de Combustível

Para VASCONCELLOS (2006), embora o consumo de energia inclua o consumo de combustível, é importante separá-lo, para efeitos práticos de análise de condições de trânsito e transporte. As análises que se seguem referem-se ao consumo de gasolina e óleo diesel, correspondentes, conforme visto, a 77,5% do gasto energético em transporte no Brasil.

O consumo de combustível tem relação potencial e inversa com a velocidade de circulação do veículo, ou seja, ele aumenta muito quanto a velocidade se reduz (dentro da faixa normal de velocidades urbanas). Efeito semelhante ocorre com as emissões da maioria dos poluentes VASCONCELLOS (2006).

Segundo o exposto no estudo da (IPEA e ANTP 1998) o consumo de combustível, assim como a emissão de poluentes estão relacionados à variação da velocidade. Através de pesquisas realizadas por instituições nacionais e internacionais, foram estabelecidas funções, para serem aplicadas à situação de cada cidade.

Abaixo é apresentada a equação que relaciona o consumo de combustível de diesel com a velocidade.

$$C = 0,44428 + 0,00008 V^2 + \frac{1,37911}{V} + 0,00107 carr$$

onde:

$V$  = velocidade km/h

$carr$  = carregamento (sentado + em pé)

$C$  = Consumo (l/km)

Segundo MATTOS (2011) a eficiência de consumo de combustível pode ser baseada de acordo com a tecnologia adotada no projeto de BRT, no caso do projeto TransMilenio, utilizou-se os ônibus possuem capacidade para 160 passageiros. Adotou-se assim, o valor considerado de consumo de combustível do pelos BRT's é de 0,6 l/km (CQNUMC,2004), que é a eficiência do TransMilenio. Sendo assim, com o valor do consumo específico dos ônibus e a distância percorrida anual é possível obter o consumo de diesel pelo projeto através das equações:

$$Dist.Total \text{ km} = \frac{Passageiros \text{ anuais BRT}}{IPK \left( \frac{\text{passageiro}}{\text{km}} \right)}$$

$$Cons.BRT \text{ l} = Cons.Esp BRT \frac{\text{l}}{\text{km}} \times Dist.Total BRT \text{ (km)}$$

Utilizando as equações acima é possível obter o consumo de óleo diesel e multiplicando-se pelo valor do preço do diesel para a região de estudo, calcula-se a economia em (R\$) reais com a implantação do projeto.

A tradicional planilha tarifária de ônibus urbanos, criada pela Empresa Brasileira de Planejamento de transporte (GEIPOT), editada em 1982 e revisada em 1994 e 1996, calcula o consumo de combustível baseada nos coeficientes médios de ônibus multiplicados pela quilometragem percorrida pela linha ou pela empresa e multiplicada pelo preço do combustível de acordo com a região de operação.

## 2.2 Transporte e Consumo de Óleo Diesel

A opção pelo transporte rodoviário em território brasileiro tem seu marco histórico no projeto de desenvolvimento econômico adotado no governo de Juscelino Kubitschek (1956-1961), que favoreceu uma nova etapa na industrialização do país caracterizada principalmente pela implantação das fábricas de automóveis. Com o aumento da produção automobilística, surgiu a necessidade da construção e modernização das estradas de rodagem e, conseqüentemente, houve um consumo crescente de petróleo e de seus derivados (LEITE, 1997). O setor de transporte rodoviário desenvolveu-se de forma tão acentuada que inibiu o desenvolvimento de outros meios de transportes, dentre os quais, o ferroviário e o fluvial.

Ao avaliar o setor de transportes e o consumo de combustíveis, deve ser observada a perspectiva em relação ao consumo de energia e as variáveis econômicas, DARGAY E GATELY (2007). Para o MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (2009), a participação do petróleo e derivados aumentou de 34%, na década de 70, para 46%, em 2000, devendo recuar para 31% em 2030. Em paralelo, a estrutura da demanda

energética, alterou-se radicalmente, de um Brasil eminentemente rural, com baixa participação do setor de transportes, para uma economia urbana e desenvolvida, com 46% do consumo total de energia, destinada para os derivados de petróleo e transportes.

Para o setor de transportes, quanto melhor o desempenho da capacidade produtiva dos combustíveis, de preços e na redução das exportações, melhor será o comportamento econômico nacional, de acordo com GELLER (2003). Esta análise é comprovada quanto analisada a participação dos combustíveis líquidos no consumo final de energia, com predominância do setor de transportes, com 75% do consumo do Brasil, em 2000, não devendo ser revertido até 2030. A tendência, segundo o MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (2009), para 2030 é de 77% da demanda de combustíveis líquidos seja destinada para o setor de transportes.

Atualmente, o óleo diesel, a gasolina, o álcool e o querosene representam 95,7% do setor de transportes, segundo o MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (2009), devendo alcançar um valor em 2030, de 94,4%. A maior participação do consumo de combustíveis refere-se ao óleo diesel, com 57% em 2004, podendo representar 70% em 2030, justificando a importância dos derivados de petróleo.

A edição de 2008 do Key World Energy Statistics da Agencia Internacional de Energia (IEA), compara os anos de 1973 e 2006. Nesses 33 anos, o consumo mundial aumentou 73% ao passar de 4.672 milhões de tep para 8.084 milhões de tep.

O setor de transportes continuava a responder pelo maior volume consumido de derivados de petróleo 60,5% do total em 2006, segundo as últimas estatísticas da IEA

Diante do exposto, fica claro que a eficiência energética no setor de transportes consiste, também, em um elemento de importância estratégica no contexto do planejamento energético (DIAS, BALESTIENEI e MATOS 2005).

Segundo o Plano Nacional de Energia - PNE 2030, em 2004 o setor de transportes era responsável por 61% da demanda nacional de combustíveis líquidos, e por 78% do consumo de diesel. O setor agropecuário responde por 14% da demanda de diesel. Somados, os dois setores consomem 92% da oferta nacional de diesel.

Segundo um estudo realizado pela NTU – Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos (2009) no Brasil, por exemplo, o setor de transportes é responsável por 52% da energia fóssil consumida, sendo que este é o setor que apresenta a menor porcentagem de energia renovável (apenas 12% do seu total). Comparando os diversos

modos de transporte, o setor rodoviário absorve 92% da energia utilizada e é irrisória a participação dos setores ferroviário, hidroviário e aéreo.

Segundo o Ministério das Minas e Energia (2012) o Setor de Transporte é responsável por mais da metade do consumo de derivados do petróleo e gás natural no País sendo que o transporte rodoviário corresponde a mais de 90% desse consumo. Nesse setor, o óleo diesel é o derivado mais consumido, com mais de 50% de participação, seguido da gasolina automotiva com aproximadamente 30%.

Para RIBEIRO (2002) deve-se ressaltar, no entanto, que para as comparações entre a eficiência energética de diferentes modalidades de transportes, devem ser considerados não só o consumo de combustível, mas também outros elementos tais como: os equipamentos utilizados em cada modalidade, as condições técnicas dos locais bem como os procedimentos operacionais empreendidos.

O petróleo está para atingir o seu pico de produção entre 2010 e 2020 devendo então decair, tornando-se muito mais escasso e caro, sendo dedicada a utilização de outras tecnologias que não a de combustão em automóveis. Já é anunciado um possível grande gargalo quando mencionada a energia proveniente do petróleo. O segmento de transportes será fortemente impactado, caso não seja revista esta forte dependência do combustível fóssil.

O Brasil recentemente atingiu a sua auto suficiência em barris de petróleo, ou seja o volume de petróleo produzida no país é igual ao volume consumido, porém a maior parte do petróleo produzido é o chamado petróleo pesado que é bom para a produção de gasolina e outros derivados, mas não é bom para a produção de óleo diesel, obrigando assim o país a importa petróleo leve e até mesmo o derivado já processado.

Segundo a ANP em 2010, o Brasil importou 123,6 milhões de barris de petróleo, volume 13,8% menor que o do ano anterior. Nos últimos 10 anos, a taxa média de queda na importação foi de 2,3%. Apenas em 2004 e 2007 houve aumento do volume importado. O dispêndio com as importações subiu 9,7%, chegando a US\$ 10,1 bilhões, em vista do aumento do preço médio do barril do petróleo importado pelo Brasil, este atingiu a cifra de US\$ 81,98, valor 28,3% maior que o do ano anterior.

Já as exportações brasileiras de petróleo chegaram a 230,5 milhões de barris em 2010, após alta de 20,1% frente ao ano anterior. A receita gerada foi de US\$ 16,3 bilhões, 73,9% a mais que m 2009. Este resultado foi devido, em parte, à significativa alta do barril de petróleo exportado pelo Brasil, cujo preço médio passou de US\$ 48,84

para US\$ 70,69. Este aumento de 44,7% seguiu a tendência observada no mercado internacional (ANP-2011)

Em 2010, pela primeira vez nesta década, a importação de derivados de petróleo superou tanto em volume quanto em valor a de petróleo no Brasil, totalizando 27,4 milhões m<sup>3</sup> e US\$ 13 bilhões. Este volume excedeu em 71,8% o registrado em 2009. O grande aumento se deve, em parte, ao crescimento da economia brasileira, com a conseqüente alta no consumo interno, e a diminuição de produção de alguns derivados como óleo diesel, GLP, óleo combustível e nafta. Os importados em maior quantidade foram óleo diesel, GLP e QAV com, respectivamente, 32,9%, 11,4% e 7% do volume total.

O dispêndio com as importações de derivados somou aproximadamente US\$ 13 bilhões, sendo a nafta e o óleo diesel os principais responsáveis por este montante, com participações de 25% e 39,5%, respectivamente. Em 2010, houve um aumento de 133% no dispêndio total, em parte como conseqüência da alta generalizada dos preços dos derivados de petróleo no mercado internacional.

## **2.3 Análise Comparativa das Modalidades de Transporte**

### **2.3.1 Sistema BRT**

BRT, “BUS RAPID TRANSIT”, é um modo de transporte público por ônibus trafegando em via exclusiva, tendo estações de embarque e desembarque com cobrança nas estações e o embarque e desembarque acontecem no mesmo nível entre o piso do ônibus e o da estação, o que agiliza os procedimentos de embarque e desembarque possibilitando uma alta eficiência operacional. Tem capacidade que pode chegar a 35 mil passageiros hora, Se dispuser de faixas de ultrapassagem pode ter grande flexibilidade de serviço, tipo expresso e semi-expresso. O ideal é que ele opere em via sem cruzamento a nível, o que lhe conferiria uma alta velocidade operacional, contudo pode ser utilizado caso o intervalo permita o acionamento dos semáforos proporcionando prioridade ao BRT.

O limite de capacidade que o sistema BRT pode transportar depende das características de cada corredor, tais como: número de faixas exclusivas em cada sentido, condições topográficas, distância entre as estações, cruzamentos em nível, tipos de serviços oferecidos expressos e de paradas limitas etc; estando também o custo de implantação do sistema atrelado a estas condições. Segundo o manual de BRT – Bus Rapid Transit – Guia de Planejamento (2008) admite-se uma capacidade de transporte variando entre 15.0000 e 45.000 passageiros/hora/sentido, considerando-se a via exclusiva com duas faixas de tráfego por sentido. Seu custo de implantação situa-se entre 15 e 20 milhões de US\$/Km. (IPPUC-2009)

Tabela 2.3.1.1 – Vantagens e Desvantagens do BRT – Aplicado ao Sistema de Curitiba

<b>Vantagens do BRT</b>	<b>Desvantagens do BRT</b>
O sistema na hora de pico pode transportar até 18.000 passageiros/hora/sentido na canaleta, com nível de conforto de 6 passageiros/m <sup>2</sup> e intervalos mínimos de de 50 segundos;	Impacto Ambiental: com ônibus a motores diesel, há emissões de partículas e compostos orgânicos;
Solução intermediária entre o atual sistema expresso até a adoção do modal de alta capacidade;	Tende a degradar o entorno e prejudicar o comércio ao longo do corredor
Baixo custo de implantação;	Não garante a segurança dos usuários (sistema aberto);
Velocidade comercial máxima de 25km/h;	Operação ao nível da rua, possibilidade de acidentes nos cruzamentos;
Intervalos pequenos entre composições;	Afetado pelas condições climáticas adversas, como a chuva;
Composições com veículos de maior capacidade e motores de baixa emissão;	Interdependência com outros sistemas.

Fonte: IPPUC 2009

### 2.3.2 Veículo Leve Sobre Trilhos – VLT

O VLT é um sistema de transporte que atende a oferta de transporte existente entre o ônibus e o metrô clássico, não necessitando de faixa completamente segregada. Todavia, dependendo do grau de segregação existente e de acordo com a tecnologia adotada, pode atender a uma demanda entre 15.000 e 35.000 pass/h/sentido, sendo assim uma alternativa adequada para o transporte de media capacidade, tendo um custo de implantação entre 20 e 30 milhões de US\$/Km.

O VLT se apresenta no meio urbano como um projeto associado a: renovação urbana; adaptação perfeita ao meio urbano e paisagístico; torna a cidade mais humana, mais habitável; permite uma adaptação estética perfeita ao meio urbano; adaptável ao traçado, podendo subir rampas e realizar curvas fechadas; compatibilidade com a área dos pedestres; pode ser implantado por etapas; integra-se facilmente com o sistema de ônibus; limpo, nenhuma emissão, tração elétrica sem poluição; seguro, rápido, confortável; consegue na prática atrair os automobilistas; tem ciclo de vida de mais de 30 anos; alternativa de tempo durável e de desenvolvimento sustentável; favorece o desenvolvimento e o comércio local.

Tabela 2.3.2.1 – Vantagens e Desvantagens do VLT

<b>Vantagens do VLT</b>	<b>Desvantagens do VLT</b>
Necessita de pouco espaço para implantação nas vias	Não é flexível para circulação fora do corredor
Baixo nível de ruído e não poluente	Custo do material rodante elevado
Integra-se facilmente ao sistema de ônibus	A operação e a manutenção de um VLT necessita de uma infra-estrutura operacional completa

Fonte: Elaboração própria a partir dos IPPUC (2009) e CBTU (2008)



### 2.3.3 Metrô

As definições técnicas que fazem parte do projeto de uma linha de metrô são altamente complexas e decorrem não apenas de exigências específicas do sistema metroviário, mas principalmente, de aspectos como uso e ocupação do solo, preservação do meio ambiente e do patrimônio histórico.

Portanto, condicionam-se às características geológicas, topográficas e geotécnicas, especificações do material rodante, características do sistema viário e, não por último, a aspectos legais. A interface do sistema metroviário com o meio urbano é mais evidente nos pátios de manutenção e nas áreas próximas às estações, onde se dão as instalações de utilidade pública, como áreas comerciais, praças e jardins.

As opções construtivas para a implementação de um sistema de transporte de alta capacidade, como é o caso do Metrô, podem ser divididas em três grupos:

- Superfície;
- Elevado;
- Subterrâneo;

As linhas de metrô têm extensões em média da ordem de 20 a 25 Km, atravessando áreas de características físicas diversas e, em muitos trechos, densamente ocupadas, portanto, dificilmente pode ser feita uma única opção construtiva para todo o traçado. Quase sempre o que ocorre é uma alternância de estruturas, que podem ser ora em superfície, ora elevadas ou subterrâneas.

Além dos aspectos já citados, essa escolha também está condicionada às técnicas construtivas disponíveis e ao seu custo de implantação. Para as linhas subterrâneas, por exemplo, a parte correspondente à obra civil responde por 50% ou mais dos investimentos. Assim, procura-se reduzir esses custos, adotando-se uma tecnologia avançada que, além de otimizar os projetos de obra civil, sistemas e equipamentos, proporcione o menor impacto possível na superfície e no meio ambiente.

O metrô pode ser leve ou pesado, o metrô leve é considerado um transporte elétrico sobre trilhos que atende a uma demanda inferior ao de um metrô pesado, mas superior ao de um corredor de ônibus ou de um VLT, possuindo um grau de segregação total, podendo as características dos veículos ter gabarito reduzido, com largura, altura e comprimento menor que os dos metrôs clássicos, mas garantindo uma capacidade de

transporte entre 30.000 a 40.000 pass/h/sentido, tendo um custo de implantação de 30 a 40 milhões de US\$/Km.

O metrô pesado ou urbano é um transporte elétrico sobre trilhos com um nível de demanda de 40.000 a 80.000 pass/h/sentido, caracterizando-se por ter acentuada demanda nas horas de pico, da manhã no sentido bairro centro e a tarde no sentido contrario; possuindo segregação total e distância entre as estações maiores que 1.500m com velocidade média máxima de 90 Km/h.

Tabela 2.3.3.1 – Vantagens e Desvantagens do Metrô Aplicado a Curitiba

<b>Vantagens do Metrô</b>	<b>Desvantagens do Metrô</b>
Ganhos ambientais (contaminação do ar e ruídos) e redução dos pontos de lentidão	Alto custo de implantação
Aumento da segurança de passageiros, pedestres e do trânsito em geral	Implantação demorada
Valorização imobiliária e incremento de ocupação lindeira ao longo do eixo	Alto custo de manutenção
Aumento da demanda lindeira (atratividade do sistema) e requalificação do Eixo Norte/Sul pela reurbanização da área da canaleta exclusiva	Necessidade de rede integrada para funcionamento ideal
Redução significativa do tempo de viagem	Itinerário fixo, o que implica em transbordo
Operação dos trens, em intervalos regulares, proporcionado pelas condições da infraestrutura metroviária	A operação e a manutenção necessita de infraestrutura operacional completa

Fonte: Elaboração própria a partir dos IPPUC (2009) e SPIT & BERTOLINI (1998)

### **2.3.3.1 Metrô de Superfície**

As construções em superfície, tradicionalmente utilizadas pelas ferrovias no transporte de passageiros e de cargas, são indicadas para regiões de baixa ocupação, vazios urbanos, faixas previamente garantidas através de legislação ou canteiros centrais de avenidas com larguras adequadas. Com exceção desses exemplos, as estruturas em superfície pressupõem um grande volume de desapropriações, principalmente junto às estações, o que eleva consideravelmente o custo final.

Além disso, por razões de segurança, acaba sendo necessária a construção de muros altos em toda a extensão da linha, formando um bloqueio contínuo, só transposto por pessoas através das estações, passarelas ou viadutos. Essa falta de permeabilidade do meio urbano isola as áreas circunvizinhas e impede o seu desenvolvimento adequado, como se observa junto às ferrovias construídas em áreas urbanizadas.

Tanto durante a implantação como na operação do empreendimento, podem ser identificados ainda outros impactos, tais como perturbações no sistema viário, poluição de ar, propagação de ruídos e vibrações, interferência com as redes de serviços públicos e, até mesmo, prejuízos nas atividades socioeconômicas.

Quanto ao grau de dificuldade de execução da obra, este depende do traçado escolhido e das características topográficas, geotécnicas ali encontradas.

### **2.3.3.2 Metrô Elevado**

Assim como nas estruturas em superfície, a construção de elevados causa grande impacto à paisagem urbana, principalmente nas regiões com alto grau de adensamento. Para que as interferências no contexto urbano sejam minimizadas, é fundamental que seja aplicada tecnologia de ponta com relação: aos métodos construtivos, encurtando os prazos de execução; ao material rodante, permitindo a fabricação de trens mais silenciosos, com carros menores e mais leves; e ao tratamento da via permanente, prevenindo a propagação de ruídos e vibrações.

Quando o traçado da linha de metrô elevado utilizar faixas desocupadas ou de avenidas com largura superior a 40 m, os resultados obtidos são melhores, por ser

guardada uma distância razoável das fachadas de edifícios, minimizando o desconforto da propagação de ruídos.

Nas vias elevadas, as maiores dificuldades decorrem das condições topográficas. O material rodante utilizado, atualmente operando com rampas máximas de 4% e raios de curvas limitados, não permite que a estrutura se adapte a topografias muito acidentadas, o que inviabiliza, em muitos casos, essa alternativa.

Para as estruturas, existem três opções, ou seja, a metálica, a de concreto moldado “in loco” e, finalmente, a de concreto pré-moldado. No caso do concreto pré-moldado, há dificuldades no transporte das peças e em conseguir grandes áreas para a instalação de canteiros, com o inconveniente da propagação de ruídos durante a operação.

As estruturas metálicas, por sua vez, não são recomendadas pela grande propagação de ruídos que provocam, a menos que seja feito um tratamento adequado da via permanente. Assim, na maioria dos casos, o que mais se recomenda é o concreto moldado “in loco”.

### **2.3.3.3 Metro Subterrâneo**

O metrô subterrâneo é um transporte elétrico sobre trilhos, que atende regiões mais centrais, com total grau de segregação e com distância entre as estações de 800 a 1.200m, tendo um custo de implantação de 80 a 110 milhões de US\$/Km, segundo o manual de BRT – Bus Rapid Transit – Guia de Planejamento (2008)

O traçado em geral é subterrâneo, podendo ter trechos em elevados ou em superfície em zonas menos densas ou mais periféricas e, sendo mantida uma velocidade média máxima de 80 a 100 Km/h, com intervalos entre 80 e 120 seg. nos horários de pico, podendo ainda ter a sustentação veicular em rodas de ferro ou rodas de pneus.

Para a sua execução, estão disponíveis três métodos construtivos, conforme pode ser observado na tabela abaixo.

Tabela 2.3.6.1 – Métodos Construtivos

METODO	DESCRIÇÃO
<b>Trincheiras ou VCA (Valas a Céu Aberto)</b>	Também conhecido como método destrutivo devido a sua interferência na superfície, o método de trincheiras, ou VCA, é utilizado em condições geotécnicas variadas. O recobrimento costuma ser baixo, de até 10 m de profundidade, e aplica-se onde não há interferência com o sistema viário ou onde seja possível desviar o tráfego sem que isto cause grandes transtornos.
<b>Túneis Mineiros – NATM (New Austrian Tunneling Method)</b>	O método NATM é utilizado com sucesso na construção de túneis e de estações subterrâneas de grandes dimensões. Uma de suas vantagens é a adaptabilidade da seção de escavação, que pode ser modificada em qualquer ponto, de acordo com as necessidades geométricas e de parcialização da escavação.
<b>Mecanizado - (TBM - Tunnel Boring Machines )</b>	A escavação é efetuada por equipamento mecanizado, com frente aberta ou fechada. O avanço da máquina se dá pela reação de macacos contra os anéis de revestimento já montados. No caso de TBM para rocha, sem couraça, o avanço se dá mediante sapatas ancoradas nas paredes laterais do túnel.

Fonte: IPPUC (2009)

### 2.3.4 Características Comparativas das Modalidades

Neste item serão apresentadas tabelas comparando as modalidades quanto a: a capacidade de transporte, os prazos e os custos de implantação, as velocidades e os tempos de acesso.

Tabela 2.3.4.1 – Capacidade Por Modalidades

<b>Sistema</b>	<b>Tipo de veículo</b>	<b>Tipo de via</b>	<b>Tipo de estação</b>	<b>Tipo de linha</b>	<b>Velocidade (km/h)</b>	<b>Intervalo (minutos)</b>	<b>Capacidade (pass/h)</b>
Metrô	Trem 8 carros	Segregada(1)	Sem ultrapassagem	Paradora	40	1,5	96.000
VLT	Trem 4 Carros	Segregada(1)	Sem ultrapassagem	Paradora	20	3,0	20.000
BRT	Biarticulado	Exclusiva(2)	Sem ultrapassagem	Paradora	20	1,0	16.200
BRT	Biarticulado	Exclusiva(2)	Com ultrapassagem	Direta	35	0,5	32.400
BRT	Biarticulado	Exclusiva(2)	Com ultrapassagem	Mista	27,5	0,3	48.600

Fonte: NTU (2009)

Nota: (1) Subterrânea / Elevada – sem interferência viária

(2) Via em Nível com 7,0 metros de largura, 14,0 metros de largura nas estações com ultrapassagem

Tabela 2.3.4.2 – Prazos de Execução e Custos de Implantação

Etapas	Metrô		VLT		BRT	
	Prazos (anos)	Custo (R\$ milhões)	Prazos (anos)	Custo (R\$ milhões)	Prazos (anos)	Custo (R\$ milhões)
Projeto Básico	1	4,5	1	1,5	0,5	0,3
Financiamento	2	0,5	2	0,5	0,5	0,2
Projeto Executivo	1	5,0	1	2,0	0,5	0,5
Implantação	5	2.000,0	2	400,0	1	110,0
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>2.010,0</b>	<b>5</b>	<b>404,0</b>	<b>2,5</b>	<b>111,0</b>

Fonte: NTU (2009)

Notas: Exemplo para implantação de corredor com 10,0 km para 150 mil passageiros/dia.

Custos por km: Metrô= R\$ 201,0 milhões / VLT= R\$ 40,4 milhões / BRT = R\$11,1 milhões.

Tabela 2.3.4.3 – Tempo Gasto em Descolamentos

Deslocamentos		Metrô	BRT	VLT
Acesso à estação	Distância	500 m	250 m	250 m
	Tempo	7,5	3,9	3,9
Acesso à Plataforma	Distância	200 m	-	-
	Tempo	3,0	-	-
	Pagamento	0,1	0,1	0,1
Viagem (10km)	Velocidade	40 km/h	27,5 km/h	17 km/h
	Tempo	15,0	22,0	35,3
Acesso à rua	Distância	200 m	-	-
	Tempo	3,0	-	-
<b>Tempo total</b>		<b>28,6</b>	<b>26,0</b>	<b>38,4</b>

Fonte: NTU (2009)

Nota: Distâncias em metros / Tempo em minutos = 4 km/h (pessoa caminhando)

Avaliando as tabelas apresentadas acima pode-se concluir que não há modo de transporte melhor ou pior, existe a modalidade mais adequada aos corredores de transporte, analisando a demanda a ser transportada, as condições viárias e as integrações com os demais serviços de transporte que compõe a rede de transporte da cidade. Ressalta-se ainda que, para um bom funcionamento de qualquer das modalidades apresentadas acima é imprescindível a integração dos serviços.



### **3 BRT CURITIBA**

O objetivo deste capítulo é fazer uma breve apresentação do sistema de BRT de Curitiba. O Capítulo está estruturado em 3 (três) itens. No item 3.1 apresenta-se um breve histórico do sistema de BRT de Curitiba. O item 3.2 apresenta as características o uso do solo. Já no item 3.3 apresenta-se uma análise da situação atual do sistema.

#### **3.1 Histórico do BRT de Curitiba**

A cidade de Curitiba surgiu em meados do século XVII, mas somente em 1853, deu-se a emancipação política do Paraná, que se transformou em uma nova Província, sendo Curitiba a sua Capital. Neste período, Curitiba contava com 5.819 habitantes.

Os anos seguintes foram marcados pela Metropolização de Curitiba que caracterizou-se por um intenso processo de êxodo rural e concentração urbana que se desenvolveu em um curto espaço de tempo.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), de 1970 para 2007, a população de Curitiba e Região Metropolitana de Curitiba (RMC), cresceram de 869.839 para 3.141.066 habitantes aglutinando, respectivamente 12,55% e 29,39% população do estado do Paraná. Sendo que do total da população verificada em 2007, 57,22% correspondem a moradores da Cidade de Curitiba, contra 42,77% da Região Metropolitana.

O IBGE avaliou que, diferentemente de outras regiões metropolitanas do país, o arrefecimento no crescimento da metrópole durante os anos 80, não se confirmou como uma tendência para os anos 90. Pois em 2000, conforme dados do Censo-2000-IBGE, Curitiba mostrou ser a 8ª região Metropolitana mais populosa do Brasil.

Ressalta-se que, entre os anos de 70 e 90, a industrialização, que tinha maior expressividade no interior do estado, intensificou-se no espaço metropolitano.

Em 1996, Curitiba respondia com 30,4% do valor adicionado da Indústria paranaense, 32,6% do Comércio e 31,4% dos Serviços. Esse particular dinamismo econômico fez com que a quase totalidade dos municípios populosos da região limreira mostrassem baixa capacidade de geração de renda. Este tipo de ocupação do espaço da RMC proliferou-se rapidamente e surgiram assim as cidades-dormitório, no entorno da Capital do Estado do Paraná. Este processo se intensificou em função do crescimento da

malha urbana, para fora dos limites do município, ampliando assim as distâncias entre os locais de moradia, emprego e renda.

Com processo acelerado de metropolização em 1996, a Prefeitura Municipal de Curitiba, foi obrigada a realizar investimentos no sentido de dinamizar e acelerar o desenvolvimento integrado.

Neste momento, foi firmado um convênio entre a COMEC - Coordenadoria da Região Metropolitana de Curitiba, órgão vinculado ao Governo do Estado do Paraná, com a URBS S/A - Empresa de Urbanização de Curitiba, empresa de economia mista, vinculada à Prefeitura Municipal de Curitiba e empresa gerenciadora do transporte coletivo em Curitiba. O objetivo deste foi a delegar à URBS à incumbência, de ficar a partir de então, responsável pelo Planejamento e Operação do sistema de transporte metropolitano de Curitiba.

A região limdeira do município de Curitiba é composta de 14 Municípios, que podem ser divididos em quatro grupos, com sua localização em regiões distintas, conforme ilustra a Tabela 3.1.1 e a Figura 3.1.1 mostrada a seguir:

Tabela 3.1.1 – Localização dos Municípios Lindeiros a Curitiba por Região, na RMC.

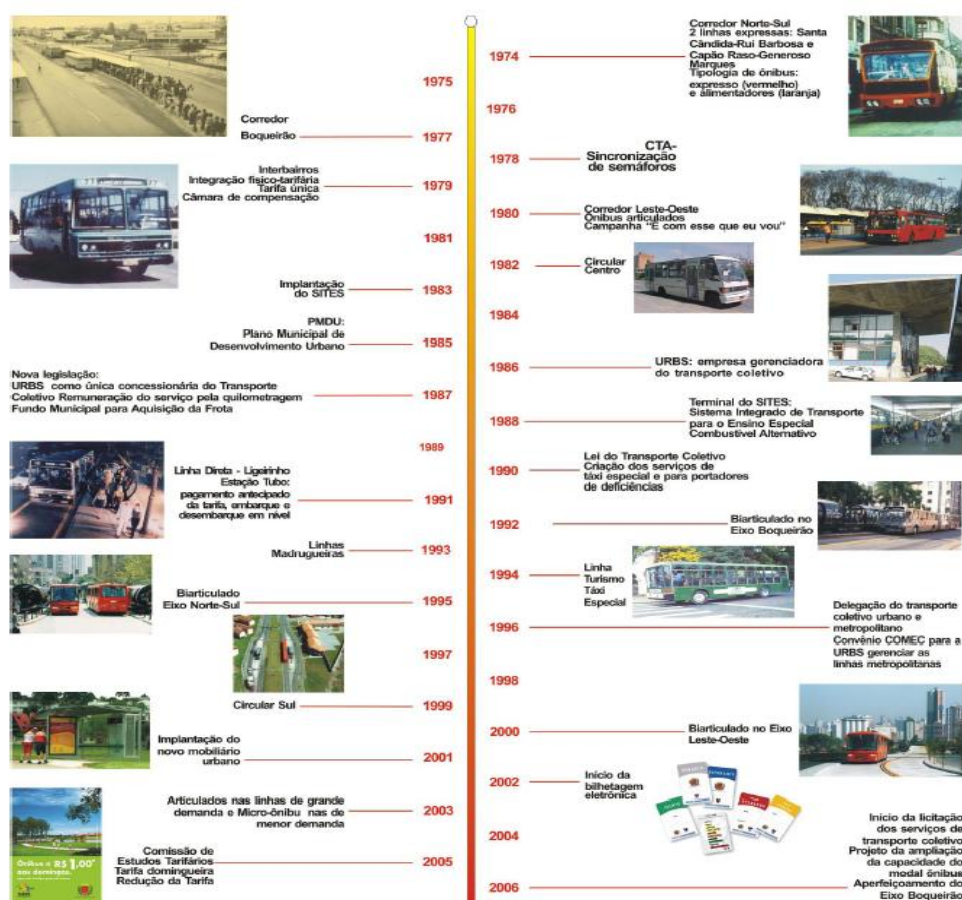
Região	Municípios limdeiros
Norte	Rio Branco do Sul; Bocaiúva do Sul, Almirante Tamandaré, Campina Grande do Sul e Colombo.
Sul	São José dos Pinhais; Mandirituba; Araucária e Contenda.
Leste	Quatro Barras e Piraquara
Oeste	Campo Largo e Balsa Nova.

Observação: A Região Metropolitana de Curitiba é formada por 25 municípios, ressalta-se que a tabela acima lista somente os município limdeiros, os quais fazem parte do processo de integração do transporte de massa com o Município de Curitiba.



Ressaltar ainda que, em 1996, Curitiba já tinha uma Rede de Transportes (RIT), consolidada, conforme ilustra a Figura 3.3, onde se mostra uma breve sinopse da evolução do Sistema de Transporte de Curitiba desde 1974, quando da implantação do 1º ônibus expresso, a criação da RIT em 1980 até o ano de 2006.

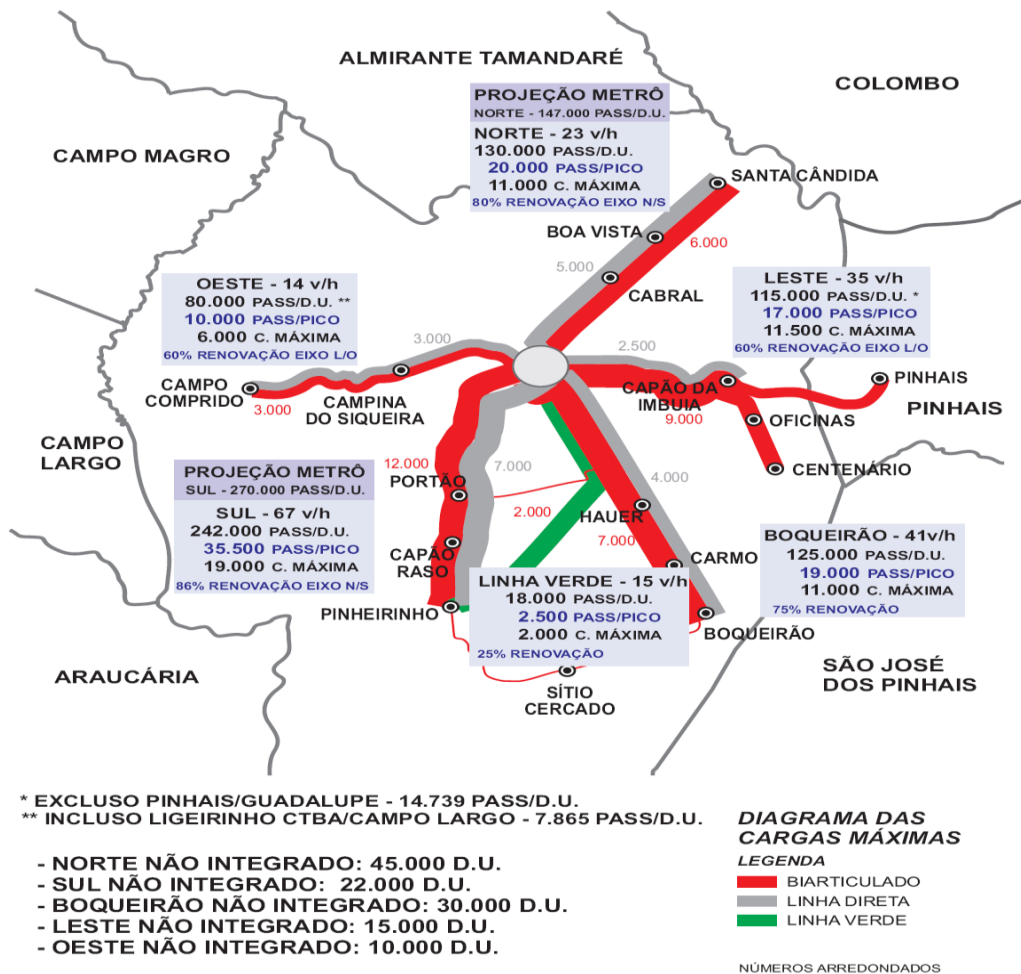
Figura 3.1.2 – Sinopse da Evolução do Sistema de Transporte de Curitiba desde 1974, até o ano de 2006.



Fonte - URBS S/A (2009)

Com os fatos citados acima ocorrendo concomitantemente e o processo de polarização dos eixos da Rede Integrada de Transporte (RIT) evoluiu. Em 2007, segundo dados obtidos na empresa gerenciadora do sistema (URBS), apresenta a configuração ilustrada pela Figura 3.1.3.

Figura 3.1.3 – Carregamento dos Diversos Eixos de Transporte da RIT em 2007

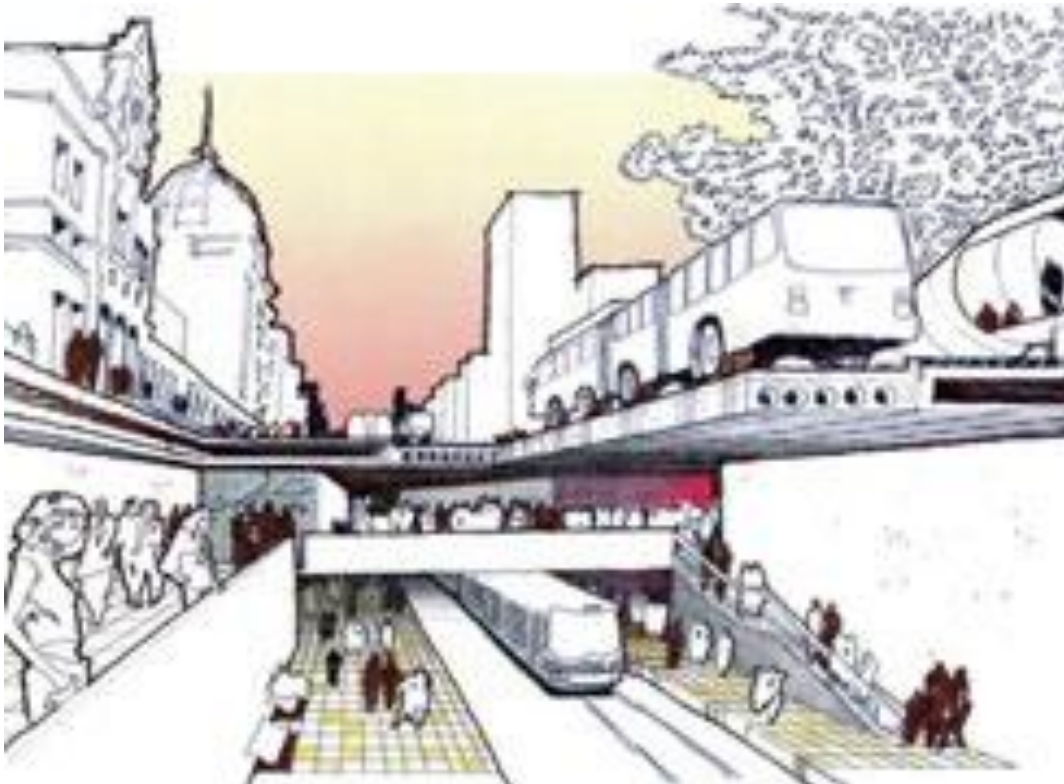


Fonte: URBS (2009).

A situação mostrada acima, aliada ao aumento populacional nas últimas décadas, acabou gerando um aumento no número de usuários do serviço de transporte coletivo, carros de passeio (veículos motorizados) e outros veículos não-motorizados, em outras palavras, toda a situação enunciada acima acabou comprometendo a Mobilidade Urbana em Curitiba e RMC.

Atualmente a prefeitura municipal de Curitiba, através do IPPUC, estuda a implantação de um novo modal, trata-se do Metrô (vide Figura 3.1.4) no eixo Norte / Sul da RIT. Pois o sistema atual, conforme números visualizados pela Figura 3.1.3, começam a apresentar sinais de saturação irreversíveis. Estudo será apresentado em detalhes no próximo item deste trabalho.

Figura 3.1.4 – Ilustração Esquemática do Metro Proposto para Curitiba



Fonte: URBS SA 2008.

### 3.2 Uso do Solo

O IPPUC (2001) em conjunto com outros técnicos responsáveis pelo planejamento da Cidade de Curitiba registram, através de observação dos dados do Censo-2000 o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que não era mais possível pensar a cidade de Curitiba de maneira isolada dos municípios vizinhos, haja vista, os impactos que o crescimento da Região Metropolitana vinha causando no tecido urbano de Curitiba.

Segundo o IPPUC (2000), foi neste período que Curitiba resolveu abraçar o desafio de agregar ações que respondessem as questões descritas a seguir:

- promover o planejamento eficaz e integrado às políticas de desenvolvimento dos municípios da RMC;
- estimular a geração de emprego e renda;
- implementar novos instrumentos de planejamento parcerias da iniciativa privada em ações conjuntas com o poder público;
- consolidar a proposta de ocupação da cidade utilizando a infra-estrutura existente, direcionando os incentivos de forma à propiciar as intervenções de maneira equilibrada em toda a cidade;
- garantir a qualidade de vida;
- assegurar a participação da comunidade na gestão Urbana;

Dentre essas ações descritas acima, uma delas dizia respeito ao zoneamento e uso do solo. Assim, a Lei de Uso e Ocupação do Solo, passou novamente no Início do ano 2000, por uma nova readequação. Na referida readequação procurou-se:

- orientar e ordenar o crescimento da Cidade;
- garantir uma densidade populacional adequada à infra-estrutura existente;
- distribuir equitativamente as atividades dentro do espaço urbano, visando a geração de emprego e renda;
- além de compatibilizar as intervenções do sistema viário e transporte coletivo.

Observou-se ainda para as modificações propostas na Lei de Uso do Solo os dados do IBGE colhidos no censo realizado em 2000 e projetado para 2005. A Tabela 3.2.1 e a Figura 3.2.1 apresentam o resultando que a taxa média de crescimento em termos das diversas Administrações Regionais tiveram um acréscimo anual de 5%.

Já na Figura 3.11, pode-se observar que o crescimento de habitantes por hectare, se manteve praticamente homogêneo de uma regional para outra, ou seja, no horizonte de 5 anos as diversas regionais cresceram em media aproximadamente 10,7 %.

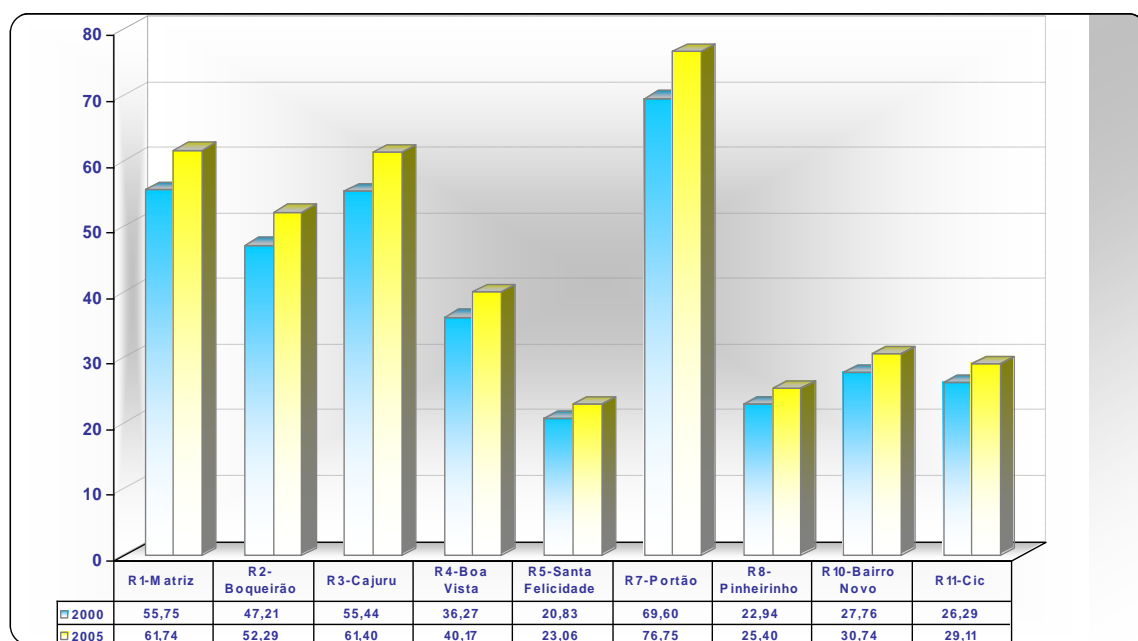
Tabela 3.2.1 – Quadro da Evolução do Número de habitantes/hectare de 2000 até 2005.

Administração Regional	Ano de 2000					Ano de 2005		
	Área	(%)	Habitantes	(%)	Habitantes/Hectare	Habitantes	(%)	Habitantes/Hectare
R01-Matriz	3628,80	8,40%	202.304	12,74%	55,75	224.046	12,75%	61,74
R02-Boqueirão	3985,90	9,22%	188.192	11,85%	47,21	208.417	11,86%	52,29
R03-Cajuru	3530,60	8,17%	195.742	12,32%	55,44	216.778	12,33%	61,40
R04-Boa Vista	6222,40	14,40%	225.696	14,21%	36,27	249.952	14,22%	40,17
R05-Santa Felicidade	6529,38	15,11%	135.981	8,56%	20,83	150.598	8,57%	23,06
R07-Portão	3346,36	7,74%	232.919	14,66%	69,60	256.843	14,61%	76,75
R08-Pinheirinho	5676,70	13,14%	130.214	8,20%	22,94	144.208	8,20%	25,40
R10-Bairro Novo	4479,30	10,36%	124.330	7,83%	27,76	137.692	7,83%	30,74
R11-CIC	5817,56	13,46%	152.937	9,63%	26,29	169.360	9,63%	29,11
<b>Total</b>	<b>43217,00</b>	<b>100%</b>	<b>1.588.315</b>	<b>100%</b>	<b>36,75</b>	<b>1.966.311</b>	<b>100%</b>	<b>45,50</b>

Fonte: Banco de Dados IPPUC/2007

Figura 3.2.1 – Evolução do Número de habitantes/ hectare por Regional em Curitiba.

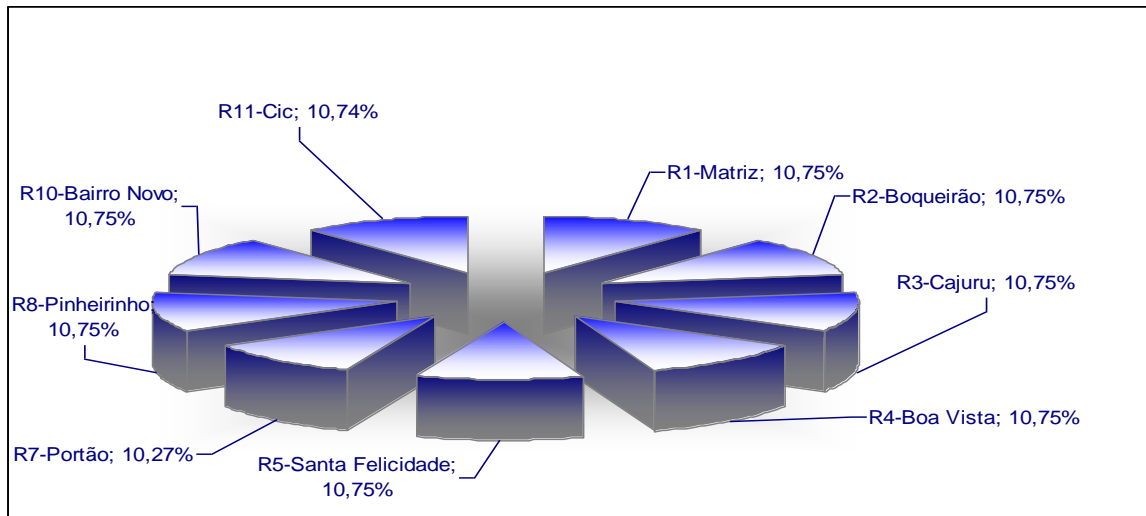
Período de 2000 até 2005



Fonte: Banco de Dados IPPUC/2007



Figura 3.2.2 – Evolução do Percentual Crescimento de habitantes/ hectare por Regional em Curitiba. Período de 2000 até 2005



Fonte: Banco de Dados IPPUC/2007.

### 3.3 Serviço de Transporte Público – Análise da Situação Atual

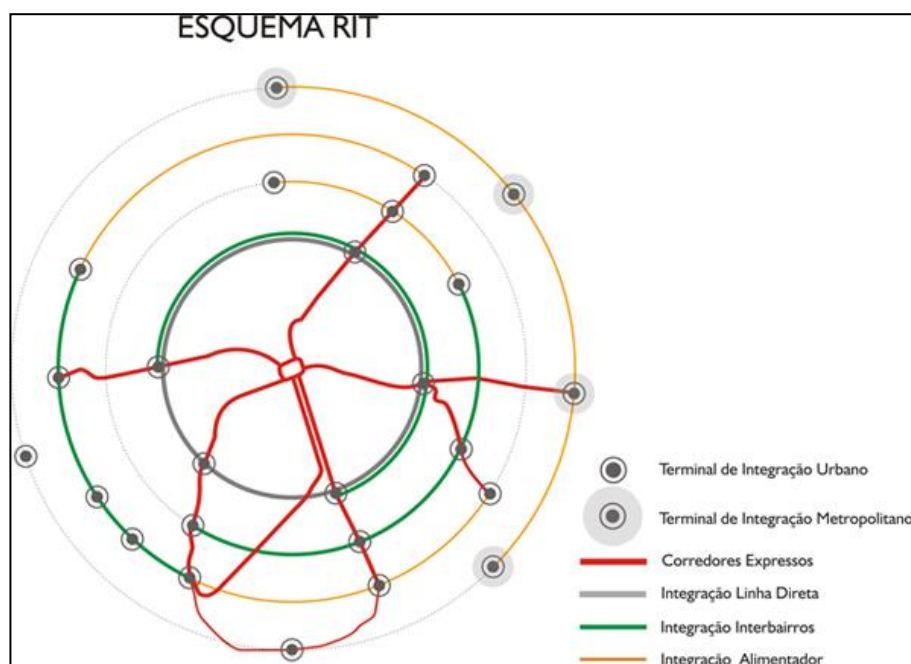
A partir de 1996 a URBS, através de convênio com o Governo do Estado, passou a controlar o transporte da Região Metropolitana de Curitiba, permitindo que a integração do transporte fosse feita em nível metropolitano, ampliando os benefícios do sistema para a população dos municípios vizinhos.

#### 3.3.1 A Estrutura Atual do Sistema de Transporte Coletivo

As principais características da estrutura do sistema de transporte de Curitiba são:

- Integração com o uso do solo e sistema viário;
- Ampla acessibilidade com o pagamento de uma única tarifa;
- Prioridade do transporte coletivo sobre o individual;
- Caracterização em rede hierarquizada;
- 72 Km de canaletas, vias e faixas exclusivas.

Figura 3.3.1 – Esquema da RIT



Fonte: URBS SA (2007)

Sistema de transporte coletivo de Curitiba é formado por diversos tipos de serviço, compondo uma Rede Integrada de Transporte – RIT, além de outros tipos de linhas.

A RIT é caracterizada pela possibilidade de efetuar diversos trajetos com o pagamento de uma única tarifa, possibilitando a utilização dos terminais de integração ou estações-tubo para os transbordos.

A RIT é formada pelas linhas:

- Expressas – operadas por veículos biarticulados, com capacidade para 270 passageiros, na cor vermelha, estão presentes nos eixos Norte/Sul, Boqueirão, Leste/Oeste e Circular Sul. O embarque e desembarque são feitos em nível, com pagamento antecipado da tarifa, nas estações-tubo.
- Troncais – operadas por veículos Padron, com capacidade para 110 passageiros, ou articulados, com capacidade para 160 passageiros, na cor amarela, destinados a ligações entre terminais de integração de bairros e o centro, sem utilizar vias exclusivas.

- Alimentadoras – ligam os terminais de integração aos bairros da região ou municípios vizinhos e são operadas com veículos comuns e micro especial, com capacidade para 80 e 70 passageiros, respectivamente, e por ônibus articulados, de cor laranja.
- Interbairros – destinadas às ligações dos eixos através dos bairros, sem passar pelo centro, são atendidas por ônibus articulados e ônibus Padron, de cor verde.
- Diretas (Ligeirinhos) – operam com veículo Padron, na cor prata, com paradas em média a cada 3 Km, com pagamento antecipado da tarifa e embarque e desembarque em nível, nas estações-tubo. São linhas auxiliares das Expressas e Interbairros.
- Terminais de Integração – permitem os transbordos entre os diversos tipos de linhas: expressas, alimentadoras, interbairros e diretas, sem o pagamento de nova tarifa. Localizam-se nos bairros, sendo a maioria nos eixos estruturais.
- Estações-tubo – paradas das linhas expressas e diretas, que permitem o pagamento antecipado da tarifa, o embarque e desembarque em nível e também a integração, no caso de estações tubo utilizadas por mais de uma linha.
- Convencionais – para ligações entre bairros e municípios vizinhos e o centro, podendo ser diametrais ou radiais, utilizam microônibus, e micro especial com capacidade para 40 e 70 passageiros respectivamente e ônibus comum, na cor amarela, com a mesma tarifa da RIT.
- Circular Centro – operada com microônibus, para 30 passageiros, com itinerário que circunda a área central da cidade, opção para usuários que não se deslocam a pé, com tarifa diferenciada equivalente a 50% da RIT.
- Ensino Especial – destinadas ao atendimento de escolares portadores de deficiência que estudam em escolas especiais, sendo atendidos por veículos comuns, sem custos para os usuários, pintados de azul e amarelo, adaptados ao transporte de cadeirantes. Utilizam um terminal especial, dimensionado para transbordo nos percursos casa-escola.
- Interhospitais – faz a ligação entre diversos hospitais, operada com ônibus na cor branca, adaptados para o transporte de cadeirantes, com a mesma tarifa da RIT.

- Turismo – operada com ônibus especial, tipo “jardineira”, fazendo a ligação entre os pontos de atração turística e os parques da cidade, com tarifa diferenciada para quatro desembarques.

### **3.3.2 Gerenciamento do Sistema de Transporte Coletivo**

O sistema de transporte coletivo da cidade de Curitiba é gerenciado pela URBS - Urbanização de Curitiba S. A., empresa de economia mista ligada à Prefeitura Municipal de Curitiba. A URBS é a única concessionária do sistema de transporte coletivo repassando a operação das linhas às empresas privadas através de permissões.

Cabe à URBS a determinação dos itinerários, tabelas horárias, tipos e características dos veículos a serem utilizados nas diversas linhas, a fiscalização do cumprimento das normas de operação, a definição do valor do custo/Km dos diversos tipos de veículos e da tarifa, o controle da quilometragem percorrida e do número de passageiros pagantes e transportados no sistema, além da remuneração das empresas operadoras permissionárias.

As normas vigentes no sistema de transporte coletivo estão estabelecidas na Lei Municipal nº 7.556/90 e no Decreto Municipal nº 210/91. O sistema é operado por 28 empresas privadas, sendo 10 permissionárias de Curitiba e 18 permissionárias da Região Metropolitana, das quais 12 da Rede Integrada de Transporte – RIT, com frota de 2.550 veículos, sendo 2.150 na RIT e 400 no sistema metropolitano e integrado. A tarifa é única, exceto nas linhas Circular Centro, Turismo e nas metropolitanas de longa distância.

A receita do sistema é pública e a remuneração das empresas operadoras é por quilômetro rodado, salvo nas linhas metropolitanas não integradas, que é por passageiro, com tarifas em função da distância.

Além da demanda de Curitiba, o sistema de transporte atende a parte da demanda metropolitana através de convênio firmado entre o Governo do Estado – COMEC e a Prefeitura Municipal de Curitiba - URBS. O perfil dessa demanda metropolitana caracteriza-se por três níveis, em relação ao sistema de Curitiba, conforme descrito a seguir:

- Região integrada diretamente com Curitiba abrange 8 municípios: Almirante Tamandaré, Araucária, Campo Largo, Campo Magro, Colombo, Fazenda Rio

Grande, Pinhais e São José dos Pinhais. As demandas são atendidas com a integração com a RIT, através de linhas diretas (ligeirinho) ligando terminais e estações tubo de Curitiba, e linhas alimentadoras conectando terminais e bairros dos municípios a terminais da RIT. Existem ainda as linhas troncais, ligando os municípios a Curitiba, e as intercidades, que fazem ligações entre as cidades da RMC, sem passar pelo centro de Curitiba, integrando os terminais metropolitanos;

- Região integrada indiretamente com Curitiba, cuja polarização é feita através de municípios limítrofes como Bocaiúva do Sul através de Colombo, Contenda através de Araucária, Itaperuçu e Rio Branco do Sul através de Almirante Tamandaré e Piraquara através de Pinhais;
- Municípios não integrados, mas com gerenciamento da URBS: Balsa Nova, Campina Grande do Sul, Mandirituba, Quatro Barras e Tijucas do Sul; e os municípios sem vinculação com o transporte coletivo de Curitiba, representados por: Adrianópolis, Agudos do Sul, Cerro Azul, Dr. Ulisses, Lapa e Tunas do Paraná.

### ***3.3.3 Situação Atual***

Nos últimos anos, o planejamento e a operação de corredores de transporte público por ônibus vêm sendo objeto de estudos e pesquisas em diversas cidades do Brasil e da América Latina. A reordenação de seus sistemas de trânsito e transporte visa a tornar o transporte coletivo mais competitivo em relação ao automóvel, e com isso minorar os efeitos negativos que os congestionamentos causam às áreas urbanas.

Curitiba, que adotou um sistema de planejamento integrado, em contínuo processo de monitoramento, sempre procurou adequar-se às novas necessidades determinadas pelo crescimento populacional.

A cidade sempre procurou responder aos crescentes desafios com idéias novas, aplicáveis à realidade local, adaptando-as à escala urbana. Nesse panorama, onde sempre se procurou avançar na direção do futuro, é que nesse momento se mostra imperiosa a necessidade de discutir o nosso sistema de transporte.

Com a consolidação dos eixos estruturais e a integração com a região metropolitana, tornou-se necessária a busca de novas tecnologias de transporte para o

atendimento adequado à demanda por transporte coletivo, até porque, devido ao aumento cada vez mais intenso do tráfego na cidade (são mais de 1.000.000 veículos em circulação, número que vem aumentando cerca de 6% ao ano), a velocidade em todo o sistema viário reduz-se a cada ano, afetando também o tempo de viagem do transporte coletivo. As linhas expressas, operadas por ônibus biarticulados em canaletas exclusivas, possuem velocidade comercial de 17,5 km/h (eixo Norte-Sul), quando em tempos anteriores chegaram a operar com 30 km/h. Essa realidade demonstra a necessidade de segregar a operação dessas linhas, evitando conflitos com o tráfego em geral que tende a se deteriorar cada vez mais, potencializando os problemas de mobilidade urbana.

Atualmente, as linhas que compõem o Eixo Norte-Sul do sistema estão sobrecarregadas, o que obriga a operarem com intervalos mínimos de até 50 segundos, nos horários de pico. As linhas diretas, criadas com o objetivo de aliviar a demanda no eixo, também estão comprometidas quanto a sua velocidade operacional, por conta do aumento de tráfego na região.

#### **3.3.4 Demanda Atual**

A demanda total na RIT da Grande Curitiba é de cerca de 2.200.000 passageiros/dia útil, concentrando 94% da demanda urbana e 73% da demanda metropolitana.

Para a grande Curitiba, o Índice de Passageiros por Quilômetro - IPK (passageiros transportados por quilômetro), que caracteriza a eficiência do sistema, é de 3,64 para todo o conjunto das linhas, para a RIT 4,63 e para o sistema convencional 1,89. Para a composição tarifária, o IPK médio (passageiros/pagantes), considerando o último ano, é de 1,99, que representa uma média/dia de 1.100.000 passageiros/pagantes.

As linhas metropolitanas totalizam 180, sendo que as integradas a RIT contam 105, com demanda de 490.000 pass./dia útil e total de 600 veículos; as não integradas com o sistema de Curitiba são em número de 75 com 130.000 pass./dia útil.

O aumento das distâncias percorridas pelas linhas, somado à fuga de passageiros, levou a uma queda significativa no IPK. A RIT sofreu uma perda de 30 % do IPK nos últimos 10 anos. Há uma migração do transporte coletivo para o privado devido a questões de rapidez, qualidade e conforto que o carro oferece. O fácil acesso ao crédito contribuiu para o aumento da frota de automóveis e motocicletas, congestionando as vias, aumentando significativamente o tempo das viagens e causando um impacto negativo ao meio ambiente.

O efeito das mudanças ocorridas no sistema de transporte afetou a cidade como um todo e seu impacto mostrou-se de forma severa no sistema de transporte coletivo.

Mais recentemente em 2008, foram deflagradas uma série de pesquisas operacionais por iniciativa da municipalidade, nos mais diversos eixos da RIT. Contemplou-se no referido estudo, tanto estações tubo, quanto terminais de integração. O objetivo desse amplo estudo foi auferir a demanda por eixo de transporte na RIT.

O resultado obtido da pesquisa de carregamento dos terminais (por eixo), foi consubstanciado na forma de um mapa temático, aqui reapresentado na forma da Figura 3.3.4.1.

Já com relação aos 5 (cinco) eixos de transporte existentes da RIT (Norte, Sul, Leste, Oeste e Boqueirão), chegou-se as seguintes conclusões:

- o eixo Sul é o eixo com maior demanda, concentrando aproximadamente 242.000 passageiros por dia útil;
- seguido do Norte, que é o segundo maior eixo, em termos de carregamento concentrando cerca de 130.000 passageiros por dia útil.
- o eixo Boqueirão, situa-se em terceiro lugar e conta com 125.000 passageiros por dia útil;
- seguido do eixo - Leste (quarto colocado) com 115.000 passageiros por dia útil;
- e finalmente, o Oeste acusou ser o quinto colocado concentrando 80.000 passageiros por dia útil, conforme ilustra a tabela 3.3.4.1, mostrada na sequência.

Tabela 3.3.4.1 – Quadro Resumo –Demanda por eixos de Transporte

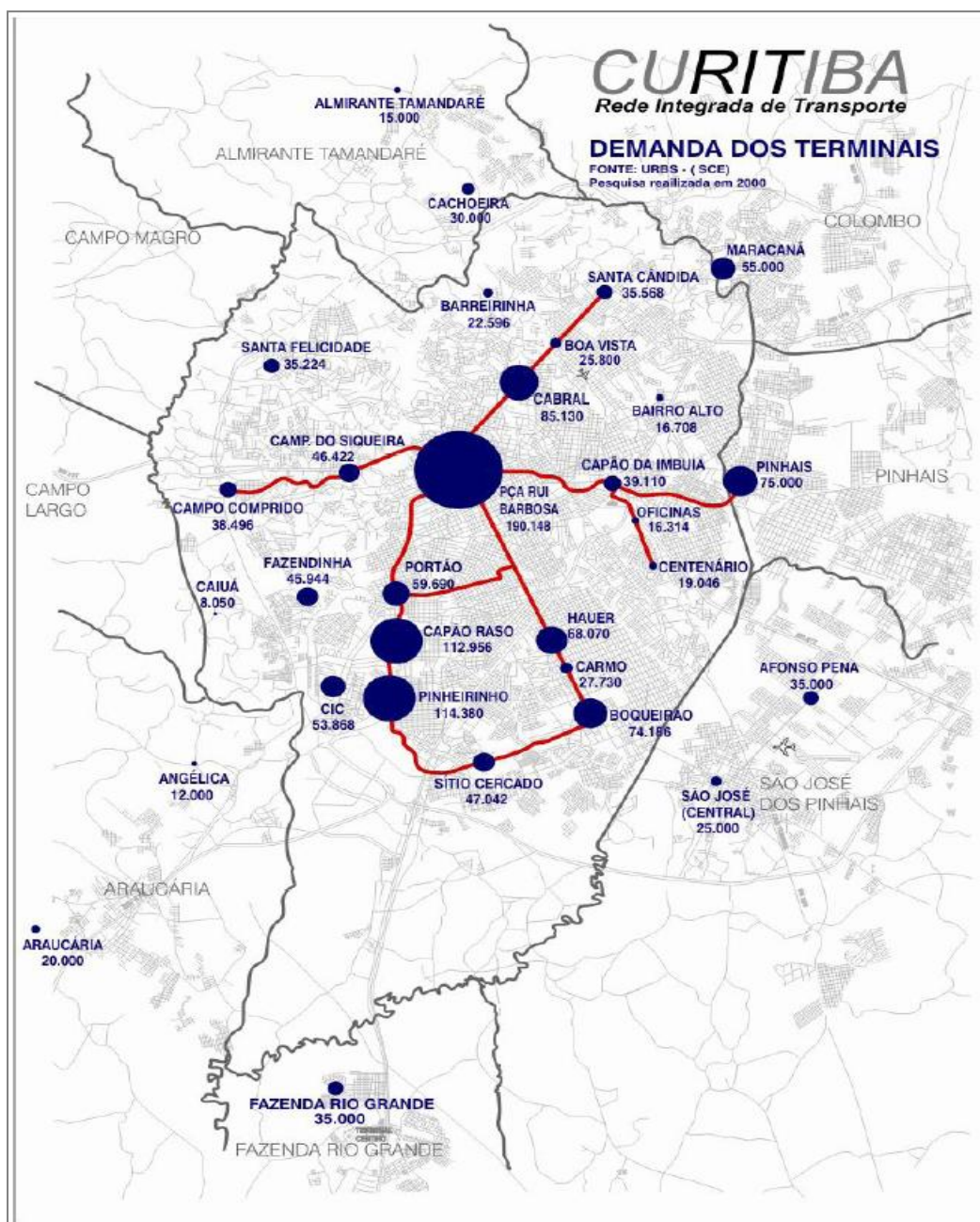
<b>Eixo</b>	<b>Viagens/Hora</b>	<b>Passageiros (Dias úteis)</b>	<b>Passageiros (HMM)</b>	<b>Carga Máxima</b>	<b>Índice de Renovação</b>
Norte	23	130.000	20.000	11.000	80%
Sul	67	242.000	35.500	19.000	86%
Leste	35	115.000	17.000	11.500	60%
Oeste	14	80.000	10.000	6.000	66%
Boqueirão	41	125.000	19.000	11.000	75%

Fonte: PLANMOB - Curitiba/2008

Obs./No quadro acima foi excluída a demanda da Linha Pinhais a Guadalupe que resultou em 14.739 Passageiros/dias úteis. Foi incluído no referido quadro o movimento de passageiros da Linha Curitiba a Campo Largo, sendo que as pesquisas acusaram o valor de 7.865 Passageiros/dias úteis.



Figura 3.3.4.1 – Mapa temático da demanda dos terminais



Fonte: PLANMOB – Curitiba /2008.

Observando a tabela 3.3.4.1 pode-se concluir que o Eixo Norte/ Sul encontra-se com a sua capacidade de transporte saturada, pois já esta transportando no sentido sul 35.500 passageiros na hora de pico. Este aponta que o sistema deverá ser substituído por um sistema de maior capacidade.

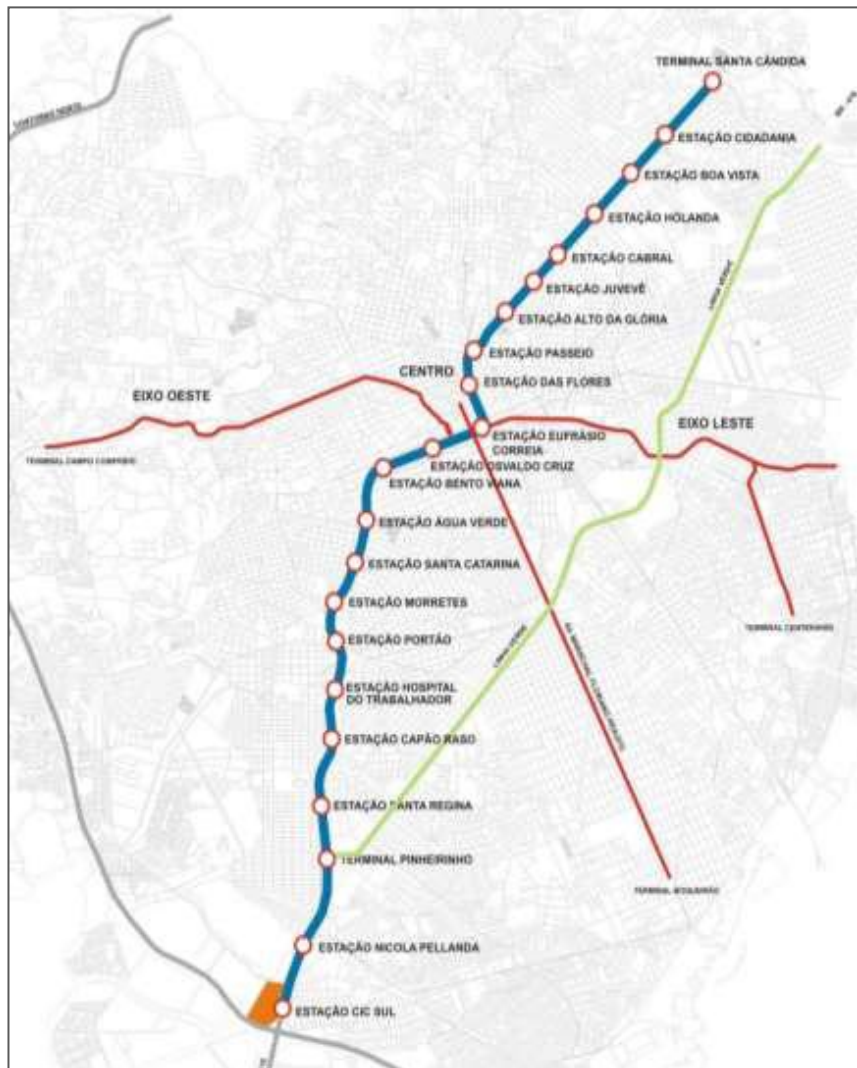
## **4 PROJETO DO METRÔ DE CURITIBA**

O objetivo deste capítulo é apresentar o projeto do metrô de Curitiba. Sendo assim este capítulo está estruturado em 3 (três) itens. O item 4.1 apresenta a localização do projeto e suas características operacionais. Já o item 4.2 apresenta-se uma análise do estudo de demanda para o eixo Norte/ Sul, local onde será implantado o metrô. No item 4.3 apresenta-se as considerações finais deste capítulo.

### **4.1 Localização e Caracterização do Projeto**

A localização estudada para a implantação do metrô de Curitiba é em baixo da atual canaleta no BRT do eixo estrutural do eixo Norte / Sul, esta localização foi escolhida, pelos diversos pontos positivos, dentre eles pode-se destacar: não serão necessárias desapropriações, pois a canaleta se encontra em via pública e por se tratar de um eixo de transporte estruturado, já tem demanda e integrações consolidadas. Ressalta-se ainda que este projeto não devolverá as faixas para circulação de veículos as faixas serão transformadas em ciclovias e parques lineares. A Figura abaixo mostra um mapa com o traçado proposto para o metrô.

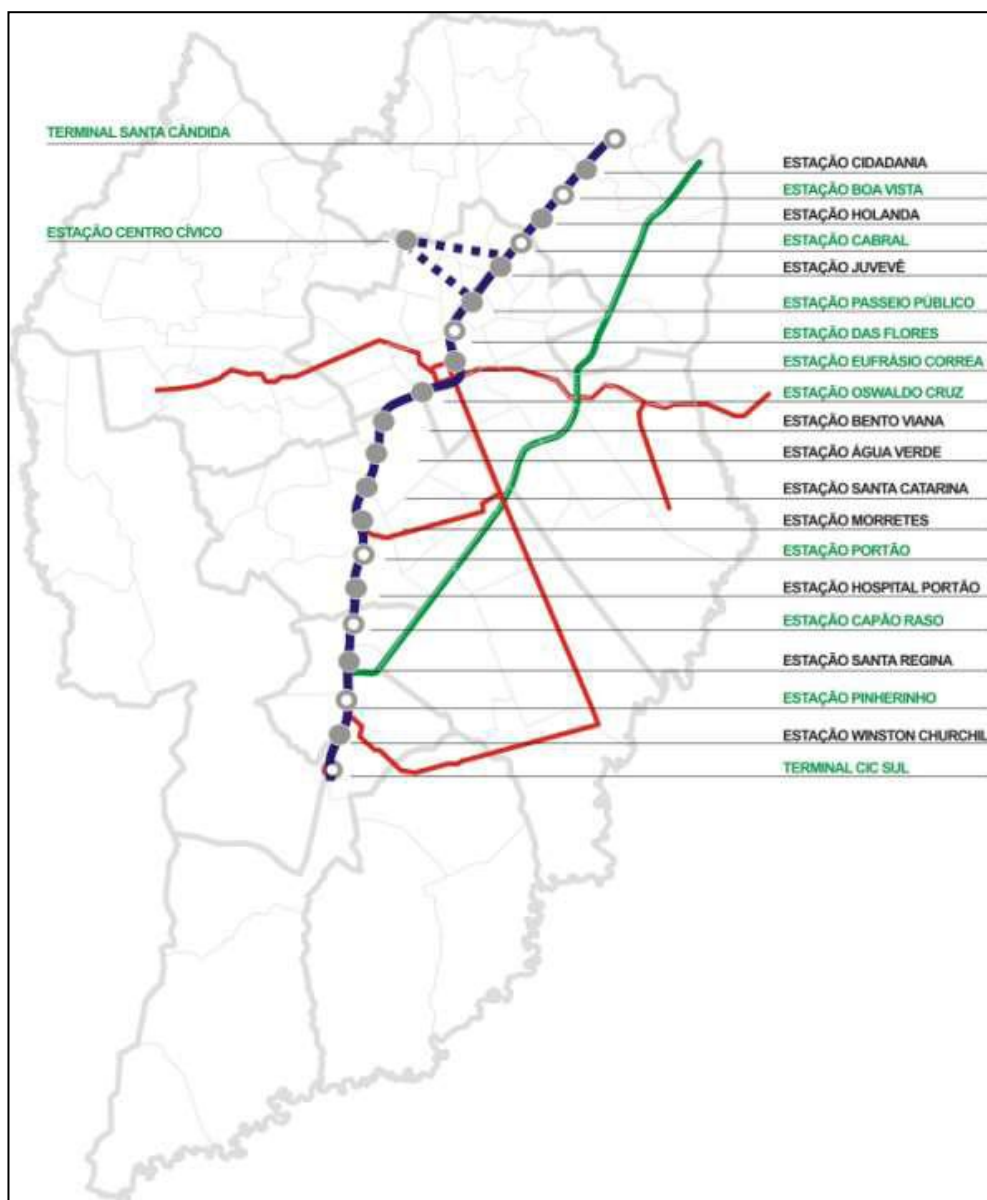
Figura 4.1.1 – Ilustração da Configuração Prevista para a Implantação da Linha do Metrô em Curitiba



Fonte: IPPUC 2009

O Metrô de Curitiba terá 22,4 km de extensão, sendo que 2,2 km em elevado e 20,2 km subterrâneo, ligando o CIC SUL (Centro industrial de Curitiba – Sul) ao Terminal Santa Cândida na região norte da cidade, ressalta-se ainda que o metrô terá 21 estações conforme demonstrado na figura abaixo.

Figura 4.2.1 – Localização das Estações do Metro de Curitiba



Fonte: IPPUC

O metrô de Curitiba será com composições de 5 carros motor, com capacidade de 1.450 passageiros por composição considerando 6 pass/ m<sup>2</sup>, com velocidade máxima de 80 km/h. No início da operação nos horários de pico, o “headway” será de 3 minutos e nos vales de 6 minutos, podendo chegar até intervalos de 90 segundos entre trens para atendimento do crescimento da demanda ao longo o tempo de vida útil do projeto.

Levando em consideração as características do projeto o IPPUC realizou um estudo de demanda para o eixo Norte/ Sul que será apresentado no item abaixo, é com este estudo que será realizado a avaliação sócio econômica objeto desta dissertação.

## **4.2 Análise do Estudo de Demanda no Eixo Norte/ Sul**

Este item tem como objetivo apresentar a metodologia adotada pelo IPPUC para a pesquisa de demanda para o Metrô de Curitiba – Linha Azul – Santa Cândida/CIC Sul. A pesquisa foi baseada em dados históricos e de pesquisas da Urbanização de Curitiba S.A. – URBS e em documentos relacionados à mobilidade urbana produzidos pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba – IPPUC, além de documentos sobre transporte coletivos elaborados para o município. Os principais documentos utilizados estão relacionados abaixo:

- Dados dos Corredores (URBS 2009);
- Pesquisa Embarque Norte/Sul e Sul/Norte (URBS 2009);
- Quadro Operacional dos Terminais (URBS 2009);
- Movimento de Passageiros (URBS 2008);
- Histórico Estatístico de Passageiros Transportados (URBS 2009);
- Dados de Passageiros por Empresa (URBS 2002);
- Pesquisa Origem/Destino (URBS 2002);
- Documento Perspectiva para um Novomodal (IPPUC 2007);
- Edital de Licitação 002/2007 (IPPUC 2007);
- Sistema de Transporte de Passageiros de Alta Capacidade – STAC (IPPUC 2000);
- Curitiba em Dados (IPPUC 2008);
- Pesquisa de Embarque/Desembarque (IPPUC 2009);
- Pesquisa de Disposição de Mudança de Modal (IPPUC/ICI 2009).

#### 4.2.1 Demandas Consideradas

Os dados coligidos foram organizados e planilhados, sendo consideradas quatro demandas para o Sistema Metrô de Curitiba, a saber:

- Linhas que atualmente estão na canaleta: Trata-se das linhas que atualmente encontram-se na canaleta exclusiva do eixo norte/sul.
- Linhas diretas: Trata-se das linhas diretas que atualmente demandam o sistema viário e que poderão ser incorporadas pelo sistema de metrô.
- Linhas integradas: Trata-se das linhas que fazem parte da RIT, mas que não realizam transbordo nos terminais do eixo norte/sul e que serão incorporadas pelo sistema.
- Linhas não integradas: Trata-se das linhas que ainda não fazem parte da RIT, são gerenciadas pela URBS e que poderão ser incorporadas pelo sistema.

O critério considerado para alocação das demandas foi o seguinte:

- Linhas que atualmente estão na canaleta norte/sul: foi considerada a pesquisa de embarque, sentido norte/sul e sul/norte, realizada pela URBS no mês de março 2009. Enquadram-se nesta situação as linhas Pinheirinho/Rui Barbosa, Santa Cândida/Capão Raso e Circular Sul (horário e anti-horário) (IPPUC-2009).
- Linhas diretas: Nesta categoria foram contabilizadas as linhas Santa Cândida/Pinheirinho, Sítio Cercado (horário/anti-horário), Araucária, Colombo/CIC e Guaraituba/Cabral e Ligeirinho Fazenda Rio Grande (IPPUC-2009).
- Linhas integradas: Foram incluídas as linhas Curitiba/Maracanã, Curitiba/Guaraituba, Curitiba/Colombo (Rodovia da Uva), Curitiba/Jardim Osasco, Curitiba/Jardim Cezar Augusto, Curitiba/Jardim Arapongas, Curitiba/São Sebastião, Curitiba/jardim Curitiba, Curitiba/Jardim São Gabriel, Curitiba/Roça Grande, Curitiba/Colombo (Cambará), Curitiba/Colombo (Guaraci), Curitiba/Jardim Ana Rosa, Curitiba/Santa Tereza, Curitiba/Conjunto Atuba, Curitiba/Vila Zumbi, Curitiba/Vila Palmital,

Curitiba/Campina Grande do Sul, Curitiba/Eugênia Maria, Curitiba/Timbu e Curitiba/Pousada (IPPUC-2009).

- Linhas não integradas: Nesta categoria foram consideradas as linhas Água Branca/Fazenda Rio Grande, Curitiba/Mandirituba, Curitiba/Areia Branca, Curitiba/Campina dos Paulas, Fazenda Rio Grande/Mandirituba, Fazenda Rio Grande/Areia Branca, Curitiba/Fazenda Rio Grande, Quitandinha/Pinheirinho, LG, Ferreiras/Pinheirinho, Agudos do Sul, Curitiba/Araucária e Curitiba/Contenda (IPPUC-2009).

#### **4.2.2 Critério para Alocação das Demandas**

O critério para a alocação das demandas que estão na canaleta foi a própria contagem realizada pela URBS no mês de março 2009 e a pesquisa do IPPUC realizada no mesmo período, nos dois sentidos, transposta ponto a ponto ao longo do eixo.

Para a linha expressa Circular sul foram considerados os embarques e desembarques no trecho entre o trecho Terminal Pinheirinho e Terminal Portão nos dois sentidos (URBS-2009).

Para a alocação das demandas da linha direta Pinheirinho/Santa Cândida as quantidades foram tiradas diretamente da pesquisa da URBS.

Para a linha Sítio Cercado e a linha direta Colombo/CIC, parte dos dados foram obtidos da pesquisa URBS e complementados com uma pesquisa de embarque ao longo da seus itinerários. Para o caso desta linha foi considerado aproximadamente 50% da demanda/dia útil por sentido, transpondo dos pontos ao longo da linha para os pontos mais próximos do eixo norte/sul e utilizado as contagens obtidas nos terminais Cabral (sentido norte/sul) e Capão Raso (sentido sul/norte) (IPPUC-2009).

Para a linha direta Araucária/Curitiba que tem uma demanda de aproximadamente 18 mil passageiros/dia foi considerado 60% da demanda embarcando no Terminal Capão Raso e desembarcando na Estação Central e 40% da demanda embarcando na Estação Central e desembarcando no Terminal Capão Raso (IPPUC-2009).

O IPPUC considerou para a linha direta Fazenda Rio Grande com demanda dia útil de aproximadamente 20 mil passageiros, foi adotado que, 50% da demanda embarcando no Terminal CIC/Sul e desembarcando na Estação Central e 50% da demanda no sentido contrário.

Para as linhas não integradas que atualmente chegam no centro da cidade e passarão a ser integradas no terminal CIC/Sul, o IPPUC considerou que 50% da demanda/dia útil embarcando no terminal CIC/Sul e desembarcando na Estação Central e 50% da demanda no sentido inverso.

Já para as linhas integradas que atualmente vêm da Região Norte da Cidade com destino ao Terminal do Guadalupe, parte das linhas foi integrada no Terminal Santa Cândida e parte foi integrada no Terminal Cabral, sendo considerado 50% da demanda dia útil por sentido. O critério para a divisão entre os dois terminais foi o itinerário atualmente realizado pelas linhas.

A partir destes critérios os dados foram consolidados em uma planilha eletrônica, por sentido, apresentando as demanda por linha (dia/útil) e os embarques e desembarques, ponto a ponto, ao longo do eixo norte/sul.

#### ***4.2.3 Critério para Transferência dos Pontos do Eixo Norte / Sul para Estações do Metrô***

Para o Sistema de Metrô de Curitiba está sendo considerada a implantação de 21 estações de embarque e desembarque. Na tabela abaixo será apresentada a relação das estações propostas para o metrô conforme a relação a seguir.



Tabela 4.3.3.1 – Relação das Estações do Metrô de Curitiba

ESTAÇÕES DO METRÔ		
1 - Santa Candida	8 -Passeio	15 - Morretes
2 - Cidadania	9 - Central	16 - Terminal Portão
3 - Terminal BV	10 - Eufrásio	17 - Trabalhador
4 - Holanda	11 - Osvaldo C	18 - Terminal Capão Raso
5 - Terminal Cabral	12 - B Viana	19 - Santa Regina
6 - Juvevê	13 - A verde	20 - Terminal Pinheirinho
7 - Mauá	14 - Santa Catarina	21 - CIC/ SUL

Fonte: IPPUC 2009

Os pontos de parada do eixo/norte sul têm uma distância aproximada de 500 metros entre si. As estações do metrô foram concebidas com uma distância média entre elas de 1000 metros. Desta forma, a cada estação do metrô estarão vinculados 3 pontos de embarque atual. O critério adotado para as transferências de demanda entre os pontos atuais e os pontos do metrô é o seguinte:

- Na estação do metrô coincidente com o ponto de parada atual considera-se 100% da demanda do ponto para a estação;
- Nos pontos, imediatamente anterior e posterior, ao ponto coincidente com a estação do metrô considera-se 50% da demanda de cada ponto para a estação do metrô.
- Casos especiais em que esta regra não se aplica são considerados os percentuais globais para a respectiva estação do metrô.

O critério de distribuição adotado considera que o passageiro que está na metade do caminho entre o ponto e a estação do metrô, escolherá a menor distância a ser percorrida até a estação (IPPUC-2009).

#### **4.2.4 Expansão dos Desembarques para Todo o Período na Canaleta e Definição da Demanda Total por Sentido**

A pesquisa realizada pela URBS no mês de março-2009 contabiliza todos os embarques por sentido, na canaleta do expresso, durante o período de operação do sistema (6H00 às 24H00) no eixo norte/sul.

Para verificação da carga por ponto o IPPUC realizou uma pesquisa de embarque/desembarque no mês de março/2009 nos horários de 6H00 às 7H00, 7H00 às 8H00, 8H00 às 9H00, 17H00 às 18H00, 18H00 às 19H00 e 19H00 às 20H00.

Como a pesquisa não abrange todo o período de operação, para expandir a demanda da pesquisa para o dia todo foi utilizado o percentual de embarque das horas da pesquisa da URBS em relação ao total do dia, aplicados sobre o resultado da hora.

Segundo o IPPUC, foi escolhida a expansão do período em que houve a menor diferença projetada entre embarque e desembarque e o número foi corrigido para a quantidade de passageiros embarcados obtidos pela URBS. Para o caso do sentido Norte/Sul a menor diferença constada foi no horário de 18H00 às 19H00, que representa 10,88% da movimentação diária. Para o sentido Sul/Norte a menor diferença foi constada no período da 7H00 às 8H00, que representa um percentual de 12,55% do total do dia.

Com base nestas informações os dados da pesquisa de desembarque das linhas, que estão na canaleta norte/sul, foram corrigidos para serem adequados aos dados obtidos pela pesquisa de embarque da URBS. Conforme pode ser visto nas tabelas abaixo.

Tabela 4.3.4.1 – Expansão dos Desembarques na Canaleta no Sentido Norte / Sul

	<b>Valor contato – dia (URBS)</b>	<b>Valor projetado pesquisa (IPPUC)</b>	<b>Diferença em %</b>
Embarque	135.002	132.813	1,62
Desembarque		134.963	0,02

Fonte: IPPUC 2009

Tabela 4.3.4.2 – Expansão dos Desembarques na Canaleta no Sentido Sul / Norte

	<b>Valor contato – dia (URBS)</b>	<b>Valor projetado pesquisa (IPPUC)</b>	<b>Diferença em %</b>
Embarque	155.209	148.040	4,62
Desembarque		142.916	7,92

Fonte: IPPUC 2009

Considerando-se os embarques da pesquisa da URBS e os desembarques corrigidos conforme os critérios acima chegou-se ao número de embarque/desembarque por estação do eixo Norte / Sul existentes atualmente.

Avaliando as pesquisa de embarque e desembarque realizada pela URBS no período de 24 horas, selecionou-se os horários mais representativos do pico e do vale e com os percentuais de demanda por sentido foi construída uma tabela de demanda e carga das estações do metrô por sentido e chegou-se a uma demanda de 259.900 pass / dia no sentido Norte/ Sul e de 304.064 pass / dia no sentido Sul / Norte.

As tabelas a seguir apresentam as demandas e as cargas por estação do Metrô.

Tabela 4.3.4.3 – Demanda por Estação no Sentido Norte / Sul

	<b>Estação</b>	<b>Embarque (pass/dia)</b>	<b>Desembarque (pass/dia)</b>	<b>Carga</b>
1	Santa Cândida	25.430	0	25.430
2	Cidadania	3.542	853	28.119
3	Terminal BV	10.399	1.683	36.835
4	Holanda	2.406	633	38.608
5	Terminal Cabral	53.654	5.546	86.716
6	Juvevê	952	868	86.800
7	Mauá	2.058	502	88.356
8	Passeio	4.911	3.700	89.567
9	Central	43.153	40.394	92.326
10	Eufrásio	26.698	14.279	104.745
11	Oswaldo C	10.615	6.506	108.854
12	B Viana	9.091	6.283	111.662
13	A Verde	5.083	4.158	112.587
14	Santa Catarina	3.935	4.689	111.833
15	Morretes	4.686	6.672	109.847
16	Terminal Portão	27.143	34.173	102.817
17	Trabalhador	2.655	2.121	103.351
18	Terminal Capão Raso	22.358	59.533	66.176
19	Santa Regina	939	1.708	65.407
20	Terminal Pinheirinho	192	44.377	21.222
21	CIC /Sul	0	21.222	0
<b>Total de Embarques e Desembarques</b>		<b>259.900</b>	<b>259.900</b>	

Fonte: IPPUC

Obs: O período de operação considerado foi das 6 às 24 horas

Tabela 4.3.4.4 – Demanda por Estação no Sentido Sul / Norte

	<b>Estação</b>	<b>Embarque (pass/dia)</b>	<b>Desembarque (pass/dia)</b>	<b>Carga</b>
21	CIC /Sul	21.212	0	21.212
20	Terminal Pinheirinho	43.642	0	64.836
19	Santa Regina	3.771	96	68.511
18	Terminal Capão Raso	57.011	9.224	116.298
17	Trabalhador	6.532	211	122.619
16	Terminal Portão	52.856	15.286	160.189
15	Morretes	3.321	7.286	156.224
14	Santa Catarina	3.171	6.552	152.843
13	A Verde	6.600	17.912	141.531
12	B Viana	19.509	42.684	118.356
11	Oswaldo C	4.723	27.743	95.336
10	Eufrásio	17.078	43.323	69.091
9	Central	39.699	55.338	53.452
8	Passeio	6.330	5.606	54.176
7	Mauá	1.478	2.776	52.887
6	Juvevê	2.104	1.506	53.485
5	Terminal Cabral	9.975	41.533	21.927
4	Holanda	1.157	827	22.257
3	Terminal BV	2.786	2.493	22.550
2	Cidadania	1.118	1.658	22.010
1	Santa Cândida	0	22.010	0
<b>Total de Embarques e Desembarques</b>		<b>304.064</b>	<b>304.064</b>	

Fonte: IPPUC

Obs: O período de operação considerado foi das 6 às 24 horas

#### 4.2.5 Critérios de Projeção de Demanda e Cálculo da Expansão da Demanda para a Vida Útil do Projeto do Metrô.

Para a projeção de demanda foi considerada uma pesquisa de disposição de mudança de modal realizada pelo IPPUC/ICI no ano de 2008. Esta pesquisa foi realizada nos bairros localizados na área de abrangência do eixo norte/sul. Obteve-se um percentual de 25,82% de pessoas dispostas a trocar o automóvel pelo transporte coletivo, no caso de implantação de um modal com maior conforto e confiabilidade.

Foram utilizadas também as taxas de crescimento populacional projetadas pelo IPPUC até o ano de 2020. A partir de 2020 até 2044 foi utilizada a mesma taxa obtida para o ano de 2020. A tabela 4.3.5.1 abaixo apresenta a pesquisa de disposição de mudança de modal expandida e a taxa de crescimento populacional para os anos de vida útil do projeto.

Tabela 4.3.5.1 – Pesquisa de Disposição de Mudança de Modal e Taxa de Crescimento Populacional ao Longo da Vida Útil do Projeto.

Pesquisa de disposição de mudança de modal (IPPUC)		25,82 %		
Taxa de crescimento populacional	2008/2009	1,49%	0,3849%	27,69%
	2009/2010	1,32%	0,3645%	29,37%
	2010/2011	1,27%	0,3742%	31,02%
	2011/2012	1,25%	0,3875%	32,66%
	2012/2013	1,22%	0,3978%	34,28%
	2013/2014	1,21%	0,4130%	35,89%
	2014/2015	1,19%		1,19%
	2015/2016	1,19%	0,0142%	2,39%
	2016/2017	1,17%	0,0281%	3,60%
	2017/2018	1,15%	0,0413%	4,79%
	2018/2019	1,13%	0,0541%	5,97%
	2019/2024			5,97%
	2024/2034	5,97%		
	2034/2044	5,97%	0,3564%	12,30%
<b>ACUMULADO</b>				<b>92,45%</b>

Fonte: IPPUC

Com os dados da pesquisa embarque e desembarque realizada pela URBS, das pesquisas sobre e desce e disposição de mudança de modal realizada pelo IPPUC e a taxa de crescimento populacional estimada para a cidade foi obtida a projeção de demanda para a vida útil do projeto. Estas estimativas serão utilizadas para a avaliação sócio econômica do projeto. A tabela abaixo apresenta a projeção de demanda.

Tabela 4.3.5.2 – Projeção da Demanda para a Vida Útil do Projeto

Ano	Demanda (ano)	Demanda (dia útil)
2009	174.034.053	580.114
2014	236.500.336	788.334
2019	250.618.533	835.395
2024	265.579.533	885.265
2029	281.433.649	938.112
2034	298.234.200	994.114
2039	316.037.680	1.053.459
2044	334.903.962	1.116.347

### 4.3 Considerações Finais

Neste capítulo apresentados as características do projeto do metrô de Curitiba e a pesquisa de demanda realizada pelo IPPUC para o tempo de vida útil do metrô.

Com base nos dados de demanda apresentados pela pesquisa será realizada a avaliação socioeconômica e a análise da economia de combustível com a implantação do projeto do metrô. A avaliação socioeconômica será apresentada no capítulo 5.

## **5 ANÁLISE DO FINANCIAMENTO DO METRÔ DE CURITIBA ATRAVÉS DOS GANHOS SOCIOECONÔMICOS E DA ECONOMIA DE PETROLÉO**

A avaliação econômica qualifica e quantifica as deseconomias Urbanas. Quando se quantifica estas deseconomias, calcula-se o que poderíamos deixar de gastar com a adoção de um sistema sobre trilhos. As deseconomias calculadas foram:

- tempo de viagem;
- combustível consumido nos congestionamento;
- emissão de poluentes;
- custos operacionais dos ônibus;
- e acidentes de trânsito.

No estudo de viabilidade desenvolvido aqui, para o cálculo da quantificação das deseconomias urbanas geradas pela substituição do sistema rodoviário existente atualmente, pelo metroviário, utilizou-se a metodologia desenvolvida pelo IPEA e ANTP e a metodologia desenvolvida pelo Banco Mundial para financiamento de projetos metroviários em países em desenvolvimento.

Na análise benefício / custo foram realizadas a projeção destes valores para o horizonte de 35 anos para a elaboração do fluxo de caixa, visto que este é o tempo mínimo de vida útil do projeto.

Para a avaliação econômica foi utilizado o custo de projeto estimado pelo IPPU 2009, para realização da 1ª etapa da obra. A tabela abaixo descreve os investimentos para a implantação do sistema e o valor total a ser investido.



Tabela 5.1 – Custo para Implantação da 1ª etapa do Metrô de Curitiba

<b>Itens</b>	<b>Descrição</b>	<b>Total R\$</b>	<b>%</b>
01	Obras Civis	1.269.319.081,95	56,34
02	Via Permanente	83.476.344.,12	3,70
03	Sistemas	387.655.293,52	17,26
04	Material Rodante	324.000.000,00	14,38
05	Custos Concorrentes	90.487.000,00	4,02
<b>Sub total</b>		<b>2.154.940.719,59</b>	<b>95,70</b>
Contingências		98.000.000,00	4,30
<b>Total Geral</b>		<b>2.252.940.719,59</b>	<b>100,00</b>
Custo por km		176.010.993,72	

### 5.1 Cálculo do Ganho de Tempo

A viagem a trabalho tem valor produtivo para os empregados e a sociedade, sendo o modelo para avaliação do valor do tempo o salário por uma unidade de tempo (normalmente por hora) ou taxa de salário acrescido dos custos adicionais para o empregador.

No Brasil, os custos adicionais para o empregador são classificados de acordo com a tabela 2.2.1 de encargos sociais e trabalhista apresentada no capítulo 2 , utilizando os dados calculou-se o valor econômico do salário financeiro ou de mercado, que reflete as distorções existentes no mercado de trabalho, estabelece-se a taxa do preço sombra da taxa do salário por hora pela média ponderada destas taxas coletadas no estudo de demanda mais os custos adicionais para o empregador.

O valor do tempo foi então multiplicado pelo número de horas economizadas com a introdução do metrô. Os valores serão apresentados ano a ano na tabela 5.2.1 – Fluxo de Caixa Socioeconômico – Projeto Metrô de Curitiba

## **5.2 Cálculo da Redução de Poluição**

Para o cálculo do custo com acidentes foi utilizado o adotado pelo Banco Mundial no Estudo de Baixo Carbono (2010). O Estudo o cálculo do benefício advindo da “redução dos custos de poluição” os obtidos a partir de valores básicos adotados no “Estudo de Redução das Deseconomias Urbanas com a Melhoria do Transporte Público”, coordenado pelo IPEA e ANTP, de Agosto de 1998. Foram realizadas atualizações com os parâmetros de emissão apurados para a região metropolitana de São Paulo, pela CETESB (2009).

Este estudo envolveu dez cidades brasileiras e permitiu a quantificação das perdas anuais nestas cidades em função da ineficiência dos sistemas de transporte. Estas reduções em termos de veículos x km, multiplicadas pelos custos unitários de poluição referentes a cada um dos modos, permitem a determinação do benefício anual gerado pela redução da poluição atmosférica.

Os resultados estão consolidados na tabela 5.2.1 – Fluxo de Caixa Socioeconômico – Projeto Metrô de Curitiba

## **5.3 Cálculo do Custo de Acidentes**

Para o cálculo do custo com acidentes foi utilizado o adotado pelo Banco Mundial nos seus estudos de viabilidade para financiamentos de projetos o valor R\$ 0,151 por veículo x km, este valor foi empregado nos (Staff Appraisal Report. “Belo Horizonte Metropolitan Transport Decentralization Project”, june 1995) e (Staff Appraisal Report. “Recife Metropolitan Transport Decentralization Project”, june 1995).

Para o cálculo do custo com acidentes foi utilizada a metodologia adotada pelo Banco Mundial nos seus estudos de viabilidade para financiamentos de os dados de custos unitários de acidentes para os sistemas de transporte coletivo por ônibus foram obtidos em estudos realizados pelo Banco Mundial no Brasil, particularmente os Programas de Descentralização da CBTU para os Sistemas de Trens Urbanos do Rio de Janeiro, São Paulo, Belo Horizonte e Recife, e no Relatório Estudo de Baixo Carbono para o Brasil (2010).

O procedimento de cálculo adotado para este tipo de benefício considera custos específicos de acidentes para cada modo de transporte. Os produtos destes custos específicos pelo diferencial do total de passageiros x km entre as situações com e sem projeto para cada modo de transporte considerado, e para cada horizonte de modelagem, determinam os benefícios anuais.

A formulação matemática geral, para cada modo de transporte considerado, é dada por:

$$RCAcid = ((Pass \times km \ SP - Pass \times km \ CP) \times C \ Acid / FP - Oferta) \times Dias / Ano$$

Onde:

*RCAcid = Redução do Custo de Acidentes*

*Pass x km SP = Total de passageiros x km no período de pico para a situação sem projeto*

*Pass x km CP = Total de passageiros x km no período de pico para a situação com projeto*

*FP - Oferta = Fator de Pico referente à demanda*

*C Acid = Custos unitários de acidentes, específicos ônibus, determinados a partir de estudos realizados pelo Banco Mundial para sistemas de transporte no Brasil*

*Dias / Ano = Total de dias equivalentes no ano*

Os resultados estão consolidados tabela 5.2.1 – Fluxo de Caixa Socioeconômico – Projeto Metrô de Curitiba

#### **5.4 Cálculo do Custo Operacional e Consumo de Combustível**

Este custo foi calculado através da demanda estimada para o metrô e a quilometragem que os ônibus deixaram de realizar com a introdução do projeto, multiplicado pelo custo operacional do ônibus. Este valor envolve, além de outros custos, a economia com o consumo de diesel. Os valores desta redução estão na tabela 5.2.1 – Fluxo de Caixa Socioeconômico – Projeto Metrô de Curitiba.

## 5.5 Cálculo da Economia de Barris de Petróleo

Para o cálculo da economia de barris de petróleo alcançada com a implantação do Metrô de Curitiba utilizou-se o cálculo da quilometragem que os ônibus deixaram de produzir com a substituição do sistema de BRT (Bus Rapid Transit), pelo metrô. Com a estimativa de rodagem multiplicou-se pelo coeficiente de consumo de ônibus de 0,850 l/km (Cálculo de tarifas de ônibus Urbanos- EBTU, 1996). Assim foi obtido o volume de 1.546.648.176 litro de óleo diesel economizado.

A seguir, foi feito um cálculo do valor economizado utilizando o preço do diesel na bomba, para Curitiba de R\$2,04 (valor médio para Curitiba, ANP-2011) e foi obtido o valor de R\$ 3.155.162.279 para o horizonte de 35 anos. A tabela com os cálculos encontra-se em anexo.

Para o cálculo de barris de petróleo economizado, foi utilizada a tabela 5.5.1 abaixo. Nela estão as informações sobre o percentual do volume de petróleo transformado em cada derivado.

Tabela 5.5.1 – Percentual de Extração de Derivados por Refino do Petróleo Definidos no Mercado de Consumo Brasileiro em 2001

Distribuição no refino do petróleo (% do volume de Petróleo)	
GLP	8,1
Nafta	10,5
Gasolina	19,5
Querosene	2,6
Diesel	36,4
Outros	22,9

Fonte:(SCHAEFFER , ET AL., 2004 apud TAVARES, 2005).

Considerando que será economizado ao longo de 35 anos 1.546.648.176 litro de óleo diesel, transformando este valor em barris de petróleo serão necessários 9.712.951 barris, multiplicando-se pelo valor do Barril (US\$ 113,34-2011 APN) e a cotação média do dólar em 2011 R\$ 1,84, obteve-se uma economia de R\$ 2.025.593.099, que corresponde a 90% do valor estimado para a implantação da primeira etapa do metrô de Curitiba.

## 5.6 Análise dos resultados da Avaliação Socioeconômica

Tabela 5.6.1 – Fluxo de Caixa Socioeconômico (x 1.000) – Projeto Metrô de Curitiba

ano	benefícios diretos			externalidades		benefícios totais	custos operacionais				Benefícios menos custos	Custo de Investimento + Custo de Projeto
	ganho de tempo	Custo Operacional do onibus	custo gerenc. sistema	custo de acidentes	custo da poluição		custos de investimento	custo atual	custo com projeto	custos diferenciais		
1	0	0	0	0	0	0	142.073	0	0	0	-142.073	142.073
2	0	0	0	0	0	0	253.914	0	0	0	-253.914	253.914
3	0	0	0	0	0	0	357.379	0	0	0	-357.379	357.379
4	0	0	0	0	0	0	531.697	0	0	0	-531.697	531.697
5	0	0	0	0	0	0	426.271	0	0	0	-426.271	426.271
6	144.538	78.931	2.368	2.498	4.191	232.526	48.633	100.677	52.044	180.482	100.677	100.677
7	180.660	86.471	2.594	3.122	5.238	278.085	48.633	102.885	54.252	223.833	102.885	102.885
8	212.447	93.105	2.793	3.672	6.160	318.177	48.633	105.099	56.466	261.711	105.099	105.099
9	233.904	97.584	2.928	4.042	6.782	345.239	48.633	107.321	58.688	286.552	107.321	107.321
10	247.421	100.405	3.012	4.276	7.174	362.288	48.633	109.549	60.916	301.373	109.549	109.549
11	256.703	102.342	3.070	4.436	7.443	373.996	48.633	111.784	63.151	310.845	111.784	111.784
12	261.437	103.330	3.100	4.518	7.580	379.966	48.633	114.026	65.393	314.573	114.026	114.026
13	266.218	104.328	3.130	4.601	7.719	385.997	48.633	115.905	67.272	318.725	115.905	115.905
14	271.047	105.336	3.160	4.684	7.859	392.087	48.633	117.783	69.150	322.937	117.783	117.783
15	275.925	106.354	3.191	4.769	8.001	398.239	48.633	117.783	69.150	329.089	117.783	117.783
16	280.851	107.382	3.221	4.854	8.143	404.452	48.633	117.783	69.150	335.302	117.783	117.783
17	285.826	108.421	3.253	4.940	8.288	410.727	48.633	117.783	69.150	341.577	117.783	117.783
18	290.851	109.470	3.284	5.027	8.433	417.065	48.633	117.783	69.150	347.915	117.783	117.783
19	295.927	110.529	3.316	5.114	8.581	423.466	48.633	117.783	69.150	354.316	117.783	117.783
20	301.053	111.599	3.348	5.203	8.729	429.932	48.633	117.783	69.150	360.782	117.783	117.783
21	306.230	112.680	3.380	5.292	8.879	436.462	48.633	117.783	69.150	367.312	117.783	117.783
22	311.459	113.771	3.413	5.383	9.031	443.057	48.633	117.783	69.150	373.907	117.783	117.783
23	316.741	114.873	3.446	5.474	9.184	449.718	48.633	117.783	69.150	380.568	117.783	117.783
24	322.075	115.987	3.480	5.566	9.339	456.446	48.633	117.783	69.150	387.296	117.783	117.783
25	327.462	117.111	3.513	5.659	9.495	463.241	48.633	117.783	69.150	394.091	117.783	117.783
26	332.904	118.247	3.547	5.753	9.653	470.104	48.633	117.783	69.150	400.954	117.783	117.783
27	332.904	118.247	3.547	5.753	9.653	470.104	48.633	117.783	69.150	400.954	117.783	117.783
28	332.904	118.247	3.547	5.753	9.653	470.104	48.633	117.783	69.150	400.954	117.783	117.783
29	332.904	118.247	3.547	5.753	9.653	470.104	48.633	117.783	69.150	400.954	117.783	117.783
30	332.904	118.247	3.547	5.753	9.653	470.104	48.633	117.783	69.150	400.954	117.783	117.783
31	332.904	118.247	3.547	5.753	9.653	470.104	48.633	117.783	69.150	400.954	117.783	117.783
32	332.904	118.247	3.547	5.753	9.653	470.104	48.633	117.783	69.150	400.954	117.783	117.783
33	332.904	118.247	3.547	5.753	9.653	470.104	48.633	117.783	69.150	400.954	117.783	117.783
34	332.904	118.247	3.547	5.753	9.653	470.104	48.633	117.783	69.150	400.954	117.783	117.783
35	332.904	118.247	3.547	5.753	9.653	470.104	-85.567	48.633	117.783	69.150	486.521	32.216

Os resultados do fluxo de caixa estão apresentados na tabela abaixo.

Tabela 5.6.2 – Resultados do Fluxo de caixa

Valor Presente Líquido	<b>1.802.319</b>
Taxa Interna de Retorno Econômico	<b>13,7%</b>
Valor Presente Líquido (Benefício)	<b>3.913.475</b>
Valor Presente Líquido (Custos)	<b>2.604.820</b>
Relação Benefício/custo	<b>1,50</b>
Payback (clássico)	<b>11 ANOS</b>
Payback (descontado a 6,5%)	<b>17 ANOS</b>

Observando a tabela acima pode-se concluir que:

- ganho de Tempo- é o tempo de Viagem no trecho proposto para implantação do Metrô reduzirá de 50 para 25 minutos, visto que a velocidade comercial média do metrô é de 35 km/h e o sistema será em via segregada;
- custos Operacionais (combustível e gerenciamento) - com a substituição da tecnologia deixa-se de consumir combustível fóssil não renovável (diesel derivado do petróleo). Cabe ressaltar que, os cálculos são apenas na redução de consumo de diesel, mas poderemos ter ganhos ainda maiores se revertemos em barris de petróleo que poderão ser exportados. A economia anual será da faixa de R\$ 118 milhões ano no final do tempo de vida útil;
- redução de Acidentes de Trânsito - visto que o Metrô será em via segregada e exclusiva, e que irá reduzir o número de veículos circulando na via Urbanas;
- emissão de Poluentes - a monitorização da poluição é bastante complexa, pois além de demandar estudos de reflexos no ser humano, também apresenta uma mescla de efeitos das várias fontes poluidoras. A Análise concentrou em 4 principais poluentes: CO - monóxido de carbono; HC - hidrocarbonetos; NOX - óxido de nitrogênio; e particulados. A economia anual será aproximadamente R\$ 9 milhões;
- a avaliação socioeconômica do Projeto do Metrô de Curitiba apresenta Taxa Interna de Retorno Socioeconômico de aproximadamente 13 % a.a., diante dos grandes benefícios alcançados com a introdução de um sistema rápido, não

poluente e seguro. O valor presente líquido socioeconômico é de 1.802 bilhões e a relação benefício / Custo é de R\$ 1,50.

### 5.7 Análise de Sensibilidade do Fluxo de Caixa da Avaliação Socioeconômica do Metrô de Curitiba

Neste item apresenta-se uma análise de sensibilidade quanto ao aumento do custo e redução do benefício, onde diferentes situações são avaliadas com o intuito de se verificar o comportamento dos resultados obtidos e determinar uma faixa de para a taxa interna de retorno do projeto.

A tabela abaixo mostra o resumo contendo 16 combinações de aumento de custo de redução do benefício.

Tabela 5.7.1 – Sensibilidade do Projeto – Análise do Fluxo de Caixa Socioeconômico (R\$ X 1000)

Hipótese	Aumento de Custo (%)	Redução do Benefício (%)	VPL	B/C	TIR
01	0	0	1.802.319	1,50	13,7%
02		10	1.416.014	1,35	12,4%
03		20	1.072.085	1,22	11,0%
04		30	633.319	1,05	9,4%
05	5	0	1.774.722	1,43	13,6%
06		10	1.383.374	1,29	12,3%
07		20	992.027	1,14	10,8%
08		30	600.679	1,00	9,3%
09	10	0	1.742.082	1,37	13,5%
10		10	1.350.734	1,23	12,1%
11		20	959.387	1,09	10,7%
12		30	568.039	0,96	9,1%
13	15	0	1.709.442	1,31	13,4%
14		10	1.318.094	1,18	12,0%
15		20	926.747	1,05	10,6%
16		30	535.399	0,91	9,0%

Avaliando a tabela acima pode-se concluir que a taxa interna de retorno varia de 9,0% a 14% ao ano e a relação benefício / custo varia de R\$ 0,91 a R\$ 1,50.

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS, LIMITAÇÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

A partir da revisão bibliográfica apresentada no capítulo 2 foi possível compreender melhor o processo de avaliação socioeconômica para os sistemas de transporte coletivo urbano e o processo de obtenção de óleo diesel.

Com base no conhecimento adquirido nesta pesquisa bibliográfica realizou uma análise socioeconômica para o projeto de metrô de Curitiba e uma avaliação da economia de combustível não consumido pela substituição do modo ônibus pelo metrô convertida em barris de petróleo não consumidos ao longo da vida útil do projeto.

Analisando os resultados obtidos na avaliação socioeconômica realizada no capítulo 5, pode-se concluir que os benefícios gerados com a implantação do metrô trará ganhos importantes para a população de Curitiba.

A análise de sensibilidade da avaliação econômica mostra que o taxa interna de retorno econômico entre 9,0% e será de 13,7%. A relação benéfico / custo de R\$ 1,5, ou seja, para cada R\$ 1,00 investido tem-se o retorno de R\$ 1,50 em benefícios para a população. O projeto tem um pay back de 11 anos, indicando que ele se paga com as economias de redução de consumo de combustível, redução da emissão de poluentes no ar, redução no número de acidentes e diminuição dos tempos de viagem.

Com o objetivo de avaliar a economia de combustível fóssil – energia não renovável – realizou-se uma análise específica sobre a economia do consumo de óleo diesel com a implantação do metrô, considerando que o Brasil ainda não é autossuficiente na produção de petróleo leve e em relação à capacidade de refino para a produção do óleo diesel. Mesmo se fosse autossuficiente, a economia no consumo de diesel possibilitaria liberar barris de petróleo para exportação.

Verificou-se através da análise dos dados que com a substituição de tecnologia do ônibus para o metrô, seriam economizados 1,55 bilhões de litros de diesel durante a vida útil do projeto. Portanto, se considerarmos o preço médio do diesel em Curitiba de R\$ 2,04, em 28 anos seriam economizados R\$ 2,311 bilhões, o que pagaria o projeto de implantação da primeira etapa do metrô.



Por outro lado, quando se deixa de consumir, deixa-se de importar a matéria prima. Isso significa que se deixaria de importar 1,5 milhões de barris de petróleo. Considerando o preço do barril (APN – valor médio para 2011 U\$ 113,34), a economia seria de U\$ 1,1 Bilhões. Considerando a cotação do dólar R\$ 1,84 seriam economizados R\$ 2,02 bilhões, o que representa 90% do custo de implantação da primeira etapa do metrô de Curitiba no eixo Norte / Sul.

Neste contexto os custos com acidentes e o custos com poluentes merecem destaque por causa das suas especificidades. Os custos atrelados aos acidentes são muito subjetivos, pois como se pode quantificar o valor de uma vida ou a perda de alguns movimentos, então adotou-se os valores vinculados aos prêmios de seguro de vida, porém este raciocínio é limitado. Ressalta-se ainda que, o custo desta externalidade varia de país para país e ainda é objeto de muita controvérsia.

No caso dos custos com emissão de poluentes, o estudo adotou os valores dos custos das sociedades europeias e norte-americanas e na ausência de estudos específicos sobre as condições brasileiras estes foram reduzidos segundo a relação aproximada das rendas per capita brasileira e norte-americana.

O trabalho se limitou a avaliar a economia somente do óleo diesel, não foi avaliada a economia de consumo de gasolina e etanol, dos usuários que deixariam de usar o automóvel como meio de transporte e passariam a usar o metrô.

Destaca-se como principal limitação que, apesar de ter sido apresentada uma economia significativa de óleo diesel e por consequência economia de petróleo, não foi apresentada uma equação que possa transformar esta economia ou parte dela para o financiamento de sistemas de transporte metroferroviários.

Como dificuldade, destaca-se a obtenção de dados, muitas vezes considerados confidenciais pelas organizações (ANP, PETROBRÁS, dentre outras).

Para trabalhos futuros sugere-se que seja realizado um estudo para a economia de todos os tipos de combustível, gasolina, etanol e biodiesel e não apenas a economia diesel. Com o intuito de que a economia de combustíveis fósseis possa financiar projeto de sistema sobre trilho, seria importante encontrar uma forma legal que esta economia ou parte dela fosse fonte de financiamento para estas infraestruturas.

Sugere-se também que seja avaliado os ganhos a valorização da terra nos terrenos lindeiros a linha do Metrô e possível aumento na arrecadação do IPTU. Neste trabalho

este item não foi considerado, pois o corredor no qual o metrô será implantado no passado já foi objeto de operações urbanas com venda de solo criado ao longo do eixo.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANNEEL “**Atlas da Energia Elétrica no Brasil -Energia no Brasil e no Mundo** – consumo. Disponível em < [www.aneel.gov.br/arquivos/atlas-par1-cap2.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/atlas-par1-cap2.pdf)>. Data do acesso: setembro /2012

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP “**Informações sobre preço do barril de petróleo em 2011**”. ANP –. Anuário da ANP 2010. Disponível em < [www.anp.gov.br](http://www.anp.gov.br)>. Data do acesso: dezembro/2011 e agosto/2012

Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos (NTU). “**Pespectivas de Alteração as Matriz Energética do Transporte Público Urbano por Ônibus:Questões Técnicas, Ambientais e Mercadológicas**” Disponível em < [www.ntu.org.br](http://www.ntu.org.br)>. Data do acesso: dezembro/2011.

Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos (NTU). “**Avaliação Comparativa das Modalidades de Transporte Público Urbano**” (2009) Disponível em < [www.ntu.org.br](http://www.ntu.org.br)>. Data do acesso: agosto/2012.

Associação Nacional de Transporte Público – ANTP . “**Transporte Humano: cidades com qualidade**”. São Paulo: ANTP, 1997.

BANCO MUNDIAL (2010) – **Estudo de Baixo Carbono para o Brasil** – Relatório Síntese Técnica – Transportes.

BRANDÃO, L. M. “**Medidores eletrônicos de velocidade: uma visão da engenharia para a implantação**”. Curitiba: Perkons, 2006. 150 p.

CAMPOS, V. B. G.; MELO, B. P. “**Estratégias integradas de transporte e uso do solo visando a redução de viagens por automóvel**”. In: CONGRESSO DE TRANSPORTE E TRÂNSITO, 15., 2005, Goiânia. Anais. Goiânia: Paz e Mobilidade para Todos, 2005. 1-8 p.

CETESB (2010) – **Qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2009**.

CQNUMC – Convenção Quadro das Nações Unidas para a Mudança do Clima (2004).

**Documento de Concepção de Projeto “BRT Bogotá, Colombia: TransMilenio Phase II to IV”.**

DARGAY, J., GATELY, D. **The demand for transportation fuels: Imperfect pricereversibility?** Transportation Research, vol. 1, n. 4, p. 357-386, 2007.

Departamento Nacional de Trânsito – DENATRAN. “**Manual de procedimentos para o tratamento de polos geradores de tráfego**”. Departamento Nacional de Trânsito. Ministério das Cidades. Brasília: Denatran/FGV, 2001.

DIAS, R.A., BALESTIERI, J.A.P., MATTOS, C.R. “**Um Exercício de Uso Racional da Energia: O Caso do Transporte Coletivo**”, Publicação <http://journal.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewFile/6288/12774>

DINCER, I. “**Environmental impacts of energy. Energy Policy**”, v. 27, p. 845-854.1999

European Commission (Directorate General Regional Policy). “**Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects**”. Final Report, 16/06/2008.

FERRAZ, A. C. P.; RAIA JR., A. A.; BEZERRA, B. S. “**Segurança no trânsito**”. São Carlos: Nest, 2008. 280 p.

GOMIDE, A. A. “**Transporte Urbano e Inclusão Social: Elementos para Políticas Públicas**”, Brasília, julho de 2003.

IEA (International Energy Agency): World energy statistics From the IEA. Paris, 2008, Disponível em<

<http://www.worldenergyoutlook.org/weo/pubs/weo2008/weo2008.pdf>> Data do

Acesso: Setembro/2012.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA e Associação Nacional de Transporte Público – ANTP, “**Redução das deseconomias urbanas com a melhoria do transporte público. Relatório final**”. Brasília, 1998.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Disponível em <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Data dos acessos: abril/2010, junho/2011.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA. Disponível em <[www.ipea.gov.br](http://www.ipea.gov.br)>. Data dos acessos: novembro/2011, abril/2012.

Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba – IPPUC –<[www.ippuc.gov.br](http://www.ippuc.gov.br)>. Data dos acessos: dezembro/2010, abril/2011.

KAWAMOTO, E. ; COLENCI JÚNIOR, A. . “**A influência do Transporte na Produtividade de Trabalhadores Urbanos**”. 1998.

LANDMANN, M.C., RIBEIRO, H., DEÁK, C. “**Uma proposta metodológica para estimar o custo da poluição do ar nas análises de viabilidade de sistemas de transportes urbanos**”. publicação em 6/10/2007. Artigo é parte de TRANSPORTES, volume XV, número 1, junho de 2007. ISSN: 1415-7713.

LEITE, A. D. “**A energia do Brasil**”. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997. 528 p.

MATTOS, T, M. “**Análise de Projetos de Redução de Emissão de Gases do Efeito Estufa no Setor de Transportes – Estudo de Caso dos BRTS no Rio de Janeiro**”. Rio de Janeiro: UFRJ / Escola politécnica, 2011.

MARINS, K., R., C., C., e ROMÉRO, M. A., “**Avaliação do potencial da integração de condicionantes de mobilidade urbana no planejamento energético de áreas urbanas**”. Revista ANTP, nº 130 p.9-24, 2012.

Ministério de Minas e Energias Disponível em < [www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br)>. Data do acesso: dezembro/2011 e junho/2012

Ministério das Cidades – **“Manual de BRT – Bus Rapid Transit – Guia de Planejamento (2008)”**. Disponível em < [www.cidades.gov.br](http://www.cidades.gov.br)>. Data do acesso: dezembro/2011.

RAIA JR., A. A. **“Gestão urbana de trânsito e transportes”**. São Carlos: Ufscar, 2004. 81 p.

RAYMUNDO, B.M., **“Atualização da Análise da viabilidade do metrô de Porto Alegre: de 1997 a 2010”**, Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Julho de 2010.

RIBEIRO, H.; ASSUNÇÃO, J. V. **“Historical overview of air pollution in São Paulo metropolitan area, Brazil: influence of mobile sources and related health effects”**. In: Urban Transport and Environment for the 21st Century III, ed. L. Sucharov and A. Brebbia. Publisher: Computational Mechanics Publication, Southampton, UK.351-60, 2001.

SANTOS, L. dos. **“Análise dos acidentes de trânsito no município de São Carlos utilizando sistemas de informação geográfica - SIG e ferramenta de estatística espacial”**. 2006. 137 f. Dissertação de mestrado em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

SILVA, A. H. **“Determinação da área de captação de uma estação de metrô por meio da utilização do modelo prisma espaço-tempo e padrão de viagens”**. Dissertação de Mestrado, Publicação T.DM-003A/2008, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília.2008.

SPIT, T. e BERTOLINI, L. **“Cities on Rails: the redevelopment of railway station areas”**. London & New York: Spon / Routledge, 1998.

SMALL, Kenneth A. **“Urban Transportation Economics”**. Harwood Academic Publishers, 1992.

SMALL, Kenneth A. **“Fundamentals of Economic Demand modeling: Lessons from Travel Demand Analysis”**. University of California at Irvine”. Revised July 4, 2005.

TADEU, H. F. B. **“Cenários de Longo Prazo para o Setor de Transportes e Consumo de Combustível”**. 2010. 227 p. Tese (Doutorado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.

TAVARES, M. E. E. **“Análise do refino no Brasil: estado e perspectivas - uma análise cross-section”**. 2005. 402p. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Urbanização de Curitiba – URBS – <[www.urbs.curitiba.pr.gov.br](http://www.urbs.curitiba.pr.gov.br)>

VARMA, A.; SOUBA, J.; FAIZ, A. e SINHA, K.C. **“Environmental considerations of land transport in developing countries”**. Transport Reviews, v. 12, n.2, p.101-113, 1992

VASCONCELOS, E.A. **“Transporte urbano nos países em desenvolvimento: Reflexões e Propostas”**. São Paulo: Annablume, 2000.

VASCONCELOS, E.A. **“Transporte e Meio Ambiente – Conceito e informações para a análise de impactos”**. São Paulo: Annablume, 2008.

VASCONCELLOS, E.A., LIMA, I.M.O. **“Quantificação das Deseconomias do Transporte Urbano: Uma Resenha das Experiências Internacionais”**, Brasília, agosto de 1998.

WEBER, L. **“Viewpoint – some reflexions on barriers to the efficient use of energy”**. Energy Policy, v. 25, n. 14/15, p. 1109-1119, 1997

World Bank (Project Appraisal Document). **“Proposed Loan in the Amount of US\$ 250.0 million to the Republic of Colombia for the Integrated Mass Transit Systems Project”**, May 14, 2004.

World Bank (Staff Appraisal Report). “**Belo Horizonte Metropolitan Transport Decentralization Project**”, june 1995.

World Bank (Staff Appraisal Report). “**Recife Metropolitan Transport Decentralization Project**”, june 1995.



## ANEXO I – Dados da Avaliação Socioeconômica

### Avaliação Econômica - Projeto Curitiba

#### Dados de Entrada

custo operacional do ônibus (R\$/ km) (1)	7,83
taxa de cambio media em 2011	1,84
custo de acidentes (R\$/ veiculo x km)	0,0828
custo da poluição (R\$/ veiculo x km)	0,13892
% de investimento sem impostos (4)	0,844
valor econômico dos investimentos	1,0
consumo do ônibus (5)	0,850

(1) URBS - Urbanização de Curitiba S/A - situação em 2.008 R\$ 7,62 / km atualizado pelo IGPM FVG 2011

(2) Appraisal Recife - Banco Mundial

(3) Appraisal Recife - Banco Mundial

(4) Appraisal Recife - Banco Mundial

(5) Cálculo utilizando a metodologia do IPEA- Deseconomias Urbanas

## Avaliação Econômica - Projeto Curitiba

### Determinação do valor econômico do tempo

Parâmetro	Valor	Unidade
renda média familiar do usuário do ônibus (1)	3.228,75	R\$ / mês
renda média familiar do usuário do trem	3.228,75	R\$ / mês
número de horas úteis por mês	157	
número médio de pessoas ocupadas por família	2,1	
cotação do dólar (2)	2,00	US\$ / R\$

(1) equivalente a 2,5 salários mínimos por pessoa; (2) - Agosto 2.008

<u>Cálculo do Valor do tempo para negocios</u>							
	R\$ / h	R\$ / h	US\$ / h	percentual de valor econômico		valor econômico (R\$/h)	
				no pico	fora pico	no pico	fora pico
valor da hora do usuário do trem	9,79	17,63	8,81	50,0%	50,0%	8,81	8,81

<u>Cálculo do valor do tempo para estudantes</u>							
	R\$ / h	R\$ / h	US\$ / h	percentual de valor econômico		valor econômico (R\$/h)	
				no pico	fora pico	no pico	fora pico
valor da hora do usuário do trem	9,79	9,79	4,90	15,0%	15,0%	1,47	1,47

<u>Cálculo do valor do tempo para não trabalho</u>							
	R\$ / h	R\$ / h	US\$ / h	percentual de valor econômico		valor econômico (R\$/h)	
				no pico	fora pico	no pico	fora pico
valor da hora do usuário do trem	9,79	9,79	4,90	30,0%	30,0%	2,94	2,94

## Avaliação Econômica - Projeto Curitiba

### Ganhos de Tempo

Itens	
velocidade média do ônibus sem o projeto (km/h)	17,5
velocidade média do Metrô (km/h)	35,0
viagem média do usuário (km)	13,2
tempo de espera na integração (minutos)	3
ganhos de tempo por usuário (por viagem)	19,6

Viagem=m média do usuário : extensão de ida e volta / 2 e considera que os usuários andam 60 % do percurso

Ano	Ganho do tempo Trabalho	Ganho do tempo estudante	Ganho do tempo - outros motivos
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	131.555.302	865.495	12.116.936
7	164.432.858	1.081.795	15.145.132
8	193.365.107	1.272.139	17.809.944
9	212.894.376	1.400.621	19.608.693
10	225.197.815	1.481.565	20.741.904
11	233.646.176	1.537.146	21.520.043
12	237.954.841	1.565.492	21.916.893
13	242.306.592	1.594.122	22.317.712
14	246.701.860	1.623.039	22.722.540
15	251.141.081	1.652.244	23.131.415
16	255.624.695	1.681.741	23.544.380
17	260.153.144	1.711.534	23.961.474
18	264.726.878	1.741.624	24.382.739
19	269.346.350	1.772.015	24.808.216
20	274.012.016	1.802.711	25.237.949
21	278.724.339	1.833.713	25.671.979
22	283.483.785	1.865.025	26.110.349
23	288.290.825	1.896.650	26.553.102
24	293.145.936	1.928.592	27.000.284
25	298.049.598	1.960.853	27.451.937
26	303.002.296	1.993.436	27.908.106
27	303.002.296	1.993.436	27.908.106
28	303.002.296	1.993.436	27.908.106
29	303.002.296	1.993.436	27.908.106
30	303.002.296	1.993.436	27.908.106
31	303.002.296	1.993.436	27.908.106
32	303.002.296	1.993.436	27.908.106
33	303.002.296	1.993.436	27.908.106
34	303.002.296	1.993.436	27.908.106
35	303.002.296	1.993.436	27.908.106



