

Dedico este trabalho

A Deus, pelo sopro divino

A minha Avó, por sua proteção

A meus pais, pelo amor incondicional

A meus irmãos, pela coragem de superar os limites

A meu companheiro, pela confiança em nosso coração

Aos mestres, pela fonte de sabedoria

Aos amigos, pela força da união

A todos que têm me ensinado a arte

da gratidão

e de ser uma eterna aprendiz

Agradecimentos

A maior satisfação está em poder saber que este trabalho envolveu ajuda de muitas mãos, muitas cabeças e corações. Assim fica a imensa gratidão por todos que colaboraram direta e indiretamente em sua elaboração.

A autora agradece profundamente ao professor e orientador Prof. José Goldemberg pela confiança, pelo incentivo e pela inspiração neste trabalho, e principalmente pela oportunidade de aprendizagem durante a monitoria de suas aulas e durante sua orientação.

Gostaria de agradecer aos professores do PIPGE, em especial ao Prof. Murilo Tadeu W. Fagá pelo incentivo desde o início desta caminhada de idas e vindas, pela confiança e pelo conforto no recomeço, pelo apoio nesta nova fase que se aproxima. Ao Prof. Ildo Sauer, ao Prof. Zilles, ao Prof. Célio Bermann, ao Prof. Adnei, Prof. Otávio e ao Prof. Boa Nova pela oportunidade de compartilhar seus conhecimentos e experiências. Ao Prof. Edmilson, pela atenção especial durante os momentos decisivos e suas críticas importantes.

Agradecimentos especiais ao Professor Lúcio Grinover, pela gentileza de sua co-orientação e pelos elucidativos colóquios matutinos em seu escritório e ao Prof. Gualda pela oportunidade de assistir às suas aulas, e pela rápida, mas fundamental ajuda na elaboração desta dissertação. Ao Prof. Orlando Strambi e à Conceição do Dep. de Transportes da Poli.

Ao Eng. Alexandre Haag da COPEL e à sua equipe na possibilidade de elaborar a Matriz de Curitiba. À Ana Milleo, ao Elcio, à Izabel e a outros tantos técnicos da URBS que com sua gentileza e atenção facilitaram o levantamento dos dados tão necessários. Aos técnicos da SMOP. À UNILIVRE. Aos técnicos do IPPUC, à Regina e Sônia que puderam ceder de seu tempo para responder às muitas dúvidas existentes sobre Curitiba, e pelo material de apoio que me cederam com muita confiança. Ao Eng. Rogério do STA, pela hospitalidade no CTA.

Ao Físico Renato Linke e à sua equipe da CETESB pela oportunidade de discutir longas horas sobre os problemas metodológicos das emissões

veiculares e por todo seu apoio. Aos amigos do CPRM, Ângela, Antonio e Sonia pela ajuda em conseguir utilizar informações inéditas.

Às "meninas" da Secretaria do PIPGE, Nazinha e Flavinha pela ajuda, paciência, bom humor e amizade em todos os momentos. Ao Julho, um obrigado especial por tantas cópias e pela constante alegria. Aos queridos amigos, que são todos: Cassinho, Luz, Guido, Mariana, Cris, Serginho, Sergio, Soninha, Marília, Telminha, Antônio, Aninha, Cecílio, Patrício, Federico, Marcelo, Nonato, Mara, Ari, Yolanda, Wilson, Gildinha, Suani, Eliana, Orlando e Oswaldo. A autora agradece pela oportunidade de compartilhar este espaço juntos. Coragem e muita união!!

Aos funcionários e amigos do IEE pela simpatia e amizade: Dna Idalina e Dna Geni pela organização diária e sua dedicação. Aos amigos da biblioteca do IEE, Fátima, Penha e Jorge. Ao Sérgiã pelo apoio nos desenhos e pela arte final. Aos meninos do CPD, obrigada pela ajuda constante com os computadores: Jun, Rose, Alcântara, Luciano, Paulão, Fabiano, Idalino e Regina. Aos anjos da guarda do dia e da noite, "Seu" Brito, Roberto da noite, Seu Orlando, seu Augusto, Roberto, Cláudio, Zé Carlos, Seu Milton.

Aos amigos do CRUSP, que ajudaram com seu apoio e amizade. A Denise e ao Silvio pela companhia compartilhada com carinho. A Verônica pelo incentivo. A Lilian pela certeza que tudo iria sair bem. Ao pessoal do CEPEUSP, pelo gás que moveu meu corpo e pela tranquilidade que viveu minha mente.

Aos pais e familiares que sempre acreditaram nos projetos da autora e apoiaram-na em tudo com muito amor. Um agradecimento especial ao seu companheiro, Alan, pela dedicação amorosa e pela disposição para ler seus escritos nesta última fase.

A CAPES pelo financiamento deste trabalho de pesquisa.

A toda família espiritual que compartilhou deste trabalho junto com a autora durante as muitas e longas horas de retiro para escrever este trabalho.

A todos muita Paz e LUZ!!!!!!

Resumo

O meio ambiente urbano vem sofrendo drásticas transformações ao longo destas últimas décadas. E um dos principais problemas é o aumento significativo da poluição atmosférica devido ao metabolismo realizado pela frota de veículos motorizados e indústrias instaladas nos centros urbanos.

Neste trabalho, a cidade é compreendida como um sistema aberto e vista como um organismo vivo, que se alimenta de recursos naturais, realiza seu próprio metabolismo, produz resíduos, como subprodutos resultantes deste metabolismo, sob a forma de emissão gasosa, líquida e sólida que agredem e desequilibram o meio biogeofísico e afetam a comunidade aí residente, bem como de regiões circunvizinhas e até bem distantes. Uma cidade ou um de seus sistemas podem ser considerados como possuidor de um metabolismo eficiente, quando consomem menos energia ou recurso natural para realizar as mesmas funções de manutenção, de geração de serviços, de crescimento urbano e de desenvolvimento sócio-econômico, produzindo menores quantidades de emissões, diminuindo os impactos negativos sobre o meio biogeofísico.

*Por meio de uma abordagem sistêmica e multidisciplinar, utilizado o modelo do **metabolismo de uma cidade**, focaliza-se no **metabolismo energético do sistema de transportes**. Como estudo de caso a cidade de **Curitiba**, estudando o metabolismo energético de seu sistema de circulação, em especial da Rede Integrada de Transportes RIT, criada a partir de 1971*

Summary

In the less developed countries, the urban environment has been suffering drastic transformations in the last decades. One of the main problems from the city growth is the significant increase of the atmospheric pollution due to emissions resulted from the metabolism of the Circulatory System, caused by traffic stream.

In this work, the city is understood as an open system and seen as an alive organism that accomplishes its own metabolism: it consumes energy and material and produces residues, as resulting by-products from its metabolism. The waste disposal is in the form of gaseous, liquid and solid emissions that change the environment and affect the inhabitants of the urban areas. The city or one of its systems can accomplish an efficient metabolism, when they consume less energy or any resource to maintain its functions (generation of services, urban growth and social-economical development), producing smaller amounts of emissions and finally decreasing the negative impacts on the environment.

By a systemic and multidisciplinary approach, the indicators of the metabolism of a city are used to study the energy metabolism of the transport system. The case of this study is the city of Curitiba, looking at the energy metabolism of its system of circulation, specially of RIT'S - Public Transport Integrated Net.

Abreviaturas

Abreviaturas e Símbolos

ANTP - Associação Nacional de Transportes Públicos
cal - caloria

CBUQ - concreto betuminoso usinado a quente

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CH₄ - gás metano

CIC - Cidade Industrial de Curitiba

CO - monóxido de carbono

CO₂ - gás carbônico

COMEC - Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

COPEL - Companhia Paranaense de Energia

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

CTA - Controle de Tráfego de Área

CTN - Código de Trânsito Nacional

DETRAN - Departamento de Trânsito

DNER - Departamento de Estradas de Rodagem

EPA - Environment Program Agency USEPA

EU - European Union

GATE - Programa de Informações para Gestão Ambiental

HC - hidrocarbonetos leves

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia

IPARDES - Instituto Paranaense de Desenvolvimento

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change Scientific Assessment

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IPK - Índice de passageiro por quilômetro

IPPUC - Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba

J - Joule

MAB11 - Man and Biosphere Program -11

MP - material particulado

NO_x - óxido de nitrogênio

O₂ - gás oxigênio

O₃ - ozônio

OECD - Organization for Economic Cooperation And Development

PIB - Produto Interno Bruto

PMA - percurso médio anual (km)

PMS - concreto pré misturado a frio

PROCONVE - Programa Nacional de Controle de Poluição por Veículos
Automotores

REPAR - Refinaria de Petróleo do Paraná

RIT - Rede Integrada de Transportes

RMC - Região Metropolitana de Curitiba

RMSP - Região Metropolitana de São Paulo

SEDU - Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente do Estado
do Paraná

SMOP - Secretaria Municipal de Obras Públicas de Curitiba

SO_x - óxidos de enxofre

STA - Setor de Controle de Tráfego em Área

STC - Sistema de Transportes de Curitiba

TEP - tonelada equivalente de petróleo

URBS - Urbanização de Curitiba SA

Índice

Índice

| | Página |
|---|--------|
| Agradecimentos | |
| Resumo | |
| Abstract | |
| Abreviaturas e Símbolos | |
| Lista de figuras | i |
| Lista de Tabelas | vi |
| Índice | |
| | |
| Cap 1 | |
| 1. Apresentação | 1 |
| 1.1 Objetivo e Motivação | 1 |
| 1.2 Introdução | 3 |
| 1.2.1 Organização do trabalho | 3 |
| 1.3. Estrutura do Estudo do metabolismo Energético do Sistema de Transporte | 5 |
| 1.3.1. Análise Sistêmica do Ecossistema Urbano | 5 |
| 1.3.2. Estrutura Conceitual | 7 |
| 1.3.2.1. Sistemas | 8 |
| 1.3.2.2. Princípios de Fluxo de Energia | 10 |
| 1.3.2.3. Características | 14 |
| 1.3.3. Diagramas Conceituais | 15 |
| 1.3.4. Os Fluxos Energéticos do Ecossistema Urbano | 18 |

| | |
|--|--------|
| Cap2 | |
| 2. Transporte, Energia, Meio Ambiente e Sociedade | 22 |
| 2.1 Dimensão Energética | 25 |
| 2.2 Dimensão Ambiental, o desafio | 29 |
| 2.3 Dimensão Antrópica | 39 |
| 2.4 Dimensão Institucional | 42 |
| 2.4.1. O Controle da Poluição veicular | 42 |
| 2.4.2. Novo Código de Trânsito | 46 |
| 2.4.3. Planejamento Urbano: Transporte e Uso do Solo | 47 |
| 2.4.4. Demanda e Oferta de Transportes Públicos | 49 |
| 2.5. Estudo de Caso de Curitiba | 50 |
| Cap 3 | página |
| 3. Instrumentos de Análise metodológica | 52 |
| 3.1 Diagnóstico do Metabolismo da Cidade | 55 |
| 3.1.1. Visão Geral da região | 55 |
| 3.1.2. Configuração do Ecossistema Urbano | 55 |
| 3.1.3. Caracterização dos Fluxos | 55 |
| 3.2. Metabolismo energético do Sistema de Transporte | 57 |
| 3.2.1. Caracterização do Sistema de Circulação | 57 |
| 3.2.2. Características do Metabolismo Energético | 58 |
| Cap 4 | |
| 4. Diagnóstico do Metabolismo da Cidade de Curitiba | 61 |
| 4.1. Visão geral da região | 61 |
| 4.2. Configuração do ecossistema urbano | 66 |
| 4.2.1. Aspectos Biogeofísicos | 67 |

| | |
|---|-----|
| 4.2.2.Aspectos Históricos: | 71 |
| 4.2.3.Aspectos de gestão | 82 |
| 4.3. Metabolismo da Cidade | 83 |
| 4.3.1 Os Sistema s da Cidade | 86 |
| 4.3.2. Os Fluxos | 87 |
| 4.3.2.1. Energia Solar | 87 |
| 4.3.2.2. Eletricidade | 88 |
| 4.3.2.3. Derivados de petróleo | 90 |
| 4.3.2.4. Biomassa | 92 |
| 4.3.3. A matriz Energética da Cidade | 93 |
| 4.3.4. Energia Percapita | 94 |
| | |
| Cap5 | |
| 5. Diagnóstico do metabolismo Energético do Sistema de transporte em Curitiba | 97 |
| 5.1. Configuração do Sistema de transporte | 98 |
| 5.1.1. Aspectos Físicos | 98 |
| 5.1.1.1 Malha Viária | 99 |
| 5.1.1.2 Frota | 103 |
| 5.1.1.3 Frota da RIT | 104 |
| 5.1.1.4 Controle de Tráfego e Fiscalização | 104 |
| 5.1.2 Aspectos históricos da RIT | 108 |
| 5.1.3 Aspectos Operacionais e Físicos da RIT | 112 |
| 5.1.4 Aspectos de gestão da RIT | 122 |
| 5.2. Fluxograma de Energia | 124 |
| 5.3. Índices de Consumo Energético e de Emissão | 124 |

| | |
|---|-----|
| 5.3.1. Consumo consolidado de Combustível do Sistema de Transporte | 125 |
| 5.3.1.1. Método 1 – Medida direta do Consumo de Combustível | 125 |
| 5.3.1.2. Método 2 – Medida pelo Consumo Médio | 126 |
| 5.3.2. Estimativa das Emissões Gasosas | 128 |
| 5.3.2.1. Quilometragem Média Anual | 129 |
| 5.3.2.2. Estimativa da Frota Circulante | 133 |
| 5.3.2.3. Fator de Emissão | 135 |
| 5.3.2.4. Inventário de Emissões Veiculares | 140 |
| 5.3.3. Intensidade Energética do sistema de Transporte em Curitiba | 141 |
| | |
| Cap 6 | |
| 6. Discussão | 147 |
| 6.1. Análise dos Resultados | 147 |
| 6.1.1. Metabolismo Energético de Curitiba | 147 |
| 6.1.2. Análise do Metabolismo energético do Sistema de Circulação | 151 |
| 6.1.2.1. Dimensão Energética e Ambiental | 151 |
| 6.1.2.1.1. Análise de Cenários de Emissão de CO ₂ | 161 |
| 6.1.2.1.2. Impactos do Consumo do Espaço Urbano pelas Obras Viárias | 164 |
| 6.1.2.2. Dimensão Antrópica e Institucional | 165 |
| 6.2. Análise da Metodologia | 169 |
| | |
| Cap 7 | |
| 7. Recomendações | 175 |

| | |
|---|-----|
| 7.1. Aprofundar o estudo sobre Curitiba | 175 |
| 7.2. Aprofundar questões mais gerais | 176 |
| 7.3. Utilização dos Indicadores | 177 |
| 7.4. Usos do Diagnóstico | 178 |
| | |
| Cap 8 | |
| 8. Conclusão | 179 |
| | |
| Anexos | |
| Anexo0. O ecossistema urbano | 182 |
| Anexo1. Metodologia para o cálculo da potência útil | 189 |
| Anexo2. Fatores de Emissão Veiculares | 191 |
| Anexo3. Domínios Geoambientais | 204 |
| Anexo4. Planilha dos Custos variáveis | 205 |
| Anexo5. Reações químicas principais | 206 |
| Anexo6. Padrões CONAMA | 207 |
| Anexo7. Características do Novo CTN | 208 |
| Anexo8. Tabelas de Consumo de Energia por setor | 210 |
| Anexo9. Custos de Consumo de Energia e Benefício dos ônibus da RIT | 212 |
| Anexo10. Cenários | 213 |
| Anexo11. Fatores de Conversão de Unidades | 216 |
| | |
| Bibliografia | 217 |
| Apêndices | |

Lista de Figuras

Lista de Figuras

| Capítulo 1 | página |
|--|--------|
| Figura 1 – Arquitetura da Dissertação | 4 |
| Figura 2 –Metabolismo Energético de Uma Cidade | 13 |
| Figura 3a – Sistema Urbano | 16 |
| Figura 3b - Representação do Sistema de Transporte, seus Componentes, Interfaces e Meio Ambiente | 17 |
| Figura 4 – O Balanço de Energia Radiativa em uma Cidade | 19 |
| | |
| Capítulo 2 | |
| Figura 5 – Representação da relação entre as Dimensões Antrópica, Energética, Ambiental e Institucional no Sistema de Transporte | 23 |
| Figura 6 – Evolução do Consumo de Petróleo no Setor de Transporte | 26 |
| Figura 7 – Efeito Sobre a Economia de Energia e a Emissão de CO ₂ | 37 |
| Figura 8 –Ciclo do uso do Solo e Dos Sistemas de Transportes sem restrições | 49 |
| | |
| Capítulo 3 | |
| Figura 9 – Diagrama da Metodologia de levantamento dos Indicadores do Metabolismo Energético do Sistema de Transportes | 58 |

| | |
|--|-----|
| Capítulo 4 | |
| Figura 10 – Carta de Uso e Ocupação do Solo | 62 |
| Figura 10 a - Crescimento Populacional | 63 |
| Figura 11 – Carta de Domínio GeoAmbiental | 69 |
| Figura 12- O zoneamento na Cidade de Curitiba -1996 | 70 |
| Figura 13 - O metabolismo da Cidade de Curitiba | 83 |
| Figura 14 - Fluxograma de Energia Cidade de Curitiba | 84 |
| Figura 15 - Distribuição da Rede Elétrica da Cidade de Curitiba | 88 |
| Figura 16 - Origem do Petróleo Processado na REPAR, 1997 | 90 |
| Figura 17 - Participação dos Derivados de petróleo no Consumo Total de Combustíveis fósseis na Cidade de Curitiba - ano 1997 | 91 |
| Figura 18 - Participação das fontes no consumo total dos derivados de Biomassa, 1996 | 92 |
| Figura 19 - A Evolução da Participação das fontes no consumo global de Curitiba 1997 (%) | 93 |
| Figura 20 - A Evolução da participação no consumo de energia por setor na Cidade de Curitiba 1995-1997 (%) | 94 |
| Figura 21 - Consumo Somático e Extrasomático per capita anual (Mcal/hab/ano)1995-1997 | 95 |
| Figura 22 - Consumo de Energia percapita diária (kcal/hab/dia) 1995-1997 | 96 |
| Capítulo 5 | |
| Figura 23 - Malha Viária de Curitiba | 100 |

| | |
|---|-----|
| Figura 24 - Evolução da Frota de Veículos Automotores Licenciados em Curitiba (1974-1997). | 103 |
| Figura 25 - Lombada Eletrônica | 105 |
| Figura 26 - Perfil de Tráfego na Rua Mateus Leme - 24 horas -31/12/97 | 106 |
| Figura 27 - Sistema Trinário | 110 |
| Figura 28 - Evolução da relação Hab / frota total durante o período 1974-1997 | 116 |
| Figura 29a - Curva de Oferta de Frota Total da RIT por Categoria - 1994 -1998 | 117 |
| Figura 29b -Curva de Oferta de Frota Operante da RIT por Categoria - 1994-1998 | 118 |
| Figura30 Figura 31 - Evolução da Demanda de Passageiros Pagantes, do Número de Viagens e da Quilômetragem | 119 |
| Figura 31 - Evolução da Demanda de Passageiros Pagantes, do Número de Viagens e da Quilômetragem | 119 |
| Figura 32- Evolução dos Índices de Passageiro Pagante por viagem e por quilômetro - 1960-1997 | 120 |
| Figura 33 - Passageiros Pagantes | 120 |
| Figura 34 - Evolução do Índice de passageiros por viagem na RIT (1971-1997) | 121 |
| Figura 35 - Evolução da Variação da Demanda e da Participação relativa de 50 tarifas no salário mínimo. | 122 |
| Figura 36 - Fluxograma de Energia | 124 |
| Figura 37- Consumo mensal do Sistema RIT em 1997 | 128 |

| | |
|--|-----|
| Figura 38 - Quilometragem Média Anual por Idade de Veículo - Frota de Curitiba 1997 | 130 |
| Figura 39 - Quilometragem Anual Total e PMA (- Frota da RIT para cada modal em 1997 Quilometragem Anual Total 10^3 km) | 132 |
| Figura 40- Composição da Frota Leve circulante em Curitiba em 1997 por ano de uso (gasolina e álcool) | 133 |
| Figura 41- Composição da Frota circulante de ônibus diesel da RIT em Curitiba por ano de uso e tipo de modal em 1998 | 134 |
| Figura 42 - Fatores de Emissão para a Frota de Veículos Leves de Curitiba/1997 | 140 |
| Figura 43 Representação esquemática da Intensidade Energética | 142 |
| Figura 44 - Curva de Intensidade Energética(MJ/pass-km) para cada modal Jan-Dez/97 | 144 |
| Figura 45 - Índice de Ocupação, para cada modal Jan-Dez/97 | 145 |
| Figura 46 - Desempenho energético e de ocupação no melhor e pior meses: Março e Dezembro 1997 | 146 |
| Capítulo 6 | |
| Figura 47 - Intensidade energética dos setores* (Tep/R\$/ano) e sua Participação (%) no PIB em 1996 | 151 |
| Figura 48 - Composição da frota total de veículos por tipo de combustível - 1997 | 152 |

| | |
|---|-----|
| Figura 49 - Composição dos gases emitidos pela frota totalizada (Veículos Leves somado e Ônibus Urbano) durante o ano de 1997 | 153 |
| Figura 50 - RIT - Consumo de Energia (diesel) TJ Para cada tipo de Modal e Índice de Ocupação, Intensidade Energética e % do consumo de energia. | 154 |
| Figura 51 - Participação Modal no transporte de Passageiros e no Número de Viagens em 1997 | 155 |
| Figura 52 - Comparação entre Custo de combustível e Benefício de Passageiros Pagantes Jan-Dez 1997 | 156 |
| Figura 53 - Participação percentual da frota de veículos leves (gasolina e álcool) e frota de ônibus urbano nas emissões gasosas em Curitiba 1997 | 159 |
| Figura 54 - Participação relativa dos modais da RIT nas emissões totais devido aos ônibus urbanos. | 160 |
| Figura 55 - Avaliação da intensidade energética em termos de índice de capacidade | 161 |
| Figura 56 - Cenários de Emissões para veículos Leves e ônibus urbano em Curitiba | 163 |
| Figura 57 -Avaliação dos Cenários para a intensidade de emissão de CO ₂ | 164 |
| Capítulo 7 | |
| Figura 58 - Uso da Metodologia Para Implementar o Planejamento integrado entre Planejamento urbano, Transportes e Energia | 178 |

Lista de Tabelas

Lista de Tabelas

| Capítulo 1 | página |
|---|--------|
| Tabela 1 - Componentes do Ecossistema urbano - Meio físico e Biótico | 20 |
| Capítulo 2 | |
| Tabela 2 - Consumo Final de Energia pelo sistema de transporte do Brasil, 1981 - 1996 (10^3 tep) | 27 |
| Tabela 3 - Evolução do Número de Passageiros-Km e de Volume De Carga Transportada, Segundo Modal Brasil | 28 |
| Tabela 4 – Poluentes Atmosféricos, Fontes e Impactos | 31 |
| Tabela 5 – Impactos causados pelo Sistema de Transportes Rodoviário Urbano | 32 |
| Tabela 6 - Limite de Emissão Para veículos Leves | 44 |
| Tabela 7 - Limite de Emissão Propostos Para Veículos Pesados | 44 |
| Tabela 8 : Calendário Para Os Limites de Emissão Para Veículos Pesados | 45 |
| Capítulo 3 | |
| Tabela 9 - Análise dos Aspectos Políticos | 54 |
| Capítulo 4 | |
| Tabela 10 - Características básicas dos Domínios Geoambientais da Cidade de Curitiba | 68 |

| | |
|--|-----|
| Tabela 11 - Irradiação Solar na Cidade de Curitiba | 87 |
| Tabela 12 - Evolução do Consumo de Eletricidade na Cidade de Curitiba -MWh | 89 |
| Tabela 13 - Evolução do consumo de energia elétrica por consumidor | 89 |
| Tabela 14: A evolução do consumo - 1995 a 1997. | 91 |
| Tabela 15 - Matriz Energética de Curitiba - 1997 | 93 |
| | |
| Capítulo 5 | |
| Tabela 16 -Características da Malha Viária em Curitiba - 1997 | 93 |
| Tabela 17 - Rede Física do Sistema - 1998 | 102 |
| Tabela 18 - Configuração dos Eixos Estruturais | 102 |
| Tabela 19 - Frota de Veículos Automotores Nacionais e Importados por tipo de combustível, em Curitiba - Nov 1997 | 103 |
| Tabela 20 -Média Mensal Dias Úteis - Frota Operante 1997 | 104 |
| Tabela 21 - Terminais da RIT | 114 |
| Tabela 22- Tipos de Motores Utilizados na Frota da RIT | 115 |
| Tabela 23 - Características de operação das linhas e tipo de ônibus | 115 |
| Tabela 24 - Evolução do consumo de energia e combustível no Sistema de Transporte - 1995-1997 | 125 |
| Tabela 25 - Consumo Anual de gasolina e álcool por veículos leves 1997, . | 127 |
| Tabela 26 - Fatores Médios de Emissão de Veículos Leves Novos a Gasool e a Álcool | 136 |
| Tabela 27 - Resultados da Potência Útil e Requerida e dados de Velocidade média de operação para cada ônibus e modal | 137 |
| Tabela 28 - Fatores de Emissão para veículos pesados Novos | 137 |
| Tabela 29 - Emissões Totais de Gases pela Frota Leve (álcool | |

| | |
|---|-----|
| e gasool) da Cidade de Curitiba, para diversos PMA - 1997 | 140 |
| Tabela 30 - Fatores Médios de Emissão (g/km) por Tipo de ônibus da Frota da RIT - Curitiba 1997 | 141 |
| Tabela 31 - Inventário de Emissões da RIT Curitiba, 1997 | 141 |
| Tabela 32- Intensidade Energética (MJ/pass-km) e da Intensidade de emissão de CO ₂ (g/pass-km) da Frota Leve de Curitiba 1997 | 143 |
| Capítulo 6 | |
| Tabela 33 - Resumo do Consumo médio percapita para cada setor - anos de 1995-1997 - Cidade de Curitiba | 148 |
| Tabela 34 - Energia Extrasomática - Consumo por tipo de fontes 1995-1997 | 148 |
| Tabela 35 - Resumo dos Indicadores do Metabolismo Energético da Cidade de Curitiba 1995-1997 | 149 |
| Tabela 36 - Consumo percapita diário médio de várias localidades (kcal/hab/dia) | 150 |
| Tabela 37 - Inventário de Emissão de gases da frota da Cidade de Curitiba - ano 1997 | 153 |
| Tabela 38 - Resumo dos índices médio de ocupação, consumo de energia e de emissões da frota de veículos leves e da frota de ônibus urbano da Cidade de Curitiba | 158 |
| Tabela 39a - Resumo dos Agentes Políticos | 167 |
| Tabela 39b - Características das Políticas | 168 |
| Tabela 40 - Impactos sobre os principais papéis | 168 |
| Tabela 41 - Consumo de Energia Método 1 X Método 2. | 169 |
| Tabela 42 - Comparação entre os PMA : Método 1 X Método 2 | 170 |

Capítulo 1

1.1. Objetivos e Motivação

Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral estudar o metabolismo energético do Sistema de Transportes da Cidade de Curitiba (STC), desde 1971, caracterizando-o através da análise do consumo de combustível, do crescimento da frota operante, do crescimento de vias, da qualidade de serviço, do tipo de veículos em circulação, emissão de poluentes gasosos e outro tipo de impactos. Também reconhecer os principais atores envolvidos no palco de decisão do setor de transportes caso seja necessário criar novas alternativas e diretrizes para a sustentabilidade deste sistema.

Objetivos Específicos

- ✳ Identificar os principais sistemas de uma cidade e suas interrelações e dependência do meio físico. Caracterizar o metabolismo da cidade de Curitiba, em termos gerais e globais;
- ✳ Mostrar a relação entre o planejamento urbano e as condições ambientais do meio físico, para melhor aproveitamento dos recursos sem gerar ou minimizar os impactos negativos sobre o entorno;
- ✳ Identificar o consumo de energia e os fluxos envolvidos no metabolismo;
- ✳ Identificar e quantificar os principais indicadores do metabolismo energético do sistema de transporte, tais como intensidade energética e de emissão de poluentes (CO_2 , NO_x , SO_x , HC e CO). Discutir a metodologia e sua aplicabilidade;
- ✳ Calcular a participação do Sistema de Transporte de Curitiba nas emissões de gases, principalmente os causadores do efeito estufa;
- ✳ Calcular os fatores de emissão de gases que saem do escapamento
- ✳ Identificar os principais agentes antrópicos causadores da poluição urbana;
- ✳ Comparar as emissões de Curitiba com outras cidade brasileiras;

- ✧ Comparar a intensidade energética da Rede Integrada de Transporte com outros sistemas;
- ✧ Avaliar cenários de consumo e de intensidade de energia e de emissão para o sistema de transporte de algumas cidades brasileiras, em especial de Curitiba até 2015;
- ✧ Discutir o papel do planejamento integrado do sistema de transportes e de energia dentro do planejamento urbano.

Motivação

A principal motivação está em mostrar, através deste trabalho, a aplicação do metabolismo como modelo teórico para o diagnóstico de eficiência energética e ambiental do sistema de transporte de uma cidade brasileira, Curitiba. Espera-se que ele venha servir de instrumento para incorporar a dimensão energética e sócio-ambiental ao conjunto de diretrizes e políticas relacionadas ao Planejamento urbano, de transportes e energético, conforme previsto pela Agenda 21¹.

O despertar deste interesse nasceu da avaliação dos estudos realizados para Hong Kong e de Barcelona², que introduziram, através dos estudos do metabolismo de suas cidades, a dimensão energética-ambiental e social ao planejamento urbano.

1.2. Introdução

¹ Documento assinado na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente na ECO/92 no Rio de Janeiro, onde são colocadas as diretrizes do desenvolvimento sustentável das nações para o século 21. No Anexo 0 estão dispostos algumas diretrizes dos capítulos 7 e 9 sobre Transporte Sustentável e Poluição Atmosférica

² Estudos desenvolvidos pelo MAB11/UNESCO. Mais detalhes ver no Anexo 0.

Este trabalho trata do projeto de dissertação de mestrado da autora para a obtenção do título de Mestre em Energia pelo Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo (PIPGE-IEE/USP).

Apresenta um arcabouço teórico e prático para a compreensão de algumas relações entre a urbanização, o uso da energia no sistema de circulação devido ao transporte e a transformação ambiental, levando em consideração seus impactos sociais, ambientais e econômicos. Dentro da perspectiva da sustentabilidade, apresentado pela Agenda 21, o diagnóstico do metabolismo energético de uma cidade promove a formação de uma rede de informações a respeito do consumo energético e seus impactos, em especial para o sistema de transportes.

No caso da cidade de Curitiba, este estudo vem demonstrando que o sistema de transporte coletivo da RIT (Rede Integrada de Transporte), criado pelo Plano Diretor de 1965, conseguiu atingir, desde 1971 até os dias atuais, um metabolismo adequado sob o ponto de vista energético e ambiental, apresentando menor intensidade de consumo de combustíveis e de emissões, se comparado com outras cidades brasileiras ou com o próprio sistema comum de transporte coletivo que ainda existe em algumas regiões da cidade e da Grande Curitiba. Nenhum estudo desta natureza, utilizando um modelo de análise sistêmica com base nos fluxos de energia no sistema de transporte ou na própria cidade foi realizado até o presente momento em Curitiba³.

1.2.1. Organização do trabalho

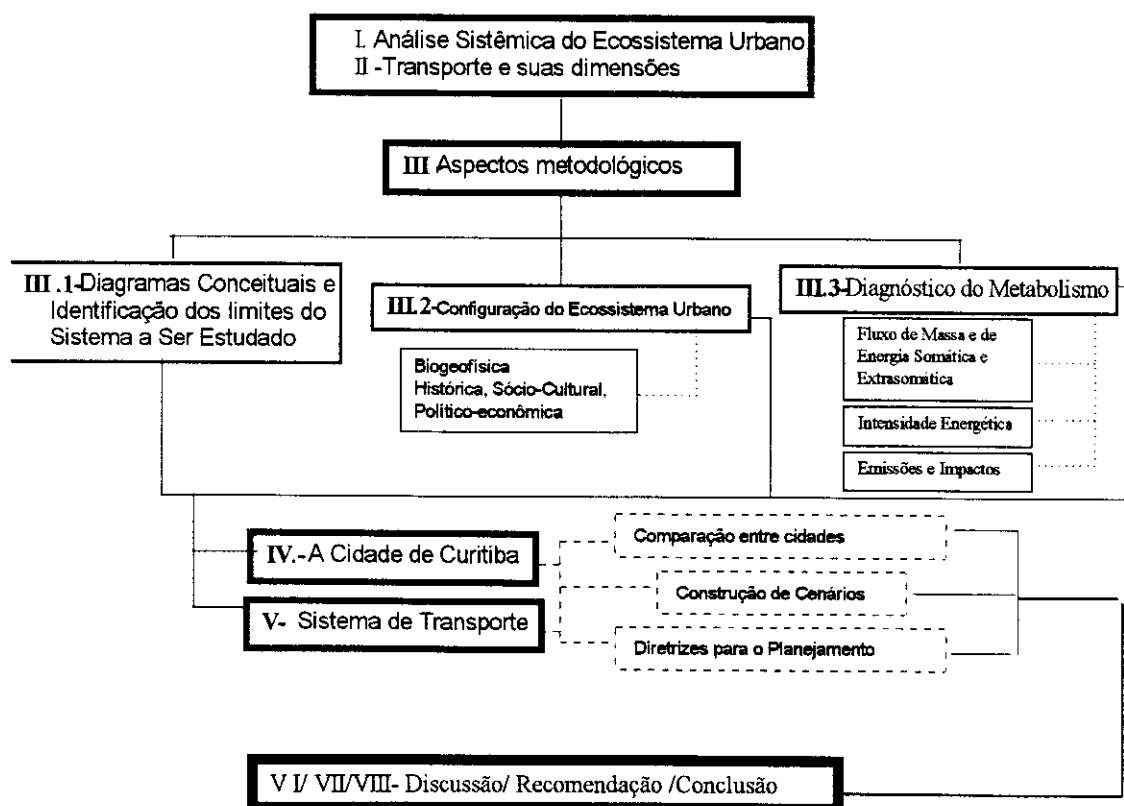
O presente trabalho tem como estrutura principal 8 capítulos. Os dois primeiros situam os temas abordados, como a questão conceitual da análise sistêmica, o ecossistema urbano, a sustentabilidade das cidades e do transporte, em termos energéticos e ambientais. O capítulo 3 descreve os aspectos metodológicos utilizados durante o estudo.

O capítulo 4 aplica o primeiro passo para a compreensão do metabolismo geral da cidade de Curitiba. O capítulo 5 concentra o principal foco sobre o metabolismo energético do sistema de circulação, quantificando os parâmetros de padrão de consumo de combustíveis e de energia, as intensidades energéticas e de emissão de gases. Nos capítulos finais, estão as discussões, as conclusões e as recomendações finais.

A Figura 1 representa os temas tratados em cada capítulo, mostrando também as interrelações existentes entre eles.

Figura 1
Arquitetura da dissertação

***O Estudo do Metabolismo Energético do
Sistema de Transporte:
Estudo de caso de Curitiba***



³ Declaração realizada em carta oficial escrita pelo Sr. Jonas Rabinovitch, atual Conselheiro da ONU / Nova York para assuntos de urbanização e assessor do governador do Paraná e ex-prefeito de Curitiba Sr. Jaime Lerner, a respeito do trabalho de pesquisa realizado pela autora, em Jan1998.

1.3. Estrutura do Estudo do Metabolismo Energético do Sistema de Transporte

A base deste estudo está construída sobre quatro temas fundamentais distribuídos da seguinte maneira:

- *A análise sistêmica do Ecossistema Urbano*, visto no capítulo 1;
- *Transporte, Meio Ambiente, Energia e Sociedade*, visto no capítulo 2, através da análise do contexto atual de desafios;
- *O Diagnóstico do Metabolismo Urbano*, apresentando os instrumentos de análise metodológica no capítulo 3, e aplicado-os no capítulo 4 e 5.
- *Estudo de Caso de Curitiba*, visto no capítulo 4 e 5, e discussão dos resultados no capítulo 6. Recomendações são feitas no capítulo 7, fechando o trabalho com o capítulo conclusivo 8.

Assim, inicia-se o estudo com a introdução com a análise sistêmica do Ecossistema Urbano, identificando alguns conceitos à luz da teoria dos Sistemas. Também são apresentados alguns trabalhos realizados na direção de compreender os problemas urbanos e tratá-los de maneira mais integral e sustentável.

1.3.1. Análise Sistêmica do Ecossistema Urbano

Nesta seção, estão lançadas as bases teóricas utilizadas no decurso deste trabalho de pesquisa. Alguns instrumentos e conceitos já são de todos conhecidos, entretanto a utilização de modelos sistêmicos que integrem vários parâmetros exige maior conhecimento da própria realidade, na qual se baseiam as análises realizadas durante o diagnóstico. Os passos aqui adotados estão na seqüência admitida como a mais lógica, porém, nada impede que procedimentos e técnicas sejam ultrapassados e melhorados. Aqui deseja-se indicar o caminho das pedras, sem exaurir o assunto, para que se

possa construir as vias de acesso ao esclarecimento da realidade urbana, tão simples e tão complexa perante nossos olhos.

Segundo Novaes(1982), antes de se lançar à modelagem é necessário que o pesquisador e o planejador tenham muito clara em suas mentes a estruturação teórica em que se apoiará a análise e a posterior execução prática das medidas recomendáveis.

Inicialmente, devem ser analisadas, dentro do ponto de vista teórico, a conformação urbana, sua distribuição e interrelações em nível regional, de modo a se chegar a uma compreensão coerente entre o modelo teórico e a realidade. Somente depois, é que se deve tentar a modelagem de sua estrutura global ou de algumas de suas partes. A ausência da primeira etapa (enfoque teórico) reduz inevitavelmente o grau de verossimilhança dos modelos desenvolvidos.

As teorias que de alguma forma deram ensejo à criação de modelos urbanos no seu sentido mais amplo (não estritamente matemático) são classificadas por Ramos (Apud NOVAES) em quatro categorias:

- i. *Utopias de caráter humanitário*, exemplificadas pelas experiências de pequenas cidades inglesas do princípio do século, cujo objetivo estava cunhado num melhor entrosamento e interrelacionamento entre os habitantes. Tiveram resultados frustrantes.
- ii. *Teorias de caráter ecológico*, seguidoras fundamentalmente da Escola de Chicago⁴, cujos fundamentos básicos se apoiam numa série de processos ecológicos básicos como invasão-sucessão, gradiente-segregação e centralização-descentralização. Servem de instrumento para análises dos fenômenos urbanos.
- iii. *Teorias funcionalistas*, aplicam a teoria da comunicação desenvolvida por Meier⁵ à estruturação urbana, concebendo a cidade como um conjunto de interações, geradas pelas necessidades de se manter comunicações com seus semelhantes. Assim, o incremento das taxas de comunicação é o fator básico que gera o crescimento urbano. A sobrecarga dos canais de

⁴ Ver Anexo 0

⁵ MEIER, R. *A Communication Theory of Urban Growth*.USA. MIT Press. 1962

comunicação causa sintomas de desorganização urbana. No modelo de Lowry⁶, as relações funcionalistas são estabelecidas pela locomoção de pessoas ou acessibilidade.

- iv. Teorias sócio-políticas, a partir de 1971, com a publicação da obra de Castells⁷, começam a tomar maior consistência as teorias que relacionam o fenômeno urbano e as transformações espaciais com a estrutura social e política. Segundo este autor, o planejamento urbano pode ser definido como a intervenção do sistema político sobre o sistema econômico, em nível de um conjunto de interrelações sócio-espaciais específicas. O sistema urbano será o resultado da articulação espacial entre os elementos fundamentais do sistema político-econômico.

1.3.2. Estrutura Conceitual

O conceito de sistema é fundamental para a análise e elaboração de modelos. Segundo Hall e Fagen, citados em NOVAES, um sistema é um conjunto de partes ou subsistemas interconectados, apresentando interdependência entre os componentes e seus atributos. Em GUALDA(1995), um sistema pode ser identificado como uma coleção de componentes conectados entre si que conseguem responder a um estímulo ou demandas, além de realizarem um propósito ou uma função. Organismos vivos, conjuntos mecânicos e analógicos, organizações sociais, uma cidade são exemplos de sistemas. O estudo de sistemas, no que seja comum a todos eles, independente de sua natureza física, é realizado sob a chamada Teoria dos Sistemas.

Segundo o postulado desta teoria, "Todo sistema cabe em um outro sistema". ACKOFF escreve que cada problema é um sistema de problemas onde aparece um conjunto de outros problemas mais simples não isolados que interagem um com outro, como o caso de problemas urbanos. E segundo

⁶ LOWRY, I.S. *A short course in model design*. Journal of the American Institute of Planners, pp158-166, maio, 1965. Apud NOVAES(1981)

⁷ CASTELLS, M. *Problemas de Investigación en sociologia urbana*. Madrid, España Editores S.ª.1977 Apud NOVAES (1981)

ACKOFF, o enfoque de planejamento é a melhor maneira de se lidar de forma integral com um sistema de problemas,

1.3.2.1. Sistemas

Um sistema termodinâmico é parte do universo a ser estudado. Está separado dos arredores, o restante do universo, por uma fronteira que pode ser fisicamente real ou teoricamente criada para propósitos de cálculos termodinâmicos.

Um sistema que não é afetado pelas mudanças ao seu redor e onde nem troca de energia ou de matéria ocorrem em sua fronteira é chamado de sistema isolado. Este tipo de sistema é hipotético, mas útil como instrumento para compreender os processos termodinâmicos. Um sistema onde a fronteira não permite a troca de energia e de matéria é chamado de sistema fechado. Por outro lado, um sistema onde matéria e energia atravessam a fronteira é conhecido como sistema aberto⁸.

Um sistema fechado, de acordo com a segunda lei da termodinâmica deve atingir um estado estacionário de equilíbrio após um período de tempo indeterminado. Neste estado de equilíbrio, a entropia é máxima e a energia livre é mínima.

Já um sistema aberto pode atingir um regime permanente de equilíbrio dinâmico de maneira que o sistema permaneça invariante no seu todo e nas suas fases, mesmo se constatando um fluxo contínuo de matéria e de energia com o meio externo.

Os sistemas abertos são extremamente importantes devido à sua estrutura auto-reguladora, como ocorre com os sistemas de seres vivos. E este é um dos atributos fundamentais no desempenho dos modelos quando aplicados às atividades sociais e econômicas.

⁸ DAUBERT, Thomas E. **Chemical Engineering Thermodynamics**. MacGRAW-HILL Int. Ed., 1985

Segundo GUALDA(1995), é muito recente o enfoque sistêmico, destacando-se neste tema Churchman(1968)⁹, que apresenta as seguintes considerações sob o ponto de vista do cientista, quando se estuda um sistema:

- a. Os objetivos globais do sistema e as suas medidas de desempenho;
- b. O ambiente do sistema, as restrições aos quais ele está sujeito;
- c. os recursos do sistema;
- d. os componentes do sistema, suas atividades, finalidades e medidas de desempenho;
- e. a “administração” do sistema, sua cultura intrínseca.

A identificação de um sistema depende do problema em questão. Uma cidade pode ser considerado um sistema, composta de vários subsistemas, como os sistemas de circulação (transporte, abastecimento e saneamento). Uma cidade possui um ou mais padrões característicos de estocagem, de caminhos de depreciação e de interações de feedback entre os vários componentes. Para ilustrar uma relação de feedback, pode-se pensar em uma cidade que provê máquinas e serviços para operar uma barragem de uma planta hidroelétrica que gera energia elétrica para suprir a cidade. Este sistema armazena energia e a utiliza de forma mais extensa. Os feedbacks são importantes para a sobrevivência dos sistemas e depende da construção de padrões de estruturas úteis¹⁰.

O conceito de sistema serve para compreender como, por quê e para quê são gerados os fluxos de energia, de matéria e de informação dentro de suas fronteiras, através da interação com o meio externo. A seguir, faz-se um breve resumo dos princípios de fluxos de energia e das leis termodinâmicas que regem o comportamento destes fluxos.

⁹ Apud GUALDA, Nicolau Dionísio Fares, **Terminais de Transportes: Contribuição ao Planejamento e ao Dimensionamento Operacional**. tese de Livre Docência, Dep Transportes, EPUSP, 1995.

¹⁰ ODUM, Howard T; ODUM, Elizabeth C. **Energy Basis For Man And Nature**.Mc-GRAW HILL, 1981

1.3.2.2. Princípios de Fluxos de Energia

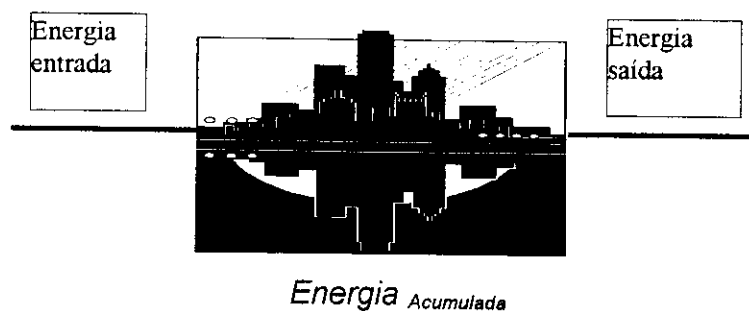
Há muitas leis naturais da energia, as quais nos dão uma compreensão dos limites da vida humana e da natureza no nosso planeta. O conhecimento e a aplicação correta destes princípios propicia a condição de desenvolver um senso comum nos planos e nas proposições-ações, bem como suas implicações na economia e na vida.

PRIMEIRA LEI: DA CONSERVAÇÃO DA ENERGIA

A energia não pode ser criada nem destruída, somente transformada. Este postulado manifesta em si mesmo uma idéia de balanço de energia. O balanço geral de energia por tempo pode ser determinado para sistemas com fluxo em estado estacionário ou não-estacionário e para bateladas ou sistemas sem fluxo:

$$\text{Energia}_{\text{entrada}} = \text{Energia}_{\text{saída}} + \text{Energia}_{\text{acumulada}} \quad (1)$$

Balanço Geral de Energia para sistema aberto



Em estado estacionário, ter-se-ia que: *Energia acumulada = 0*

SEGUNDA LEI: DA DETERIORAÇÃO DA ENERGIA

A essência da termodinâmica é a segunda lei e suas aplicações, principalmente na compreensão dos processos cíclicos para propulsão,

compressão e refrigeração, no uso de motores para veículos, geração de vapor e geração elétrica, em todo processo de troca de calor a baixas temperaturas.

A entropia é um dos conceitos termodinâmicos mais difíceis, sendo entretanto um dos mais úteis e indispensáveis.

“Todos os processos espontâneos são de alguma forma irreversíveis e são acompanhados por degradação de energia” (Hougen e Watson) e “Todo sistema deixado por si mesmo, na média, irá se transformar num sistema de máxima probabilidade”(Lewis e Randall) são algumas das definições conhecidas de entropia. ¹¹

Uma das aplicações da Segunda Lei da Termodinâmica está no estudo do ciclos termodinâmicos como o Ciclo Otto e o Ciclo Diesel.

O conceito de entropia na mecânica estatística está muito próxima daquele empregado na Teoria de Comunicação. De maneira geral, quanto maior o grau da informação média de um sistema, quanto maior o número de estados possíveis (gerado por múltipla combinação) ou aleatórios, maior o grau da entropia¹².

No campo de Planejamento, Wilson (Apud Novaes(1982)), estendeu os conceitos da Teoria da Comunicação à formulação de modelos de transportes, uso do solo e atividades, permitindo que se lançassem melhores níveis de verossimilhança de representação da realidade

TERCEIRA LEI: PRINCÍPIO DA ENERGIA MÁXIMA

Nerst adiantou o conceito da terceira lei da termodinâmica, na qual o grau de entropia de um cristal perfeito na temperatura de zero absoluto é igual a zero.

Na natureza são observados estados de baixa entropia informacional. Ou seja, com baixa entropia e alto grau de informação: em cristais, em plantas e em animais.

Como explicar então a ocorrência desses estados de elevada informação e baixa entropia? A entropia é uma medida média global onde participam

¹¹ Comentário retirado de DAUBERT, a respeito da entropia.

¹² NOVAES (1981)

estados mais organizados e outros menos organizados. Para exemplificar, em termos de energia, o calor é uma forma menos aproveitável do que a energia potencial hidráulica. Entretanto, o calor gerado pela radiação solar evapora a água dos oceanos, gerando todos os movimentos dos ventos e o regime de chuvas, formando as bacias represadas, geradoras de energia elétrica. Assim, a capacidade de armazenar energia, bem como sua capacidade de autoregulação definem a ordem do sistema.

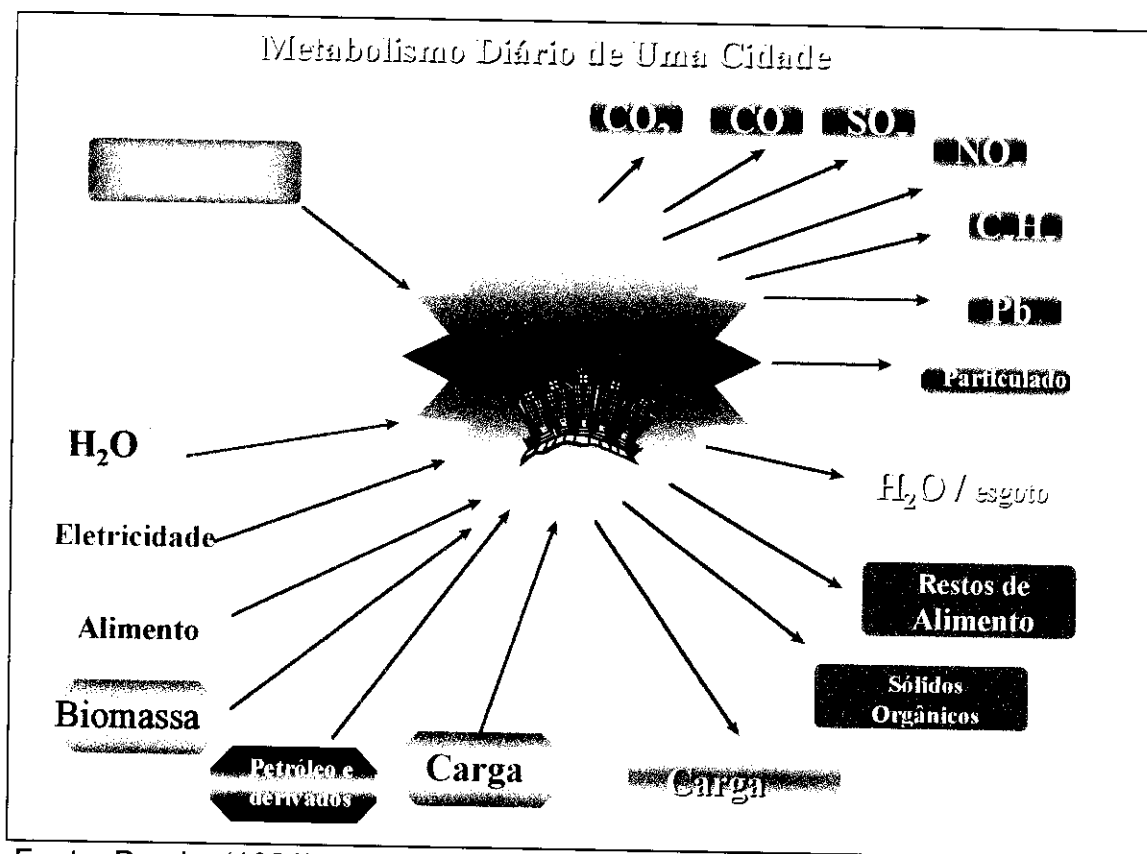
Aplicado este princípio a sistemas e a processos envolvendo seres vivos, segundo ODUM(1981), os sistemas que conseguem sobreviver são os que desenvolvem maior capacidade de armazenar energia e utilizá-la para suas necessidades vitais. Para tanto desenvolvem os seguintes mecanismos:

- O desenvolvimento de estocagem de energia de alta qualidade
- Trabalho de feed-back dos reservatórios para incrementar os fluxos de entrada
- Reciclagem de material se necessário
- organizar mecanismos de controle que mantêm o sistema flexível e adaptado
- Propiciar trocas com outros sistemas de suprimento de energia especial
- contribuir com trabalho útil para ajudar a manter as condições favoráveis do ambiente ao redor.

A cidade também pode ser encarada como um sistema constituído por elementos que realizam diversas funções e se interrelacionam de maneira complexa. A característica de adaptação embora seja mais lento, também é constatada: uma nova linha de metrô provoca ao longo dos anos um remanejamento das atividades e a modificação da ocupação do solo. O controle é feito de maneira indireta: impostos diferenciados, regulamentação do uso do solo. A energia é representada pela atividade econômica, que se processa através da demanda interna e externa, através de bens e serviços, além dos insumos básicos necessários à produção e ao funcionamento do sistema.

Através da aplicação desta visão mais orgânica da estrutura urbana e de seus processos, foi introduzido o conceito de *metabolismo energético*¹³ de uma cidade, como sendo um conjunto de mecanismos químicos necessários para a formação, desenvolvimento e renovação das estruturas componentes e para a produção de energia necessária às manifestações interiores e exteriores da vida urbana. A figura 2 apresenta um esquema simplificado do metabolismo de uma cidade.

Figura 2 - Metabolismo de Uma Cidade



Fonte: Boyden(1981)

O estudo deste metabolismo propicia um conhecimento mais dinâmico da realidade, sob o ponto de vista energético e ambiental. Ao analisar o metabolismo processado em cada um de seus subsistemas e componentes, observa-se a geração de diferentes resíduos ao longo de tempo e em localizações distintas do sistema. Estes resíduos são o subproduto do

¹³ Ver ainda no Anexo 0, sobre Metabolismo de uma cidade

processo metabólico devido à degradação da energia e da matéria, e são liberados no interior do próprio sistema, causando problemas ambientais quando saturados.

Tendo como base os conceitos descritos anteriormente, a seguir estão apresentadas as características dos modelos e os diagramas conceituais que fazem parte do arcabouço teórico deste estudo.

1.3.2.3. Características

Ao descrever as principais características do modelo neste trabalho é necessário considerar as várias fases de estudo e elaboração do diagnóstico. Para isso, baseou-se nos estudos realizados pelo MAB11¹⁴ em Hong Kong e em Barcelona.

O estudo realizado para Hong Kong, em BOYDEM (1981), apresenta um modelo com as seguintes características:

1. Base teórica para estudar as interrelações e interações entre variáveis e processos de diferentes tipos. Propor considerações sobre aspectos quantificáveis e intangíveis da realidade a qual é relativamente difícil medir e definir, como comportamento criativo, valores culturais, senso de propósito e qualidade.
2. Considerações das interações em e entre todos os níveis: individual, familiar, sociedade, regional e biosfera. Levantar os aspectos que influenciam a qualidade do meio ambiente e a qualidade da experiência humana.
3. Uma base teórica para considerar as implicações das características dos agrupamentos ou regiões ou das mudanças nas características do ecossistema, da saúde e do bem-estar humanos.
4. Incorporar novos conceitos e idéias entre as interrelações entre meio ambiente natural e cultural e sua variáveis.
5. Ser flexível para ser utilizado em vários níveis de estudo, sendo facilmente compreendido por diversos grupos.
6. Deve possuir coerência interna e externa.

7. Prover uma base teórica para o estudo e compreensão de vários componentes da resposta da adaptação cultural para mudanças indesejáveis no meio ambiente.

Infelizmente, não será possível contemplar todas estas características neste estudo como tem sido nos trabalhos do MAB11, pois seria necessário pelo menos mais um ano para poder implementar um projeto desta natureza, com uma equipe multidisciplinar. Desta maneira alguns dos aspectos citados acima precisarão ser aprofundados, futuramente, em estudos posteriores. Entretanto, é interessante mostrar que numa escala menor, este modelo pode ser aplicado a um dos sistemas urbanos, neste caso o de transportes, servindo de base para avaliar sua viabilidade metodológica.

1.3.3. Diagramas Conceituais

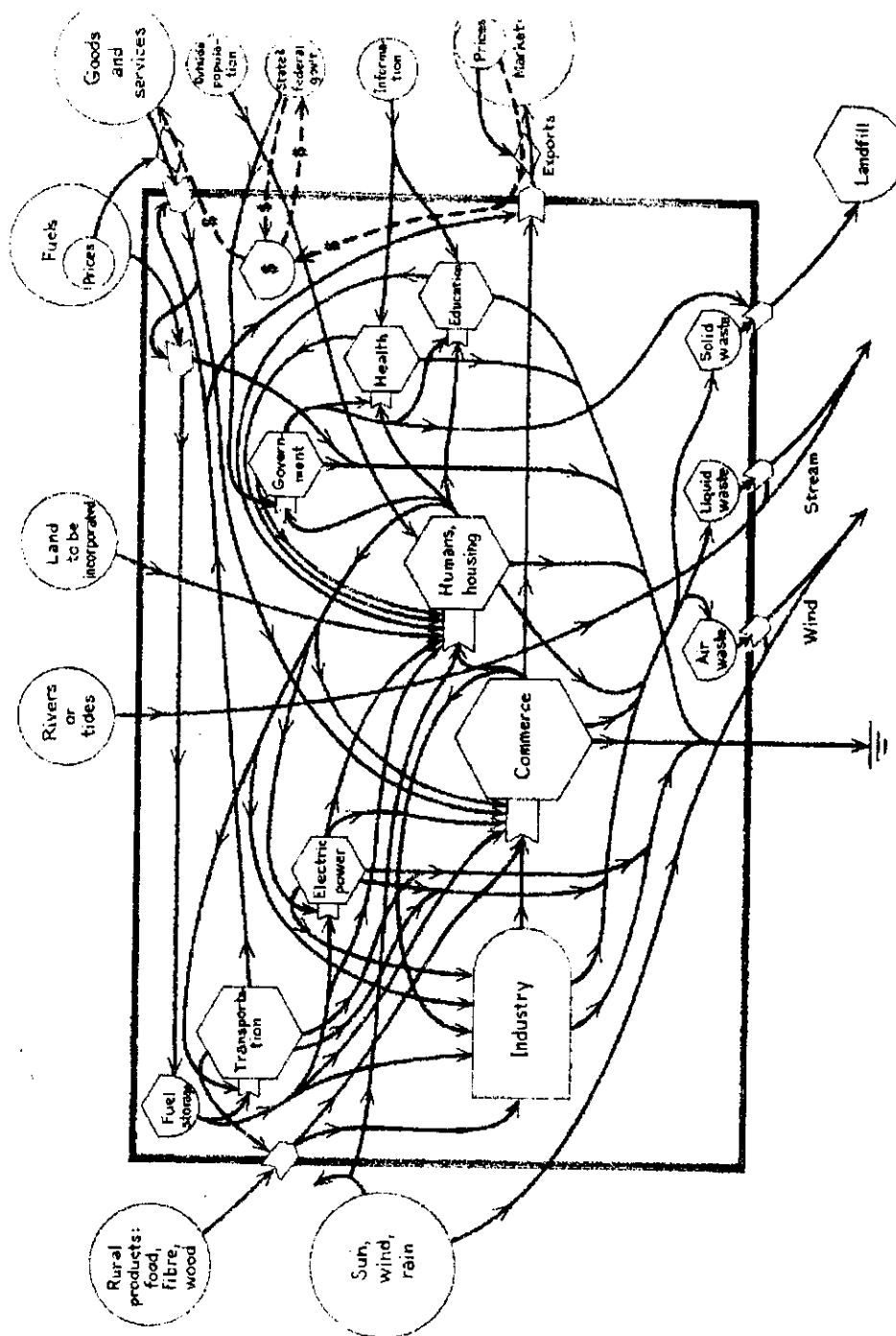
A identificação do sistema, dos subsistemas e de seus componentes está comprometida com as funções dos mesmos em relação aos objetivos do problema considerado: neste caso com a análise do metabolismo energético do sistema de transporte de uma cidade, para gerar indicadores que integrem o planejamento urbano, de transportes e de energia.

Sendo assim, descreve-se inicialmente o sistema urbano e seus componentes e interações. Depois focaliza-se o sistema de transportes, como um sistema de circulação, seus componentes, seus recursos, seus objetivos e as interrelações intra e entre sua fronteira e as interfaces com o meio ambiente, focalizando a dimensão energética e ambiental. Os diagramas conceituais mostrados a seguir ilustram o sistema de uma cidade e do sistema de transporte. Os diagramas e os fluxogramas dos estudos de Hong Kong e de Barcelona, bem como aqueles desenvolvidos por ODUM e HAY, formam o corpo de base dos diagramas neste trabalho.

¹⁴ Ver no Anexo 0

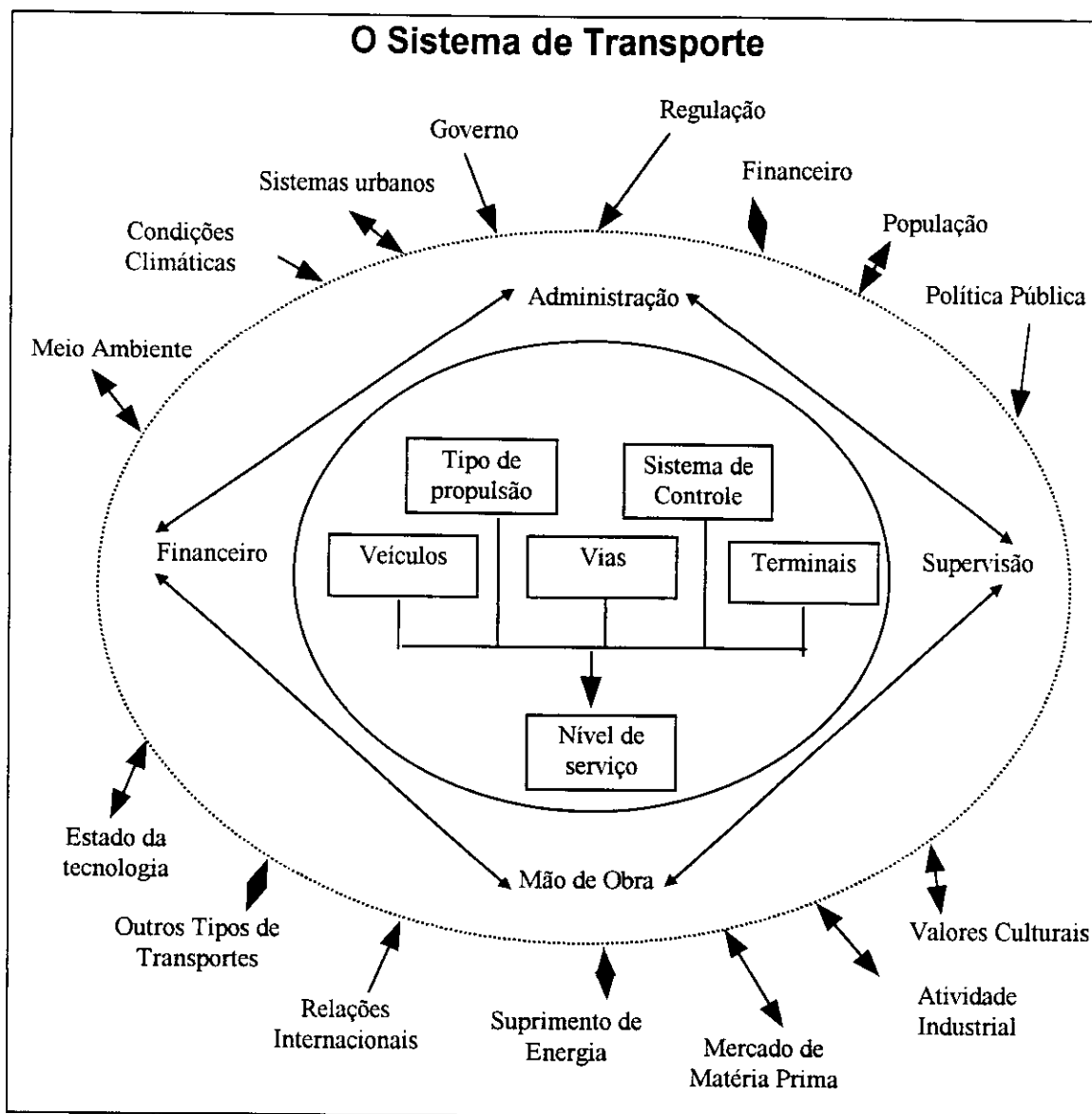
A Figura 2 exemplifica um modelo genérico de fluxograma para o metabolismo da cidade. A interação entre os vários sistemas é bem ilustrada pelo diagrama de ODUM, na Figura 3a, com os fluxos de entrada e saída, de deterioração e feedbacks de energia representados numa cidade qualquer.

Figura 3a - O Sistema Urbano



Fonte: ODUM, ODUM (1981)

Figura 3b - Representação do Sistema de Transportes, Seus Componentes, Interfaces e Meio Ambiente



Fonte: Adaptação a partir de HAY (Apud Gualda, 1994)

O diagrama da Figura 3b mostra os componentes principais do sistema de transportes que são: os veículos, as vias e os terminais. Atualmente, incluem-se o sistema de controle e o tipo de propulsão dos veículos. Dentro do objetivo comum do sistema de transportes aparece o nível de serviço: acessibilidade, frequência, capacidade, qualidade e custo ótimo. Além disso existem interrelações entre os componentes gerando efeitos ambientais. Existem os

parâmetros internos que interferem no sistema como um todo, tais como níveis de segurança e confiabilidade, custo, conforto, status sócioeconômico, que não aparecem representados neste diagrama. A administração, a supervisão, a mão de obra e o fator financeiro são variáveis ou componentes endógenos ao sistema de transportes, entretanto agem na superestrutura do sistema, recebendo influência do meio ambiente. A interface com vários outros sistemas se faz muitas vezes com feedbacks representados pelas flechas de duas pontas. Quando não, ocorre influência somente em uma única direção, das variáveis exógenas ao sistema.

1.3.4 Os Fluxos Energéticos no Ecosistema Urbano

A Biosfera e o Ecosistema urbano são constituídos de sistemas que se interrelacionam e se interpenetram, por meio dos diversos recursos: água – representados pelos recursos hídricos e bacias, incluindo águas subterrâneas; ar – baixa, média e alta atmosfera, com regime de ventos e chuvas; solo – representado pelo solo superficial, subsolo e relevo; energia – utilizando a energia solar direta ou indireta acumulada em combustíveis fósseis e os seres humanos - através da mão de obra, das instituições, dos sistemas de comunicação, da família e do indivíduo.

O balanço energético global nas cidades é afetado em grande parte pela **ação antrópica**, representado pela parcela Q_p no balanço energético representado na Figura 4. As condições climáticas são extremamente importantes para o Balanço energético da Cidade, e dependem diretamente da energia do Sol, da rotação da Terra, do aquecimento dos mares e da evapotranspiração dos seres vivos para gerarem ventos e chuvas. O balanço geral de energia radiativa que ocorre em uma cidade está simplificado a seguir:

$$Q^* = (Q_D + Q_d) (1-a) + (Q_L^\downarrow + Q_L^\uparrow) \quad (2)$$

Onde,

Q^* = representa a energia absorvida pela superfície da radiação que chega do Sol

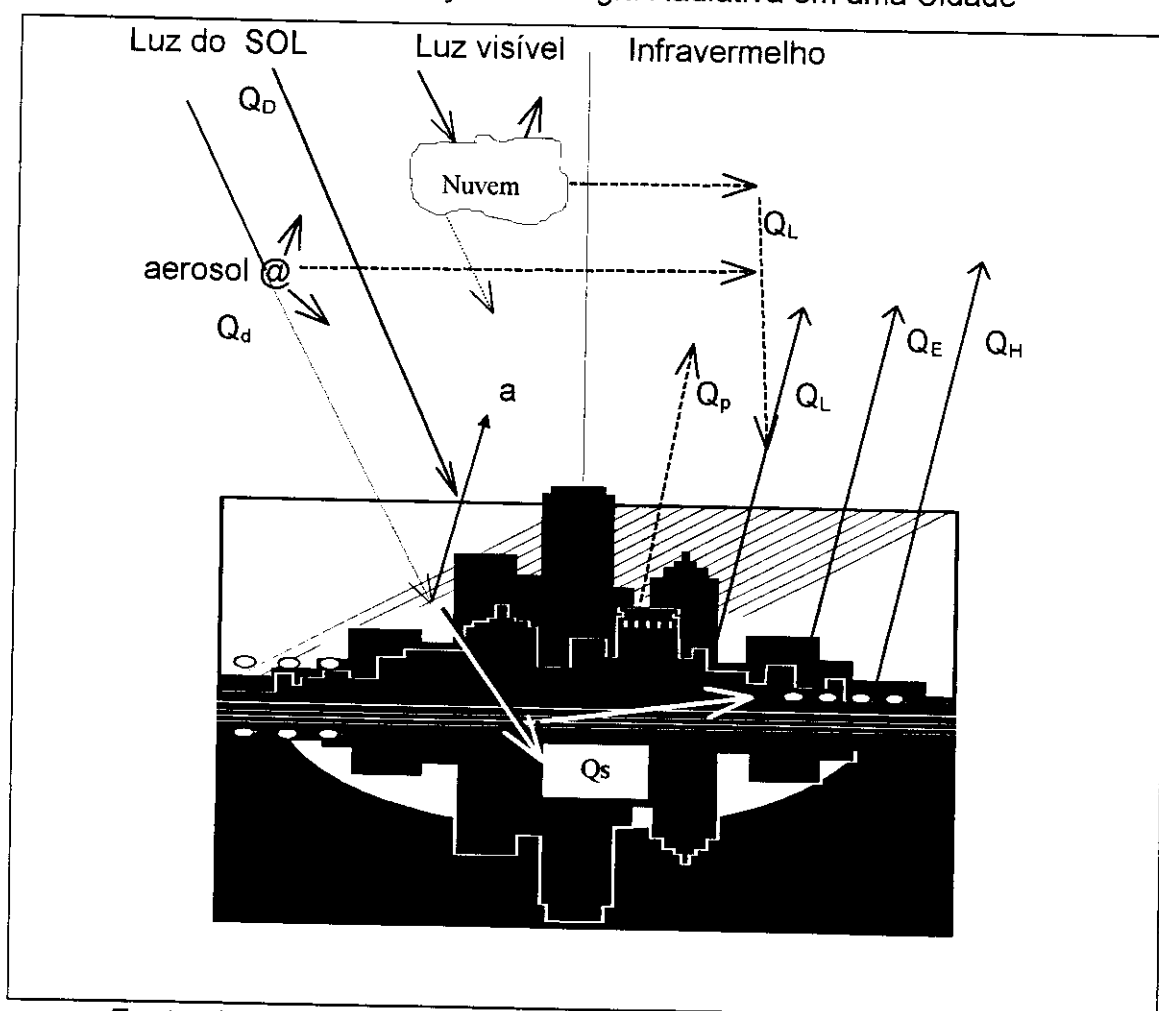
Q_D - energia solar direta, Q_d - energia solar difusa

a - albedo ou reflexão

$Q_{L\downarrow}$ - energia emitida vinda da atmosfera por aquecimento

$Q_{L\uparrow}$ - energia emitida pela superfície do solo por aquecimento

Figura 4 - O Balanço de Energia Radiativa em uma Cidade



Fonte: Adaptado de Escourrou(1991)

Segundo Escourrou, o Balanço de energia se estabelece da seguinte maneira:

$$Q^* + Q_p = Q_H + Q_E + Q_s \quad (3)$$

Q^* - a radiação líquida

Q_p - a energia antrópica

Q_H - energia que esquentar por condução as baixas camadas de ar (calor sensível)

Q_E - energia da evapotranspiração (calor latente)

Q_S - calor armazenado pelas construções

Os componentes do meio físico e biótico de um sistema urbano estão resumidos na Tabela 1. Cada um deles assume um papel no balanço geral de energia no sistema urbano.

Tabela 1 - Componentes do Ecossistema urbano - Meio físico e Biótico

| | |
|-------------------------------|--|
| Meio Físico : | |
| solo, subsolo e relevo | tipos de solo, rocha e formação monumentos e construções |
| bacias hidrográficas | regime de cheias dos rios e profundidade dos lençóis freáticos |
| atmosfera | 800 km de espessura, composta basicamente de 78,1% N_2 , 20,9% de O_2 e 1% de outros gases poluentes. |
| condições climáticas: | quantidade de radiação solar direta e indireta, ventos e chuvas |
| Meio Biótico | |
| Animais | fauna urbana: pombos, pássaros, esquilo cachorros, gatos, ratos, morcegos, baratas, insetos, parasitas, fungos, bactérias, além da população humana. |
| Vegetais | parques e bosques: árvores nativas, diversas espécies adaptadas. |

Fonte: Elaboração própria

Como as cidades não estão isoladas do meio, sendo, pelo contrário, totalmente dependentes da região que as cercam, cada mudança aí gerada afeta toda a região limdeira. Assim, torna-se importante conhecer todos os domínios geoambientais que constituem a infraestrutura onde se localiza cada

centro urbano. No caso de regiões metropolitanas, onde ocorre crescente conurbação das cidades, é fundamental apoiar e difundir estudos de impactos sociais e geoambientais, para reconhecer os possíveis impactos sobre o meio e possibilitar o desenvolvimento sustentável da região, garantindo a qualidade de vida das futuras gerações.

Um problema devido à urbanização conhecido como “ilhas de calor” tem sido estudado e debatido atualmente¹⁵: Mudanças bruscas de temperatura num mesmo dia, mudanças do regime dos ventos e chuvas e diferenças de temperatura em diversas regiões de uma mesma cidade são conseqüências da urbanização e integram as “ilhas de calor”. Este fenômeno é causado pelo desmatamento e posterior “desertificação” de algumas regiões ao se tornarem urbanas. Devido às construções que aumentam a rugosidade e modificam o índice de reflexão e absorção de luz, os fenômenos de dispersão do ar e troca térmica e radiação também são modificados. Além da produção de energia antrópica e emissões de maior quantidade de poluentes que acabam retendo o calor (efeito estufa). Assim, aparece um gradiente de aquecimento nas regiões centrais e onde ocorrem maior utilização do solo para fins industriais e de infraestrutura de transportes pesados. As cidades modificam o balanço energético natural da região, ao modificar a cobertura do solo e aumentar as atividades antrópicas com grande consumo de energia.

Este trabalho focaliza a parcela referente à energia antrópica (somática e extrasomática¹⁶) e suas implicações no meio ambiente. Esta energia antrópica é gerada por um processo de urbanização, onde várias atividades consumidoras de energia e de recursos se concentram, como o caso do sistema de transporte.

¹⁵ ESCOURROU, Gisèle. *Le Climat et La Ville*. Nathan Université, Paris, 1991

¹⁶ Ver capítulo 4. p93

Capítulo 2

2. Transporte, Energia, Meio Ambiente e Sociedade

Os desafios nos transportes no Brasil contam de longa data, e têm uma trajetória totalmente integrada à história da ocupação territorial, do desenvolvimento regional e urbano, da inserção de tecnologia de locomoção e do uso de combustíveis fósseis, principalmente, a partir da metade do século XX.

Em 1940, a população rural totalizava 70% da população total brasileira, enquanto a população urbana era apenas 12 milhões de habitantes. A partir deste período, o quadro populacional foi se invertendo até os dias atuais com 78% da população vivendo em centros urbanos.

O sistema de transportes, durante os últimos 50 anos, sofreu uma explosão com a entrada das indústrias automobilísticas e dos combustíveis derivados do petróleo no mercado brasileiro, desenvolvendo principalmente o modal rodoviário em detrimento do ferroviário.

Esta seção mostra em linhas gerais, alguns dos desafios a serem enfrentados pelo sistema de transporte terrestre no Brasil nas próximas décadas. Dentro da atual perspectiva de desenvolvimento de um transporte sustentável, o uso de fontes renováveis de energia tem um papel fundamental.

O transporte rodoviário de cargas e de passageiros vem sendo o causador de muitos problemas ambientais nos centros urbanos. Além das implicações sobre as mudanças climáticas globais resultantes da queima de combustíveis fósseis, há os problemas associados à poluição local, como doenças respiratórias e os problemas de congestionamento, barulho, acidentes de trânsito e uso do solo.

O fator determinante para o uso de fontes alternativas nasce das restrições às emissões gasosas que já terão de ser impostas aos transportes em nível local, regional e global. Mundialmente, cerca de 50% das emissões de CO, HC e NOx são causados pela queima de gasolina e diesel pelos veículos e cerca de 70%

das emissões de SO₂ e CO₂ nos centros urbanos é devido à circulação de milhares de veículos por dia¹⁷.

O presente capítulo se baseia na análise das dimensões do estudo sistêmico do metabolismo do sistema de transporte. E busca compreender as interrelações entre estas dimensões, onde aparecem os aspectos políticos e econômicos, modificando e definindo campos de forças e poder de decisão nas interações. Na Figura 5, há um esquema simplificado mostrando quatro dimensões consideradas fundamentais, dentro deste estudo. Elas estão identificadas a seguir:

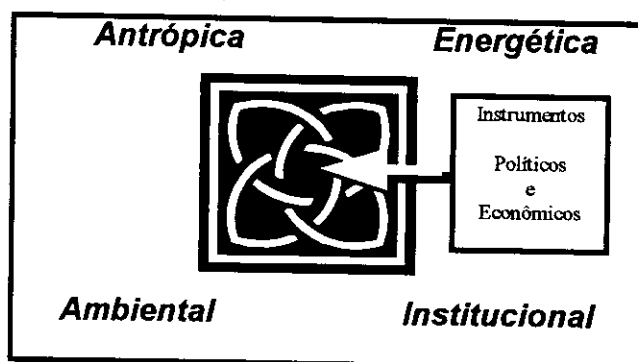
✓ **Dimensão energética** – Incluindo a demanda e a oferta de combustíveis e suas implicações energéticas,

✓ **Dimensão Ambiental** – Estudo das emissões, do congestionamento e de outros impactos sobre o meio ambiente e as pessoas.

✓ **Dimensão Legal, Institucional e Técnica** - estudo sobre políticas de planejamento urbano, planejamento energético e do próprio sistema de transporte, incluindo modelos de demanda e oferta de transportes, normas de trânsito, qualidade da infra-estrutura de vias públicas e de serviço.

✓ **Dimensão antrópica** - compreendendo a ação humana sobre o sistema de transporte, sob o ponto de vista do usuário, abarcando relações de comportamento e aspectos psicológicos que afetam o funcionamento dos veículos e do tráfego.

Figura 5 - Representação da Relação entre as Dimensões Antrópica, Energética, Ambiental e Institucional, no Sistema de Transporte



¹⁷ Graßi (1993)

Muitos dos desafios nos transportes estão interrelacionados, por representar um sistema e quando se aplicam políticas em uma determinada dimensão invariavelmente as demais são afetadas. Por exemplo, com o novo Código de Trânsito Nacional, obriga-se ao usuário regular o motor do veículo, aumentando assim a eficiência da queima de combustível, diminuindo o nível de emissões por combustão incompleta. Por outro lado, o aumento da velocidade, em alguns pontos da cidade e em estradas, pode afetar consideravelmente o consumo específico de combustível, aumentando as emissões de gases do efeito estufa.

A questão da economia de combustível no transporte tem que ser analisada num contexto de prováveis respostas políticas para uma série de problemas interligados.

Finalmente, quando se avalia o uso e a economia do combustível no setor de transportes no Brasil, deve-se ter em mente que o arcabouço político, mesmo quando construído em suas linhas gerais num plano federal, precisa possuir seu próprio desenvolvimento em ações descentralizadas. Dadas as diferenças espaciais e, principalmente, quando o contexto é urbano ou rural, torna-se lógico que a maioria das decisões políticas se realizem nos diversos níveis: municipais locais (ex: planejamento do uso do solo, estacionamentos, restrições ao tráfego, escolha modal, entre outras), regional ou estadual (limites de emissões, aplicação de pedágios em estradas e fiscalização do tráfego) e nacional (unificação do registro de carteiras de automóveis e de placas,.etc..).

Como introdução, ainda nesta seção, faz-se um exercício de análise de um número de tendências importantes no consumo energético do transporte no Brasil descritos por dois possíveis cenários de políticas¹⁸, mostrando as implicações sobre a dimensão energética da economia de combustíveis fósseis e do uso de energias renováveis.

¹⁸ ANDRADE, R. M.T.. **Desafios a longo prazo para o transporte terrestre no Brasil e suas implicações no setor energético: 1998 a 2015** in Anais do III Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, jun 1998

Na última seção, explica-se a razão da escolha da cidade de Curitiba como estudo de caso neste trabalho.

2.1. Dimensão Energética

O contexto energético nos transportes

Atualmente, o setor de transporte é responsável por metade do consumo mundial de petróleo e cerca de 30% do consumo mundial de energia comercial¹⁹. É também o setor que mais tem crescido em termos de consumo de energia, particularmente, em petróleo. De 1971 a 1993, o uso mundial de energia para transporte cresceu 77%, com uma média anual de 2.6%. Esta taxa de crescimento foi muito maior²⁰ que a demanda de energia no setor industrial (1.3%) ou de outros setores (1.9%). A taxa de crescimento na OECD - Organização Para A Cooperação Econômica e o Desenvolvimento - (1.8%) e particularmente na América do Norte, tem sido a menor comparada com o resto do mundo (4.5%), refletindo a saturação de automóveis per capita naqueles países. O crescimento tem sido maior nas economias emergentes, como por exemplo, na China, Ásia Oriental e parte da América Latina.

O setor de transporte tem aumentado sua participação do consumo final total de derivados de petróleo de 41.9% em 1971 para 55.6% em 1993.

Dentro do setor de transportes, o consumo de combustíveis a base de petróleo representa 97% de todos os combustíveis consumidos. Para o período entre 1993 e 2010, a demanda anual de petróleo foi projetada para 800 Mtep, cerca de 16 milhões de barris por dia, num crescimento médio de 2.6% por ano²¹.

¹⁹ DARVAY, Joyce - **Vehicle ownership to 2015: implications for energy use and emissions**. In Energy Policy, Vol. 25 no14-15, p1121-1127, Great Britain 1998.

²⁰ WOHLGEMUTH (1998)

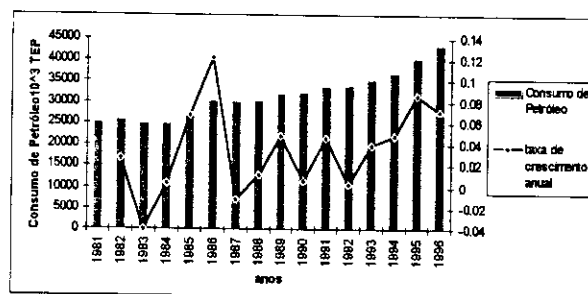
²¹ KOOPMAN, Gert J., **Long-term challenges for inland transport in the European Union: 1997-2010: Consequences for transport fuel economy and use**. In Energy Policy, Vol. 25 Nos 14-15, p 1151-1161, Great Britain, 1998

No Brasil, segundo o Balanço Energético Nacional, BEN 1997²², em 1996, o setor de transporte teve 21% do consumo total de fontes energéticas e cerca de 49% do consumo total de petróleo.

Na Figura 6, está representada a evolução do consumo de derivados de petróleo pelo sistema de transportes brasileiro, estando em 1996 em torno de 43,68 Mtep. O consumo de petróleo no setor de transportes tem crescido em média 3.5% a.a. nestes últimos 15 anos, estando a taxa relativa a 1996 em 8% a.a..

A participação das fontes energéticas no consumo total no setor de transportes em 1996 está em torno de 47% diesel, 29% gasolina automotiva, 16% álcool, 6% querosene, 1% eletricidade e 1% outros.

Figura 6 - Evolução do Consumo de Petróleo no Setor de Transportes - Brasil



fonte: Dados do BEN1997

O transporte rodoviário consumiu em 1996 cerca de 41,3 Mtep, sendo 47,5% diesel, 30,7% gasolina, 16,8% álcool e 0,1% gás natural. Não está computado o transporte rodoviário movido a eletricidade, por ser pontual em alguns centros urbanos, como São Paulo. Em São Paulo, o consumo de eletricidade para trólebus está em torno de 1,5% da energia elétrica consumida por tração.

Entretanto, como pode ser visto na Tabela 2, a participação da energia elétrica tem aumentado no transporte ferroviário cerca de 2.42% a.a., durante o período 1981-1996, apesar da diminuição de 0.65% a.a. do consumo total pelo ferroviário para o mesmo período. Ainda para o modal ferroviário, a demanda de energia

²² MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Balanço Energético Nacional 1997, ano base 1996.**, Brasília, 1997

elétrica passou de 1/3 para quase 50% do consumo de energia total neste modal. O consumo específico no transporte ferroviário, entre 1992-1996, tem diminuído em função do aumento da participação da eletricidade.

Tabela 2 - Consumo Final de Energia pelo sistema de transporte do Brasil, 1981 - 1996 (10³ tep)

| FONTES | 1981 | 1996 | 1996/1981 |
|--|-------------|-------------|------------------|
| Rodoviário | | | |
| | | | % anual |
| gás natural | 0 | 31 | |
| óleo diesel | 10990 | 19647 | 3.95 |
| gasolina automotiva | 8198 | 12689 | 2.95 |
| anidro | 596 | 2108 | 8.79 |
| hidratado | 690 | 4853 | 13.89 |
| total | 22455 | 41324 | 4.14 |
| Ferrovário | | | |
| lenha | 3 | 0 | -100 |
| carvão vapor | 20 | 0 | -100 |
| óleo combustível | 7 | 0 | -100 |
| óleo diesel | 553 | 395 | -2.22 |
| eletricidade | 255 | 365 | 2.42 |
| total | 838 | 760 | -0.65 |
| Hidroviário | | | |
| óleo diesel | 661 | 343 | -4.28 |
| óleo combustível | 1347 | 675 | -4.5 |
| outras secundárias de petróleo | 0 | 0 | |
| total | 2008 | 1018 | -4.43 |
| Aereo | | | |
| gasolina de aviação | 68 | 51 | -1.9 |
| querosene | 1831 | 2481 | 2.05 |
| total | 1899 | 2532 | 1.94 |
| Energia/ PIB (tep/10 ^{^3} US\$) | 0.049 | 0.058 | 1.14 |
| consumo específico (toe/veículo) | | | |
| no rodoviário (1985 - 1996) | 1.97 | 1.51 | -2.37 |
| no ferroviário(1992 - 1996) | 0.28 | 0.23 | -5.62 |

fonte:²³ GEIPOT, Anuário Estatístico de Transportes 1997, BEN 1997.

²³ GEIPOT: www.geipot.gov.br.

O consumo de combustíveis no transporte hidroviário tem decrescido 4.43%a.a., enquanto no transporte aéreo cresceu em torno de 1.94% a.a.. É interessante notar a evolução da demanda para os vários modais, comparativamente com o consumo energético, e verificar que para o período 1988-1996, tanto o transporte ferroviário de passageiros quanto o hidroviário de carga têm sofrido uma diminuição em sua demanda e também no consumo de energia, em detrimento do crescimento da demanda em outros modais, como o rodoviário e o aéreo (ver tabela 3).

Em termos gerais, a intensidade energética (Energia/PIB) do setor de transportes tem diminuído desde 1981, em função do uso de combustíveis alternativos e renováveis, como o álcool adicionado na gasolina, a eletricidade usada em trólebus e trens. Entretanto, ainda é o setor mais energointensivo, se comparado com os outros setores, devido à ineficiência da transformação mecânica pelos motores a combustão interna.

Na última década, o crescimento do transporte terrestre de carga tem sido significativamente maior que o crescimento da demanda total do transportes de cargas. A Tabela 3 mostra a marcante mudança na divisão modal, ocorrida a partir da década de 90, prevalecendo o modelo rodoviarista.

Tabela 3 - Evolução do Número de Passageiros-Km e de Volume De Carga Transportada, Segundo Modal Brasil 1988 - 1996

| modal | Passageiros 10 ⁶ -km | | | modal | ton 10 ⁶ -km | | |
|----------------|---------------------------------|--------|-----------|-----------------|-------------------------|--------|-----------|
| | 1988 | 1996 | 1996/1988 | | 1988 | 1996 | 1996/1988 |
| aéreo | 13491 | 16168 | 20% | aéreo | 1523 | 1937 | 27% |
| ferroviário | 13891 | 9324 | -33% | dutoviário | 19734 | 23605 | 20% |
| hidroviário | | | | ferroviário | 120036 | 128917 | 7% |
| metroviário | 3768 | 5219 | 39% | hidroviário (e) | 90617 | 71310 | -21% |
| rodoviário (e) | 561532 | 775886 | 38% | rodoviário (e) | 301000 | 396552 | 32% |
| total | 592682 | 806597 | 36% | total | 532910 | 622321 | 17% |

Fonte: Internet : <http://www.geipot.gov.br> : Extraído do Anuário Estatístico dos Transportes 1996 - GEIPOT.

Nota: (e) Dados estimados pelo GEIPOT.

Esta mudança modal, desde o início da década de 80, tem sido visível tanto no transporte de carga quanto no de passageiros com ênfase no crescimento da demanda do transporte rodoviário. Cerca de 96% do transporte de passageiros e 64% do transporte de carga dependeram do modo rodoviário, em 1996. Em 1988, a demanda pelo transporte ferroviário e aéreo de passageiros representava 2.3% da demanda total, em 1996, involuiu para 1.2%.

A participação dos investimentos nos modais de transporte no Brasil, em 1996, foi de 47% rodoviário, 17% dutoviário, 15% aeroviário, 14% ferroviário e 7% aquaviário. Os investimentos foram da ordem de 2 bilhões de reais naquele ano. O DNER, responsável pela gestão dos investimentos do setor rodoviário, vem participando, desde o início da década de 90, com quase 50% do montante total anual, através de obras de expansão e melhorias das estradas e das vias.

As tendências mostram como as políticas de investimentos em transportes no Brasil, juntamente com a política de preços do petróleo e do automóvel têm incentivado o crescimento da malha rodoviária e a escolha pela dependência dos combustíveis fósseis. Aceita-se a falta de autonomia, através da sub-utilização de recursos energéticos renováveis nacionais que propiciariam a sustentabilidade do sistema. Qual é o preço real que se paga por esse caminho?

2.2 A Dimensão Ambiental, O Desafio

O principal desafio enfrentado pelo sistema de transportes é a questão da sua sustentabilidade.

A sustentabilidade do transporte terrestre passa pela análise da questão econômica, mas tem sua base no estudo das conseqüências sobre o ambiente que mantém seu metabolismo: o ecossistema urbano e os habitantes que aí residem. Cerca de 90% da frota de veículos circula dentro das cidades e em seu

perímetro urbano, emitindo diariamente toneladas de poluentes no nível da rua, onde trafegam, vivem e trabalham milhares de pessoas. Sem contar a utilização do solo urbano (estima-se quase 50% da área útil de alguns municípios em estacionamento, vias expressas de circulação) e rural (estradas, espaço para pedágio).

Os veículos automotores a ciclo Otto e Diesel produzem mais poluição atmosférica do que qualquer outra atividade humana isolada. Anualmente, cada carro joga à atmosfera uma quantidade de CO₂ o equivalente a 4 vezes o seu peso²⁴. Mais de 4 bilhões de toneladas de CO₂/ano são emitidas pelos veículos que constituem a frota mundial.

O Ar Que Não Respiramos

A poluição urbana atmosférica se caracteriza pela presença de substâncias em determinadas concentrações, tornando o ar nocivo e impróprio à saúde, causando prejuízos ambientais (à fauna, flora e aos cidadãos) e materiais, pela destruição de monumentos e construções.

A poluição atmosférica causada pela emissão veicular é um dos mais graves problemas urbanos. Primeiro pela formação do Smog Fotoquímico, decorrente de reações químicas entre os gases emitidos (ver o Anexo 5). Segundo por problemas decorrentes da elevada concentração desta substâncias, causando sérios problemas à saúde pública. Na Tabela 4, estão relacionadas os principais poluentes atmosféricos, suas fontes emissoras e impactos.

Segundo Telles (1997), os principais poluentes atmosféricos identificados pela legislação internacional e brasileira são :

- ◆ **De Ação Local ou Regional:** material particulado (MP), as partículas inaláveis (PM-10 ou PI), óxidos de enxofre (SO₂, SO₃, SO_x), óxidos de nitrogênio (NO, NO₂, NO_x), monóxido de carbono, compostos orgânicos (HC), ozônio troposférico (O₃) e metano (CH₄).

²⁴ SMA-SP- Por um Transporte Sustentável, fev 1997

- ◆ **Poluentes de Efeito Global** : responsáveis pelo efeito estufa, como o dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso N₂O, os CFCs, metano CH₄.

Tabela 4 – Poluentes Atmosféricos, Fontes e Impactos

| POLUENTES | FONTES | IMPACTOS À SAÚDE E AO MEIO AMBIENTE |
|--|---|---|
| Óxidos Sulfúricos (Sox e SO₂) e Nitrogenados (Nox) | Queima de combustíveis fósseis (carvão, petróleo) no processo industrial e nos veículos motorizados | Danos aos pulmões e às vias respiratórias Danos a determinadas espécies de plantas. Danos às construções e materiais Acidificação de corpos d'água e do solo. |
| Monóxido de carbono (CO) | Veículos Motorizados (gasolina, álcool e diesel) | Debilita a capacidade sanguínea de transportar oxigênio para o pulmão, afeta o sistema cardiovascular, nervoso e pulmonar. |
| Compostos orgânicos | Veículos Motorizados (principalmente álcool) e indústrias | Alguns compostos causam mutações e câncer. Contribuem para a formação do ozônio troposférico |
| Ozônio troposférico | É um poluente secundário, resultante da reação química entre Nox e outros compostos orgânicos presentes na atmosfera, na presença da luz solar. | irritação dos olhos, congestão nasal, redução das funções do pulmão, diminui a resistência às infecções. É o principal componente da névoa densa. Danifica a vegetação. |
| Material particulado | Queima incompleta de combustíveis e de seus aditivos no processo industrial; veículos a diesel; poeira no solo | por seu tamanho, pode atingir os alvéolos pulmonares, causando graves problemas respiratórios. As partículas emitidas por veículos a diesel tem potencial cancerígeno e mutagênico. Provoca alergias, asma e bronquite crônica. |

Fonte: Cetesb/97

Desde a infra-estrutura viária até o próprio veículo automotor, todos de uma maneira ou de outra interferem no ecossistema natural existente, modificando as condições de equilíbrio de troca energética.

Através do PROCONVE, o CONAMA, pela Resolução nº 3 de 28/06/90, determinou os padrões nacionais da qualidade do ar e os critérios para situações agudas de poluição atmosférica conforme podem ser vistos no Anexo 6²⁵.

²⁵ Estes padrões seguem aqueles adotados pela EPA - Agência de Proteção Ambiental dos EUA e os níveis máximos recomendados pela OMS - Organização Mundial de Saúde

Na Tabela 5, estão identificados alguns dos impactos causados pelo sistema de transporte rodoviário, de cada um de seus componentes, veículos, obras viárias e tráfego.

Tabela 5 – Impactos causados pelo Sistema de Transportes Rodoviário Urbano

| Fonte | Tipo de Poluição | Impacto |
|--|--|---|
| Combustão de derivados petróleo nos veículos desgaste dos pneus | Poluição gasosa material particulado | Aumento de problemas respiratórios. Sujeira na rua Deterioração de fachadas e construções. Nebulosidade e formação de "ilhas de calor". |
| construção de obras viárias | impermeabilização do solo mudança do relevo, exposição do subsolo | Mudança do regime hídrico, aumento de inundações erosão do solo. |
| Circulação e Tráfego | Poluição sonora Acidentes | problemas de Stress urbano Aumento com gastos na Saúde devido a acidentes perdas de vidas. |

fonte: Elaboração própria a partir de informações do CPRM (1998) e CETESB(1997)

Normalmente quando se pensa no transporte, os problemas que recaem sobre o solo e os recursos hídricos não constam na lista dos impactos negativos. Entretanto, as obras viárias são responsáveis por grandes problemas no ecossistema. Através da construção da infraestrutura viária, retirando sua cobertura vegetal, muda-se as características do solo coberto, sua permeabilidade e escoamento da água, e assim acaba-se modificando o regime de drenagem dos rios e as propriedades do solo. Ao gerar acessibilidade, induz-se ao adensamento populacional, levando à modificação irreversível da região.

Os impactos ambientais em nível local ou, em certos casos, regional podem ser associados a custos sociais, as chamadas deseconomias. No caso da questão do transporte, através de vários estudos realizados pela OECD(1994)²⁶, foram estimados dos custos das externalidades relacionadas ao uso de transporte rodoviário, com o intuito de uma formação correta e coerente dos preços dos transportes e novas opções de políticas para a internalização destes custos na União Européia - (European Union EU), em 1995. Todos os custos são porcentagem anual do PIB da EU em 1995, tais como: poluição atmosférica - 0.4

(excluindo o aquecimento global); Ruído - 0.2; Acidentes - 1.5; Congestionamento - 2.0.

Um estudo recente realizado pelo Banco Mundial referente à Região Metropolitana de São Paulo indica despesas anuais com o sistema de saúde da ordem de US\$1,5 bilhões²⁷ relativos ao aumento dos índices de morbidade e mortalidade devido a doenças respiratórias causadas pela alta concentração de particulados e gases tóxicos (SO₂, NO_x, HCs, O₃ troposférico, CH₄, CO) na baixa atmosfera

A sustentabilidade do transporte é um desafio que pode ser alcançado com estudos e medidas direcionados a sanar a qualidade do ar e melhorar a qualidade de serviço e infra-estrutura prestados à população.

Como foi visto na seção anterior, a maioria dos combustíveis utilizados, atualmente, nos transportes está baseada no uso de derivados de petróleo e as previsões do crescimento da população e os cenários da demanda futura de energia²⁸ indicam que as reservas conhecidas de petróleo poderão se acabar a partir de meados do século XXI. Sem o principal combustível quais são as alternativas a curto, médio e longo prazo para manter e, em alguns casos, aumentar o nível de mobilidade atual?

Esta pergunta deflagra a situação insustentável que o transporte terrestre enfrentará caso continue como atualmente é realizado. Mesmo levando em conta todas as fontes fósseis, convencionais e não-convencionais de petróleo, carvão e gás natural, a substituição dos combustíveis não renováveis no transporte torna-se necessária durante o século 21 devido, principalmente aos problemas do efeito estufa, além da possível exaustão de suprimento. De acordo com o último encontro do IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change em Kyoto -1997,

²⁶ SMA (1997)

²⁷ SZWARC, Alfred; JUNIOR, Olímpio de M. A.; BRANCO, Gabriel M. **Aspectos Ambientais do trólebus**. In Revista dos Transportes Públicos, n76, p99, ano 19, São Paulo, 1997

²⁸ KOOPMAN, Gert J., **Long-term challenges for inland transport in the European Union: 1997-2010: Consequences for transport fuel economy and use**. In Energy Policy, Vol. 25 Nos 14-15, p 1151-1161, Great Britain, 1998

medidas restritivas e mais severas às emissões de CO₂ nos transportes estão sendo estudadas para minimizar o efeito estufa de dimensões globais devido à queima de combustíveis fósseis.

Segundo BRANCO(1998), é interessante acompanhar o efeito que teve a substituição do álcool na gasolina graças ao Programa Proálcool, no Brasil. Segundo Branco(1998), na década de 80 as emissões de CO diminuíram com a adição do etanol anidro à gasolina, com ganhos ambientais importantes. Ao construir carros a álcool, obteve-se outro benefício, com desenvolvimento de tecnologia, conseguiu-se melhorar ainda a mais o ganho ambiental. Isso ocorreu no início do programa devido à busca de uma melhoria de consumo de combustíveis e eficiência dos motores, mas depois, por exigências ambientais.

O uso de fontes alternativas

Combustíveis de biomassa, como o álcool e o biodiesel, e o gás natural, poderiam, numa primeira fase de transição, em curto e médio prazo substituírem a gasolina e o diesel nos transportes. Entretanto ainda assim não satisfariam as necessidades do crescimento do consumo do sistema de transportes, principalmente se as políticas ainda incentivarem o modal rodoviário, e, muito menos, os quesitos de emissão, pois ainda se estaria emitindo quantidades imensas de CO₂, CH₄, CO, HCs e NO_x concentradas nas cidades.

Outra alternativa, segundo GRAßI(1993), que pode ser aplicada a curto, médio e longo prazo como suprimento de energia com emissão zero para o tráfego urbano é a provisão direta de energia elétrica através de cabos e trilhos (para o sistema coletivo de transporte) ou baterias e acumuladores (no caso de transporte privado), gerada de forma descentralizada por :

- * termoelétricas a gás natural, bagaço de cana, álcool ou a biodiesel,
- * hidroeletricidade,
- * energia solar: fotovoltaica, eólica.

E, finalmente, outra fonte alternativa que poderá estar na matriz energética do setor de transportes a médio e longo prazo será o hidrogênio líquido. Infelizmente, a produção regenerativa de hidrogênio combustível não evita danos ambientais, somente os reduz, principalmente no que diz respeito às emissões de NOx. Além do problema de armazenagem e transporte do hidrogênio, por ser altamente inflamável²⁹.

As vantagens ambientais locais da utilização da energia elétrica (emissão zero) e a mudança modal para o transporte coletivo de passageiros e cargas nos conglomerados urbanos está se configurando como tendência mundial na definição do modal de transportes nestas áreas. Diversos países já estão adotando políticas de médio e longo prazo para a expansão da utilização de energia elétrica para transportes coletivos.

O Estado da Califórnia, nos EUA, estabeleceu meta para o aumento da participação da frota particular de automóveis elétricos para 2% do total produzido em 1998 e a partir de 2003, aumento gradativo para 10%. No Japão, foi estipulado que esteja em circulação no ano 2000 no mínimo 200.000 unidades de veículos elétricos.

Sustentabilidade, Até Quando?

Diminuir as emissões e melhorar a mobilidade nas metrópolis no futuro é possível? Estudos nesta direção vêm sendo realizados em diversos países da OECD, como os cenários para curto e médio prazo na Dinamarca³⁰ e para a União Européia em 2015³¹. Nestes trabalhos, são construídos conjuntos de instrumentos políticos que juntos podem direcionar ações e medidas para se tentar vencer as barreiras e alcançar os objetivos ambientais e sociais

²⁹ Maiores detalhes sobre o H₂ líquido pode ser encontrado no título *Hydrogen and Other Alternativa Fuels for Air and Ground Transportation* (1993).

³⁰ KRAWACK, Susanna: et all.. **Transport planning and policy: the Danish experience**. In *Industry And Environmet*, UNEP, Vol.16, No 1-2, January –June 1993

³¹ idem 18

necessários. Foi realizado um estudo de cenário para o Brasil em 2015³² analisando a longo prazo as conseqüências no setor energético, no planejamento urbano e dos transportes.

A partir dos principais objetivos ambientais, como a economia de energia, a redução das emissões gasosas e a redução dos congestionamentos, foram escolhidas algumas medidas e ações. As ações escolhidas em Andrade(1998) para construir o cenário eficiente (“gradativo” e “total”) estão listadas a seguir: Mudança modal de automóveis de passeio, para transporte coletivo; Aumento da extensão de metrô e trens de subúrbio; Escolha multimodal; Mudança modal de caminhões para trens; Normas mais restritas de emissão; Aumento de veículos elétricos; Mudança de combustíveis fósseis para eletricidade, hidrogênio e biomassa, através de taxas de emissão do CO₂ para combustíveis. E finalmente, aumento da eficiência energética, uso de carros menores, ciclovias e educação dos motoristas.

Os efeitos das ações foram medidos de acordo com os seguintes parâmetros: economia de energia (uso de combustíveis líquidos e outras fontes) e na redução de emissões de CO₂. Os resultados podem ser vistos na Figura 7.

O ponto de partida para a análise foi criar um cenário referencial para 2015. Este cenário está mais ou menos baseado na extrapolação da situação tendencial nos últimos 15 anos, período de 1981 a 1996. A taxa de crescimento anual do volume da frota assumida foi de 7.81% aa para 2015. A divisão modal foi mantida como na Tabela 3, e o crescimento de cada modal segue a tendência do período entre 1981-1996³³. O consumo de combustíveis acompanha a tendência da Tabela 2.

Os preços comerciais do petróleo e da energia elétrica foram considerados inalterados durante este período.

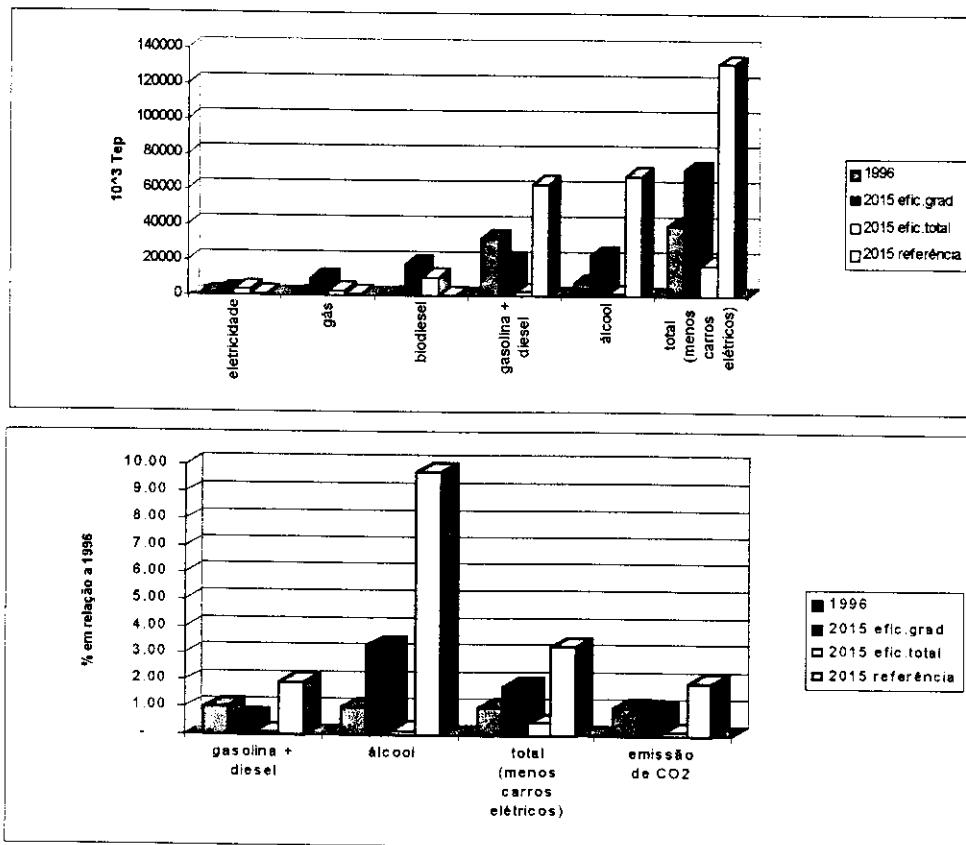
Para o cenário referencial, em 2015, o consumo de combustíveis líquidos é da ordem de 130 Mtep. O uso da eletricidade quintuplica no cenário de eficiência

³² ANDRADE(1998)

³³ GEIPOT: www.geipot.gov.br

total, em relação ao cenário referencial. O consumo de álcool hidratado e anidro tem diminuída sua participação no uso final do cenário eficiência total devido às taxas de emissões de CO, CH₄ e HCs sobre os combustíveis. Enquanto no cenário referencial e no cenário eficiência gradativa, em relação à 1996, ela chega a ser 10 vezes maior e mais que dobrar respectivamente, principalmente devido o crescimento da frota ser ainda elevado, e a proporção do álcool ser aumentada no gasool. Praticamente, tanto no cenário referencial, quanto no de eficiência gradativa, o consumo de álcool passa a representar 50% dos energéticos no setor.

Figura 7 - Efeito sobre a economia de Energia e a emissão de CO₂



Fonte: Andrade(1998)

Há uma diminuição de 56% no consumo total de energia no cenário de eficiência total em relação ao consumo de 1996, e de 46% no caso do cenário de eficiência gradativa em relação ao cenário referencial.

As emissões de CO₂ em ambos os cenários eficientes foram menores que na situação de 1996, devido principalmente à mudança modal rodoviário de passageiros coletivo e de carga movidos à biodiesel e gás e ao ferroviário movido à eletricidade.

Certamente que estes cenários são somente ilustrativos e estão cercados de incertezas. Entretanto, pode-se tentar desenhar algumas conclusões sobre seus resultados.

O uso de energia no sistema de transportes depende de muitos fatores interdependentes. Um conjunto de instrumentos e políticas devem ser estudadas e aplicadas para se conseguir reduzir o crescimento das emissões de CO₂ e de outros poluentes no setor. Taxar os combustíveis fósseis, aplicando princípio do 'poluidor pagador', seria uma estratégia de política de preços. Isto poderia incentivar a utilização de combustíveis e de fontes alternativos, tais como o gás natural, o álcool, o biodiesel, a eletricidade e até o hidrogênio. O preço da eletricidade para transportes deveria possuir uma tarifa reduzida. Há indícios³⁴ de que a inserção do biodiesel na frota de ônibus já está ocorrendo com sucesso. Um projeto piloto em Curitiba está colocando em circulação 20 ônibus movidos a biodiesel no município.

Políticas de preços poderiam incluir uma estratégia multifacetada sobre preços de congestionamento, intensidade energética e emissões, assim como encontrar os preços relativos das externalidades. E criar equidade social através de mecanismos que revertam o montante recolhido das taxas cobradas pelas externalidades, do pedágio urbano e sobre os preços dos combustíveis e veículos em um fundo de investimentos para o transporte coletivo (conforme é previsto no novo Código Nacional de Trânsito, para os recursos das multas que ficam dirigidos para projetos e programas de trânsito), com melhorias do serviço e da infraestrutura urbana, tais como: automatização dos sinaleiros, lombadas eletrônicas, vias sem buracos, corredores de ônibus; e infraestrutura rural, com melhor pavimentação e sinalização das estradas.

Uma outra maneira é modificar a demanda por transportes, adequando melhor as atividades humanas, diminuindo as viagens por habitante. Para isso, uma reformulação mais profunda do sistema urbano é requerida.

Assim visto, faz-se mister existir um casamento de objetivos e instrumentos entre os setores de planejamento energético, de transportes e urbano para que as ações consigam atingir o objetivo de melhorar a qualidade de vida nas cidades brasileiras.

A seguir, para compor o quadro de estudo deste capítulo, estão dispostas as principais idéias das demais dimensões.

2.3 Dimensão Antrópica

A quem serve o transporte urbano? A acessibilidade favorece a qual população?

Como as pessoas escolhem seus trajetos e realizam seus deslocamentos?

O transporte urbano atende às necessidades da população ou é utilizado como vetor criador de novas demandas sem de fato atender as regiões mais carentes?

Será que as pessoas precisam de transporte ou dos serviços que os meios de locomoção podem acessar?

Como os aspectos culturais identificam o tipo de transporte existente nas cidades?

Estas são algumas perguntas que suscitam no pensamento a importância de se conhecer a estrutura social e econômica existente nos centros urbanos e em sua periferia. Em estudo realizado na RMSP³⁵, “os estratos de renda mais alta apresentam maiores índices de mobilidade por pessoa”. Constatou-se, ainda

³⁴ URBS, **Relatório de Pesquisa de combustível, empresa Glória**. Curitiba 1998

³⁵ VASCONCELLOS, E. A., SCATENA, J. C.. **Avaliação social em transportes utilizando pesquisas de origem-destino**, in Revista dos transportes Públicos, n70, p57-70, 1996

neste estudo, que os homens possuem maior mobilidade que as mulheres, e a parcela de pessoas móveis por domicílio também aumenta com a renda. Existe uma relação proporcional entre a renda e a diversidade de motivos, com estratos de renda mais alta realizando mais viagens de trabalho, negócios, compra e lazer. O uso relativo do transporte público ao número total de viagens diminui, enquanto o uso do automóvel aumenta muito com a renda. As viagens a pé ocorrem em todos os estratos, acentuando-se nos estratos mais baixos.

A participação do ser humano e seu impacto no funcionamento do sistema de transporte urbano está inserido em estudos da psicologia do tráfego e da sociologia urbana. O aumento do volume de veículos, bem como o crescente acesso a estes bens estão fortemente enraizados na idéia do status de se possuir seu próprio automóvel, como símbolo de poder e liberdade. O usuário, ao se sentar junto ao volante, sente-se como dono da via pública e muitas vezes a rua se transforma em batalhas de velocidade ou de ocupação do espaço, seja nos estacionamentos, quanto nos engarrafamentos.

É sabido que a falta de informação e a maneira particular de cada motorista conduzir um veículo, como o ônibus ou o automóvel podem levar a um consumo maior ou menor de combustível, a um desgaste do veículo e dos pneus, aumento de acidentes e do stress urbano. E em termos de uso das vias públicas, a maneira de conduzir (que depende da cultura, dos hábitos e da educação locais) pode ser um dos entraves às mudanças trazidas pelas normas de trânsito. Desta maneira, novos programas de educação para o trânsito estão sendo implantadas e serão obrigatórios pelo novo Código Nacional de Trânsito.

Cada vez mais, o motorista, o usuário, o pedestre e o cidadão têm um importante papel na promoção da qualidade do trânsito, do aumento da segurança, da eficiência energética nos transportes e conseqüentemente da qualidade do ar. Há inumeráveis barreiras políticas, econômicas e culturais que dificultam ao sistema de transporte alcançar sua sustentabilidade. A contribuição do consumidor e do usuário na quebra das barreiras consiste na questão da escolha pelo tipo modal e

de tecnologia, de combustíveis ou fontes energéticas, quando disponíveis, que venham a diminuir as emissões dos veículos.

Conhecer o perfil dos usuários é outra maneira de descrever alternativas modais que venham atender suas necessidades com impactos mais positivos sobre o trânsito, o meio ambiente e a saúde.

Um exemplo são as pesquisas de origem e destino realizadas pelo Metrô de São Paulo e os indicadores de qualidade do sistema de transporte desenvolvidos em Curitiba, para se conhecer as necessidades dos usuários e da população e avaliar o desempenho do serviço de transportes oferecido aos seus habitantes.

Consumo de tempo e de espaço urbanos

Segundo Vasconcellos, desde a década de 50, mas principalmente após a década de 70, têm sido utilizados estudos do OTS, orçamento de tempo e espaço, com o objetivo de quantificar o tempo e as distâncias que são dispendidos pelas pessoas em seus deslocamentos rotineiros, assim como o “encadeamento físico-temporal das viagens”.

Representando melhor as estratégias escolhidas pelas pessoas para organizar seus deslocamentos, poderia ser utilizado como ferramenta de conhecimento, “capaz de melhorar ou substituir as metodologias tradicionais de modelagem de transporte, baseadas em comportamentos individuais, e que negligenciam análises sociais e econômicas mais abrangentes”.³⁶

A renda é um dos fatores da variação do orçamento do tempo e do espaço. Quanto maior a renda, maior o consumo de tempo em viagens. Segundo Zahavi(1976)³⁷, à medida que a renda cresce, as pessoas compram modos mais rápidos de deslocamento, utilizando grande parte do tempo economizado para viagens adicionais, além de lazer e descanso.

³⁶ VASCONCELLOS(1996)

³⁷ Apud Vasconcellos(1996)

Os estratos mais ricos consomem ferozmente o sistema viário urbano, utilizando-se de automóveis particulares. O uso do espaço urbano pode ser melhor ilustrado com a relação direta entre os consumos dos domicílios mais pobres (21,6 km/dia incluindo 16 km feitos por transporte coletivo e o restante a pé) e dos domicílios mais ricos (63,3 km/dia incluindo 44 km por automóvel). O mito do sistema viário como bem de consumo coletivo fica evidenciado. Como redistribuir os encargos de construção e manutenção das vias?

Na RMSP, segundo Vasconcellos(1996), existe uma separação clara entre dois grandes subgrupos populacionais, cujas estratégias de deslocamento estão representadas pelo transporte público e particular. São formas distintas de usar a cidade, refletindo o precipício entre a riqueza e a pobreza, expondo a duplicidade da realidade urbana.

2.4. Dimensão Legal, Institucional e Técnica

2.4.1. O controle da Poluição Veicular e o PROCONVE

Programas, como os que foram implantados nos EUA, na Europa e no Japão, desde o início da década de setenta, vêm contemplando o controle de índices de emissão dos veículos novos. Foram estabelecidos objetivos a serem atingidos ao longo dos anos, adequando suas frotas específicas e o estágio de seu desenvolvimento tecnológico às necessidades de redução de emissões veiculares.

O Brasil, até 1986, estava sem um programa de controle de emissões de fontes móveis. Em função do processo acelerado de urbanização que se fez sentir após a década de 70, e das políticas de estímulo ao transporte particular nas cidades brasileira, em detrimento ao transporte coletivo, foram aparecendo problemas urbanos muito graves. Principalmente em São Paulo, o tráfego de veículos e a

poluição do ar se intensificaram, a um ponto tal que ultrapassaram os padrões de qualidade de ar, deteriorando a qualidade de vida.

Da CETESB foram originados, como uma proposta inicial ao Governo do Estado de São Paulo, o PROCONVE (Programa Nacional de Controle de Poluição por Veículos Automotores) e o PROVEM (Programa Nacional de Certificação de Conformidade de Veículos Automotores), criados pela Resolução Nº 18, de 06/05/86, do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). A CETESB, conveniado ao IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente), foi encarregada da implantação e da operacionalização do PROCONVE a nível nacional. O INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial) ficou responsabilizado pela implementação do PROVEM.

Os objetivos principais do PROCONVE são:

- ✓ A promoção do desenvolvimento tecnológico nacional na engenharia automobilística e em métodos anti-poluentes.
- ✓ A criação de programas de inspeção e manutenção para os veículos automotores em uso;
- ✓ A promoção de mecanismos de conscientização da população sobre os aspectos envolvidos na poluição atmosférica causada pelos veículos automotores;
- ✓ O estabelecimento das condições da avaliação dos resultados alcançados;
- ✓ A promoção da melhoria das características técnicas dos combustíveis líquidos, postos à disposição da frota nacional de veículos automotores, com o intuito de redução das emissões de poluentes atmosféricos.

O Programa vem fixando os limites máximos de emissão para os veículos e motores em ensaios padronizados e com combustíveis de referência, em conformidade com programas similares estabelecidos em outros países. A metodologia americana foi usada para a medição dos gases, enquanto a metodologia europeia para a medição da emissão de material particulado nos motores a diesel (método dos 13 pontos).

Ele estabelece a certificação de linhas de produção, autorização especial do órgão ambiental federal para o uso de combustíveis alternativos, recolhimento e reparo de veículos ou motores não conformes com o projeto de produção e proibir a comercialização de modelos novos de veículos não homologados.

O PROCONVE foi dividido em fases aplicadas para veículos leves e pesados. No caso de veículos leves, foram estabelecidos os limites para emissão evaporativa do escapamento e do cárter. No caso de veículos pesados, os limites levaram em conta as emissões do escapamento.

Tabela 6 - Limite de Emissão Para veículos Leves

| ANO | CO (g/km) | HC (g/km) | Nox (g/km) | Evaporativa (g/teste) |
|------|--------------|--------------|---------------|--------------------------|
| 1988 | 24 | 2,1 | 2,0 | - |
| 1992 | 12 | 1,2 | 1,4 | 6,0 |
| 1997 | 2 | 0,3 | 0,6 | 6,1 |

Tabela 7 - Limite de Emissão Propostos Para Veículos Pesados

| Fase/Poluente | CO (g/kWh) | HC (g/kWh) | Nox (g/kWh) | FULIGEM (g/kWh) ^a | MP (g/kWh) ^a |
|----------------------|---------------|---------------|----------------|---------------------------------|----------------------------|
| FASE I | - | - | - | 2,5 | - |
| FASE II | 11,2 | 2,45 | 14,4 | 2,5 | - |
| FASE III | 4,9 | 1,23 | 9,0 | - | 0,7 / 0,4 ^b |
| FASE IV ^c | 4,0 | 1,1 | 7,0 | - | 0,15 |

^a - Somente Para motores a óleo diesel

^b - 0,7 g/kWh para motores até 85 kW e 0,4 g/kWh para motores acima de 85 kW,

^c - Estabelecida pela Resolução n* do CONAMA, em 31/08/93

Fase II = Euro 0

Fase III = Euro 1

Fase IV = Euro 2

Tabela 8 : Calendário Para Os Limites de Emissão Para Veículos Pesados

| DATA DE VIGÊNCIA | TIPO DE VEÍCULO | Fase | Vendas % |
|------------------|-----------------|--------|----------|
| 01/07/93 | Todos | II/I | 80/20 |
| 01/01/94 | ônibus urbano | III/II | 80/20 |
| 01/01/96 | Todos | III/II | 80/20 |
| 01/01/98 | ônibus urbano | IV/III | 80/20 |
| 01/01/00 | Todos | IV/III | 80/20 |
| 01/01/02 | Todos | IV | 100 |

Pela data do calendário, em 1998 antecipou-se 80% da frota de ônibus vendidos referentes à fase IV, com 20% ainda da fase III. A seguir estão apresentados os resultados para cada fase:

- Fase I - Refere-se ao período entre 1988-1992. Resultou no aprimoramento dos projetos dos veículos produzidos, redução da tolerância na produção e afinação nas emissões no carburador.
- Fase II- (Euro 0) Compreendido no período entre 1993-1995. Implantação de tecnologia com a utilização de sistemas auxiliares, como injeção eletrônica simples e catalisador, reduzindo as emissões.
- Fase III - (Euro I) Refere-se ao período entre 1996-2001. A utilização dos sistemas da fase III, com a melhoria do sistema de injeção eletrônica com retrofit e a obrigatoriedade do uso de catalisadores.
- Fase IV - (Euro II) Após 2002, utilizando sistemas mais eficientes e tecnologia mais moderna, reduzindo ainda mais o nível de emissões.

O controle na qualidade dos combustíveis também está contemplado, com redução do teor de enxofre no óleo diesel comercial brasileiro de 1% para 0.3 a 0.2% (Resolução CONAMA no 8/93).

2.4.2. O Novo Código de Trânsito

Em outubro de 1996, o Senado aprovou com alterações o projeto de lei do novo Código de Trânsito Brasileiro originário da Câmara Federal. A sanção

presidencial, em seus mais de trinta vetos, encerrou o ciclo, depois de seis anos de estudo e negociações, em 23 de setembro de 1997. O código novo conta com 346 artigos compostos por parágrafos, incisos e alíneas, totalizando mais de 1000 tópicos.

O novo código representa a possibilidade da municipalização efetiva do trânsito, com grandes impactos na condução das políticas urbanas. Suas principais características podem ser vistas no Anexo 7.

Segundo Vasconcellos(1997)³⁸, a imagem que os sistemas de transportes público têm hoje é bastante prejudicada pela dificuldade de garantir um bom serviço prestado. "Assim, planejar e construir uma rede de corredores de ônibus sem a garantia de eficácia da fiscalização - e, portanto, de oferta - impunha uma condição não otimizada de serviços, com prejuízos à qualidade e à confiabilidade do sistema".

De forma semelhante, a redução da velocidade média afeta um dos componentes mais relevantes do custo do transporte público - a frota de veículos disponibilizados para operação -, aumentando o custo do sistema e conseqüentemente a tarifa.

De acordo com a nova competência estabelecida para os municípios brasileiros, estes poderão desenvolver o planejamento, o projeto, a regulamentação, a operação e a fiscalização de veículos e pedestres, assim como implantar, montar e operar o sistema de sinalização e os dispositivos e equipamentos de controle viário. Com estas atuações coordenadas, é possível a garantia de um melhor desempenho dos transportes coletivos, com o uso mais racional do espaço viário. Ainda em Vasconcellos(1997), o papel destas atribuições como "operar e fiscalizar de forma otimizada o trânsito deve significar uma melhoria da qualidade geral do transporte público e a recuperação de sua confiabilidade, além da possibilidade de revisão da planilha de custos".

³⁸ VASCONCELLOS, Eduardo A. **A Nova Competência atribuída aos Municípios**, em Revista dos Transportes Públicos, p7, nº 77 ano 20, 4 trim. 97

De acordo com as expectativas dos técnicos, estas mudanças trazem impactos positivos não somente sobre os aspectos técnicos do trânsito e do transporte. Sob o ponto de vista urbanístico, a atuação coordenada pode trazer benefícios à cidade como um todo.

2.4.3. Planejamento urbano: Uso do Solo e Transporte

Em termos ambientais, a Constituição brasileira é considerada uma das mais avançadas e inovadoras do mundo. O Brasil foi o primeiro país do mundo a ter a obrigatoriedade de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) prevista na sua Constituição.

Por meio deles delimitou-se o campo de atuação da esfera estatal e da sociedade civil na gestão do meio ambiente: a efetividade dos direitos arrolados deve ser garantida pelo poder público e pela coletividade. O texto constitucional introduz como novidade a ação concorrente das três esferas da federação (União, estados e municípios) como co-responsáveis pela garantia da qualidade ambiental, prevalecendo a norma mais restritiva.

O esvaziamento político que os municípios haviam sofrido no período ditatorial foi revertido com a nova Carta constitucional. Os recursos e as decisões mais importantes, que haviam ficado centralizados no governo federal, foram resgatados. Segundo MENEZES(1996), esse aspecto está traduzido nas novas responsabilidades atribuídas aos municípios no que se refere aos programas e políticas públicas visando à melhoria das vidas nas cidades. Por outro lado, um passo importante também foi dado no resgate da cidadania. Pela primeira vez, determinou-se a obrigatoriedade do Plano Diretor para cidades com mais de 20 mil habitantes, além de se prever que os próprios municípios passassem a elaborar e votar suas Leis Orgânicas. Até então, com exceção das cidades do estado do Rio Grande do Sul e da de Curitiba, eram as Assembléias Legislativas respectivas que votavam essa lei.

Entretanto, o comprometimento das ações com as políticas apontadas no Plano Diretor exigiria uma participação legitimada de seus executores com os objetivos de sustentabilidade, de preservação ambiental e da equidade na qualidade e acesso aos serviços urbanos. O transporte sendo um dos principais vetores do crescimento e do desenvolvimento das cidades, ao proporcionar mobilidade aos seus habitantes e aos bens de consumo, ficou sob a mira dos ambientalistas somente a partir desta última década.

Todavia, o sistema de transporte na maioria das cidades brasileiras, principalmente nas capitais, foram afetados com o rápido crescimento urbano ocorrido a partir dos anos 40, e acentuado depois do “milagre econômico” da década de 70. A saturação das vias públicas, o intenso consumo do solo para construção de infraestrutura urbana, o aumento da frota rodoviária, o aumento da poluição foram prenúncios de um caos urbano devido à falta de um planejamento integrado dos recursos geridos pelos municípios. O abuso da especulação imobiliária, a falta de coesão política, de continuidade nos projetos e de instrumentos jurídicos levaram os centros urbanos, como São Paulo e Rio de Janeiro à situação de extrema insustentabilidade.

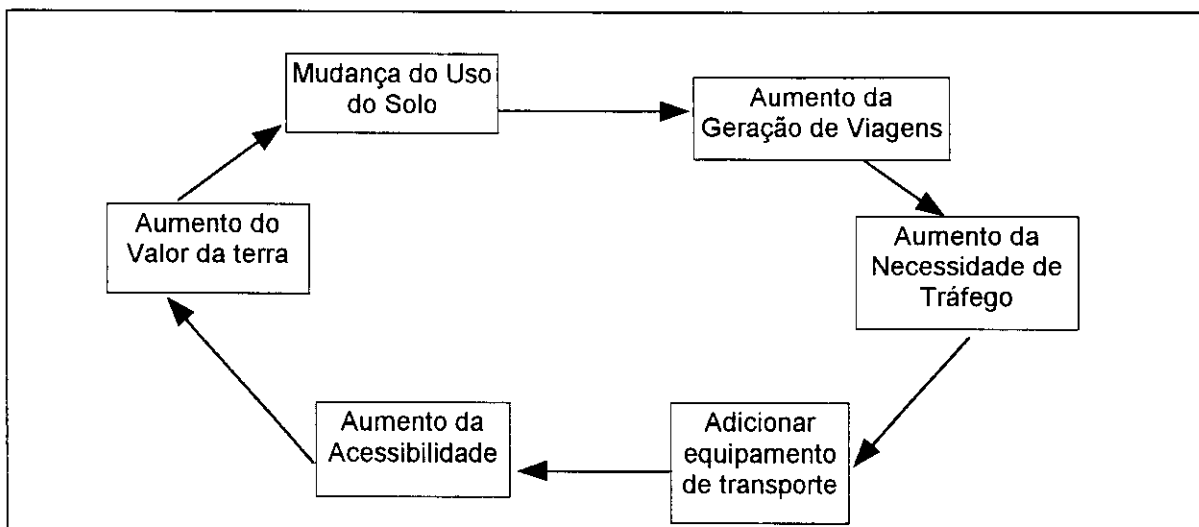
Como foi constatado nas seções anteriores, a necessidade de um planejamento urbano que integre os demais setores e contemple uma flexibilidade de atuação pode gerar mudanças qualitativas e quantitativas na questão sócioambiental urbana.

O planejador pode utilizar de modelos matemáticos para quantificar as possíveis conseqüências das ações modificadoras. O uso adequado de modelagem matemática requer do planejador e do analista uma postura autocrítica constante, sendo “verificada a cada passo a verossimilhança do modelo em contraposição da realidade a ser representada”³⁹. A Figura 8 ilustra o ciclo do Uso do solo e dos Transportes, como uma relação de feedback positivo ou retroalimentação positivo: quanto maior o valor da terra, aumenta-se a necessidade de tráfego e vice-versa.

³⁹ NOVAES, Antonio G.. “Modelos em planejamento urbano, regional e de transportes”. São Paulo, Ed. Edgard Blücher, 1981

Sabendo-se desta relação, a criação de um sistema de restrição e regulação, seja por parte do governo ou dos órgãos fiscalizadores e de controle, que limite este tipo de ciclo é fundamental, para evitar impactos sociais, culturais e ambientais negativos, quando ele é deixado a vontade pelo mercado competitivo. Este ciclo sem um controle leva a uma deterioração do espaço urbano e da qualidade de vida. Quando bem controlado, traz desenvolvimento e mobilidade.

Figura 8 -Ciclo do uso do solo e dos transportes, sem sistema de restrições



Fonte: Adaptado de Meyer(1984)

2.4.4.. Demanda e Oferta de Transportes Públicos

A demanda por transportes é caracterizada por ser *uma demanda derivada*, pois gira em função das atividades das pessoas e *diferenciada*, pois varia em função do tipo de pessoa (renda, tamanho de família, faixa etária), motivo, pelos atributos tais como confiabilidade, frequência e velocidade. Além disso ela ocorre diferencialmente no espaço, em função das atividades e do tipo de zoneamento, e no tempo, ocorrendo variações sazonais (mensais, semanais e diárias), com solicitações médias e com picos.

A oferta de transporte se caracteriza por ser discreta e um serviço, não sendo um bem estocável. Possui características temporais e espaciais, composta pela

infraestrutura, pelos veículos e pelas regras operacionais (sistemas jurídicos, institucionais e de regulamentação, políticas da operadoras, rotas e programações, sistema de controle). Além disso, depende de longos prazos para implantação

Em função da demanda e da oferta de transporte público é possível quantificar o indicador de lotação passageiro/km - IPK , índice utilizado para avaliar o desempenho das empresas e do sistema de transporte público . Como o consumo de combustíveis depende diretamente da demanda pelo transporte, é possível calcular a intensidade energética e a intensidade de emissões referentes à frota de veículos urbanos, conhecendo a demanda existente.

Para o planejamento integrado do sistema de transportes, o estudo da demanda e da oferta é uma ferramenta fundamental.

2.5. Estudo de Caso do Sistema de Transporte de Curitiba

Nos últimos anos, as autoridades mundiais vêm se conscientizando da gravidade da degradação ambiental urbana. Acerca da problemática ambiental global, relatórios oficiais elaborados recentemente em Kyoto, vêm apelando pelo pragmatismo dos governantes locais para a busca de estratégias que resultem numa nova forma de pensar a vida urbana - tendo como base essencial a inclusão de políticas ambientais nos programas de governo.

Atualmente a preocupação com a degradação sócioambiental urbana no Brasil tem crescido, em função da situação insustentável em que se encontram algumas cidades. A partir de 1988, as cidades ganham atribuições no controle local de suas emissões e de seus processos, ao mesmo tempo que novamente é restituído seu poder de decisão.

Entretanto, numa época em que a questão ambiental não estava contemplada na administração pública, e as cidades tinham perdido autonomia política, como foi

durante a época da ditadura e do regime militar (1969 - 1984), poucos ou quase nenhum planejamento urbano incluíam as questões sócioambientais

Em contrapartida, desde 1965, a Cidade de Curitiba tem implementado diretrizes, ações e políticas, através da Lei 5234 de zoneamento, definindo o uso e a ocupação do solo e integrando o sistema de vias públicas ao tipo de transporte criado, chamado Rede Integrada de Transporte Coletivo (RIT). A RIT tornou-se um dos principais instrumentos de controle e de direcionamento do desenvolvimento e do crescimento urbano. Ela trouxe benefícios ao facilitar o acesso da população ao trabalho, ao lazer, à moradia e aos outros serviços urbanos.

Cidades de várias partes do mundo, com o advento da globalização, já vêm sendo identificadas por apresentar uma visão estratégica nas suas administrações. Nelas, o modelo proposto de desenvolvimento sócioambiental sustentável começa a ganhar consistência e a ser apresentado como modelos mundiais. Foi durante o período que antecedeu a RIO-92 que as cidades ganharam notoriedade.

Curitiba vem sofrendo dos mesmos problemas ambientais e sociais como qualquer centro urbano, principalmente devido ao acelerado crescimento demográfico e alta taxa de motorização ocorridos nas últimas décadas. Neste trabalho, tem-se a perspectiva de observar o resultado do planejamento urbano ocorrido nesta cidade, através do diagnóstico de seu *metabolismo*, sendo visto no Capítulo 4 em termos gerais, e o *metabolismo energético do sistema de transportes* desta cidade, em especial do RIT, onde é extensamente detalhado no Capítulo 5.

Capítulo 3

3. Instrumentos De Análise Metodológica

Tendo como referência os capítulos precedentes, e levando em consideração os aspectos teóricos levantados, apresentam-se neste capítulo os aspectos metodológicos de modelagem para levantar os principais indicadores do metabolismo energético do sistema de transporte de Curitiba.

Os aspectos abordados na metodologia incluem os métodos e as técnicas de coleta de dados, bem como o tratamento das informações. A seguir, apresenta-se um quadro resumo dos principais aspectos abordados dentro da metodologia em estudo.

| | |
|-----------------------------|---|
| Métodos e Técnicas | a coleta de dados inclui observação participante, entrevistas e levantamento de dados estatísticos em planilhas |
| Tratamento dos dados | construir um fluxograma de energia da cidade e do sistema de transportes; determinação dos índices de rendimento; construção de cenários e comparações com outras cidades; correlação histórica do planejamento urbano e a eficiência-eficácia do sistema de transporte; |

Para se identificar alguns indicadores do metabolismo de uma cidade é preciso inicialmente a identificação dos seguintes itens:

- > *Fronteira do sistema;*
- > *Sistemas e subsistemas da cidade (através do uso do solo e urbanização)*
- > *Fluxos de matéria e energia para os balanços*

A análise destes elementos situa globalmente e localmente os processos que ocorrem no sistema ou em suas partes. É importante frisar que o modelo

adotado pretende aproximar-se da realidade, levando em consideração variáveis antrópicas e ambientais. Desta maneira, os indicadores passam a ser analisados à luz deste modelo, com dados reais coletados.

A seguir estão listados alguns dos indicadores utilizados neste trabalho:

- ✓ *Energético* - medida dos fluxos de energia por fonte, intensidade energética per capita ou /PIB ou /Por uso final
- ✓ *Econômico* – PIB per capita, fluxo de capital
- ✓ *Social e Político*– demográfico índice de distribuição demográfica hab por m², empregos e qualidade de vida (em especial transportes)
- ✓ *Ambiental* - medida da qualidade do ambiente urbano (emissões de gases Ton/ano ou ton/hab/ano ou ton/m²/ano), e dos impactos no meio físico,

A metodologia de análise política, descrita em Vasconcellos(1996)⁴⁰, foi utilizada e adaptada neste trabalho, resumidamente na Tabela 9. Ela está baseada nos seguintes pontos:

- ✓ escolha das *dimensões* em torno da qual será feita a análise
- ✓ a identificação dos *agentes* que intervêm no processo, seus interesses e recursos
- ✓ seleção das *variáveis* que serão usadas para qualificar e quantificar as decisões e impactos na política
- ✓ decisão dos *períodos* de análise
- ✓ descrição da: *formulação*, mostrando quais foram as recomendações e justificativas do conteúdo da política; da *regulamentação*, frente a quais grupos sociais e agentes como objetos de política; A *implantação*, como dinâmica de colocar as decisões em prática; a *apropriação*, analisando quem foi influenciado de fato pela política e seus efeitos.

A identificação das dimensões, agentes e variáveis é continuada por um processo analítico que separa as características distintas da política, seu conteúdo e sua dinâmica. É necessário decidir quais períodos de tempo representam melhor as alterações mais importantes da política, apoiando-se cuidadosamente sobre os eventos econômicos e políticos relevantes que

influenciaram tanto o processo de desenvolvimento, quanto às próprias políticas de transportes e trânsito.

Tabela 9 - Análise dos Aspectos Políticos

| Agentes | Características | Dimensão |
|--|-----------------|--|
| <p><u>Estado</u> <i>Poder Executivo</i> Planejamento Urbano Planejamento Energético Planejamento de Transporte Planejamento da Circulação Poder Executivo principal</p> | Recursos | Institucional Energética |
| <p><i>Poder Legislativo</i> Partidos da Situação Partidos da Oposição</p> | Interesses | Legal Política |
| <p><u>Sociedade</u> <i>Setor privado</i> indústria automotiva indústria ferroviária indústria rodoviária indústria imobiliária indústria de energia comércio setores financeiros</p> | Necessidade | Administrativa Tecnológica Ambiental |
| <p><i>Classes e Grupos</i> Grupos dominantes classe média classe trabalhadora associação civil sindicatos lideranças comunitárias grupos específicos</p> | Experiência | Econômica |
| <p><i>Universidades</i></p> | | |
| <p><i>Mídia</i></p> | | |

Fonte: Extraído de Vasconcellos(1996), tendo sido adicionada a dimensão energética e seus agentes.

⁴⁰ VASCONCELLOS, Eduardo A. Transporte urbano, espaço e equidade: análise das políticas públicas, São Paulo, Ed. Unidas, 1996.

3.1.Diagnóstico do Metabolismo da Cidade

1. VISÃO GERAL DA REGIÃO

Descrição do contexto regional, apresentando características geoambientais, históricas e políticas, usando como recurso instrumentos cartográficos.

2. CONFIGURAÇÃO DO ECOSSISTEMA URBANO

Compreende a descrição dos seguintes aspectos :

- ✓ geoambientais(topografia, clima, vegetação etc), uso e ocupação do solo,
- ✓ sócio-econômicos, população e crescimento populacional, distribuição espacial da população, distribuição da renda, oferta de trabalho, serviços e equipamentos públicos,
- ✓ culturais, focalizando questões relativas à diversidade cultural, como o padrão de ocupação, organização social e política, no caso de migrações o histórico de contacto interétnico.
- ✓ Determinação dos subsistemas

MÉTODOS E TÉCNICAS

Para a análise dos sistemas da cidade de Curitiba, buscou-se informação junto aos órgãos do governo responsáveis pelo planejamento urbano da cidade.

3. CARACTERIZAÇÃO DOS FLUXOS

Compreende a descrição dos seguintes aspectos:

- ✓ Crescimento populacional e zoneamento
- ✓ Fluxograma de energia que entra no sistema e dele sai
- ✓ Determinação dos usos finais principais de energia
- ✓ A matriz energética da cidade

MÉTODOS E TÉCNICAS

A determinação do fluxo global de energia e de massa da cidade leva a algumas incertezas principalmente se não há uma confiança nos dados

coletados. Entretanto, Curitiba apresenta um sistema bastante conhecido e um bom banco de dados, desde a implantação do plano diretor, em 1971.

Fluxo de Energia

Junto à COPEL - Companhia Paranaense de Energia Elétrica, foi realizado levantamento de dados referentes ao consumo de energéticos pela cidade de Curitiba, descritos para cada setor e uso final.

TRATAMENTO DOS DADOS

A partir dos levantamentos anteriores, é possível classificar os principais sistemas e setores em seus usos finais. Também é possível construir um fluxograma de energia, indicando um balanço de massa e possivelmente de energia.

- ★ Construção do fluxograma do metabolismo anual ou diário da cidade
- ★ Consumo total de Energia per capita anual (Mcal percapita/ano e kcal/dia)
- ★ Consumo de energia somática e extrasomática em relação ao crescimento populacional ao longo de um certo período de tempo.
- ★ Padrão de uso final de energéticos ao longo do tempo

Algumas análises são realizadas:

- ❖ consumo de energia per capita de energia extrasomática.
- ❖ evolução do consumo, e a taxa de consumo durante o período de estudo.
- ❖ Estudo de cenários e políticas de incentivos

3.2. Metabolismo energético do sistema de transporte urbano de passageiros

1. CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE TRANSPORTE

Compreende a descrição dos seguintes aspectos:

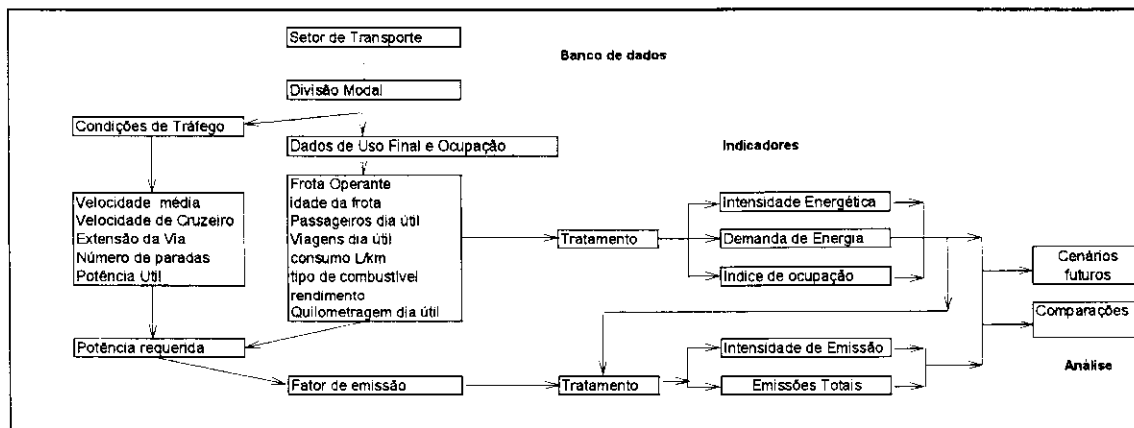
- ✓ Histórico - evolução do sistema de transporte;
- ✓ Características da malha viária e terminais – aspectos físicos da malha viária quilometragem total, fluxo de veículos, automação e controle de tráfego;
- ✓ Característica da frota circulante: quantidade, divisão modal e idade dos veículos, aspectos tecnológicos e fatores de emissão.

MÉTODOS E TÉCNICAS

A metodologia empregada na determinação dos indicadores do metabolismo energético do sistema de transporte de Curitiba, analisando o consumo energético e a qualidade ambiental (emissão de gases pela frota veicular), está representada na Figura 9.

O levantamento destes dados foi feito por meio de visitas técnicas a URBS - Empresa de Urbanização, ao CTA - Centro de Controle de Tráfego de Área -, ao IPPUC - Instituto de Planejamento e Pesquisa de Curitiba - e por telefone junto ao Detran/PR. Além do levantamento junto às empresas produtoras de motores e à CETESB/SP, para dados de fatores de emissão.

Figura 9 - Diagrama da Metodologia de levantamento dos Indicadores do Metabolismo Energético do Sistema de Transporte



fonte: elaboração da autora

1. CARACTERÍSTICA DO METABOLISMO ENERGÉTICO

Refere-se ao levantamento e à determinação da demanda energética por uso final do sistema de transportes rodoviário de passageiros, em função de sua oferta e de sua demanda:

- ✓ Identificação da frota veículos leves e de ônibus
- ✓ Descrição técnica e eficiência tecnológica dos veículos
- ✓ Passageiros totais, mês a mês para cada modal
- ✓ PMA - percurso médio anual e quilometragem
- ✓ Passageiros/veículo e Passageiros/viagem
- ✓ Consumo de combustível/km/veículo
- ✓ Descrição mês a mês do consumo e do desempenho da frota de ônibus
- ✓ número de viagens

MÉTODOS E TÉCNICAS

Junto a URBS, IPPUC, Secretaria de Obras Públicas e o Detran/PR. Dados estatísticos e planilhas para históricos o ano de 1997.

TRATAMENTO DOS DADOS

Cálculo dos indicadores de consumo energético e de qualidade ambiental como a intensidade de consumo energético e da emissão de alguns gases para a frota de veículos leves e de ônibus urbanos:

- ★ IPK – índice de passageiro / km -veículo; índice de ocupação.
- ★ Tipo de combustível / uso final, intensidade energética (MJ/passageiro/km ou MJ/ton/km).
- ★ Cálculo e Estimativas de fatores de Emissão da frota leve e pesada (g/km) e Emissão Total (1000 ton/ano) dos seguintes gases:
 - ⇒ CO₂, SO_x, No_x, CO, HC e outros
- ★ Inventário de Emissões gasosas da frota de veículos leves e da RIT.

Em MACHADO(1996), estão descritos os principais fatores que participam nas emissões veiculares, que são:

- ⇒ Tipo de Motor de Veículo: ciclo OTTO Veículos com motor ciclo Diesel
- Rendimento; Tipo de Combustível
- ⇒ Velocidade de Fluxo de tráfego
- ⇒ Manutenção dos Veículos
- ⇒ Condição de Operação dos Veículos

Outros indicadores também são utilizados neste trabalho, entretanto, foram avaliados de forma mais qualitativa, na descrição do sistema de transporte no Capítulo 5, participando da análise realizada no Capítulo 6 Os indicadores são:

- ★ acessibilidade - Segundo Vasconcellos, a possibilidade de alcançar vários destinos seja pelo transporte público, ou por outros meios, a partir de um ponto qualquer e o tempo para chegar até um ponto, ou ao destino final.
- ★ Fluidez - significa a velocidade média ao longo da viagem, incluindo o regime de paradas e frequência, no caso dos ônibus.
- ★ Nível de qualidade de serviço do transporte - Segundo a ANTP, os indicadores de frequência e cumprimento de viagens qualificam parte do

nível de satisfação dos munícipes. A qualidade das vias, do sistema semafórico integram a outra parte. O indicador de qualidade do nível de serviço de transporte não foi quantificado neste trabalho, mas faz parte da análise realizada durante a discussão no Capítulo 6.

Estes indicadores, com exceção de fluidez, foram retirados do documento "Qualidade de Vida em Curitiba" (IPPUC)⁴¹, pesquisa realizada em 1996, ano base 1995.

Recomenda-se a elaboração de estudos posteriores que atualizem estes dados, e poderiam efetuar uma quantificação e possível monetarização destes indicadores.

Algumas análises são realizadas:

- ❖ análise metodológica,
- ❖ intensidade energética e ambiental,
- ❖ mudanças importantes ocorridas, no que concerne no consumo de combustíveis e
- ❖ Análise das dimensões Ambiental, Energética, Antrópica e Institucional, estas últimas sob o ponto de vista político,
- ❖ Estudo de cenários e comparações.

⁴¹ Empregando uma metodologia desenvolvida na Polônia e aplicada no caso de Curitiba para todos os serviços (Transporte, Educação, Saúde e Habitação)

Capítulo 4

4. Estudo do Metabolismo da Cidade de Curitiba

Este capítulo abre o levantamento do diagnóstico de Curitiba. Aplicando os aspectos metodológicos apresentados no Capítulo 3, inicia-se com uma visão geral da cidade. Segue-se na seção 4.2 alguns aspectos geoambientais, históricos, sócio-econômicos e culturais, tentando compreender a sistemática urbana. Na seção 4.3, o metabolismo é exposto, focalizando o metabolismo energético de Curitiba.

4.1. Visão Geral da Região

Curitiba está situada no paralelo 25°15'. O clima é subtropical, o índice pluviométrico médio é de 1600mm, temperatura média de 21° C durante os meses quentes (Setembro a Abril) e de 15° C durante os meses frios (Maio - Agosto), com geadas ocasionais a noite, durante junho e julho.

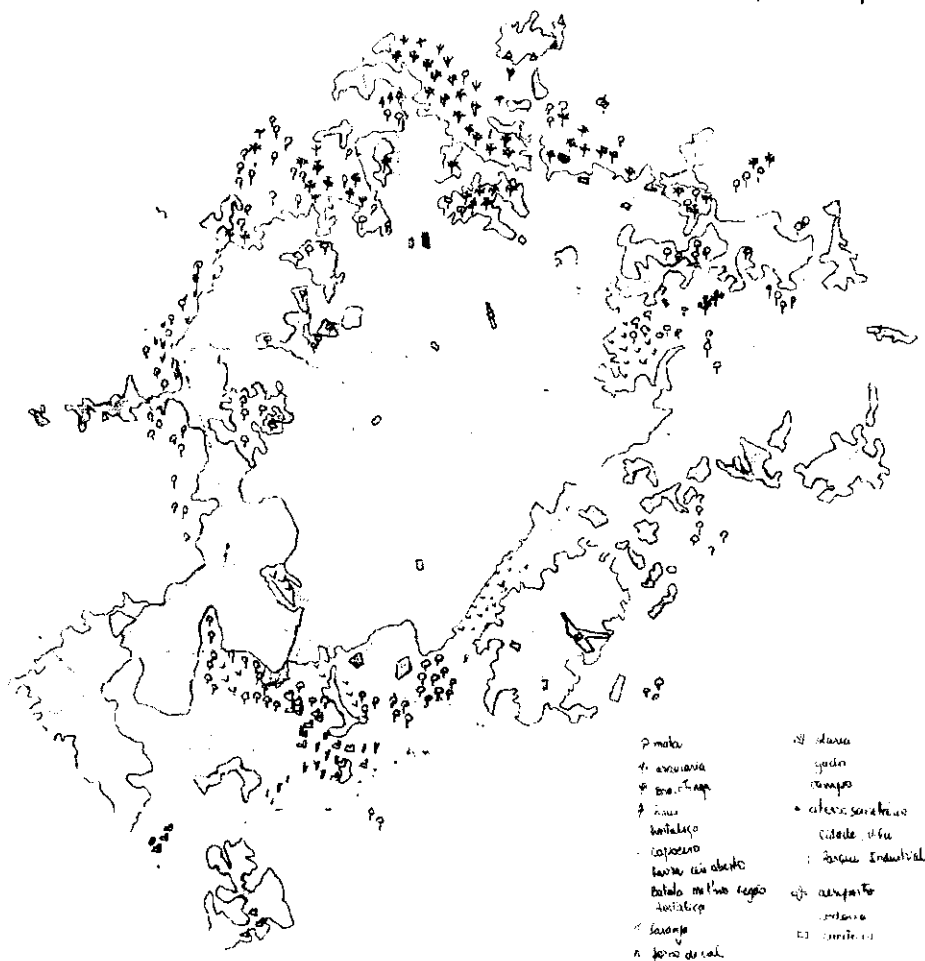
A área total de Curitiba é de 432 km². Em termos de ocupação, ela possui 52 m²/hab de área verde (contra 4m²/hab na Cidade de São Paulo) e tem seu território quase totalmente ocupado. Na Figura 9 aparece a área urbana formada a partir de Curitiba, mostrando conurbações evidentes com municípios como Araucária, Colombo, Pinhais e São José dos Pinhais. Também estão representadas as áreas ainda ocupadas por cultivos, principalmente de madeira para lenha.

Este panorama vem forçando as Administrações locais a planejar e implantar ações dentro de uma visão metropolitana, com o objetivo de manter e melhorar o padrão de qualidade de vida de seus habitantes e do meio ambiente. Atualmente, a Região Metropolitana vive um período de transformação muito intensa, com a criação de um novo parque industrial automobilístico. O transporte coletivo da RIT já tem chegado a oito cidades vizinhas. Há também um programa de coleta seletiva de lixo a ser adotado por 12 prefeituras.

Desta maneira, hoje vive-se nas regiões metropolitanas do porte de Curitiba o desafio de se tentar planejar regionalmente, para evitar que ocorram graves desequilíbrios, devido às conurbações como em São Paulo e Rio.

A Figura 9 mostra o grau de urbanização da região de Curitiba, já com intensa conurbação com alguns dos municípios vizinhos.

Figura 9 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo da RMC, em especial Curitiba

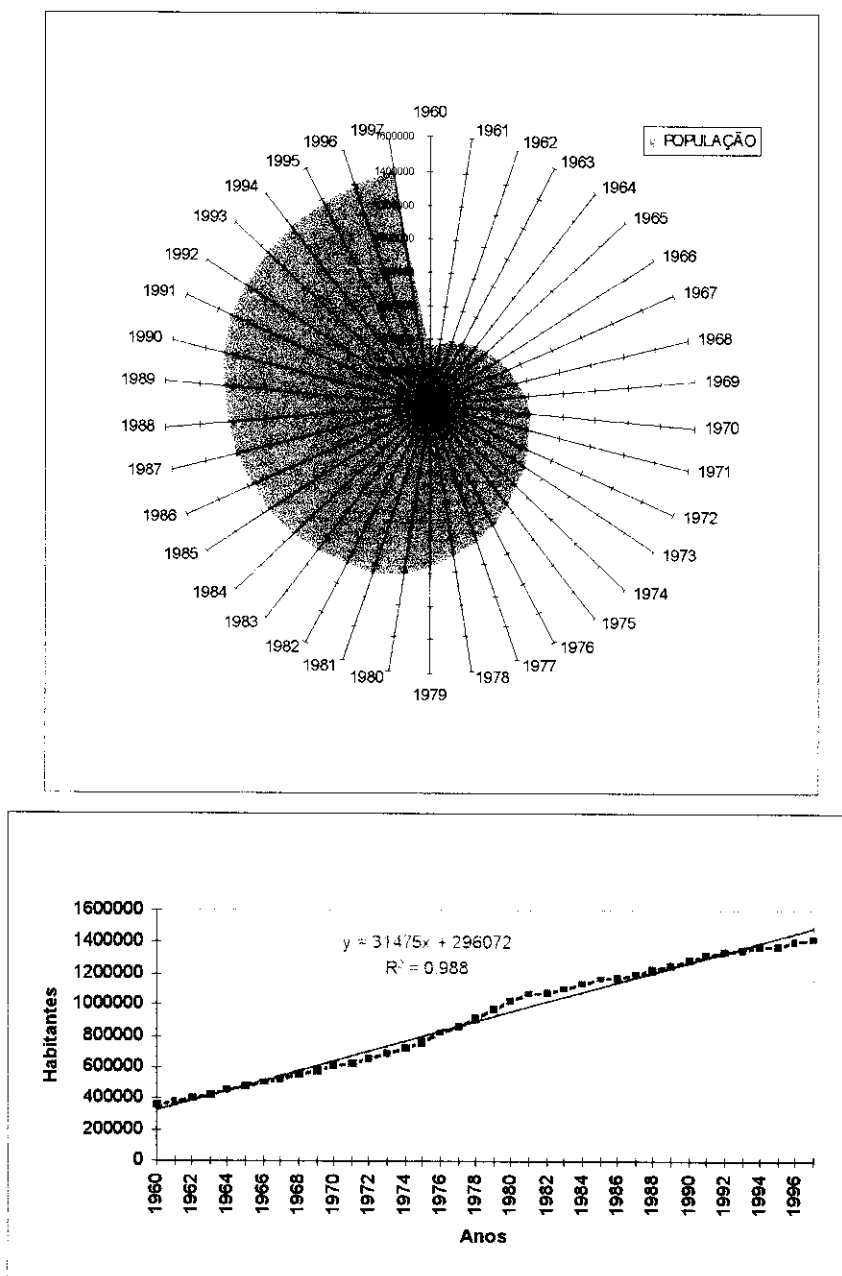


Fonte: Adaptado do CPRM(1998)

O crescimento da população de Curitiba nestes últimos dez anos foi de 1,7 % a.a. (IPARDES), com uma média de 3,77% a.a. nestes últimos 40 anos. A população de Curitiba atualmente está em torno de 1.420.000 habitantes. A evolução da população pode ser observado na figura abaixo, na forma circular

e na forma linear. A taxa de crescimento de Curitiba pode ser considerado praticamente constante ao longo destes quase 40 anos.

Figura 10 - Crescimento da População da Cidade de Curitiba 1960-1997



Fonte: URBS/ Ipardes/1998

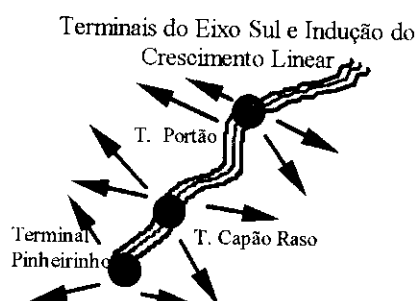
Até 1960, o crescimento populacional de Curitiba caracterizou-se pelo extravasamento de seu núcleo original. Com o esgotamento de áreas

disponíveis, o centro da cidade acabou se especializando em atividades comerciais e de prestação de serviços, provocando a ocupação das regiões lindeiras.



Em 1970, inicia-se o processo de ocupação de bairros não limítrofes ao Centro, devido ao preço mais acessível da terra e a indução realizada pelo transporte. Aparecem os bairros periféricos dentro do conjunto de bairros mais populosos, liderados pelo Centro, tais como: Boqueirão, Portão, Cidade Industrial e Novo Mundo, na Região Sudeste, Sul e Oeste de Curitiba.

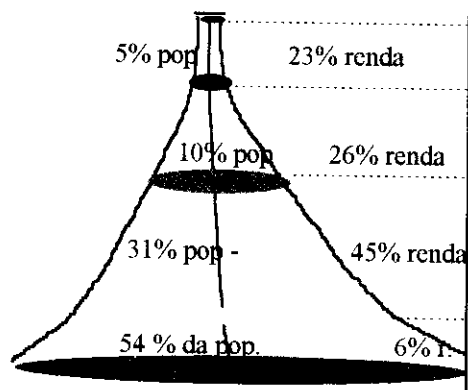
Em 1980 consolida-se o modelo de ocupação da periferia, quando o bairro do Boqueirão se torna o mais populoso, seguido pela Cidade Industrial (CIC), Cajuru e Xaxim. Outra característica é a intensa ocupação do setor estrutural sul, nos bairros do Portão, Novo Mundo, Capão raso e Pinheirinho.



Em 1991, 24 bairros apresentaram taxas superiores ao crescimento global da cidade, de 2,29% ao ano. A periferização da população ocorreu principalmente ao sul e a noroeste do município. As maiores taxas para este período ocorreram nos bairros do Alto Boqueirão, São Braz, Pinheirinho, Cachoeira, bairro Alto, Santa Cândida, Cajuru e Xaxim. Os bairros com maior densidade populacional durante a década de 90 são predominantemente aqueles atingidos por setores estruturais, onde as diretrizes de adensamento são as maiores da cidade: Eixo Norte - bairro do Juvevê; Eixo Leste - Cajuru e Cristo Rei e todo Eixo Sul e Sudeste.

Os bairros da periferia em média têm um adensamento de 24,7 hab/h.a. em fase crescente e a região central permanece estável com 64,5 hab/h.a, segundo o IPPUC.

A distribuição de renda em Curitiba/R\$



Segundo dados do IBGE de 1991, apresentados pelo IPPUC, o funil da desigualdade em Curitiba vai se diferenciando a cada bairro. No bairro do Juvevê, por exemplo, a distribuição de renda é de 18% da população com 42% da renda, enquanto 31% da população fica com 7% da renda. Segundo o IPPUC, em seu relatório de "Qualidade de Vida em Curitiba", os bairros da periferia apresentam renda mediana dos chefes de família entre 0 - 3 salários mínimo, enquanto aparecem bairros lindeiros ao centro, como o Batel que apresentam renda entre 7 e 9 e acima de 9 salários mínimos.

4.2. Configuração do Ecosystema Urbano

Projeto Curitiba

Vindo ao encontro da necessidade de melhor embasamento para o planejamento urbano e regional de regiões metropolitanas, depois da Rio/92, nasceu no Ministério de Minas e Energia, um programa nacional de reconhecimento de Regiões Metropolitanas, para o planejamento regional: Programa Informações Para a Gestão Territorial - GATE. Este programa consta de vários projetos que são implementados pela CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais), em várias regiões metropolitanas de estados brasileiros. A RMC tem sido objeto de estudo para um desses projetos. O Projeto Curitiba, com quase 6 anos de duração, e com vários relatórios preliminares, tem concluído seu trabalho com a elaboração de dois documentos na forma de Atlas, que sintetizam vários aspectos relacionados com o meio físico, uso do solo e seus impactos ambientais.

Foram utilizadas as cartas de Domínios Geoambientais e de Uso e Ocupação do Solo, para iniciar o estudo do diagnóstico do metabolismo da cidade de Curitiba, pelas seguintes razões:

- estas cartas mostram exatamente o aspecto físico sob uma nova linguagem, mostrando integralmente as interrelações entre a fragilidade do meio físico, o uso do solo e os impactos ambientais.
- Os domínios conseguem sintetizar os aspectos do tipo de solo, de relevo e de subsolo, alertando para a preservação de certas regiões.
- O custo da metodologia é bem menor, com um resultado de boa qualidade e de fácil interpretação, substituindo os muitos mapas que normalmente caracterizam o meio físico, quando se realiza o planejamento urbano.
- Estas cartas apresentam um diagnóstico de impactos geoambientais no caso da construção de obras viárias, vindo de encontro ao tipo de avaliação utilizada neste trabalho.

A Coordenação de Monitoração da Gestão Urbana teve como tarefa inicial o desenvolvimento de uma pesquisa promovida pelo Instituto de Pesquisa

Econômica Aplicada - IPEA em nove aglomerados urbanos do Brasil e intitulada de "Gestão do Uso do Solo e Disfunções do Crescimento Urbano", pesquisa esta integrante da linha de pesquisas "Planejamento e Gestão do Uso do Solo em Cidades e Metrôpoles", daquele órgão.

Foram pesquisadas além de Curitiba as aglomerações de Belém, Natal, Recife, Brasília, Rio de Janeiro, São Paulo, Campinas e Porto Alegre.

Este trabalho teve como objetivo básico, contribuir para a definição de estratégia de apoio à formulação e execução das políticas urbanas necessárias à superação dos problemas relacionados ao uso e à ocupação do solo, mediante o aperfeiçoamento dos instrumentos de planejamento e gestão.

São apresentados também a avaliação dos instrumentos da gestão do Uso do Solo utilizados em Curitiba e as políticas públicas e programas de gestão existentes e o sistema de planejamento e gestão.

4.2.1. Aspectos Biogeofísicos

O GATE, na região Metropolitana de Curitiba - RMC, foi implementado pela CPRM, em convênio com a Secretaria do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente - SEDU, Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba - COMEC e a intervenção de vários órgãos ou entidades. O objetivo principal do GATE é fornecer informações integradas sobre as principais características do meio físico (substrato rochoso, relevo e drenagem do solo) e suas respostas frente às várias formas de uso e ocupação.

O detalhamento das bases metodológicas, para o levantamento dos Domínios geoambientais na Carta utilizada neste trabalho, está descrito no relatório do CPRM (1994).

Para cada domínio geoambiental encontrado em Curitiba, visto na Figura 11, é feita uma análise da fragilidade do meio físico frente ao uso e ocupação do solo. Focalizou-se a implantação de obras viárias e seus impactos sobre o meio físico, devido ao fato dos sistemas viários constituírem os principais indutores do crescimento urbano.

Em função das características geológicas, geomofológicas e pedológicas, os diferentes tipos de terrenos apresentam capacidade de suporte diferenciada frente à implantação de sistemas viários e vias de acesso. Sobre os terrenos que constituem o meio físico de Curitiba.

Os Domínios e subdomínios encontrados em Curitiba são :

Domínio 1 - 1a, 1b e 1c.

Domínio 2 - 2a₁ e 2b₁

Domínio 9 - 9a₁

Domínio 10 - 10b₁

Domínio 13 - 13a₁, 13a₂, 13b₁, 13b₂, 13c₂ e 13c₃

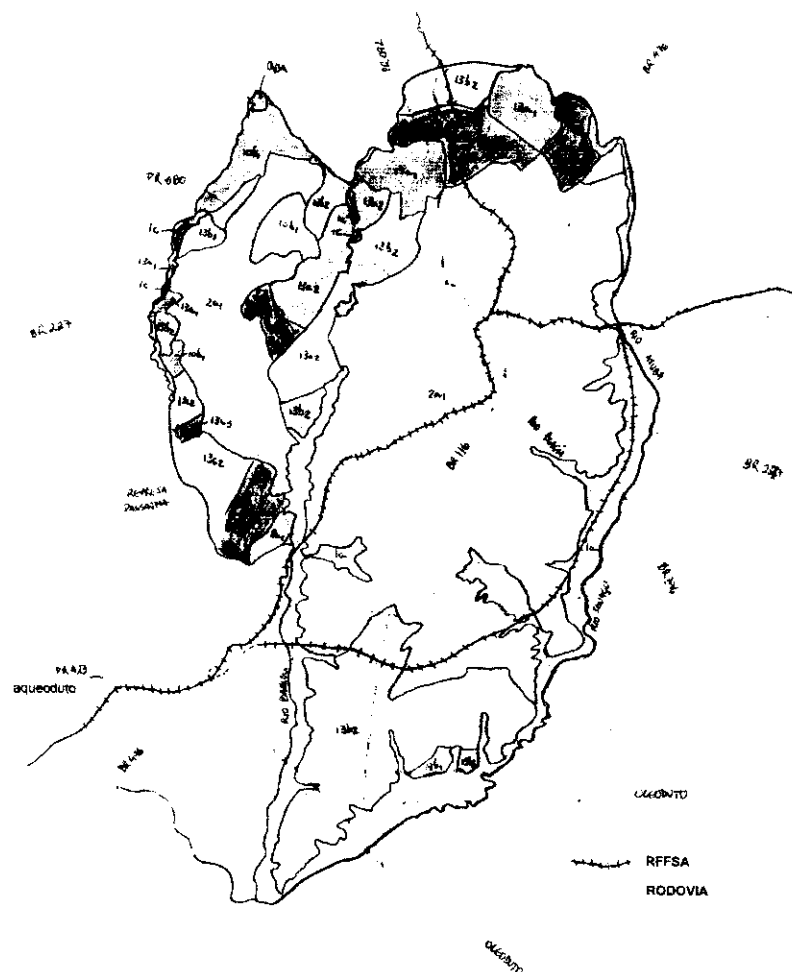
A caracterização dos Impactos e das Recomendações para cada domínio, no caso da Implantação de Obras Viárias resumida de cada domínio pode ser encontrada no Anexo 3. A seguir, na Tabela 10, descreve-se as Características básicas destes terrenos.

Tabela 10 - Características básicas dos Domínios Geoambientais da Cidade de Curitiba

| | |
|-------------------|--|
| Domínio 1 | várzeas dos rios, planícies aluvionares. terrenos mais novos. depósito de detritos. Baixa capacidade de suporte à construção civil. área de descarga de aquíferos 1a - planícies amplas; 1c - planícies estreitas e curtas |
| Domínio 2 | Terrenos da Bacia de Curitiba. Formação Guabirota, predominantemente de terrenos argilosos, com declividade entre 5 e 10% |
| Domínio 9 | terreno montanhoso ao norte de Curitiba. Muito acidentado com declividade bem acentuada. |
| Domínio 10 | Terrenos de rocha granitóide, gnaissificada derivado de magma ácido, associado à zona de cisalhamento. Declividade entre 15 e 25% |
| Domínio 13 | Sustentado por rochas granito-gnaissicas magmáticas correlacionadas ao embasamento cristalino |

Fonte: Adaptado de CPRM/1998

Figura 11 - Mapa em Detalhe dos Domínios da Cidade de Curitiba - 1998



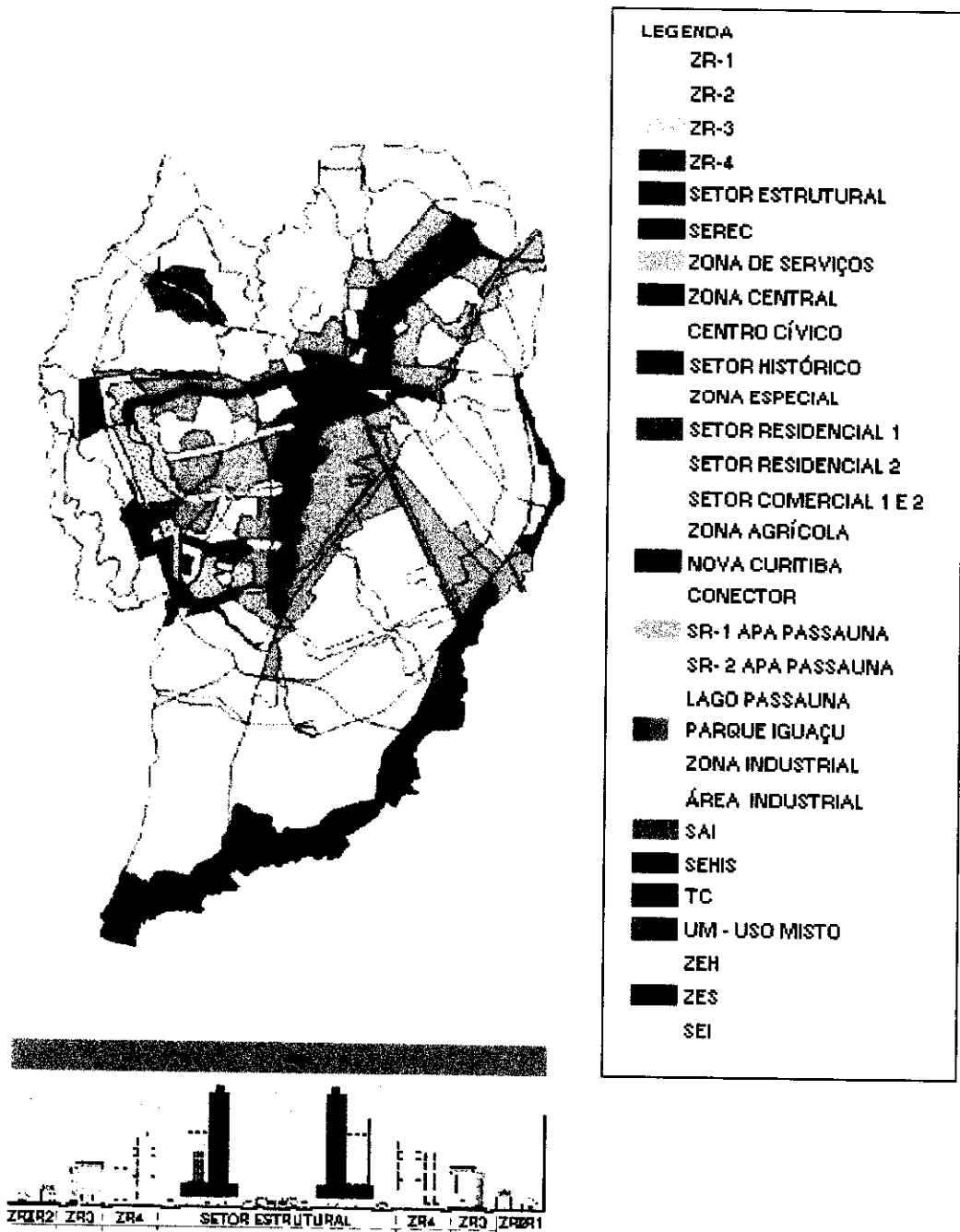
fonte: CPRM/SP 1998

O Uso do Solo e Zoneamento

No Apêndice 3, estão descritas as Zonas e a lei de Zoneamento Lei No 5234/75. Atualmente são 30 zonas, incluindo zonas mistas.

Na Figura 12 aparecem as zonas principais na cidade de Curitiba

Figura 12- O zoneamento na Cidade de Curitiba -1996



4.2.2. Aspectos Históricos: Sociopolíticos, Econômicos e Culturais

Esta seção está baseada em grande parte no estudo realizado por MENEZES, a respeito de Curitiba. Quem deseja se aprofundar neste tópico, encontrará em Menezes(1996) a pesquisa cuidadosa dos fatos sociais, políticos e econômicos que permearam os vários períodos do desenvolvimento desta cidade. Resolveu-se escrever um resumo dos aspectos mais importantes desde a origem da cidade para melhor compreender os movimentos que propiciaram a formação da mentalidade curitibana reinante nos dias atuais.

Século XVII - As Origens de Curitiba

A origem da cidade de Curitiba está conjugada ao processo de desenvolvimento socioeconômico e político do Brasil durante o período colonial. Foi a partir da exploração do ouro e de outros minerais que se formou, no início do século XVII, a primeira vila, no território onde se localiza Curitiba. Até então, ela era ocupada por nativos das nações Tupi e Jê.

Em 1663, foi instituída e oficializada a Vila de Nossa Senhora da Luz dos Pinhais, pertencente à província de São Paulo. Lá pelo início do século XVIII, iniciou-se na cidade o novo ciclo do gado, com os tropeiros vindo do Rio Grande do Sul passando por Lages e Curitibaanos, em Santa Catarina, até Sorocaba.

No final do século XVIII, a Vila de Nossa Senhora da Luz dos Pinhais já era o principal núcleo urbano da região e o segundo de toda província de São Paulo. Em função do seu progresso emergente, em 1742, por meio da Lei provincial nº 5, a vila foi elevada à condição de cidade, passando a se chamar Curitiba³⁴. De ponto estratégico na rota das tropas de gado, Curitiba passou a ponto estratégico da província na comercialização da erva-mate. Sua localização era ponto terminal dos caminhos que ligavam Curitiba ao interior e aos portos marítimos de Antonina e Paranaguá. Com a inauguração da estrada de ferro

³⁴ Coré-Etuba significa “lugar de muito pinhão”

Curitiba-Paranaguá, em 1885, passou a se constituir o principal corredor de exportação da produção paranaense.

Controle do uso do solo urbano: suas origens

Em 1853, com a emancipação política do Paraná e com a iminência de se tornar a capital da nova província, Curitiba sofreu a primeira tentativa de controle do uso de solo urbano.

Em 1855, Pierre Taulois, apresentou o chamado “Plano Taulois”, onde a cidade aparece com traçados retos e bem definidos. Foi considerado um plano avançado para a época, uma vez que apresentava as possibilidades para a fluidez do tráfego futuro na área central (em 1887 surgiram os primeiros bondes a tração animal e, em 1911, os bondes elétricos).

Por essa época, um grande contingente de imigrantes europeus passou a se assentar nos arredores do núcleo urbano de Curitiba para a formação de colônias agrícolas. A política de incentivo à imigração criada pelo governo provincial tentava resolver o problema da crise de abastecimento em Curitiba, formando o que hoje é denominado de “cinturão verde”.

Alemães, poloneses e italianos, ucranianos, franceses, ingleses e austríacos estavam entre os imigrantes que se instalaram em Curitiba. Calcula-se que cerca de 30 mil imigrantes chegaram a Curitiba entre 1872 a 1900 e cerca de 27 mil entre 1900 a 1920.

O cenário urbano de Curitiba sofreu transformações significativas com o súbito aumento de sua população que, em 1872, contava com 12.651 habitantes, saltando, em 1900, para 49.755 e, em 1920, para 78.986 habitantes.³⁵ Estas transformações ocorreram tanto em nível de técnicas agrícolas e diversificação das culturas, quanto em melhoria da infraestrutura urbana, devido principalmente à introdução dos costumes e valores destes povos europeus.

Em 1895, devido à solicitação da população recém instalada, foi elaborado o primeiro Código de Posturas de Curitiba, onde ficavam estabelecidos as

³⁵ MENEZES, Claudino L.. **Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente: A experiência de Curitiba**. Papirus, 1996

normas e o padrão urbano para o projeto de ordenamento e crescimento que se desejava na cidade.

As atividades industriais ganharam forma com a presença do imigrante, emergindo uma nova elite empresarial, basicamente devido à criação de pequenas indústrias voltadas ao suprimento das demandas das colônias agrícolas: moinhos, tecelagem, fundições, cervejarias, cerâmicas, olarias e outras (Miranda 1981, p7 em MENEZES(1996)).

Várias barreiras encontradas pelo imigrante, tais como “a dificuldade de comunicação, em virtude da língua; o confronto étnico e religioso; a discriminação; a exploração de sua mão-de-obra; o abandono pelas autoridades; tudo isso contribuía para a formação de uma consciência coletiva e solidária entre os vários grupos étnicos”³⁶. Deve-se a eles o surgimento dos ideais sindicais e coletivistas em Curitiba, como a introdução das cooperativas pelos ucranianos e dos movimentos sindicalistas pelos italianos, ocorridos no século XX.

Século XX: A Cidade em Transformação

Com a virada do século, intensas modificações físicas no quadro urbano de Curitiba ocorreram, juntamente com uma acentuada efervescência sociopolítica. A derrota do Paraná na disputa territorial com Santa Catarina, iniciada em 1902; a luta dos republicanos pela afirmação do novo regime; a Guerra do Contestado (1912-1916); surtos de epidemias; eram desafios que colocavam à prova a capacidade da elite política local em estabelecer sua hegemonia. As cidades representavam o palco onde estas elites mostravam seu *status*, criando novos símbolos e códigos. Em Curitiba, idéias de modernização, higienização e funcionalidade passaram a fazer parte dos discursos e das ações dos prefeitos. A idéia era criar uma cidade aos moldes europeus, em termos estéticos e funcional a exemplo de Paris.

³⁶ Menezes(1996)

“Changer la ville pour changer la vie” Essa estratégia marcava uma transformação nas representações sociopolíticas sobre os problemas urbanos e na invenção de novos instrumentos de intervenção no espaço urbano.

Neste período, as teorias ambientais e funcionalistas se apresentavam, e a cidade foi reconhecida como um grande organismo vivo. Cada zona da cidade deveria estar em condições de desempenhar as funções a ela atribuídas. Nesta perspectiva, o controle do uso do solo urbano e as reformas na cidade garantiriam o funcionamento normal de suas atividades sociais e conseqüentemente a solução da questão urbana.

Vários surtos ocorridos em 1889 e 1891, devido às condições precárias de saneamento na cidade, foram tratados com disfunções. Para sanar estas e outras disfunções, foram instaladas as primeiras redes de coleta de esgoto; largas avenidas foram construídas e pavimentadas; o bonde elétrico implantado; fundou-se a primeira universidade do país, a Universidade do Paraná, em 1912. A cidade foi dividida em zonas, sob a forma de anéis concêntricos partindo do centro. Cada uma delas ficava condicionada a uma função determinada, de acordo com o nível social e econômico da população.

No período que vai da década de 1920 até a década de 1940, o projeto de “reformular” a cidade cedeu lugar ao realismo de seus contrastes sociais, evidenciados na sua estratificação social e espacial. A economia paranaense iniciou um novo ciclo, o do café, gerando um período de estagnação econômica da capital paranaense durante estas décadas.

1940 - A década do Primeiro Plano

Curitiba chegara em 1940 a uma população de 140.656 habitantes, quase o dobro de 20 anos antes. Entretanto, poucos investimentos em infra-estrutura ocorreram nas décadas de 20 e 30. Como conseqüência imediata, uma deterioração acentuada se fazia sentir nos equipamentos urbanos da época. Para tentar minimizar a situação, optou-se pela realização de uma grande modificação no quadro físico da cidade.

A década de 40 marca uma inflexão nos destinos da urbanização e do tratamento da questão urbanística em Curitiba. Pela primeira vez a cidade sofre uma intervenção urbanística, seguindo uma teoria urbanística - sob a forma de elaboração de um plano de desenvolvimento urbano. Baseados em uma visão sistêmica, os membros da *Section d'Hygiene Urbaine et Rurale du Musée Social de Paris* caracterizavam-se por estabelecer seus diagnósticos da estruturação das cidades por meio da associação das aglomerações urbanas a um organismo vivo, cuja terapêutica adequada aos problemas seria o zoneamento funcional ou mesmo a intervenção direta sobre determinados setores.

Estes princípios, como visto anteriormente, já eram conhecidos em Curitiba. entretanto eram aplicados pelos governantes na higienização da cidade.

A firma Coimbra Bueno & Cia. Ltda., de São Paulo, foi contratada para a elaboração de um plano, contratando por sua vez os serviços do urbanista francês Donat Agache, cofundador da *Section d'Hygiene Urbaine et Rurale*. No Brasil, o urbanista já havia realizado trabalhos urbanísticos no Rio de Janeiro e em Santos.

Concluído em 1943, o "Plano Agache" destacava-se pelo seu caráter organicista. Suas diretrizes apontavam para três aspectos: *Saneamento, Descongestionamento e Órgãos Centrais*.

Como inovação para o descongestionamento do tráfego propunha-se uma remodelação no sistema viário da cidade. De um sistema de vias retas e paralelas entre si, passaria para um sistema radial. Esse sistema seria dotado de quatro vias em forma de anéis partindo da área central (perimetral 0,1,2 e 3). Por elas cruzariam vias diametrais ligando um lado ao outro da cidade, além de várias vias radiais. Essas vias deveriam ser as irradiadoras da vida comercial e social da cidade.

A total execução do Plano Agache não se viabilizou ao longo do tempo. Fatores de ordem política, jurídica e econômica dificultaram o detalhamento de todas as diretrizes programadas. Por outro lado, ele deu início à integração

territorial entre os vários grupos étnicos de imigrantes que ainda viviam e praticavam suas culturas isoladamente ao redor do núcleo urbano.

O Desenvolvimento de Curitiba

A partir de 1940, Curitiba experimentou um crescimento populacional muito intenso devido aos fluxos migratórios vindo do norte do Paraná. Estes fluxos foram decorrentes da evasão de sitiantes e trabalhadores volantes, obrigados a abandonar suas terras. A valorização da terra e a especulação imobiliária devido ao extraordinário progresso econômico trazido pela cultura do café trouxeram sérias conseqüências sociais, que se refletiam nos centros urbanos.

Em 1950, a população de Curitiba atingiu 180.575 habitantes. A partir daí, o processo de urbanização se acentuou, com a população duplicando a cada 10 anos.

Um Novo Código de Posturas foi criado para acompanhar o desenvolvimento da cidade, principalmente nas questões ambientais. Pela primeira vez a preocupação ambiental aparecia claramente. Por intermédio da Lei 699/1953, que dispunha sobre o novo Código de Posturas, ficavam nítidos os propósitos de controle da degradação ambiental, com base numa visão abrangente do ecossistema urbano. Por sua amplitude, este código vem servindo como referência na formulação de novas leis de controle ambiental na Cidade.

Surgiram graves problemas decorrentes do rápido crescimento populacional tais como: loteamentos clandestinos localizados além da perimetral 3, que ameaçavam o ecossistema natural; estabelecimentos comerciais e industriais em locais inadequados; trânsito caótico; transporte coletivo desorganizado e insuficiente.

A necessidade de soluções para estes desafios, levou à criação da Comissão de Planejamento de Curitiba (Coplac), órgão consultivo de caráter interdisciplinar. "Desenvolvia-se na cidade um zoneamento gradualista ou mesmo orgânico à medida que se procurava, mesmo inovando, acompanhar

as tendências naturais do próprio sistema urbano”³⁷. Naquela época, poucas cidades tinham já incorporadas a tradição do controle urbanístico de forma orgânica como Curitiba o fazia desde o início do século.

A mentalidade pragmática e simplificadora dos planejadores em Curitiba possibilitou, durante a década de 60, a decisão de replanejar a cidade.

A Década Do Planejamento Global

O Estado do Paraná no fim da década de 50 destacava-se entre os mais prósperos da Federação. Existia uma verdadeira mística no planejamento, cuja planificação criteriosa das ações governamentais seria capaz de garantir e impulsionar o crescimento e o desenvolvimento socioeconômico. Essa crença estava sendo disseminada pelo Sagsmacs³⁸ dentro das diretrizes do governo estadual.

É interessante salientar a importância e a influência de Le Bret para o Estado do Paraná e conseqüentemente para Curitiba, durante a década de 60. Conforme Le Bret, existia “uma necessidade de se planificar desde as unidades territoriais elementares até o conjunto mundial.” Entretanto, isto não significava um modo único de planificar, segundo Le Bret, pelo contrário, levava a uma grande variedade de planejamentos, tomando-se em conta, em cada caso, as estruturas, os tipos de necessidade, os estágios culturais e técnicos a qualidade e a intensidade dos esforços espontâneos ou a incrementar.

Em 1963, O Plano de Desenvolvimento do Paraná, resultado dos estudos realizados pela Sagsmacs, havia ficado pronto. Naquele ano, Ney Braga, que havia sido prefeito de Curitiba no início da década de 1950, era o governador do estado e direcionava os diagnósticos de desenvolvimento do Paraná nas concepções de ‘Economia e Humanismo’.

³⁷ Fernandes 1990 em MENEZES1996

³⁸ Sociedade de Análises Gráficas e Mecanográficas Aplicadas aos Complexos Sociais - iniciou sua atuação em 1947 no Brasil, ligada ao movimento “Economia e Humanismo”, fundado pelo Padre Le Bret na França. Desenvolveu estudos da evolução urbana para o Estado do Paraná. Para maiores detalhes, ver em MENEZES(1996)

Ivo Arzua Pereira, prefeito eleito em 1962, assumiu disposto a pôr em prática a idéia de replanejar. Como primeiro passo, foi criada em 1963, a Companhia de Urbanização e Saneamento de Curitiba (URBS)³⁹..

Havia predisposição dos técnicos, uma necessidade vinda da própria sociedade, criando um ambiente apropriado para que a mudança ocorresse.

Somente no final de 1964, a idéia do plano global começou a ganhar forma. O custeio da elaboração do novo plano urbanístico para Curitiba estaria resolvido pela Companhia de Desenvolvimento Econômico do Paraná (Codepar). Foi aberto um concurso público para o novo Plano Urbanístico de Curitiba, tendo sido o primeiro concurso desta natureza ocorrido no Brasil.

O Plano vencedor havia sido desenvolvido pela SERETE, uma empresa paulista de consultoria, associada a Jorge Wilhelm. Designou-se a participação de um grupo local de acompanhamento para a elaboração conjunta do Plano para Curitiba. Optou-se por um plano preliminar aberto, passível de revisões e aperfeiçoamentos.

Em 1965, foi criado o IPPUC⁴⁰ com a função de gerar o anteprojeto de lei que instituiria o Plano Diretor de Curitiba. Nota-se que Curitiba inovava em seu tempo, pois primeiro foi criado o órgão que se responsabilizaria pela execução do Plano Diretor e depois se instituiu o Plano diretor oficialmente, o que não ocorria em outras cidades, onde primeiro se instituía o Plano e depois se criava o órgão responsável.

Ao criar um órgão autárquico, a Prefeitura de Curitiba fugia do modelo centralizador vigente no país.

Divergências seguiram o período de governo iniciado logo após a criação do IPPUC, devido à filosofia de administração que o novo Plano impunha e às atribuições do IPPUC na atuação no campo urbanístico onde outros órgãos, como o Departamento de Urbanismo e a URBS já exerciam funções.

³⁹ A URBS tem um papel fundamental na gestão do sistema urbano de transportes e a RIT, que são vistos a posteriori, no Capítulo IV.rá

⁴⁰ Criado como autarquia, com autonomia administrativa e financeira, com competência exclusiva para a pesquisa e o planejamento urbano

O Plano Diretor de Curitiba foi instituído pela Lei nº 2828 de 1966, depois de dois anos de discussões entre técnicos e os mais diversos segmentos organizados da sociedade. O Plano Diretor estabeleceu princípios que modificaram a conformação radial de expansão da cidade para expansão linear. O transporte, o uso do solo, o sistema viário, esses três parâmetros integrados, passaram a ser usados como instrumentos para realização desse princípio.

As medidas do Plano Diretor

Entre as medidas mais importantes estavam o descongestionamento da área central, a preservação do centro tradicional, criar melhor infra-estrutura (como a criação do CIC - cidade industrial de Curitiba) e a necessidade de se oferecer suporte econômico para o desenvolvimento da cidade.

Expansão

Para mudar a conformação radial da cidade para linear, foram implantados os eixos lineares que tangenciam o anel central e canalizam o crescimento da cidade para áreas previamente definidas, onde o Poder Público tem condições de atuar implantando serviços de infra-estrutura.

Indução

Usou-se como um dos elementos indutores desse crescimento, o transporte de massa. Esse transporte foi concebido de maneira que pudesse ser continuamente ajustado - inclusive com a troca de modais - à medida que aumentasse a demanda gerada pelo adensamento dos eixos estruturais.

Com isso, ao invés de intervir na estrutura do centro tradicional, com grandes cirurgias urbanas, o crescimento da cidade aconteceria de forma global. O crescimento natural da cidade - no sentido Norte/Sul foi mantido e intensificado.

O primeiro eixo estrutural foi implantado nas direções nordeste e sudeste da cidade e recebeu o nome de Eixo Estrutural Norte/Sul. Nele, seria possível incentivar um adensamento bruto de cerca de 600 habitantes por hectare.

Ao mesmo tempo iniciava-se um processo de preservação e recuperação do centro tradicional. O crescimento físico da área central foi limitado. Passou-se a incentivar apenas a instalação de atividades que atendessem à cidade como um todo. Foi criada no País a primeira área destinada exclusivamente a pedestres: o calçadão da Rua Quinze (das Flores), como uma das medidas de preservação do centro. O tráfego de veículos foi limitado e até retirado em alguns trechos da zona central.

Apesar de todo seu planejamento, Curitiba não conseguiu escapar do problema social das invasões de terrenos da prefeitura, onde populações de baixa renda vivem em subhabitações, como favelas. A principal região corresponde às várzeas do rio Rio Belém e/ou de mananciais e nascentes na zona Norte, gerando problemas de contaminação dos recursos hídricos somados às condições de insalubridade à população aí residente. Além da falta de infraestrutura de saneamento, educação e transporte, algumas delas apresentam problemas de violência e marginalidade.

Aspectos Econômicos

O Produto Interno Bruto de Curitiba (PIB) fechou o ano de 1996 em R\$ 11,47 bilhões, representando um crescimento de 8,6% em relação ao ano anterior (em 1995 o PIB foi de R\$10,56 bilhões)⁴¹. O desempenho é superior aos índices do Paraná e do Brasil, que cresceram 5% e 2,9%, respectivamente, segundo dados do Iparde (Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social) e do Banco Central. Na mesma medida, a renda per capita da capital paranaense também é maior (US\$ 7.827) do que as médias estadual (US\$ 5.253) e nacional (US\$ 4.742).

A febre das montadoras

A Grande Curitiba, com um PIB de US\$ 17,6 bilhões, responde por 37,5% da economia paranaense e pretende chegar ao ano 2000 como a quarta força econômica do Brasil. Com a instalação das montadoras Renault, Audi/Volks e das fábricas de motores Chrysler BMW e Detroit, a região caminha para se tornar o segundo pólo automobilístico do país.

A instalação destas quatro montadoras de automóveis está mudando o perfil econômico da Região Metropolitana de Curitiba. Ao todo, os investimentos industriais somam US\$ 5,9 bilhões até o final de 1997, segundo a Secretaria de Indústria, Comércio e Turismo.

Composição do PIB

A indústria gera 37,8% do PIB e 28% dos empregos formais, em cerca de 5,6 mil estabelecimentos. Entre as principais indústrias estão a Bosch, Furukawa, New Holland e Volvo. Atualmente, este setor é o carro-chefe da economia curitibana, beneficiando-se de um momento positivo na economia brasileira, que vem recuperando seus níveis de produção desde 1993, com a implantação do Plano Real, apesar da taxa de desemprego crescente.

Os serviços geram exatamente a metade dos empregos no setor formal, representando 37,2 % do PIB municipal por meio de 36,6 mil estabelecimentos. O setor se mantém como o maior empregador, abrangendo 257,9 mil pessoas.

O comércio responde por 24,8% do PIB municipal, 18% dos empregos formais, com 15 mil estabelecimentos empregando cerca de 98 mil pessoas.

⁴¹ Dados pelo IPPUC. PIB de 1997 ainda não consolidado, sendo admitido igual a 1996, para poder

4.2.3. Aspectos de Gestão

RMC

Formada por 25 municípios, com uma população de 2,42 milhões de habitantes, a Grande Curitiba teve PIB (Produto Interno Bruto) de U\$ 17,69 bilhões em 1996 e deve experimentar o maior ciclo de crescimento de sua história. Curitiba consolida sua posição de centro de atração e irradiação de tecnologia, ao mesmo tempo que descentraliza os investimentos. As indústrias de maior expressão na geração de empregos estão sendo localizadas nos municípios da RMC: São José dos Pinhais tem a sede da Renault e da Audi/Volks; Campo Largo recebeu a Chrysler e Fazenda Rio Grande está recebendo a Eletrolux.

A Secretaria Especial de Assuntos Metropolitanos faz o elo de ligação entre Curitiba e as outras 24 administrações, fornecendo assessoria aos municípios. Os municípios vizinhos ainda têm praticado políticas isoladas, embora muitos de seus problemas sejam comuns e dependam de ações conjuntas.

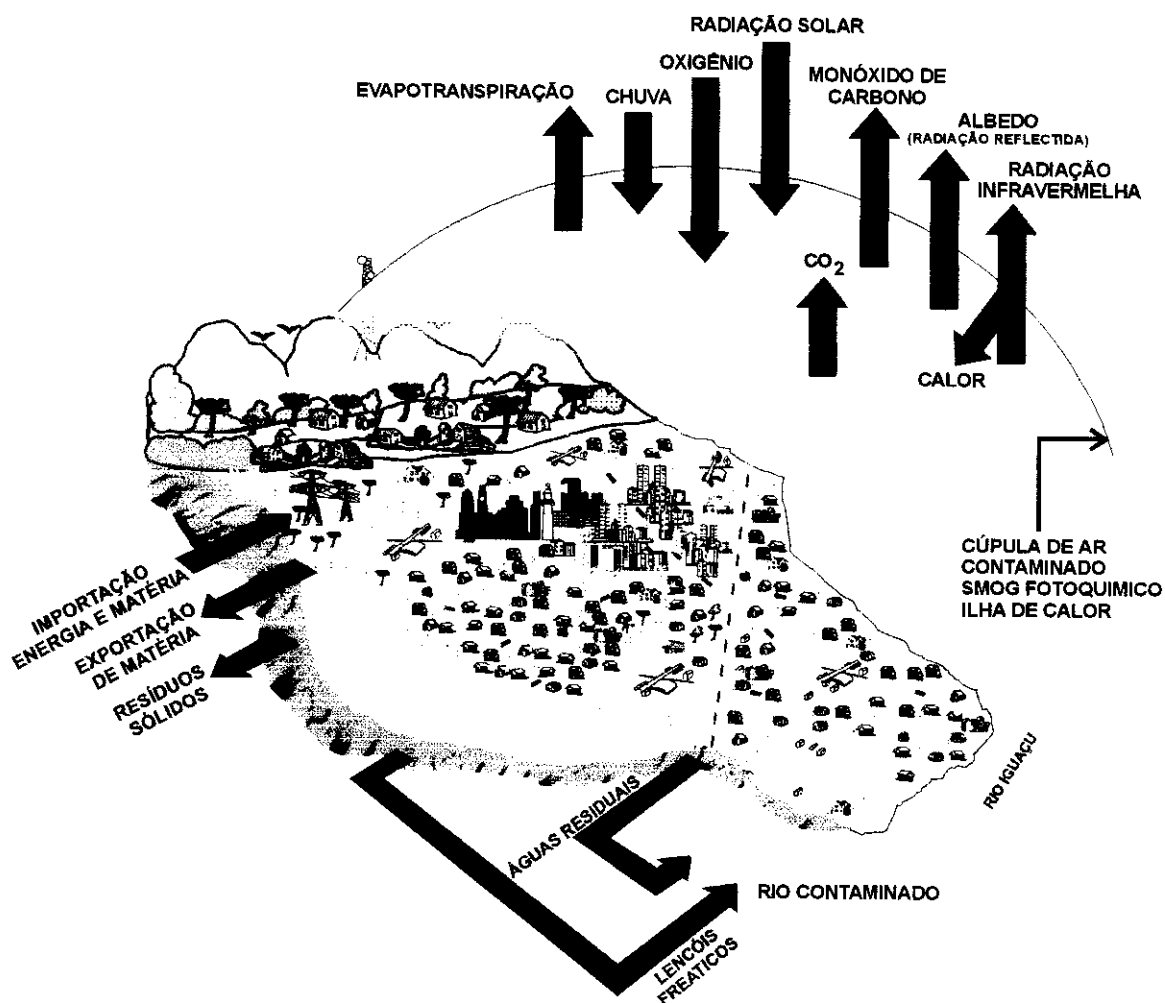
Após o panorama histórico da formação da cidade de Curitiba e de sua região, contextualizando os aspectos geoambientais, culturais, históricos e econômicos, a próxima seção inicia o levantamento dos aspectos quantitativos do metabolismo da cidade de Curitiba.

4.3. O Metabolismo da Cidade

Esta seção apresenta o metabolismo geral de Curitiba, ainda em termos qualitativos. Aparece a matriz energética da cidade, identificando assim seu metabolismo energético, para no Cap5 levantar os aspectos do metabolismo do transporte.

O fluxograma geral da cidade de Curitiba está mostrado na figura a seguir, representando o metabolismo geral da cidade, suas interrelações com a biosfera, solo, água e ar.

Figura 12 - O metabolismo da Cidade de Curitiba



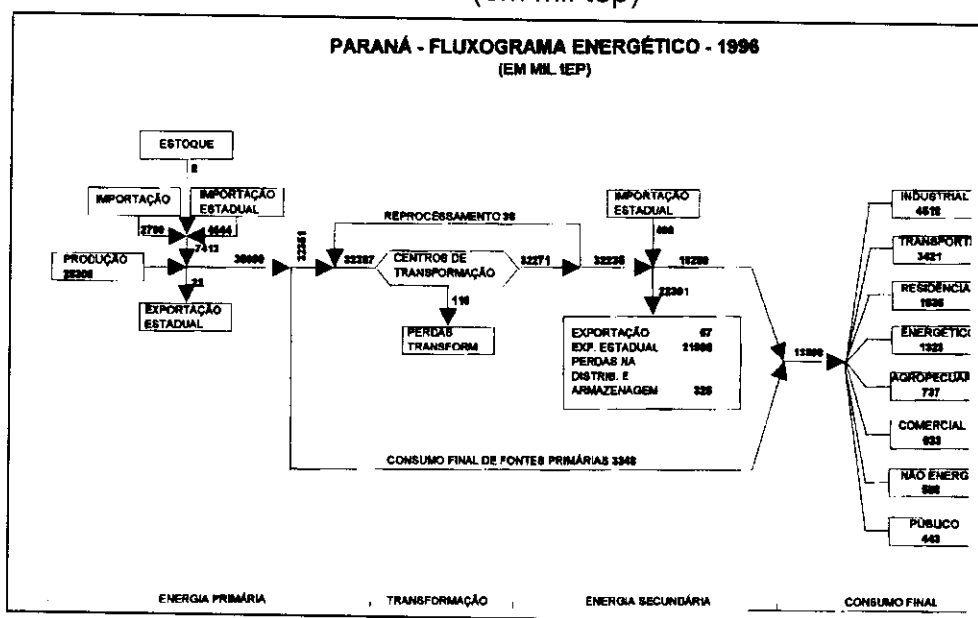
METABOLISMO ENERGÉTICO

Para situar a Cidade de Curitiba, em termos energéticos, a seguir far-se-á um panorama do estado do Paraná, descrevendo o fluxograma de seu Balanço de Energia.

O Estado do Paraná

A utilização de energia primária por setor em 1996, no estado do Paraná, está exemplificada na Figura 13.

Figura 13 - Fluxo de utilização de Energia por setor 1996 - Estado do Paraná
(em mil tep)



Fonte: Copel

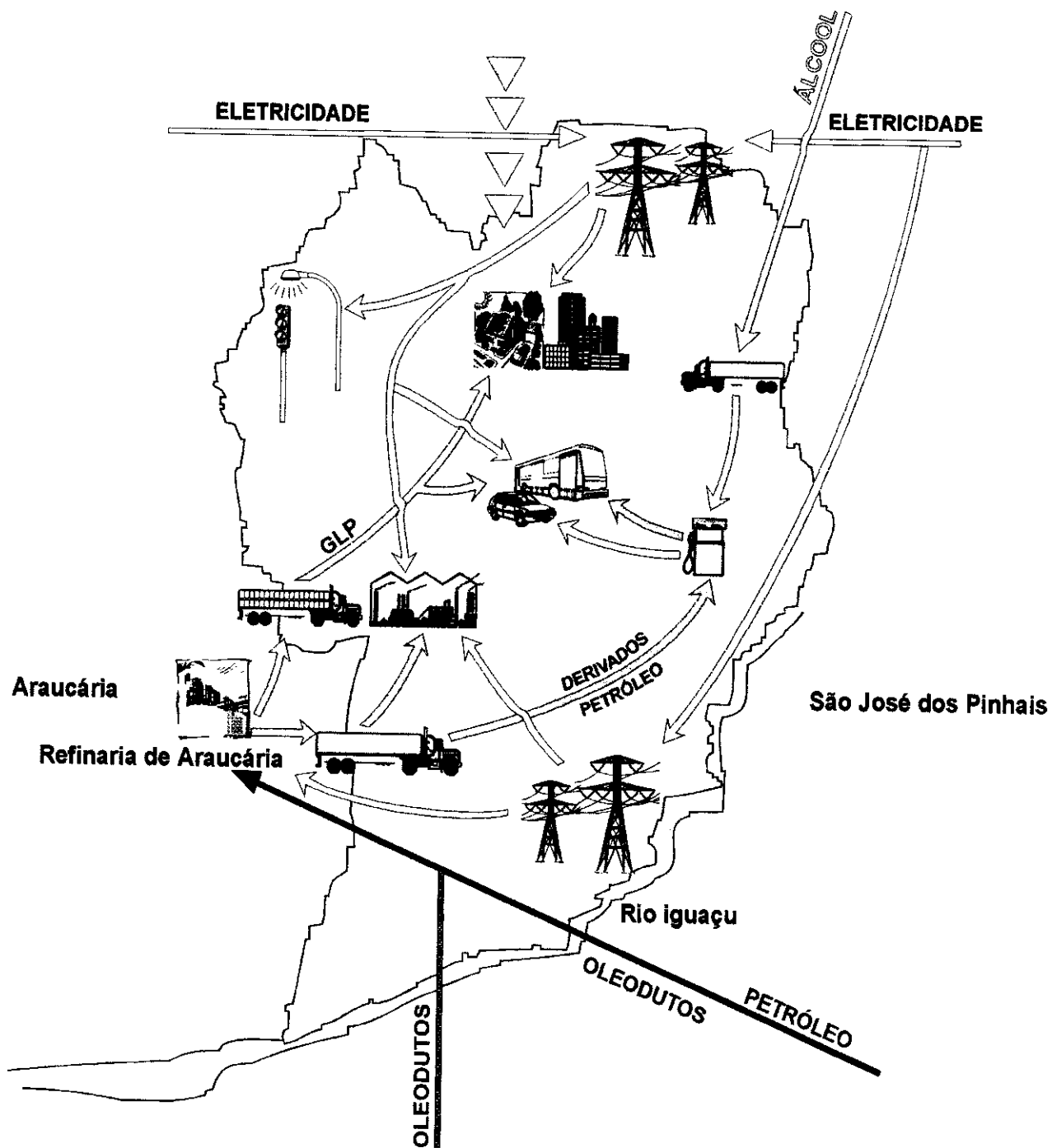
O consumo total de energia da região de Curitiba (RMC) corresponde a quase 34,9% do consumo do estado do Paraná, no ano de 1996⁴². O consumo da cidade de Curitiba, para este mesmo ano foi o equivalente a 36% da RMC, representando quase 12% do consumo do estado do Paraná.

⁴² Balanço Energético do Paraná -1996, COPEL/PR

A cidade de Curitiba

A próxima figura apresenta os principais fluxos de energia que ocorrem na cidade de Curitiba.

Figura 14 - Fluxograma de Energia Cidade de Curitiba



4.3.1. Os Sistemas da Cidade

De uma forma simplificada, seguindo o modelo biológico adotado, , pode-se identificar semelhanças entre os sistemas encontrados na organização corporal nos seres vivos e na organização das cidades.

A cidade de Curitiba apresenta um alto grau de organização na classificação espacial de seus sistemas, principalmente em função de seu histórico de planejamentos .

Aparecem nitidamente os seguintes sistemas:

- * Circulatório: onde está inserido o sistema de transporte, cujos componentes são as vias públicas, os veículos, a RIT, o Sistema de Controle de Tráfego;
- * Abastecimento: de água, alimento e energia, estando coligado ao sistema de circulação;
- * Digestivo e Produtivo: Cidade Industrial e centros comerciais;
- * Habitacional: zoneamento onde aparecem as residências;
- * Controle: representado pelos órgãos públicos, centralizados e descentralizados e fiscalizadores;
- * Imunológico: representado por duas categorias, uma pelo sistema de saúde pública e outra pela defesa civil;
- * Cognitivo: representado pelos órgãos de educação e de planejamento;
- * Excretor ou purificador: representado pelos sistemas de tratamento, recuperação e disposição dos resíduos gerados pelos demais sistemas.

Em função dos objetivos deste trabalho, não será dada ênfase na análise detalhada de todos os sistemas. Tampouco, infelizmente, na análise de todos os fluxos, como o fluxo de informações e de alimentos ou de água. Este tipo de enfoque poderia ser realizado em um trabalho posterior que desse continuidade a este diagnóstico.

Como base deste estudo está a caracterização dos fluxos de energia, envolvendo o consumo de energéticos pela cidade de Curitiba e suas implicações no metabolismo.

4.3.2. Os Fluxos

Na Figura 14, na seção 4.3.1, está representado o caminho dos fluxos de energia dentro da cidade de Curitiba.

A seguir, estão descritas as características dos fluxos de energia para cada sistema da cidade e quantificados na matriz energética pelos principais setores ou sistemas:

4.3.2.1. ENERGIA SOLAR

Diariamente a cidade recebe uma quantidade de energia solar distribuída em seu território. Na Tabela 11 estão apresentados os valores da Irradiação solar do dia mais representativo de cada mês, ou seja, a energia solar total recebida em um dia, em média, por metro quadrado de área horizontal (MJ/m²dia e kWh/m²dia). Totalizou-se a irradiação recebida para cada mês e anualmente.

Tabela 11 - Irradiação Solar na Cidade de Curitiba

| latitude Curitiba : -25.3 Sul Irradiação Horizontal | | | | |
|---|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| mês | H (MJ/m ² dia) | H(kWh/m ² dia) | H(MJ/m ² mês) | H(kWh/m ² mês) |
| jan | 16.8 | 4.67 | 520.8 | 144.67 |
| fev | 14.8 | 4.11 | 414.4 | 115.11 |
| mar | 12.5 | 3.47 | 387.5 | 107.64 |
| abr | 11 | 3.06 | 330 | 91.67 |
| mai | 9.1 | 2.53 | 282.1 | 78.36 |
| jun | 8.9 | 2.47 | 267 | 74.17 |
| jul | 11.2 | 3.11 | 347.2 | 96.44 |
| ago | 11.9 | 3.31 | 368.9 | 102.47 |
| set | 13.2 | 3.67 | 396 | 110.00 |
| out | 15.2 | 4.22 | 471.2 | 130.89 |
| nov | 17.8 | 4.94 | 534 | 148.33 |
| dez | 18.2 | 5.06 | 564.2 | 156.72 |
| | | total anual | 4883.3 | 1,356.5 |

Fonte: CENSOLAR, Solar Energy Training Centre, International H-World Database

A área total do município de Curitiba é 432 km². Para determinar a energia solar total resultante Q¹ que chega a Curitiba, faz-se a seguinte conversão a Mtep:

$$1356,5 \frac{kWh}{m^2 \text{ ano}} * 10^6 \frac{m^2}{km^2} * 432 Km^2 * 0,29 \frac{tep}{MWh} * 10^{-3} \frac{MWh}{kWh} * 10^{-6} \frac{Mtep}{tep} = 170 \frac{Mtep}{ano}$$

Desta maneira, Curitiba tem anualmente em média 170 Mtep de energia solar direta e difusa disponível em sua extensão.

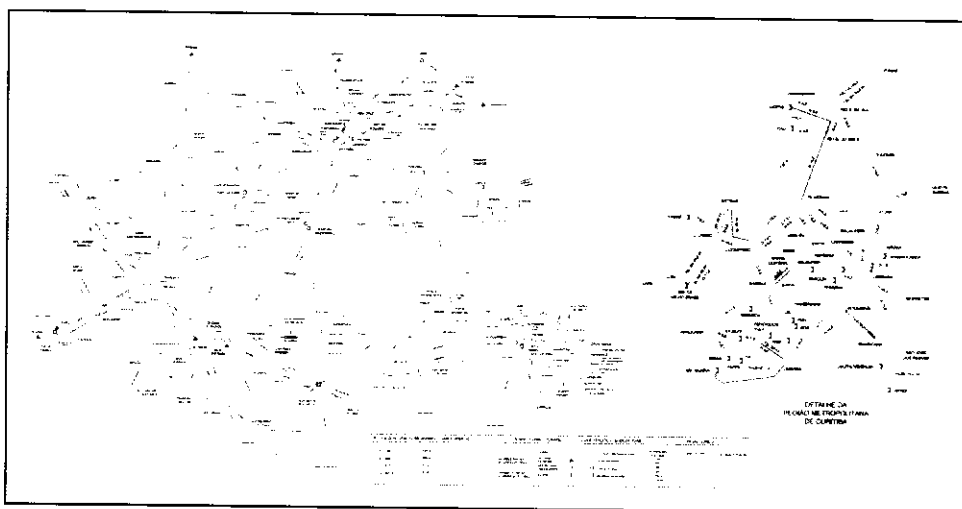
4.3.2.2. ELETRICIDADE

O Estado do Paraná possui 5 regiões correspondentes às áreas de atuação das Superintendências regionais de distribuição da COPEL. A região de Curitiba engloba o município de Curitiba e a região metropolitana.

A produção da eletricidade consumida em Curitiba ocorre parte na região metropolitana, nas hidroelétricas de Gov. Parigot de Souza e Guaricana, outra parte na região de Ponta Grossa, na hidroelétrica de Segredo e finalmente na região de Cascavel, em Itaipu.

A distribuição na Região Metropolitana é feita em 138 kV e 69 kV, com várias subestações podendo ser vista na figura abaixo:

Figura 15 - Distribuição da Rede Elétrica da Cidade de Curitiba



Fonte: COPEL, Anuário Estatístico, 1998

A evolução do consumo pela cidade de Curitiba está apresentada na tabela 12.

Tabela 12 - Evolução do Consumo de Eletricidade na Cidade de Curitiba -
MWh

| MWh | 1995 | 1996 | 1997 |
|--------------------|---------|---------|---------|
| residencial | 952657 | 1078151 | 1118242 |
| industrial | 907193 | 914060 | 916073 |
| comercial | 590076 | 656291 | 710657 |
| rural | 594 | 626 | 657 |
| poderes publicos | 94415 | 98089 | 101556 |
| iluminação pública | 90193 | 92164 | 95496 |
| servicos publicos | 106464 | 108258 | 112269 |
| proprio | 9063 | 9592 | 9869 |
| total | 2752650 | 2959227 | 3066816 |

fonte: COPEL/98

A tabela13 mostra a evolução do consumo MWh/consumidor ocorrido em 1995, 1996 e 1997, a seguir:

Tabela 13 - Evolução do consumo de energia elétrica por consumidor

| MWh/consumidor | 1995 | 1996 | 1997 |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|
| residencial | 2.26 | 2.48 | 2.51 |
| industrial | 114.34 | 106.76 | 97.22 |
| comercial | 11.66 | 12.51 | 13.11 |
| rural | 6.67 | 6.26 | 5.97 |
| poderes públicos | 35.37 | 34.05 | 33.12 |
| iluminação pública | 90,193.00 | 92,164.00 | 95,496.00 |
| servicos publicos | 3,548.80 | 3,383.06 | 3,508.41 |
| proprio | 40.28 | 42.07 | 40.95 |
| total | 5.70 | 5.92 | 5.97 |

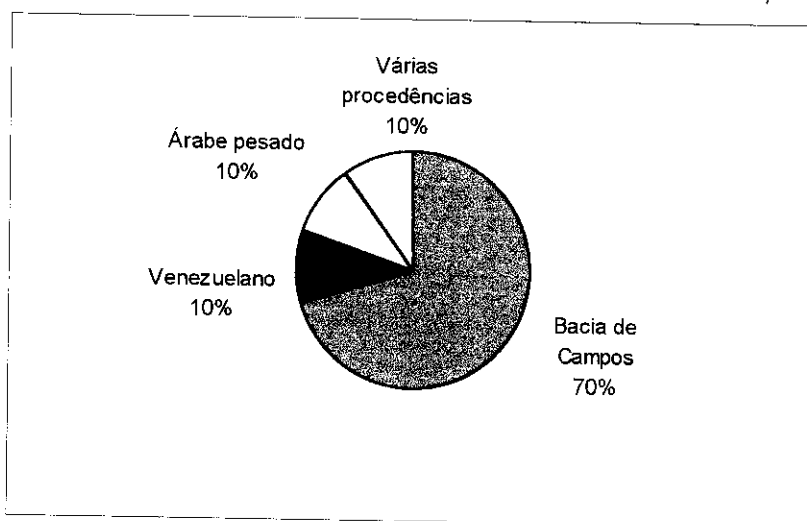
Fonte: Elaborado a partir dos dados da COPEL/98

4.3.2.3. DERIVADOS DE PETRÓLEO

A entrada de petróleo é facilitada pelos óleodutos vistos na Figura 14, na seção 4.2.1.

A refinação do petróleo é realizada na Usina de Refinaria São Mateus - REPAR, no município de Araucária. O volume de petróleo atualmente processado está em torno de 27000m³/d. Na Figura 16 está mostrando a participação das diversas origens do petróleo cru utilizado pela refinaria, REPAR, que distribui seus produtos de refino para todo o estado:

Figura 16 - Origem do Petróleo Processado na REPAR, 1997



fonte: Usina São Mateus

Os principais produtos do refino são:

GLP,

querosene,

gasolina

diesel

óleo combustível

e resíduo asfáltico

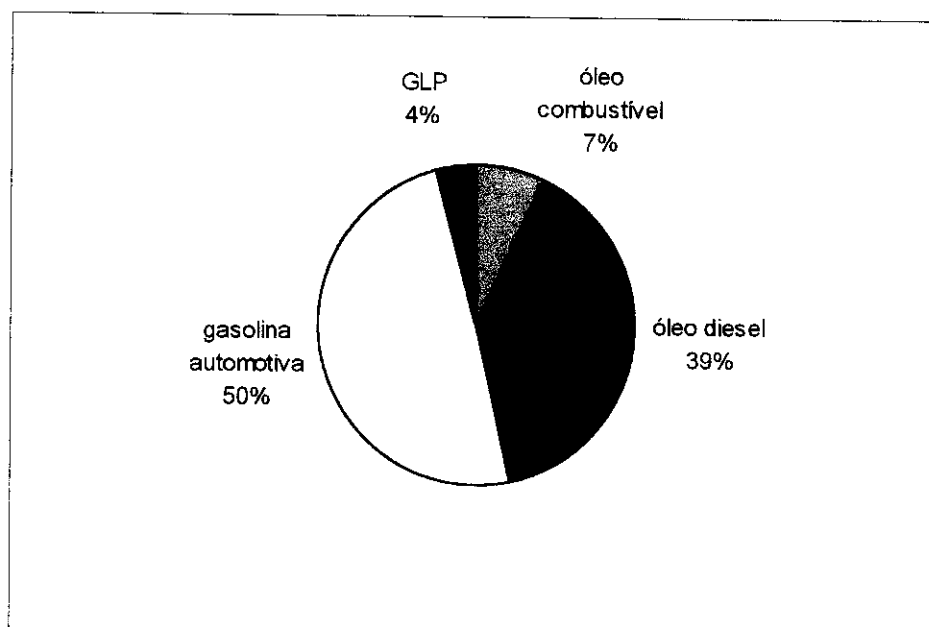
A evolução do consumo de derivados de petróleo na cidade de Curitiba está descrita na Tabela 14.

Tabela14: A evolução do consumo de combustíveis líquidos na Cidade de Curitiba- 1995 a 1997.

| | 1995 | 1996 | 1997 |
|------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| óleo combustível kg | 57,014,836 | 51,362,479 | 50,291,838 |
| óleo diesel (L) | 311,246,740 | 302,409,417 | 305,462,000 |
| gasolina automotiva (L) | 312,047,043 | 380,192,848 | 419,604,969 |
| gasolina | 243,396,694 | 296,550,421 | 327,291,876 |
| álcool etílico anidro (L) | 68,650,349 | 83,642,427 | 92,313,093 |
| álcool etílico hidratado (L) | 199,636,934 | 193,633,167 | 166,494,460 |
| gasolina aviação (L) | 330,663 | 317,779 | 540,098 |
| querosene iluminante (L) | 2,311,650 | 1,666,805 | 2,236,500 |
| querosene de aviação(L) | 1,221,786 | 2,734,969 | 4,048,004 |
| GLP (kg) | 73,370,050 | 81,765,573 | 83,262,501 |

O consumo de asfalto na Cidade de Curitiba, segundo a Usina de Asfalto, está em torno de 25 827,5 ton de Concreto betuminoso usinado a quente CBUQ, e 45584 ton de pré misturado a frio PMS.

Figura 17 - Participação dos Derivados de petróleo no Consumo Total de Combustíveis fósseis na Cidade de Curitiba - ano 1997



fonte: COPEL/PR, 1998,

4.3.2.4. BIOMASSA

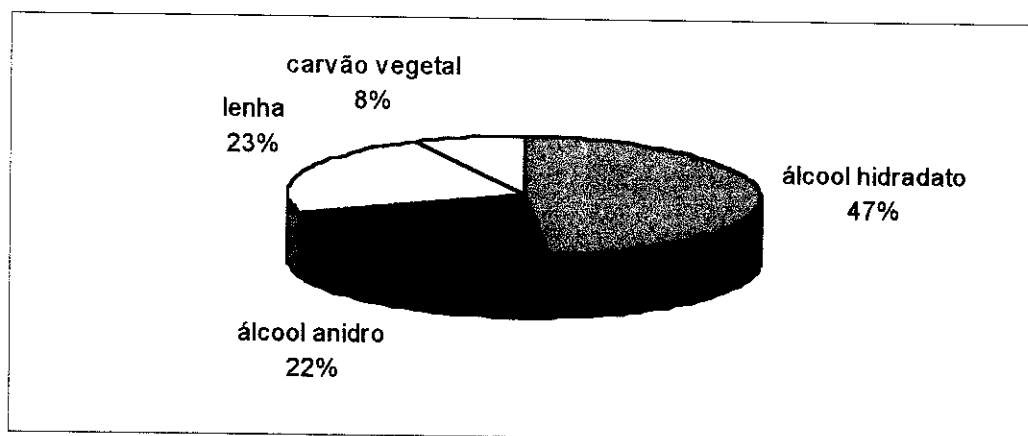
A Biomassa tem encontrado seu espaço no consumo de combustíveis. A lenha, o carvão vegetal, o álcool e o biodiesel são exemplos de produtos obtidos a partir da exploração de biomassa. A cidade de Curitiba consome lenha da região de Almirante Tamandaré, ao Norte de Curitiba, dado o cultivo da Bracatinga, espécie vegetal que tem servido de lenha para as indústrias e comércios de alimentos (pizzarias, padarias). Em 1996, a participação da lenha era de 2,5% da matriz energética de Curitiba, segundo dados da COPEL. Não há estimativas corretas a respeito do consumo de lenha para o ano de 1997⁴³

O álcool etílico anidro e hidratado produzido no estado de São Paulo pela fermentação do caldo da cana de açúcar, representa o produto de biomassa mais consumido principalmente pelo sistema de transporte.

Atualmente o biodiesel a partir da soja, principal produto agrícola do Paraná, também está sendo testado para poder entrar no mercado de combustíveis, e em Curitiba 20 ônibus urbanos já estão utilizando-o como aditivo ao diesel.

A participação das várias fontes de biomassa no consumo total de 200 mil tep de derivados de biomassa, daquele ano está representado na Figura 18 :

Figura 18: Participação das fontes no consumo total dos derivados de Biomassa, 1996 na Cidade de Curitiba



fonte: elaborado pela autora, dados da COPEL/PR 1997

⁴³ Segundo entrevista com a Coordenadora do Balanço do estado do Paraná na COPEL.

4.3.4. A Matriz Energética de Curitiba

Esta é a matriz energética da cidade de Curitiba, representando o consumo nos diversos setores para cada tipo de energético. A Tabela 15 está em 10^3 TEP, para o ano de 1997.

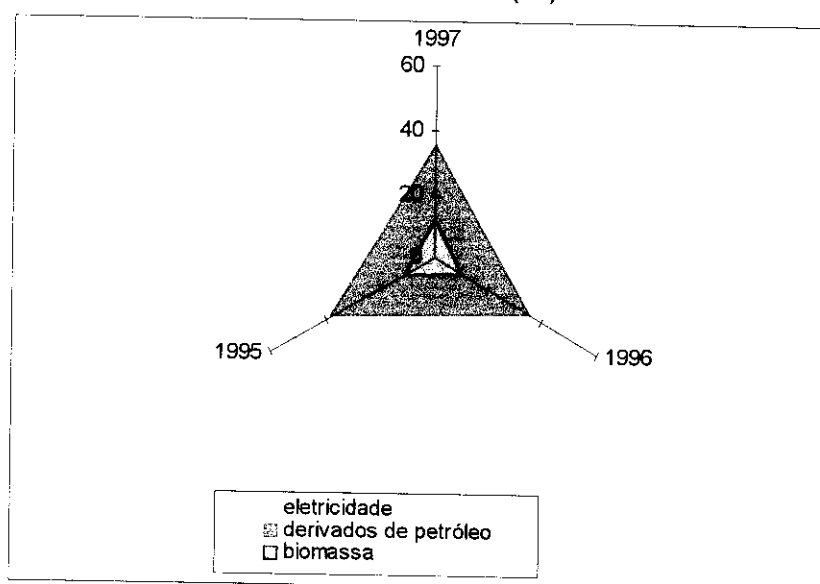
Tabela 15 - Matriz Energética de Curitiba - 1997

| 10 ³ tep 1997 | transporte | residencial | industrial | comercial | público | outros | total |
|--------------------------|------------|-------------|------------|-----------|---------|--------|---------|
| óleo combustível | 0.02 | 0.00 | 43.29 | 0.04 | 2.11 | 1.22 | 46.68 |
| óleo diesel | 225.02 | 0.00 | 10.18 | 3.70 | 1.69 | 18.45 | 259.03 |
| gasolina | 248.64 | 0.00 | 0.17 | 0.14 | 3.19 | 0.53 | 252.67 |
| álcool etílico anidro | 45.06 | 0.00 | 0.03 | 0.03 | 0.58 | 0.10 | 45.79 |
| álcool etílico hidratado | 81.47 | 0.00 | 74.76 | 0.00 | 0.91 | 0.13 | 157.27 |
| gasolina aviação | 0.04 | 0.00 | 0.04 | 0.25 | 0.03 | 0.04 | 0.39 |
| querosene iluminante | 0.98 | 0.00 | 0.76 | 0.05 | 0.00 | 0.00 | 1.80 |
| querosene de aviação | 1.94 | 0.00 | 0.05 | 0.87 | 0.27 | 0.13 | 3.27 |
| GLP | 0.97 | 20.28 | 2.94 | 0.37 | 0.02 | 3.19 | 27.77 |
| eletricidade | 27.69 | 324.29 | 265.66 | 206.09 | 62.01 | 3.05 | 888.80 |
| total | 631.82 | 344.57 | 397.89 | 211.53 | 70.81 | 26.83 | 1683.46 |

fonte: Elaboração própria a partir dos dados da COPEL/98

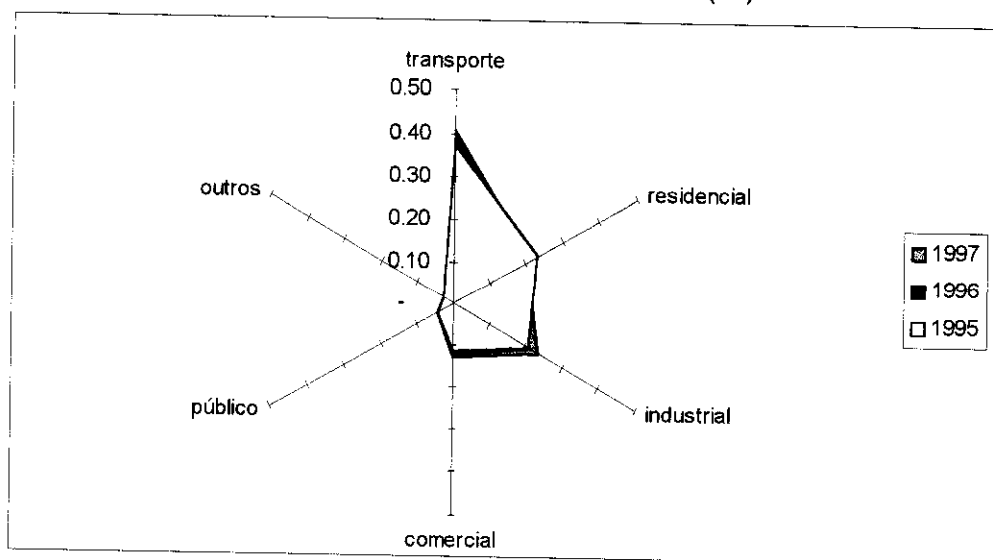
A Figura 19 apresenta a evolução da participação de cada combustível no consumo total de energia no setor de transportes nestes últimos três anos.

Figura 19 - A Evolução da Participação das fontes no consumo global de Curitiba 1997 (%)



A evolução da participação no consumo de energia para cada setor em Curitiba durante o período entre 1995-1997 pode ser visto na Figura 20.

Figura 20 - A Evolução da participação no consumo de energia por setor na Cidade de Curitiba 1995-1997 (%)



Incluiu-se no setor de transportes o gasto com eletricidade referente à iluminação das vias e uso de energia pelos semáforos (que equivale a 5% do consumo total de eletricidade na iluminação pública)⁴⁴.

As tabelas do Anexo 14 mostram a evolução do consumo de energia em cada setor para 1995-1997.

4.3.5 - Intensidade energética e Energia Per capita

Para a análise de consumo específico de energia, dividiu-se em duas partes. Uma refere-se à intensidade energética dada pelo consumo de energia dividido pelo PIB, para cada ano, do município (tep/\$R) e a outra referente à energia consumida por habitante (Mcal/hab).

⁴⁴ Segundo levantamento junto à SMOP/Curitiba/98

Com relação ao PIB (seção 4.3.1), a intensidade energética foi basicamente a mesma desde 1995: ao redor de 0,15 tep/\$R.

Com relação ao consumo de energia percapita dada pelo consumo de energia em um dado período pelo número total de habitantes, fêz-se distinção entre consumo de energia somática e extrasomática. Energia Somática refere-se àquela energia consumida diretamente pela população na forma de alimento. Utilizou-se a média de 2500kcal/dia para cada indivíduo. Energia Extrasomática refere-se à energia total consumida pelo sistema urbano para efetivar as atividades existentes como transporte, comércio, indústria etc, consolidada pela matriz energética. Com essas considerações, levantou-se a seguinte evolução entre o consumo somático e extrasomático percapita ocorrido para 1995, 1996 e 1997.

A figura 21 apresenta o consumo percapita anual e a Figura 22 mostra com detalhes as parcelas referentes ao consumo percapita diário ocorrido em cada setor, ambas figuras para os anos de 1995, 1996 e 1997.

Figura 21 - Consumo Somático e Extrasomático per capita anual
(Mcal/hab/ano)1995-1997

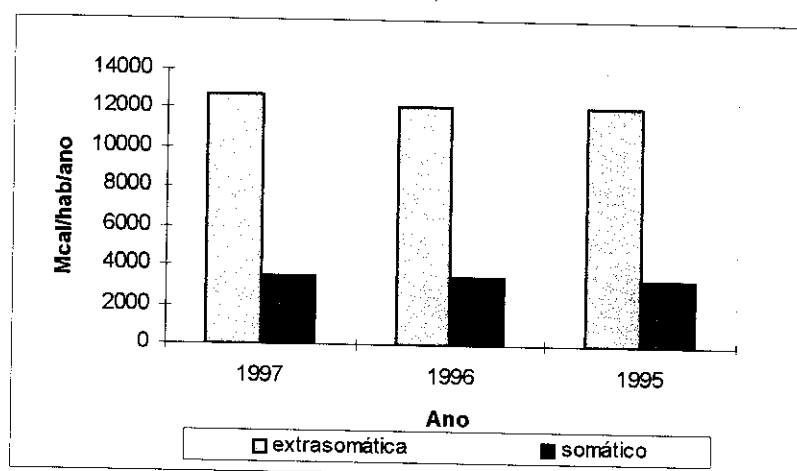
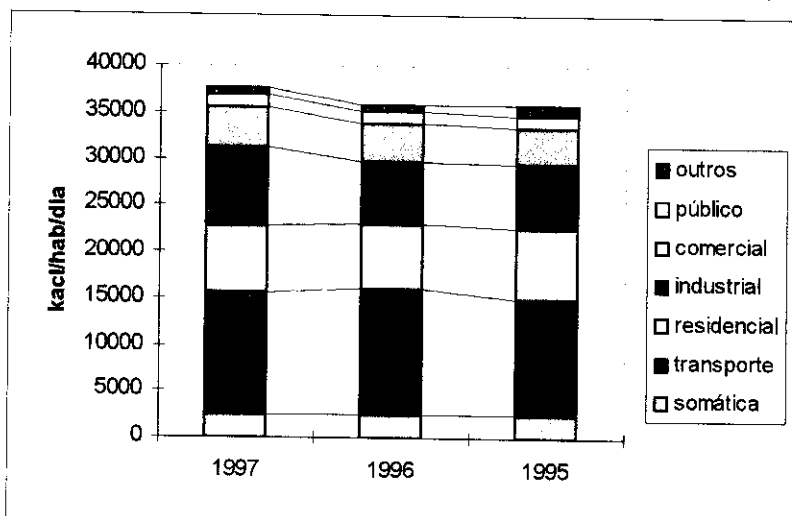


Figura 22 - Consumo de Energia percapita diária (kcal/hab/dia) 1995-1997



Como pode ser visto na Figura 22, o setor de transportes é o setor responsável pelo maior consumo percapita de energia. Além disso é responsável pelo consumo de quase 40% do consumo total de energia e de 76% do consumo total de combustíveis fósseis na cidade. Pelo fato deste setor representar o principal consumidor de energia da cidade, ele veio a ser o foco deste estudo. No capítulo seguinte, far-se-á um maior detalhamento do diagnóstico do metabolismo energético do sistema de transportes em Curitiba e suas implicações.

Capítulo 5

5. Diagnóstico do Metabolismo Energético do Sistema de Transporte em Curitiba

O diagnóstico do metabolismo do sistema de transporte de Curitiba é um instrumento de planejamento que integra muitos aspectos. Além de focalizar o aspecto energético, os aspectos ambientais e sociais também são incorporados no diagnóstico.

Utilizando a metodologia descrita no capítulo 3, o conteúdo deste capítulo está desenvolvido em 3 partes. Na seção 5.1, configura-se o sistema de transportes, e os vários aspectos envolvidos na sua evolução. Na seção 5.2, caracteriza-se o fluxo de energia e das emissões do sistema de transporte e em especial da RIT. Na seção 5.3, levantam-se os índices de consumo e de emissões do mesmo.

5.1. Configuração do Sistema de Transporte

O sistema de transporte de Curitiba sofreu uma imensa transformação durante estes últimos 25 anos. Estas transformações podem ser sentidas pelas modificações físicas e produtivas na cidade. Na seção 5.1.1, estão representados os aspectos físicos, juntamente com a evolução das características do sistema de transporte e da malha viária da cidade de Curitiba até sua forma atual. Também está identificado o número total de veículos da frota e, também, suas características. Na seção 5.1.2, estão apresentados os aspectos históricos da evolução do sistema de transportes e da RIT, identificando os atores participantes do planejamento e da elaboração da rede de transportes, bem como da configuração da frota atualmente. Na seção 5.1.3., aparecem os aspectos operacionais da RIT, identificando os atores que atuam diretamente na sua operação e controle. Na seção 5.1.4., os aspectos de gestão estão presentes mostrando o sistema de gerenciamento de custos e formação da tarifa de ônibus.

5.1.1. Aspectos Físicos

O levantamento dos aspectos físicos e infraestruturais do sistema de transporte consiste basicamente na identificação das características da malha viária, dos terminais, da frota e dos sistemas de sinalização e de controle de tráfego, conforme visto na Figura 3b do Capítulo 1.

A malha viária determina a organização e a disposição espacial, bem como a distribuição de veículos pelas vias. Suas características podem ser modificadas ao longo do tempo para se adaptar a novas demandas ou melhoria da mobilidade.

Conhecendo a evolução da frota e suas atuais características, é possível estimar seu crescimento e, assim, evitar possíveis saturações. Estes limites de crescimento são determinados pelos impactos ambientais, sociais e econômicos causados pelo nível de emissões e ruídos e pela perda da mobilidade, gerando poluição e congestionamento.

Os sistemas de controle e sinalização de tráfego ajudam ao usuário da malha viária a: 1) conhecer sua localização na cidade; 2) identificar o sentido do fluxo das vias; 3) salvaguardar suas vidas. Ao mesmo tempo, regulam o trânsito e a velocidade de tráfego.

A seguir, as características da malha viária, da frota e do sistema de controle e sinalização estão descritos mais extensamente.

5.1.1.1. Malha Viária

1. As Ruas de Curitiba

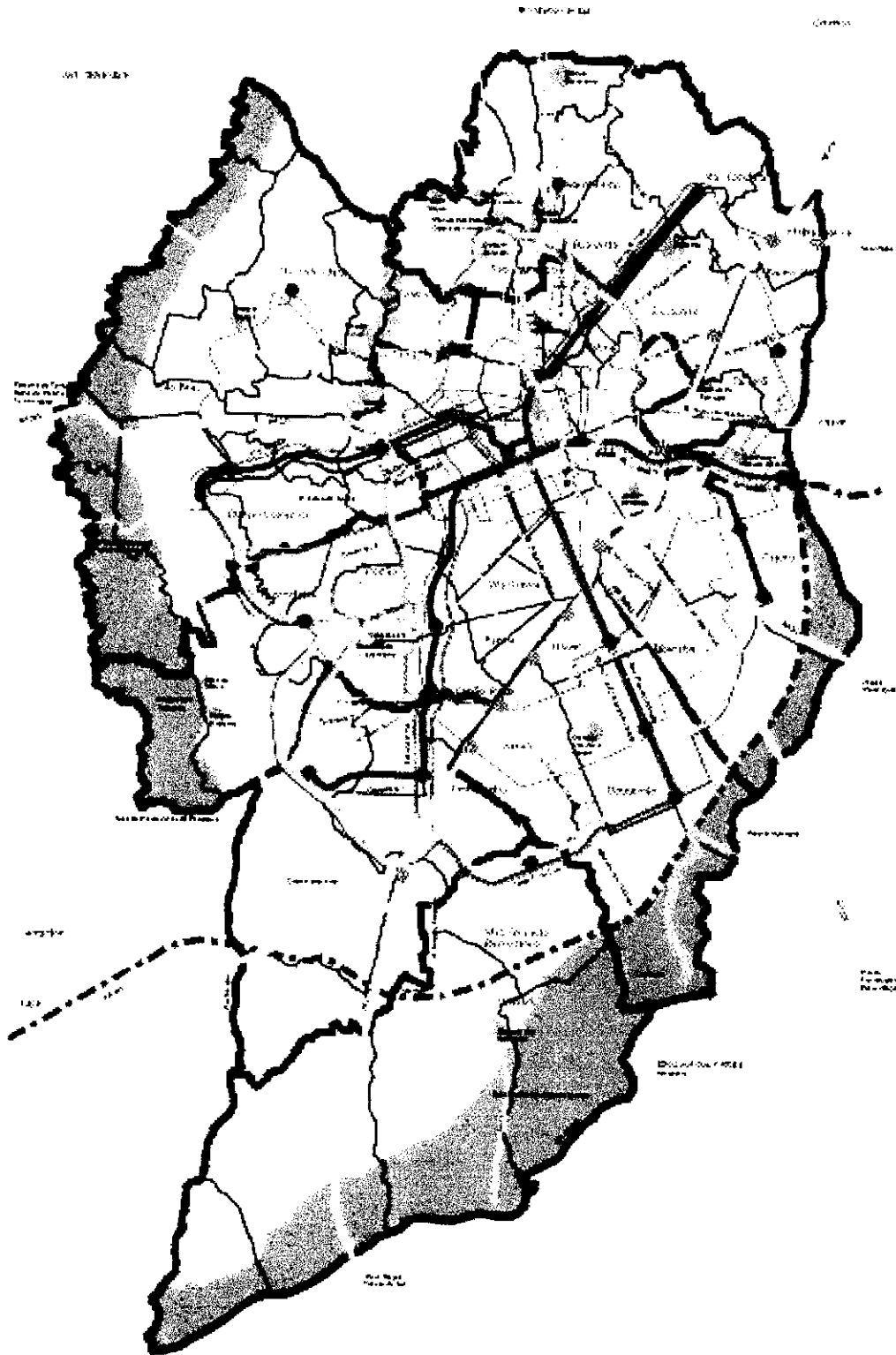
A malha viária de Curitiba possui características muito singulares, soluções que vêm privilegiando o sistema de transporte coletivo e facilitado o acesso da população aos vários equipamentos urbanos distribuídos pela cidade, e sua mobilidade.

A extensão total da malha viária de Curitiba está em torno de 4 mil de km, divididas em 29% asfalto, 35% anti-pó, 34% saibro e 2% outros tipos de revestimento (p. ex. concreto). O número total de ruas é de 7037 divididas entre ruas e logradouros, sendo 90% deles denominados.

Conforme pode ser visto na Figura 23, a atual malha viária de Curitiba se distingue por cinco eixos estruturais, composto cada um por um sistema trinário de vias por onde trafega o principal fluxo de veículos de Curitiba.

As ruas tiveram sua hierarquia definida. Foram criadas as vias estruturais e conectoras que definem e limitam os setores estruturais e conectores. Vias de ligação prioritária que dão continuidade ao tráfego das estruturais e das conectoras, sem passar pela área central; vias coletoras que fazem a distribuição e a coleta de tráfego nas zonas residenciais; vias de ligação interbairros - vias concêntricas que permitem deslocamentos circulares entre os diversos bairros; vias locais, onde o tráfego menos intenso permite seu uso como local de encontro; vias de ligação rodoviária (BR), que atendem ao grande volume de tráfego na escala rodoviária.

Figura 23 - Malha Viária de Curitiba



Na Tabela 16 estão as principais características das vias de circulação do sistema viário de Curitiba.

Tabela 16 -Características da Malha Viária em Curitiba - 1997

| TIPOS DE VIAS | DESCRIÇÃO |
|---|--|
| vias de pedestres | Compreende as vias públicas da Zona Central, bloqueadas total ou parcialmente ao tráfego de veículos. Estas vias interligam os principais terminais de transportes da área central e contribuem para a animação do centro tradicional da cidade. É regulamentado pelo Decreto nº 1.017/79 |
| Vias estruturais | Sistema trinário, composto por uma via central exclusiva ao tráfego do ônibus expresso, ladeada por duas vias de tráfego lento e duas vias externas de tráfego rápido, uma no sentido centro/bairro e outra bairro/centro |
| Vias de ligação interbairros/perimetral | Idealizadas para evitar passagens desnecessárias na área central, viabilizando os deslocamentos entre as várias zonas da cidade. |
| Vias prioritárias | Têm a função específica de permitir a ligação entre as vias de tráfego contínuo dos Setores Estruturais e outras ligações básicas do sistema viário. Para que estas ligações não sejam prejudicadas pelo tráfego local, o adensamento, principalmente comercial que demanda ou gera tráfego mais intenso, deve ser evitado. Os critérios de uso de solo para os imóveis lindeiros a essas vias de ligação prioritária são estabelecidos pelo Decreto nº 183/90 |
| Vias conectoras | Facilitam a conexão entre os setores estruturais e a Cidade Industrial de Curitiba |
| Vias Locais | São aquelas cuja função básica é permitir o acesso às propriedades privadas ou áreas de atividades específicas apresentando fluxo baixo de veículos |
| Eixo do Trabalhador | Ligação interbairros que tem esta denominação por interligar conjuntos habitacionais com O CIC. |
| Vias Ambientais | São vias ou trechos de vias que possuem um projeto específico com a implantação de equipamentos esportivos e de lazer. |
| Vias coletoras | São as ruas onde se permitem a instalação do comércio e a prestação de serviços de atendimento nas quais se concentra o tráfego de passagem de ônibus. Assim, elas atuam de forma a propiciar maior privacidade às zonas residenciais. A rede de vias coletoras poderá ser ampliada por interesse público e desde que o Plano Diretor assim o recomende. São regulamentadas pelo Decreto nº 354/87. Possuem parâmetros diferenciados em termos de uso de solo. |
| Vias de penetração | São as ruas regulamentadas pelo Decreto nº 354/87 que correspondem aos antigos caminhos de chegada a Curitiba e que devem desempenhar um papel de atendimento às vizinhanças em termos de prestação de serviços diversificados, propiciando a integração comunitária e o surgimento de uma estrutura local de animação de pequena escala. |
| Vias de ligação rodoviária | Atendem ao grande volume de tráfego na escla rodoviária |
| ciclovias | Vias destinadas à circulação de bicicletas e que estão projetadas para formar uma rede alternativa de transporte. |

Fonte: Banco de Dados/IPPUC - 1997

Além das vias para veículos motorizados, também foram projetadas e implementados 85,55 km de extensão de ciclovias. A Rede de Ciclovias está espalhada pelos bairros, junto às vias rápidas, à ferrovia e ao leito de rios, dividindo o espaço com o transeunte nas calçadas. Constitui uma opção de via de acesso ao trabalho, à escola e ao lazer. Entretanto, existem alguns trechos da ciclovias com alto risco de acidentes, principalmente quando cruza as rodovias, em outros trechos há perigo de assalto, por atravessar zonas muito ermas. Durante períodos de chuvas, muitas vezes se torna dificultoso o uso das ciclovias, devido à inundação.

2. Malha da Rede Integrada de Transporte - RIT

O sistema integrado de transporte coletivo é formado por uma rede que cobre 30% da malha viária total e serve a 80% do território, composta por terminais de integração, linhas expressas, alimentadoras, interbairros e diretas, além de convencionais que atendem aos terminais situados em bairros. a estrutura básica é formada por 5 eixos, em canaletas exclusivas, onde se localizam os terminais que atendem a RIT.

Os terminais de Integração situam-se nos eixos de transporte de massa e em bairros que apresentam um desenvolvimento urbano representativo.

Tabela 17 - Rede Física do Sistema - 1998

| CATEGORIA | PAVIMENTO - RUAS PERCORRIDAS EM METROS | | | | % EM RELAÇÃO A REDE TOTAL | distância (m) entre pontos | número de pontos |
|-----------------|--|---------|--------|-----------|---------------------------|-------------------------------|---------------------|
| | ASFALTO | ANTI-PÓ | SAIBRO | TOTAL | | | |
| EXPRESSO | 52,800 | - | - | 52,800 | 4.46 | 500 | 106 |
| LINHA DIRETA | 225,000 | - | - | 225,000 | 19.01 | 2500 | 90 |
| INTERBAIROS | 169,900 | 2,100 | - | 172,000 | 14.54 | 400 | 430 |
| ALIMENTADOR | 236,295 | 92,205 | 43,100 | 371,600 | 31.40 | 300 | 1239 |
| CONVENCIONAL | 271,100 | 74,050 | 7,250 | 352,400 | 29.78 | 300 | 1175 |
| CIRCULAR CENTRO | 9,500 | - | - | 9,500 | 0.80 | 300 | 32 |
| TOTAL | 964,595 | 168,355 | 50,350 | 1,183,300 | 100 | | 3071 |

fonte: URBS/98

Para os eixos da RIT, a seguir tem-se a configuração de operação.

Tabela 18 - Configuração dos Eixos Estruturais

| EIXO | EXTENSÃO (Km) | FROTA OPERANTE (P1) | VIAGENS DIAS ÚTEIS | ANO DE IMPLANTAÇÃO |
|-----------|---------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| NORTE | 12.60 | 32 | 275.00 | 73/74 |
| SUL | 13.60 | 63 | 546.00 | 73/74 |
| BOQUEIRÃO | 10.63 | 29 | 265.90 | 77 |
| LESTE | 12.18 | 40 | 466.50 | 79/80 |
| OESTE | 8.27 | 15 | 261.00 | 81 |

fonte: URBS/98

5.1.1.2. Frota

Foi realizado um levantamento da frota atual de Curitiba, em função do tipo de veículo, do tipo de combustível, a nacionalidade e sua idade. Estas informações estão representadas na Tabela 19 e na Figura 24 a seguir:

Figura 24 - Evolução da Frota de Veículos Automotores Licenciados em Curitiba (1974-1997).

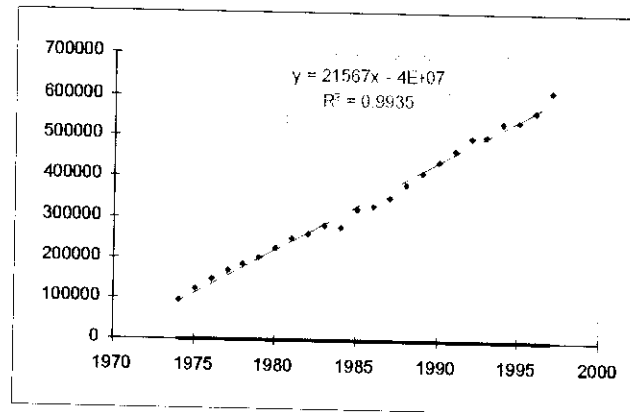


Tabela 19 - Frota de Veículos Automotores Nacionais e Importados por tipo de combustível, em Curitiba - Nov 1997

| veículos | álcool | | gasolina | | Diesel | | Outros | | Total | |
|-------------------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|
| | Nacional | Import. | Nacional | Import. | Nacional | Import. | Nacional | Import. | Nacional | Import. |
| ciclomotor | 2 | 0 | 1212 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1214 | 21 |
| motoneta | 0 | 0 | 3312 | 901 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3312 | 901 |
| motocicleta | 52 | 0 | 34801 | 2636 | 0 | 0 | 2 | 0 | 34855 | 2636 |
| triciclo | 0 | 0 | 40 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 40 | 3 |
| automovel | 107539 | 24 | 311944 | 37339 | 618 | 443 | 3 | 0 | 420104 | 37806 |
| microônibus | 2 | 0 | 11 | 6 | 351 | 1099 | 0 | 0 | 364 | 1105 |
| ônibus | 5 | 0 | 13 | 0 | 5013 | 48 | 0 | 0 | 5031 | 48 |
| reboque | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| semi-reb. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| camioneta | 9343 | 1 | 30871 | 2228 | 10230 | 1469 | 17 | 0 | 50461 | 3698 |
| caminhão | 43 | 0 | 547 | 136 | 24397 | 790 | 0 | 0 | 24987 | 926 |
| caminhão Trator | 0 | 0 | 1 | 1 | 5850 | 194 | 0 | 0 | 5851 | 195 |
| trator de rodas | 0 | 0 | 0 | 0 | 28 | 2 | 0 | 0 | 28 | 2 |
| trator de esteira | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| trator misto | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| outros | 0 | 0 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 21 | 0 |
| total | 116986 | 25 | 382773 | 43271 | 46489 | 4045 | 22 | 0 | 546270 | 47341 |

fonte: Detran/PR, Nov 1997.

O incremento da frota, desde 1974, pode ser considerado aproximadamente constante a uma taxa de crescimento de 8,3% a.a.. Os dados mais detalhados

da evolução e da idade da frota estão na seção 5.3.2 Estes dados são fundamentais para as estimativas das emissões dos veículos circulantes na cidade.

5.1.1.3. Frota da RIT

A frota operante na RIT tem diversos modais ou categorias. O levantamento dessa frota assim como todos os dados básicos sobre consumo é feito pelo departamento de estatística da URBS.

Tabela 20 - Média Mensal Dias Úteis - Frota Operante 1997

| MÊS | CONVENC. | EXPRESSO | *TRONCAL | BIARTIC. | L. DIRETA | ALIMENT. | INTERBAIRROS | C.CENTRO | ENS. ESP. | TOTAL |
|--------------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|--------------|----------|-----------|--------------|
| JANEIRO | 313 | 73 | 73 | 95 | 191 | 371 | 130 | 8 | 30 | 1,284 |
| FEVEREIRO | 313 | 73 | 73 | 95 | 191 | 369 | 130 | 8 | 30 | 1,282 |
| MARÇO | 313 | 63 | 73 | 95 | 191 | 379 | 130 | 8 | 30 | 1,282 |
| ABRIL | 313 | 63 | 74 | 98 | 192 | 381 | 132 | 8 | 30 | 1,291 |
| MAIO | 313 | 63 | 75 | 98 | 192 | 381 | 132 | 8 | 31 | 1,293 |
| JUNHO | 313 | 64 | 75 | 98 | 194 | 385 | 132 | 8 | 31 | 1,300 |
| JULHO | 314 | 64 | 76 | 98 | 194 | 385 | 132 | 8 | 31 | 1,302 |
| AGOSTO | 313 | 64 | 76 | 98 | 195 | 386 | 132 | 8 | 31 | 1,303 |
| SETEMBRO | 315 | 64 | 76 | 98 | 198 | 386 | 132 | 8 | 31 | 1,308 |
| OUTUBRO | 315 | 64 | 76 | 98 | 216 | 387 | 132 | 8 | 31 | 1,327 |
| NOVEMBRO | 314 | 64 | 76 | 98 | 216 | 387 | 132 | 8 | 31 | 1,326 |
| DEZEMBRO | 316 | 64 | 75 | 104 | 218 | 387 | 132 | 8 | 31 | 1,335 |
| TOTAL | 314 | 65 | 75 | 98 | 199 | 382 | 132 | 8 | 31 | 1,304 |

Fonte: Dep. Estatística URBS/PR 1998

5.1.1.4. Controle de Tráfego e Fiscalização

Curitiba, como foi visto anteriormente, tem tido um aumento significativo de sua frota, desde 1995. Um dos efeitos mais notados deste incremento é o crescente congestionamento nas vias centrais da cidade.

O desenvolvimento de sistemas de controle e de fiscalização inteligentes e eficientes serve de instrumento para a reordenação do caos que uma cidade enfrenta pelo crescimento de sua frota circulante.

Um sistema inteligente de trânsito é capaz de gerar economia em tempo no tráfego, aumentando a mobilidade do sistema, evitando inclusive perdas energéticas em congestionamentos e poluição.

O CTA, Controle de Tráfego em Área, atualmente STA, Setor de Controle de Tráfego em Área, vem desenvolvendo um sistema de controle eletrônico que tenta acompanhar as mudanças na cidade. Mesmo havendo barreiras administrativas e econômicas ao monitoramento eletrônico do trânsito na cidade, este setor tem crescido e ampliado seus projetos.

Dentre as várias maneiras de obrigar os motoristas a reduzirem a velocidade em determinados locais, estão : o uso de placas de sinalização, elevação brusca na pista, lombadas e tartarugas, semáforos e faixas pintadas no chão e policiais de trânsito.

Atualmente, a cidade possui 700 semáforos de três fases, estando 70% ligado à Central de Controle. Os 30% restantes estão localizados na região periférica da cidade. Existem 50 inibidores de avanço de semáforo (câmeras fotográficas nos sinaleiros dos principais cruzamentos) e 26 redutores eletrônicos de velocidade, as chamadas lombadas eletrônicas (ver na figura 25).

Figura 25 - Lombada Eletrônica



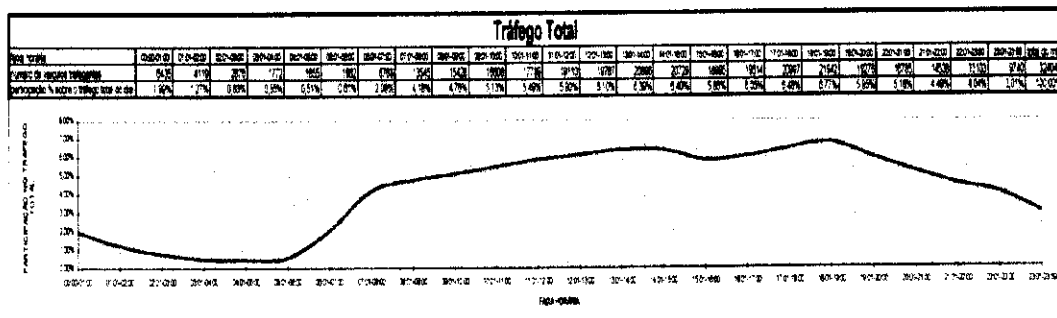
Para o controle da velocidade dos veículos em locais críticos, tais como travessia de pedestres, escolas e hospitais, foi desenvolvido o redutor eletrônico de velocidade. O equipamento é composto basicamente de :

- a) Sensor de passagem de veículos, constituídos por laços indutivos colocados na pista que medem a velocidade do veículo.
- b) Processador eletrônico que avalia a velocidade de passagem dos veículos, comparando-os com o limite máximo pré-estabelecido no painel, disparando um alarme se o mesmo tiver sido ultrapassado.
- c) Módulo de indicação e alarme, localizado na via logo após o detector, de maneira a ser visível pelo motorista e o transeunte. Constitui-se de um mostrador onde se pode ler a velocidade desenvolvida pelo veículo, e um alarme sonoro e luminosos sempre que a velocidade ultrapasse o limite de 40km/h.

Outra função do redutor eletrônico de velocidade é a análise de pico de tráfego. O laço indutivo presente no pavimento da rua onde se localiza a lombada eletrônica, além de registrar a velocidade de cada veículo, também contabiliza o fluxo de automóveis. Através do registrador, pode ser levantado um perfil de fluxo ou curva de carga dos veículos que passam, durante todo dia, pela via analisada. Com esta curva, é possível ter uma idéia da frequência de veículos e identificar as horas do dia em que ocorrem os picos de tráfego.

Um exemplo de análise de pico de tráfego é o da Rua Mateus Leme, durante o mês de Dezembro de 1997, para 24 horas do dia acumulado do mês, visto na Figura 26.

Figura 26 - Perfil de Tráfego - Rua Mateus Leme - 24 horas do dia 31/12/97



Fonte: CTA

A determinação do fluxo de veículos e do pico de tráfego também pode ser obtida por amostragem em pesquisa de rua, onde uma equipe de fiscais fica anotando o número de carros que atravessam certos cruzamentos. O levantamento da curva de carga de fluxo de veículos e o tamanho da quadra são as principais variáveis que determinam o tempo de duração do ciclo verde-amarelo-vermelho entre os semáforos de um dado cruzamento. Para cada perfil de tráfego, em cada cruzamento, constrói-se um Plano de tráfego para cada par de semáforos. Estes Planos são obtidos através de um software inglês criado e atualizado para essa finalidade.

Os semáforos utilizados atualmente em Curitiba, possuem 12 planos para as 24 horas do dia, para poder melhor atender o fluxo nas vias, evitando que se gere seu saturamento durante as horas de pico.

O monitoramento do trânsito é realizado na sala de controle do CTA ou STA, onde os técnicos podem "ver" quase 500 semáforos no computador, verificando e corrigindo imediatamente seus ciclos nos pontos críticos. Os sinaleiros estão ligados à central de controle via modem, proporcionando sua manutenção correta em tempo real.

| | Cruzamentos semaforizados | Controle eletrônico |
|----------------|---------------------------|---------------------|
| São Paulo | 5.500 | 400 |
| Rio de Janeiro | 3.500 | 500 |
| Curitiba | 685 | 470 |

Para se ter uma idéia da extensão do sistema de controle eletrônico de tráfego em Curitiba, comparou-se com as duas principais metrópolis São Paulo e Rio Janeiro e verifica-se o sistema de Curitiba cobre quase todo seu sistema.

No CTA ou STA, também está presente o órgão de fiscalização de tráfego, representado pela polícia civil. Através do uso de um sistema de comunicação eficiente com os pontos móveis, a central fica sabendo tudo o que ocorre na cidade, desde acidentes envolvendo veículos até manifestações por greve, comunicando imediatamente às autoridades e aos meios de comunicação.

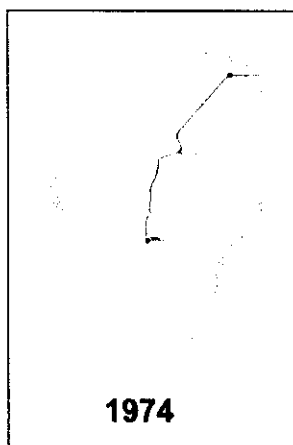
Para um controle mais efetivo do tráfego da cidade de Curitiba a partir do ano 2000, o STA pretende implantar um projeto que integra estudo estatístico, através de monitoramento por geoprocessamento, detalhando com precisão todas as ruas da cidade, seus equipamentos e fluxos de veículos ao longo de cada dia.

5.1.2.Aspectos Históricos

O sistema de transporte de Curitiba foi planejado seguindo a diretriz de que o transporte coletivo deveria ter a primazia sobre o transporte individual, ser de baixo custo de implantação e operacionalização e garantir conforto e acessibilidade ao usuário. Como consequência, o modal ônibus foi o escolhido pois atendia a estes requisitos, na ocasião da implantação do Plano de 65.

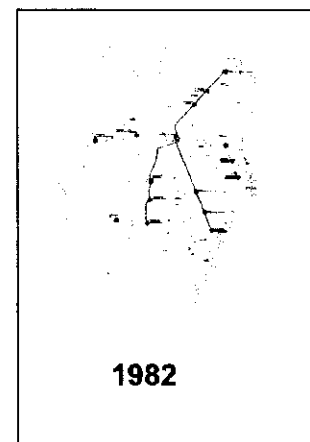
Assim, a partir da década de 70, iniciou-se a construção da Rede Integrada de Transportes da Cidade de Curitiba.

A RIT



Em 1974, deu-se o início de operação do ônibus expresso - veículos padron com capacidade para 110 passageiros, que se transformaria numa solução inédita para a ligação centro-bairro através de vias exclusivas denominadas de canaletas. Para abrigar o ônibus expresso, foi criado o sistema trinário nos eixos

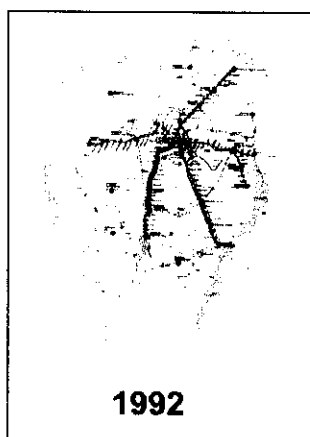
estruturais, onde, no centro destes eixos definiu-se uma canaleta exclusiva para os ônibus, ladeada por duas vias de tráfego lento, em sentidos opostos e duas vias externas de tráfego rápido.



Em 1980 surgiu a RIT - Rede Integrada de Transporte, permitindo a adoção de tarifa única para todo o sistema e a conseqüente integração entre diversas linhas.

No ano de 1986, a URBS - Urbanização de Curitiba S.A. passa a ser a gerenciadora do transporte coletivo da cidade e no ano seguinte a única concessionária do sistema. Neste momento a remuneração passa a ser por quilômetro rodado e a receita toda pública.

Os anos 90 foram caracterizados pela introdução de novos serviços e tecnologias. Em 1991, aparecem as linhas diretas - "ligeirinhos", com

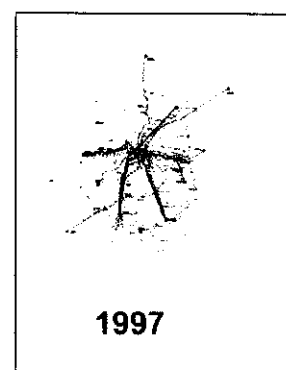


pagamento antecipado de passagem e embarque em nível através de estações tubo. Em 1992 é implantada a primeira linha de ônibus biarticulados (cinzas), com veículos com capacidade para 270 passageiros e estações tubo nos pontos de parada no longo do eixo Boqueirão.

Em agosto de 1995, passam a operar os ônibus biarticulados vermelhos no eixo Norte-Sul, com a construção de dois terminais centrais, com estações tubo acopladas e adaptadas aos terminais existentes para possibilitar o embarque e o desembarque em nível.

Em 1996 é dado o primeiro passo no sentido de integração metropolitana da RIT, através da assinatura de convênio com o governo do Estado do Paraná.

Em meados de 1997, o sistema integrado de Curitiba e Região Metropolitana já era composta por 340 linhas, com 1550 veículos, trafegando por 1100km de vias, sendo 60km em canaletas exclusivas.



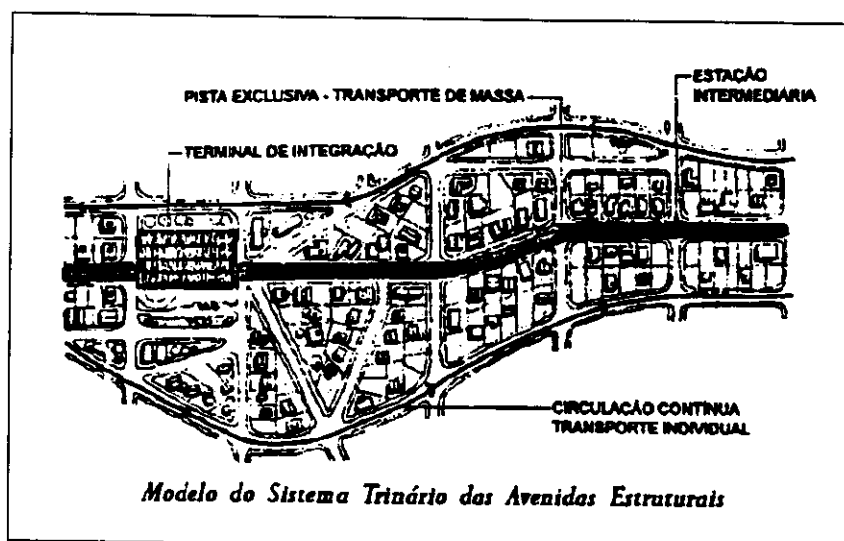
A integração do sistema pode ser feita em 25 terminais e já incorpora 8 municípios da Região Metropolitana, com a média diária de passageiros transportados de 1,9 milhões, sendo 230 mil provenientes dos municípios vizinhos.

O sistema trinário

A partir de 1974, Curitiba passou a dispor do Sistema de Ônibus

Expresso - o chamado metrô de superfície. Trata-se de uma solução inédita para ligação entre o centro e os bairros por vias exclusivas. Assim foi criado o sistema trinário de vias, que tem ao centro uma canaleta exclusiva para o Expresso, ladeada por duas vias de tráfego lento, em sentidos opostos. Paralelamente existem ainda duas ruas de tráfego rápido. A canaleta possibilita o aumento da velocidade média dos ônibus sem comprometer a segurança dos passageiros.

Figura 27 - Sistema Trinário



Atualmente são 58 km de vias exclusivas, que cruzam a cidade nos sentidos Norte, Sul, Leste, Oeste e Sudeste (Boqueirão). Os grandes eixos são complementados por 270 km de linhas alimentadoras e 185 km de linhas interbairros, atendendo cerca de 65% da área urbana. Somado às linhas convencionais, o sistema de transporte urbano de Curitiba cobre toda a área do município.

Sistema de Controle e Fiscalização de Tráfego

O sistema de controle de tráfego em Curitiba teve seu desenvolvimento a partir da criação dos eixos estruturais, no início da década de 70.

Em 1977 foi instalado o primeiro sistema de controle de tráfego (holandês) pela Phillips, o "Sistema Atuado de Controle de Tempo". Constituíam-se de 58 cruzamentos semaforicos de controle sincronizados, localizados no eixo estrutural norte-sul, atuando na canaleta por onde circulam os ônibus. A Phillips gerenciava a manutenção e o controle dos equipamentos. O contrato firmado era de dez anos. Até o término deste período, nenhuma melhoria ou investimento no sistema foi feito.

A partir de 1988, duas novas empresas nacionais passaram a integrar o desenvolvimento de um sistema de controle capaz de se adaptar aos desafios do tráfego em Curitiba. Surgiu o programa de sincronização dos semáforos chamado "onda verde". Para garantir o funcionamento dos eixos estruturais e a máxima eficiência de circulação dos ônibus expressos e biarticulados que circulam pelas canaletas, optou-se por um sistema totalmente controlado de sincronização dos semáforos, constituído de sensores localizados no pavimento das canaletas. Estes controlavam a passagem de ônibus (sem contabilizá-los, entretanto) e em função do fluxo de veículos coletivos, modificavam o tempo dos sinaleiros nos cruzamentos, tal que o verde se mantinha o máximo possível enquanto estivesse passando ônibus.

Depois do Plano Real, Curitiba vem experimentando um expressivo aumento da frota de veículos. A cada mês, as ruas da cidade têm recebido em média quatro mil novos carros, o que torna os engarrafamentos freqüentes no início e no final da tarde. Para tentar minimizar o problema, a Prefeitura passou a investir em ações combinadas, de modo a agilizar a circulação urbana.

Numa primeira fase houve a organização do tráfego na entrada e saída das principais escolas, alcançando 36 pontos críticos. Foi a denominada Operação Escola. Também se vem utilizando de sistemas binários de circulação, onde, por exemplo uma via de mão dupla já saturada seja gradativamente transformada em mão única, enquanto uma outra via, menos saturada se transforme em nova opção para o fluxo de maior intensidade. Assim é criado um binário de fluxos contrários.

Outra iniciativa foi a implantação das caixas amarelas (yellow boxes), um sistema de inibição de avanço do semáforos, pintados nos cruzamentos, com campanha publicitária para educação dos motoristas. Essas ações já reduziram em 60% os congestionamentos e o número de acidentes, segundo o IPPUC, em alguns pontos críticos da cidade foram reduzidos de 9% a 1%.

5.1.3. Aspectos Operacionais e Físicos da RIT

Aspectos operacionais do Sistema de Integração

A operação do sistema na Cidade de Curitiba é realizada por 10 empresas privadas, segundo um contrato de permissão de serviços. Atendem a determinadas áreas da cidade, sendo conjunta a operação na região central da cidade, assim como as linhas diametrais, interbairros, diretas e alimentadoras pendulares.

As empresas recebem ordens de serviço relativas às tabelas horárias, as fichas de controle e as escalas de motoristas e cobradores referentes a cada linha.

A remuneração é feita por quilômetro rodado, com controle constante por parte da URBS, segundo o tipo de serviço de cada linha.

A URBS assume efetivamente o controle gerencial das linhas metropolitanas, implantando o sistema único e paritário. São 16 linhas ligando 8 dos 24 municípios da Região Metropolitana.

As linhas



◇ **Expressas:** constituem a estrutura do transporte de massa, trafegando em vias exclusivas, possibilitando uma circulação livre dos conflitos gerados pelo tráfego de automóveis. São operadas por veículos de maior capacidade, biarticulados (270 passageiros), articulados (160 passageiros) ou do tipo Padrão (110 passageiros), identificados pela cor vermelha.



◇ **Alimentadoras:** ligam os terminais de integração aos bairros da região com veículos comuns, de cor alaranjada, com capacidade de 80 passageiros.



◇ **Interbairros:** atendidas por veículos do tipo padron, de cor verde, ligam os diversos bairros sem passar pelo centro da cidade.



◇ **Diretas (ligeirinhos):** operam com veículos Padron, na cor prata, com paradas, em média, a cada 3 km nas estações-tubo e terminais de integração. Fazem as ligações entre os municípios da região metropolitana, bairro-centro e também entre os bairros, através de linhas circulares.



◇ **Convencionais Radiais Integradas:** operam com veículos do tipo padron na cor amarela. Fazem as ligações entre os municípios da Região Metropolitana e Curitiba e Terminais de Integração-centro da cidade compartilhando com o tráfego normal.

Linhas Complementares

◇ **Convencionais:** Linhas de itinerários radiais, ligando bairro ao centro. algumas têm itinerários diametrais, unindo bairros opostos, passando pelo centro da cidade. Há linhas convencionais adaptadas com elevadores que dão atendimento aos portadores de deficiência.

◇ **Circular Centro:** com sentido horário e antihorário atende a área central.



Operada por micro-ônibus, pintados de branco.

◇ **Madrugueira:** funcionam no horário da 01 e 05h.

◇ **Ensino Especial:** prestam atendimento a alunos de escolas especiais

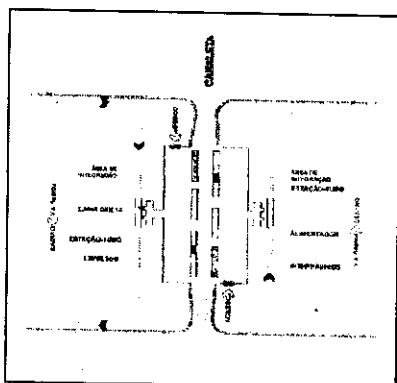
◇ **Turismo:** percorrem a cidade num trajeto passando pelos pontos turísticos e históricos.

Os terminais de Integração

Destacam-se dois tipos de construção de terminais:

Ω Padrão: com plataforma de embarque e desembarque, com cobertura de domus de acrílico, alguns interligados por passagem subterrânea. São dotados de estações-tubo, catracas para entrada e saída, cabine de fiscalização, sanitários e alguns pontos comerciais.

Ω de Ponta: localizados nas extremidades dos eixos, caracterizados por construções de grande porte. Possuem diversa plataformas e são dotados



de cobertura metálica. Possuem ainda uma maior infraestrutura de serviços em relação ao Padrão.

A seguir na Tabela 21, aparecem os principais terminais de integração da RIT, indicando a área, o número de linhas atendidas e o número de passageiros que

utilizam o terminal em dia úteis.

Tabela 21 - Terminais da RIT

| TERMINAIS | ÁREA m2 | | | Nº DE LINHAS | | | PASSAGEIROS DIAS ÚTEIS | DATA DE INAUGURAÇÃO DO NOVO TERMINAL |
|--------------------|---------|-----------|---------|--------------|----------|------------|---------------------------|---|
| | TOTAL | EDIFICADA | COBERTA | EXPRESSO | ALIMENT. | INTERBAIR. | | |
| SANTA CANDIDA | 19.040 | 8.903 | 4.390 | 1 | 7 | 1 | 92.556 | OUTUBRO/82 |
| BOA VISTA | 6.130 | 4.757 | 326 | 1 | 6 | - | 19.850 | FEVEREIRO/80 |
| CABRAL | 16.170 | 5.566 | 1.456 | 1 | 6 | 1 | 47.622 | FEVEREIRO/82 |
| CAMP. DO SIQUEIRA | 26.496 | 4.920 | 1.408 | 2 | 4 | 1 | 28.006 | AGOSTO/81 |
| CAMPO COMPRIDO | 6.766 | 4.320 | 1.406 | 1 | 7 | 2 | 34.560 | NOVEMBRO/82 |
| PORTÃO | 13.190 | 3.500 | 1.280 | 2 | 5 | 1 | 43.756 | JANEIRO/83 |
| CAPÃO RASO | 33.436 | 6.990 | 1.872 | 2 | 13 | 2 | 75.946 | NOVEMBRO/81 |
| PINHEIRINHO | 31.973 | 24.500 | 17.200 | 1 | 24 | 1 | 93.354 | MARÇO/80 |
| CIC | 6.406 | 5.440 | 2.008 | 0 | 10 | 1 | 51.660 | OUTUBRO/68 |
| HAUER | 15.852 | 6.527 | 2.046 | 2 | 6 | 1 | 51.790 | NOVEMBRO/81 |
| CARMO | 6.880 | 5.360 | 1.068 | 1 | 3 | 1 | 26.640 | OUTUBRO/88 |
| BOQUEIRÃO | 27.456 | 16.414 | 10.342 | 1 | 11 | 1 | 65.677 | ABRIL/89 |
| CAPÃO DA IMBUIA | 5.850 | 2.166 | 712 | 3 | 1 | 1 | 17.458 | NOVEMBRO/82 |
| OFICINAS | 4.824 | 2.554 | 480 | 2 | 3 | 1 | 15.120 | NOVEMBRO/82 |
| CENTENÁRIO | 5.000 | 1.493 | 390 | 1 | 6 | - | 20.802 | NOVEMBRO/82 |
| BARREIRINHA | 4.330 | 2.800 | 604 | 0 | 6 | - | 21.110 | OUTUBRO/82 |
| BAIRRO ALTO | 6.947 | 756 | 700 | 0 | 4 | 1 | 16.224 | SETEMBRO/82 |
| SANTA FELICIDADE | 10.716 | 5.690 | 1.070 | 0 | 11 | 1 | 31.006 | JULHO/82 |
| FAZENDINHA | 12.647 | 4.676 | 1.173 | 1 | 7 | 2 | 53.992 | AGOSTO/82 |
| SÍTIO CERCADO | 4.514 | 3.096 | 346 | 1 | 8 | 1 | 44.517 | SETEMBRO/82 |
| SITES (DEF.FÍSICO) | 1.262 | 1.158 | 671 | 0 | - | - | 896 | |
| RUI BARBOSA | | | | | | | 190.146 | |
| CACHOEIRA | | | | | | | 25.113 | |
| AUTODROMO | | | | | | | 28.206 | |
| FAZ. RIO GRANDE | | | | | | | 1.076 | |
| CENTRO FAZENDA | | | | | | | 2.006 | |
| MARACANA | | | | | | | 44.576 | |

Fonte: URBS/98

Aspectos tecnológicos da frota da RIT

A tipologia da frota que atende Curitiba possui características definidas segundo as normas básicas estabelecidas pela URBS para cada tipo de linha. O veículo escolhido é o ônibus urbano a diesel. A cada tipo de serviço foi desenvolvida características de potência, suspensão, transmissão, capacidade, lay-out interno que atendam os requisitos mínimos de conforto, segurança, mobilidade e velocidade de embarque/desembarque e comunicação visual externa. As características de operação e as características mecânicas do veículo para cada modal está descrito na tabela 23. A quantidade de veículos para cada modal, a capacidade de lotação, o peso cheio (lotação máxima, admitindo um peso médio de 65 kg/passageiro).

Tabela 22- Tipos de Motores Utilizados na Frota da RIT

| Motor | Potência kW | Unidades | consumo L/km | Vida Útil 1ª Ret.(km) | Tipo de Veículo |
|-------------------|---------------|----------|--------------|-----------------------|-----------------|
| OM 364 LA | 100.10 | 10 | 0.24 | 350000 | simples |
| OM 355/5A | 175.17 | 528 | 0.50 | 300000 | Padron |
| OM 366 LA | 154.56 | 1026 | 0.38 | 350000 | Convencional |
| THD 101 GC/102KJ | 164.86/180.32 | 507 | 0.55 | 280000 | Padron |
| THD 101 GC | 180.32 | 125 | 0.75 | 280000 | Articulado |
| THD 101 KB | 209.76 | 108 | 0.93 | 150000 | Biarticulado |
| DS 1178 B02 | 161.92 | 58 | 0.38 | 400000 | Padron |
| Cummins 6 CTA 8.3 | 160.45 | 134 | 0.51 | 400000 | Padron |
| Cummins 6 CTA 8.4 | 176.64 | 15 | 0.51 | 400000 | Padron |

Fonte: Urbs/98

Tabela 23 - Características de operação das linhas e tipo de ônibus

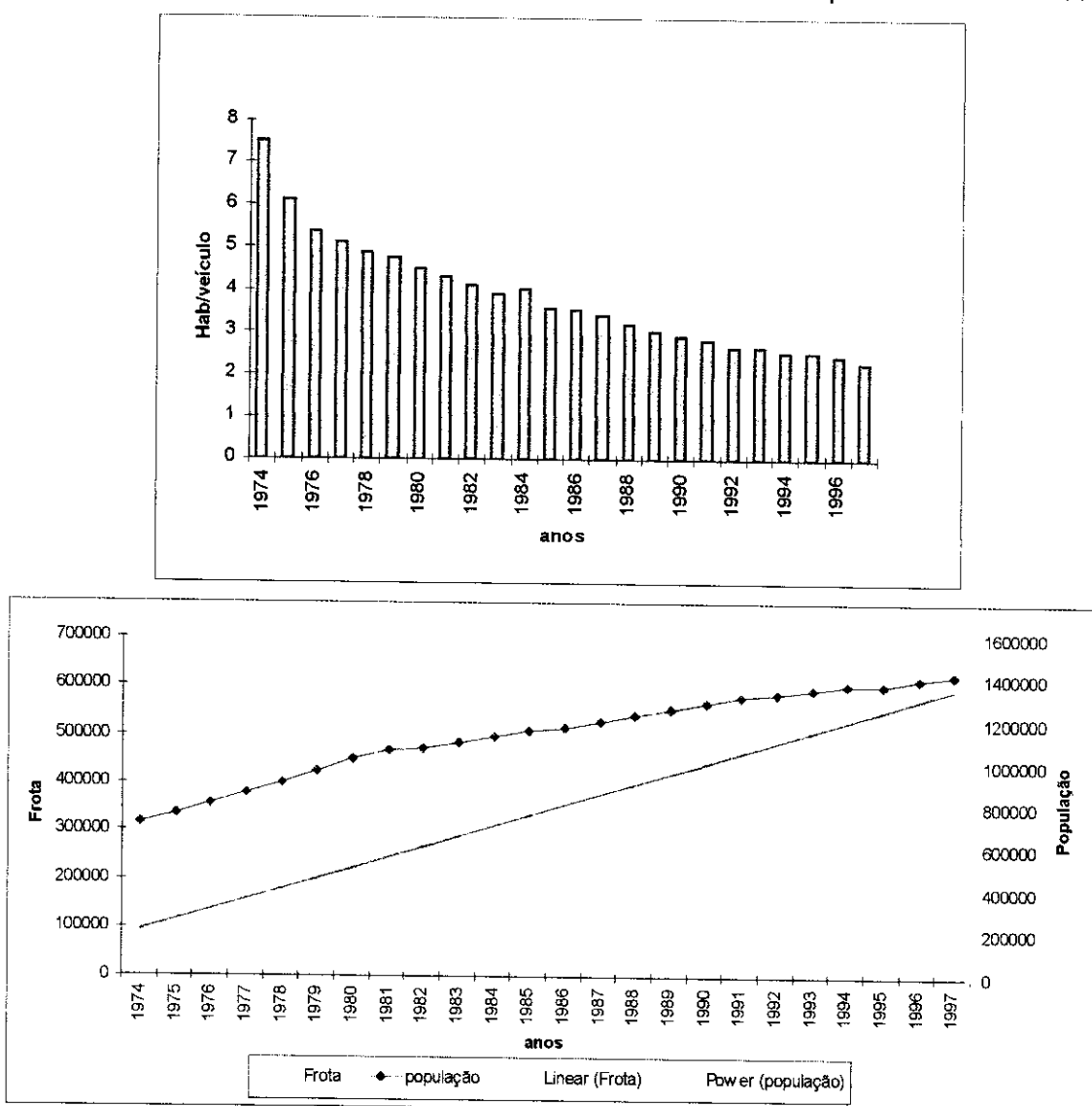
| | Convencional | alimentador | interbairros | | expresso | | Troncal | | linha direta |
|------------------------|--------------|-------------|--------------|------------|------------|--------|--------------|--------|--------------|
| | Padron | Padron | Padron | articulado | articulado | padron | biarticulado | Padron | Padron |
| quantidade média anual | 333 | 537 | 102 | 34 | 63 | 12 | 98 | 118 | 259 |
| Capacidade | 80 | 110 | 110 | 160 | 160 | 110 | 270 | 110 | 110 |
| Peso vazio ton | 9.11 | 9.11 | 9.11 | 15.4 | 15.4 | 9.11 | 21.21 | 9.11 | 10.12 |
| Peso cheio ton | 14.31 | 16.26 | 16.26 | 25.8 | 25.8 | 16.26 | 38.76 | 16.26 | 17.27 |
| Área frontal m2 | 7.7625 | 7.7625 | 7.7625 | 7.7625 | 7.7625 | 7.7625 | 8.5375 | 7.7625 | 7.7625 |
| comprimento m | 12 | 12 | 12 | 18.15 | 18.15 | 12 | 24.3 | 12 | 12.5 |
| pneu | 11X22" | 11X22" | 11X22" | 11X22" | 11X22" | 11X22" | 11X22" | 11X22" | 11X22" |
| raio dinâmico m | 0.554 | 0.554 | 0.554 | 0.554 | 0.554 | 0.554 | 0.554 | 0.554 | 0.554 |
| Vmédia km/h | 19 | 19 | 19 | 19 | 21 | 21 | 21 | 19 | 27 |
| Vmax km/h | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 55 |
| Motor cv | 210 | 210 | 210 | 245 | 245 | 210 | 285 | 210 | 240 |
| turbo alimentado | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| transmissão automática | X | X | X | X | X | X | X | X | X |

Fonte: URBS/98

Oferta de transportes

Um dos principais indicadores de oferta de transportes é a relação habitante/veículo. Na figura abaixo, tem-se o gráfico representativo da evolução da relação habitante/veículo total na Cidade de Curitiba. Uma análise desta relação à luz sócio-econômica, por faixa de renda, poderia trazer um enriquecimento à discussão. Entretanto a não disponibilidade deste dado impossibilita visualizar a distribuição dos veículos totais por renda.

Figura 28 - Evolução da relação Hab / frota total durante o período 1974-1997

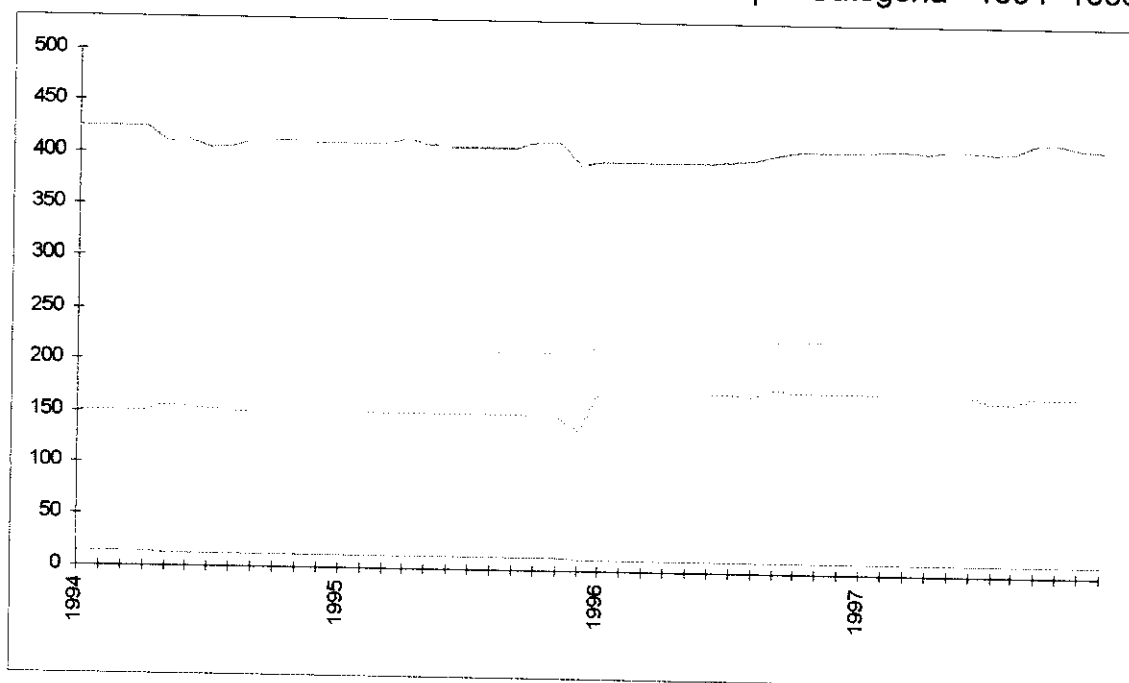


Nota-se que há um aumento significativo da frota total de veículos em relação à população de Curitiba. O índice de 2,32 hab./veículo de 1997 para Curitiba é comparável aos países da OECD (EUA -1.3 hab/veíc., Alemanha 2.1 hab/veíc, Europa Ocidental 2.8 hab/veíc)⁴⁴⁴⁵. Fatores tais como a distribuição da frota por faixa de renda não estão contemplados nesta seção.

Como pode ser visto, a oferta de veículos automotivos tem crescido nesta última década. A seguir, para o transporte público, está levantada a curva de oferta da frota total da RIT, para cada categoria.

Na figura abaixo, aparece a evolução da oferta dos vários tipos modais que existem na RIT de Curitiba. A partir de 1995, inicia-se uma substituição da oferta do modal expresso, pelo modal Linha Direta e Interbairros. Principalmente na frota operante é bem visível está substituição, também entre os modais convencional e alimentador.

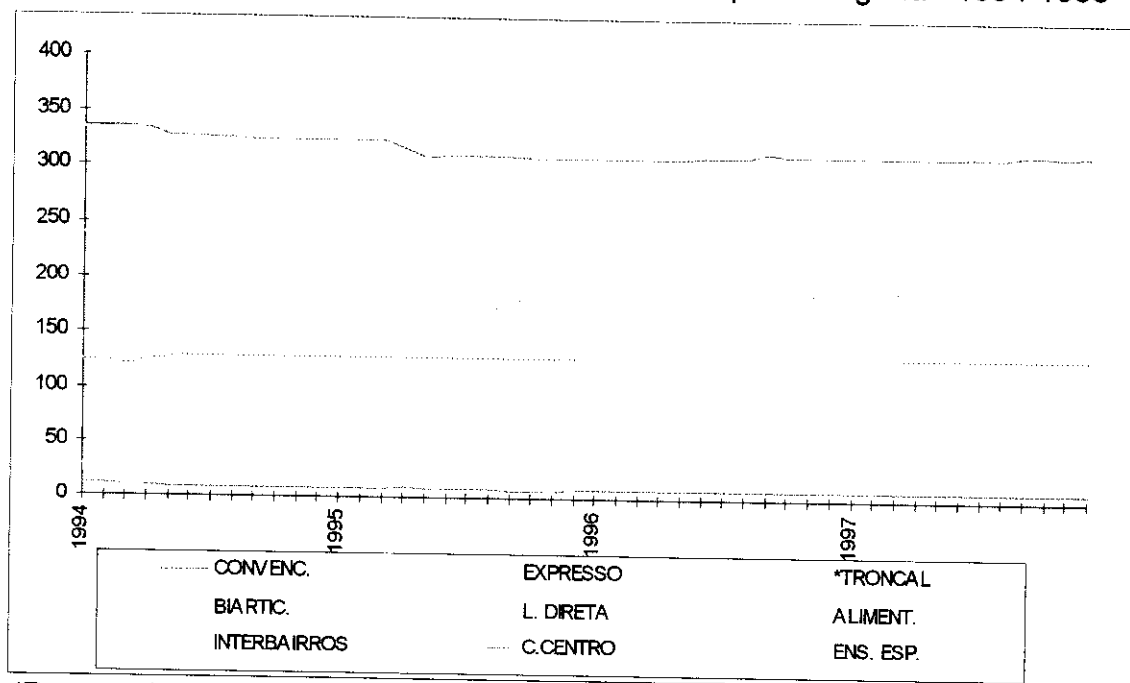
Figura 29a - Curva de Oferta de Frota Total da RIT por Categoria - 1994 -1998



⁴⁴ Goldemberg, José. **Energy, Environment and Development**, Ed. Earthscan Publications Ltda, London, p65, 1996

⁴⁵ SMA/SP- **Por Um Transporte Sustentável**, p87, São Paulo, fev 1997

29b-Curva de Oferta de Frota Operante da RIT por Categoria - 1994-1998



*Troncal até 1994 estava considerada no Express

Fonte : elaborado pela autora com base nos dados da URBS

Em média 18% da Frota total fica ociosa. Isto deve-se ao fato de haver problemas de manutenção e de substituição de veículos. Há também um ajuste da frota entre as operadoras em função da demanda de passageiros. Para o ano de 1997 em especial, tem-se mês a mês a frota colocada em operação por tipo de modal.

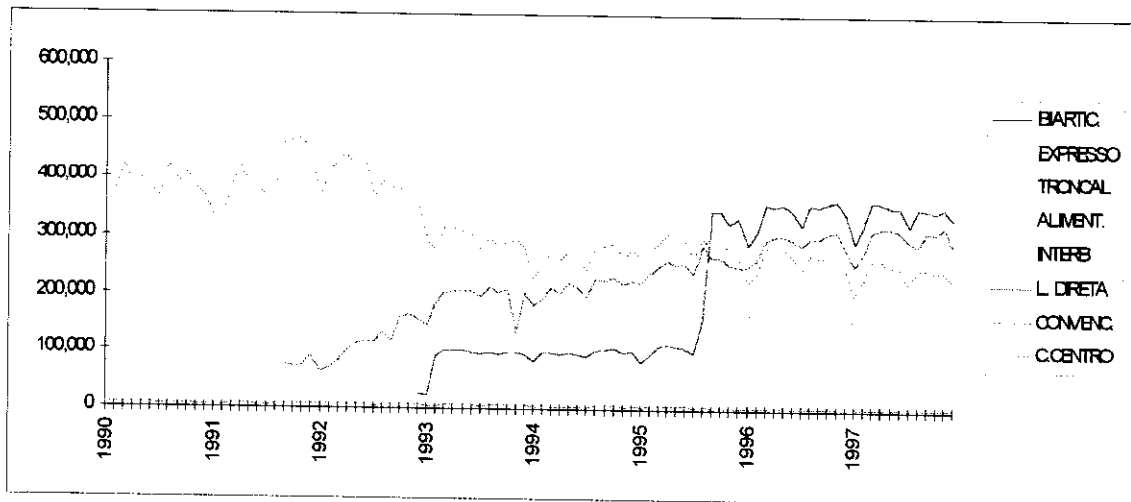
Demanda de Transportes

A demanda de transporte públicos pode variar durante cada período estudado. Para os modelos de demanda, é interessante conhecer o comportamento da demanda em função , por exemplo, do tipo de modal oferecido.

No caso da RIT, a curva de demanda levantada para o período de 1990 a 1998, mostra um comportamento interessante com relação à entrada de novos modais. Observando a Figura 30, pode-se ver que a demanda de passageiros para os modais expresso e convencional durante o período entre 1990 e metade de 1995 eram as maiores, e a partir desta data, o modal Alimentador e

Biarticulada assumiram a liderança, juntamente com Interbairros. É interessante compreender essas mudanças para poder projetar a demanda futura em função das possíveis mudanças.

Figura30 - Curva de Demanda de Passageiros Totais dias úteis 1990 -1998 Para cada Modal do RIT



fonte: elaborado pela autora com dados da URBS/PR 1998

Figura 31 - Evolução da Demanda de Passageiros Pagantes, do Número de Viagens e da Quilômetragem

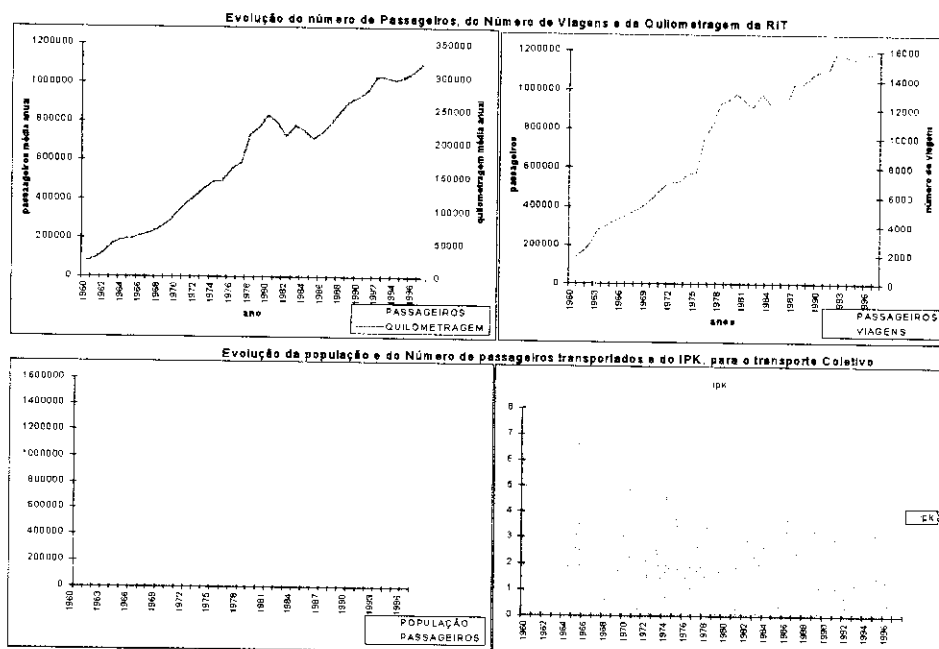


Figura 32- Evolução dos Índices de Passageiro Pagante por viagem e por quilômetro - 1960-1997

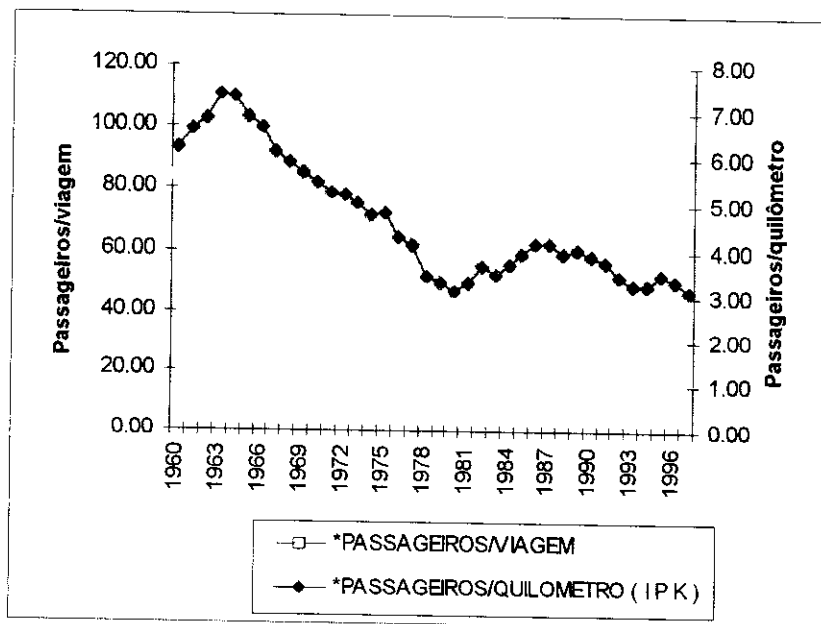
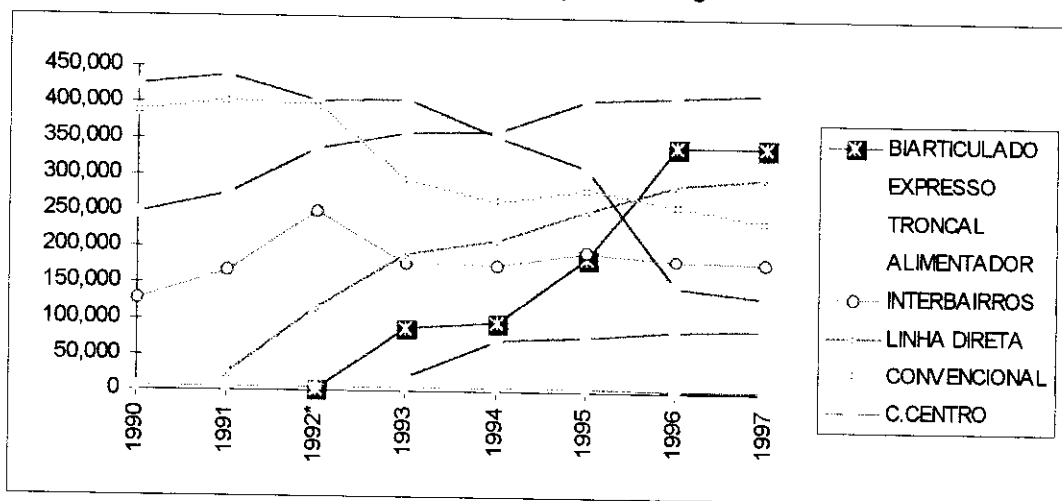
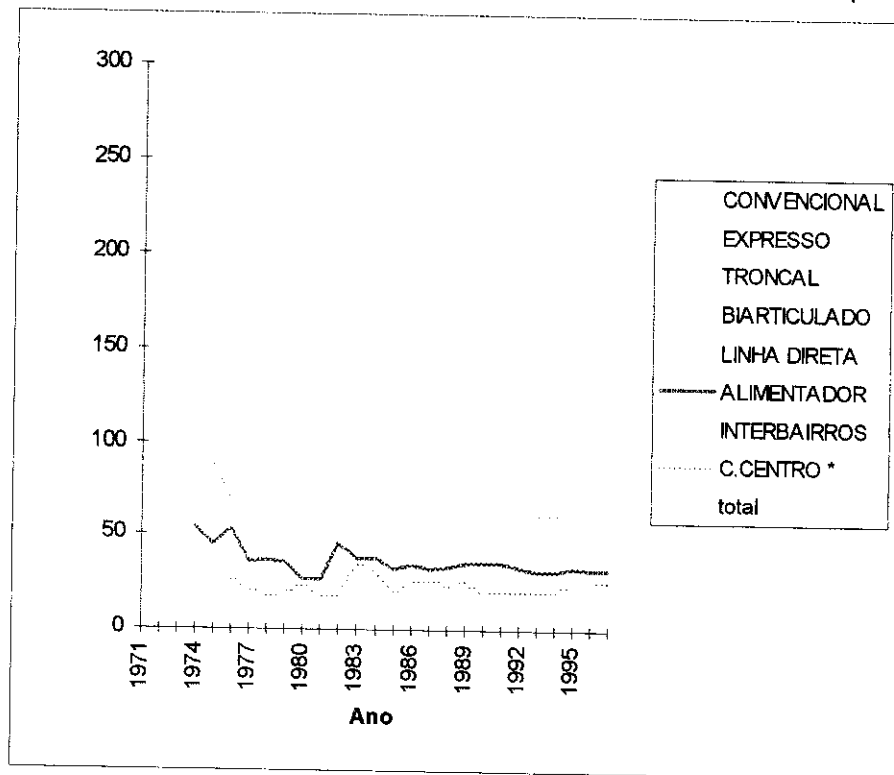


Figura 33 - Passageiros Pagantes



Na figura 34 aparece a evolução do número de passageiros/viagem para cada modal, desde 1971, ano de início das obras para implantação do primeiro eixo expresso Norte-Sul.

Figura 34 - Evolução do Índice de passageiros por viagem na RIT (1971-1997)



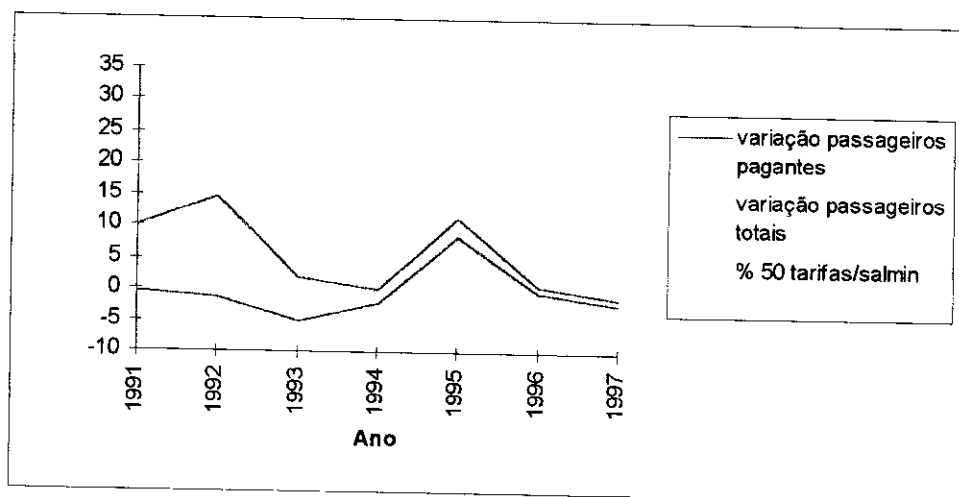
Fonte: Elaborado a partir dos dados da URBS/98

Como pode ser visto na Figura 34, aparecem quatro níveis de demandas em função do número de passageiros pagantes/dia útil por viagem. Agregam-se aí grupos modais que possuem características de capacidade de ocupação semelhantes ou nível de demanda parecidos. O modal que apresenta maior índice de passageiros por viagem é o biarticulado, com capacidade de 270. A menor demanda está na faixa dos tipos modais Circular Centro e Alimentador, com capacidades 30 e 80 passageiros.

É interessante notar que a média da demanda do sistema, representada pela linha TOTAL, equivale à demanda do sistema de ônibus convencional que não faz parte da RIT.

Um outro dado que afeta a demanda é a relação entre o salário mínimo e a tarifa. A variação da demanda entre 1991 e 1997 pode ser sentida como um reflexo da porcentagem equivalente da tarifa de ônibus em função do salário mínimo, conforme pode ser visto na Figura 35.

Figura 35 - Evolução da Variação da Demanda e da Participação relativa de 50 tarifas no salário mínimo.



Houve uma diminuição significativa de 25% do IPK ao longo nestes últimos 28 anos, e isso se reflete pelo aumento da **motorização por veículos particulares**. Houve razoável perda de passageiros no sistema se olharmos para a Figura 31 e 32, onde a relação habitantes/passageiro tem aumentado desde 1970. Apesar do crescimento do sistema da RIT, não se conseguiu aumentar o IPK como nos níveis de 1960.

5.1.4. Aspectos de Gestão da RIT

Por força de legislação, a URBS passou a ser a responsável pelo planejamento do sistema de transporte coletivo, adequando-o às alternativas tecnológicas apropriadas ao atendimento do interesse público, obedecendo às diretrizes gerais do planejamento global da cidade, especialmente quanto ao uso e ocupação do solo e ao sistema viário.

Outros parâmetros para a implantação dessas ações referem-se ao estabelecimento de deslocamentos médios não superiores a 500m e, que o

transporte coletivo tenha prioridade sobre o individual e comercial, condição que se estenda às vias de acesso e manutenção das pistas de rolamento.

Como única concessionária, compete à URBS delegar a empresas privadas a execução da operação dos serviços sob o regime de permissão, atendidas as formalidades legais, cabendo às permissionárias operar com imóveis, equipamentos, máquinas, peças e acessórios móveis, oficinas, manutenção e pessoal, vinculados ao objeto da permissão, com exclusividade.

A tarifa cobrada constitui arrecadação pública, sendo recolhida pelas permissionárias e gerenciada pela URBS. A fixação da tarifa é realizada pelo poder público, com base na planilha de custos , que para efeito de remuneração, contará com:

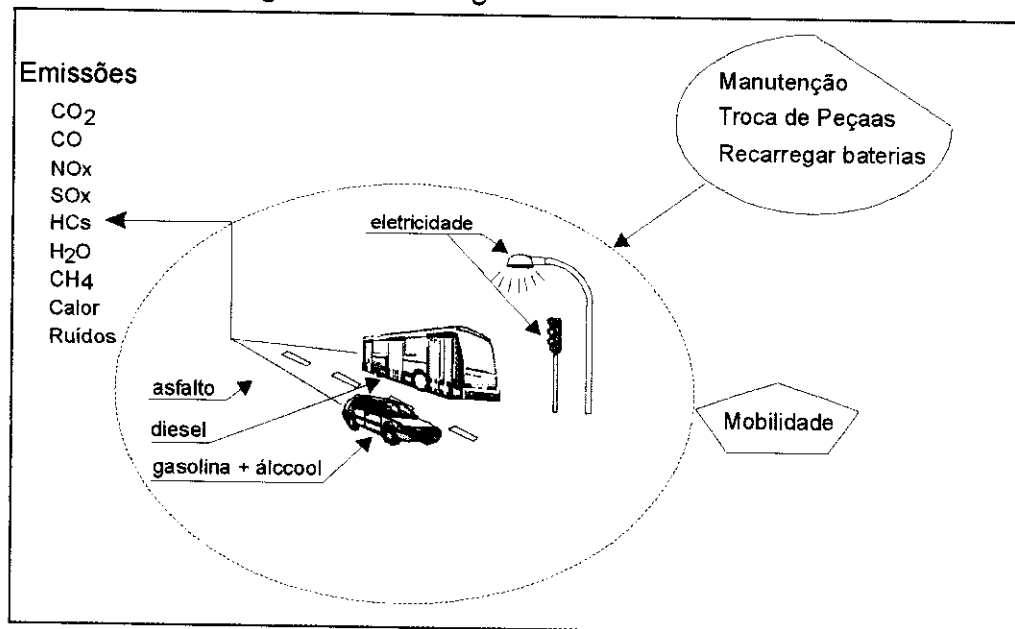
- **Custo operacional:** despesas de combustíveis, lubrificantes, rodagem, peças e acessórios, serviços de terceiros, relativos à manutenção, pessoal de manutenção, de tráfego, encargos sociais, impostos, taxas e uniformes. Pode ser visto no Anexo 4.
- **Custo de capital:** considera-se a remuneração e depreciação do capital investido na frota
- **Custo de administração:** despesas relativas à depreciação e remuneração do capital relativo a instalações e equipamentos, remuneração do capital empregado no almoxarifado e as despesas administrativas.
- **Custo tributário:** tributos definidos sobre a receita do sistema.

A tarifa teve variação de 34% desde 1995, de R\$0,55 em 1995 para R\$ 0,65 até nov1997 e a partir desta data passou para R\$ 0,75.

5.2. Fluxograma de Energia

O fluxograma de energia do sistema de transporte em Curitiba pode ser compreendido na figura a seguir:

Figura 36 - Fluxograma de Energia



5.3. Índices de Consumo Energético e de Emissão

Para determinar os índices de consumo e de emissão do sistema de transporte e suas respectivas intensidades, é necessário verificar qual ou quais das metodologias adotadas retrata(m) a realidade estudada, neste caso o consumo de combustíveis pelo sistema de transportes da cidade de Curitiba.

A seguir, estão apresentados os métodos utilizados neste trabalho para determinação do consumo consolidado e das emissões. No capítulo 6, aparece uma discussão sobre os resultados obtidos pela utilização das metodologias.

5.3.1. Consumo Consolidado do Sistema de Transporte

Nesta seção, são apresentados três métodos de estimativa do consumo de combustíveis:

Método1 - Medida Direta do Consumo de Combustível.

Método2 - Medida pelo PMA e consumo médio

Os métodos 1 e 2 foram calculados com valores conhecidos, enquanto que o método 3, utiliza uma simulação com dados fictícios, por falta de informação a respeito do fluxo de veículos nas vias de Curitiba.

5.3.1.1. MÉTODO1 - MEDIDA DIRETA DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEL.

Com base no levantamento da matriz energética de Curitiba, têm-se o consumo total de cada combustível.

Tabela 24 - Evolução do consumo de energia e combustível no Sistema de Transporte - 1995-1997

| 10 ³ tep | 1995 | 1996 | 1997 |
|--------------------------|--------|--------|--------|
| óleo combustível | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| óleo diesel | 212.20 | 225.48 | 225.02 |
| gasolina | 185.08 | 224.95 | 248.64 |
| álcool etílico anidro | 33.54 | 40.76 | 45.06 |
| álcool etílico hidratado | 96.73 | 94.42 | 81.47 |
| gasolina aviação | 0.05 | 0.02 | 0.04 |
| querosene iluminante | 1.48 | 1.14 | 0.98 |
| querosene de aviação | 0.58 | 1.47 | 1.94 |
| GLP | 0.45 | 0.60 | 0.97 |
| eletricidade | 26.16 | 26.73 | 27.69 |
| total | 556.29 | 615.60 | 631.82 |

fonte: elaborado a partir de dados coletados pela COPEL/PR, 1998

O sistema de transporte rodoviário, dentro do setor de transportes em Curitiba é o que prevalece no consumo de energia, principalmente de combustíveis fósseis. O consumo de eletricidade refere-se à demanda do sistema de iluminação pública, incluindo o sistema de controle de tráfego, como sinaleiros e lombadas eletrônicas.

Pode-se aproximar o consumo de diesel ao consumo da frota pesada (caminhões e ônibus) e o consumo de gasolina e álcool ao consumo da frota leve (automóveis).

5.3.1.2.MÉTODO2 - MEDIDA pelo CONSUMO MÉDIO.

Frota Leve

O consumo médio é uma estimativa que depende de alguns fatores, dada pela seguinte relação:

Para Frota Leve, tem-se:

$$\text{Consumo médio} = \text{PMA} \times \text{N frota} \times \text{consumo médio(L/ 100km)} \quad (4)$$

A medida do PMA (percurso médio anual) é uma medida estatística que aproxima a média de quilômetros percorridos pela frota de veículos. O PMA dos veículos de uma cidade pode ser diferente do PMA de outro centro urbano. O PMA reflete o comportamento dos indivíduos e das características modal e viária do sistema de transporte de cada centro urbano. O PMA pode variar dentro da própria frota em função do ano de uso e do tipo modal.

O consumo médio é uma média estatística do consumo de combustíveis pelo tipo e ano de fabricação. Conforme a seção 5.3.2, utilizou-se as mesmas estimativas do PMA, para fins de comparação.

O número de veículos da frota da cidade foi levantado junto ao Detran/PR, em função do tipo de combustível e ano de fabricação.

Tabela 25 - Consumo Anual de gasolina e álcool por veículos leves 1997, .

| tipo de PMA | Veículo | autonomia L/100km | frota total | Km média | consumo total | |
|-------------|---------|-------------------|-------------|----------|---------------|----------|
| | | | | | L | 1000 tep |
| Petrobrás | gasool | 10.46 | 356191 | 24,455 | 911017158 | 652.80 |
| Curitiba | gasool | 10.56 | 356191 | 15,223 | 572631047 | 410.32 |
| CETESB | gasool | 10.56 | 356191 | 14,361 | 540071456 | 386.99 |
| Petrobrás | álcool | 15.98 | 103267 | 24,455 | 403494070 | 200.13 |
| Curitiba | álcool | 15.97 | 103267 | 15,223 | 251111756 | 124.55 |
| CETESB | álcool | 15.97 | 103267 | 14,361 | 236894638 | 117.50 |

RIT

Para a frota de ônibus da RIT, em função dos dados coletados, adotou-se a seguinte relação para o consumo total:

$$\text{Consumo total de diesel da frota anual} = \sum_{i=1}^{12} \sum_j \Delta X_j * N_i * C_{j\text{médio}} \quad (5)$$

Sendo:

$\Delta X_{\text{diária}}$: quilometragem total diária (km)

$C_{\text{médio}}$: consumo médio por km

j: cada modal coletivo; i: meses

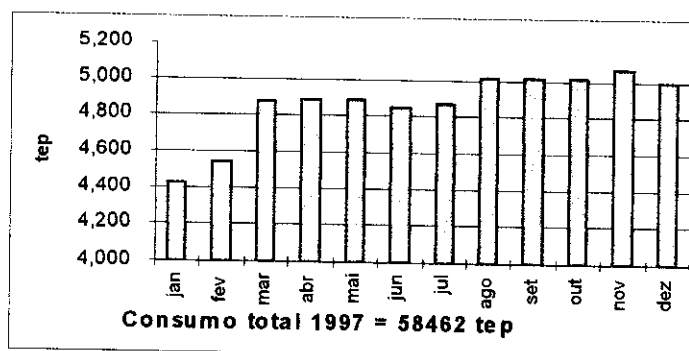
N_i = dias totais/mês

A medida da quilometragem total diária para cada modal de ônibus é realizada pelas empresas e feito um somatório, para cada modal. O consumo médio é uma medida estatística levantada pela URBS, cuja amostragem é a frota inteira de cada empresa considerando cada tipo de ônibus.

Na determinação do consumo em alguns modais operados por ônibus diferentes, como por exemplo o modal Expresso, que é servido tanto por ônibus tipo Articulado quanto por Padron, utilizou-se a média ponderada do consumo por km para a frota deste modal, devido ao fato da quilometragem ser totalizada para o modal.

A Figura abaixo relaciona mês a mês o consumo de energia no período de 1997.

Figura 37- Consumo mensal do Sistema RIT em 1997



O consumo total anual de diesel pela RIT em 1997 foi aproximadamente 60 mil tep, 1/3 do consumo total de diesel dado pela Tabela 24. Cada veículo da frota total movida a diesel consome para o mesmo período 4.5 tep/veículo/ano de diesel. O consumo médio anual de diesel por veículo da frota operante da RIT está em torno de 45tep/veículo/ano. Assim visto, o consumo anual médio de diesel em tep é da ordem de 10 vezes maior para a frota de ônibus urbana, decorrente da quilometragem anual, visto na seção 5.3.2.

5.3.2. Estimativa das Emissões Gasosas do sistema de Transporte

As emissões gasosas são um dos impactos decorrentes do uso do veículo, das condições de operação e da estrutura urbana viária. Desta maneira, a seguir aparecem os passos metodológicos para se calcular as emissões de CO₂ e indiretas CO, HC, SO_x e particulados.

Estimou-se para a frota leve e a frota da RIT. Infelizmente, por falta de dados estatísticos, não foi possível levantar as emissões para a frota de caminhões e outros.

Utilizou-se da metodologia seguida pela CETESB, com base no EPA, para o levantamento das emissões de veículos leves e pesados.

Emissões de CO₂ e Emissões Indiretas

A metodologia para o cálculo destas emissões é a mesma utilizada em trabalhos da CETESB, a qual considera a relação entre a idade do veículo, a quilometragem média percorrida anualmente por este e o fator de emissão para cada categoria veicular.

A emissão anual de cada gás pode ser definida como:

$$E_{\text{gás/ano}} = X_{\text{média anual}} * N_{\text{veículos}} * f_{\text{emissão}} \quad (6)$$

Sendo:

E = Emissão do gás por ano

X = Quilometragem média anual percorrida

N = Número de Veículos em Circulação por ano

f = Fator de emissão g/km

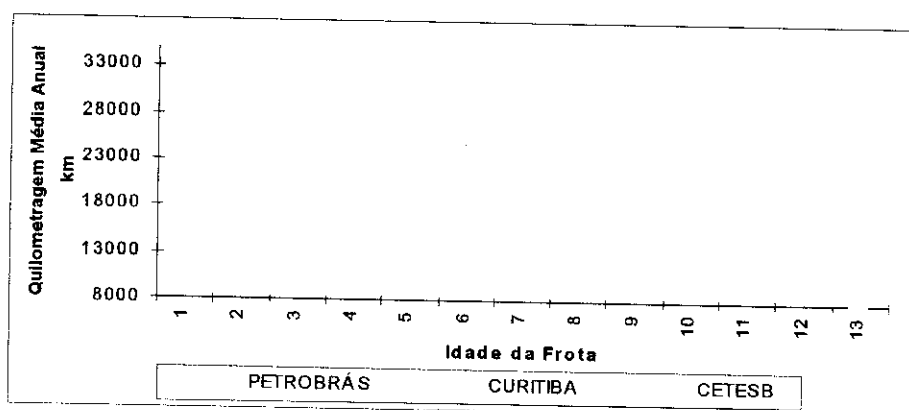
A quantidade total de gás emitida em cada ano representa a massa de gás emitida pelo total de veículos em circulação naquele ano numa determinada região, especificadamente em Curitiba, quando o fator de emissão expressa a massa de gás emitida por quilômetro percorrido.

5.3.2.1. Quilometragem Média Anual

Veículo Leve

A Figura 38 apresenta a quilometragem média anual para veículos leves utilizada neste estudo.

Figura 38 - Quilometragem Média Anual por Idade de Veículo - Frota de Curitiba 1997



Fonte: elaboração própria a partir de dados estatísticos, 1997

Como não foi feito um levantamento estatístico sobre a quilometragem média anual dos automóveis que circulam em Curitiba, optou-se por uma estimativa deste parâmetro com base em trabalhos anteriores. Assim, tomaram-se 3 medidas, uma baseada nos dados estatísticos da metodologia da Petrobrás (ver Anexo 2). Outra em dados retirados de relatórios da CETESB, referentes à Região Metropolitana de São Paulo. E uma terceira, calculada a partir de estimativas médias para a cidade de Curitiba, tendo como base revisões nas concessionárias de automóveis.

O que se deseja com essas três curvas é :

1. Calcular o inventário de emissões da cidade de Curitiba para veículos leves para cada tipo de PMA e assim
2. Mostrar se existe ou não erros no cálculo de emissões ao inferir e utilizar tais dados
3. Mostrar a necessidade de se criar mecanismos para obter a informação real do PMA, por exemplo ao fazer o licenciamento do automóvel.

À medida que a frota se torna mais velha, a diferença no PMA diminui entre as três estimativas.

Verifica-se que veículos novos percorrem, em média, em seu primeiro ano de uso, entre 33.000 e 23.000 km, reduzindo-se este número à medida que o

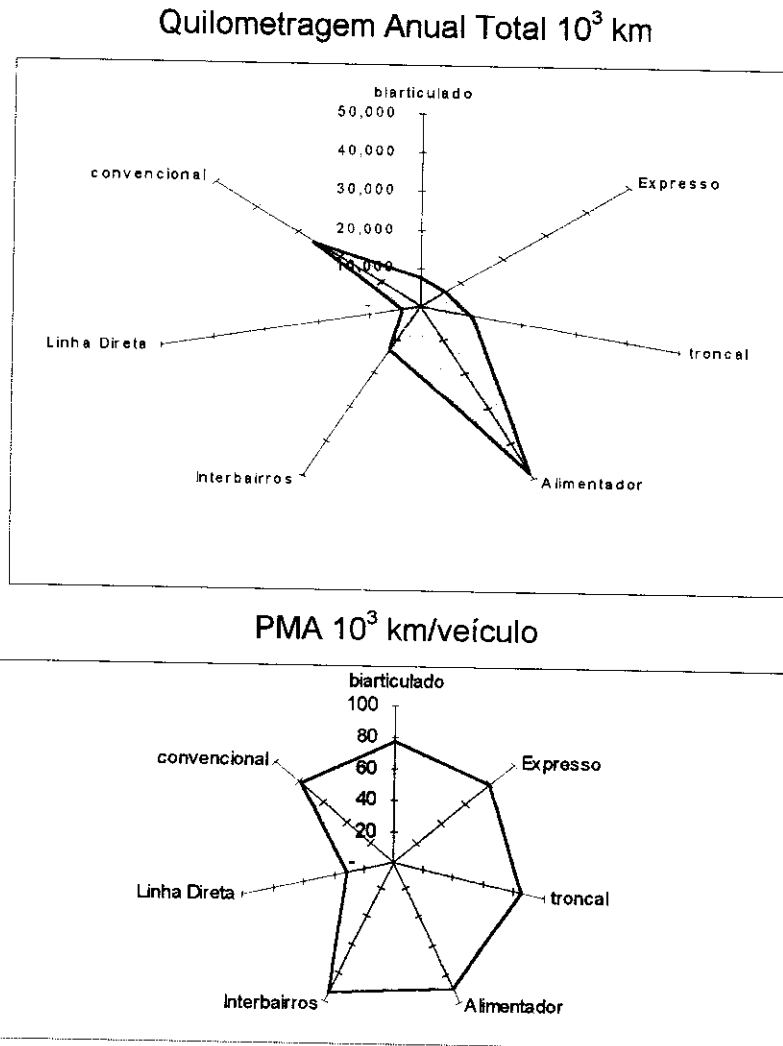
automóvel envelhece (provavelmente por se tornarem menos confiáveis). As características de uso dos automóveis depende da classe a qual ele pertence (passeio ou comercial), dos aspectos culturais e dos hábitos dos indivíduos de determinada sociedade. O perfil de quilometragem por idade da frota varia de região de cidade para cidade, em função de vários fatores, que são analisados na discussão. Por essa razão, há uma necessidade de se levantar dados mais confiáveis do PMA para Curitiba.

RIT

No caso da frota de coletivos, a situação é mais simplificada. A URBS faz um levantamento mensal junto às empresas de transportes públicos, gerando um banco de dados muito confiável. Há a quilometragem totalizada para cada modal /dia útil, mês a mês. Como o funcionamento da frota é fixado pelas rotas, a quilometragem não varia com a idade do veículo, mas sim com o tipo de linha. No anexo 2, estão as tabelas de dados para a base de cálculo da quilometragem total, juntamente com dados operacionais com os meses de janeiro97 e de dezembro97.

Na Figura 39 está representada a quilometragem anual para cada modal ou linha que circula em Curitiba. A quilometragem depende do número de veículos e do tipo de modal.

Figura 39 - Quilometragem Anual Total e PMA (- Frota da RIT para cada modal em 1997



fonte: elaborado pela autora com dados da URBS, 1998

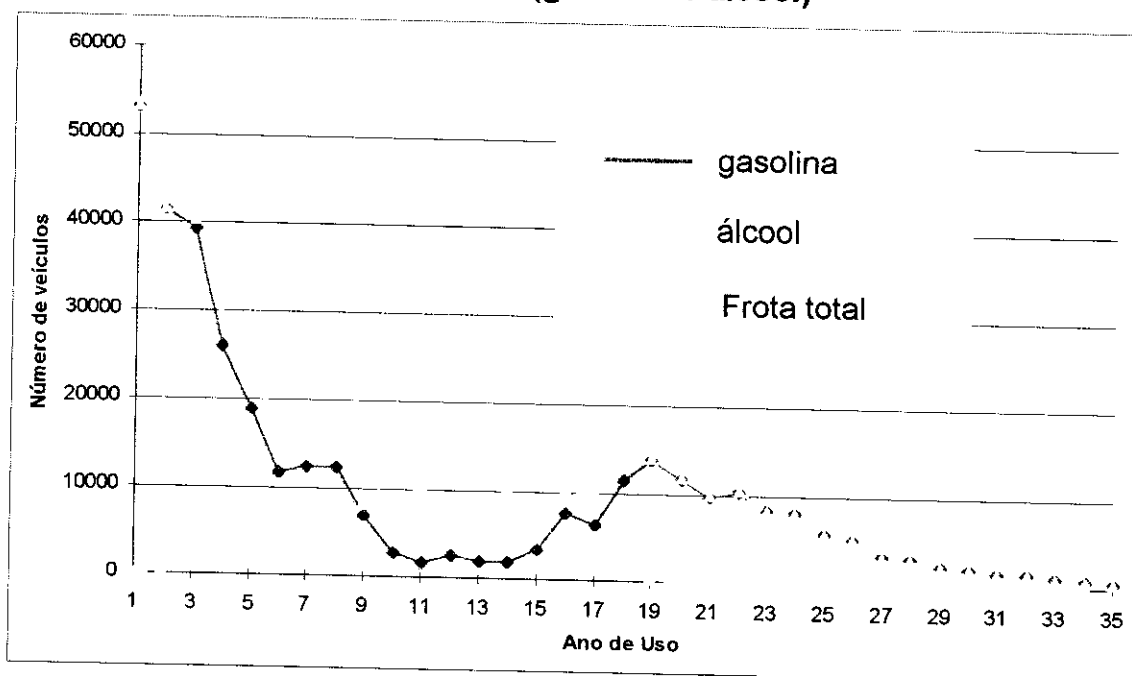
Como pode ser visto na Figura acima, o PMA de um veículo do Linha Direta é o mais baixo, enquanto cada veículo do Interbairros percorre 90 000 km /ano, cerca de 3 vezes mais que um veículo Linha Direta. Os veículos do Biarticulado, Troncal e Expresso apresentam PMA próximos a 80.000 km/ano.

5.3.2.2. Estimativa da Frota Circulante

Frota Leve

A determinação da frota circulante tem como base os dados referentes à seção 5.1.1. A curva de composição da frota circulante de Curitiba está representada na Figura 40.

Figura 40- Composição da Frota Leve circulante em Curitiba em 1997 por ano de uso (gasolina e álcool)



fonte: elaboração a partir de dados do Detran/PR, 1997

Com o Programa do Pró-álcool, a partir da década de 80, muitos carros à gasolina foram convertidos a álcool, além do aumento da produção de automóveis movidos a álcool pelas montadoras. Como pode ser visto, o número de carros a álcool da frota entre 9 e 15 anos de idade é bem maior que o número de veículos a gasolina. Entretanto, a partir da década de 90, a situação se inverte novamente, com um número de veículos movidos à

gasolina muito superior ao número de automóveis movidos a álcool, que veio diminuindo, em função da crise do Programa do álcool no Brasil, além do preço da gasolina que despencou no mercado.

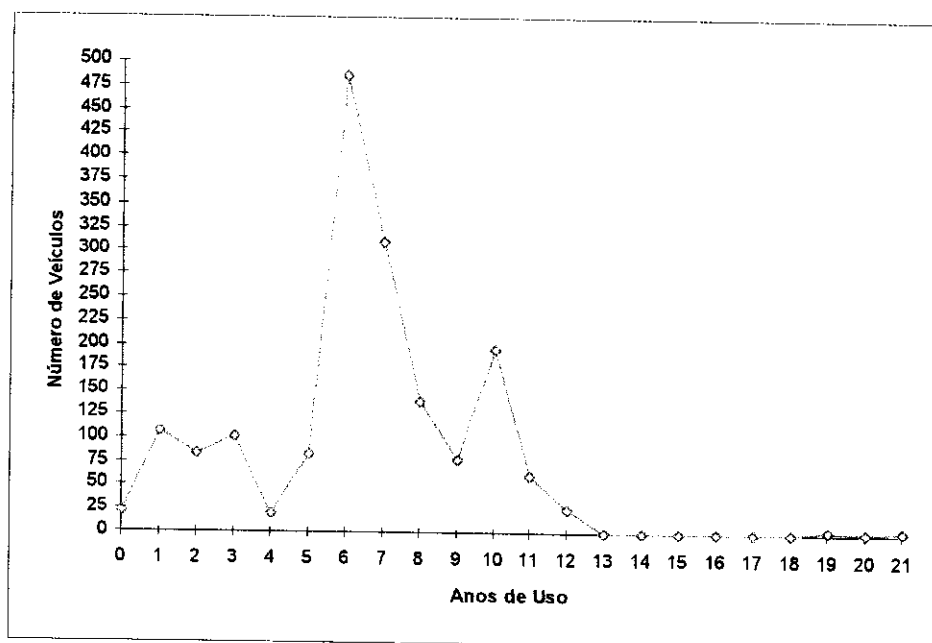
Frota de ônibus Urbano

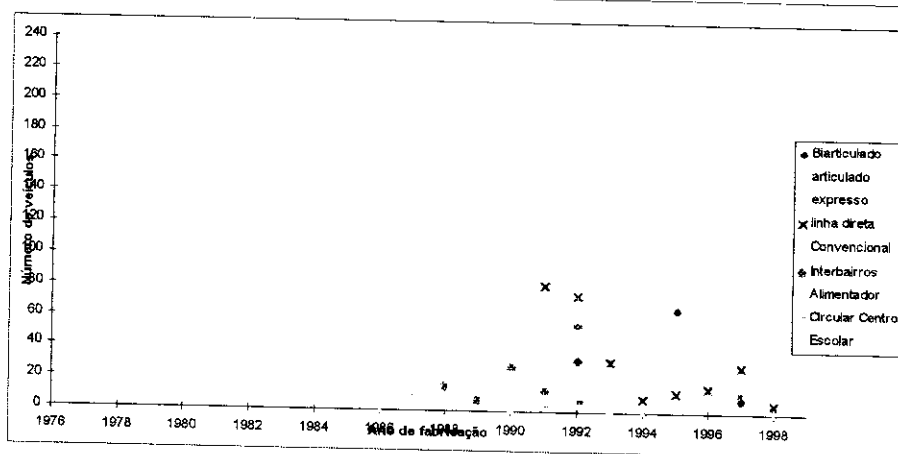
Os ônibus urbanos, por estarem circulando diariamente nas vias, lançando gases e fumaça escura nos terminais e nas vias um maior volume de tráfego, representam uma parcela mais significativa sob o ponto de vista de impacto social e ambiental.

A RIT

A frota circulante de ônibus da RIT está mostrada na Figura 41. A idade média da frota está em torno de 6,25. Cada linha possui uma quantidade de veículos

Figura 41- Composição da Frota circulante de ônibus diesel da RIT em Curitiba por ano de uso e tipo de modal em 1998





fonte: elaboração a partir de dados da URBS/Curitiba, 1998

5.3.2.3. Fator de Emissão

Veículos Leves

O fator de emissão vem a ser, por definição, um valor médio da quantidade emitida, obtido através de cálculos estatísticos ou medições reais, sendo específico para dado poluente e típico de um determinado modelo, classe ou frota de veículos (CETESB, 1992).

O fator de emissão da frota representa o valor da emissão característico da frota total de veículos - heterogênea por ser composta de veículos com idades e modelos diferentes -, resultante da média ponderada dos fatores de emissão para cada ano-modelo. A ponderação é realizada com base no número de veículos que compõem a frota de cada ano-modelo e na distribuição da quilometragem média rodada por tempo de uso do veículo (CETESB, 1992). No Anexo 2 estão descritos os passos no cálculo dos fatores médios de emissão.

Tabela 26 - Fatores Médios de Emissão de Veículos Leves Novos a Gasool e a Álcool^a

| Ano | Veículo a álcool | | | g/km | | | | Veículos a Gasool | | | | g/km |
|--------|------------------|-----|-----|-------|--------|--------------|------|-------------------|-----|-------|--------|--------------|
| | CO | HC | Nox | CHO | CO2 | Evaporativas | CO | HC | Nox | CHO | CO2 | Evaporativas |
| até 78 | 18,0 | 1,6 | 1,0 | 0,160 | 174,72 | 1,8 | 54,0 | 4,7 | 1,2 | 0,050 | 174,72 | 4,30 |
| 78-79 | 18,0 | 1,6 | 1,0 | 0,160 | 174,72 | 1,80 | 54,0 | 4,7 | 1,2 | 0,050 | 174,72 | 4,30 |
| 80-83 | 18,0 | 1,6 | 1,0 | 0,160 | 174,72 | 1,80 | 33,0 | 3,0 | 1,4 | 0,050 | 174,72 | 4,30 |
| 84-86 | 16,9 | 1,6 | 1,2 | 0,180 | 174,72 | 1,80 | 28,0 | 2,4 | 1,6 | 0,050 | 174,72 | 4,30 |
| 86-87 | 16,0 | 1,6 | 1,8 | 0,110 | 174,72 | 1,80 | 22,0 | 2,0 | 1,9 | 0,040 | 174,72 | 4,30 |
| 88 | 13,3 | 1,7 | 1,4 | 0,110 | 164,18 | 1,80 | 18,5 | 1,7 | 1,8 | 0,040 | 177,11 | 4,30 |
| 89 | 12,8 | 1,6 | 1,1 | 0,110 | 163,64 | 1,80 | 15,2 | 1,6 | 1,6 | 0,040 | 178,7 | 4,30 |
| 90 | 10,8 | 1,3 | 1,2 | 0,110 | 163,1 | 0,29 | 13,3 | 1,4 | 1,4 | 0,040 | 193,4 | 0,43 |
| 91 | 8,4 | 1,1 | 1,0 | 0,110 | 165,6 | 0,29 | 11,5 | 1,3 | 1,3 | 0,040 | 193,4 | 0,43 |
| 92 | 3,6 | 0,6 | 0,5 | 0,035 | 165,6 | 0,14 | 6,2 | 0,6 | 0,6 | 0,013 | 193,4 | 0,32 |
| 93 | 4,2 | 0,7 | 0,6 | 0,022 | 165,6 | 0,14 | 6,3 | 0,6 | 0,8 | 0,022 | 193,4 | 0,32 |
| 94 | 4,6 | 0,7 | 0,7 | 0,042 | 165,6 | 0,14 | 6,0 | 0,6 | 0,7 | 0,036 | 193,4 | 0,32 |
| 95 | 4,6 | 0,7 | 0,7 | 0,042 | 164,9 | 0,14 | 6,0 | 0,6 | 0,7 | 0,036 | 206,9 | 0,32 |
| 96 | 3,9 | 0,6 | 0,7 | 0,040 | 164,9 | 0,14 | 6,0 | 0,4 | 0,5 | 0,019 | 207 | 0,32 |
| 97 | 0,9 | 0,3 | 0,3 | 0,012 | 164,9 | 0,14 | 1,2 | 0,2 | 0,3 | 0,007 | 207 | 0,32 |

Fonte: CETESB,

- a Médias ponderadas de cada ano-modelo pelo volume da produção, em g/km
 b Gasool - 78% gasolina e 22% álcool

ônibus Urbano

Para ônibus o procedimento é um pouco diferente, devido ao fato dos fatores de emissão para veículos pesados movido a diesel ser realizado em ensaios estáticos, utilizando somente o motor. Desta maneira, o resultado dos fatores originalmente saem em g/kWh. A partir de dados de tráfego (velocidade média dos veículos), da potência útil do motor (em função do regime de velocidade, número de paradas e arrancadas e regime de fluxo, dado pelo fator de capacidade e pela potência máxima), é possível converter os fatores a g/km. As expressões abaixo mostram as transformações necessárias, para determinar o fator de emissão em g/km.

Inicialmente, calcula-se a potência útil, conforme o Anexo 1 e a partir da eficiência de transmissão do motor, calcula-se a potência requerida.

$$Pot_{requerida} \text{ (kW)} = \frac{Pot_{util} \text{ (cv)} * 0.7457}{\eta} \quad (7)$$

A partir da Potência requerida, em KW, calcula-se o fator de emissão através da velocidade média de operação para cada ônibus em determinados modais.

$$FE \text{ (g/km)} = FE \text{ (g/kWh)} / V \text{ (km/h)} * Pot_{requerida} \text{ (kW)} \quad (8)$$

A tabela a seguir traz os resultados para cada passo deste procedimento.

Tabela 27 - Resultados da Potência Útil e Requerida e dados de Velocidade média de operação para cada ônibus e modal

| Potência requerida | Convencional | alimentador | | iterbairros | | expresso | | Troncal | | linha direta |
|-----------------------------|--------------|-------------|--------|-------------|------------|----------|--------------|---------|--------|--------------|
| | | Padron | Padron | articulado | articulado | padron | biarticulado | Padron | Padron | |
| HP rolamento cv | 19.13 | 21.74 | 21.74 | 34.49 | 34.49 | 21.74 | 51.82 | 21.74 | | 36.28 |
| HP resistência do ar cv | 3.93 | 3.93 | 3.93 | 3.93 | 3.93 | 3.93 | 4.32 | 3.93 | | 15.24 |
| HP desnível cv | 33.27 | 37.81 | 37.81 | 59.99 | 59.99 | 37.81 | 90.12 | 37.81 | | 63.10 |
| HP total cv | 56.33 | 63.47 | 63.47 | 98.41 | 98.41 | 63.47 | 146.26 | 63.47 | | 114.62 |
| HP desaceleração cv | 0.33 | 0.38 | 0.38 | 0.60 | 0.60 | 0.38 | 0.90 | 0.38 | | 0.63 |
| HP total útil cv | 56.67 | 63.85 | 63.85 | 99.01 | 99.01 | 63.85 | 147.17 | 63.85 | | 115.25 |
| η efic. de transmissão | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | | 0.60 |
| Potência requerida kW | 69.51 | 78.33 | 78.33 | 121.45 | 121.45 | 78.33 | 180.52 | 78.33 | | 141.38 |
| Potência Motor kW | 154.56 | 154.56 | 154.56 | 180.32 | 180.32 | 154.56 | 209.76 | 154.56 | | 176.64 |
| velocidade média km/h | 19 | 19 | 19 | 19 | 21 | 21 | 21 | 19 | | 27 |

Com o novo fator calculado, para cada ano e cada modelo, construiu-se a tabela a seguir:

Tabela 28 - Fatores de Emissão para veículos pesados Novos (g/km)

| Valores de Emissão para ônibus Urbano Novo - RIT | | | | | g/km | |
|--|------------|-------|------|-------|------|------|
| ônibus | ano/modelo | CO | HC | Nox | MP | |
| biarticulado | 1987-1994 | 20.29 | 5.76 | 97.14 | | |
| | 1995 | 20.29 | 5.76 | 68.77 | | |
| | 1996 | 20.29 | 5.76 | 68.77 | | |
| | 1997 | 20.29 | 5.76 | 68.77 | | |
| articulado | 1987-1993 | 13.65 | 3.87 | 65.35 | | |
| | 1994-1997 | 13.65 | 3.87 | 46.27 | | |
| Padron inter/tron alim | 1993 | | | | | |
| | 1994 | 6.92 | 3.39 | 35.55 | | nd |
| | 1995 | 6.92 | 3.39 | 35.55 | | nd |
| | 1996 | 6.92 | 3.39 | 35.55 | | nd |
| | 1997 | 6.92 | 3.39 | 35.55 | | nd |
| Padron L.D. | 1993 | | | | | |
| | 1994 | 8.32 | 4.08 | 42.76 | | nd |
| | 1995 | 8.32 | 4.08 | 42.76 | | nd |
| | 1996 | 8.32 | 4.08 | 42.76 | | nd |
| | 1997 | 8.32 | 4.08 | 42.76 | | nd |
| convencional | pré-1995 | 8.92 | 4.21 | 31.05 | | ND |
| | 1995 | 6.02 | 2.66 | 30.66 | | 1.16 |
| | 1996 | 6.02 | 2.66 | 30.66 | | 1.16 |
| | 1997 | 6.02 | 2.66 | 30.66 | | 1.16 |

Os valores encontrados dependem das informações disponibilizadas. Os fatores médios de emissão para a homologação dos ônibus é realizado pela empresa que constrói e vende o motor e, depois, homologado pela CETESB. Os dados de fatores de emissão para motores a diesel não estão sistematizados numa série temporal, como no caso dos veículos leves. Assim, muitos valores encontrados na literatura foram aproximados em função da falta de dados. O valor médio das emissões (g/kW) das diversas linhas corresponde aos valores dos motores utilizados pela frota da RIT. As linhas especiais e circular centro não foram incorporadas no cálculo, por falta de dados a respeito das emissões de seus motores.

A substituição de motores diesel velhos e sujos por novos, menos emissivos, reciclando e renovando a frota, está sendo motivada pelas novas administrações municipais como forma de subsídio, tomando como base a informação sobre as emissões para as futuras trocas (RMSP).

Para que as administrações de outras cidades sigam este caminho, é importante, primeiro, que se construa um inventário de fatores de emissão para os diversos tipos de motores a diesel novos para cada ano. Tendo em mãos esses dados reais é possível compor um quadro transparente de critérios para os subsídios na substituição.

Fator de Deterioração

A constante utilização do veículo leva ao desgaste de peças e componentes afeta as características de emissão do motor, aumentando especialmente as emissões de CO e HC's. Entretanto, isto não parece acontecer com as emissões de NOx, visto que nos motores sem sistema de controle existe uma tendência à diminuição destas emissões devido ao desgaste dos anéis dos pistões com conseqüente diminuição dos picos de temperatura dentro dos cilindros (MURGEL et al. 1987).

Uma das maneiras de estimar a emissão de qualquer veículo usado é utilizando um fator multiplicativo chamado Fator de Deterioração (f_d), que é incorporado ao fator de emissão (f) para veículos novos. Assim, tem-se :

$$f_{\text{corrigido}} = f_{\text{deterioração}} * f_{\text{emissão}} \quad (9)$$

Para este estudo, foram considerados os fatores de deterioração utilizados pelo EPA para a frota americana de veículos automotores, calculados conforme o Anexo 2, previsto na Resolução nº 14 e 16 do CONAMA, incluídas no Apêndice 1 e 2

Para a frota de ônibus adotou-se o valor 1,10, dado utilizado atualmente pelo PROCONVE, para veículos acima de 160 mil km.

5.3.2.4. Inventário de Emissões Veiculares

Levando a cabo as considerações anteriores, chega-se às prováveis quantidades de emissões geradas pela frota leve e pesada de Curitiba.

Figura 42 - Fatores de Emissão para a Frota de Veículos Leves de Curitiba/1997

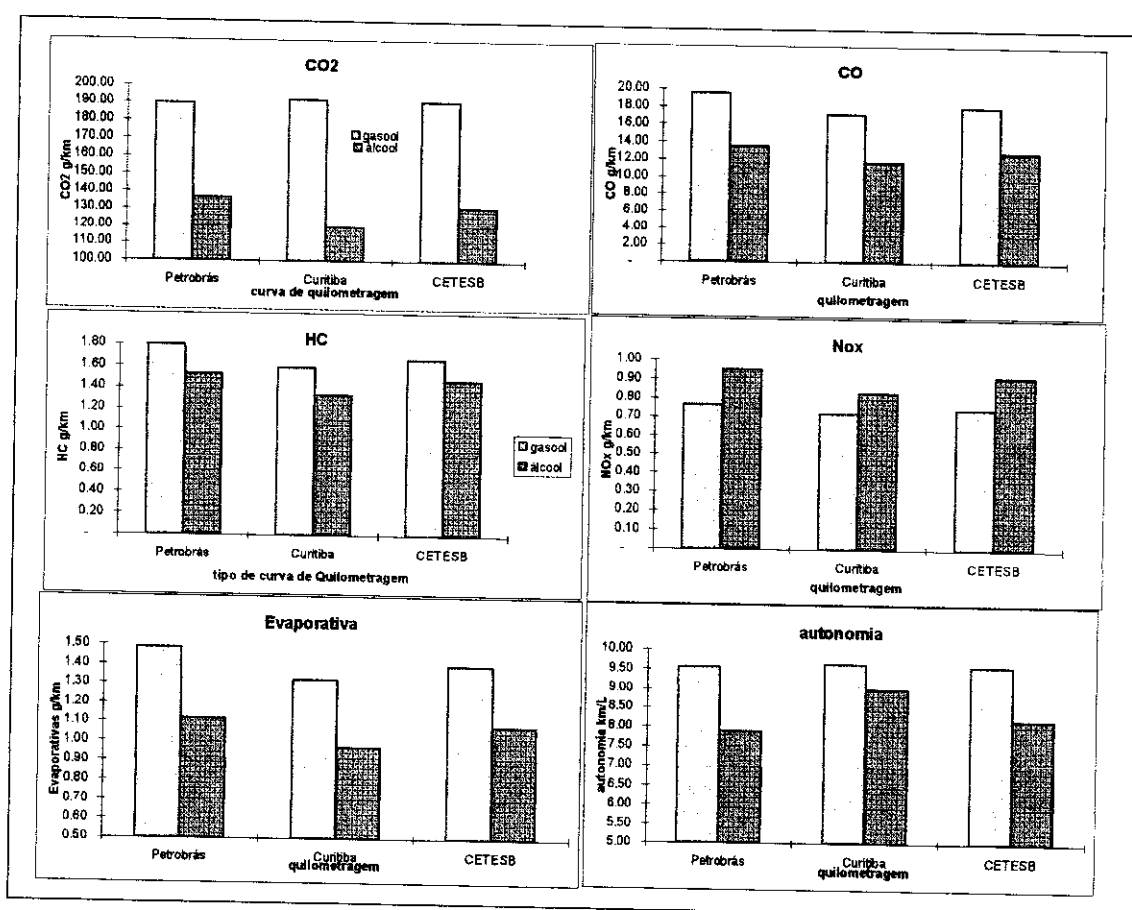


Tabela 30 - Emissões Totais de Gases pela Frota Leve (álcool e gasool) da Cidade de Curitiba, para diversos PMA - 1997

| Quilometragem | combustível | CO | HC | NOx | HCO | CO2 | Evaporativa | SOx |
|---------------|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------|---------|
| | | 1000ton | 1000ton | 1000ton | 1000ton | 1000ton | 1000ton | 1000ton |
| Petrobrás | gasool | 170.89 | 15.76 | 6.70 | 0.32 | 1,659 | 13.02 | 1.52 |
| | álcool | 27.48 | 3.08 | 1.92 | 0.08 | 276 | 2.26 | - |
| Curitiba | gasool | 93.57 | 8.63 | 3.92 | 0.18 | 1,046 | 7.21 | 0.94 |
| | álcool | 13.05 | 1.47 | 0.92 | 0.04 | 132 | 1.08 | - |
| CETESB | gasool | 92.78 | 8.57 | 3.84 | 0.17 | 984 | 7.20 | 0.89 |
| | álcool | 14.89 | 1.69 | 1.05 | 0.05 | 150 | 1.24 | - |

RIT

Tabela 31 - Fatores Médios de Emissão (g/km) por Tipo de ônibus da Frota da RIT - Curitiba 1997

Fator de Emissão Médio por tipo de ônibus da frota total da RIT 1997 g/km

| | CO | HC | Nox | CO2 | Sox | MP |
|--------------|-------|------|-------|----------|------|----|
| biarticulado | 22.13 | 6.28 | 82.28 | 2,197.57 | 5.58 | nd |
| articulado | 14.08 | 4.00 | 66.83 | 1,737.05 | 4.06 | nd |
| padron int | 7.06 | 3.46 | 36.28 | 1,045.07 | 2.43 | nd |
| padron LD | 8.61 | 4.22 | 44.22 | 1,045.07 | 2.45 | nd |
| convencional | 9.44 | 6.81 | 51.64 | 1,151.94 | 3.01 | nd |

fonte: elaboração da autora

Tabela 32 - Inventário de Emissões da RIT Curitiba, 1997

Inventário de Emissões da RIT 1997 (ton)

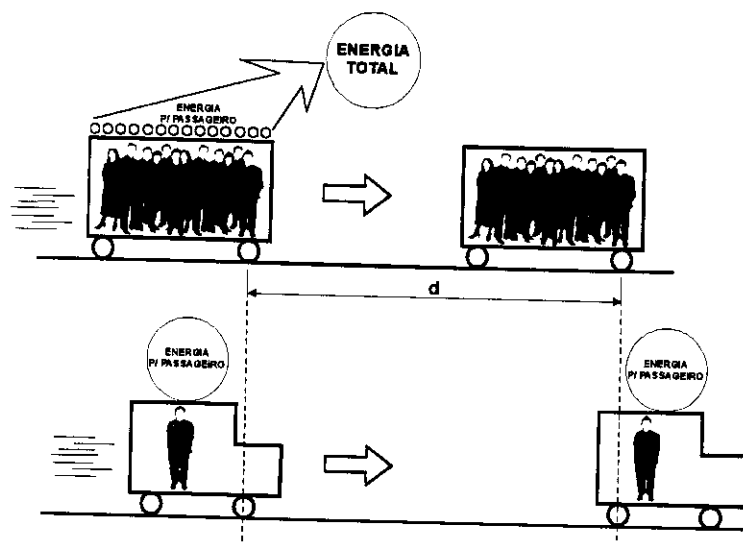
| Modal | ônibus | CO | HC | Nox | CO2 | Sox |
|--------------|---------------|----------|--------|----------|------------|--------|
| | Biartcul. | 167.7 | 47.6 | 623.3 | 16,649.0 | 42.3 |
| Expresso | Art. | 70.92 | 20.14 | 336.72 | 8,752.39 | 20.44 |
| | Padron | 6.74 | 3.31 | 34.62 | 997.35 | 2.32 |
| | Troncal | 71.01 | 34.83 | 364.85 | 10,509.52 | 24.47 |
| Alimentador | Art. | 3.77 | 1.07 | 17.90 | 465.39 | 1.09 |
| | Padron | 339.12 | 166.36 | 1,742.54 | 50,193.51 | 116.86 |
| Interbairros | Art. | 45.54 | 12.93 | 216.19 | 5,619.35 | 13.12 |
| | Padron | 68.26 | 91.05 | 4,341.11 | 33,365.71 | 2.95 |
| Linha Direta | Padron | 226.22 | 505.15 | 1,411.82 | 1,267.45 | 461.53 |
| Total ton | RIT | 999.2 | 882.4 | 9,089.1 | 127,819.7 | 685.1 |
| | Convenc. | 1,130.01 | 814.52 | 6,179.17 | 137,831.98 | 360.62 |
| | total 1000ton | 2.13 | 1.70 | 15.27 | 265.65 | 1.05 |

fonte: elaboração própria

5.3.3. Intensidade Energética do Sistema de Transporte

O índice que relaciona o consumo de energia no transporte com o uso final é basicamente a intensidade energética.

Figura 43 - Representação da Variação da Intensidade Energética (Energia/pass/distância) pela diferença de ocupação em veículos



A Figura 43 ilustra a diferença da intensidade energética para um veículo lotado e outro com baixa ocupação. Cada bolinha acima do veículo corresponde à parcela de energia da ENERGIA TOTAL gasta para percorrer a distância d repartida pelo número de passageiro. Para o transporte de passageiros, a intensidade energética é a razão entre o consumo médio, dado em MJ/km e o número de passageiros transportados por viagem.

Veículos Leves

A intensidade energética é dada pela relação entre o consumo energético total, a quilometragem média e o número médio de passageiros por viagem.

A intensidade energética é calculada da seguinte maneira:

$$I_{\text{Energia}} \text{ (MJ/pass-km)} = \frac{C_{\text{total}} \text{ (1000 tep)} * 4,1848 * 10^7}{\text{PMA (km)} * \text{pass/viagem}} \quad (10)$$

$$I_{\text{CO}_2} \text{ (g/pass-km)} = \frac{F_{\text{E}_{\text{CO}_2}}}{\text{pass/viagem}} \quad (11)$$

Onde : I_{Energia} = intensidade energética MJ/pass-km;

I_{CO_2} = intensidade de emissão de CO_2 (g/pass-km)

C = consumo total de energia (1000 tep); FE_{CO_2} = fator de emissão de CO_2 (g/km)

1 Tep = $4,1868 \cdot 10^4$ MJ

pass/viagem = 1,3

A intensidade energética para veículos leves está apresentada na Tabela 33, para os diferentes PMA, em veículos movidos à álcool e à gasolina.

Tabela 33- Intensidade Energética (MJ/pass-km) e da Intensidade de emissão de CO_2 (g/pass-km) da Frota Leve de Curitiba 1997

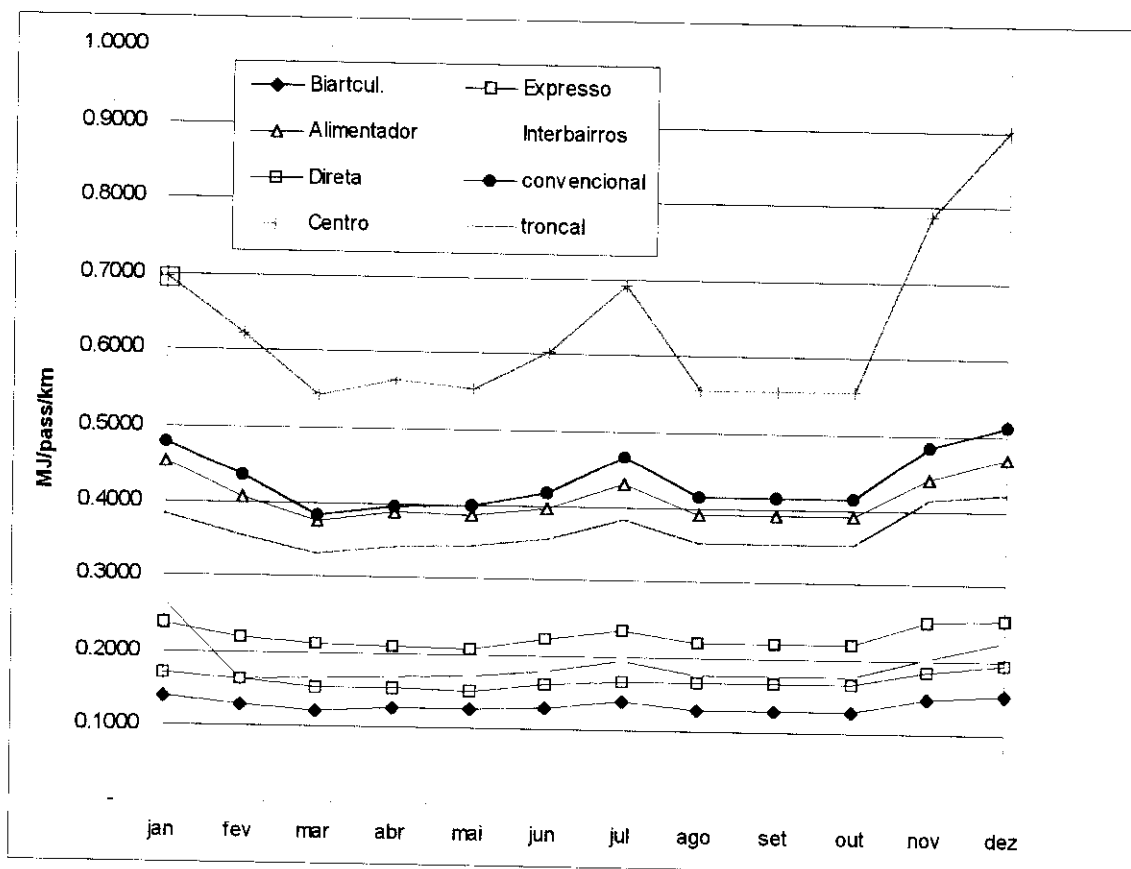
| tipo de PMA | Veículo | intensidade energética MJ/pass-km | intens. de emissão de CO_2 g / pass-km |
|-------------|---------|-----------------------------------|---|
| Petrobrás | gasool | 2.41 | 145.61 |
| Curitiba | gasool | 2.39 | 147.51 |
| CETESB | gasool | 2.40 | 146.91 |
| Petrobrás | álcool | 2.02 | 104.76 |
| Curitiba | álcool | 1.77 | 91.94 |
| CETESB | álcool | 1.95 | 100.87 |

RIT

A intensidade energética foi calculada com base no consumo médio estatístico (L/km) e do número de passageiros transportados, dados obtidos através de relatórios da URBS, para cada tipo modal, para cada mês durante o ano de 1997.

O resultado está representado na Figura 44, onde aparecem claramente três classes de ônibus, em termos de intensidade de consumo de energia por uso final.

Figura 44 - Curva de Intensidade Energética(MJ/pass-km) para cada modal Jan-Dez/97



Fonte: Elaborado pelo autor

Como pode ser visto, há três grupos de classificação dos tipos modais na RIT, em termos de energointensidade.

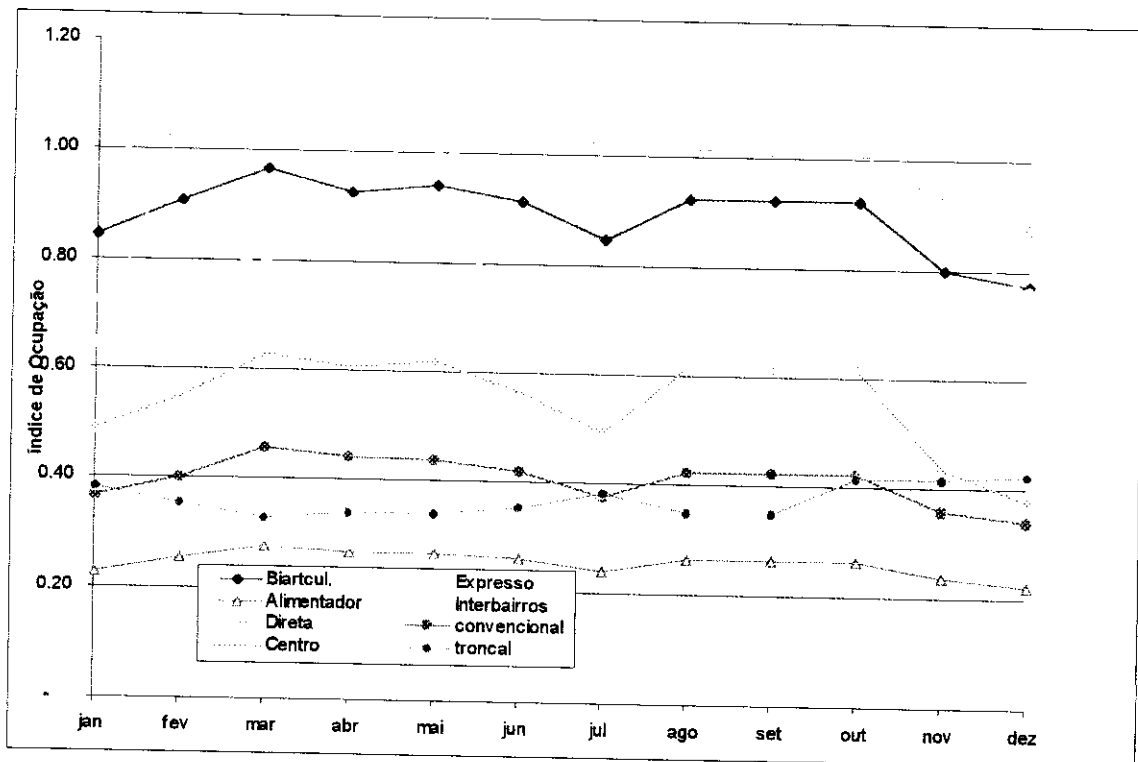
- ✓ Grupo de Baixa Intensidade Energética ou Eficientes: Na faixa entre 0.1 a 0.3 MJ/pass/km. Estão compreendidos os modais Biarticulado, Expresso, Linha Direta e Interbairros.
- ✓ Grupo de Média Intensidade Energética: Na faixa entre 0.3 e 0.5 MJ/pass/km. Os modais Convencional, Alimentador e Troncal
- ✓ Grupo de alta Intensidade Energética: Acima de 0.5MJ/pass/km. Nesta classificação está o modal Circular Centro.

Como a intensidade energética depende basicamente do consumo médio mensal e do número de passageiros totais, resolveu-se analisar o indicador de

consumo energético por uso final comparativamente ao índice de ocupação, para cada modal. Com relação ao índice de ocupação de cada modal, tem-se uma variação sazonal, em função das férias e da época de festas.

A Figura 45 mostra a variação do índice de ocupação para cada mês e para cada Modal.

Figura 45 - Índice de Ocupação, para cada modal Jan-Dez/97

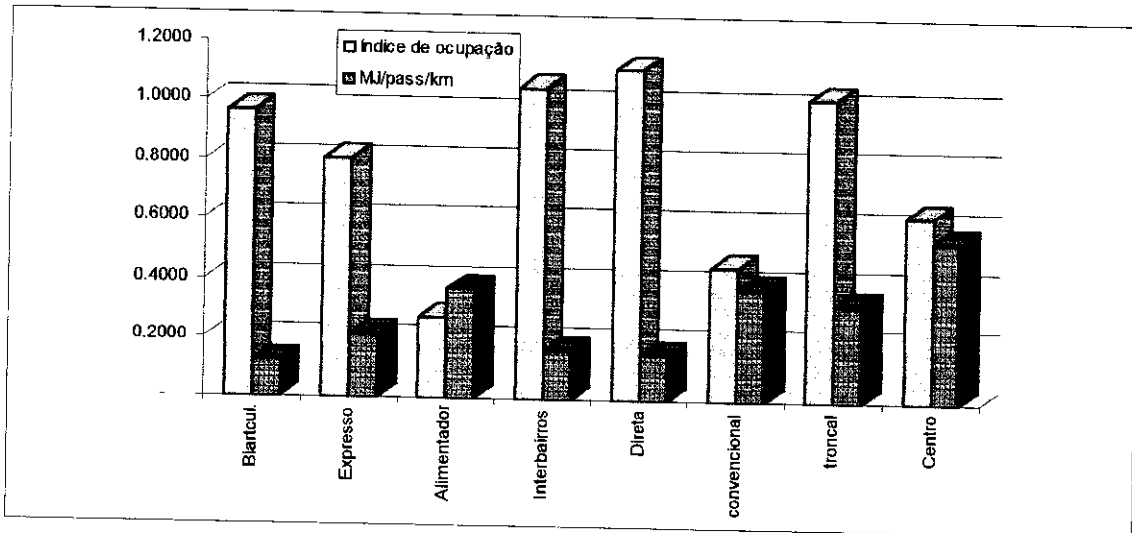


O mês de Março corresponde ao mês de menor intensidade energética e maior índice de ocupação, enquanto mês de Dezembro aparece com o maior uso de energia para transportar passageiro por quilômetro e menor demanda. Abaixo, aparecem os índices de ocupação de cada modal e a intensidade energética para o melhor mês e o pior mês.

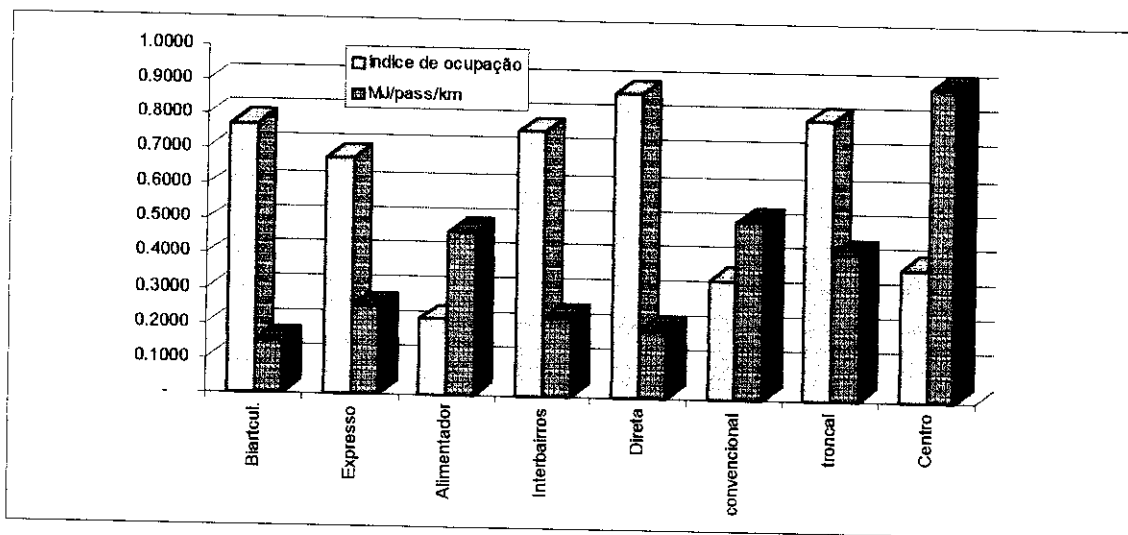
Figura 46 - Desempenho energético e de ocupação no melhor e pior meses:

Março e Dezembro 1997

Março 1997



Dezembro 1997



Capítulo 6

6. Discussão

Neste capítulo estão dispostas as análises referentes aos resultados encontrados nos capítulos 4 e 5, bem como da própria metodologia empregada neste estudo.

A organização destas análises recai sobre os resultados e indicadores, sobre as limitações e dificuldades encontradas, o caráter dos modelos empregados.

Desta maneira dividiu-se a discussão em dois blocos. O primeiro referente aos resultados, aos cenários e às comparações e o segundo sobre a metodologia.

6.1. Análise dos Resultados

A análise dos resultados obtidos foi realizada para os capítulos 4 e 5 onde a metodologia, descrita no capítulo 3, foi aplicada. A discussão inicia a partir da apresentação de tabelas resumo dos principais resultados, de fluxogramas e de comparações.

Dividiu-se a análise, para tornar mais didática a exposição, em dois itens: 6.1.1, referente ao metabolismo energético da cidade de Curitiba, e 6.1.2, ao sistema de transportes.

6.1.1. Metabolismo Energético de Curitiba

Os aspectos do consumo:

Um dos principais indicadores do padrão de consumo de uma cidade é o consumo percapita. Abaixo estão resumidos os resultados de consumo energético ocorrido durante os anos de 1995, 1996 e 1997. Calculou-se o consumo percapita médio diário para cada setor e para cada fonte energética do consumo extrasomático, bem como a taxa de crescimento ocorrida durante cada ano.

Tabela 33 - Resumo do Consumo médio percapita para cada setor - anos de 1995-1997 - Cidade de Curitiba

| ano 1997 | somática | transporte | residencial | industrial | comercial | público | outros | total |
|---|----------|------------|-------------|------------|-----------|---------|---------|-----------|
| consumo anual 10³ tep | 503 | 631.82 | 344.57 | 397.89 | 211.53 | 70.81 | 26.83 | 2,186.46 |
| energia percapita kcal/hab/dia | 2500 | 13168.45 | 7181.52 | 8292.81 | 4408.78 | 1475.89 | 559.28 | 37,586.73 |
| ano 1996 | | | | | | | | |
| consumo anual 10³ tep | 493 | 638.28 | 334.32 | 318.05 | 194.61 | 69.28 | 27.77 | 2,075.31 |
| energia percapita kcal/hab/dia | 2500 | 13443.26 | 7041.38 | 6698.67 | 4098.85 | 1459.23 | 584.81 | 35,826.20 |
| ano 1995 | | | | | | | | |
| consumo anual 10³ tep | 473 | 574.95 | 358.58 | 322.26 | 177.89 | 64.11 | 45.93 | 2,016.72 |
| energia percapita kcal/hab/dia | 2500 | 12370.82 | 7715.29 | 6933.84 | 3827.61 | 1379.42 | 988.35 | 35,715.34 |
| elasticidade (Δ populacional) | | | | | | | | |
| δ (1995-1996) energia percapita | 0.000 | 4.015 | -4.046 | -1.571 | 3.282 | 2.680 | -18.911 | 0.144 |
| δ (1996-1997) energia percapita | 0.000 | -1.939 | 1.888 | 22.575 | 7.173 | 1.083 | -4.142 | 4.661 |

Com o rápido crescimento do setor industrial que vem ocorrendo em Curitiba ao longo destes dois últimos anos, com mais de 700 indústrias se instalando no CIC - Cidade Industrial de Curitiba -, o setor tem tido o maior incremento no consumo de energia, como pode ser visto na Tabela 33. O consumo no setor comercial também tem crescido, entretanto com uma elasticidade menor, em relação ao incremento da população quando comparado ao setor industrial.

Tabela 34 - Energia Extrasomática - Consumo por tipo de fontes 1995-1997

| consumo tep/ano | 1997 | 1996 | 1995 | elasticidade (Δ populacional) | |
|--------------------------------|----------|----------|----------|---------------------------------------|----------------------|
| | | | | δ (1995-1996) | δ (1996-1997) |
| derivados de petróleo | 591.61 | 564.10 | 580.44 | (1.304) | 4.625 |
| biomassa | 203.06 | 160.61 | 165.59 | (1.392) | 25.068 |
| eletricidade | 888.80 | 857.60 | 797.69 | 3.479 | 3.451 |
| consumo percapita kcal/hab/dia | | | | | |
| derivados de petróleo | 11416.94 | 11000.89 | 11563.88 | (2.255) | 3.588 |
| biomassa | 3918.65 | 3132.22 | 3299.02 | (2.342) | 23.817 |
| eletricidade | 17152.13 | 16724.48 | 15892.06 | 2.426 | 2.426 |

Como pode ser visto na Tabela 34, o maior consumo percapita de energia extrasomática se dá pela eletricidade, e com uma elasticidade de 3,5, ou seja a variação percentual do consumo de eletricidade na cidade é cerca de 3,5 vezes maior que a variação percentual da população para o mesmo período. Isto significa que se a população de Curitiba continuar a crescer a uma taxa de 2,24% a.a., seria requerido um aumento de 7,8% a.a. no suprimento de eletricidade.

Tabela 35 - Resumo dos Indicadores do Metabolismo Energético da Cidade de Curitiba 1995-1997

| | 1997 | 1996 | 1995 | Em relação a população | | Em relação ao PIB | |
|-----------------------------------|---------|---------|---------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | | | Δ (1996-1997) | Δ (1995-1996) | Δ (1996-1997) | Δ (1995-1996) |
| população | 1419685 | 1404875 | 1375185 | 0.011 | 0.022 | | |
| PIB anual (bilhões R\$) * | 12.46 | 11.47 | 10.56 | | | 0.086 | 0.086 |
| Energia Extrasomática | | | | δ (1996-1997) | δ (1995-1996) | δ (1996-1997) | δ (1995-1996) |
| consumo total 10 ³ tep | 1683.46 | 1582.31 | 1543.72 | 6.06 | 1.16 | 0.74 | 0.29 |
| intensidade energética Tep/R\$ | 0.14 | 0.14 | 0.15 | (1.94) | (2.61) | (0.24) | (0.65) |
| energia percapita tep/hab/ano | 1.19 | 1.13 | 1.12 | 5.01 | 0.15 | 0.61 | 0.04 |
| Energia Somática | | | | | | | |
| consumo total 10 ³ tep | 503 | 493 | 473 | 1.92 | 1.96 | 0.24 | 0.49 |
| intensidade energética Tep/R\$ | 0.04 | 0.04 | 0.04 | (5.75) | (1.87) | (0.70) | (0.47) |
| energia percapita tep/hab/ano | 0.35 | 0.35 | 0.34 | 0.91 | 0.94 | 0.11 | 0.24 |
| Energia Somática e Extrasomática | | | | | | | |
| consumo total 10 ³ tep | 2186.46 | 2075.31 | 2016.72 | 5.08 | 1.35 | 0.62 | 0.34 |
| intensidade energética Tep/R\$ | 0.18 | 0.18 | 0.19 | (2.85) | (2.44) | (0.35) | (0.61) |
| energia percapita tep/hab/ano | 1.54 | 1.48 | 1.47 | 4.04 | 0.34 | 0.49 | 0.08 |

* - O PIB de 1997 foi estimado, tomando como base a taxa de incremento entre 1995-1996.

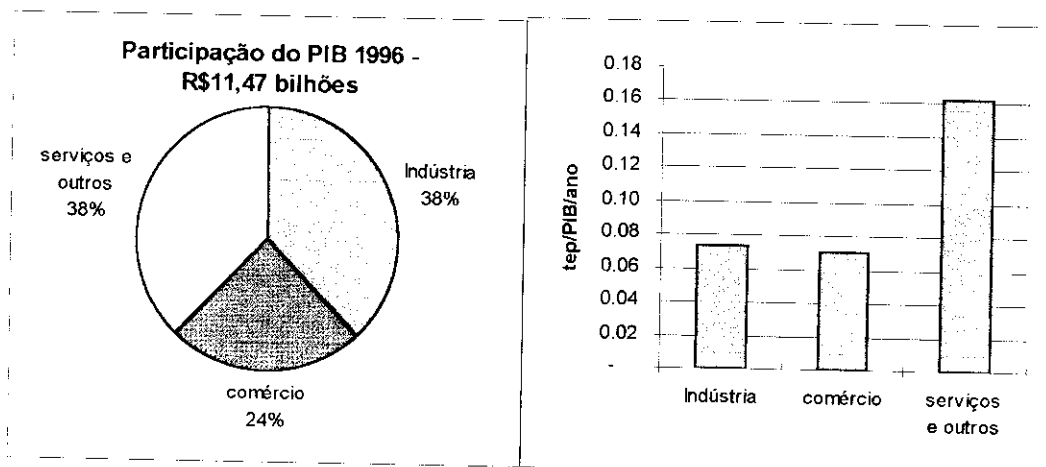
Conforme pode ser visto nas tabelas anteriores, o "curitibano médio" consome cerca de 15,4 milhões de calorias por ano, sendo 35% em transporte, 7% em alimentação e 58% no restante em bens e serviços.

Entretanto este consumidor médio representa a realidade que habita em Curitiba? Estes indicadores médios, por não agregarem outras variáveis como consumo por faixa de renda, apresentam sérias limitações quanto à sua interpretação e utilidade. Como se reparte a energia consumida na cidade pelas classes sociais, entre seus habitantes? Infelizmente, por não identificar a distribuição do consumo percapita (somático e extrasomático, por tipo de fonte e por setor) para os vários estratos econômicos da população, não tem sido possível realizar esta análise. Segundo Goldemberg(1996) e Boa Nova(1985), no Brasil, as famílias com faixa de renda mais elevada consomem maior fatia de energia, cerca de 15 vezes maior do que o consumo das famílias de mais baixa renda. Em Boa Nova(1985), um estudo detalhado sobre a desigualdade nos níveis de consumo em relação à classe social foi desenvolvido, mostrando diferenças em função da composição do consumo (habitação e transportes).

De acordo com a tabela 35, a intensidade energética média em 1996 está em torno de 0,18 Tep/R\$. A Figura 47 mostra a participação relativa dos setores na formação do PIB em 1996. Mostra também, nesta figura, a intensidade

energética referente a cada um. Os setores que são menos energointensivos são aqueles que geram maior PIB em relação ao consumo energético. A indústria e o comércio apresentam baixa intensidade energética, e isso deve-se em parte pela eletricidade ser o principal insumo energético destes setores. O setor serviços e outros (incluindo transportes) apresenta uma elevada intensidade energética, devido principalmente ao consumo de derivados de petróleo, com eficiência baixa de conversão.

Figura 47 - Intensidade energética dos setores* (Tep/R\$/ano) e sua Participação (%) no PIB em 1996



* - Serviços e outros inclui os setores: Transporte, Públicos e outros da Matriz.

Alguns estudos foram feitos tentando levantar o consumo percapita de cidades⁵⁴, países e regiões, entretanto não foram encontrados dados recentes sobre essas localidades. Somente para efeito de comparação da ordem de grandeza, a cidade de Curitiba possui um padrão de consumo percapita próximo de cidades como Barcelona e Hong Kong. A média encontrada para os países em desenvolvimento (PED) é inferior ao consumo percapita em Curitiba.

⁵⁴ Boyden(1981) e Parés(1985)

Tabela 36 - Consumo percapita diário médio de várias localidades
(kcal/hab/dia)

| localidade | Consumo kcal/hab/dia |
|------------------------|----------------------|
| Curitiba ^a | 37600 |
| Barcelona ^b | 28200 |
| Hong Kong ^b | 20000 |
| Japão ^b | 65000 |
| Bruxelas ^b | 90000 |
| EUA ^b | 225000 |
| OECD ^c | 144657 |
| PED ^c | 17260 |
| Mundo ^c | 50960 |

Fonte: ^a - Para 1997

^b - Não há data precisa para os dados de cada localidade. Somente para Hong Kong (1971). Dados retirados de PARÉS, M., POU, G., TERRADAS, J. *Descobrir el medio urbà 2. Ecologia d'una ciutat: Barcelona*, p126, Col·lecció Descobrir El Medio Urbà, Barcelona, 1985

^c - PED - países em desenvolvimento. Estes dados são de 1990, retirado de GOLDEMBERG, J. *Energy, Environment & Development*, p.8, Earthscan, UK, 1996

6.1.2. Análise do Metabolismo Energético do Sistema de Transportes de Passageiros

Nesta seção estão expostas algumas análises sob o ponto de vista das dimensões antrópica, institucional, energética e ambiental.

Na primeira parte estão sendo analisados os aspectos energéticos e ambientais. Na segunda parte, foram analisados os agentes, as características da política por meio das dimensões institucional e antrópica.

6.1.2.1. Dimensão Energética e Ambiental

Antes de iniciar a análise, é importante frisar que todo transporte coletivo em Curitiba está sobre pneus. Não há trens de passageiros, apesar de haver

trilhos que cruzam a cidade. E por quê não usaram os trilhos para transportar pessoas? Segundo o IPPUC, a utilização do modal rodoviário no transporte público foi a maneira vista como mais econômica desde a implantação do Plano Diretor, a partir de 1971. Assim, toda a análise do metabolismo energético de circulação se faz sobre as ruas da cidade de Curitiba.

O metabolismo energético é decorrente principalmente dos veículos e das condições de tráfego, além da maneira de conduzir. A eficiência energética e a eficácia ambiental quase sempre “viajam” juntas quando o veículo está em movimento, principalmente quando envolve queima de combustíveis fósseis e o transporte de passageiros. De acordo com a Figura 48, 80% da frota de veículos de Curitiba é movida por derivados de petróleo e 20% por álcool.

O sistema de transportes de Curitiba consumiu, no ano de 1997, cerca de 890 milhões de litros de combustível e enviou mais de 1,5 milhões de toneladas de gases para atmosfera. Um dos principais resultados deste trabalho foi levantar o inventário de emissões gasosas veicular de Curitiba, como está na Tabela 37. Como pode ser visto na Figura 49, 10% desta emissão são gases responsáveis pela poluição atmosférica local (CO, HC, HCO e NO_x - formando o Smog fotoquímico- e SO_x) e o restante 90% corresponde ao CO₂, contribuindo para o efeito estufa e das ilhas de calor.

Figura 48 - Composição da frota total de veículos por tipo de combustível -

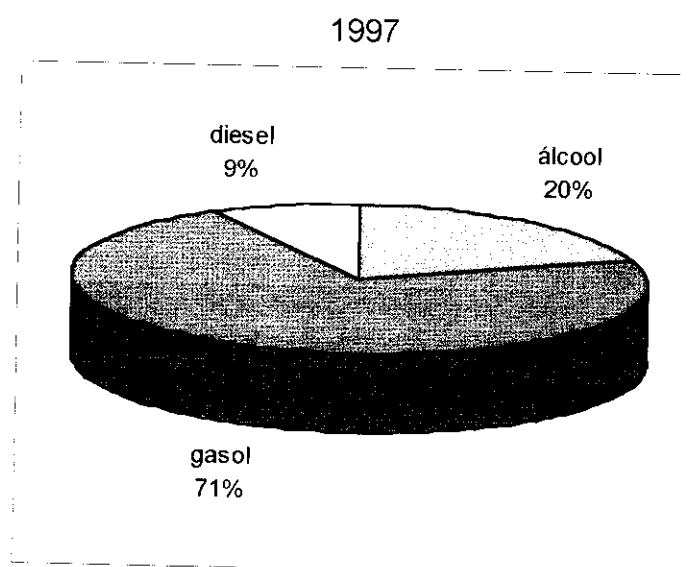


Figura 49 - Composição dos gases emitidos pela frota totalizada (Veículos Leves somado e Ônibus Urbano) durante o ano de 1997

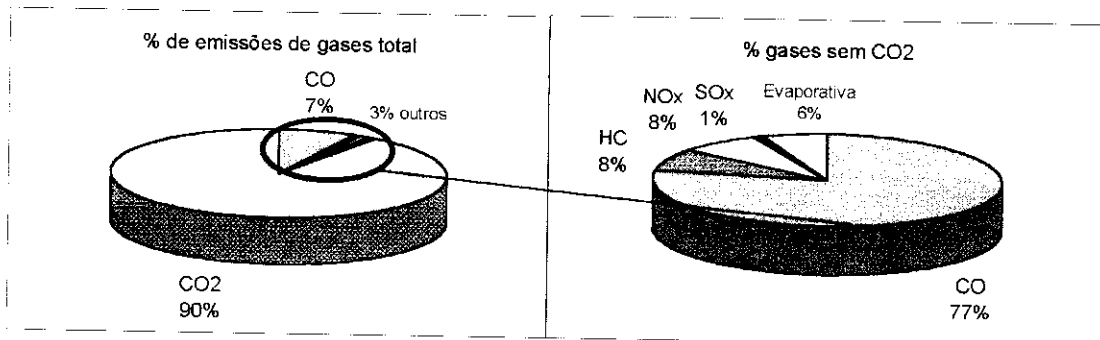


Tabela 37 - Inventário de Emissão de gases da frota da Cidade de Curitiba - ano 1997

| Veiculos leves | CO 1000ton | HC 1000ton | NOx 1000ton | HCO 1000ton | SOx 1000ton | CO2 1000ton | Evaporativa 1000ton |
|---------------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| gasolina | 93.05 | 8.58 | 3.90 | 0.18 | 0.93 | 1,039.78 | 7.17 |
| álcool | 18.53 | 2.09 | 1.31 | 0.05 | - | 187.88 | 1.53 |
| total 1000ton | 111.59 | 10.67 | 5.21 | 0.23 | 0.93 | 1,227.66 | 8.70 |
| Veiculos pesados | ton | ton | ton | ton | ton | ton | ton |
| Biarticulado | 167.66 | 47.60 | 623.35 | - | 42.28 | 16,649.00 | - |
| Expresso | 77.65 | 23.44 | 371.31 | - | 24.31 | 9,583.94 | - |
| Direta | 70.61 | 34.64 | 362.84 | - | 21.73 | 8,575.00 | - |
| Interbairros | 113.83 | 309.08 | 1,165.98 | - | 52.59 | 20,766.70 | - |
| Centro | - | - | - | - | 0.08 | 29.99 | - |
| troncal | 71.01 | 34.83 | 364.85 | - | 32.79 | 12,947.15 | - |
| Alimentador | 341.01 | 167.29 | 1,752.26 | - | 118.30 | 46,660.70 | - |
| convencional | 248.25 | 178.94 | 1,357.48 | - | 78.22 | 30,279.76 | - |
| total ton | 1,090.02 | 795.82 | 5,998.06 | - | 370.29 | 145,492.23 | - |
| total 1000ton | 112.68 | 11.46 | 11.20 | 0.23 | 1.30 | 1373.15 | 8.70 |

Como foi visto no capítulo 5, calculou-se o consumo de energia da frota leve de automóveis e dos ônibus urbanos da RIT pelo Método 2. Em função da riqueza de informação, apresenta-se uma análise mais detalhada da frota da RIT e, em seguida, aparece um resumo da frota analisada neste trabalho, comparando-se os indicadores de consumo energético e de emissões ambientais entre as frotas de automóveis e de ônibus urbano.

RIT

Na análise do consumo energético do sistema de transporte coletivo, a RIT foi avaliada pelo consumo total de cada modal em 1997, e pelos indicadores de intensidade energética por uso final. A Figura 50 mostra o consumo de energia em TJ (10^{12} Joules) de cada modal e compara com a capacidade de ocupação e com a intensidade energética.

Figura 50 - RIT - Consumo de Energia (diesel) TJ Para cada tipo de Modal e Índice de Ocupação, Intensidade Energética e % do consumo de energia.

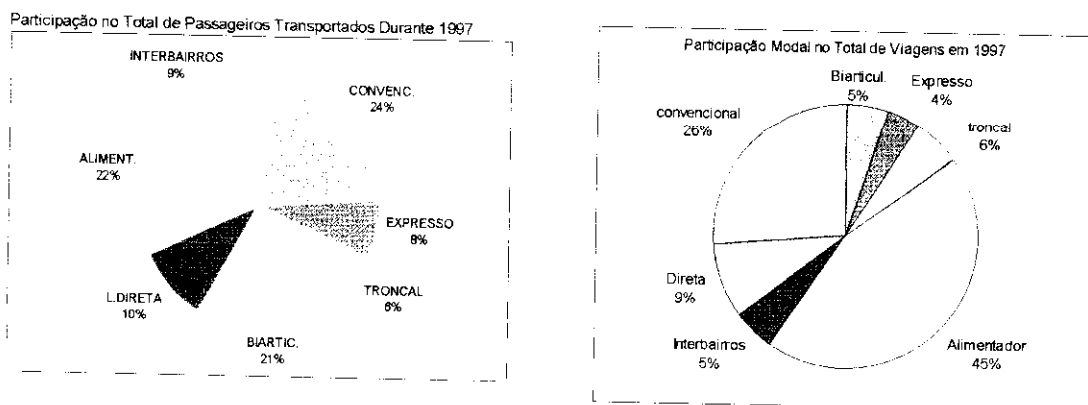


Os modais Expresso, Biarticulado, Interbairros e Linha Direta apresentam os melhores índices de ocupação (em ordem crescente), e o Biarticulado mostra a mais baixa intensidade energética.

Os modais Alimentador e Convencional são os que possuem maior intensidade energética (0.41 e 0.43 MJ/pass-km respectivamente), maior consumo anual de combustível (diesel) - 666 e 440 TJ/ano - e menor índice de ocupação dos ônibus urbanos. Trafegam em média abaixo de 50% de sua capacidade de ocupação (25% alimentador e 40% convencional). Mesmo assim, esses dois modais transportam, respectivamente, 22% e 24% dos passageiros totais transportados durante 1997, e somados levam mais passageiros que o Biarticulado e a Linha Direta juntos. Isso significa que existe um grande deslocamento a partir dos bairros periféricos de Curitiba, e atualmente da Região Metropolitana para o Centro, por meio dos eixos estruturais, utilizando os Alimentadores e os Ônibus convencionais. O modal Alimentador, durante

1997, foi o líder de viagens (7 mil viagens durante o ano de 1997), quase 50% do total de viagens realizadas pelo transporte público. Depois dele segue o Convencional com 26% das viagens, como pode ser visualizado na Figura 51, onde aparece a participação do número de viagens por tipo modal.

Figura 51 - Participação Modal no transporte de Passageiros e no Número de Viagens em 1997

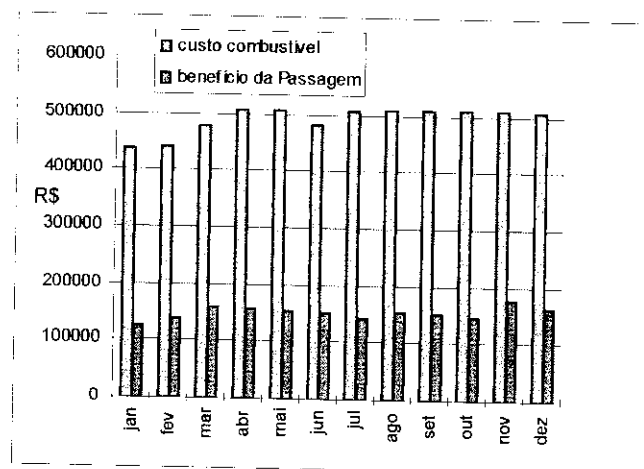


As linhas alimentadoras apresentam uma alta ineficiência energética, se observada sob o ponto de vista de aproveitamento da capacidade de deslocamento de passageiros, quando comparada com os ônibus que circulam nas canaletas. As linhas alimentadoras precisam realizar muitas viagens, transportando poucos passageiros (com baixa capacidade), para poder atender à demanda dos terminais e com isso gastam combustível em grande quantidade. Além dos problemas com manutenção, pois os ônibus circulam às vezes em terrenos acidentados, sem pavimentação. Os gastos com combustível e manutenção destas linhas muitas vezes chega a ser maior que o benefício da cobrança da tarifa. Entretanto, com a atual política de remuneração das empresas operadoras, ela é feita por km rodado, e não por passageiro. Desta forma, existe uma tendência de aumentar o número de viagens das linhas alimentadoras para aumentar a quilometragem percorrida. Haja visto que o PMA das linhas alimentadoras é o maior de todas as outras no total⁵⁵.

⁵⁵ Ver na seção 5.3.2, Figura 39.

No Anexo 9 é realizada uma comparação preliminar entre o custo do consumo de combustível e o benefício da cobrança da passagem dos passageiros para todos os modais durante os 12 meses de 1997. A tarifa de ônibus custava R\$ 0.65 até Outubro e passou a custar R\$0.75 a partir de Novembro. O preço do diesel neste período foi de R\$0.34/L. A Figura 52 compara o custo variável de combustível consumido e o benefício dado pelo número de passageiros pagantes para o modal Alimentador.

Figura 52 - comparação entre Custo de combustível e Benefício de Passageiros Pagantes Jan-Dez 1997



Como pode ser visto no gráfico da Figura 52, o custo dado pelo consumo de combustíveis é muito elevado, e o fluxo de entrada de caixa dado pela cobrança da tarifa não é suficiente. As operadoras de transportes coletivos sobrevivem por meio de subsídios e das remunerações que recebem por quilômetro rodado, graças aos cofres públicos e impostos. Entretanto a política de remuneração ao aumentar, por um lado, a acessibilidade dos moradores de bairros mais periféricos aos outros equipamentos urbanos, no momento que incentiva o aumento do número de viagens ou da extensão das vias, por outro lado, acaba incrementando a ineficiência energética do sistema pois o modal que justamente atende a estas localidades corresponde àquele cujas linhas são as menos eficientes sob o ponto de vista energético, ambiental e de capacidade de ocupação. E esse custo também tem um preço social que não está sendo avaliado sob uma visão mais crítica de externalidades. Mas qual

um índice de 80% de ocupação para a demanda existente, aumentando a frequência das viagens em horário de pico. Esta análise fica para as recomendações de próximos trabalhos.

A seguir, faz-se uma análise do resumo do sistema de transporte em termos de eficiência energética e ambiental.

Resumo dos Indicadores do Metabolismo Energético do Sistema de Transporte de Curitiba

Os principais indicadores do sistema de transportes, sob o ponto de vista energético e ambiental estão resumidos na Tabela 38. A frota considerada consiste na frota de veículos leves e de ônibus urbanos da RIT.

Os indicadores analisados são a intensidade energética (MJ/pass-km), a intensidade de emissão gasosa (g/pass-km), e o índice de ocupação (pass/viagem-capacidade).

Os veículos leves movidos a gasolina são os veículos da frota que apresentam maior intensidade energética, menor índice de ocupação, maior intensidade de emissão de CO, de CO₂, de HC e de SO_x. **Ou seja, o motorista de um automóvel de passeio movido a gasolina emite em torno de 10 vezes mais CO₂ que um passageiro que toma um articulado e consome quase 20 vezes mais energia que um passageiro no Biarticulado.**

O Biarticulado é o que apresenta a menor intensidade energética e a menor intensidade de emissão de CO₂, seguido pelo modal Linha Direta. A participação relativa dos veículos nas emissões gasosas está representada na Figura 54. Com exceção na emissão do gás NO_x, os veículos leves movidos a gasolina são responsáveis por no mínimo 70% das emissões de cada poluente nas emissões totais.

Tabela 38 - Resumo dos índices médio de ocupação, consumo de energia e de emissões da frota de veículos leves e da frota de ônibus urbano da Cidade de Curitiba

| veículo leve | Capac. pass/veic | Índice de ocupação Passageiro/veículo | Intens. Energética (MJ/pass-km) | Intensidade de Emissão de gases | | | | | |
|---------------------------------|---------------------|--|------------------------------------|---------------------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | | | CO g/pass/km | HC g/pass/km | NOx g/pass/km | HCO g/pass/km | SOx g/pass/km | CO2 g/pass/km |
| gasolina | 4 | 0.325 | 2.39 | 13.20 | 1.22 | 0.55 | 0.03 | 0.13 | 147.51 |
| álcool | 4 | 0.325 | 1.77 | 9.07 | 1.02 | 0.64 | 0.03 | 0.00 | 91.94 |
| veículo pesado | | | | | | | | | |
| Biarticulado | 270 | 0.89 | 0.13 | 0.09 | 0.03 | 0.34 | 0.00 | 0.02 | 9.16 |
| Expresso | 135 | 0.76 | 0.23 | 0.13 | 0.04 | 0.60 | 0.00 | 0.04 | 15.54 |
| Direta | 110 | 1.02 | 0.17 | 0.08 | 0.04 | 0.39 | 0.00 | 0.02 | 9.30 |
| Interbairros | 117 | 0.93 | 0.19 | 0.08 | 0.22 | 0.83 | 0.00 | 0.04 | 14.75 |
| Centro troncal | 30 | 0.55 | 0.64 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.05 | 21.56 |
| Alimentador convencional | 110 | 0.37 | 0.37 | 0.17 | 0.08 | 0.89 | 0.00 | 0.08 | 31.58 |
| | 80 | 0.25 | 0.41 | 0.35 | 0.17 | 1.79 | 0.00 | 0.12 | 47.58 |
| | 80 | 0.41 | 0.43 | 0.29 | 0.21 | 1.59 | 0.00 | 0.09 | 35.49 |

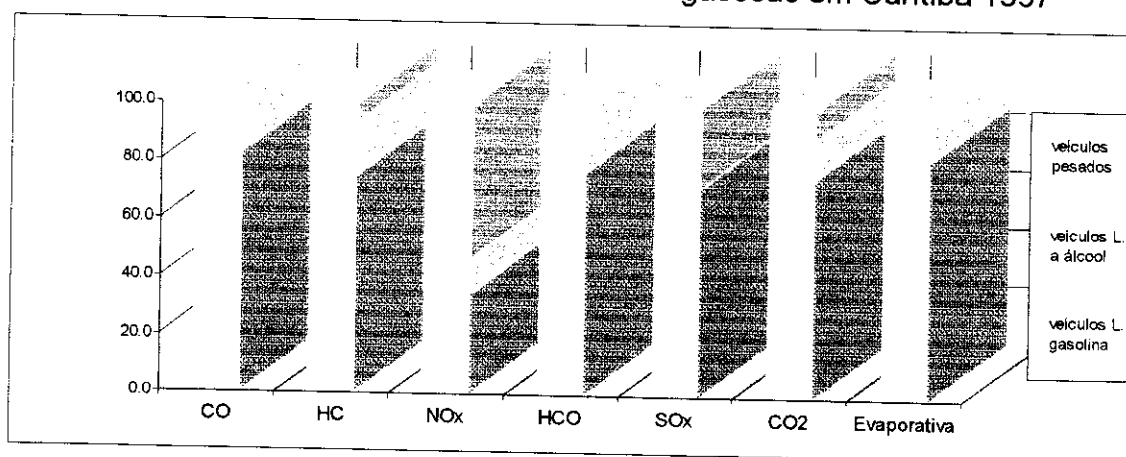
Comparando com dados internacionais de intensidade energética de transportes de passageiro, temos que os veículos leves a álcool e os ônibus da RIT possuem as mais baixas intensidades energéticas. Segundo Goldemberg(1996), a intensidade média dos veículos leves na OECD está entre 2,3 e 2,6 MJ/pass-km, enquanto os ônibus apresentam 0,6 a 0,8 MJ/pass-km (em 1992). No estudo de Hong Kong, segundo Boyden et alli(1981), os ônibus tipo dois andares "JUMBO" da cidade de Hong Kong apresentavam 0,18 MJ/pass-km, os ônibus mais leves 1,04 MJ/pass-km, enquanto os ônibus dois andares britânicos possuem entre 0,23-0,38 MJ/pass-km.

O gás CO₂ também foi considerado poluente, devido à alta taxa de liberação concentrada no espaço urbano de circulação. Também foi contabilizada a parcela de CO₂ relativa aos veículos movidos a álcool, apesar da literatura afirmar que por ter origem de biomassa, este CO₂ seria novamente capturado. Entretanto, ele faz parte das emissões totais de Curitiba, e participa ativamente do efeito de ilhas de calor em termos locais.

O que mais assusta é a frota de ônibus urbano, que corresponde somente a 0,3% da frota total analisada, é responsável por 53,5% das emissões de NO_x, 28,4% das emissões de SO_x, 6,9% de HC (todos responsáveis pela formação do O₃, resultante do Smog Fotoquímico) e também por 10,6% das emissões de CO₂.

A figura 53 mostra com mais detalhe quais são os modais responsáveis pelas emissões da frota de ônibus urbano. Foi construído em termos relativos às emissões totais de cada poluente e mostra a participação de cada modal em sua emissão.

Figura 53 - Participação percentual da frota de veículos leves (gasolina e álcool) e frota de ônibus urbano nas emissões gasosas em Curitiba 1997

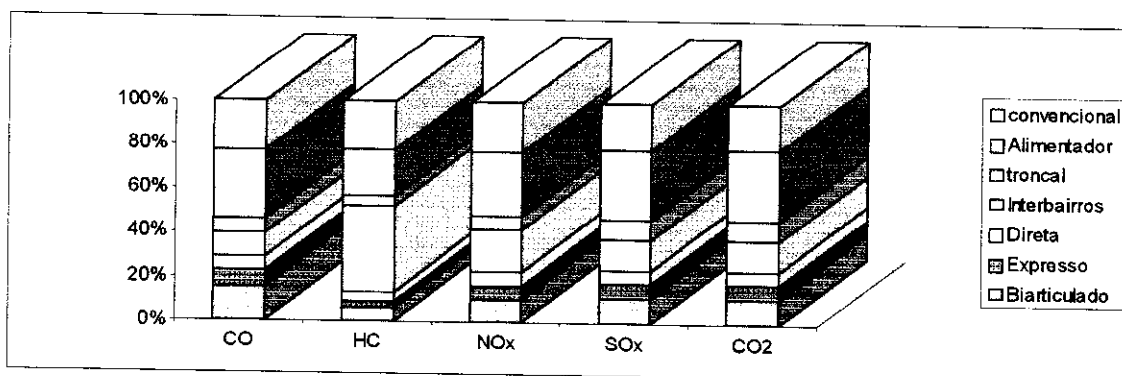


Fonte: elaborado a partir do inventário de emissões gasosas calculado na seção 5.3.2

Estas emissões dependem de vários fatores: a quilometragem percorrida por ano, do tipo e ano dos veículos, do lay-out do veículo, do tipo de motor e potência, das condições de tráfego, dos fatores de emissão para cada motor novo, do peso total e da forma que o motorista conduz.

Em termos de emissões de CO, NO_x, SO_x e CO₂ o modal Alimentador é o que sai na frente, seguido pelo Convencional. Em termos de emissão de HC, o Interbairros é o pior de todos. O Biarticulado também participa com 15,4% das emissões de CO, com 10,4% das emissões de NO_x, 11,3% de SO_x e 11,3% de CO₂.

Figura 54 - Participação relativa dos modais da RIT nas emissões totais devido aos ônibus urbanos.



Fonte: elaborado a partir do inventário de emissões gasosas calculado na seção 5.3.2

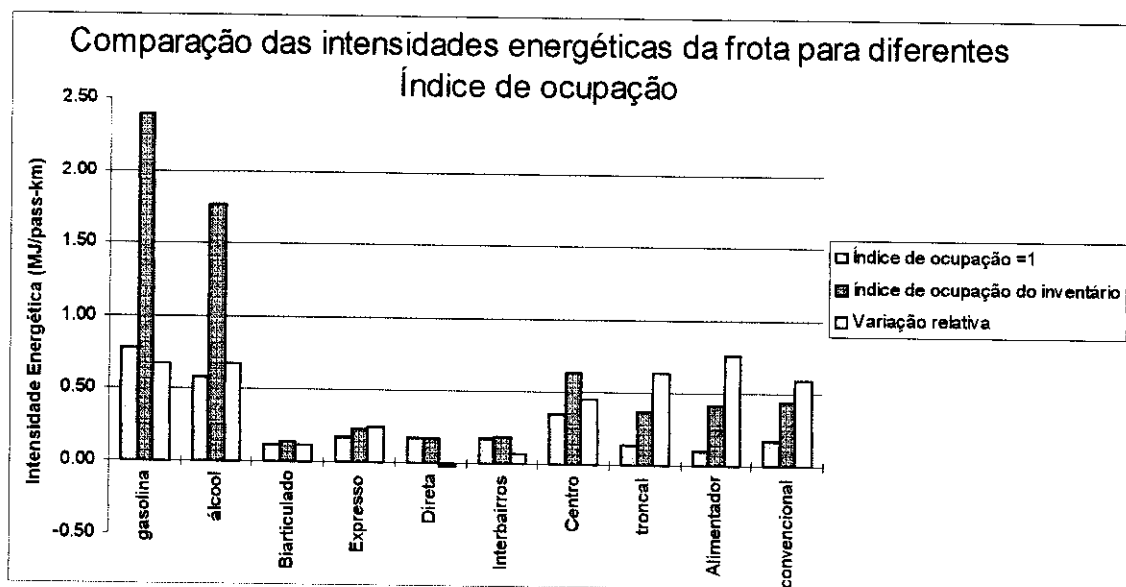
Voltando à análise da intensidade energética, visto na Tabela 38, se o índice de ocupação fosse máximo para todos os modais, o que significaria saturação do Sistema Veículos, a intensidade energética seria a mínima para todo o sistema com exceção do Linha Direta, pois ele é o único modal que trabalha sobreocupado (acima de sua capacidade - lotado). A Figura 54 mostra como seria a intensidade do sistema para máxima ocupação.

É interessante notar que nesta situação hipotética, o Alimentador seria o mais eficiente em termos energéticos, e conseqüentemente, em termos ambientais também.

Um outro indicador importante é a emissão média percapita causada pelo sistema de transporte. Esse indicador mede a contribuição média de cada cidadão pelo tráfego de veículos, em termos gerais. Ele mostra o padrão médio de emissão por habitante. Este índice foi calculado para a emissão global de CO₂ devido ao sistema de circulação da Cidade de Curitiba e está apresentado na análise de Cenários que será realizada na próxima seção.

Há três cenários comparando as emissões totais e a emissão percapita entre os cenários de Curitiba, e estes resultados são colocados em relação a três cidades brasileiras para poder contextualizar as análises.

Figura 55 - Avaliação da intensidade energética em termos de índice de capacidade



6.1.2.1.1. Análise de Cenários de Emissão de CO₂

Nesta seção estão os resultados do estudo de cenários com base no indicador de emissão de CO₂ (Mton e ton/per capita).

Foram escolhidas três cidades, uma planejada como o caso de Belo Horizonte, e outras duas que cresceram meio desordenadamente, como São Paulo e Rio de Janeiro.

Foram construídos três cenários de emissão para Curitiba, Belo Horizonte, Rio de Janeiro e São Paulo:

- 1) Tradicional
- 2) Conservativo 1
- 3) Conservativo 2

As premissas utilizadas na construção de cenários foram o consumo de gasool (L/km), de gasolina (L/km), o consumo de diesel (L/km), o PMA e a quilometragem diária/veíc. Estas premissas se mantiveram constante para os três cenários e para as três cidades (ver Anexo 10).

As variáveis deste estudo de tendências estão baseadas na relação hab/veículo, taxa de crescimento da frota total/ano, taxa de crescimento populacional/ano, relação ônibus/1000habitantes e a taxa de acréscimo da porcentagem de veículos leves/ veículos totais.

O cenário Tradicional mostra a tendência atual, ocorrida neste últimos dois anos, de crescimento de frota e da população. Mantém-se as mesmas proporções de ônibus por habitante e veículos leves/frota total.

Nos cenários Conservativos, diminui o crescimento da frota de veículos em Curitiba, mantém a mesma taxa de crescimento populacional, aumenta a taxa de ônibus/1000 habitantes e diminui a taxa de crescimento de veículos leves pela frota total.

A relação ônibus/1000 habitantes em Curitiba é 1,35, maior das quatro cidades, mostrando o nível de serviço em termos de oferta de ônibus à população. A cidade de Curitiba possui 2,34 habitantes/veículos, a menor das quatro cidades. E se continuar neste ritmo, em 2013 terá o mesmo padrão americano, de 1,22 habitantes/veículo. Como isto afetará a vida de Curitiba?

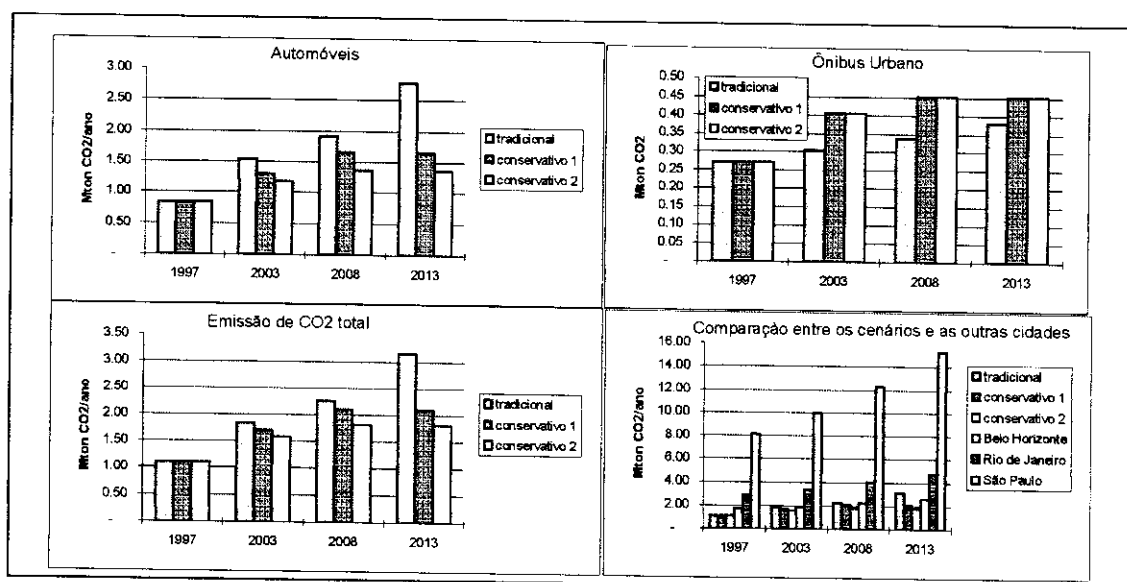
Cada habitante de Curitiba, já no ano 2003 será responsável por 1,16 ton de CO₂/ano lançadas na atmosfera pela queima de gasolina e diesel. O dobro das emissões de um habitante de São Paulo e Belo Horizonte. Esse cidadão curitibano estará contribuindo sem saber para o efeito estufa, sem contar na emissão de outros poluentes que não estão contemplados nesta análise.

O mais impressionante é que esse índice chega a ser maior que Belo Horizonte, Rio de Janeiro e São Paulo. Isto pode ser explicado pelo fato das cidades do Rio de Janeiro e de São Paulo já terem chegado a um esgotamento de seu sistema viário e urbano, restringindo a taxa de crescimento de sua frota.

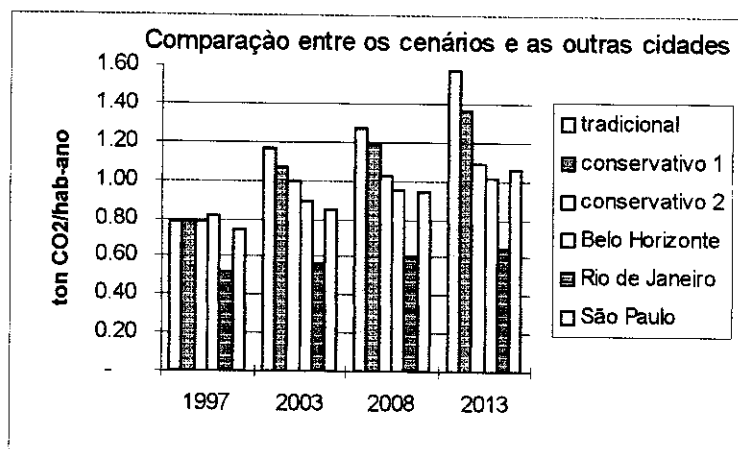
Se Curitiba continuar neste ritmo de motorização, logo terá que começar a construir viadutos e mais vias expressas para suportar a frota que estará circulando pelo ano 2013.

Como pode ser visto na Figura 56, somente com uma diminuição da taxa de crescimento da frota de Curitiba, de 7,6% para 6% e 4% (Cenários Conservativo 1 e 2 respectivamente), esta última no mesmo nível da taxa da Cidade do Rio de Janeiro, as emissões foram reduzidas em até 50%.

Figura 56 Cenários de Emissões para veículos Leves e ônibus urbano em Curitiba



Além disso, no Cenário 2, a emissão percapita se mantém no nível das outras cidades, apesar do padrão de emissão de CO₂ por habitante em Curitiba ainda ser o maior, 1,09 contra 1,06 para São Paulo, 1,01 para Belo horizonte e 0,65 para o Rio de Janeiro, como pode ser visto na Figura 57.

Figura 57 -Avaliação dos Cenários para a intensidade de emissão de CO₂

6.1.2.1.2. Impactos do Consumo de espaço Urbano pelas Obras Viárias

O consumo estático (% da malha total) do sistema da RIT é cerca de 30% da malha total. O restante 70% é percorrido preferencialmente por veículos leves comerciais ou de passeio. Mesmo assim, a RIT abrange 80% da área do município, com um índice de consumo de 3,42 km de via/km².

É sabido que os transportes induzem ao desenvolvimento urbano, fomentando a ocupação do solo pela valorização das terras. Entretanto, o uso indiscriminado do solo, está sendo visto como um dos mais graves problemas de contaminação hídrica e do solo.




A Região Sul e Sudeste da cidade de Curitiba está situada sobre os domínios geoambiental **1** e **13** segundo o mapa da Figura 11, com um adensamento populacional médio em torno de 45 hab/hectare⁵⁶. Esta é uma das regiões mais frágeis à construção de obras viárias, por ser um terreno alagadiço, com o lençol freático superficial⁵⁷. Desta maneira foi preciso canalizar alguns rios e aterrar muitas áreas para a criação dos terminais, da malha viária e de sua pavimentação.

Principalmente onde ocorre o zoneamento quadricular, algumas ruas acabaram ficando em um nível mais elevado em relação às quadras

⁵⁶ 1 hectare=10000m². segundo IPPUC (1994)

residenciais (como no bairro do Boqueirão, por exemplo), e assim cada quarteirão acabou se tornando um pequeno dique, armazenando água por falta de escoamento. Desta forma, os moradores destas regiões, já acostumados com as enchentes freqüentes em época de chuva (verão), acabaram construindo suas casas num nível mais elevado do solo e canais de drenagem no terreno.

Os principais problemas devido às obras viárias nestas regiões podem ser resumidos em:

-  Mudança do regime hídrico dos rios da bacia do Iguaçu que atravessam a cidade, devido à canalização e ao fluxo de drenagem feita pelo solo.
-  Aumento do risco de enchentes, de contaminação do solo e do lençol principalmente quando as fossas sépticas transbordam. Ainda em alguns bairros, não existe sistema de coleta de esgoto, estando este correndo a céu aberto em canais que margeiam as ruas. Aumento da insalubridade nestas regiões.
-  Mudança da taxa de evapotranspiração destas regiões, comprometendo as trocas térmicas com o aumento das ilhas de calor.

Para mitigar estes efeitos, alguns cuidados devem ser tomados na construção de vias, como um sistema de drenagem adequado para receber e escoar o maior volume de água na época de maior precipitação pluvial. Manutenção dos canais e sua limpeza também são fundamentais.

6.1.2.2. Dimensão Antrópica e Institucional

Há três tabelas-resumo, utilizando a metodologia apresentada por Vasconcellos em seu livro “Transporte Urbano, espaço e Equidade”. Essas

⁵⁷ Ver Anexo 4

tabelas colocam em evidência as principais características da atmosfera política por onde circula o Sistema de Transportes de Curitiba.

Dentro da análise política, a Tabela 39a mostra um resumo dos principais agentes que participam ou participaram direta ou indiretamente da formulação e implementação de políticas no Sistema de Transportes em Curitiba. Os agentes foram situados em suas esferas de controle e especificou-se a área de atuação.

O sistema de transportes vem sofrendo várias influências políticas a partir de várias dimensões que acabam determinando a trajetória de suas características. Na Tabela 39b, aparecem as principais características das políticas urbanas, de transporte e de trânsito, onde foi adicionada a dimensão ambiental e energética na análise.

E para terminar a análise sobre os impactos sociais nesta seção, na Tabela 40 estão apresentados alguns impactos sobre os principais papéis representados pelo munícipe. Os resultados apresentados nesta tabela estão baseados no relatório de "Qualidade de Vida em Curitiba", IPPUC. Segundo Vasconcellos, o cidadão assume vários papéis quando está vivendo na cidade, sob o ponto de vista da circulação, sendo os principais papéis classificados em: Residente, Pedestre, Passageiro de transporte público, Motorista de automóvel e de táxi. Não foi analisado o motorista de caminhão e foi acrescentado o ciclista.

Um estudo mais profundo para analisar esses impactos sob o ponto de vista econômico, como externalidades fica como sugestão.

A discussão termina, a seguir no item 6.2, com a metodologia empregada no cálculo do consumo de combustíveis, dos fatores de emissão e da própria emissão da frota. Esta discussão é importante que se faça, pois é necessário analisar os procedimentos e os bancos de dados utilizados, para estar aperfeiçoando as técnicas envolvidas no cálculo daqueles indicadores.

Tabela 39a - Resumo dos Agentes Políticos

| Esfera | Agente | Área de Atuação/ação |
|---------------|--|--|
| Mundial | Banco Mundial | Incentivo ao desenvolvimento urbano e do transporte |
| Federal | Setor Econômico | Política Econômica de concentração da renda Investimento em transportes e infraestrutura viária Financiamento da habitação de classe média |
| | Ministério dos Transportes | Incentivo ao desenvolvimento de Políticas de Transportes em nível (inter) nacional e regional |
| | Ministério de Minas e Energia | Política de incentivo ao uso de combustíveis Subsídios para o diesel, álcool, eletricidade etc. |
| | CONAMA / PROCONVE | Controle das Emissões veiculares para Veículos novos |
| Estadual | IPARDES CODEPAR/Badep ^a | Programa de Desenvolvimento Financiamento para a elaboração do Plano Diretor |
| Municipal | IPPUC URBS CTA ^b | Zoneamento e Uso do Solo/ Planejamento da RIT Implantação e gestão da RIT Controle do trânsito da Cidade |
| Privada | Empresas de ônibus Indústria automobilística | Operação das linhas de ônibus por concessão Incentivo ao transporte individual/ Desenvolvimento de ônibus especiais para a RIT |
| | Postos de Gasolina Setor imobiliário Imprensa Empreiteiras | Incentivo ao uso de combustíveis fósseis Expansão/renovação urbana Críticas e Educação Construção e manutenção das vias |
| Sociedade | Engenheiros, Arquitetos e Planejadores Institutos, sindicatos e associações Universidade | Criação do IPPUC e da URBS Influência nas políticas pesquisas |

^a - Companhia de Desenvolvimento Econômico do Paraná, transformou-se em 1972 no Banco de Desenvolvimento do Estado do Paraná, extinto em 1991

^b - Até 1997, o CTA pertencia ao IPPUC, passando a fazer parte da URBS a partir de 1998

Fonte: Elaboração própria com base nos dados históricos de urbanização de Curitiba a partir de 1971 e na metodologia da análise política do Capítulo 3.

Tabela 39b - Características das Políticas

Tabela 39b - Características das Políticas

| Dimensão | Política | Ações |
|-----------------------|-------------------------|---|
| Institucional e Legal | Transportes | Criação da RIT que passa a ser gerida pela única concessionária URBS(1987) |
| | Trânsito | Pelo novo código de trânsito nacional (1997) O CTA passa a fazer parte da URBS |
| | Trânsito | Implantação do CTA - malha central e Instalação do SMAT ao longo das canaletas em 1978 |
| Econômica | Nacional | Concentração de renda |
| | Urbana | Financiamento da habitação da classe média |
| | Transportes Trânsito | Investimento no sistema de transporte coletivo Investimento na operação do trânsito |
| Administrativa | Transportes | Inovação na gestão de transportes terceirização da operação |
| | Trânsito | Terceirização da operação do controle |
| Técnica | Urbana | Plano Diretor (1965) e Lei de Zoneamento (1975) |
| | Transportes | Melhorias nos ônibus urbanos - Articulado e biarticulado |
| | Trânsito | Cristalização do sistema semafórico Controle por lombadas eletrônicas |
| Energética | Nacional Transportes | Pró-álcool automotivo (década de 80) Uso de álcool na gasolina e incentivo ao desenvolvimento de frota movida álcool |
| Ambiental | Transportes | Homologação de ônibus novos |

Tabela 40 - Impactos sobre os principais papéis

| Papel | | Impactos |
|----------------------------------|---------------|---|
| Residentes | classe média | Qualidade de vida razoável, problemas com poluição e acidentes próximo aos eixos estruturais |
| | Trabalhadores | Periferização Aumento das distâncias entre o centro comercial Segregação nos bairros próximos a zonas industriais |
| Pedestre ciclista | | Segurança agravada em algumas regiões e melhor em outras (calçadas no centro) certa segurança |
| Passageiro de transporte público | | Acessibilidade melhorada a RIT Fluidez média a elevada (faixas exclusivas) Certo conforto |
| Motorista de Automóvel e de táxi | | Acessibilidade elevada Fluidez elevada Segurança deficiente |

6.2. Análise da Metodologia

Comparação entre as Metodologias 1 e 2 para cálculo de consumo de energia: Parâmetros PMA, Consumo de Energia e Emissões

Foram utilizados dois métodos para calcular o consumo de energia, um baseado na matriz energética e outro na estimativa da frota circulante total e do PMA.

Comparando os valores encontrados no Método 1 e no Método 2, empregados no Cap 5, para o consumo de combustíveis, chega-se a valores muito diferentes. O resultado da matriz energética (Método 1) é o que apresenta menor consumo de gasolina e de álcool, vide Tabela 41. No Método 2, conforme a seção 5.3.2.2, utilizou-se dados de PMA de três fontes: Petrobrás, CETESB e Curitiba.

O que pode ser percebido é que ao adotar um enfoque mais nacional (Petrobrás), ocorre uma superestimação do consumo de energia e, conseqüentemente de emissões se comparado com o enfoque mais regional da RMSP e de Curitiba. Entretanto, mesmo utilizando um enfoque mais regional, a diferença é muito grande, chamando a atenção sobre a base de dados utilizada.

Tabela 41 - Consumo de Energia Método 1 X Método2.

| | Método 1 | | Método 2 | | | Método 2 / Método 1 | | |
|---------------|--------------------------------|-----------------------|----------------------|--------------------|----------------|---------------------|-------------|--|
| | 1997 Matriz Energ. 1000 tep | Petrobrás 1000 tep | Curitiba 1000 tep | CETESB 1000 tep | Petrobrás % | Curitiba % | CETESB % | |
| gasolina | 248.64 | 548.58 | 344.82 | 325.21 | 220.63 | 138.68 | 130.80 | |
| álcool anidro | 45.06 | 104.22 | 65.51 | 61.78 | 231.29 | 145.38 | 137.12 | |
| álcool hidra | 81.47 | 200.13 | 124.55 | 117.50 | 245.65 | 152.88 | 144.22 | |

Para efeito de comparação entre PMAs médios, foi tomado o valor de consumo total de gasolina dado pela Matriz Energética (Método 1). Dividiu-o pela frota total de automóveis movidos à gasolina (356.191 veículos), e pelo autonomia de 10,37 L/100km. Feitas todas as conversões, chegou-se ao resultado de um PMA de 11.181 km. Na tabela abaixo, faz-se uma comparação entre os PMA, encontrados para cada método.

Tabela 42 - Comparação entre os PMA : Método 1 X Método 2

| 1997 | Método 1 | Método 2 | | |
|----------|----------------|-----------|----------|--------|
| | Matriz Energ.* | Petrobrás | Curitiba | CETESB |
| PMA (km) | 11,182 | 24,455 | 15,223 | 14,361 |

*- Valor teórico, para fins de comparação.

Há valores de PMA muito diferentes: Segundo o método 1, a quilometragem média anual é inferior a menor de todas do método 2. Isto significa que, se o consumo de gasolina for representado pela matriz energética, a frota de veículos leves andou menos durante 1997. Ou então, se houvesse percorrido o mesmo PMA de "Curitiba", a frota deveria ser 261.638 veículos, menor do que a registrada pelo Detran/PR. As dúvidas que surgem ao ver este resultado sugerem revisar o tipo de levantamento realizado atualmente sobre o banco de dados.

Incertezas no cálculo das emissões

Conforme foi visto, o cálculo dos indicadores de consumo de energia e de emissão dos veículos que circulam em uma cidade, numa região ou num país, envolve a utilização de bancos de dados atualizados e confiáveis.

Basicamente três tipos de dados foram utilizados para o cálculo de emissões:

- a) PMA por ano de uso.
- b) O inventário da frota circulante, desagregada por tipo de veículo por ano de uso e por tipo de combustível.
- c) Os fatores de emissão para veículos novos e os fatores de deterioração.
- d) Condições de tráfego e estado tecnológico.

Entretanto, deparou-se com vários problemas quando estes dados foram levantados:

- a) PMA - os valores da quilometragem média anual são imprecisos. Não existe atualmente um banco de dados formado a partir de levantamentos reais da quilometragem rodada, para todo tipo de veículo, em função da idade,

teóricos como aquele realizado pela Petrobrás, que está baseado num estudo microeconômico entre o PMA da frota nacional e outras variáveis como poder aquisitivo, preço dos combustíveis etc, com um espaço amostral muito amplo, negligenciando as diferenças da realidade urbana e rural. O levantamento da CETESB já se restringe à RMSP, entretanto também envolve deslocamentos intermunicipais de uma frota gigantesca com uma estrutura viária quase saturada. O levantamento realizado para Curitiba também não reflete totalmente a realidade, haja visto que se limita a estimativas realizadas pelas concessionárias e dados de pesquisa de revista quatro rodas. Desta maneira, conclui-se que há um alto grau de incerteza quando se utiliza os levantamentos acima referidos para veículos particulares. Entretanto, para a frota de ônibus urbano o problema com o PMA não existe, sendo toda a operação controlada, pois o pagamento que é feito pela URBS às empresas operadoras está baseado na quilometragem.

- b) A frota circulante: esta é uma outra incógnita da equação. Os dados do Detran em geral tendem a superestimar a frota circulante no município ou na região⁵⁸. A frota levantada pelo Detran /PR foi avaliada como um inventário de excelente qualidade, inclusive pelo grau de informações que puderam ser desagregadas: idade, tipo de veículo e tipo de combustível. Entretanto, esta frota corresponde àquela licenciada pelo Detran e ninguém garante que ela esteja circulando de fato pela Cidade de Curitiba. Vários fatores podem contribuir para isso: veículos particulares licenciados em Curitiba que por ventura circulam em São Paulo ou em outra cidade, devido ao proprietário do veículo estar vivendo temporariamente fora de Curitiba. Ou o contrário, veículos particulares que circulam em Curitiba e são licenciados em outras cidades. Ou veículos que são licenciados e não circulam, devido por exemplo, ao uso de outros modos de transportes. Veículos particulares que circulam e não são licenciados. O número de veículos por família e a faixa de renda são outros fatores que influem na taxa de utilização do veículo. Assim, a frota circulante passa a não corresponder a um número fixo constante, mas sim dinâmico, dependendo das múltiplas atividades dos

habitantes da cidade, uma frota muito mais ligada à dinâmica da circulação. Com relação à frota de ônibus urbano, ela passa a ser facilmente conhecida, graças ao controle de operação e manutenção realizado constantemente pelas operadoras e pela URBS.

- c) Os fatores de Emissão e de Deterioração - Os valores dos fatores de emissão para veículos leves é um parâmetro calculado experimentalmente. São levantados por ensaios realizados pela CETESB, com base nas normas NB-6601, corrigidos por fatores recomendados pela U.S.E.P.A.. Entretanto, há ressalvas quanto à confiabilidade estatística dos resultados encontrados. Primeiro, porque refletem uma emissão característica das seguintes condições: velocidade média de tráfego urbano de 31,5 km/h; temperatura ambiente entre 20 e 30°C, umidade relativa do ar entre 40 e 60%. Se as condições são muito diferentes, é necessário efetuar correções nos fatores. Segundo, porque o levantamento dos fatores de deterioração da nova série histórica representativa da frota em função das melhorias no rendimento dos motores e da utilização de sistemas de controle de emissão dos veículos velhos (normas consideradas obrigatória pelo novo código de trânsito) é ainda muito insipiente, precisando ser aprofundada seu estudo para novos inventários de emissão.

Para os veículos pesados, o problema com relação aos fatores de emissão ainda é maior, primeiro por não haver um laboratório brasileiro que realize este levantamento sistemático, como ocorre com os fatores de veículos leves. Não há uma série histórica com médias representativas dos motores diesel, para cada modelo e ano de fabricação. Utiliza-se fatores de emissão em função da potência requerida pelo motor, que depende das condições de operação dos ônibus nas vias. Com relação aos fatores de deterioração, a questão é ainda discutida, pois há diferenças dos fatores da EPA, em função da qualidade do diesel utilizado no Brasil.

- d) As condições de tráfego - determinar as velocidades de tráfego pode ser uma tarefa aparentemente simples, entretanto ela varia ao longo do dia, em função do número de veículos, dos planos dos semáforos, do tipo de via e

do motorista e das razões de sua viagem. O fluxo de veículos em uma determinada via depende do tipo de zoneamento onde esta via percorre, se é residencial ou comercial, por exemplo, os fluxos serão totalmente diferentes. As emissões gasosas dependem da velocidade e da potência requerida do motor. Assim, conhecer estas variáveis ajuda a quantificar as emissões.

As metodologias utilizadas neste trabalho serviram para calcular as emissões da frota da cidade, ao levantar o inventário de emissões globais. Entretanto outros aspectos não puderam ser desenvolvidos, como medir a concentração dos gases poluentes nas vias e verificar o efeito de dispersão na sua concentração, ou verificar a ocorrência de áreas mais afetadas pela poluição atmosférica do que outras na cidade.

É sabido que em Curitiba os ventos mais fortes sopram de Nordeste a Sudoeste, levando os poluentes para a região onde está situada a CIC e Araucária. Estas regiões devem ter mais elevadas as concentrações de poluentes. Em algumas épocas do ano os ventos se invertem, levando toda a poluição atmosférica destes lugares para a Cidade de Curitiba, aumentando seriamente a concentração de poluentes. Entretanto não há medidas muito precisas sobre essas concentrações. **Fica como sugestão estudar como é realizada a dispersão dos poluentes nos eixos estruturais, nas regiões industriais e nas vias perimetrais⁵⁹, para determinar a concentração destes poluentes e assim verificar se está dentro dos limites obrigatórios do CONAMA (ver Anexo 6).**

Fica registrado aqui a ressalva a respeito dos impactos que terá sobre o setor energético e principalmente sobre o meio ambiente a crescente motorização de Curitiba. A ida de montadoras para a Região Metropolitana de Curitiba remonta São Paulo, no início da década de 70, quando o ABC industrial abrigava a Volkswagen, a Ford e outras montadoras. A escolha pelo modal rodoviariasta em Curitiba terá que ser revista, se se quiser ainda propagar a "Onda Verde" da Capital ecológica para o ano 2000. Os resultados mostram

⁵⁹ Estas vias vêm apresentando um crescimento intenso de seu tráfego, e logo serão convertidas em novos eixos estruturais interbairros, criando um anel viário ao redor da cidade.

que o padrão de consumo médio de energia por habitante para transportes é elevada e as tendências mostram que isso tende a aumentar ainda mais se a taxa de motorização continuar como está atualmente.

O inventário de emissão de Curitiba também é um dos frutos deste trabalho, e certamente poderá servir de inspiração para que sejam realizados inventários anuais de emissões mais aprimorados como faz a CETESB em São Paulo: incluindo as emissões por transporte de cargas e pelas indústrias em Curitiba e na sua Região Metropolitana RMC.

Este é um momento adequado para que os técnicos responsáveis pelo meio ambiente em Curitiba dominem a questão do controle preventivo da poluição atmosférica, adequando o crescimento inevitável da rede de transportes e da expansão industrial na RMC a algum programa de diminuição do consumo de energia e de emissão de poluentes. Medidas preventivas e mitigadoras poderão ser tomadas tendo como referência diagnósticos desta natureza.

As cidades dos países em desenvolvimento podem encontrar alternativas criativas na diminuição de suas emissões gasosas, com o uso de fontes renováveis, da biomassa, para gerar energia e mover seus veículos. O Brasil deu esse grande salto ao utilizar o álcool da cana de açúcar na composição da gasolina. A partir deste Agosto de 1998, o gasool passará a ter 24% de álcool anidro na sua composição e ainda. Há a possibilidade de utilização de biodiesel, a partir do óleo de soja, nos veículos com motor ciclo Diesel.

Capítulo 7

7. Recomendações

As recomendações aqui apresentadas servem como base para trabalhos posteriores que possam dar continuidade a este estudo sobre o metabolismo urbano e do sistema de transporte.

1. Aprofundar o estudo sobre Curitiba nas seguintes questões:

- ◆ RIT - Realizar um estudo de avaliação econômica, energética e ambiental de substituição dos ônibus das linhas Alimentadoras por lotações (Vans) movidas a álcool, ou a gás ciclo OTTO, trafegando com mesma velocidade média, em relação aos ônibus diesel (19 km/h), mas com alta capacidade (lotados 80 - 100%). Verificar os impactos no consumo energético, nas emissões e na qualidade do serviço. O que mudaria na atual política de remuneração dos transportes públicos de Curitiba com a inserção do serviço terceirizado de Vans públicas e de light rails pelas operadoras?
- ◆ RIT- Estudo de avaliação econômica e energética da utilização de pequenos trólebus de alta capacidade na região central da cidade, substituindo o circular centro.
- ◆ RIT Intermodal - Existem ferrovias que atravessam Curitiba por três linhas férreas, duas vindas da Região Oeste (primeira saindo de Araucária passando pelo estação Rodoférrea no Centro de Curitiba, continuando em direção a Pinhais e outra, saindo também de Araucária, margeando o Rio Iguaçu, dividindo-se numa linha que passa por São José dos Pinhais e outra que continua nas margens do Iguaçu, encontrando com a primeira na altura do Rio Atuba, seguindo juntas por Pinhais. A terceira saindo da estação Rodoférrea indo em direção a Região Norte). Por quê não aproveitar para transporte de passageiros e poder fazer uma rede intermodal metropolitana?
- ◆ De que maneira a vinda das montadoras à RM de Curitiba irá afetar a taxa de congestionamento e de poluição atmosférica no município e em seus arredores?

- ◆ Realizar pesquisas de origem-destino na cidade e correlacioná-los com os deslocamentos futuros da política de planejamento urbano.
- ◆ Estudar o aproveitamento dos Eixos Estruturais para criação de “Eixo das Flores”, com ampliação da área verde nestas vias, com plantio de árvores de crescimento rápido (para absorver o CO₂).
- ◆ Identificar a emissão em tempo real nas ruas de Curitiba e identificar os pontos mais críticos para implementar medidas preventivas e mitigadoras

2. Aprofundar questões mais gerais:

- ◆ Dar continuidade ao estudo do metabolismo urbano, completando a Figura 2 do capítulo 1, estudando os outros fluxos: recursos hídricos, suas limitações, os impactos da utilização inadequada do solo, fluxo de materiais em Curitiba. Problemas ambientais relacionados ao lixo, etc.
- ◆ Como a política de planejamento urbano pode influenciar na eficiência energética e na eficácia ambiental dos componentes do sistema de transportes?
- ◆ Construir um modelo de demanda de transportes urbanos internalizando os custos pelo uso final de energia, utilizando os índices levantados neste trabalho: intensidade energética e fatores de emissão.
- ◆ Implementar bancos de dados sobre transportes mais completos, de acordo com a Agenda 21⁶¹.

O DETRAN poderia matar “três coelhos” com um licenciamento só: PMA, Local de circulação e renda familiar

Com a integração dos Detrans, poderia ser levantada informações mais detalhadas sobre o veículo e o condutor. No formulário para preenchimento do licenciamento do veículo, três novos itens poderiam aparecer, tais como:

- 1) Qual foi a quilometragem total no último ano e a quilometragem acumulada do veículo?
- 2) Cidade onde atualmente o veículo circula?

3) Qual a renda familiar atual?

3. Utilização dos Indicadores

Os indicadores aqui calculados poderiam ser utilizados, em primeiro lugar, como um “termômetro” do metabolismo do sistema de transporte, medindo a eficiência energética e a eficácia sócioambiental, como pontos de referência do controle de consumo de recursos e de emissão de poluentes (atmosféricos, sólidos e líquidos).

A Figura 58 apresenta um outro uso dos indicadores dentro do planejamento urbano e de sistemas de transportes, utilizando os indicadores das dimensões energéticas, ambientais e sociais nos modelos de demanda.

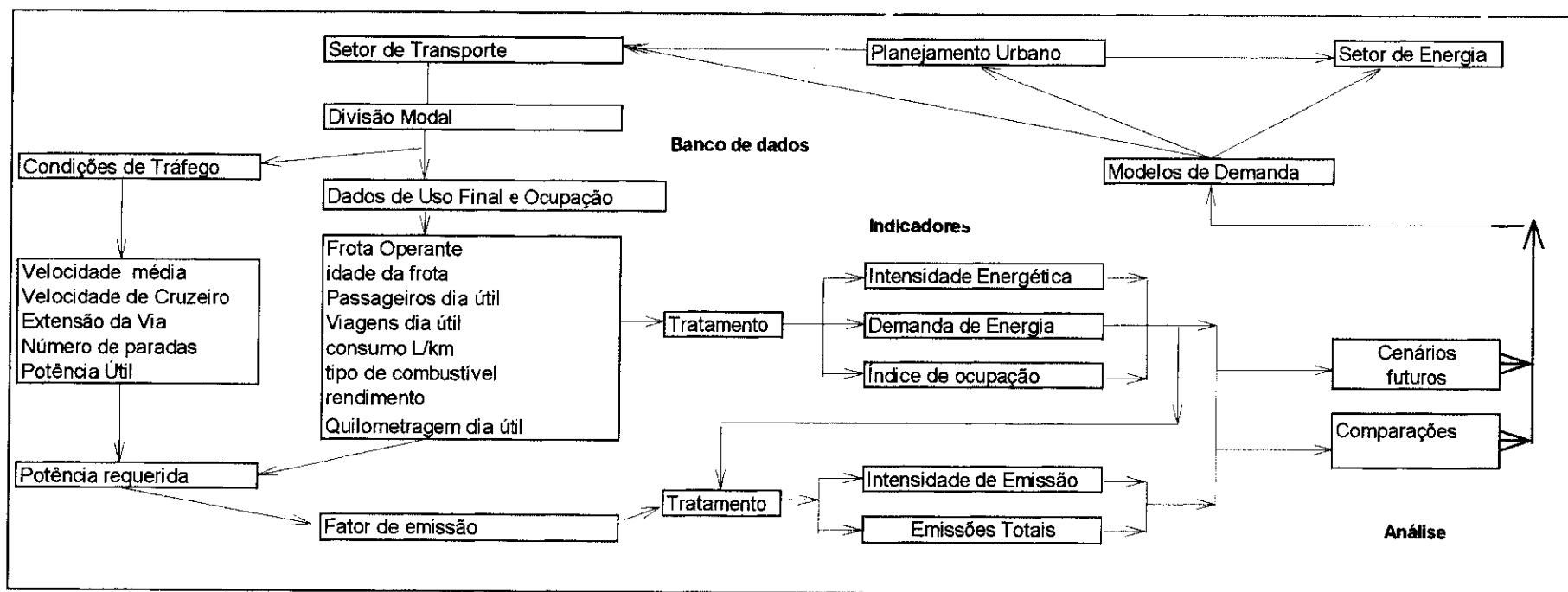
4. Usos do Diagnóstico do Metabolismo Urbano

Dentro das recomendações, está a de utilização deste estudo como subsídio e instrumento para novas pesquisas, bem como na implementação de medidas preventivas e mitigadoras aos problemas urbanos.

- **Formulação de Planejamentos Sustentáveis**, provendo uma visão do todo ao mesmo tempo, garantindo a aplicação local das ações mitigadoras e dos resultados obtidos nos estudos.
- **Criação de Centros de Estudos sobre O Ecossistema Urbano**. Onde ocorreriam fóruns de discussão e um foco de convergência de profissionais de diversas áreas, bem como a documentação referente ao meio urbano.
- **Educação Ambiental**, propiciar a conscientização da população e a sensibilização dos governantes.
- **Novas Pesquisas**, reforçando o aprimoramento e renovação de técnicas de pesquisas interdisciplinares neste campo.

⁶¹ Ver Anexo 0

Figura 58 - Uso da Metodologia Para Implementar o Planejamento integrado entre Planejamento urbano, Transportes e Energia



Fonte: Elaborado pela autora/1998

Capítulo 8

8. Conclusão

As análises e críticas sobre os resultados e a metodologia empregada no decurso deste trabalho permitiram chegar a conclusões importantes que puderam apoiar as propostas deste estudo.

A primeira conclusão refere-se à proposta de utilização do termo “metabolismo energético” aplicada a uma cidade e ao seu sistema de circulação. O termo “metabolismo urbano” foi amplamente utilizado pelo MAB11, a partir da década de 70, nos estudos realizados sobre a relação homem e biosfera. Entretanto, o termo “metabolismo energético” aparece como uma novidade, focalizando os aspectos dos processos urbanos onde a energia é a fundamental coadjuvante, catalisadora do crescimento das cidades, da mudança na qualidade de vida e dos sérios impactos sobre o meio ambiente.

Ao fazer referência ao sistema de transportes como parte do sistema de circulação da cidade, abre-se uma perspectiva mais ampla e próxima da dinâmica da realidade do espaço urbano, segundo Vasconcellos, baseada na idéia central do espaço coletivo de circulação. É exatamente neste espaço coletivo de circulação onde ocorre o metabolismo de energia extrasomática mais intenso da cidade, com um consumo massivo de combustíveis fósseis, onde também se encontram os postos de armazenagem da energia na forma de combustíveis e, principalmente, onde se despejam toneladas de poluentes diariamente devido ao uso de veículos automotivos. Não podendo esquecer também que neste espaço ocorrem os maiores conflitos sociais, pelo consumo diferenciado do espaço urbano pelas classes sociais.

A cidade de Curitiba possui um metabolismo energético elevado, comparável a cidades dos países desenvolvidos, sendo o seu sistema de circulação responsável pela maior intensidade energética (Mtep/R\$/ano) e pelo maior consumo percapita dentro da cidade.

Dentro do sistema de circulação, a maior parte do consumo de energia e de emissões atmosféricas é decorrente dos veículos leves movidos a gasolina. Os veículos a gasolina possuem a maior intensidade energética (MJ/pass-km) e a maior intensidade de emissão de gases poluentes. O álcool nos veículos leves

reduz a intensidade energética e a emissão dos poluentes na frota de veículos leves. Os ônibus urbanos ainda são responsáveis por mais da metade das emissões de NOx na Cidade de Curitiba.

O sistema da RIT, Rede Integrada de Transportes Urbanos, em termos globais é responsável pela melhor eficiência energética e do índice de ocupação do sistema de circulação. Os modais que circulam pelos Eixos Estruturais (Biarticulado, Expresso e Linha Direta) e nas vias perimetrais (Interbairros) são os mais eficientes sob o ponto de vista energético e de ocupação de sua capacidade. O Biarticulado, o Linha Direta e o Interbairros apresentaram os menores índices de intensidade de emissão gasosa. O modal Circular Centro apresenta o pior desempenho em termos de intensidade energética, enquanto os modais Alimentador, Troncal e Convencional tiveram razoável desempenho energético e os mais baixos índices de ocupação de sua capacidade, levando o título de os modais mais poluidores da RIT, os sujeitos. Estudos que possibilitem a melhoria na eficiência energética destes modais devem ser incentivados, como foi recomendado no capítulo 6 e 7.

Conclui-se também que a utilização adequada das ferramentas do planejamento urbano serviram para construir uma infraestrutura de circulação casada com o uso do solo, possibilitando melhores condições de tráfego e de prioridade ao transporte coletivo. O sistema de vias, com eixos estruturais, canaletas exclusivas e terminais de integração, unido com o sistema de veículos desenhados para a RIT mostram que é possível integrar criatividade à eficiência energética. Entretanto, conclui-se também que não foi contemplada na RIT a integração intermodal, constatando a inexistência do transporte de passageiros por trens. Poderiam ser implementados estudos de “re”nascimento deste modal, agora que novos projetos de expansão da RIT estão sendo feitos para a Região Metropolitana de Curitiba.

A metodologia empregada consegue atingir seus objetivos de compreensão dos fluxos de energia e de emissão gasosa advindos dos processos que ocorrem nos subsistemas de circulação da cidade. Entretanto esta modelagem possui limitações, pois os índices levantados não avaliam o que de fato ocorre

nas ruas da cidade, e nem os impactos indiretos sobre o meio ambiente e sobre os cidadãos. Conclui-se que é necessário aprofundar o estudo, conforme foi visto nas recomendações no Capítulo 7.

Com base nas conclusões acima, espera-se que este trabalho venha a servir de subsídio para formulação de novos planos que incluam as dimensões energética e ambiental em suas diretrizes, indo ao encontro de saídas criativas que atendam o documento que rege a Agenda 21.

E que venha servir de referência aos tomadores de decisão, para que suas ações possam suprir a demanda por sustentabilidade que o sistema de circulação (transportes) e o próprio sistema urbano vivem atualmente nas cidades brasileiras.

Anexos

Anexo 0 - O Ecossistema Urbano

Os centros urbanos concentram metade da população do mundo atualmente. O crescimento demográfico nos aglomerados foi, em parte, devido à migração das populações rurais para as áreas urbanas e à própria multiplicação natural da população nas cidades.

E juntamente com a alta densidade populacional, aumenta-se o metabolismo urbano, pelo consumo de grandes quantidades de energia e pela produção de enormes quantidades de resíduos, causando consideráveis impactos sobre o meio ambiente. Cresce o nível de marginalidade, principal impacto social gerada pela violência urbana e pelo desemprego.

A responsabilidade dos planejadores e administradores das cidades se tornou tão grande quanto as dificuldades em prover o mínimo de condições de moradia, transporte, alimentação, saúde, emprego, educação e lazer necessárias para o bem-estar dos cidadãos. Segundo Grinover, a experiência tem mostrado que as diretrizes setoriais e compartimentadas, que tentaram tratar dos problemas urbanos, não obtiveram bons resultados na prática do planejamento e na administração destes sistemas.

Assim, houve a necessidade de repensar sobre um novo paradigma de diretrizes que levassem em consideração uma relação intersetorial e integrada entre as dimensões ambientais, sociais e econômicas, para um desenvolvimento sustentável ajustando-se aos diferentes estágios de desenvolvimento econômico e à diversidade cultural.

A cidade como um ecossistema

A formulação de uma teoria ecológica urbana fácil de compreender, possuindo como núcleo o conceito de ecossistema, resulta do interesse e de trabalhos de uma equipe multidisciplinar constituída por geógrafos, antropólogos, sociólogos, engenheiros, arquitetos e planejadores sobre o meio urbano. Na década de trinta, a renomada Escola de Chicago tentou uma transposição de conceitos ecológicos aplicados à sociologia. O interesse das Ciências Humanas pela incorporação de conceitos ambientais é muito anterior aos

nossos dias, conforme PARÉS et al. (1985), já sendo registrado desde 1935 nos EUA por TANSLEY.

Entretanto, os esforços da Escola de Chicago não conseguem ir mais além do que a criação de um mar de terminologias, sem grande progresso na compreensão profunda do sistema urbano. Não obstante, pelo menos houve o mérito de se manter o interesse dos sociólogos pela ecologia biológica durante o período em que esta ciência estava se desenvolvendo.

Em 1942, LINDEMANN estabelecia o modelo geral de fluxo de energia em um ecossistema e, a partir de então, progrediu substancialmente a formulação geral de ecossistema, como um conjunto de elementos físicos e bióticos em interação por uma série de intercâmbios de energia e matéria. A visão do metabolismo de uma cidade foi descrito primeiramente por A. Wolman, na década de 60, utilizando o modelo de fluxo de energia e matéria. A equipe de H. T. Odum, na Flórida, a partir do final da década de setenta insistiu na utilização da análise energética e da construção de matrizes de avaliação ambiental para melhorar as análises tradicionais de custos e benefícios econômicos sobre os bens gratuitos, ou seja, os custos ambientais difíceis de incorporar como externalidades ao planejamento econômico tradicional.

A introdução da visão ecológica aos centros urbanos, como foi visto, não é tão recente assim e tem amadurecido, através de pesquisas e programas, para avançar na elaboração de melhores planejamentos urbanos e regionais. É possível introduzir a dimensão ambiental no planejamento e na administração dos sistemas urbanos, ao enraizar-se no melhor conhecimento e na compreensão dos complexos sistemas humanos.

MAB/UNESCO, um programa sobre o ecossistema urbano

Não se pode deixar de fazer menção aos estudos realizados nesta direção pela UNESCO através do Programa MAB¹ em parceria com universidades, prefeituras e centros de pesquisas. Segundo Grinover(1994), desde o início da

¹ Man And Biosphere Program/UNESCO, possui mais de mil projetos em 14 áreas de estudo e aplicação.

década de 70, o Programa MAB (Homem e Biosfera) da UNESCO considera as cidades, onde metade da população do mundo vive e trabalha, como sistemas ecológicos.

Através do desenvolvimento de agendas e pesquisas em 77 países, várias cidades e aglomerados humanos, o MAB tem contribuído para estabelecer as bases para a formulação de um paradigma ecológico para os sistemas urbanos e testar as diretrizes conceituais e metodológicas interdisciplinares e integradas para a pesquisa orientada no problema que objetiva a compreensão destes sistemas sociais complexos.

Estas pesquisas, conforme CELECIA (1994), puderam contribuir para melhorar o planejamento, a administração e as políticas, e mais especificamente, tornar as cidades menos impactantes, diminuindo sua “pegada ecológica” sobre as terras próximas ou distantes das quais dependem o abastecimento de energia, de materiais, de alimento e de mão de obra. Ademais, as pesquisas do MAB11 têm procurado trazer instrumentos e diretrizes às cidades estudadas para torná-las mais habitáveis e humanas, através de planejamentos mais harmonizados com o uso sustentável e equitativo dos recursos naturais, com o envolvimento da população local.

Entretanto, sob uma visão crítica dos resultados obtidos deste programa, tem sido um grande desafio incorporar este tipo de visão, além da aplicação de ações concretas apontadas para os problemas

Várias dificuldades se apresentam no caminho desta incorporação: desde a formulação do paradigma e os modelos que integram uma visão mais transdisciplinar e sistêmica de uma cidade, passando pela quantificação dos parâmetros e índices que identificam as grandezas a serem estudadas, até chegar a um conjunto de resultados que quantitativa e qualitativamente se aproximam da realidade e que sirvam de orientadores para as diretrizes, políticas e ações no planejamento urbano.

Diversos projetos pioneiros foram executados ao longo destes vinte anos, como: Hong Kong, Frankfurt, Gotland, Roma, Toronto, Tokyo, Barcelona, Viena, Daytona, Moscou, São Paulo, Porto Alegre entre outras, as quais levaram em consideração diferentes pontos de interesses, por exemplo, fluxo

de energia e de massa, percepção das interfaces urbana e rural dentro de seus arcabouços teóricos e reconheceram a necessidade de adotar estratégias regionais e subregionais em função da grande diversidade biogeográfica, social, cultural e política em que se encontram os sistemas humanos.

Especialmente no projeto de Hong Kong, iniciado no início da década de 70, introduziu-se o termo “Metabolismo de Uma Cidade”, utilizado inicialmente por A. Wolman, onde se faz uma comparação entre uma cidade e um grande organismo vivo imóvel que consome O₂, água, matéria orgânica e energia, eliminando gases CO₂, CO, SO_x, NO_x, resíduos líquidos e sólidos. E, tanto no estudo da cidade de Hong Kong, em BOYDEM et al. (1981), pioneiro para a época, quanto na cidade de Barcelona em PARÉS et al. (1985), quantificou-se variados aspectos do metabolismo. As metodologias utilizadas nestes estudos foram desenvolvidas pela Universidade de Camberra, Austrália e pelo “Centre Del Medi Urbà”, Barcelona, Espanha, respectivamente. Com algumas adaptações, utilizou-se destes estudos, um conjunto de instrumentos para a análise do diagnóstico energético da cidade de Curitiba, em especial do metabolismo de seu sistema de transportes .

O encontro Rio/92, promovido pelo UNCED² no Rio de Janeiro em 1992, tratou de diversos assuntos sobre o meio ambiente. Porém, segundo Grinover(1994), muitos problemas urbanos não foram discutidos, perdendo-se uma importante oportunidade de enquadrá-los dentro da perspectiva dos problemas globais da “Agenda21”. Mesmo assim, as linhas gerais ditadas neste documento puderam contribuir para fomentar a discussão do papel dos centros urbanos nos impactos globais ao ecossistema.

Dois encontros naquele mesmo ano, realizados pela UNESCO, “Homem - Cidade - Natureza, A Cultura atual” no Rio de Janeiro e em Curitiba, cujos documentos “A Declaração do Rio” e “Declaração de Curitiba”³ trataram de desenvolver ações mobilizando as autoridades locais para seguirem as diretrizes da Agenda21, incorporando todas as medidas necessárias para sua

² United Nations Conference on The Environment And Development

³ Documento assinado pelo World Urban Forum

implementação nos planejamentos nos centros urbanos, enfatizando a participação da comunidade e dos representantes de vários setores da sociedade local.

Agenda 21: Cidades Sustentáveis, Transporte Sustentável

Como foi citado anteriormente, o encontro no Rio/92 possibilitou um redirecionamento dos programas voltados ao meio ambiente e desenvolvimento. A Agenda 21 mostra, em linhas gerais, as principais diretrizes a serem tomadas para o caminho da sustentabilidade. Dentro deste documento (ver no Anexo 1, parte dos capítulos 7 e 9) estão descritos os principais objetivos na promoção de sistemas sustentáveis de energia e de transporte nos assentamentos humanos, assim como a proteção da atmosfera. Com base na questão energética, na melhora da eficiência e do consumo da energia e na integração dos vários níveis de planejamento, ressalta-se o papel representado pelos transportes, descrito no item 7.52, do capítulo 7 daquele documento, nos seguintes termos :

“Uma abordagem abrangente da questão do planejamento e manejo dos transportes urbanos deve ser a promoção de sistemas de transporte eficientes e ambientalmente saudáveis em todos os países. Para esse fim, todos os países devem:

(a) Integrar o planejamento de uso do solo e transportes, com vistas a estimular modelos de desenvolvimento que reduzam a demanda de transportes;

(b) Adotar programas de transportes urbanos que favoreçam transportes públicos com grande capacidade nos países em que isso for apropriado;

(c) Estimular modos não motorizados de transporte, com a construção de ciclovias e vias para pedestres seguras nos centros urbanos e suburbanos nos países em que isso for apropriado;

(d) Dedicar especial atenção ao manejo eficaz do tráfego, ao funcionamento eficiente dos transportes públicos e à manutenção da infra-estrutura de transportes;

(e) Promover o intercâmbio de informação entre os países e os representantes das áreas locais e metropolitanas;

(f) Reavaliar os atuais modelos de consumo e produção com o objetivo de reduzir o uso de energia e de recursos nacionais.”

Dentro da perspectiva da proteção da atmosfera, a promoção do desenvolvimento sustentável abarca todos os setores, principalmente aqueles consumidores de combustíveis fósseis e emissores de gases de efeito local, regional e global. Assim (ver no Anexo1), como "todas as fontes de energia deverão ser usadas de maneira a respeitar a atmosfera, a saúde humana e o meio ambiente como um todo", a necessidade de controlar as emissões gasosas deverá ser baseada na eficiência, na produção, na distribuição e no consumo de energia, utilizando cada vez mais fontes renováveis.

Na questão envolvendo os transportes em relação à atmosfera, traçaram-se objetivos e diretrizes referentes às emissões. Foram extraídas e transcritas abaixo aquelas que norteiam este trabalho de dissertação:

“(a) Fortalecer, conforme apropriado, seus esforços para coletar, analisar e estabelecer intercâmbio de informações pertinentes sobre a relação entre meio ambiente e transportes, com ênfase especial para a observação sistemática das emissões e o desenvolvimento de um banco de dados sobre transportes;

- (b) Em conformidade com as prioridades nacionais em matéria de desenvolvimento sócio-econômico e meio ambiente, avaliar e, conforme apropriado, promover políticas ou programas eficazes no que diz respeito à relação custo/benefício, que incluam medidas administrativas, sociais e econômicas, com o objetivo de estimular o uso de meios de transporte que minimizem os impactos adversos sobre a atmosfera;
- (c) Desenvolver ou aperfeiçoar, conforme apropriado, mecanismos que integrem as estratégias de planejamento da área dos transportes e as estratégias de planejamento dos assentamentos urbanos e regionais, com vistas a reduzir os efeitos do transporte sobre o meio ambiente”.

Anexo 1- Metodologia Para O Cálculo Da Potência Útil Para Veículos

O cálculo da potência útil durante a operação do veículo foi retirado de Matson (1955)⁴ e depende das resistências as quais enfrentam os veículos em movimento. Os valores estão em unidades britânicas com exceção do peso que está em unidades internacionais

1. Potência útil para vencer a resistência ao rolamento:

$$HP_{rol} = \frac{1,47 R_r W_t V}{550}$$

2. Potência útil para vencer a resistência do ar:

$$HP_{ar} = \frac{0,0017 A V^2 1,47 V}{550}$$

3. Potência útil para vencer o desnível:

$$HP_{nível} = \frac{1,47 W_t V 20 G}{550}$$

4. Potência útil para acelerar ou desacelerar o veículo:

$$HP = \frac{W_t (V_1 + V_2)}{750}$$

Onde tem-se que :

R_r = resistência ao rolamento, que depende do tipo de revestimento da via, no caso asfalto é igual a 23 lb/ton

W_t = peso do veículo com sua capacidade total (ton)

V = velocidade de cruzeiro em milhas por hora

A = área frontal do veículo (ft²)

G = desnível, usado aqui em torno de 2%

V_1 = Velocidade de Cruzeiro milha por hora

V_2 = Velocidade de parada = zero

HP_{rol} = Potência usada pelo eixo para vencer o rolamento (HP ou cv)

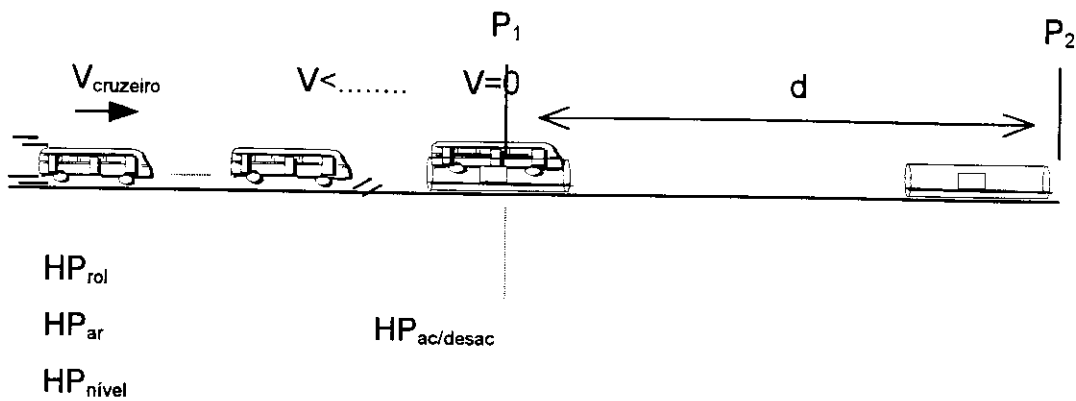
HP_{ar} = Potência útil para vencer a resistência do ar (HP ou cv)

$HP_{nível}$ = Potência útil para vencer o desnível

HP = potência para parar ou acelerar o veículo

⁴ MATSON, T., SMITH, W., HURD, F. *Traffic Engineering*, McGraw-Hill, p25-43, 1955

A figura a seguir representa a trajetória do veículo, entre cada parada P1 e P2, com as respectivas potências necessárias para cada regime de velocidade.



O cálculo da potência útil total depende também do número de paradas por km, pois para cada nova arrancada/km utiliza-se $HP_{\text{ac/desac}}$.

Assim, um fator de paradas deve ser calculado para multiplicar aquela potência: $F_p = \frac{1000}{d}$

d

d = distância entre os pontos de parada (m)

A potência útil total é calculada da seguinte maneira:

$$HP_{\text{útil total}} = HP_{\text{rol}} + HP_{\text{nivel}} + HP_{\text{ac/desac}} * F_p$$

Este procedimento está sendo utilizado pela primeira vez para o cálculo dos fatores de emissão de ônibus a diesel, visto no Capítulo 5

Anexo 2- Fatores de Emissão de Veículos⁵

A emissão dos gases de escapamento dos veículos leves novos é determinada através de ensaios conforme a norma NBR-6601 - Análise dos Gases de Escapamento de Veículos Rodoviários Automotores Leves a Gasolina.

A emissão dos gases de escapamento de veículos pesados é determinada por ensaio em bancada NBR 5478, no caso da medição do grau de enegrecimento emitido por motor a diesel. Os outros fatores são utilizados da U.S.E.P.A., por não haver uma estrutura laboratorial nacional.

Fator de Emissão para Veículos Leves Novos

Os fatores de emissão FE para veículos à álcool e à gasolina obtidos dos ensaios conforme NBR 6601 refletem uma emissão característica das seguintes condições: velocidade média de tráfego urbano de 31,5 km/h; temperatura ambiente de 20 a 30 °C; umidade relativa do ar entre 40 e 60%

Fator de Emissão de Veículos Leves

No cap 5, na Tabela 26, estão os fatores de emissão para veículos leves novos, ensaiados pela CETESB.

Fator de Deterioração para emissão de CO e HC:

| | Pré 1977 | 1977 em diante |
|-------------|-------------------------------|--------------------------------|
| $FD_{HC} =$ | $\frac{7.25 + 0.18 Y}{7.25}$ | $\frac{4.43 + 0.25Y}{4.43}$ |
| $FD_{CO} =$ | $\frac{78.27 + 2.5 Y}{78.27}$ | $\frac{56.34 + 2.55 Y}{56.34}$ |

Sendo :

$Y =$ quilometragem acumulada pelo veículo

161000

⁵ CETESB(1994) - Inventário de Emissão Veicular - Metodologia de Cálculo, São Paulo, 1992

O valor de Y utilizado tem seu limite a 6.27, admitindo-se que após percorrido 100 mil quilômetros, equivalendo a 7 anos de uso do veículo, passa a ocorrer uma estabilização na degradação média.

Para NOx, foi considerado não haver deterioração ao longo do tempo (FD=1) Com o aumento da frota usando catalisadores, estes fatores devem ser revistos para futuros cálculos

Metodologia para Cálculo de Emissões

$$E_f = FE_f \text{ km média } N 10^{-9}$$

O cálculo da emissão total de cada poluente e do Fator de Emissão da Frota é representado nas Tabelas do Anexo 3, sendo:

coluna (1) - distribuição da frota por ano-modelo

coluna (2) - quilometragem média anual por faixa etária

coluna (3) - número de veículos para cada ano

coluna (4) - participação porcentual de cada ano-modelo na frota total

coluna (5) - participação porcentual dos veículos na quilometragem total

percorrida, de acordo com a seguinte fórmula: $(5) = \frac{(3) * (2) * 100}{\Sigma [(3)*(2)]}$

$$\Sigma [(3)*(2)]$$

Coluna (6), (7), (8), (9) e (10), fatores de emissão para veículos usados ($FE_{\text{veículos novos}} \cdot FD$)

Os fatores de emissão da frota são calculados pela equação:

$$FE_f = \frac{\Sigma [(5) * (FE)]}{100}$$

$$100$$

Neste caso foram calculados os FE para três tipos de distribuição de quilometragem, dada pela Petrobrás⁶, em nível Nacional, pela CETESB, para a Região Metropolitana de São Paulo e para Curitiba.

⁶ A quilometragem média veicular é função da idade do veículo, do preço do combustível e do nível de renda da população. Assim calcula-se o consumo unitário de cada veículo de idade i, categoria g (comerciais leves ou passeio) e combustível c. Através de uma identidade contábil estima-se a quilometragem percorrida.

$$D_{p,c,i,t} = U_{p,c,i,t} / C_{p,c,i,t}$$

Cálculo do fator de emissão para SO_x

O FE para o SO_x pode ser calculado pela seguinte equação:

$$FE_{(SO_x)} = \frac{M_{SO_2} \cdot d \cdot S}{M_S \cdot 100 \cdot C}$$

Onde:

M_{SO₂} : Massa molecular de SO₂ (64g/gmol)

M_S : massa molecular do S (32g/gmol)

d : massa específica do combustível

S : porcentagem de enxofre no combustível (%)

C : consumo médio de combustível (km/L)

Para os veículos a gasool, considerou-se d= 755g/L, S=0.11% e C = autonomia média, calculada anteriormente.

Para os veículos a diesel, considerou-se d= 850 g/L, S= 0.4% e C + calculado para cada modal

Para veículos a álcool, a emissão de SO_x foi considerada desprezível

Cálculo da Emissão de CO₂

No gasool:

| Gasool | Gasolina | Álcool |
|-------------------------------|-----------------|---------------|
| % no Gasool | 78 | 22 |
| densidade g/L | 0.735 | 0.7915 |
| % de CO ₂ devido a | 84,16 | 15,84 |

Através do consumo de energia, pode-se avaliar as emissões de CO₂, pelos fatores dados pela EPA, retirado do Balanço Energético do Estado de São Paulo.

C diesel = calculado para cada modal TJ/ano

Cgasolina = calculado para a frota leve TJ/ano

F diesel - 70.4 ton CO₂/TJ

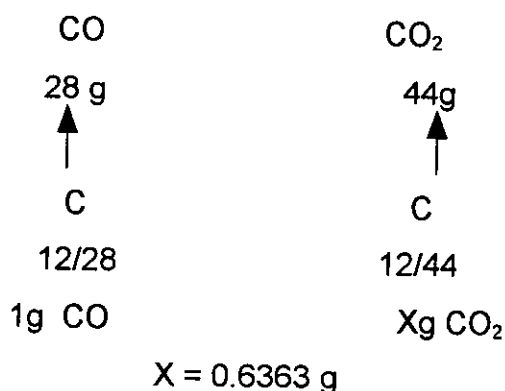
F gasolina - 65.8 Ton CO₂/TJ

E_{CO₂} = ton CO₂/ ano, para combustão completa

Para cada combustível, tem-se $E_{CO_2} = C * F$

Como nos motores a combustão é incompleta, existe uma parcela de CO expressiva, principalmente nos gases de escapamento no motor OTTO.

Assim, faz-se uma relação entre a parcela de CO que se forma, retirando do total de CO₂. Por balanço de carbono



assim, para cada 1g de CO que se forma retira 0.6363 g de CO₂ das emissões totais.

Assim o balanço de CO₂ fica $\Rightarrow ER_{CO_2} = E_{CO_2} - E_{CO} * 0.6363$

onde ER - emissões reais de CO₂.

O fator de emissão de CO₂ é determinado da seguinte maneira, para cada tipo de frota:

$$FE_{CO_2} = ER / PMA$$

Fatores de Emissão Para Veiculos Leves - Frota 1997 Cidade de Curitiba

| coluna 7 | | | coluna 8 | | | coluna 9 | | | | coluna 10 | | | coluna 11 | |
|-------------|------------|-------------|--------------|-------------|-------------|----------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|---------------------|----------------------|
| Fhc g/km | HC g/km | %km x HC | FNOx g/km | Nox g/km | %km x HC | Fdhco | Fhco g/km | HCO g/km | %km x HC | FCO2 g/km | CO2 g/km | %km x HC | Evaporativa g/km | %km x Evaporativa |
| 3.75 | 4.72 | 126.64 | 1.09 | 1.09 | 29.15 | 1.21 | 0.04 | 0.05 | 1.38 | 150.70 | 150.70 | 4.041.16 | 4.30 | 115.31 |
| 1.70 | 2.30 | 1.41 | 1.8 | 1.80 | 1.10 | 1.35 | 0.04 | 0.05 | 0.03 | 177.1 | 177.11 | 108.53 | 4.30 | 2.63 |
| 1.60 | 2.17 | 3.54 | 1.6 | 1.60 | 2.62 | 1.35 | 0.04 | 0.05 | 0.09 | 178.7 | 178.70 | 292.43 | 4.30 | 7.04 |
| 1.40 | 1.90 | 5.92 | 1.4 | 1.40 | 4.37 | 1.35 | 0.04 | 0.05 | 0.17 | 193.4 | 193.40 | 604.00 | 0.43 | 1.34 |
| 1.30 | 1.76 | 5.74 | 1.3 | 1.30 | 4.24 | 1.35 | 0.04 | 0.05 | 0.18 | 193.4 | 193.40 | 630.25 | 0.43 | 1.40 |
| 0.60 | 0.81 | 2.69 | 0.6 | 0.60 | 1.99 | 1.35 | 0.01 | 0.02 | 0.06 | 193.4 | 193.40 | 640.69 | 0.32 | 1.06 |
| 0.60 | 0.81 | 4.62 | 0.8 | 0.80 | 4.55 | 1.35 | 0.02 | 0.03 | 0.17 | 193.4 | 193.40 | 1,100.83 | 0.32 | 1.82 |
| 0.60 | 0.85 | 7.05 | 0.7 | 0.70 | 5.78 | 1.42 | 0.04 | 0.05 | 0.42 | 193.4 | 193.40 | 1,597.39 | 0.32 | 2.64 |
| 0.60 | 0.80 | 10.51 | 0.7 | 0.70 | 9.25 | 1.33 | 0.04 | 0.05 | 0.63 | 206.9 | 206.90 | 2,732.75 | 0.32 | 4.23 |
| 0.40 | 0.49 | 7.22 | 0.5 | 0.50 | 7.38 | 1.22 | 0.02 | 0.02 | 0.34 | 207.0 | 207.00 | 3,053.26 | 0.32 | 4.72 |
| 0.20 | 0.22 | 4.45 | 0.3 | 0.30 | 5.98 | 1.11 | 0.01 | 0.01 | 0.16 | 207.0 | 207.00 | 4,128.38 | 0.32 | 6.38 |
| | 1.80 | 179.78 | | 0.76 | 76.40 | | | 0.04 | 3.63 | | 189.30 | 18,929.67 | 1.49 | 148.58 |
| | 16 | | | 7 | | | | 0.32 | | | 1,659 | | 13 | |

| coluna 7 | | | coluna 8 | | | coluna 9 | | | | coluna 10 | | | coluna 11 | |
|-------------|------------|-------------|--------------|-------------|-------------|----------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|---------------------|----------------------|
| Fhc g/km | HC g/km | %km x HC | FNOx g/km | NOx g/km | %km x HC | Fdhco | Fhco g/km | HCO g/km | %km x HC | FCO2 g/km | CO2 g/km | %km x HC | Evaporativa g/km | %km x Evaporativa |
| 1.59 | 2.15 | 95.78 | 1.37 | 1.37 | 60.85 | 0.01 | 0.15 | 0.00 | 0.07 | 173.90 | 173.90 | 7,730.50 | 1.80 | 80.02 |
| 1.70 | 2.30 | 20.69 | 1.4 | 1.40 | 12.58 | 1.35 | 0.11 | 0.15 | 1.34 | 164.2 | 164.18 | 1,475.70 | 1.80 | 16.18 |
| 1.60 | 2.17 | 14.32 | 1.1 | 1.10 | 7.27 | 1.35 | 0.11 | 0.15 | 0.98 | 163.6 | 163.64 | 1,081.78 | 1.80 | 11.90 |
| 1.30 | 1.76 | 2.91 | 1.2 | 1.20 | 1.98 | 1.35 | 0.11 | 0.15 | 0.25 | 163.1 | 163.10 | 269.33 | 0.29 | 0.48 |
| 1.10 | 1.49 | 4.33 | 1.0 | 1.00 | 2.91 | 1.35 | 0.11 | 0.15 | 0.43 | 165.6 | 165.60 | 481.73 | 0.29 | 0.84 |
| 0.60 | 0.81 | 3.52 | 0.5 | 0.50 | 2.17 | 1.35 | 0.04 | 0.05 | 0.21 | 165.6 | 165.60 | 718.15 | 0.14 | 0.61 |
| 0.70 | 0.95 | 6.01 | 0.6 | 0.60 | 3.81 | 1.35 | 0.02 | 0.03 | 0.19 | 165.6 | 165.60 | 1,050.81 | 0.14 | 0.89 |
| 0.70 | 1.00 | 3.53 | 0.7 | 0.70 | 2.48 | 1.42 | 0.04 | 0.06 | 0.21 | 165.6 | 165.60 | 586.36 | 0.14 | 0.50 |
| 0.70 | 0.93 | 1.09 | 0.7 | 0.70 | 0.82 | 1.33 | 0.04 | 0.06 | 0.07 | 164.9 | 164.90 | 193.63 | 0.14 | 0.16 |
| 0.60 | 0.73 | 0.12 | 0.7 | 0.70 | 0.12 | 1.22 | 0.04 | 0.05 | 0.01 | 164.9 | 164.90 | 27.88 | 0.14 | 0.02 |
| 0.30 | 0.33 | 0.01 | 0.3 | 0.30 | 0.01 | 1.11 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 164.9 | 164.90 | 2.98 | 0.14 | 0.00 |
| | 1.52 | 152.31 | | 0.95 | 95.00 | | | 0.04 | 3.75 | | 136.19 | 13,618.85 | 1.12 | 111.60 |
| | 3 | | | 2 | | | | 0.08 | | | 276 | | 2 | |

Fatores de Emissão Para Veiculos Leves - Frota 1997 Cidade de Curitiba

197

| coluna 12a | | coluna 1 | coluna 13 | |
|-------------------|--------------------|----------------|-----------|-----------|
| Autonomia L/100km | %veic. x Autonomia | Autonomia km/L | SOx g/km | %km x Sox |
| 11.61 | 311.21 | 8.62 | 0.19 | 5.17 |
| 10.82 | 6.63 | 9.24 | 0.18 | 0.11 |
| 10.57 | 17.30 | 9.46 | 0.18 | 0.29 |
| 10.47 | 32.69 | 9.55 | 0.17 | 0.54 |
| 10.28 | 33.50 | 9.73 | 0.17 | 0.56 |
| 9.63 | 31.92 | 10.38 | 0.16 | 0.53 |
| 9.64 | 54.89 | 10.37 | 0.16 | 0.91 |
| 9.65 | 79.67 | 10.37 | 0.16 | 1.32 |
| 10.22 | 135.04 | 9.78 | 0.17 | 2.24 |
| 10.15 | 149.69 | 9.85 | 0.17 | 2.49 |
| 9.69 | 193.32 | 10.32 | 0.16 | 3.21 |
| 10.46 | 1,045.86 | 9.56 | 0.17 | 17.37 |

2

| coluna 12a | | coluna 1 | coluna 13 | |
|-------------------|--------------------|----------------|-----------|-----------|
| Autonomia L/100km | %veic. x Autonomia | Autonomia km/L | SOx g/km | %km x Sox |
| 16.83 | 747.98 | 5.94 | - | - |
| 15.59 | 140.08 | 6.42 | - | - |
| 15.43 | 102.03 | 6.48 | - | - |
| 14.62 | 24.14 | 6.84 | - | - |
| 14.38 | 41.82 | 6.96 | - | - |
| 13.44 | 58.27 | 7.44 | - | - |
| 13.56 | 86.05 | 7.37 | - | - |
| 13.67 | 48.39 | 7.32 | - | - |
| 13.55 | 15.91 | 7.38 | - | - |
| 13.36 | 2.26 | 7.48 | - | - |
| 12.83 | 0.23 | 7.79 | - | - |
| 12.67 | 1,267.16 | 7.89 | - | - |

Anexos

Fatores de Emissão Para Veiculos Leves - Frota 1997 Cidade de Curitiba

Tabela 4 - Fatores de Emissão Para a Frota de Veiculos a Gasolina em Curitiba 1997 dados de PMA de Curitiba

| coluna 1 | coluna 2 | coluna 3 | coluna 4 | | coluna 5 | | | Coluna 6 | | | | | |
|--------------|----------------|-----------------|--------------|----------------|--------------|--------------|------|-------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|------|----------|
| Ano Modelo | Km Anual | Número Veiculos | % Veic | km x % veiculo | % Km | km acumulado | Y | Fdco | Fco g/km | CO g/km | % kmx CO | Fdhc | Fhc g/km |
| Pré-88 | 9500 | 130938 | 36.8 | 3,492 | 22.9 | 165400 | 6.27 | 1.24 | 42.96 | 53.43 | 1,225.82 | 1.26 | 3.75 |
| 88 | 10800 | 2814 | 0.8 | 85 | 0.6 | 155900 | 6.27 | 1.28 | 18.50 | 23.75 | 13.31 | 1.35 | 1.70 |
| 89 | 11300 | 7067 | 2.0 | 224 | 1.5 | 145100 | 6.27 | 1.28 | 15.20 | 19.51 | 28.74 | 1.35 | 1.60 |
| 90 | 12000 | 12388 | 3.5 | 417 | 2.7 | 133800 | 6.27 | 1.28 | 13.30 | 17.07 | 46.81 | 1.35 | 1.40 |
| 91 | 13000 | 12330 | 3.5 | 450 | 3.0 | 121800 | 6.27 | 1.28 | 11.50 | 14.76 | 43.64 | 1.35 | 1.30 |
| 92 | 13800 | 11770 | 3.3 | 456 | 3.0 | 108800 | 6.27 | 1.28 | 6.20 | 7.96 | 23.84 | 1.35 | 0.60 |
| 93 | 14500 | 19022 | 5.3 | 774 | 5.1 | 95000 | 6.27 | 1.28 | 6.30 | 8.09 | 41.14 | 1.35 | 0.60 |
| 94 | 15500 | 25948 | 7.3 | 1,129 | 7.4 | 80500 | 5.00 | 1.23 | 6.00 | 7.36 | 54.58 | 1.28 | 0.60 |
| 95 | 18000 | 39185 | 11.0 | 1,980 | 13.0 | 65000 | 4.04 | 1.18 | 6.00 | 7.10 | 92.31 | 1.23 | 0.60 |
| 96 | 22000 | 41521 | 11.7 | 2,565 | 16.8 | 47000 | 2.92 | 1.13 | 6.00 | 6.79 | 114.44 | 1.23 | 0.60 |
| 97 | 25000 | 53208 | 14.9 | 3,735 | 24.5 | 25000 | 1.55 | 1.07 | 1.20 | 1.28 | 31.51 | 1.09 | 0.20 |
| total | 15222.6 | 356191 | 100.0 | 15,308 | 100.0 | | | Fator de emissão médio | | 17.16 | 1,716.15 | | |
| | | | | | | | | Total de emissão | 1000 ton | 93.57 | | | |

Tabela 5 - Fatores de Emissão Para a Frota de Veiculos a álcool em Curitiba 1997

| coluna 1 | coluna 2 | coluna 3 | coluna 4 | | coluna 5 | | | Coluna 6 | | | | | |
|--------------|----------------|-----------------|--------------|----------------|--------------|--------------|------|-------------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------|------|----------|
| Ano Modelo | Km Anual | Número Veiculos | % Veic | km x % veiculo | % Km | km acumulado | Y | Fdco | Fco g/km | Fe _{corr} CO g/km | % kmx CO | Fdhc | Fhc g/km |
| Pré-88 | 9500 | 62931 | 60.9 | 5,789 | 38.0 | 165400 | 6.27 | 1.28 | 16.77 | 21.52 | 818.53 | 1.35 | 1.59 |
| 88 | 10800 | 11967 | 11.6 | 1,252 | 8.2 | 155900 | 6.27 | 1.28 | 13.30 | 17.07 | 140.38 | 1.35 | 1.70 |
| 89 | 11300 | 8277 | 8.0 | 908 | 5.9 | 145100 | 6.27 | 1.28 | 12.80 | 16.43 | 97.77 | 1.35 | 1.60 |
| 90 | 12000 | 1899 | 1.8 | 221 | 1.4 | 133800 | 6.27 | 1.28 | 10.80 | 13.86 | 20.10 | 1.35 | 1.30 |
| 91 | 13000 | 3191 | 3.1 | 402 | 2.6 | 121800 | 6.27 | 1.28 | 8.40 | 10.78 | 28.46 | 1.35 | 1.10 |
| 92 | 13800 | 4467 | 4.3 | 597 | 3.9 | 108800 | 6.27 | 1.28 | 3.60 | 4.62 | 18.12 | 1.35 | 0.60 |
| 93 | 14500 | 6148 | 6.0 | 863 | 5.7 | 95000 | 6.27 | 1.28 | 4.20 | 5.39 | 30.58 | 1.35 | 0.70 |
| 94 | 15500 | 3225 | 3.1 | 484 | 3.2 | 80500 | 5.00 | 1.23 | 4.60 | 5.64 | 17.94 | 1.28 | 0.70 |
| 95 | 18000 | 1010 | 1.0 | 176 | 1.2 | 65000 | 4.04 | 1.18 | 4.60 | 5.44 | 6.29 | 1.23 | 0.70 |
| 96 | 22000 | 138 | 0.1 | 29 | 0.2 | 47000 | 2.92 | 1.13 | 3.90 | 4.42 | 0.85 | 1.18 | 0.60 |
| 97 | 25000 | 14 | 0.0 | 3 | 0.02 | 25000 | 1.55 | 1.07 | 0.90 | 0.98 | 0.02 | 1.09 | 0.30 |
| total | 15222.6 | 103267 | 100.0 | 10,722 | 100.0 | | | Fator de emissão médio | | 11.79 | 1,179.04 | | |
| | | | | | | | | Total de emissão | 1000 ton | 13.05 | | | |

Fatores de Emissão Para Veiculos Leves - Frota 1997 Cidade de Curitiba

199

| coluna 8 | | | coluna 9 | | | | coluna 10 | | | coluna 11 | | coluna 12a |
|--------------|-------------|--------------|----------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|---------------------|--------------------|----------------------|
| FNOx g/km | Nox g/km | %km x Nox | Fdhco | Fhco g/km | HCO g/km | %km x HCO | FCO2 g/km | CO2 g/km | %km x CO2 | Evaporativa g/km | %km x Evaporati | Autonomia L/100km |
| 1.09 | 1.09 | 24.94 | 1.21 | 0.04 | 0.05 | 1.18 | 150.70 | 150.70 | 3,457.32 | 4.30 | 98.65 | 11.61 |
| 1.8 | 1.80 | 1.01 | 1.35 | 0.04 | 0.05 | 0.03 | 177.1 | 177.11 | 99.27 | 4.30 | 2.41 | 10.82 |
| 1.6 | 1.60 | 2.36 | 1.35 | 0.04 | 0.05 | 0.08 | 178.7 | 178.70 | 263.19 | 4.30 | 6.33 | 10.57 |
| 1.4 | 1.40 | 3.84 | 1.35 | 0.04 | 0.05 | 0.15 | 193.4 | 193.40 | 530.23 | 0.43 | 1.18 | 10.47 |
| 1.3 | 1.30 | 3.84 | 1.35 | 0.04 | 0.05 | 0.16 | 193.4 | 193.40 | 571.73 | 0.43 | 1.27 | 10.28 |
| 0.6 | 0.60 | 1.80 | 1.35 | 0.01 | 0.02 | 0.05 | 193.4 | 193.40 | 579.35 | 0.32 | 0.96 | 9.63 |
| 0.8 | 0.80 | 4.07 | 1.35 | 0.02 | 0.03 | 0.15 | 193.4 | 193.40 | 983.81 | 0.32 | 1.63 | 9.64 |
| 0.7 | 0.70 | 5.19 | 1.28 | 0.04 | 0.05 | 0.34 | 193.4 | 193.40 | 1,434.57 | 0.32 | 2.37 | 9.58 |
| 0.7 | 0.70 | 9.11 | 1.23 | 0.04 | 0.04 | 0.57 | 206.9 | 206.90 | 2,691.42 | 0.32 | 4.16 | 10.18 |
| 0.5 | 0.50 | 8.42 | 1.16 | 0.02 | 0.02 | 0.37 | 207.0 | 207.00 | 3,487.30 | 0.32 | 5.39 | 10.12 |
| 0.3 | 0.30 | 7.36 | 1.09 | 0.01 | 0.01 | 0.19 | 207.0 | 207.00 | 5,078.27 | 0.32 | 7.85 | 9.69 |
| | 0.72 | 71.93 | | | 0.03 | 3.28 | | 191.76 | 19,176.46 | 1.32 | 132.21 | 10.37 |
| | 3.92 | | | | 0.18 | | | 1,045.60 | | 7.21 | | |
| g/km | | | | | | | | | | | | |
| coluna 8 | | | coluna 9 | | | | coluna 10 | | | coluna 11 | | coluna 12a |
| FNOx g/km | Nox g/km | %km x Nox | Fdhco | Fhco g/km | HCO g/km | %km x HCO | FCO2 g/km | CO2 g/km | %km x CO2 | Evaporativa g/km | %km x Evaporati | Autonomia L/100km |
| 1.37 | 1.37 | 52.06 | 0.01 | 0.15 | 0.00 | 0.06 | 173.90 | 173.90 | 6,613.64 | 1.80 | 68.46 | 16.83 |
| 1.4 | 1.40 | 11.51 | 1.35 | 0.11 | 0.15 | 1.22 | 164.2 | 164.18 | 1,349.83 | 1.80 | 14.80 | 15.59 |
| 1.1 | 1.10 | 6.54 | 1.35 | 0.11 | 0.15 | 0.89 | 163.6 | 163.64 | 973.62 | 1.80 | 10.71 | 15.43 |
| 1.2 | 1.20 | 1.74 | 1.35 | 0.11 | 0.15 | 0.22 | 163.1 | 163.10 | 236.43 | 0.29 | 0.42 | 14.62 |
| 1.0 | 1.00 | 2.64 | 1.35 | 0.11 | 0.15 | 0.39 | 165.6 | 165.60 | 437.00 | 0.29 | 0.77 | 14.38 |
| 0.5 | 0.50 | 1.96 | 1.35 | 0.04 | 0.05 | 0.19 | 165.6 | 165.60 | 649.39 | 0.14 | 0.55 | 13.44 |
| 0.6 | 0.60 | 3.40 | 1.35 | 0.02 | 0.03 | 0.17 | 165.6 | 165.60 | 939.10 | 0.14 | 0.79 | 13.56 |
| 0.7 | 0.70 | 2.23 | 1.28 | 0.04 | 0.05 | 0.17 | 165.6 | 165.60 | 526.59 | 0.14 | 0.45 | 13.58 |
| 0.7 | 0.70 | 0.81 | 1.23 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 164.9 | 164.90 | 190.71 | 0.14 | 0.16 | 13.49 |
| 0.7 | 0.70 | 0.14 | 1.16 | 0.04 | 0.05 | 0.01 | 164.9 | 164.90 | 31.85 | 0.14 | 0.03 | 13.33 |
| 0.3 | 0.30 | 0.01 | 1.09 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 164.9 | 164.90 | 3.67 | 0.14 | 0.00 | 12.83 |
| | 0.83 | 83.04 | | | 0.03 | 3.37 | | 119.52 | 11,951.83 | 0.97 | 97.13 | 11.10 |
| | 0.92 | | | | 0.04 | | | 132.33 | | 1.08 | | |

Allexos

Fatores de Emissão Para Veículos Leves - Frota 1997 Cidade de Curitiba

200

| coluna 12b | coluna 13 | |
|-------------------|-------------|--------------|
| Autonomia km/L | SOx g/km | %km x Sox |
| 8.62 | 0.19 | 4.42 |
| 9.24 | 0.18 | 0.10 |
| 9.46 | 0.18 | 0.26 |
| 9.55 | 0.17 | 0.48 |
| 9.73 | 0.17 | 0.50 |
| 10.38 | 0.18 | 0.48 |
| 10.37 | 0.16 | 0.81 |
| 10.43 | 0.16 | 1.18 |
| 9.82 | 0.17 | 2.20 |
| 9.88 | 0.17 | 2.83 |
| 10.32 | 0.16 | 3.95 |
| 9.65 | 0.17 | 17.22 |
| 0.94 | | |
| coluna 12b | coluna 13 | |
| Autonomia km/L | SOx g/km | %km x Sox |
| 5.94 | - | - |
| 6.42 | - | - |
| 6.48 | - | - |
| 6.84 | - | - |
| 6.96 | - | - |
| 7.44 | - | - |
| 7.37 | - | - |
| 7.36 | - | - |
| 7.41 | - | - |
| 7.50 | - | - |
| 7.80 | - | - |
| 9.01 | - | - |

Anexos

Fatores de Emissão Para Veiculos Leves - Frota 1997 Cidade de Curitiba

Tabela 4 - Fatores de Emissão Para a Frota de Veiculos a Gasolina em Curitiba 1997 PMA dado pela CETESB RMSP

| coluna 1 | coluna 2 | coluna 3 | coluna 4 | | coluna 5 | | | Coluna 6 | | | | | | |
|------------|----------|-----------------|----------|----------------|----------|--------------|------|---------------------------|----------|---------|----------|------|----------|--|
| Ano Modelo | Km Anual | Número Veiculos | % Veic | km x % veiculo | % Km | km acumulado | Y | Fdco | Fco g/km | CO g/km | % kmx CO | Fdhc | Fhc g/km | |
| Pré-88 | 9500 | 130938 | 36.8 | 3,492 | 24.3 | 163500 | 6.27 | 1.24 | 42.96 | 53.43 | 1,299.33 | 1.26 | 3.75 | |
| 88 | 13000 | 2814 | 0.8 | 103 | 0.7 | 154000 | 6.27 | 1.28 | 18.50 | 23.75 | 16.98 | 1.35 | 1.70 | |
| 89 | 13000 | 7067 | 2.0 | 258 | 1.8 | 141000 | 6.27 | 1.28 | 15.20 | 19.51 | 35.05 | 1.35 | 1.60 | |
| 90 | 13000 | 12388 | 3.5 | 452 | 3.1 | 128000 | 6.27 | 1.28 | 13.30 | 17.07 | 53.75 | 1.35 | 1.40 | |
| 91 | 14000 | 12330 | 3.5 | 485 | 3.4 | 115000 | 6.27 | 1.28 | 11.50 | 14.76 | 49.82 | 1.35 | 1.30 | |
| 92 | 14000 | 11770 | 3.3 | 463 | 3.2 | 101000 | 6.27 | 1.28 | 6.20 | 7.96 | 25.64 | 1.35 | 0.60 | |
| 93 | 14000 | 19022 | 5.3 | 748 | 5.2 | 87000 | 6.27 | 1.28 | 6.30 | 8.09 | 42.11 | 1.35 | 0.60 | |
| 94 | 15000 | 25948 | 7.3 | 1,093 | 7.6 | 73000 | 4.53 | 1.21 | 6.00 | 7.23 | 55.02 | 1.28 | 0.60 | |
| 95 | 17000 | 39185 | 11.0 | 1,870 | 13.0 | 58000 | 3.60 | 1.16 | 6.00 | 6.98 | 90.87 | 1.20 | 0.60 | |
| 96 | 19000 | 41521 | 11.7 | 2,215 | 15.4 | 41000 | 2.55 | 1.12 | 6.00 | 6.69 | 103.20 | 1.14 | 0.40 | |
| 97 | 22000 | 53208 | 14.9 | 3,286 | 22.9 | 22000 | 1.37 | 1.06 | 1.20 | 1.27 | 29.16 | 1.08 | 0.20 | |
| total | 14361.3 | 356191 | 100.0 | 14,464 | 100.0 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | Fator de emissão médio | | | | | | |
| | | | | | | | | Total de emissão 1000 ton | | 18.01 | 1,800.94 | | | |
| | | | | | | | | | | 93 | | | | |

Tabela 5 - Fatores de Emissão Para a Frota de Veiculos a álcool em Curitiba 1997

| coluna 1 | coluna 2 | coluna 3 | coluna 4 | | coluna 5 | | | Coluna 6 | | | | | | |
|------------|----------|-----------------|----------|----------------|----------|--------------|------|---------------------------|----------|----------------------------|----------|------|----------|--|
| Ano Modelo | Km Anual | Número Veiculos | % Veic | km x % veiculo | % Km | km acumulado | Y | Fdco | Fco g/km | Fe _{carr} CO g/km | % kmx CO | Fdhc | Fhc g/km | |
| Pré-88 | 9500 | 62931 | 60.9 | 5,789 | 40.3 | 163500 | 6.27 | 1.28 | 18.77 | 21.52 | 887.62 | 1.35 | 1.59 | |
| 88 | 13000 | 11987 | 11.6 | 1,506 | 10.5 | 154000 | 6.27 | 1.28 | 13.30 | 17.07 | 179.11 | 1.35 | 1.70 | |
| 89 | 13000 | 8277 | 8.0 | 1,042 | 7.3 | 141000 | 6.27 | 1.28 | 12.80 | 16.43 | 119.22 | 1.35 | 1.60 | |
| 90 | 13000 | 1899 | 1.8 | 239 | 1.7 | 128000 | 6.27 | 1.28 | 10.80 | 13.86 | 23.08 | 1.35 | 1.30 | |
| 91 | 14000 | 3191 | 3.1 | 433 | 3.0 | 115000 | 6.27 | 1.28 | 8.40 | 10.78 | 32.48 | 1.35 | 1.10 | |
| 92 | 14000 | 4467 | 4.3 | 606 | 4.2 | 101000 | 6.27 | 1.28 | 3.60 | 4.62 | 19.49 | 1.35 | 0.60 | |
| 93 | 14000 | 6148 | 6.0 | 833 | 5.8 | 87000 | 6.27 | 1.28 | 4.20 | 5.39 | 31.29 | 1.35 | 0.70 | |
| 94 | 15000 | 3225 | 3.1 | 468 | 3.3 | 73000 | 4.53 | 1.21 | 4.60 | 5.54 | 18.08 | 1.26 | 0.70 | |
| 95 | 17000 | 1010 | 1.0 | 166 | 1.2 | 58000 | 3.60 | 1.16 | 4.60 | 5.35 | 6.19 | 1.20 | 0.70 | |
| 96 | 19000 | 138 | 0.1 | 25 | 0.2 | 41000 | 2.55 | 1.12 | 3.90 | 4.35 | 0.77 | 1.14 | 0.60 | |
| 97 | 22000 | 14 | 0.0 | 3 | 0.0 | 22000 | 1.37 | 1.06 | 0.90 | 0.96 | 0.02 | 1.08 | 0.30 | |
| total | 14361.3 | 103267 | 100.0 | 11,112 | 100.0 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | Fator de emissão médio | | | | | | |
| | | | | | | | | Total de emissão 1000 ton | | 12.97 | 1,297.36 | | | |
| | | | | | | | | | | 14.89 | | | | |

Fatores de Emissão Para Veiculos Leves - Frota 1997 Cidade de Curitiba

202

| g/km | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------------|-----------------|-----------|--|
| %km x HC | coluna 8 | | | coluna 9 | | | | coluna 10 | | | coluna 11 | %km x Evaporati | coluna 12 | |
| | FNOx g/km | Nox g/km | %km x Nox | Fdhco | Fhco g/km | HCO g/km | %km x HCO | FCO2 g/km | CO2 g/km | %km x CO2 | Evaporativ g/km | | | |
| 114.84 | 1.09 | 1.09 | 26.43 | 1.21 | 0.04 | 0.05 | 1.25 | 150.70 | 150.70 | 3,664.65 | 4.30 | 104.56 | 1 | |
| 1.65 | 1.8 | 1.80 | 1.29 | 1.35 | 0.04 | 0.05 | 0.04 | 177.1 | 177.11 | 126.66 | 4.30 | 3.08 | 10 | |
| 3.89 | 1.6 | 1.60 | 2.87 | 1.35 | 0.04 | 0.05 | 0.10 | 178.7 | 178.70 | 320.94 | 4.30 | 7.72 | 10 | |
| 5.97 | 1.4 | 1.40 | 4.41 | 1.35 | 0.04 | 0.05 | 0.17 | 193.4 | 193.40 | 608.87 | 0.43 | 1.35 | 10 | |
| 5.94 | 1.3 | 1.30 | 4.39 | 1.35 | 0.04 | 0.05 | 0.18 | 193.4 | 193.40 | 652.63 | 0.43 | 1.45 | 10 | |
| 2.62 | 0.6 | 0.60 | 1.93 | 1.35 | 0.01 | 0.02 | 0.06 | 193.4 | 193.40 | 622.99 | 0.32 | 1.03 | 9 | |
| 4.23 | 0.8 | 0.80 | 4.16 | 1.35 | 0.02 | 0.03 | 0.16 | 193.4 | 193.40 | 1,006.85 | 0.32 | 1.67 | 9 | |
| 5.73 | 0.7 | 0.70 | 5.33 | 1.26 | 0.04 | 0.05 | 0.34 | 193.4 | 193.40 | 1,471.55 | 0.32 | 2.43 | 9 | |
| 9.40 | 0.7 | 0.70 | 9.12 | 1.20 | 0.04 | 0.04 | 0.56 | 206.9 | 206.90 | 2,694.34 | 0.32 | 4.17 | 10 | |
| 7.06 | 0.5 | 0.50 | 7.71 | 1.14 | 0.02 | 0.02 | 0.34 | 207.0 | 207.00 | 3,192.38 | 0.32 | 4.94 | 10 | |
| 4.93 | 0.3 | 0.30 | 6.87 | 1.08 | 0.01 | 0.01 | 0.17 | 207.0 | 207.00 | 4,736.88 | 0.32 | 7.32 | 10 | |
| 166.25 | | 0.75 | 74.50 | | | 0.03 | 3.37 | | 190.99 | ##### | 1.40 | 139.72 | 10 | |
| | | 4 | | | | 0.17 | | | 984 | | 7.20 | | | |

| g/km | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------------|-----------------|-----------|--|
| %km x HC | coluna 8 | | | coluna 9 | | | | coluna 10 | | | coluna 11 | %km x Evaporati | coluna 12 | |
| | FNOx g/km | Nox g/km | %km x Nox | Fdhco | Fhco g/km | HCO g/km | %km x HCO | FCO2 g/km | CO2 g/km | %km x CO2 | Evaporativ g/km | | | |
| 86.86 | 1.37 | 1.37 | 55.18 | 0.01 | 0.15 | 0.00 | 0.06 | 173.90 | 173.90 | 7,010.26 | 1.80 | 72.56 | 16. | |
| 24.14 | 1.4 | 1.40 | 14.69 | 1.35 | 0.11 | 0.15 | 1.56 | 164.2 | 164.18 | 1,722.24 | 1.80 | 18.88 | 15. | |
| 15.72 | 1.1 | 1.10 | 7.98 | 1.35 | 0.11 | 0.15 | 1.08 | 163.6 | 163.64 | 1,187.27 | 1.80 | 13.06 | 15. | |
| 2.93 | 1.2 | 1.20 | 2.00 | 1.35 | 0.11 | 0.15 | 0.25 | 163.1 | 163.10 | 271.50 | 0.29 | 0.48 | 14. | |
| 4.49 | 1.0 | 1.00 | 3.01 | 1.35 | 0.11 | 0.15 | 0.45 | 165.6 | 165.60 | 498.84 | 0.29 | 0.87 | 14. | |
| 3.43 | 0.5 | 0.50 | 2.11 | 1.35 | 0.04 | 0.05 | 0.20 | 165.6 | 165.60 | 698.31 | 0.14 | 0.59 | 13. | |
| 5.50 | 0.6 | 0.60 | 3.48 | 1.35 | 0.02 | 0.03 | 0.17 | 165.6 | 165.60 | 961.09 | 0.14 | 0.81 | 13. | |
| 2.87 | 0.7 | 0.70 | 2.28 | 1.26 | 0.04 | 0.05 | 0.17 | 165.6 | 165.60 | 540.16 | 0.14 | 0.46 | 13. | |
| 0.98 | 0.7 | 0.70 | 0.81 | 1.20 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 164.9 | 164.90 | 190.91 | 0.14 | 0.16 | 13. | |
| 0.12 | 0.7 | 0.70 | 0.12 | 1.14 | 0.04 | 0.05 | 0.01 | 164.9 | 164.90 | 29.15 | 0.14 | 0.02 | 13. | |
| 0.01 | 0.3 | 0.30 | 0.01 | 1.08 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 164.9 | 164.90 | 3.42 | 0.14 | 0.00 | 12. | |
| 147.03 | | 0.92 | 91.67 | | | 0.04 | 4.01 | | 131.13 | ##### | 1.08 | 107.91 | 12. | |
| | | 1.05 | | | | 0.05 | | | 150.47 | | 1.24 | | | |

Anexos

Fatores de Emissão Para Veículos Leves - Frota 1997 Cidade de Curitiba

| coluna 12b | coluna 13 | |
|-------------------|-------------|--------------|
| Autonomia km/L | SOx g/km | %km x Sox |
| 8.62 | 0.19 | 4.69 |
| 9.24 | 0.18 | 0.13 |
| 9.46 | 0.18 | 0.32 |
| 9.55 | 0.17 | 0.55 |
| 9.73 | 0.17 | 0.58 |
| 10.38 | 0.16 | 0.52 |
| 10.37 | 0.16 | 0.83 |
| 10.45 | 0.16 | 1.21 |
| 9.83 | 0.17 | 2.20 |
| 9.89 | 0.17 | 2.59 |
| 10.32 | 0.16 | 3.68 |
| 9.61 | 0.17 | 17.29 |
| 0.89 | | |
| - | | |
| coluna 12b | coluna 13 | |
| Autonomia km/L | SOx g/km | %km x Sox |
| 5.94 | - | - |
| 6.42 | - | - |
| 6.48 | - | - |
| 6.84 | - | - |
| 6.96 | - | - |
| 7.44 | - | - |
| 7.37 | - | - |
| 7.37 | - | - |
| 7.42 | - | - |
| 7.51 | - | - |
| 7.80 | - | - |
| 8.20 | - | - |
| - | | |

Fatores de Emissão Para Veiculos Leves - Frota 1997 Cidade de Curitiba

204

Tabela 4 - Fatores de Emissão Para a Frota de Veiculos a Gasolina em Curitiba 1997 Para o PMA dado pela Petrobrás

| coluna 1 | coluna2 | coluna3 | coluna 4 | coluna 5 | | | Coluna 6 | | | | |
|--------------|-------------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|--------------|----------|-------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|
| Ano Modelo | Km Anual | Número Veículos | % Veic | km x % veiculos | % Km | km acumulado | Y | Fdco | Fco g/km | CO g/km | % kmx CO |
| Pré-88 | 17839 | 130938 | 36.8 | 6,558 | 26.8 | 273223 | 6.27 | 1.24 | 42.96 | 53.43 | 1,432.83 |
| 88 | 18968 | 2814 | 0.8 | 150 | 0.6 | 255384 | 6.27 | 1.28 | 18.50 | 23.75 | 14.55 |
| 89 | 20170 | 7067 | 2.0 | 400 | 1.6 | 236416 | 6.27 | 1.28 | 15.20 | 19.51 | 31.93 |
| 90 | 21960 | 12388 | 3.5 | 764 | 3.1 | 216246 | 6.27 | 1.28 | 13.30 | 17.07 | 53.32 |
| 91 | 23022 | 12330 | 3.5 | 797 | 3.3 | 194286 | 6.27 | 1.28 | 11.50 | 14.76 | 48.11 |
| 92 | 24517 | 11770 | 3.3 | 810 | 3.3 | 171264 | 6.27 | 1.28 | 6.20 | 7.96 | 26.37 |
| 93 | 26065 | 19022 | 5.3 | 1,392 | 5.7 | 146747 | 6.27 | 1.28 | 6.30 | 8.09 | 46.04 |
| 94 | 27727 | 25948 | 7.3 | 2,020 | 8.3 | 120682 | 7.50 | 1.34 | 6.00 | 8.04 | 66.37 |
| 95 | 29361 | 39185 | 11.0 | 3,230 | 13.2 | 92955 | 5.77 | 1.26 | 6.00 | 7.57 | 99.96 |
| 96 | 30944 | 41821 | 11.7 | 3,607 | 14.8 | 63594 | 3.95 | 1.18 | 6.00 | 7.07 | 104.32 |
| 97 | 32650 | 53208 | 14.9 | 4,877 | 19.9 | 32650 | 2.03 | 1.09 | 1.20 | 1.31 | 26.13 |
| total | 24455.0189 | 356191 | 100.0 | 24,605 | 100.0 | | | Fator de emissão médio | | 19.50 | 1,949.93 |
| | | | | | | | | Total de emissão | 1000 ton | | 171 |

Tabela 5 - Fatores de Emissão Para a Frota de Veiculos a álcool em Curitiba 1997

| coluna 1 | coluna2 | coluna3 | coluna 4 | coluna 5 | | | Coluna 6 | | | | |
|--------------|-------------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|--------------|----------|-------------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------|
| Ano Modelo | Km Anual | Número Veículos | % Veic | km x % veiculos | % Km | km acumulado | Y | Fdco | Fco g/km | Fe _{corr} CO g/km | % kmx CO |
| Pré-88 | 17839 | 62931 | 60.9 | 10,871 | 44.5 | 273223 | 6.27 | 1.28 | 16.77 | 21.52 | 956.76 |
| 88 | 18968 | 11967 | 11.6 | 2,198 | 9.0 | 255384 | 6.27 | 1.28 | 13.30 | 17.07 | 153.47 |
| 89 | 20170 | 8277 | 8.0 | 1,617 | 6.6 | 236416 | 6.27 | 1.28 | 12.80 | 16.43 | 108.63 |
| 90 | 21960 | 1899 | 1.8 | 404 | 1.7 | 216246 | 6.27 | 1.28 | 10.80 | 13.86 | 22.90 |
| 91 | 23022 | 3191 | 3.1 | 711 | 2.9 | 194286 | 6.27 | 1.28 | 8.40 | 10.78 | 31.37 |
| 92 | 24517 | 4467 | 4.3 | 1,061 | 4.3 | 171264 | 6.27 | 1.28 | 3.60 | 4.62 | 20.04 |
| 93 | 26065 | 6148 | 6.0 | 1,552 | 6.3 | 146747 | 6.27 | 1.28 | 4.20 | 5.39 | 34.21 |
| 94 | 27727 | 3225 | 3.1 | 866 | 3.5 | 120682 | 7.50 | 1.34 | 4.60 | 6.16 | 21.81 |
| 95 | 29361 | 1010 | 1.0 | 287 | 1.2 | 92955 | 5.77 | 1.26 | 4.60 | 5.80 | 6.81 |
| 96 | 30944 | 138 | 0.1 | 41 | 0.2 | 63594 | 3.95 | 1.18 | 3.90 | 4.60 | 0.78 |
| 97 | 32650 | 14 | 0.0 | 4 | 0.0 | 32650 | 2.03 | 1.09 | 0.90 | 0.98 | 0.02 |
| total | 24455.0189 | 103267 | 100.0 | 19,612 | 100.0 | | | Fator de emissão médio | | 13.57 | 1,356.80 |
| | | | | | | | | Total de emissão | 1000 ton | | 27 |

Anexos

Anexo 3- Domínios Geoambientais

| Domínio | Fragilidade | Implantação de Obras Viárias | Impactos | Recomendações |
|--|---------------|--|---|--|
| 1 1a, 1b,1c | alta | A capacidade de suporte desses terrenos frente à implantação e ao adensamento de malhas viárias é baixa. Necessidade de construir aterros pois o terreno é muito plano. Dificuldade de se fazer escavações pois há água superficial, com possibilidade de alagamento | Na malha | Cuidados com a malha viária para transportes de cargas tóxicas ou/e poluentes |
| | | | as malhas viárias sofrem abatimentos e trincamentos inundações frequentes | |
| 2 2a, 2b ₁ | alta | presença de argila expansiva neste terreno favorece a erosão quando expostas Aqüíferos superficiais/ construção de aterros | Na meio físico | Evitar adensamento de malhas viárias nestes terrenos |
| | | | contaminação de aquíferos e do solo | |
| 9a ₁ | alta/moderada | terreno montanhoso, acidentado, com alta drenagem dificulta as obras de malha viária a alteração da rocha forma um pó muito fino | Erosão do solo | Pavimentar as vias |
| | | | inundação | Bom sistema de drenagem |
| 10b ₁ | alta | as rochas estão muito alteradas e instáveis e os detritos vão atulhar e contaminar o sistema de drenagem | Sedimentação dos rios | malhas em curva de nível pavimentar a estrada evitar circular caminhões com cargas tóxicas evitar taludes de corte e exposição das rochas |
| | | | poluição atmosférica contaminação de aquíferos | |
| 13 13a ₁ 13b ₁ 13b ₂ 13c ₂ ,13c ₃ | boa | rochas magmáticas, terreno mais antigo da região. Capacidade de suporte boa. Cuidado o arruamento em terrenos do tipo 13 c ₃ . | erosão | Pavimentar as vias evitar o modelo de arruamento quadriculado. Adaptado à curva de nível |
| | | | poluição dos aquíferos | |
| | | | erosão do solo e inundação | |

Fonte: CPRM(1998)

Anexo 4 - Planilha de Custos Variáveis 1998

Custo de combustíveis

| | preço R\$/L | Comum | | | semi padron | | | Padron | | | Articulado | | | |
|---------------|-------------|--------------|--------|---------|--------------|--------|---------|--------------|--------|---------|--------------|--------|---------|-------|
| | | consumo L/km | R\$/km | % custo | consumo L/km | R\$/km | % custo | consumo L/km | R\$/km | % custo | consumo L/km | R\$/km | % custo | |
| Diesel | 1 | 0.3378 | 0.3524 | 0.1190 | 78.14 | 0.4859 | 0.1574 | 79.88 | 0.5368 | 0.1813 | 78.49 | 0.7057 | 0.2384 | 82.35 |
| | 2 | 0.3378 | 0.3822 | 0.1291 | 79.50 | 0.5145 | 0.1738 | 81.40 | 0.5517 | 0.1864 | 78.95 | 0.7057 | 0.2384 | 82.35 |
| | 3 | 0.3378 | | | | | | | 0.3398 | 0.1148 | 68.78 | | | |
| | 4 | 0.3378 | | | | | | | 0.5804 | 0.1961 | 78.78 | | | |
| | T | 0.3378 | 0.3817 | 0.1222 | 78.58 | 0.4783 | 0.1616 | 80.28 | 0.5421 | 0.1831 | 78.85 | 0.7057 | 0.2384 | 82.35 |
| lubrificantes | | | 0.0058 | | | 0.0083 | | | 0.0081 | | | 0.0095 | | |
| Pneu | | | 0.0277 | | | 0.0334 | | | 0.0416 | | | 0.0418 | | |
| total | 1 | | 0.1523 | | | 0.1971 | | | 0.2310 | | | 0.2895 | | |
| | 2 | | 0.1824 | | | 0.2135 | | | 0.2361 | | | 0.2895 | | |
| | 3 | | | | | | | | 0.1845 | | | | | |
| | 4 | | | | | | | | 0.2458 | | | | | |
| | T | | 0.1555 | | | 0.2013 | | | 0.2328 | | | 0.2895 | | |

Anexo 5 - Reações Químicas Principais

1. Esquema Simplificado Das Reações No Smog Fotoquímico

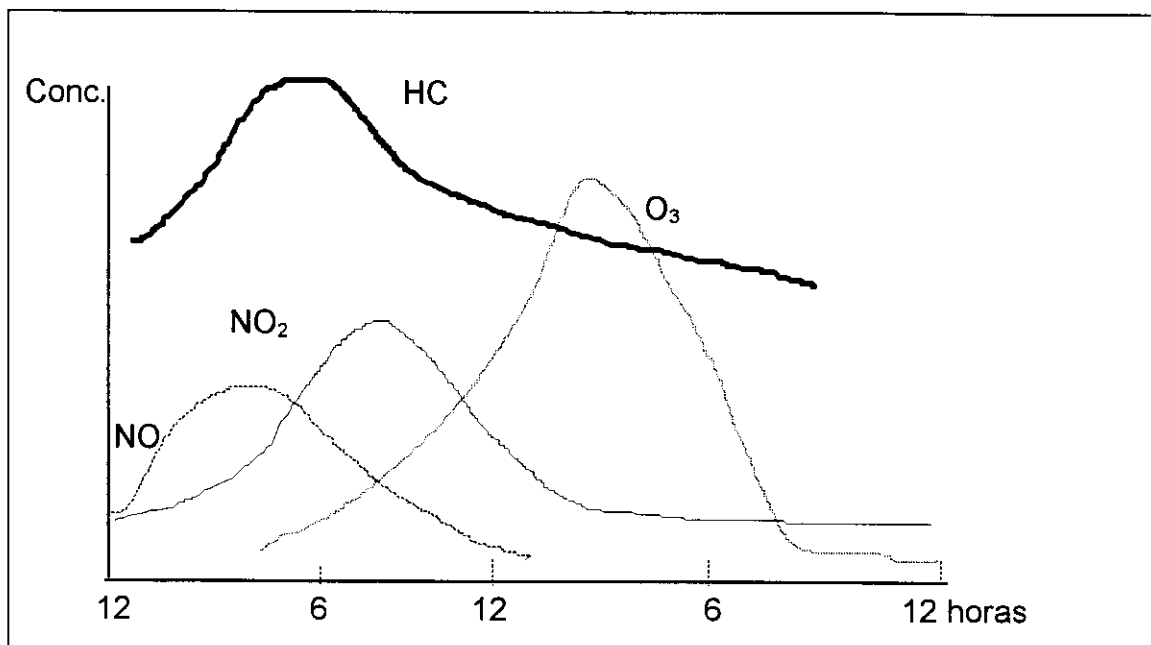
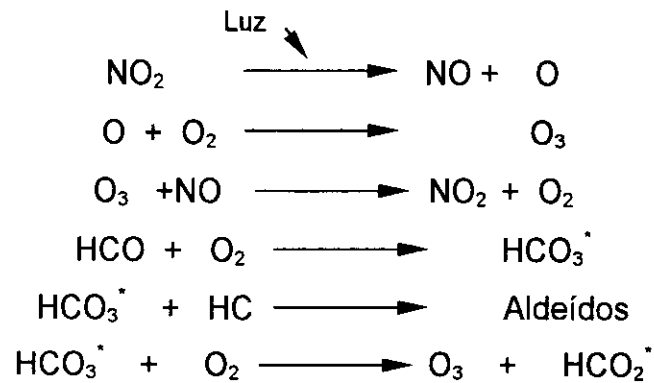
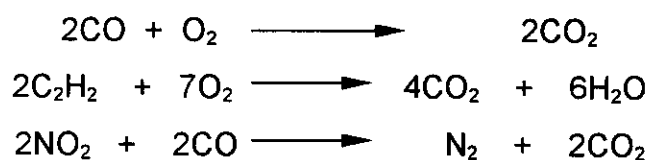


Figura - Formação do Smog Fotoquímico em função da concentração dos gases durante o dia

2. Reações no catalisador utilizado em veículos Ciclo Otto



Anexo 6 - Padrões CONAMA de Qualidade Do Ar E

Critérios para Episódios Agudos

TABELA 5 : Padrões Nacionais de Qualidade do Ar (Resolução CONAMA nº3 de 28/06/90)

| Poluente | Tempo de amostragem | Padrão Primário ^α µg/m ³ | Padrão Secundário ^β µg/m ³ | Método de Medição |
|-----------------------|-------------------------|---|---|------------------------------|
| Particulados | 24 horas (1) MGA (2) | 240 80 | 150 60 | Amostragem de grande volume |
| Dióxido de enxofre | 24 horas MAA (3) | 365 80 | 100 40 | Parasonilina |
| Monóxido de carbono | 1 hora (1) 8 horas | 40000 40000 35 ppm 10000 | 40000 40000 35 ppm 10000 | Infravermelho não dispersivo |
| Ozônio | 1 hora (1) | 160 | 160 | Quimiluminescência |
| Fumaça | 24 horas (1) MAA (3) | 150 60 | 150 50 | Refletância |
| Dióxido de nitrogênio | 1 hora (1) MAA (3) | 320 100 | 190 100 | Quimiluminescência |

(1) Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano

(2) Média geométrica anual; (3) Média aritmética anual

α – Padrões primários de qualidade de ar definem as concentrações de poluentes considerados níveis máximos toleráveis, adotados como objetivo a curto e médio prazo

β – Os padrões secundários são níveis abaixo dos quais se prevê o mínimo de efeito adverso ao meio ambiente, considerado como meta a longo prazo.

TABELA 6: Critérios para episódios agudos de poluição do ar (Resolução CONAMA nº3 de 28/06/90)

| Parâmetros | Atenção | Alerta | Emergência |
|---|---------|--------|------------|
| Dióxido de enxofre µg/m ³ | 800 | 1600 | 2100 |
| PTS µg/m ³ | 375 | 625 | 875 |
| SO ₂ x PTS (µg/m ³) ² | 65000 | 26100 | 393000 |
| Monóxido de carbono 8 h -ppm | 15 | 30 | 40 |
| Ozônio µg/m ³ | 400* | 800 | 1000 |
| Fumaça µg/m ³ | 250 | 420 | 500 |
| Dióxido de nitrogênio 1h - µg/m ³ | 1130 | 2260 | 3000 |

* O nível de atenção é declarado pela CETESB com base na Legislação Estadual que é mais restritiva (200µg/m³) que a Legislação Nacional (SMA-SP, 1997)

Fonte: CETESB/1997

Anexo 7 - Características do Novo Código de Trânsito Nacional

As principais características do novo código são:

- * Nova relação Estado e Sociedade
 - * Municipalização do trânsito
 - * Obrigatoriedade da educação continuada para o trânsito
 - * Novos requisitos de habilitação
 - * Novos requisitos de qualidade dos veículos
 - * Novos requisitos para condução dos veículos
 - * Penalização dos Infratores
 - * Utilização dos recursos da Multas
 - * Controle do Uso do Solo e dos problemas de Circulação
 - * Criação de sistemas Nacionais de controle de dados
- ☛ **Legal** - Como o trânsito seguro é direito de todos, os municípios devem adotar as medidas para assegurar este direito, no âmbito de suas competências. Adicionalmente, como os órgãos e entidades municipais responderão objetivamente por danos causados aos cidadãos em virtude da ação, erro ou omissão na execução e manutenção de programas, projetos e serviços de trânsito, um amplo trabalho de organização precisa ser feito rapidamente por parte de todos os órgão municipais envolvidos. Há que estar preparado para dialogar com os usuários e responder por escrito às solicitações dos cidadãos.
- ☛ **Institucional** - para que os municípios passem a fazer parte efetiva do Sistema Nacional de Trânsito, exercendo plenamente suas funções, eles precisarão formar os órgãos e entidades executivos municipais de trânsito. Estes órgãos podem surgir de outros já existentes ou então serem formados por legislação específica. Estabelecer convênios, criar organismos executivos rodoviários e de trânsito, organizar sua fiscalização de trânsito, formar as Juntas Apuradoras de recursos de Infração - Jari e criar

coordenadorias de educação de trânsito - Cetrans - e escolas de trânsito são outras atribuições exigidas pelo novo código à municipalidade.

• **Financeira** - Os municípios vão poder arrecadar as multas decorrentes de suas atividades de fiscalização. No entanto, devem aplicar o produto da arrecadação só no trânsito e conforme previsto no artigo 320. Devem repassar 5% do valor arrecadado para um fundo nacional de projetos de educação assim como apoiar financeiramente a Jari e o Conselho Estadual de Trânsito de sua região. Deve ser membro do SNT para arrecadação/compensação de multas.

• **Técnica** - Os municípios passam a ter várias atribuições técnicas importantes. As mais genéricas são planejar, projetar, regulamentar e operar o trânsito de veículos, pedestres e animais, e implantar, manter e operar o sistema de sinalização, os dispositivos e os equipamentos de controle viário. coletar dados estatísticos e elaborar estudos sobre acidentes de trânsito, como parte de seu esforço coordenado pelo ASNT para a implantação de programas de educação e segurança. Controlar obras na via pública, controlar circulação de veículos especiais, controlar instalação de pólos geradores de tráfego, fiscalizar níveis de emissão de poluentes e de ruídos: planejar redução e reorientação do tráfego para reduzir emissão de poluentes e fazer vistorias de emissão de poluentes e ruído pelos veículos.

Desta maneira, atribuída da função fiscalizadora sobre as emissões, os municípios ganharam maior autonomia para tratar diretamente da problemática da poluição causada pelo tráfego de veículos em suas vias. Entretanto, é necessário evitar que se caia na armadilha do encarecimento das ações mitigadoras desses efeitos ambientais, ao deixar as reais causas geradoras de lado, principalmente devido: à falta de continuidade no planejamento urbano, às leis de zoneamento e de uso do solo que privilegiam grupos imobiliários e elitistas despreocupados com a questão do trânsito e da poluição; opção pela escolha modal do uso de veículos automotores particulares, sem esconder o descaso sobre o transporte coletivo. O novo código ainda não assumiu um comprometimento mais profundo com a diminuição das emissões pela escolha adequada de combustíveis pouco emissivos ou de emissão zero.

Anexo 8 - Tabelas de Consumo de Energia por Setor

Transporte

| 10 ³ tep | 1995 | 1996 | 1997 | %96/95 | %97/96 |
|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| óleo combustível | 0.02 | 0.02 | 0.02 | - | - |
| óleo diesel | 212.20 | 225.48 | 225.02 | 6.3 | (0.2) |
| gasolina | 185.08 | 224.95 | 248.64 | 21.5 | 10.5 |
| álcool etílico anidro | 33.54 | 40.76 | 45.06 | 21.5 | 10.5 |
| álcool etílico hidratado | 96.73 | 94.42 | 81.47 | (2.4) | (13.7) |
| gasolina aviação | 0.052 | 0.016 | 0.038 | (68.8) | 138.4 |
| querosene iluminante | 1.48 | 1.14 | 0.98 | (22.7) | (14.0) |
| querosene de aviação | 0.58 | 1.47 | 1.94 | 151.9 | 31.9 |
| GLP | 0.45 | 0.60 | 0.97 | 33.5 | 61.3 |
| eletricidade | 26.16 | 26.73 | 27.69 | 2.2 | 3.6 |
| total | 556.29 | 615.60 | 631.82 | 10.7 | 2.6 |

Residencial

| 10 ³ tep | 1995 | 1996 | 1997 | %96/95 | %97/96 |
|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| óleo combustível | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | |
| óleo diesel | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | |
| gasolina automotiva | 61.76 | 0.00 | 0.00 | | |
| álcool etílico hidratado | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | |
| gasolina aviação | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | |
| querosene iluminante | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | |
| querosene de aviação | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | |
| GLP | 20.55 | 21.66 | 20.28 | 5.4 | (6.4) |
| eletricidade | 276.27 | 312.66 | 324.29 | 13.2 | 3.7 |
| total | 358.58 | 334.32 | 344.57 | (6.8) | 3.1 |

Industrial

| 10 ³ tep | 1995 | 1996 | 1997 | %96/95 | %97/96 |
|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| óleo combustível | 50.49 | 43.55 | 43.29 | (13.7) | (0.6) |
| óleo diesel | 6.22 | 6.78 | 10.18 | 9.0 | 50.1 |
| gasolina automotiva | 0.03 | 0.06 | 0.22 | 73.8 | 280.6 |
| álcool etílico hidratado | 0.00 | 0.00 | 74.76 | | |
| gasolina aviação | 0.04 | 0.02 | 0.04 | (44.8) | 72.1 |
| querosene iluminante | 0.38 | 0.13 | 0.76 | (66.7) | 501.3 |
| querosene de aviação | 0.04 | 0.08 | 0.05 | 117.5 | (34.0) |
| GLP | 1.97 | 2.35 | 2.94 | 19.4 | 25.1 |
| eletricidade | 263.09 | 265.08 | 265.66 | 0.8 | 0.2 |
| total | 322.26 | 318.05 | 397.91 | (1.3) | 25.1 |

Comercial

| 10 ³ tep | 1995 | 1996 | 1997 | %96/95 | %97/96 |
|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| óleo combustível | 0.00 | 0.00 | 0.04 | | |
| óleo diesel | 3.19 | 3.30 | 3.70 | 3.5 | 11.9 |
| gasolina automotiva | 3.02 | 0.15 | 0.19 | (95.0) | 23.1 |
| álcool etílico hidratado | 0.02 | 0.00 | 0.00 | (97.1) | 300.0 |
| gasolina aviação | 0.04 | 0.12 | 0.25 | 182.4 | 104.0 |
| querosene iluminante | 0.00 | 0.07 | 0.05 | | (23.5) |
| querosene de aviação | 0.06 | 0.18 | 0.87 | 185.0 | 389.9 |
| GLP | 0.43 | 0.47 | 0.37 | 7.0 | (21.3) |
| eletricidade | 171.12 | 190.32 | 206.09 | 11.2 | 8.3 |
| total | 177.89 | 194.61 | 211.55 | 9.4 | 8.7 |

Público

| 10 ³ tep | 1995 | 1996 | 1997 | %96/95 | %97/96 |
|--------------------------|-------|-------|-------|--------|--------|
| óleo combustível | 1.06 | 1.31 | 2.11 | 23.4 | 60.8 |
| óleo diesel | 2.31 | 2.31 | 1.69 | (0.0) | (26.9) |
| gasolina automotiva | 0.00 | 3.94 | 4.09 | | 3.8 |
| álcool etílico hidratado | 2.04 | 1.48 | 0.91 | (27.5) | (38.3) |
| gasolina aviação | 0.06 | 0.04 | 0.03 | (21.7) | (31.0) |
| querosene iluminante | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | |
| querosene de aviação | 0.26 | 0.35 | 0.27 | 33.1 | (21.7) |
| GLP | 0.13 | 0.01 | 0.02 | (89.7) | 74.1 |
| eletricidade | 58.25 | 59.84 | 62.01 | 2.7 | 3.6 |
| total | 64.11 | 69.28 | 71.13 | 8.1 | 2.7 |

Outros

| 10 ³ tep | 1995 | 1996 | 1997 | %96/95 | %97/96 |
|--------------------------|-------|-------|-------|--------|---------|
| óleo combustível | 1.35 | 2.79 | 1.22 | 106.7 | (56.3) |
| óleo diesel | 40.01 | 18.56 | 18.45 | (53.6) | (0.6) |
| gasolina automotiva | 0.50 | 0.96 | 0.68 | 92.4 | (29.6) |
| álcool etílico hidratado | 0.24 | 0.15 | 0.13 | (37.8) | (15.0) |
| gasolina aviação | 0.05 | 0.03 | 0.04 | (44.8) | 36.9 |
| querosene iluminante | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | (100.0) |
| querosene de aviação | 0.04 | 0.13 | 0.13 | 217.1 | 3.2 |
| GLP | 0.94 | 2.18 | 3.19 | 131.2 | 46.2 |
| eletricidade | 2.80 | 2.96 | 3.05 | 5.8 | 3.0 |
| total | 45.93 | 27.77 | 26.89 | (39.6) | (3.2) |

Anexo 10 - Cenários - Cenário Tradicional 1998/2013

Método 2 : Medida Indireta do Consumo de combustível por dados Médios

A) Hipóteses de base

| consumo | Frota de veículos Leves | | | | Cenário 2000 | Cenário 2000 | | | |
|--------------|-------------------------|-------|-------|--------|-----------------------------------|--------------|----------------|----------------|-----------|
| | Curitiba | BH | RIO | Spaulo | | Curitiba | Belo Horizonte | Rio de Janeiro | São Paulo |
| gasool L/km | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | taxa de aumento da frota aa | 7.60% | 3.50% | 4% | 4.76% |
| PMA | 15000 | 15000 | 15000 | 15000 | taxa de crescimento populacional | 2.29% | 2% | 2% | 2% |
| consumo | Frota de ônibus | | | | relação ônibus/1c | 1.35 | 1.34 | 1.23 | 1.09 |
| diesel L/km | 0.46 | 0.46 | 0.4 | 0.4 | hab/veic.min | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Km/dia/veic. | 300 | 300 | 300 | 300 | veic leves/frota tc | 0.9 | 0.94 | 0.92 | 0.93 |
| | | | | | % crescimento de veic leves/frota | 5% | -1% | 0% | 0% |

| Cidade | 1997 | | | | 2003 | | | |
|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| | Curitiba | Belo Hor. | Rio de Jan | São Paulo | Curitiba | Belo Hor. | Rio de Jan | São Paulo |
| População | 1420000 | 2091448 | 5551538 | 11000000 | 1590209.11 | 2309127.588 | 6129346.534 | 12144888.8 |
| Frota Total | 607523 | 800000 | 1300000 | 4200000 | 876242.03 | 950149.0445 | 1581648.773 | 5299400.46 |
| ônibus * | 1918 | 2795 | 6851 | 11952 | 2.147 | 3.094 | 7.539 | 13.238 |
| Veículos Leves | 496145 | 770000 | 1200000 | 3927959 | 913.306 | 869.698 | 1.455.117 | 4.928.442 |
| veic. Leves/frota | 0.82 | 0.96 | 0.92 | 0.94 | 1.04 | 0.92 | 0.92 | 0.93 |
| ônibus/1000hab | 1.35 | 1.34 | 1.23 | 1.09 | 1.35 | 1.34 | 1.23 | 1.09 |
| Hab/veículo leve | 2.86 | 2.72 | 4.63 | 2.62 | 1.74 | 2.66 | 4.21 | 2.46 |
| Hab/veículo tota | 2.34 | 2.61 | 4.27 | 2.80 | 1.81 | 2.43 | 3.88 | 2.29 |
| Emissão de CO ₂ | Mton | Mton | Mton | Mton | Mton | Mton | Mton | Mton |
| Frota ônibus | 0.27 | 0.40 | 0.84 | 1.47 | 0.30 | 0.44 | 0.93 | 1.63 |
| Frota Leve | 0.84 | 1.30 | 2.03 | 6.65 | 1.55 | 1.47 | 2.46 | 8.34 |
| total | 1.11 | 1.70 | 2.87 | 8.12 | 1.85 | 1.91 | 3.39 | 9.97 |
| ton CO ₂ /hab/an | 0.78 | 0.81 | 0.52 | 0.74 | 1.16 | 0.83 | 0.55 | 0.82 |
| Cidade | 2008 | | | | 2013 | | | |
| | Curitiba | Belo Hor. | Rio de Jan | São Paulo | Curitiba | Belo Hor. | Rio de Jan | São Paulo |
| População | 1780820.435 | 2549463.44 | 6767293.84 | 13408938.6 | 1994279 | 2814813 | 7471639 | 14804551 |
| Frota Total | 1263820.622 | 1128479.01 | 1924317.57 | 6686582.2 | 1822832 | 1340279 | 2341226 | 8436875 |
| ônibus * | 2.404 | 3.416 | 8.324 | 14.616 | 2.692 | 3.772 | 9.190 | 16.137 |
| Veículos Leves | 1.137.439 | 1.060.770 | 1.770.372 | 6.218.521 | 1.640.549 | 1.259.862 | 2.153.928 | 7.846.294 |
| veic. Leves/frota | 0.9 | 0.94 | 0.92 | 0.93 | 0.9 | 0.94 | 0.92 | 0.93 |
| ônibus/1000hab | 1.35 | 1.34 | 1.23 | 1.09 | 1.35 | 1.34 | 1.23 | 1.09 |
| Hab/veículo leve | 1.57 | 2.40 | 3.82 | 2.16 | 1.22 | 2.23 | 3.47 | 1.89 |
| Hab/veículo tota | 1.41 | 2.26 | 3.52 | 2.01 | 1.09 | 2.10 | 3.19 | 1.75 |
| Emissão de CO ₂ | Mton | Mton | Mton | Mton | Mton | Mton | Mton | Mton |
| Frota ônibus | 0.34 | 0.48 | 1.02 | 1.80 | 0.38 | 0.53 | 1.13 | 1.98 |
| Frota Leve | 1.93 | 1.80 | 3.00 | 10.53 | 2.78 | 2.13 | 3.65 | 13.28 |
| total | 2.27 | 2.28 | 4.02 | 12.32 | 3.16 | 2.67 | 4.78 | 15.27 |
| ton CO ₂ /hab/an | 1.27 | 0.89 | 0.59 | 0.92 | 1.58 | 0.95 | 0.64 | 1.03 |

Cenário Conservativo I 1998/2013

Método 2 : Medida Indireta do Consumo de combustível por dados Médios

A) Hipóteses de base

| consumo gasolina L/km | Frota de veículos Leves | | | | Cenário 2000 | | | |
|-----------------------|-------------------------|-------|-------|-----------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | Curitiba | BH | RIO | São Paulo | Curitiba | Belo Horizonte | Rio de Janeiro | São Paulo |
| 15000 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 6,00% | 3,50% | 4% | 4,76% |
| PMMA | 15000 | 15000 | 15000 | 15000 | 2,29% | 2% | 2% | 2% |
| consumo diesel L/km | 0,46 | 0,46 | 0,4 | 0,4 | 1,8 | 1,8 | 1,3 | 1,3 |
| Km/dia/veic. | 300 | 300 | 300 | 300 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | | | | | veic./veic/mi | veic./veic/mi | veic./veic/mi | veic./veic/mi |
| | | | | | relação Ônibus/t | relação Ônibus/t | relação Ônibus/t | relação Ônibus/t |
| | | | | | hab/veic/mi | hab/veic/mi | hab/veic/mi | hab/veic/mi |
| | | | | | veic./veic/mi | veic./veic/mi | veic./veic/mi | veic./veic/mi |
| | | | | | % crescimento de veic./veic/rota | % crescimento de veic./veic/rota | % crescimento de veic./veic/rota | % crescimento de veic./veic/rota |
| | | | | | 3% | 0,94 | 0,92 | 0,93 |
| | | | | | -1% | | | |

| Cidade | 1997 | | | | 2003 | | | | | | | | | |
|-------------------|-------------|----------------|----------------|-----------|----------|----------------|----------------|-----------|---------|---------|----------|----------|------|-----|
| | Curitiba | Belo Horizonte | Rio de Janeiro | São Paulo | Curitiba | Belo Horizonte | Rio de Janeiro | São Paulo | | | | | | |
| População | 1420000 | 2091448 | 5551538 | 11000000 | 1590209 | 11 | 2309127 | 588 | 6128346 | 534 | 12744885 | 8 | | |
| Frota Total | 607523 | 890000 | 1390000 | 4200000 | 813002 | 818 | 950149 | 0445 | 1581648 | 773 | 5299400 | 46 | | |
| ônibus * | 1918 | 2795 | 6851 | 11952 | 2 | 862 | 4 | 156 | 7 | 988 | 15 | 788 | | |
| Veículos Leves | 496145 | 770000 | 1200000 | 3927959 | 769 | 705 | 869 | 698 | 1 | 455 | 117 | 4 | 928 | 442 |
| veic. Leves/frota | 0,82 | 0,96 | 0,92 | 0,94 | 0,95 | 0,92 | 0,92 | 0,93 | | | | | | |
| ônibus/1000hab | 1,35 | 1,34 | 1,23 | 1,09 | 1,8 | 1,8 | 1,3 | 1,3 | | | | | | |
| Hab/veículo leve | 2,34 | 2,61 | 2,72 | 4,63 | 2,07 | 2,66 | 4,21 | 2,46 | | | | | | |
| Hab/veículo total | 2,86 | 2,72 | 4,63 | 2,62 | 1,98 | 2,43 | 3,88 | 2,29 | | | | | | |
| Emissão de CO2 | Mton | Mton | Mton | Mton | Mton | Mton | Mton | Mton | | | | | | |
| Frota ônibus | 0,27 | 0,40 | 0,84 | 1,47 | 0,40 | 0,59 | 0,98 | 1,94 | | | | | | |
| Frota leve | 0,84 | 1,30 | 2,03 | 6,65 | 1,30 | 1,47 | 2,46 | 8,34 | | | | | | |
| total | 1,11 | 1,70 | 2,87 | 8,12 | 1,71 | 2,06 | 3,44 | 10,28 | | | | | | |
| ton CO2/hab/ani | 0,78 | 0,81 | 0,52 | 0,74 | 1,07 | 0,89 | 0,56 | 0,85 | | | | | | |
| | 2008 | 11 | 2013 | 16 | | | | | | | | | | |
| Cidade | Curitiba | Belo Horizonte | Rio de Janeiro | São Paulo | Curitiba | Belo Horizonte | Rio de Janeiro | São Paulo | | | | | | |
| População | 1780820 | 435 | 2549463 | 44 | 6767293 | 84 | 13408938 | 6 | 1894279 | 2814813 | 7471659 | 14804551 | | |
| Frota Total | 1087981 | 165 | 1128479 | 01 | 1924317 | 57 | 6688582 | 2 | 1455964 | 1340279 | 2341226 | 8436875 | | |
| ônibus * | 3,205 | 4 | 589 | 8 | 797 | 17 | 432 | 3 | 580 | 5 | 067 | 9 | 713 | |
| Veículos Leves | 979 | 183 | 1 | 060 | 770 | 1 | 770 | 372 | 1 | 310 | 388 | 1 | 259 | 862 |
| veic. Leves/frota | 0,9 | 0,94 | 0,94 | 0,92 | 0,93 | 0,9 | 0,94 | 0,92 | | | | | | |
| ônibus/1000hab | 1,8 | 1,8 | 1,3 | 1,3 | 1,8 | 1,8 | 1,3 | 1,3 | | | | | | |
| Hab/veículo leve | 1,82 | 2 | 40 | 3 | 82 | 2 | 16 | 1,52 | 2 | 23 | 3 | 47 | 1,89 | |
| Hab/veículo total | 1,64 | 2 | 26 | 3 | 52 | 2 | 01 | 1,37 | 2 | 10 | 3 | 19 | 1,75 | |
| Emissão de CO2 | Mton | Mton | Mton | Mton | Mton | Mton | Mton | Mton | | | | | | |
| Frota ônibus | 0,45 | 0,65 | 1,08 | 2,14 | 0,51 | 0,72 | 1,19 | 2,37 | | | | | | |
| Frota leve | 1,66 | 1,80 | 3,00 | 10,53 | 2,22 | 2,13 | 3,65 | 13,28 | | | | | | |
| total | 2,11 | 2,44 | 4,08 | 12,67 | 2,73 | 2,85 | 4,84 | 15,65 | | | | | | |
| ton CO2/hab/ani | 1,19 | 0,96 | 0,60 | 0,94 | 1,37 | 1,01 | 0,65 | 1,06 | | | | | | |

Cenário Conservativo II 1998/2013

Método 2 : Medida Indireta do Consumo de combustível por dados Médios

A) Hipóteses de base

| Frota de veículos Leves | | | | | Cenário 2000 | | | | |
|-------------------------|----------|-------|-------|--------|-----------------------------------|----------------|----------------|-----------|-------|
| consumo | Curitiba | BH | RIO | Spaulo | Curitiba | Belo Horizonte | Rio de Janeiro | São Paulo | |
| gasolina L/kn | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | taxa de aumento da frota aa | 4.00% | 3.50% | 4% | 4.76% |
| PMA | 15000 | 15000 | 15000 | 15000 | taxa de crescimento populacional | 2.29% | 2% | 2% | 2% |
| Frota de ônibus | | | | | Curitiba | Belo Horizonte | Rio de Janeiro | São Paulo | |
| consumo | | | | | relação ônibus/1000 hab/veic min | 1 | 1 | 1 | 1 |
| diesel L/km | 0.46 | 0.46 | 0.4 | 0.4 | % crescimento de veic leves/frotz | 3% | -1% | 0% | 0% |
| Km/dia/veic. | 300 | 300 | 300 | 300 | | | | | |

| Cidade | 1997 | | | | 2003 | | | | 6 | | | |
|------------------------------|-------------|----------------|----------------|------------|------------|----------------|----------------|------------|----------|----------------|----------------|-----------|
| | Curitiba | Belo Horizonte | Rio de Janeiro | São Paulo | Curitiba | Belo Horizonte | Rio de Janeiro | São Paulo | Curitiba | Belo Horizonte | Rio de Janeiro | São Paulo |
| População | 1420000 | 2091448 | 5551538 | 11000000 | 1590209.11 | 2309127.588 | 6129346.534 | 12144888.8 | | | | |
| Frota Total | 607523 | 800000 | 1300000 | 4200000 | 739144.621 | 950149.0445 | 1581648.773 | 5299400.46 | | | | |
| ônibus * | 1918 | 2795 | 6851 | 11952 | 2,862 | 4,156 | 7,968 | 15,788 | | | | |
| Veículos Leves | 496145 | 770000 | 1200000 | 3927959 | 699,780 | 869,698 | 1,455,117 | 4,928,442 | | | | |
| veic. Leves/frota | 0.82 | 0.96 | 0.92 | 0.94 | 0.95 | 0.92 | 0.92 | 0.93 | | | | |
| ônibus/1000hab | 1.35 | 1.34 | 1.23 | 1.09 | 1.8 | 1.8 | 1.3 | 1.3 | | | | |
| Hab/veículo leve | 2.86 | 2.72 | 4.63 | 2.62 | 2.27 | 2.66 | 4.21 | 2.46 | | | | |
| Hab/veículo tota | 2.34 | 2.61 | 4.27 | 2.80 | 2.15 | 2.43 | 3.88 | 2.29 | | | | |
| Emissão de CO ₂ | Mton | Mton | Mton | Mton | Mton | Mton | Mton | Mton | | | | |
| Frota ônibus | 0.27 | 0.40 | 0.84 | 1.47 | 0.40 | 0.59 | 0.98 | 1.94 | | | | |
| Frota Leve | 0.84 | 1.30 | 2.03 | 6.65 | 1.18 | 1.47 | 2.46 | 8.34 | | | | |
| total | 1.11 | 1.70 | 2.87 | 8.12 | 1.59 | 2.06 | 3.44 | 10.28 | | | | |
| ton CO ₂ /hab/ano | 0.78 | 0.81 | 0.52 | 0.74 | 1.00 | 0.89 | 0.56 | 0.85 | | | | |
| Cidade | 2008 | | | | 2013 | | | | 16 | | | |
| | Curitiba | Belo Horizonte | Rio de Janeiro | São Paulo | Curitiba | Belo Horizonte | Rio de Janeiro | São Paulo | Curitiba | Belo Horizonte | Rio de Janeiro | São Paulo |
| População | 1780820.435 | 2549463.44 | 6767293.84 | 13408938.6 | 1994279 | 2814813 | 7471639 | 14804551 | | | | |
| Frota Total | 899282.4487 | 1128479.01 | 1924317.57 | 6686582.2 | 1094114 | 1340279 | 2341226 | 8436875 | | | | |
| ônibus * | 3,205 | 4,589 | 8,797 | 17,432 | 3,590 | 5,067 | 9,713 | 19,246 | | | | |
| Veículos Leves | 809,354 | 1,060,770 | 1,770,372 | 6,218,521 | 984,703 | 1,259,862 | 2,153,928 | 7,846,294 | | | | |
| veic. Leves/frota | 0.9 | 0.94 | 0.92 | 0.93 | 0.9 | 0.94 | 0.92 | 0.93 | | | | |
| ônibus/1000hab | 1.8 | 1.8 | 1.3 | 1.3 | 1.8 | 1.8 | 1.3 | 1.3 | | | | |
| Hab/veículo leve | 2.20 | 2.40 | 3.82 | 2.16 | 2.03 | 2.23 | 3.47 | 1.89 | | | | |
| Hab/veículo tota | 1.98 | 2.26 | 3.52 | 2.01 | 1.82 | 2.10 | 3.19 | 1.75 | | | | |
| Emissão de CO ₂ | Mton | Mton | Mton | Mton | Mton | Mton | Mton | Mton | | | | |
| Frota ônibus | 0.45 | 0.65 | 1.08 | 2.14 | 0.51 | 0.72 | 1.19 | 2.37 | | | | |
| Frota Leve | 1.37 | 1.80 | 3.00 | 10.53 | 1.67 | 2.13 | 3.65 | 13.28 | | | | |
| total | 1.82 | 2.44 | 4.08 | 12.67 | 2.17 | 2.85 | 4.84 | 15.65 | | | | |
| ton CO ₂ /hab/ano | 1.02 | 0.96 | 0.60 | 0.94 | 1.09 | 1.01 | 0.65 | 1.06 | | | | |

Anexo 11 - Conversão de Fatores

| para | MJ | kcal | tep | kWh |
|------|------------------------|--------|-----------------------|-----------------------|
| de | X | por | | |
| MJ | 1 | 238.8 | $2.388 \cdot 10^{-5}$ | 0.2778 |
| kcal | $4.1868 \cdot 10^{-3}$ | 1 | 10^{-7} | $1.163 \cdot 10^{-3}$ |
| tep | $4.1868 \cdot 10^4$ | 10^7 | 1 | 11630 |
| kWh | 3.6 | 860 | $8.6 \cdot 10^{-5}$ | 1 |

Conversão de diesel, gasolina e álcool em CO₂ (dados do EPA, Secretaria de Energia de São Paulo)

| | |
|----------------|----------------------------|
| diesel | 70,4 g CO ₂ /MJ |
| gasolina | 65,8 g CO ₂ /MJ |
| álcool etílico | 58,5 g CO ₂ /MJ |

Massas Específicas e Poder calorífico Superior

| | Massa específica kg/m ³ | Poder calorífico kcal/kg |
|------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| diesel | 852 | 10810 |
| gasolina | 744 | 11200 |
| álcool anidro | 791 | 7090 |
| álcool Hidratado | 809 | 6650 |

Prefixos Decimais Utilizados

| |
|---------------------------|
| k - 10 ³ kilo |
| M - 10 ⁶ Mega |
| G - 10 ⁹ Giga |
| T - 10 ¹² Tera |

Bibliografia

- ACKOFF, R. L.. **Redesigning The Future. A System Approach to Societal Problems.** John Wiley & Sons, 1985
- ANDRADE, R. M.T.. **Desafios a longo prazo para o transporte terrestre no Brasil e suas implicações no setor energético: 1998 a 2015** in Anais do III Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, jun 1998
- ANTP, **Relatório De Pesquisas Rápidas.** 1993-1996, São Paulo
- BELO HORIZONTE TRANSPORTES, **Relatório de Operação do Sistema,** 1997.
- BOA NOVA, A. C.. **Energia e Classes Sociais no Brasil,** Edições Loyola, São Paulo, 1985.
- BOYDEN, S. et alli.. **The Ecology of A City And Its People - The Case of Hong Kong.** Australian National University Press, Camberra, 1981.
- BRANCO, G. M.. **Combustíveis do Futuro e Meio Ambiente,** não publicado, 1998.
- CASTELLS, M.. **Problemas de Investigación en sociologia urbana.** Madrid, España Editores S.^a,1971
- CELECIA, John. **The MAB/UNESCO Program: Towards the Resourceful City: MAB Research in Urban, Periurban and Industrial Systems.** In "Qualification of Human Resources, Teaching and Research For the Planning and management of the Urban Environment". UNILIVRE/MAB/UNESCO, Curitiba, 1994.
- CETESB, **Inventário de Emissão Veicular - Metodologia de Cálculo,** São Paulo, 1992
- CETESB, **Por Um transporte sustentável,** SMA, São Paulo, 1997
- CHURCHMAN, C. W. **Introdução à Teoria dos Sistemas.** 2ª edição, p49-73. Editora Vozes, São Paulo, 1972

- COPEL, **BALANÇO ENERGÉTICO DO PARANÁ 1996**, ano base 1995. Curitiba, 1997
- COPEL, **Informe Estatístico Anual, 1997**, Companhia Paranaense de Energia, 1997
- COPEL, **PERFIL ENERGÉTICO DA INDÚSTRIA PARANAENSE**. Estado do Paraná, , Curitiba, 1989
- CORREA, Roberto Lobato, **O Espaço Urbano**. 3ª edição, Ed. Ática, 1995
- CPRM, **Informações Básicas Sobre o Meio Físico, Subsídios Para o Planejamento Territorial. Folha Curitiba 1:100.000**. COMEC, CPRM, GATE, São Paulo, 1994
- DARVAY, J.. **Vehicle ownership to 2015: Implications for energy use and emissions** . In Energy Policy, Vol 25, No 14-15, p1121-1127, GB 1998.
- DAUBERT, Thomas E.. **Chemical Enginnering Thermodynamics**. MacGRAW-HILL Int. Ed.,1985
- ESCOURROU, Gisèle. **Le Climat et La Ville**. Nathan Université, Paris,1991
- GEIPOT: www.geipot.gov.br
- GOLDEMBERG, J.. Et alli. **Energy for a Sustainable World**. Wiley Western, New Delhi, 1993
- GOLDEMBERG, J.. **Energy, Environment & Development**, EarthScan, UK,1996
- GRAßI, H., BAKAN, S.. **Energy And Environment**. In "Hidrogen and Other Alternative Fuels for Air and ground transportation", p19, JWS ED. NY,1993.
- GRINOVER, L.. **The Evolution of the MAB/UNESCO research Program and the ecological studies os urban systems, 1973-1994**.

In "Qualification of Human Resources, Teaching and Research For the Planning and management of the Urban Environment". UNILIVRE/MAB/UNESCO, Curitiba, 1994.

- GUALDA, Nicolau D. F., **Macrometrópolis: Considerações sobre transportes e Planejamento Participativo**. In Série Estudos Urbanos, Coleção Documentos, IEA, USP, 1994
- GUALDA, Nicolau Dionísio Fares, **Terminais de Transportes: Contribuição ao Planejamento e ao Dimensionamento Operacional**. tese de Livre Docência, Dep Transportes, EPUSP, 1995.
- IDT, **Novo Código de Trânsito Brasileiro**, 1997.
- IPPUC, **CADERNO DE INFORMAÇÕES E DADOS URBANOS : População, Saúde e Emprego**. Curitiba, 1996.
- IPPUC, **CURITIBA: Uma Experiência de Planejamento**.,1995
- IPPUC, **CURITIBA: Urban Full Citizenship**. Curitiba,1996
- IPPUC, **PLANO DE GOVERNO**, Curitiba 1996
- IPPUC, **QUALIDADE DE VIDA EM CURITIBA**. Curitiba, 1996.
- KAHN, Suzana Ribeiro, BALLASIANO, Ronaldo. **CO₂ emissions from passenger transport in Rio de Janeiro**. In Transport Policy, Vol4. N2, pp135-139, 1997
- KIM, et all. **Energy Flow and Conservation in Urban Systems: Kwi-gon Kim**, UNESCO, Paris, 1986
- KOOPMAN, Gert J., **Long-term challenges for inland transport in the European Union: 1997-2010: Consequences for transport fuel economy and use**. In Energy Policy, Vol. 25 Nº 14-15, p 1151-1161, Great Britain, 1998
- KRAWACK, Susanna; et all.. **Transport planning and policy: the Danish experience**. In Industry And Environment, UNEP, Vol.16, No 1-2, January ~June 1993

- LOWRY, I.S.. **A short course in model design.** Journal of the American Institute of Planners, pp158-166, maio, 1965.
- MATSON, T., SMITH, W., HURD, F. **Traffic Engineering,** McGraw-Hill, p25-43, 1955
- MEIER, R. . **A Communication Theory of Urban Growth.**USA, MIT Press, 1962
- MENEZES, Claudino L.. **Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente: A experiência de Curitiba.** Papirus, 1996
- MEYER, M. D., MILLER, E. J.. **Urban Transportation Planning, A decision -Oriented Approach.** McGraw-Hill Book Company, USA 1984
- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Balanço Energético Nacional 1997, ano base 1996.** , Brasília, 1997
- MME, BALANÇO ENERGÉTICO DO BRASIL 1997, ano base 1996.
- NOVAES, Antonio G.. **Modelos em planejamento urbano, regional e de transportes.** São Paulo, Ed. Edgard Blücher, 1981
- ODUM, Howard T; ODUM, Elizabeth C. **Energy Basis For Man And Nature.**Mc-GRAW HILL, 1981
- PARÉS, M.;POU, G.; TERRADAS, J.. **Descobrir El Medi Urbà. 2. Ecologia D'una Ciutat: Barcelona.** Ajuntamento de Barcelona, Barcelona, 1985.
- PAS, E. I.. The urban Transportation Planning Process, in **The geography of Urban transportation.** The Guilford Press, NY, 1995
- POOLE, A..PACHECO, R. S., MELO, M. A. B.C.. **Moving People: Transport Policy in The Cities of Brazil.** International Development Research Centre., Canadá, 1994.

- SÃO PAULO TRANSPORTES - **Gestão Econômica do Sistema** - dados de referência à operação do dia 07/11/97.
- PNUE, **Principes Directeurs Environnementaux Concernat L'automobile et son utilisation**. Série industrie et environnement, Volume2, p10. Paris, 1981
- RABINOVITCH, J **Curitiba: Towards Sustainable Urban Development**. Environment and Urbanization, Vol. 4, N2, p62-73.October,1992
- RABINOVITCH, J. **Innovative Land Use and Public Transport Policy: The Case of Curitiba, Brazil**. Land Use policy, Vol13, N1, pp51-67, Great Britain,1996.
- RABINOVITCH, J.; LEITMAN, J. Urban Planning in Curitiba. **Scientific American**, p26-33, March 1996.
- RABINOVITCH, J.; LEITMAN, J.. **Environmental Innovation and Management in Curitiba, Brazil**. Urban management And Environmet/ UNDP/UNCHS/World bank, Working Paper N1, Washington, June 1993.
- RIBEIRO, S. K., BALASSIANO, R.. **CO₂ emissions from passenger transport in Rio de Janeiro**, in Transport Policy, Vol 4, No 2, pp 135-139, G.B., 1997
- SMA-SP- **Por um Transporte Sustentável**, fev 1997
- SZWARC, Alfred; JUNIOR, Olímpio de M. A.; BRANCO, Gabriel M.. **Aspectos Ambientais do trólebus**. In Revista dos Transportes Públicos, Nº 76, p99, ano 19, São Paulo, 1997
- UNEP, **Environmental Aspects of Transportation in Cities: Basic Guidelines for an Environmentally sound transportation System in urban Areas**. Industry and Environment Office, UNEP, Paris, 1986
- UNEP, **Transport and The Environment**, Industry And Environment, Paris, june, 1993

- UNIVERSIDADE LIVRE DO MEIO AMBIENTE/MAB/UNESCO. **Qualification Of Human Resources, Teaching And Research For The Planning And Management Of Human Environment.** Curitiba, 1994.
- URBS, **CURITIBA : Rede Integrada de Transporte/Referência Mundial em Transporte Urbano.** Curitiba, 1996
- URBS, **Transporte Coletivo - Curitiba e Região Metropolitana. A História, O Planejamento urbano e A Evolução do Sistema Integrado.** Curitiba, 1997.
- URIA, L. A. B.; SCHAEFFER, R.. **Efeito radioativo das Emissões de Gases do Efeito Estufa por parte dos Automóveis no Brasil.** In: Revista Brasileira de Energia, vol 6, No 1 - 1º sem/1997
- VASCONCELLOS, E. A., SCATENA, J. C...**Avaliação social em transportes utilizando pesquisas de origem-destino**, in Revista dos transporte Públicos, Nº 70, p57-70, 1996
- VASCONCELLOS, E. A.. **Espaço Urbano, Espaço e Equidade**, FAPESP, São Paulo, 1996
- VASCONCELLOS, E. A.. **Transporte urbano nos países em desenvolvimento**, FAPESP, São Paulo, 1996
- VASCONCELLOS, Eduardo A.. **A Nova Competência atribuída aos Municípios**, em Revista dos Transportes Públicos, p7, Nº 77 ano 20, 4 trim. 97
- WOHLGEMUTH, Norbert, **World Transport Energy Demand Modeling.** In Energy Policy, vol. 25, Nº 14-15, p. 1109-1119, Great Britain, 1998

Apêndices

Apêndice 1

FEDERAL 142

RESOLUÇÃO Nº 14, DE 13 DE DEZEMBRO DE 1995

O Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, no uso das atribuições que lhe são conferidas pela Lei n° 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto n° 99.274, de 06 de junho de 1990 e suas alterações, tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, e,

Considerando a necessidade de contínua atualização do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE, instituído pela Resolução CONAMA n° 18, de 6 de maio de 1986;

Considerando a necessidade de se comprovar que os projetos dos veículos automotores leves mantêm as emissões de poluentes abaixo dos limites exigidos por no mínimo 80.000 km;

Considerando que o Brasil já domina o conhecimento sobre os métodos e procedimentos de ensaio para acúmulo de quilometragem, objetivando a garantia dos limites de emissão de poluentes para veículos automotores leves por 80.000 km, resolve:

Art. 1° Até 31 de dezembro de 1996, os fabricantes de veículos automotores leves de passageiros equipados com motor do ciclo Otto, nacionais ou produzidos nos países do MERCOSUL, devem apresentar ao IBAMA um programa trienal para execução de ensaios de durabilidade por agrupamento de motores, classificados conforme projeto de norma ABNT 5:17.01-007 ou norma sucedânea e com vendas anuais previstas maiores do que 15.000 unidades.

§ 1° O programa previsto no caput deste Artigo deverá ser revisto anualmente nos anos seguintes, sempre até 31 de dezembro, de acordo com a previsão de vendas do fabricante, de forma a possibilitar a apresentação ao IBAMA dos fatores de deterioração das emissões dos agrupamentos de motores, conforme o seguinte cronograma:

- a) Até 31 de dezembro de 1997, para pelo menos 25% do total das vendas anuais previstas até 31 de dezembro de 2000;
- b) Até 31 de dezembro de 1998, para pelo menos 50% do total das vendas anuais previstas até 31 de dezembro de 2001;
- c) Até 31 de dezembro de 1999, para pelo menos 75% do total das vendas anuais previstas até 31 de dezembro de 2002;
- d) Até 31 de dezembro de 2000, para todos os agrupamentos de motores com vendas previstas até 31 de dezembro de 2002.

Art. 2° Os fabricantes de veículos automotores leves de passageiros equipados com motor do ciclo Otto, nacionais ou produzidos nos países do MERCOSUL, devem aplicar os fatores de deterioração obtidos conforme o projeto de norma ABNT 5:17.01-007 ou norma sucedânea, às emissões dos veículos cujo agrupamento de motores, classificados conforme este mesmo projeto de norma, tenham previsão de vendas anuais maiores do que 15.000 unidades, nas homologações efetuadas para o atendimento de limites conforme o seguinte cronograma:

- a) A partir de 1° de janeiro de 1999, para pelo menos 25% do total das vendas anuais previstas até 31 de dezembro de 1999;
- b) A partir de 1° de janeiro de 2000, para pelo menos 50% do total das vendas anuais previstas até 31 de dezembro de 2000;
- c) A partir de 1° de janeiro de 2001, para pelo menos 75% do total das vendas anuais previstas até 31 de dezembro de 2001;
- d) A partir de 1° de janeiro de 2002, para a totalidade das vendas anuais.

Art. 3° Em caso de impossibilidade comprovada pelo fabricante e aceita pelo IBAMA do atendimento ao cronograma definido no Art. 2° desta Resolução, poderão ser efetuadas homologações para o atendimento de limites conforme o seguinte cronograma:

- a) Até 1° de janeiro de 2000, para pelo menos 25% do total de vendas anuais previstas até 31 de dezembro de 2000;
- b) Até 1° de janeiro de 2001, para pelo menos 50% do total de vendas anuais previstas até 31 de dezembro de 2001;

Apêndice 1

Art. 4º Caso os fabricantes de veículos automotores leves de passageiros, equipados com motor do ciclo Otto, nacionais ou produzidos nos países do MERCOSUL, não apliquem os fatores de deterioração obtidos conforme o projeto de norma ABNT 5:17.01-007 ou norma sucedânea, às emissões dos veículos cujos agrupamentos de motores, classificados conforme este mesmo projeto de norma ou norma sucedânea, tenham previsão de vendas anuais menores do que 15.000 unidades, nas homologações efetuadas para o atendimento de limites, deverão aplicar os fatores de deterioração definidos nos parágrafos deste Artigo:

§ 1º Até 31 de dezembro de 1999, os fatores de deterioração para todos os poluentes deverão ser 10%.

§ 2º De 1º de janeiro de 2000 a 31 de dezembro de 2001, os fatores de deterioração para veículos a álcool devem ser: 20% para monóxido de carbono (CO); 10% para hidrocarbonetos (HC); 10% para óxidos de nitrogênio (NOx); 10% para aldeídos totais (CHO); 10% para emissão evaporativa.

§ 3º De 1º de janeiro de 2000 a 31 de dezembro de 2001, os fatores de deterioração para veículos a gasolina devem ser: 20% para monóxido de carbono (CO); 20% para hidrocarbonetos (HC); 10% para óxidos de nitrogênio (NOx); 10% para aldeídos totais (CHO); 10% para emissão evaporativa.

§ 4º A partir de 1º de janeiro de 2002, os fatores de deterioração devem ser: 20% para monóxido de carbono (CO); 20% para hidrocarbonetos (HC); 10% para óxidos de nitrogênio (NOx); 10% para aldeídos totais (CHO); 10% para emissão evaporativa.

Art. 5º Respeitados os Artigos 2º e 3º, até 31 de dezembro de 2001, os fabricantes de veículos automotores leves de passageiros, equipados com motor do ciclo Otto, nacionais ou produzidos nos países do MERCOSUL, poderão aplicar fator de deterioração igual a 10% às emissões dos veículos cujos agrupamentos de motores, classificados conforme o projeto de norma ABNT 5:17.01-007 ou norma sucedânea, tenham previsão de vendas anuais maiores do que 15.000 unidades, nas homologações efetuadas para o atendimento de limites, enquanto não tiverem os resultados de ensaio.

Art. 6º Até 31 de dezembro de 2001, os fabricantes de veículos automotores leves comerciais, equipados com motor do ciclo Otto, nacionais ou produzidos nos países do MERCOSUL, que não tiverem obtido os fatores de deterioração conforme o projeto de norma ABNT 5:17.01-007 ou norma sucedânea, poderão aplicar às emissões dos veículos cujos agrupamentos de motores, classificados conforme este mesmo projeto de norma ou norma sucedânea, tenham previsão de vendas anuais menores do que 15.000 unidades.

Art. 7º A partir de 1º de janeiro de 2002, os fabricantes de veículos automotores leves comerciais, equipados com motor do ciclo Otto, nacionais ou produzidos nos países do MERCOSUL, devem aplicar os fatores de deterioração obtidos conforme o projeto de norma ABNT 5:17.01-007 ou norma sucedânea, às emissões dos veículos cujos agrupamentos de motores, classificados conforme este mesmo projeto de norma ou norma sucedânea, tenham previsão de vendas anuais maiores do que 15.000 unidades, nas homologações efetuadas para o atendimento de limites.

Art. 8º A partir de 1º de janeiro de 1998, os importadores de veículos automotores leves de passageiros e leves comerciais, equipados com motor do ciclo Otto, poderão aplicar às emissões dos veículos cujos agrupamento de motores, classificados conforme o projeto de norma ABNT 5:17.01-007 ou norma sucedânea, tenham previsão de vendas anuais menores do que 15.000 unidades, os fatores de deterioração do Artigo 4º desta Resolução, alternativamente à obtenção dos fatores de deterioração através do ensaio previsto no projeto de norma ABNT 5:17.01-007 ou norma sucedânea.

Art. 9º A partir de 1º de janeiro de 1998, os importadores de veículos automotores leves de passageiros e leves comerciais, equipados com motor do ciclo Otto, devem aplicar os fatores de deterioração obtidos conforme o projeto de norma ABNT 5:17.01-007 ou norma sucedânea, às emissões dos veículos cujos agrupamentos de motores, classificados conforme este mesmo projeto de norma ou norma sucedânea, tenham previsão de vendas anuais maiores do que 15.000 unidades, nas homologações efetuadas para o atendimento de limites.

§ 1º Durante o ano de 1997 os importadores poderão utilizar o fator de deterioração de 10% para todos os poluentes.

Apêndice 1

Art. 10º Os ensaios de veículos importados conforme o projeto de norma ABNT 5:17.01-007 ou norma sucedânea, para o atendimento desta Resolução, poderão ser realizados no exterior, estando sempre sujeitos à vistoria técnica do IBAMA, cujos custos serão de responsabilidade do importador.

Art. 11º Os ensaios de veículos nacionais ou produzidos nos países do MERCOSUL, realizados conforme o projeto de norma ABNT 5:17.01-007 ou norma sucedânea, para o atendimento desta resolução, estão sujeitos à vistoria técnica do IBAMA, sendo que os custos deste acompanhamento serão de responsabilidade do fabricante.

Art. 12º Aos infratores ao disposto nesta Resolução o IBAMA poderá suspender a emissão de novas LCVH e serão aplicadas as penalidades previstas na Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, sem prejuízo das demais penalidades previstas na legislação específica, bem como as sanções de caráter penal e civil.

Art. 13º Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

RAUL JUNGSMANN
Secretário Executivo

GUSTAVO KRAUSE
Presidente

Apêndice 2

RESOLUÇÃO Nº 16, DE 13 DE DEZEMBRO DE 1995

O Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, no uso das atribuições que lhe são conferidas pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 06 de junho de 1990 e suas alterações, tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, e,

Considerando que a emissão de fumaça e material particulado dos veículos contribui para a contínua degradação da qualidade do ar;

Considerando a existência de soluções técnicas de uso comprovado, que permitem a intensificação do controle de emissão para os veículos movidos a óleo Diesel e auxiliam na fiscalização e em Programas de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso - I/M;

Considerando a produção nacional e as importações de motores e veículos automotores, juntamente com a necessidade de harmonização tecnológica internacional;

Considerando as disposições do Código de Proteção e Defesa do Consumidor, Lei nº 8078, de 11 de setembro de 1990, resolve:

Art. 1º Em complemento à Resolução CONAMA nº 08/93, a partir de 1º de janeiro de 1996, os motores novos do ciclo Diesel para aplicações em veículos leves ou pesados, devem ser homologados e certificados quanto ao índice de fumaça (opacidade) em aceleração livre, através do procedimento de ensaio descrito na Norma NBR 13027 - Gás de Escape emitido por Motor Diesel em Aceleração Livre - Determinação da Opacidade, em conformidade com os limites definidos no § 1º e § 2º deste Artigo

§ 1º Os veículos que atendam às exigências da Fase II, definida na Resolução nº 08/93 do CONAMA, devem ser certificados mediante a declaração pelo fabricante, do respectivo índice de fumaça (opacidade) em aceleração livre a ser utilizado como parâmetro de regulação de motores e avaliação do estado de manutenção do veículo nos Programas de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso - I/M.

§ 2º Para os veículos que atendam à Fase III, definida na Resolução 08/93 do CONAMA, os limites de fumaça em aceleração livre, a serem atendidos nas condições atmosféricas de referência, são os seguintes:

Motores naturalmente aspirados: $0,83 \text{ m}^3$ (30 NSU);

Motores turboalimentados: $1,19 \text{ m}^3$ (40 NSU)

§ 3º Para atender as condições atmosféricas de referência, o fator atmosférico f_a deve estar no intervalo $0,98 \leq f_a \leq 1,02$.

§ 4º O fator atmosférico f_a deve ser calculado pela expressão abaixo, conforme definido pela Diretiva 72/306/EWG, da Comunidade Econômica Europeia de 2 de agosto de 1972, incluindo todas as atualizações posteriores,

onde:

$$f_a = \left(\frac{750}{H} \right)^{0,01} \times \left(\frac{T}{298} \right)^{0,01}$$

H = pressão atmosférica observada (mmHg);

T = temperatura ambiente de teste (K)

§ 5º Os veículos que atendam às exigências da Fase III, definidas em emissões de fumaça e material particulado, em condições atmosféricas de referência, a serem atendidos nas condições estabelecidas no § 2º deste Artigo, poderão ser corrigidas para as condições atmosféricas de referência através da divisão dos valores em a) por fatores atmosféricos determinados pelo fabricante, desde que estes não ultrapassassem os limites estabelecidos para os motores naturalmente aspirados e turboalimentados, respectivamente.

§ 6º As medições de opacidade poderão ser feitas com qualquer opacímetro que atenda à Norma NBR 12897 - Emprego do Opacímetro para Medição do Teor de Fuligem de Motor Diesel - Método de Absorção de Luz, desde que correlacionável com um opacímetro de ancoragem com $0,43 \text{ m}$ de comprimento efetivo da trajetória da luz através do gás.

Apêndice 2

Art. 2º O fabricante ou encarregador final do veículo deve afixar na coluna B da porta dianteira direita, etiqueta com valor do índice de fumaça, em aceleração livre, sendo de sua responsabilidade o valor da opacidade declarado, etiqueta esta fornecida pelo fabricante do chassis.

§ 1º Esta etiqueta, com o valor de opacidade a ser utilizado como limite para a avaliação do estado de manutenção do veículo nos Programas de Inspeção e Manutenção de Veículo em Uso - I/M, deve exibir o valor da opacidade nas condições atmosféricas de referência, declarado no processo de homologação e certificação do motor e/ou veículo, incluída uma tolerância para a dispersão de produção de, no máximo, 0,3 m³.

§ 2º A etiqueta com o valor da opacidade deve ser adesiva, resistente ao tempo, na cor amarela, quadrada com dimensão mínima de 15 mm de lado e com dígitos pretos com altura mínima de 5 mm e duas casas decimais, sem a unidade (m³).

§ 3º Para efeito desta Resolução, entende-se como coluna B do veículo, o suporte estrutural do teto, acinualmente vertical, contra o qual se fecha a porta dianteira.

Art. 3º Os manuais de proprietário e de serviço do veículo deverão conter o valor do índice de fumaça (opacidade) em aceleração livre definido para a etiqueta, conforme § 1º do Artigo 2º desta Resolução; velocidades angulares (rpm) de marcha lenta e máxima livre do motor; fator de correção ou o valor já corrigido para altitudes superiores a 350 m e os esclarecimentos necessários para a utilização destas informações para a correta manutenção do veículo.

Art. 4º Os limites de fumaça em aceleração livre deverão ser revisados até 31 de dezembro de 1996, tendo por objetivo sua compatibilização com as legislações internacionais e necessidades ambientais, para implantação até 1º de janeiro de 2000, em conformidade com o § 8º do Artigo 2º da Resolução 08/93 do CONAMA.

Art. 5º Em complemento à Resolução 08/93 do CONAMA, estabelecer a liberação do controle de emissão de gases do cárter de motores turboalimentados do ciclo Diesel destinados a veículos usados, mantidos os limites de hidrocarbonetos (HC) estabelecidos na Tabela I da mesma Resolução, desde que a emissão de gases do cárter de motores novos turboalimentados seja no máximo 1,3% da vazão do ar de admissão (m³ / hora), determinada nos ensaios de certificação dos motores.

Art. 6º Aos infratores ao disposto nesta Resolução o IBAMA poderá suspender a emissão de novas LCVH e serão aplicadas as penalidades previstas na Lei n° 6.938, de 31 de agosto de 1981, sem prejuízo das demais penalidades previstas na legislação específica, bem como as sanções de caráter penal e civil.

Art. 7º - Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

RAUL JUNGMANN
Secretário Executivo

GUSTAVO KRAUSE
Presidente

Apêndice 3

Em Curitiba o planejamento urbano utiliza-se do princípio de que a ocupação e os usos na cidade podem ser induzidos, sendo que o adensamento deve ser compatível com a infra-estrutura urbana disponível.

Uma vez definido o zoneamento, com as normas gerais de uso e ocupação do solo para cada região, os parâmetros devem ser monitorados de forma a permitir uma avaliação constante da evolução da cidade.

Definição das Zonas e Setores Especiais:

A Lei nº 5.234, de 10.12.75, de Zoneamento e Uso do Solo, dividiu a cidade de Curitiba em Zonas Urbanas e a Setores Especiais. Nas Zonas Urbanas, onde o processo de ocupação acontece lenta e continuamente, a própria Lei indicou os parâmetros a serem obedecidos. Para os Setores Especiais, nos quais se pretendia uma ocupação rápida, indução ao adensamento ou ainda aqueles cujas condições de uso ou topografia requeriam cuidados especiais, foram regulamentados por Decreto do Executivo, mediante proposta técnica do IPPUC. Essa postura adotada objetivou dar maior agilidade ao Executivo Municipal no controle ou direcionamento da ocupação desses setores especiais, tais como: setor histórico, fundos de vale, áreas verdes, e outros. O zoneamento de Curitiba, de acordo com a Lei nº 5.234/75, decretos de regulamentação e legislação complementar, apresenta a seguinte configuração:

Zonas Residenciais (ZR): subdividem-se em exclusivas e mistas.

ZR-1: residencial exclusiva, onde são permitidas apenas habitações unifamiliares, em até dois pavimentos e 50% de ocupação.

ZR-2: residencial de baixa densidade, onde são permitidas mais de uma moradia unifamiliar por lote, em até dois pavimentos e 50% de ocupação, além de comércio e serviços vicinais com porte de até 100m².

ZR-3: residencial de média densidade, onde são permitidas habitações unifamiliares e coletivas, em até dois pavimentos e 2/3 de ocupação, bem como comércio e serviços vicinais com porte de até 100m².

ZR-4: residencial de média-alta densidade, onde se permite habitação coletiva, em até seis pavimentos, 50% de ocupação e coeficiente de aproveitamento igual a dois (2), além de comércio e serviços vicinais e de bairro no térreo e sobreloja com porte de até 200m².

ZEH: zona especial habitacional - subdividida em áreas de baixa e alta densidade, visando à implantação de habitação de interesse social na Cidade Industrial de Curitiba. São permitidas habitações unifamiliares e coletivas, sendo obrigatória a diversificação de padrões de ocupação residencial e permitido até quatro (4) pavimentos em conjuntos habitacionais, regulamentado pelo Decreto nº 241/82.

ZR-REC: zona de recuperação - antiga zona industrial, que pela

.....ZONAS DE SERVIÇOS (ZS): situadas ao longo das rodovias e vias de acesso da cidade, onde se permitem os comércios e serviços vicinais, setoriais e gerais por serem atividades ligadas ao tráfego pesado e intenso.

ZONA INDUSTRIAL (ZI): no Bairro do Portão, devido a existência de algumas madeireiras, foi mantida uma Zona Industrial fora da CIC, com tratamento análogo ao das atividades gerais, destinada exclusivamente às indústrias madeireiras.

ZONA CENTRAL (ZC): centro tradicional da cidade onde se permitem habitações coletivas, comerciais e serviços vicinais, de bairro e setoriais de qualquer porte, à exceção de supermercados. Permite-se um coeficiente de aproveitamento igual a cinco, com ocupação no terreno de 100% e 2/3 nos demais pavimentos. Considerando a necessidade de estimular o adensamento residencial e ampliar os espaços de uso público para pedestres na Zona Central, foram instituídos incentivos construtivos, através do Decreto nº 1137/95, para a implantação de galerias comerciais e edifícios de uso habitacional.

ZONA AGRÍCOLA: é a zona periférica do Município, lindeira aos municípios vizinhos. Constitui-se, na prática, em uma barreira à conurbação, possibilitando a permanência de atividades primárias, em especial as hortifrutigranjeiras.

ZONAS ESPECIAIS (ZE): são áreas destinadas a equipamentos urbanos específicos, cabendo ao IPPUC a análise e definição dos parâmetros de ocupação peculiares a cada caso.