

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**UMA NOVA CONCEPÇÃO DE VEÍCULO DE  
TRANSPORTE URBANO DE PASSAGEIROS**

**TESE SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA  
CATARINA PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM  
ENGENHARIA MECÂNICA**

**JUAN JOSÉ LOPENSINO**

**FLORIANÓPOLIS, NOVEMBRO DE 2002**

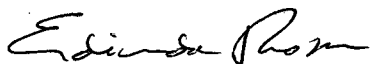
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA  
UMA NOVA CONCEPÇÃO DE VEÍCULO DE TRANSPORTE URBANO DE  
PASSAGEIROS

JUAN JOSÉ LOPENSINO

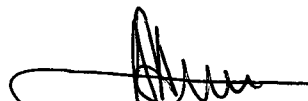
Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do título de DOUTOR EM  
ENGENHARIA

ESPECIALIDADE ENGENHARIA MECÂNICA

sendo aprovada em sua forma final.

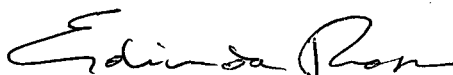


Prof. Edison da Rosa, Dr. Eng.  
Orientador



José Antônio Bellini da Cunha Neto, Dr.  
Coordenador

BANCA EXAMINADORA



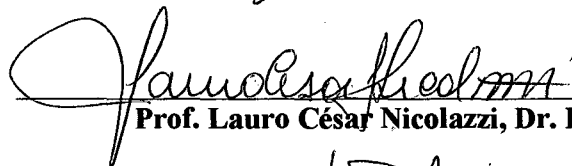
Prof. Edison da Rosa, Dr. Eng. (Presidente)



Prof. Franco Giuseppe Dedini, Dr.



Prof. Gilberto Dias da Cunha, Dr.



Prof. Lauro César Nicolazzi, Dr. Eng.



Prof. Jorge Antonio Hernández Fonseca, Dr. Eng.



Prof. Amir Mattar Valente, Dr.

**A MINHA AMADA  
FAMÍLIA, MARIA JOSÉ , SOFIA,  
LUCA E MARIA, E A MINHA MÃE,  
QUE ME PROPORCIONARAM A  
FORÇA E INCENTIVO PARA A  
CONCLUSÃO DESTE ESTÁGIO EM  
MINHA VIDA.**

**AO MEU PAI,  
SEMPRE PRESENTE.**



## AGRADECIMENTOS

A concretização de uma pesquisa tipicamente multidisciplinar, como a apresentada, é devido a uma convivência humana construtiva, tanto técnica como pessoal. O ambiente intelectual existente na Universidade Federal de Santa Catarina resultou um ótimo na busca de soluções a um problema estratégico de nossa sociedade, resultando ainda melhor no cultivo da amizade.

O Prof. Edison da Rosa, foi de fundamental importância neste processo, pela orientação técnica e equilíbrio entre a compreensão e a cobrança de resultados.

Aos Professores Jorge Antonio Hernández Fonseca e Lauro Nicolazzi, pelo incansável aporte ao presente trabalho.

Os Profs. e bons companheiros, Paulo de Tarso Mendonça, Marcelo Krajnc Alves, Altamir Dias, Acires Dias e André Ogliari, pela sempre boa predisposição à discussão e intercâmbio de idéias.

Aos colegas Frederico F. de Carvalho Matos, Juscelino de Farias Maribondo, Oscar Garcia, Jucélio Tomas Pereira, Claudio Avila.

Aos amigos Eduardo Fancello e André Novotny, por muitos motivos.

Ao professor do NeDIP, Nelson Back, pelos ensinamentos e discussões à que sempre se encontrou aberto.

À Nação Brasileira, pela oportunidade !

À minha formosa família, Guldris, Gonsebat, Debiase, incansáveis torcedores do meu esforço, bases fundamentais do meu equilíbrio emocional.

**Aqueles que tiveram a graça de alcançar o conhecimento, devem responsabilizar-se com o projeto de um mundo mais humano.**

## SUMÁRIO

### Capítulo 1

#### Introdução

1.1 Os meios de transporte urbano	1
1.2 O projeto de produtos industriais	2
1.3 Objetivo geral	4
1.4 Objetivos específicos	4
1.5 - Proposta de tese	6
1.6 – Metodologia	7
1.7 Justificativas e validação do trabalho	8
1.8 Conteúdo da proposta de trabalho	8

### Capítulo 2

#### Metodologia de Trabalho

2.1 Introdução	10
2.2 A metodologia de projeto de produtos industriais	12
2.2.1 O projeto informacional	17
2.2.2 Projeto Conceitual	18
2.2.2.1 Projeto conceitual de sistemas modulares	20
2.3 As Ferramentas utilizadas	21
2.3.1 Análise de impactos	22
2.3.2 Espiral do ciclo de vida do produto	24
2.3.3 Atributos do produto	27
2.3.3.1 Atributos básicos	30
2.3.3.2 Atributos do ciclo de vida	31
2.3.4 Elementos básicos de análise de investimentos	33
2.3.5 Métodos de diagnóstico	37

2.3.5.1 Diagramas de causa – efeito	38
2.3.5.2 Diagramas de pareto	39

### **Capítulo 3**

#### **O Transporte Urbano de Passageiros no Contexto da Sociedade**

3.1 Introdução	41
3.2 As cidades e a problemática do transporte na população	43
3.3 O atendimento das necessidades da população	44
3.4 O congestionamento	46
3.5 A poluição dos ônibus urbanos	49
3.6 Outros Impactos dos sistemas de transportes	53
3.6.1 Ruído	53
3.6.2 Vibrações	54
3.6.3 Dano ecológico	54
3.7 Do financiamento dos sistemas de transporte coletivo por ônibus	55
3.8 Da segurança do sistema urbano de passageiros	58
3.9 Reflexões	60

### **Capítulo 4**

#### **O Ônibus Urbano**

4.1 O ônibus até hoje	62
4.2 O Ônibus e o passageiro transportado	63
4.3 Tecnologias existentes em transporte urbano	67
4.3.1 Tecnologias de tração	68
4.4 Análise dos custos	72
4.4.1 Custos de operação	72
4.4.2 Custos de aquisição e vida útil	73
4.4.3 Análise dos custos da segurança	76
4.5 As tendências	81
4.6 O mercado dos ônibus	82
4.7 Reflexões	85



## **Capítulo 5**

### **Proposta de ônibus urbano**

5.1 Os impactos ambientais e as conseqüências na concepção	89
5.1.1 Exigências que a poluição do ar impõem no ônibus	90
5.1.3 Outras exigências ambientais	99
Ruídos	99
Vibrações transmitida ao solo	101
Exigências dos impactos sociais	104
5.1.5 Exigências do Trânsito	109
5.2 Exigências econômicas	115
5.2.1 Redução dos custos de consumo de combustível	115
5.2.2 Redução dos custos de manutenção	115
5.2.3 Redução dos custos de segurança	117

## **Capítulo 6**

### **Conseqüências da proposta**

6.1 Resumo dos aspectos da nova concepção do veículo de transporte urbano de passageiros	120
6.1.1 Da modularização da estrutura	120
Impacto da estrutura modular na operação da frota	120
Impacto na fabricação de ônibus	125
Impacto na manutenção da frota	126
Impacto da estrutura modular no custo da passagem	126
Impacto ambiental da estrutura	127
6.1.2 Do aumento do número de rodas	
O impacto no usuário transportado	128
Impacto do aumento do número de rodas na estrutura	130
Do aumento do número de rodas no custo da passagem.	131
6.1.3 Do sistema híbrido	131

Do usuário transportado	131
Da fabricação	132
Dos custos de operação	132
6.1.4 Do impacto da tração elétrica distribuída	133
Na vida útil do veículo	133
Da operação	133
Manutenção	134
6.1.6 Da estrutura autoportante	134
6.1.7 Do piso baixo	134
6.2 Comparação da proposta com as tecnologias convencionais	135
6.3 Conclusões	136

## **Capítulo 7**

### **Conclusões**

7.1 Do veículo proposto	137
7.2 Da metodologia de trabalho	138
7.3 Da universidade, da sociedade e a tecnologia	139
7.4 Dos trabalhos futuros	140
7.5 Conclusão Final	144

<b>Bibliografia</b>	<b>145</b>
---------------------	------------



## RESUMO

O transporte público urbano de passageiros é uma necessidade da sociedade das cidades. Nos países em desenvolvimento, a proporção da população que vive em cidades é da ordem de oitenta por cento da população total. O ônibus ocupa um lugar preponderante neste serviço, pelo fato de utilizar o sistema viário sem requerer espaço exclusivo como outros meios de transporte.

A concepção do ônibus foi desenvolvida há um século atrás, e os paradigmas tecnológicos que o sustentam permanecem intactos desde sua aparição.

Este trabalho apresenta uma análise dos desequilíbrios que o ônibus provoca no entorno atual das cidades e apresenta uma nova concepção que os resolve utilizando tecnologias atuais. A análise do sistema atual se baseia no critério da procura dos impactos negativos que o ônibus apresenta, a partir de uma visão de equilíbrio ambiental – social – econômico.

Estes impactos, apresentados na linguagem das funções do serviço que os veículos devem prestar, permitiram inferir novas concepções propostas.

O nova concepção apresenta a utilização do conceito de modularidade por capacidade de carga, como método de solução tanto às mudanças na capacidade quanto à viabilidade econômica de fabricação e operação.

## Resumen

El transporte urbano público de pasajeros es una necesidad típica de ciudades. En los países en desarrollo la proporción de la población que vive en ciudades es del orden del ochenta por ciento del total. El ómnibus ocupa un lugar preponderante en este servicio, por el hecho de utilizar el sistema vial sin requerir espacios exclusivos como otros medios de transporte.

La concepción del ómnibus actual fué desarrollada un siglo atrás, y los paradigmas tecnológicos que lo sustentan permanecen intactos desde su aparición.

Este trabajo presenta un análisis de los desequilibrios que el ómnibus provoca en el entorno actual de las ciudades y muestra una nueva concepción que los resuelve utilizando tecnologías actuales. El análisis del sistema actual se basa en el criterio de la búsqueda de impactos negativos que el ómnibus provoca, a partir de una visión de equilibrio ambiental – social – económico.

Estos impactos, presentados en el lenguaje de las funciones del servicio que los vehículos deben prestar, permitieron inferir las nuevas concepciones propuestas.

La nueva concepción presenta la utilización del concepto de modularidad por capacidad de carga, como método de solución tanto a las necesidades de flexibilidad de la capacidad de carga como a la viabilidad económica de fabricación y operación. La incorporación de tracción eléctrica, así como también sistemas de control distribuido, completan la propuesta.

## **ABSTRACT**

Urban Public Transport is a typical necessity of the urban society. In developing countries, eighty percent of the total population lives in cities. Urban bus is a main player in the transportation service, since it uses the street's infrastructure with no exclusive requirement of space, like other transportation systems.

Bus conception was developed a century ago and the technological paradigms stands remain unchanged since its origin.

This research presents an analysis of the disequilibrium that the urban bus causes in the city surroundings and proposes a new conception that solves these problems, using today available technologies. Actual systems are analysed based in a criterion that evaluates the social, economic and environmental negative impacts originated by urban bus system.

These impacts, presented in terms of vehicles service functions, allowed the inference of new conceptions.

The new conception presented employs a load capacity modularity concept as a solution method not only for solving the load capacity problems but also for the economical manufacturing feasibility and operation decisions.

*“O que muda na mudança,  
se tudo em volta é uma dança,  
no trajeto da esperança,  
junto ao que nunca se alcança”*  
**Carlos Drummond de Andrade**

## Capítulo 1

### Introdução

#### 1.1 Os meios de transporte urbanos

A vida nas cidades requer o traslado de pessoas constantemente. O trabalho, o abastecimento, a vida cultural, a saúde, são motivos de permanente deslocamento das pessoas.

No início do século XX, com o surgimento dos primeiros veículos de carga autopropulsionados, foram criados os primeiros “ônibus” de passageiros, como alternativa dos anteriores bondes. Isto permitia um transporte de massa sem a instalação dos trilhos nas ruas. Assim surgiu um veículo autônomo, com uma estrutura de chassi, que suporta a maioria dos esforços, suporta os eixos, motor, com uma carroceria para alojar os passageiros. Esta solução estrutural surgiu a partir das “carroças”, que não eram mais que estruturas para abrigar pessoas, acima de um veículo de carga. Esta separação de estruturas, chassi e carroceria, tornou-se um paradigma na construção dos ônibus.

Com o posterior aparecimento dos *trolebuses*, pode-se separar os meios de transporte urbano de passageiros em veículos sobre trilhos e sobre pneumáticos. Os primeiros representados pelos bondes trens e metrô, e os segundos pelos ônibus e trolebuses.

Os ônibus são hoje, com o natural aperfeiçoamento, mais confortáveis, com maior capacidade, com maior potência, etc., fruto da exigência própria do aumento de população das cidades, como também das mudanças tecnológicas.

Existem hoje ônibus com capacidades diversas, segundo a utilidade. Quando a linha de uma cidade requer até cem passageiros de capacidade, pode-se operar um ônibus com 12 metros de comprimento. Para linhas de grande fluxo de pessoas, como uma avenida numa grande cidade, pode-se utilizar um ônibus bi-articulado com capacidade para

transportar até trezentos passageiros. [Associação Nacional de Transportes Públicos, ANTP, 1997]

Assim, o ônibus é um meio de transporte que se adapta facilmente às características de cidades muito diversas. Cidades de cinco mil habitantes e de vinte milhões utilizam este meio de transporte, porém a problemática de cada cidade é totalmente diferente.

Do ponto de vista econômico, o traslado de pessoas com automóveis dentro de uma cidade gera um custo muito alto, que é pago pela sociedade toda. Os transportes de massa geram uma grande redução desses custos.

Devido à característica de separação tradicional entre estrutura-chassi e carroceria, o mercado dos fabricantes de ônibus dividiu-se em fabricantes de chassi e montadoras de carrocerias. Os fabricantes de chassi, sustentam o maior conteúdo de know how tecnológico da indústria, devido à fabricação de motores, freios, transmissão, suspensão. Este fato determinou as características multinacionais deste fabricantes. As montadoras de carrocerias tornaram-se mais regionais devido às necessidades variadas de cada região em transporte de passageiros, e às possibilidades econômicas e tecnológicas disponíveis.

## **1.2 O projeto de produtos industriais**

A globalização da economia, a automação dos processos, o nível da informatização nos diversos setores da sociedade, da indústria e, principalmente, a conscientização dos usuários finais, pelos seus direitos de consumidor, têm proporcionado uma revolução no modo de pensar dos homens e das organizações responsáveis por idealizar, conceber e fornecer produtos e serviços.

Hoje em dia, não basta lançar um produto no mercado visando apenas o seu lado funcional mas sim concebê-lo pensando em vários aspectos. A segurança de quem vai usá-lo, a confiabilidade dos componentes e dos sistema como um todo, os aspectos ergonômicos para se adaptar às condições de uso humano, são de enorme importância. A estética é de grande utilidade principalmente na hora da venda e o uso. Os custos podem ser vistos desde a aquisição, a operação, a manutenção o desenvolvimento, de acordo ao tipo de produto a projetar. Outro grande aspecto que está sendo incorporado nos últimos anos e está se tornando um diferencial no mercado é o impacto que o produto provoca no



ambiente. O alvo é reduzir os gastos desperdiçando ao mínimo possível a energia e os materiais utilizados no processo de fabricação e operação desses produtos.

O planejamento sistemático de todas as atividades a serem desenvolvidas para idealizar, conceber e pôr à venda o produto, é complexo na medida que as exigências vão aumentando a pressão sobre o projetista. Nessa fase, surge a necessidade da aplicação de metodologias de projeto, pois elas podem ajudar ou auxiliar o projetista a conceber tais produtos de forma mais eficiente, mais eficaz, mais efetiva e mais econômica.

“Um modelo sistematizado para desenvolvimento de produtos deverá conduzir o projetista mais rápida e diretamente a soluções possíveis, já que o projeto tem um efeito crucial no valor técnico e econômico do produto”, [BACK, 1983].

Do ponto de vista da engenharia, projeto é toda a atividade dirigida a resolver o problema do cliente da maneira mais eficaz, tendo sempre em consideração suas necessidades. Na prática, a maioria das atividades relacionadas ao desenvolvimento de produtos industriais podem ser consideradas parte de um processo de reprojetado de produto. [BARBA, 1993]. Daí a diferença inevitável entre empresas que fazem incursão no mercado sem experiência e as que já possuem alguma.

Para [BACK 1983], a busca é por um modelo que sistematize todas as fases do processo de projeto, afim de conduzir o projetista a uma solução, o mais próxima e rapidamente possível, da ideal, sempre tendo em mente a qualidade, confiabilidade, segurança, estética, eficiência, montagem e desmontagem, reciclagem, descarte no meio ambiente e, principalmente, o custo do produto final para o consumidor.

No Brasil, ainda são poucas as universidades que tratam sobre o assunto de metodologia de projeto em nível de graduação. O mais comum é encontrar esses cursos de metodologias de projeto em cursos de Pós-Graduação e, em função disso, muitas das indústrias do meio não colhem os resultados que tais metodologias de projeto podem oferecer, em virtude desses profissionais, responsáveis pelo desenvolvimento de seus projetos, simplesmente não conhecerem nada sobre o assunto. Em função disso, muito desperdício de energia, de tempo, de material e de esforço são observados.

### **1.3 Objetivo geral**

O principal alvo deste trabalho de tese está na solução dos problemas existentes nos veículos de transporte urbano de passageiros. Uma nova tecnologia de fabricação de carrocerias autoportantes que contemple um veículo para transportar 100, 200 e até 250 passageiros será apresentada.

Para alcançar o objetivo geral, foi planejado já no início do trabalho, no ano 1999, a construção do primeiro protótipo, na República Argentina. O encontro com uma realidade produtiva e financeira produziu no trabalho aqui apresentado, uma série de mudanças no proceder, para conseguir o financiamento do primeiro protótipo. O fracasso dessas gestões gerou a necessidade de repensar o modo de projetar este produto industrial. As análises requeridas pelos órgãos financiadores e a necessidade de incorporação ao sistema produtivo final, oferecem uma visão distinta do produto. Estas análises requeridas dos órgãos financiadores enriquecem e dão um valor ao projeto que no percorrer da pesquisa o autor percebeu ser de grande importância nas características do produto final. Assim, a avaliação de impactos ambientais, sociais e econômicos, como assim também as técnicas de formulação e avaliação de projetos foram incorporadas ao trabalho.

### **1.4 Objetivos específicos**

#### **1.4.1 Didáticos**

Para atingir o objetivo geral, é preciso transitar caminhos diversos nas ciências envolvidas no produto final. A Metodologia de Projeto de Produtos Industriais se constituiu na coluna vertebral do ordenamento das informações. A incorporação das técnicas de avaliação de impactos ambientais, assim como a formulação de projetos de investimentos foram incluídas como ferramentas de análise das diversas exigências que o sistema econômico – financeiro impõe no projeto. É intenção do autor mostrar tanto as ferramentas como os procedimentos para chegar à análise e a geração da proposta final aqui, não pretendendo formular uma nova teoria de proceder nas tarefas de projeto.

#### 1.4.2 Tecnológicos

Como objetivo tecnológico se propõe uma nova concepção do ônibus urbano e uma nova tecnologia de fabricação dos veículos para transporte urbano de passageiros.

#### 1.4.3 Econômicos

São apresentadas neste trabalho as justificativas e ferramentas utilizadas para a sustentação do projeto na sua formulação nas principais instituições de financiamento do Mercosul. Esta formulação está sustentada visando o ciclo de vida completo do veículo proposto, analisadas tanto a viabilidade econômica e técnica do serviço como da fabricação. A inclusão destas técnicas de análise econômicas – financeiras geraram um forte impacto no produto final.

#### 1.4.4 Sociais

As Universidades e a Pesquisa de países em desenvolvimento devem atender as necessidades da população que as sustenta. O transporte urbano de passageiros atinge a vida da população e é ferramenta de modificação da qualidade de vida.

Existem produtos de grande impacto nas economias e na sociedade como um todo, que requerem apoio das instituições de ensino superior para gerar uma mudança de paradigma, e é considerado este trabalho um exemplo dessa situação.

A Universidade Federal de Santa Catarina , *“tem por finalidade produzir, sistematizar e socializar o saber filosófico, científico, artístico e tecnológico, ampliando e aprofundando a formação do ser humano para o exercício profissional, a reflexão crítica, a solidariedade nacional e internacional, na perspectiva da construção de uma sociedade justa e democrática e na defesa da qualidade da vida”* sendo que *“a formação universitária obedecerá aos princípios fundados no respeito à dignidade humana, aos seus direitos naturais e terá em vista a realidade brasileira, o progresso da*

*Pátria e o sentido de integração nacional.*” segundo expressão os artigos 3º e 4º do seu estatuto.

Pelo exposto, é visto como uma responsabilidade do autor do presente trabalho agir em concordância com os fins da instituição e do desenvolvimento do Brasil e do Mercosul.

### **1.5 - Proposta de tese**

A proposta de tese, desta pesquisa, é desenvolver uma concepção de veículo que atenda às necessidades dos diversos atores atuantes na problemática do transporte urbano e finalmente propor uma concepção que atinja as necessidades insatisfeitas.

Esse estudo se justifica por fatores a saber:

#### **a) No âmbito do desenvolvimento de produtos industriais.**

1 - Por fornecer experiências válidas que proporcionam a concepção de um produto mais confiável e mais flexível num mercado cada vez mais exigente e competitivo.

2 - Por ajudar a desenvolver produtos com parâmetros e exigências muito diversas, que evidencia as vantagens do ordenamento que as ferramentas de metodologia apresentam, quando usadas desde o início da concepção.

3 - Por ajudar a conceber produtos de forma mais rápida, atendendo melhor aos clientes desses produtos protegendo o meio ambiente.

#### **b) No âmbito dos projetos de veículos de transporte de passageiros fabricados no Mercosul:**

1 - Em primeiro lugar, porque esses veículos, fabricados no Mercosul, possuem pouca flexibilidade de produção e não conseguem diminuir a crise no transporte urbano de passageiros.

2 - Em segundo lugar, devido que os custos de manutenção e operação dessas unidades transporte, não permitem um serviço sustentável tanto ambiental como econômico - financeiro.

**c) No âmbito das metodologias de projeto:**

1 - Por abrir uma discussão no uso das ferramentas de desenvolvimento de projetos, a partir da obtenção de conceitos resumidos em relação aos alvos perseguidos pelos projetistas.

2 - Por fornecer uma experiência importante de projeto no desenvolvimento de produtos industriais.

**d) No âmbito da Sociedade do Mercosul:**

1 - Pela proposta de veículo que reduz já conceitualmente os custos operativos e a flexibilidade operacional, que permita uma maior flexibilidade de serviço.

2 - Por entender que uma modificação conceitual da principal máquina do transporte urbano permitirá uma maior distribuição do serviço e uma melhoria das condições de vida da população das cidades na América Latina.

3 - Por entender que esta proposta é ferramenta de criação de riquezas para os países do Mercosul.

## **1.6 – Metodologia**

A metodologia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho foi a seguinte:

- 1) Pesquisados os principais problemas de projeto, montagem e funcionamento, dos principais modelos de veículos de transporte urbano de passageiros existentes no mundo. Para isso, foram pesquisadas

informações dos diversos tipos de veículos fabricados em diversos países do mundo.

- 2) Pesquisadas as condições de operação e influências que o transporte urbano impõe na sociedade, no ambiente e na economia do país.
- 3) Visitadas empresas de transporte com a finalidade de colher informações sobre operação, uso e manutenção de veículos de transporte.
- 4) Discutidas a metodologia de projeto de produtos, tornando-as claras, transparentes, principalmente quanto à sua compreensão e utilização.
- 5) Conformada uma proposta conceitual de veículo de transporte urbano coletivo de passageiros.

### **1.7 Justificativas e validação do trabalho**

O principal motivo deste trabalho surgiu da necessidade real de adaptação da tecnologia dos ônibus aos requerimentos e as tecnologias atuais, e sua concepção foi realizada utilizando ferramentas que a engenharia possui, e em experiências já existentes no mundo.

### **1.8 Conteúdo do trabalho**

O trabalho está assim apresentado:

CAPÍTULO 1, apresenta-se o tema de trabalho, os objetivos gerais e específicos, a proposta de tese, a metodologia a ser utilizada no desenvolvimento do trabalho e as justificativas para desenvolvimento do tema proposto.

CAPÍTULO 2, faz-se uma descrição das metodologias de projeto utilizadas, no contexto de um projeto de produto industrial que requer investimentos para seu desenvolvimento.

CAPÍTULO 3, é apresentada uma análise do transporte urbano de passageiros no contexto da cidade. Uma visão dos desequilíbrios hoje causados pelo transporte urbano, visando fatores sociais, econômicos e ambientais.

CAPÍTULO 4, são apresentadas as tecnologias que o ônibus urbano de passageiros utiliza na atualidade.

CAPÍTULO 5 apresenta-se uma proposta de concepção de veículo de transporte urbano de passageiros.

CAPÍTULO 6, são apresentadas conseqüências que a nova concepção provoca, junto a comparações com as concepções de veículos existentes

CAPÍTULO 7, são as conclusões, comentários e trabalhos futuros.

---

*“...Yo tengo tantos hermanos  
que no los puedo contar.  
Gente de mano caliente  
por eso, de la amistad...  
...y una hermana muy hermosa,  
que se llama libertad”.*  
**Atahualpa Yupanqui**

## Capítulo 2

### Metodologia de Trabalho

#### 2.1 Introdução

Os projetistas, desenvolvedores e pesquisadores possuem uma maneira de agir e tomar decisões própria da formação acadêmica que adquiriram, assim como, de suas vivências pessoais. Assim, as decisões em projetos multidisciplinares envolvendo a participação de especialistas em diversas áreas de conhecimento, são influenciadas pelos paradigmas que cada membro do grupo de projeto possui. A divisão das ciências, que ajudou a montar a estrutura de tecnologias e conhecimentos atuais, provoca uma incisão numa tarefa decisória, a concepção de produtos. Cada profissional utiliza uma série de procedimentos e padrões conceituais definidos na sua profissão e deve interagir numa equipe multidisciplinar.

O ônibus urbano é um produto essencial na vida da comunidade. As vantagens e desvantagens deste veículo atuam na sociedade toda. Influencia a maneira de viver da sociedade, impacta no ambiente, na economia e a sua solução se constitui um projeto de investimento. Porém, a responsabilidade final de projetar uma máquina que satisfaça o serviço de transporte urbano é da Engenharia. Se a engenharia é a “Arte de aplicar os conhecimentos científicos à invenção, aperfeiçoamento ou utilização da técnica industrial em todas as suas determinações” [AURÉLIO BUARQUE DE HOLANDA, 1997], é necessário que o grupo projetista utilize ferramentas das mais variadas para a obtenção do produto melhor. “O produto final do processo de projeto deve estar em equilíbrio com o entorno. Projetistas são tentados a reprojeter o entorno quando devem reprojeter simples objetos”, [ALEXANDER, CHRISTOPHER, 1964]. A relação de equilíbrio entre produto e entorno é o conceito chave deste trabalho, onde o produto em análise é o ônibus urbano. Não é possível reprojeter a cidade para que o ônibus possa cumprir a sua missão.



Ainda que as ciências tenham segmentado a realidade para poder estudá-la com maior efetividade, cada uma das áreas de estudo tem a sua maneira de avaliar um produto. A sociologia, o urbanismo, a economia, a engenharia ambiental, a logística, a engenharia civil e mecânica, etc estudam o transporte urbano. Isto não significa que todas elas disponham de uma maneira de conceber uma solução do problema. Assim, cabe ao engenheiro a responsabilidade final de fazer os conceitos tomarem forma física e atingir as funções desejadas. Esta forma física e suas consequências serão julgadas a “posteriori” antes de conseguir chegar à sociedade, pelas avaliações dos órgãos ou empresas financiadores do protótipo, sistemas de fabricação e aquisição do veículo. Por outro lado, a sociedade usuária faz finalmente a sua própria avaliação, dizendo por último, se o produto cumpre os requisitos reais. Estes podem discordar dos supostos sob os que os projetistas utilizaram no projeto. Esta avaliação da sociedade, diz [ALEXANDER, CHRISTOPHER, 1964], se baseia numa qualidade sem nome, e se compõe de uma série de aspectos (padrões) que fazem a nova forma em equilíbrio com o entorno. Em [ALEXANDER, CHRISTOPHER, 1977] descreve-se uma série de atributos essenciais de uma cidade. Esses atributos estão constituídos por uma série de conceitos explicados de maneira sucinta que devem estar presentes numa cidade para que seja “boa de viver”. Assim, o urbanista planejando uma nova cidade ou modificando uma existente, tem que conservar ou modificar uma série de atributos da cidade em prol de um “viver melhor” da comunidade. É importante salientar que o urbanismo é uma disciplina que projeta e utiliza produtos estudados por muitas especialidades diferentes. O “modelo” de cidade é codificado em linguagem natural, palavras, conceitos comuns a todas as ciências. A semântica ocupa aqui um papel fundamental.

Quando um produto se incorpora diretamente no modo de vida da comunidade e não só num indivíduo, o projeto torna-se uma tarefa, que supera a solução tecnológica, e sim uma solução humanística, com soluções parciais tecnológicas. A grande diferença de um produto padrão da comunidade está na socialização da necessidade. A necessidade individual aqui não é suficiente e deve ceder espaço à sociedade, ao ambiente, a economia global e regional, etc. Esta situação, de “necessidade social – solução tecnológica” põe as engenharias num desafio. É necessário introduzir as ciências humanas nas tecnologias e as engenharias nas ciências humanísticas. O projetista tem que traduzir tecnologicamente necessidades em produto [FONSECA, 2000], visando os impactos que o novo produto impõe na sociedade. Mas existe outra problemática que também o projetista deve incluir

---

no seu raciocínio, para chegar ao sucesso da sua atividade de criação. A produção do produto requer investimentos para chegar a ser materializado. O projeto inclui então a variável financeira de desenvolvimento. Este fator é ainda crucial nos países em desenvolvimento, onde os recursos de investimentos, que devem surgir da poupança da sociedade [LLORENTE, C.; DUSSEL, F., 2001], são escassos.

As metodologias de projeto de produtos industriais utilizadas na engenharia mecânica, promovem o uso de ferramentas que criam uma ordem das idéias, conhecimentos, com o intuito de incorporá-las às decisões tecnológicas. Atributos, ciclo de vida, são exemplos destas ferramentas [FONSECA, 2000]. Mas estas metodologias promovem também um sequenciamento dos procedimentos para criar produtos com sucesso. Neste capítulo serão apresentados tanto os conceitos essenciais da metodologia de projeto de produtos industriais, como ferramentas de análise de outras áreas de estudo que estudam o equilíbrio de um projeto com o entorno. O ônibus urbano existe há um século e presta serviços na maioria das cidade do mundo. Esta tese propõe uma revisão conceitual deste veículo, pelo que se pode considerar que as atividades de projetar aqui descritas se enquadram no “Re-Projeto” de um produto existente.

## **2.2 A Metodologia de Projeto de Produtos Industriais**

O projeto é a primeira etapa da vida dos sistemas de engenharia. Em cada uma das etapas da vida de um produto, as expectativas de pessoas ou instituições envolvidas devem ser identificadas e supridas, ponderando as possibilidades tecnológicas, econômicas e de relevância ao desempenho do sistema. Também, em cada uma das etapas, experiências que são adquiridas devem ser transformados em informações que, realimentando o processo de projeto, promovam a melhoria contínua da satisfação das necessidades oriundas de cada etapa da vida de um produto, [FONSECA, 1996]. A maneira em que o homem resolve geralmente seus problemas é utilizando processos heurísticos: “Estes são processos práticos ou simplificados, baseados em informações anteriores, que ajudam-no a encontrar soluções satisfatórias para um determinado problema. Tal forma de raciocínio se presta para resolver problemas simples. Mas quando é preciso desenvolver um problema de maior complexidade é importante o uso de procedimentos metodológicos e sistemáticos, devido ao grande número de informações a serem processadas” [FONSECA, 2000]. Procedimentos sistemáticos são aqueles

relacionados à forma de desenvolver raciocínios mais lógicos e capazes de identificar o problema de projeto até chegar a uma solução satisfatória. Deverá permitir compilar o máximo de informações utilizando todos os meios práticos disponíveis para que, do processo de concepção, seja possível obter a solução do problema apresentado.

Concluindo os procedimentos metodológicos são aqueles relacionados à forma de desenvolver um produto desde a identificação do problema até a sua solução final, através de estágios estruturados, visando minimizar erros e/ou esquecimentos de questões importantes para o desenvolvimento do problema de projeto.

Segundo [BONFIM, 1984], citado por [DE FARIAS MARIBONDO, JUSCELINO, 2000], “no sentido comum, metodologia é o estudo de métodos, técnicas e “ferramentas” e de suas aplicações à definição, organização e solução de problemas teóricos e práticos”. Para ele, o estudo de metodologia de projeto, propriamente dita, significa tratar da geração, adaptação e aplicação de conceitos de diversos campos da ciência na proposição de procedimentos lógicos.

[FEILDEN, 1963] apud [EVBUOMWAN et al. 1996], citados por [DE FARIAS MARIBONDO, JUSCELINO, 2000], por sua vez, comenta que “projeto em engenharia mecânica” *“é o uso de princípios científicos, informações técnicas e imaginação na definição de estruturas mecânicas, máquinas ou sistemas para desempenhar funções pré-especificadas com a máxima economia e eficiência”*.

[FINKELSTEIN & FINKELSTEIN, 1983], definem “projeto” como sendo *“o processo criativo que inicia de um requisito e define uma invenção ou sistema e os métodos de sua realização ou implementação para satisfazer o requisito”* ou ainda, *“é a atividade humana primária e é central para a engenharia e artes aplicadas”*.

Para [BACK, 1983], “projeto de engenharia” é *“uma atividade orientada para o entendimento das necessidades humanas, principalmente daquelas que podem ser satisfeitas por fatores tecnológicos de nossa cultura”*.

“Dentro deste contexto, pode-se dizer então que uma metodologia de projeto nada mais é do que uma coleção de ferramentas e documentos de apoio ao processo de projeto, que têm por objetivo maior auxiliar os projetistas a tomarem as melhores decisões, valendo-se de mecanismos de avaliação e realimentação de dados, que juntos terminam por dar suporte à tomada de decisões, na busca pela melhor solução de um determinado problema de projeto”. [DE FARIAS MARIBONDO, JUSCELINO, 2000]

“Observando esta e outras definições sobre metodologia de projeto é possível verificar a menção aos seguintes termos: coleção de ferramentas; um roteiro; indica o que fazer, como fazer e com que fazer; farta documentação; mecanismos de avaliação e realimentação de dados. Esses termos terminam por sinalizar as primeiras diretrizes para o estabelecimento de uma metodologia de projeto, ou seja, sinalizam a necessidade de uma variedade de ferramentas de apoio ao processo de projeto; uma seqüência que indique o que fazer, como fazer e com que fazer cada estágio do processo de projeto; uma farta documentação de apoio ao processo de projeto que auxilie a registrar dados e a organizar as informações surgidas ou geradas ao longo do processo de projeto; mecanismos de avaliação e realimentação de dados destinados a fornecer novas informações e em outros casos destinados a comparar os resultados obtidos com as metas previamente traçadas” [DE FARIAS MARIBONDO, JUSCELINO, 2000].

Mas, uma metodologia poderá ser insuficiente como coleção de ferramentas se o projetista não tiver entre outras qualidades, posições morais e éticas frente à sociedade, critérios de respeito ao ambiente e uma sólida capacidade de análise econômica. A formação do engenheiro, assim, torna-se uma incorporação de uma série de conhecimentos e capacidades de análise que potenciem a criatividade num entorno conceitual inserido na sociedade. A metodologia de projeto, proverá assim no projetista além de ordenamento de idéias, critérios, princípios e posições frente à sociedade. A posição de engenheiro – sociólogo (com sensibilidade social) permite ao projetista uma maior aproximação às necessidades da sociedade e da interpretação das necessidades dos futuros usuários [CALLON, MICHEL, 1987]. A sociedade descarrega no projetista a responsabilidade de traduzir as suas necessidades de elementos e serviços para a melhora da qualidade de vida.

O processo de projeto têm, segundo a bibliografia, quatro etapas bem definidas. Em [FONSECA, 2000] são definidas como:

- 1.- Projeto Informacional ou Definição do Problema de Projeto;
- 2.- Projeto Conceitual ou Elaboração das Especificações;
- 3.- Projeto Preliminar;
- 4.- Projeto Detalhado.

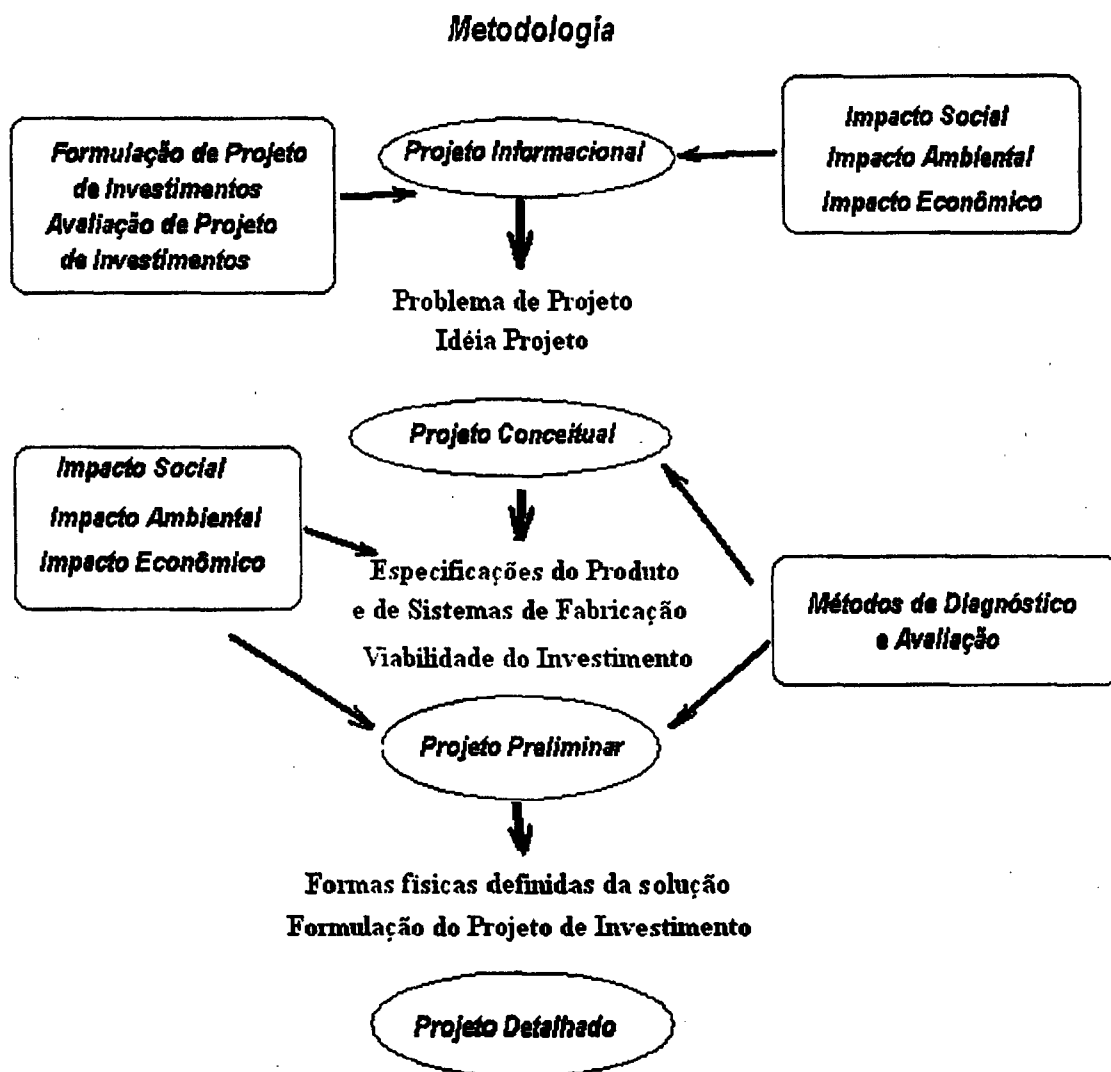
---

As primeiras duas etapas devem desencadear numa série de soluções gerais, concepções de projeto que determinam unívocamente o produto. De fato é aceito por todos os autores que ao final do projeto conceitual ficam determinados aproximadamente 80 % dos custos finais que o produto terá. Também então estão definidas as utilidades e a abrangência e eficiência das soluções frente ao problema. Projetos informacional e conceitual ocorrem iterativamente até que a solução seja aceita pelos envolvidos no projeto.

Devido às características do ônibus urbano, foi necessário incorporar às metodologias de projeto mecânico, ferramentas de avaliação ambientais e de formulação econômica - financeira. Um esquema das ferramentas tal como concebido pelo autor deste trabalho, é mostrada na Figura 2.1

Assim, o projeto informacional precisa tanto das análises de impactos ambientais, como da análise econômica do investimento. Todo projeto necessita esforços, tanto materiais como de recursos humanos e a redução dos riscos é de enorme importância na alocação de recursos da sociedade. Desde as etapas iniciais, é preciso ter tanto a sustentabilidade ambiental e social, como a viabilidade econômica do esforço. Já no projeto conceitual decisões são assumidas, e métodos de avaliação de alternativas de solução são utilizadas. Existem muitos métodos de diagnóstico, utilizando tanto critérios quantitativos como qualitativos. Nem sempre é fácil quantificar o comportamento de uma solução frente a uma necessidade. Um aspecto interessante do conceito do impacto é de centrar o pensamento do projetista nos atributos negativos de um produto em particular. As soluções, assim, são direcionadas a produzir um impacto positivo, que é diretamente associado à necessidade dos usuários. É importante salientar que o impacto, como descobrimento dos aspectos negativos, pode ser aplicado no produto concorrente existente, como na solução obtida do processo de projeto. Assim, o impacto se constitui numa ferramenta de análise do passado e do futuro, da história e da validação do projeto e do produto.

Os impactos do veículo atual foram aqui utilizados como elementos de análise da realidade e suas consequências com a sociedade, a economia e o ambiente. A formulação de projetos de investimentos é uma ferramenta de incorporação do projeto e do novo veículo ao mercado de produção.



Projeto de produtos industriais.

Figura 2.1

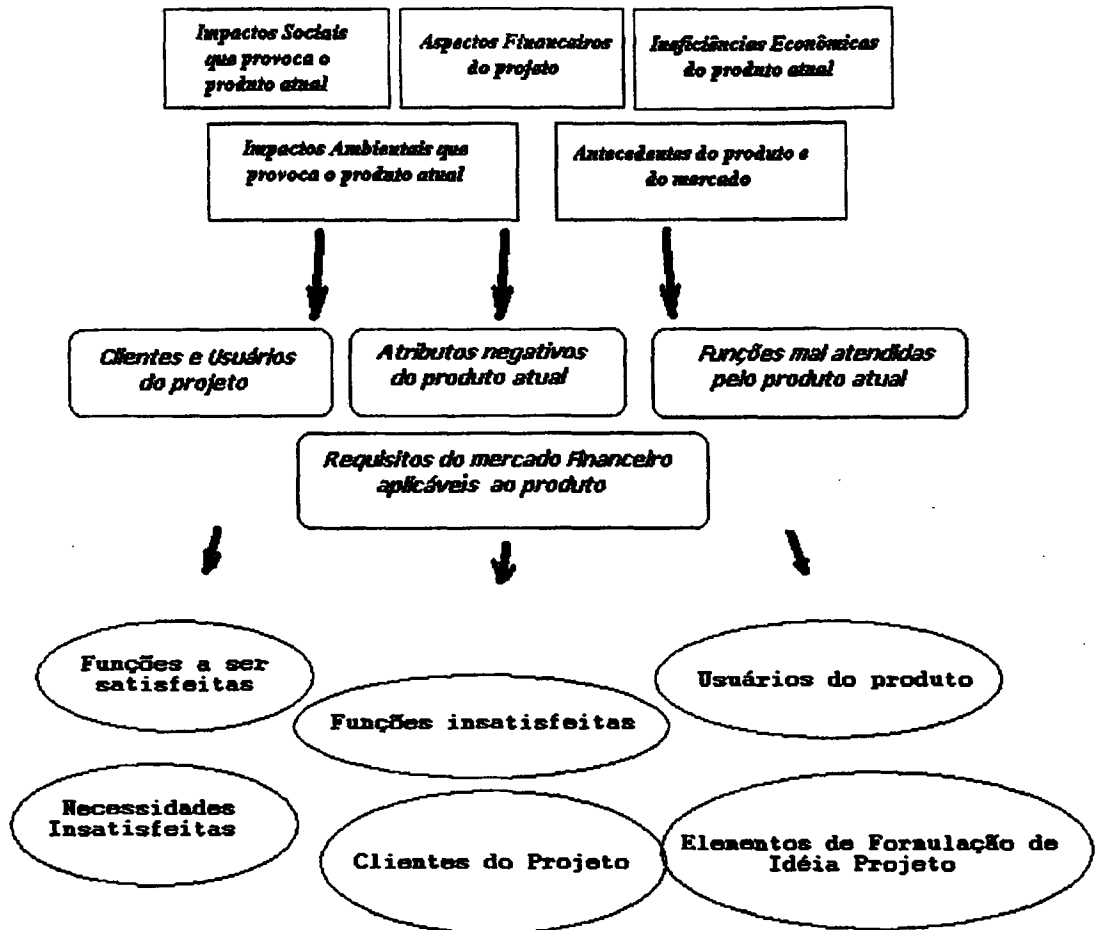
### 2.2.1 O projeto informacional

O procedimento de busca das necessidades de produtos estratégicos exige pesquisar a realidade com a menor quantidade de preconceitos possíveis. Os paradigmas, compromissos tecnológicos, técnicas enraizadas na engenharia impedem mudanças

significativas. O processo de geração de um novo produto inicia com uma fase informativa do que vai ser projetado. Esta primeira fase, anterior à conceitualização do produto, consiste na detecção das necessidades que dão origem ao projeto. Normalmente, o processo de definição de necessidades é precedido pela consulta a usuários, clientes e consumidores potenciais do produto que vai ser desenvolvido. Desta etapa inicial, também denominada etapa de pesquisa de marketing, gera-se uma série de informações globais sobre qual o processo de projeto é baseado. Estas informações prévias serão chamadas ao decorrer do texto como *problema de projeto* [FONSECA, 2000]. Quando o produto tem precedentes e a solução existente atingiu a sua capacidade máxima de ser otimizado, se procura uma quebra de paradigma. Exige-se uma etapa de geração de idéias onde a criatividade é dominante. A consulta aos usuários procura obter as qualidades negativas que o produto ou serviço apresenta. Com as informações coletadas desperta-se a criatividade da equipe de projeto.

Uma outra variável muito influente no processo de projeto é seu financiamento. As avaliações de investimentos contemplam duas instâncias: O pré-investimento e o investimento. Esta separação segue a lógica de reduzir os riscos. Entende-se como investimento “aplicação de todo tipo de bens e atividades que incrementem o patrimônio das entidades – públicas ou privadas – com a finalidade de iniciar, ampliar ou melhorar sua capacidade produtora de bens ou prestadora de serviços” [LLORENTE, C.; DUSSEL, F., 2001]. Investimento em inovação tecnológica têm apoio do Ministério de Ciência e Tecnologia no Brasil, do Fondo Tecnológico Argentino (FONTAR), na Argentina. Para se ter acesso a estes benefícios é necessária uma visão do projeto e da inserção do produto na sociedade. É exigida uma visão abrangente da empresa, do mercado, do produto e dos impactos que o projeto causará na sociedade, na economia, no emprego, etc. Daí a grande importância do uso do conceito de “*impacto*” como ferramenta e critério de análise. São estes conceitos também necessários na hora da procura do investimento, Figura 2.2.

As metodologias de projeto que a engenharia mecânica utiliza possuem estas informações, ainda que em geral se põe ênfase nos aspectos mais técnicos da solução, que serão a posteriori tratados pelos engenheiros.



Projeto informacional do ônibus.

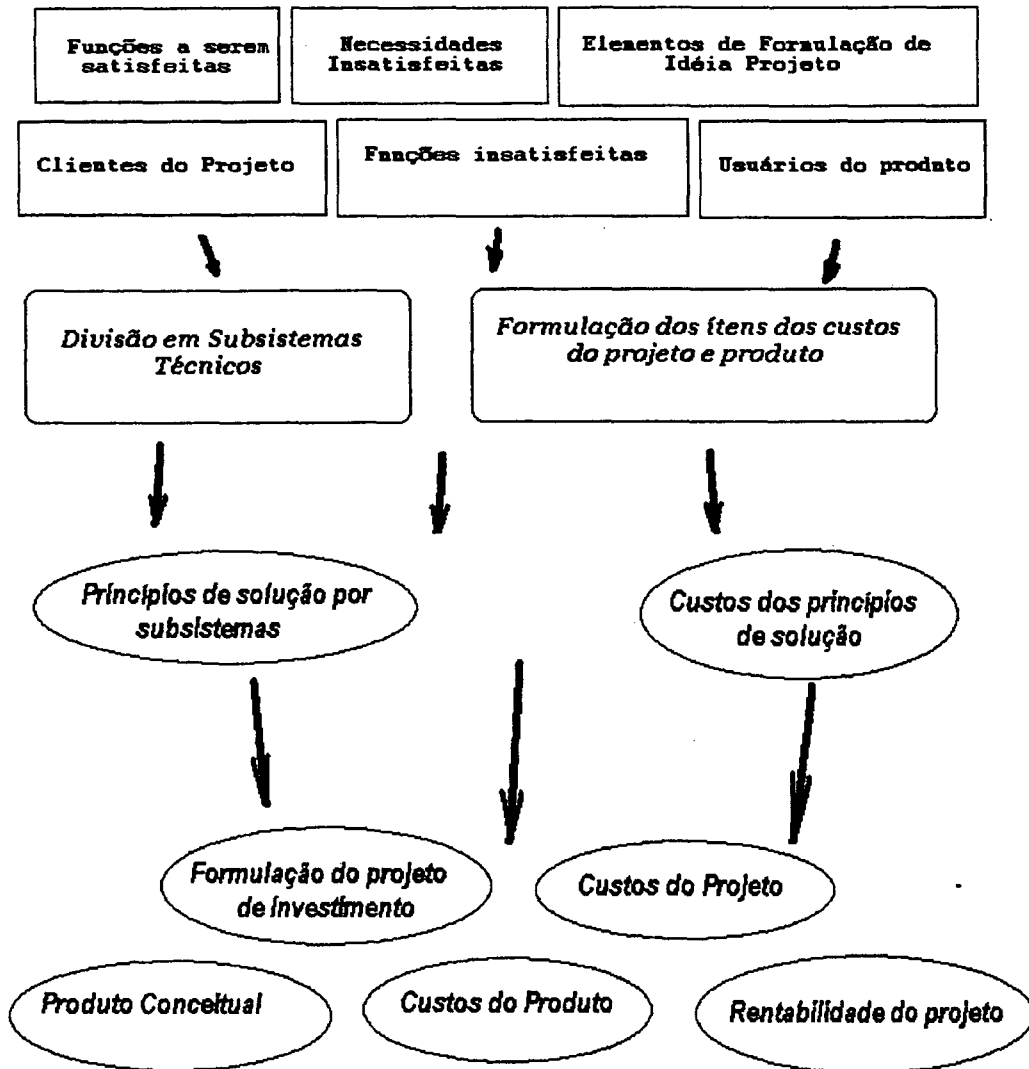
Figura 2.2

### 2.2.2 Projeto conceitual

Determinados os requisitos do projeto, ou seja, os anseios e metas que o sistema deve satisfazer e cumprir, a próxima fase é a de elaborar soluções gerais, concepções de projeto ajustadas a estas especificações e que sejam as melhores no equilíbrio entre investimentos tecnológicos e custo-eficiência. Para alcançar seu objetivo, no projeto conceitual é utilizado um fracionamento do problema, ou seja, o problema complexo é desdobrado em vários subproblemas simples para serem pesquisados individualmente. Estas soluções são sintetizadas formando alternativas para o problema complexo [PAHL & BEITZ, 1996].



Para geração de alternativas de solução para o projeto, [BACK & FORCELLINI, 1997] indicam a utilização de métodos que estimulem a criatividade de forma a conceberem o maior número de possíveis soluções, Figura 2.3.



Projeto conceitual do ônibus.  
Figura 2.3

### 2.2.2.1 Projeto conceitual de sistemas modulares

Um trabalho altamente esclarecedor do projeto conceitual de sistemas modulares, importantíssima base do presente trabalho, se encontra apresentado no trabalho desenvolvido na Engenharia Mecânica da UFSC por Juscelino de Farias Maribondo na sua tese de doutorado, [DE FARIAS MARIBONDO, JUSCELINO, 2000]. Deste trabalho, foram extraídos os conceitos e termos básicos da utilização da conceitualização modular no projeto conceitual.

[ULRICH & TUNG, 1991], se referem a módulos como sendo “*unidades independentes*”; “*componentes padronizados*” e, ainda a “*unidades intercambiáveis*”.

Os **módulos** podem ser entendidos como blocos distintos com interfaces padronizadas, intercambiáveis entre si, que combinados uns com os outros, atendem diferentes funções globais e geram uma família de produtos que atendem diferentes desejos e necessidades.

As **interfaces** são as formas ou os meios de união, comunicação ou de transmissão de energia, material e sinal que permitem que os módulos se acoplem uns aos outros a fim de gerar diferentes produtos ou sistemas.

Já por **intercambiabilidade**, deve-se entender a troca ou a permutação de módulos dentro de um mesmo produto ou sistema, visando conferir-lhes melhores características ou desempenhos.

Para [ULRICH & TUNG, 1991], modularidade é uma característica de projeto que depende da similaridade entre a função e a forma do projeto e da redução dos problemas que podem ocorrer entre os componentes físicos existente nesse projeto.

Segundo [CHEN et al., 1994], a modularidade pode ser entendida como sendo a capacidade da estrutura de um produto se adaptar a mudanças.

Para [SANCHEZ & MAHONEY, 1997], modularidade é “*uma forma especial de projeto na qual intencionalmente cria-se um alto grau de independência entre os componentes de projeto através da padronização das especificações das interfaces desses componentes*”.

[HUANG & KUSIAK, 1998], por sua vez, se referem à modularidade para mencionar o “*uso de unidades comuns para criar produtos variantes*” ou “*o uso de*

---

*unidades padronizadas, intercambiáveis, destinada a satisfazer uma variedade de funções”.*

Percebe-se que o termo “modularidade” se refere à forma ou aos meios necessários para que dois ou mais módulos possam ser combinados entre si, a fim de gerar uma família de produtos. Em outras palavras, a **modularidade** é o termo técnico utilizado dentro do projeto de sistemas modulares para expressar a intercambiabilidade (facilidade de troca, permutação) entre os módulos, a fim de gerar uma família de produtos, a qual é obtida através da padronização das especificações das interfaces desses módulos. Além de “modularidade” é comum ouvir a expressão “modularização” para desenvolver sistemas modulares. Segundo [ROMANOS, 1989], o termo **modularização** refere-se “à decomposição de produtos e/ou modelos acabados numa lista de itens, que serão re-arranjados dentro de módulos normalmente, um grupo de itens os quais podem ser planejados como um grupo”.

### 2.3 As ferramentas utilizadas no desenvolvimento do projeto.

O transporte urbano existe na modalidade ônibus há quase cem anos. Com as mudanças das características das cidades nesse período a tecnologia requer hoje uma revisão. A tese aqui apresentada analisa o ônibus segundo as problemáticas urbanas de hoje, para logo propor uma nova conceituação segundo a visão obtida da análise pelo autor.

Nesta linha de pensamento serão apresentadas as ferramentas utilizadas na pesquisa objeto desta tese:

1 - A análise de Impactos Ambientais no Sentido Amplo [SULAMITA N. BAASCH, SANDRA, 1999], como critério de análise do ônibus atual.

2 - Os atributos e a espiral do ciclo de vida do produto como organizadores de conceitos de um produto industrial [FONSECA, 2000]. Ambos foram usados neste trabalho para definir as características do produto e de sua interação com o meio durante a vida dele.

3 - Elementos básicos da análise de investimentos.

4 - Diagramas de Causa – Efeito e Diagramas de Pareto, como ferramentas de inferência.

### 2.3.1 Análise de Impactos

Uma maneira de conhecer os fatores negativos que um produto tem na sociedade e que determina a insustentabilidade ao longo do tempo, é analisando os impactos que ele provoca. A legislação Brasileira têm antecedentes da implantação da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) desde o ano 1981 com a Lei 6938 onde se institui que todo projeto ou atividade que utilize recursos ambientais dependerão de prévio licenciamento por órgão estadual competente integrante do Sistema Nacional de Meio Ambiente.

Na constituição Federal de 1988, no seu artigo 225, foi implantada a exigência de uma AIA em qualquer atividade causadora de degradação do meio ambiente. É então utilizada neste projeto uma ferramenta provida pela legislação vigente. É necessário salientar neste momento que a AIA é solicitada para projetos de infraestrutura, que podem impactar principalmente o meio ambiente. Para projetos de produtos industriais não existe na legislação nenhuma norma que regule os possíveis impactos que um produto de consumo massificado pode provocar. Ante a consulta pessoal, o professor Sebastião R. Soares especialista em avaliação de impactos ambientais (de obras de infraestrutura) do Departamento de Engenharia Ambiental da UFSC, apontou a falta de pesquisa para incorporar produtos de consumo na legislação de impactos ambientais. Neste sentido é opinião do autor que é necessária na legislação a incorporação imediata de uma consciência de equilíbrio ambiental-sócio-econômico nos projetistas de produtos massificados. Além de ser uma necessidade da sociedade toda, é uma maneira de analisar “o que está errado” do produto que atualmente está no mercado. Por outro lado, o pensamento de Impacto negativo ou positivo permite validar as funções básicas do produto. A validação tecnológica, é claro, tem as ferramentas clássicas da engenharia, de comprovada robustez.

Como descrito em [SULAMITA N. BAASCH, SANDRA, 1999], a avaliação de impactos ambientais tornou-se uma ferramenta amplamente aceita no manejo ambiental. O estudo de impacto terá, entre outras, as seguintes atividades técnicas:

1.- A descrição do estado atual do ambiente, sem a influência do projeto, considerando:

Meio Físico. Subsolo, águas, ar, clima...

Meio Biológico

Meio sócio – econômico. Ocupação do solo, sócio-economia, etc.

2.- Análise dos impactos do projeto e possíveis alternativas, tanto os positivos como os negativos, diretos e indiretos, imediatos e a longo prazo, grau de reversibilidade, distribuição dos ônus e benefícios sociais.

O conceito principal é o equilíbrio sócio – econômico – ambiental do projeto e do produto final. Se esta maneira de pensar é incorporada no processo de desenvolvimento do projeto, os impactos negativos que o ônibus tem hoje, serão transformados em positivos no final do projeto. Nessa linha de pensamento, (re) projetar é “a melhor maneira de transformar impactos negativos em positivos de um produto existente”. Desta maneira, a incorporação de impactos num re-projeto se constitui por si numa ferramenta de análise e de validação do resultado final do processo de projeto.

Devido à intenção desta pesquisa, de prover à sociedade uma alternativa ao sistema de transporte mais utilizado no âmbito urbano, procurou-se analisar os impactos negativos existentes do uso do ônibus, com o objetivo de buscar alternativas. É de grande importância esclarecer o porque da escolha dos impactos ambientais como método de análise. Estes impactos são os exigidos em primeira instância para quaisquer investimentos. Como será demonstrado no Capítulo 3, a inviabilidade econômica é uma constante no serviço de transporte urbano no mundo inteiro, e qualquer futuro investimento na construção de protótipo requererá a avaliação de impactos na formulação.

Existem muitas publicações de impactos ou funções não preenchidas do transporte urbano. Nos últimos cinco anos uma grande quantidade de artigos relacionam o transporte com a sociedade, com a pobreza, e a poluição do ar, incentivado pelo Banco Mundial. Já na década de oitenta, início do noventa, existiram muitas publicações a respeito da facilidade de acesso ao ônibus. Por outro lado, as análises econômicas são uma constante no transporte urbano, devido à quantidade de países onde o impacto ambiental – humano – econômico não tem solução sem restrições e subsídios. Estas análises serão apresentados nos capítulos três e quatro.

Poderia então entender-se os Impactos Ambientais como um “critério” de análise, com o intuito de montar a estrutura de aspectos ou atributos que o produto de hoje possui.

---

A idéia de utilizar IMPACTOS do atual sistema se baseia na idéia exposta acima que o produto deve estar em equilíbrio com o entorno. O impacto mostra o desequilíbrio. O entorno onde foram criados os paradigmas atuais do ônibus mudou em cem anos e existe um desequilíbrio ambiental – econômico – social provocado por ele.

### 2.3.2 Espiral do Ciclo de vida do produto.

O conceito do ciclo de vida é utilizado em várias especialidades associadas à análise de produção e desenvolvimento de produtos, sobretudo no início do trabalho de planejamento dos mesmos. É necessário salientar que o conceito de ciclo de vida pode ser considerado como o elo entre a avaliação de impactos ambientais, os órgãos de financiamento e o projeto de produtos industriais. O ciclo de vida do produto pode ser considerado como “as sucessivas etapas que o produto atravessa, desde o seu desenvolvimento até o descarte”. Junto a este conceito de características temporais são definidas as pessoas que em cada etapa têm relação com o futuro produto. O conceito de espiral de desenvolvimento dos produtos industriais [FONSECA, 1996] contem as características cíclicas, de repetibilidade das fases a cada certo tempo, conjugadas com as características abertas, próprias do processo sob análise (Figura 2.3).

O anteriormente exposto permite sustentar a seguinte tese: Quando um produto é sucessivamente melhorado, toma de cada reprojeto precedente aquela experiência de sucesso ou fracasso, experimentada pelo desenvolvimento antecessor.

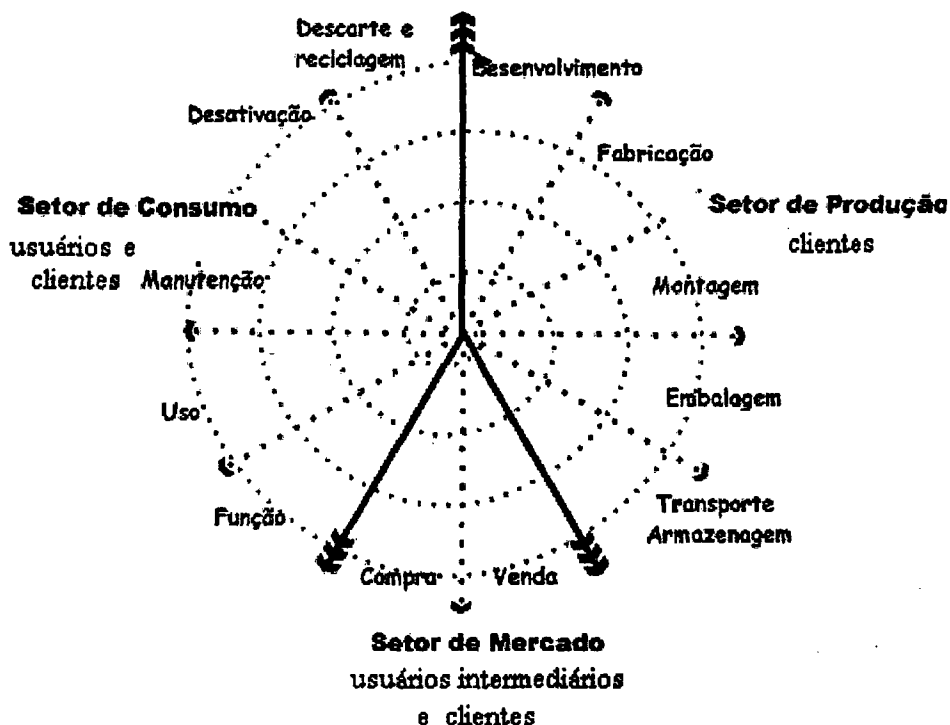
Este modelo de representação da vida de um produto é recomendado como modelo de captação das necessidades, para qualquer tipo de projeto, novo ou não. Durante o desenvolvimento de melhoras sucessivas à presente proposta de tese, será usado este conceito, baseado na facilidade de seu uso por parte dos projetistas. A Figura 2.4 mostra este conceito, aplicado ao processo de projeto. O ciclo de vida do produto permite facilmente ao projetista fazer uma rápida varredura pela vida completa do produto e das influências que cada solução tem para as pessoas e etapas da vida. Para cada etapa do ciclo de vida, existem pessoas que têm relações com o produto e o ciclo de vida facilita a identificação.

Das pessoas que têm participação na vida de um produto, o termo mais comum é o de usuário, que normalmente é usado para pessoas que precisam um produto ou serviço.

Do ponto de vista da fase inicial do projeto, será conveniente utilizar ao máximo somente os seguintes termos:

**CLIENTE**, como categoria fundamental de pessoa vinculada ao projeto.

**USUÁRIO**, como categoria fundamental de pessoa vinculada ao produto.

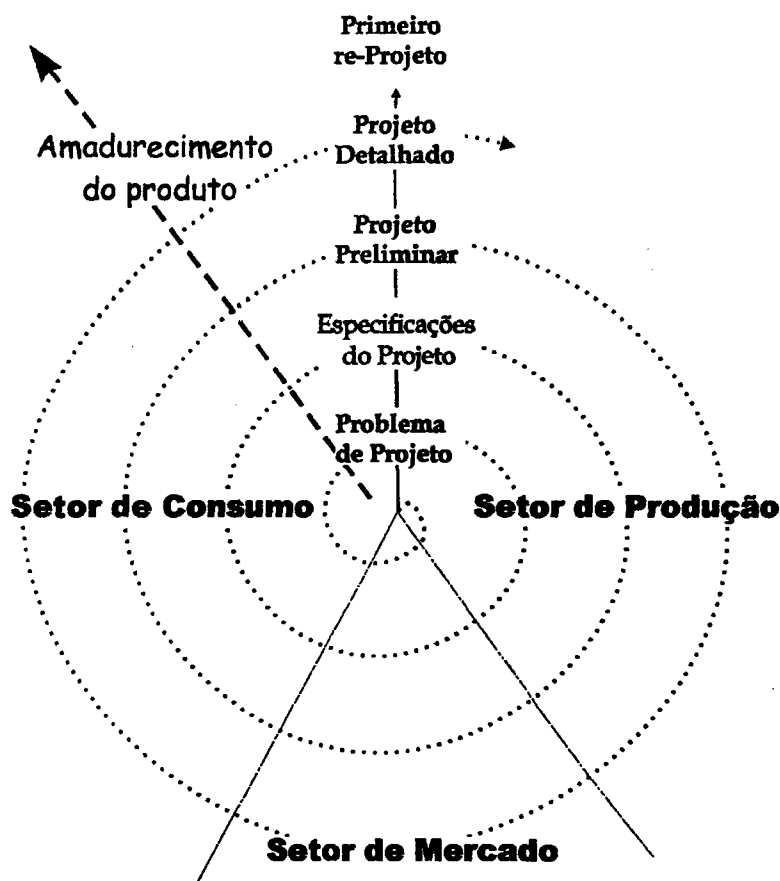


Espiral do ciclo de vida.

Figura 2.3 [FONSECA, 1996].

É de enorme importância conhecer, nas etapas iniciais do projeto, os diversos atores que poderão fazer o projeto de sucesso. Neste aspecto, os principais atores atuantes e identificados no projeto determinam uma rede de influências que deverão agir de maneira coordenada para o sucesso do produto acontecer. Para exemplificar neste projeto em particular, os órgãos financiadores, os fabricantes locais de subsistemas de controle e motores elétricos, os fabricantes locais de carrocerias, as universidades e centros de pesquisa, os operadores de serviço, o governo de cidades interessadas e até os usuários, entre outros, farão possível este projeto acontecer. Neste aspecto, o ciclo de vida fornece uma visão acabada de todos os atores que deverão se somar para a melhoria acontecer.

Na Figura 2.3, além de definir as categorias de pessoas envolvidas em cada fase do ciclo de vida, resulta importante destacar a identificação adicional que poder ser feita, usando o modelo proposto, das fases do ciclo produção-mercado-consumo. São consideradas como fases produtivas, aquelas que agregam valor ao produto, desde o desenvolvimento até as fases logísticas de transporte e armazenagem, às quais estariam associados os clientes. São consideradas fases do mercado a compra e a venda dos produtos físicos, às quais estariam associados os usuários intermediários. Finalmente, são consideradas fases de consumo as relativas à aquisição dos produtos por parte da sociedade, às quais estariam associados os usuários.



Amadurecimento do produto ao longo de sucessivos ciclos de vida.

Figura 2.4

O conceito ciclo de vida tem uma utilidade enorme no projeto de produtos. A sua simplicidade permite incorporá-lo facilmente e dá poucas informações e com precisão. Dá liberdade suficiente ao projetista para administrar os conhecimentos e não restringe a



---

criatividade. Se constitui, numa ferramenta essencial de análise em qualquer etapa ou tarefa de projeto, mas passa de ferramenta à seqüência de passos a seguir nas etapas iniciais de projeto informacional e conceptual.

Assim, a Figura 2.4 mostra o amadurecimento que registra o ciclo de vida nas sucessivas etapas de projeto. Desta maneira, como fora já dito acima, o ciclo de vida na forma de espiral comporta-se como uma base de dados das diversas etapas de projeto. Os diversos estágios do amadurecimento são “fotografados” e poderão assim estar presentes em cada tomada de decisão posterior de maior detalhamento do produto.

### 2.3.3 Atributos do produto

A solução de projeto leva a definir um grupo de características físicas, de funcionamento, de uso, de forma, de materiais, de métodos de fabricação e de outras propriedades finais do produto que está sendo desenvolvido. Estas características, que compõem a solução integral de projeto, são denominadas atributos do produto. É um termo útil para se referir àquelas propriedades que o produto deverá ter.

Segundo o enfoque dos atributos do produto, a atividade de projeto pode ser considerada como o trabalho de detalhar os melhores atributos finais que o produto deve ter, para cumprir, da melhor maneira possível, os objetivos propostos no desenvolvimento daquele produto, [Fonseca, 2000].

Os atributos refletem a característica multidisciplinar da tarefa de projeto, já que são estudados por diferentes disciplinas. O trabalho de projetar é entendido como a arte de retratar num produto uma série de atributos desejados. Partindo deste conceito, diz-se que *“qualquer atributo (ou atributos) tem um produto que o satisfaz (ou satisfazem)”*. [FONSECA, 1996]. O trabalho de projetar então se reduz à melhor forma de traduzir atributos em produto.

O conceito de ciclo de vida como os atributos do produto foram utilizadas como ferramentas de análise. Nas sucessivas etapas de projeto inicialmente apresentadas na espiral de desenvolvimento, foi realizada uma análise por cada impacto causado pelo transporte nas etapas do ciclo de vida do produto. Todas as decisões ao longo da vida do produto e do projeto, procuraram satisfazer totalmente os atributos desejados levantados nas etapas iniciais do projeto.

Baseado no anteriormente exposto pode-se visualizar a importância fundamental que tem a caracterização dos objetivos fundamentais de um produto, como são os atributos e o ciclo de vida. Mas, além de serem os atributos e o ciclo de vida ferramentas de análise para qualquer tipo de decisão, torna-se a espiral de desenvolvimento uma maneira natural de pensar o produto, a ser adquirida pelos projetistas. A espiral pode representar o conhecimento típico acrescentado ao longo do tempo num processo de projeto. Desta forma, as sucessivas etapas (projeto informacional, conceptual, preliminar, detalhado, re-projetos), são analisadas uma após a outra com base no ciclo de vida. A seqüência aumenta o grau de detalhamento e conseqüentemente o grau de amadurecimento do produto. As ferramentas *ciclo de vida* e *atributos* foram utilizadas no constante amadurecimento do produto. No ônibus proposto neste trabalho, a espiral é interpretada como mais voltas na vida do produto de cem anos de vida. A história do produto assim, fica registrada como mais voltas onde as modificações de funções, etapas em geral, são assumidas

Isto traz duas vantagens. Por uma parte se tem consciência da procura de uma nova alternativa, e assim pode-se identificar as melhoras situadas no tempo, cada melhoria acrescentada e o conseqüente amadurecimento. Uma mudança de paradigmas pode também ser planejada em sucessivas melhoras parciais da atual. Este fator é de enorme importância no planejamento do mercado futuro do produto, já que uma mudança de paradigmas pode ser introduzida gradativamente no mercado, tanto para “acostumar os consumidores”, como para amadurecer as novas tecnologias introduzidas. Os estágios da introdução do novo paradigma podem ser planejados com a espiral do ciclo de vida. Poderia – se dizer então que a espiral do ciclo de vida é a base de dados histórica de um produto. Para uma empresa poderia ser esta ferramenta uma maneira de representar sucintamente o “know how” de um produto.

No projeto informacional, as tarefas de definição de atributos e etapas do ciclo de vida, assim como as primeiras informações e restrições, foram obtidos neste trabalho utilizando os setores básicos do ciclo de vida como guia (figura 2.5). Em essência, esta tarefa consiste na obtenção das primeiras idéias, restrições impostas pelo mercado, tecnologias disponíveis, necessidades geradoras do projeto; conceitos em geral que o projetista acha necessário que o produto terá que satisfazer.

Nesta pesquisa se procura uma alternativa aos paradigmas fortemente arraigados na indústria internacional dos ônibus urbanos de transporte coletivo. A

---

primeira etapa de caracterização foi realizada procurando os aspectos negativos do atual paradigma, sob o critério dos impactos. O impacto é visto como desequilíbrio do produto com o entorno, pelo que a “Definição de Atributos do Produto”, “Caracterização das etapas do ciclo de vida”, etc, foram vistos como “desvantagens” do atual sistema.

É apresentada, a seguir, a organização dos atributos utilizados no projeto.

### **Atributos Básicos**

#### **Desempenho do ônibus:**

- Energético;
- Da operação;
- Do serviço de transporte dos usuários;
- Da melhoria do desempenho global da cidade.

#### **Econômico: (com base no custo da passagem)**

- Aquisição do veículo por operadoras;
- Operação do serviço de transporte;
- Vida Útil;
- Manutenção.

#### **Confiabilidade do serviço:**

- Elementos sujeitos a falha;
- Duplicação das funções;
- Facilidade da manutenção;
- Facilidade de controle de qualidade.

#### **Segurança:**

- Passageiros transportados;
- Terceiros;
- Infraestrutura da cidade.

#### **Modularidade:**

Fabricação;  
Operação;  
Manutenção.

**Psicológico:**

Do usuário transportado;  
Dos habitantes de uma cidade com qualidade de vida.

**Social:**

Capacidade de melhoramento das estruturas sociais;  
Melhoramento das comunicações entre pessoas.

**Poluição:**

Atmosférica;  
Sonora;  
Vibrações ao solo;  
Congestionamento do tráfego.

**Atributos do Ciclo de Vida**

**Projetabilidade:**

Do sistema de transporte urbano;  
    Da frota;  
    Do ônibus;  
        Do sistema de tração;  
        Da estrutura;  
Da manutenção.

**Fabricabilidade do ônibus: (no Mercosul)**

Da estrutura;  
Da tração;  
Dos sistemas de controle;

Do sistema de manutenção.

Mantenabilidade: (no contexto dos países em desenvolvimento)

Da estrutura;

Do sistema de tração;

Dos sistemas de controle;

Do sistema viário (como parte do sistema de transporte).

Armazenabilidade:

Dos componentes da tração;

Dos módulos estruturais.

Comerciabilidade:

Financiável pela redução dos impactos ambientais;

Pela flexibilidade do sistema de transporte;

Do novo veículo pelo impacto no custo da passagem;

Das peças de reposição.

Funcionabilidade para:

Os programadores do sistema de transporte;

Os operadores;

Os usuários transportados;

O sistema de manutenção;

O sistema produtivo da cidade;

Usabilidade para:

Usuários transportados;

Operadores do sistema de transporte;

Pessoal de condução;

A cidade como um todo.

Reciclabilidade:

Da estrutura;

Do sistema de tração;  
Dos componentes do sistema de tração;  
Dos consumíveis da operação.

### **Atributos Materiais**

Geométricos:

Configuração;  
Forma;  
Dimensões .

Materiais:

Disponíveis;  
Baratos;  
Recicláveis.

Peso ou massa:

Relação capacidade de carga/peso próprio.

Cores:

De acordo com o entorno.

### **Atributos Energéticos**

Forças:

Envolvidas na estrutura;  
Geradas no entorno;  
Geradas aos usuários transportados;

Tipos de Energias:

Química devido à operação;  
Mecânica;

Reversibilidade dos procesos;

Conservação da energia.

Cinética.

## Atributos de Controle

Variáveis de controle.

Estabilidade dos sinais.

Distributividade do Controle:

Redes de informação.

Complexidade do sistema.

Lógica do sistema global e dos parciais.

Conservação da energia.

Viabilidade dos controles.

### 2.3.4 Elementos Básicos de Análise de Investimentos

Desde às origens o homem tem tentado resolver o problema básico de dar resposta à satisfação de suas necessidades. Tem-se procurado dispôr dos bens e serviços que permitem satisfazê-las. Como é lógico, para produzir aquilo que se deseja consumir requer-se recursos produtivos cuja principal característica é a limitação do volume em relação às necessidades da sociedade. Isto significa que os recursos são escassos, não existem em quantidades suficientes para produzir todos os bens e serviços que o homem e a sociedade desejam, pelo que se deve escolher a melhor forma de fazer uso dos recursos e obter o melhor bem-estar possível. A importância destas ferramentas se baseia na necessidade de financiamento para que um produto industrial chegue ao mercado produtor de bens. Existem muitos exemplos de projetos tecnicamente corretos que não conseguem ultrapassar a etapa de projeto, pelo fato de não ter-se levado em conta a complexidade da variável financeira.

A seleção dos melhores projetos de investimento segue as seguintes etapas:

- Geração e análise da idéia de projeto;
- Estudo da conveniência e viabilidade econômica primária;
- Estudo de pré-viabilidade;
- Estudo de viabilidade.

### **Geração e análise da idéia de projeto**

Nesta primeira etapa é preciso emitir um bom diagnóstico como consequência clara das necessidades insatisfeitas, da existência de outros projetos sendo estudados ou em execução que requeram ações de complementação, etc. Esta etapa teria um paralelo com o projeto informacional de produtos industriais. Não necessariamente é necessário nesta etapa utilizar variáveis econômicas, da mesma maneira como não é necessário o critério mecânico - tecnológico no projeto informacional.

### **Estudo da conveniência e viabilidade econômica primária**

Nesta etapa deve-se avaliar todos os antecedentes que permitam formar um juízo a respeito da conveniência e viabilidade técnico-econômica para desenvolver a chamada em termos de avaliação de projetos a "idéia projeto". É preciso identificar os benefícios e custos pertinentes, sem gerar esforços econômicos e humanos para mensurá-los e valorá-los. Também existe um paralelismo aqui com o projeto conceitual de produtos industriais.

### **Estudo de pré-viabilidade**

Nesta etapa são examinadas com mais detalhe as alternativas viáveis do ponto de vista técnico, econômico e social, que foram determinadas na etapa anterior, descartando as menos atrativas e selecionando as melhores. É aqui necessário mensurar os benefícios e custos identificados na etapa anterior.

### **Estudo de viabilidade**

O estudo de viabilidade deve focar-se no exame detalhado e preciso da alternativa que foi considerada mais viável na etapa anterior. Mensurar e valorar na forma mais precisa possível os benefícios e custos. Os projetos que chegam nesta etapa são só aqueles que não se têm dúvida da sua rentabilidade. Da mesma maneira que no projeto de produtos industriais, o próximo passo é a construção ou execução do produto final.



Cada etapa procura maior profundidade nos conhecimentos para reduzir a incerteza a respeito dos benefícios a serem obtidos pelo investimento. Essencialmente todas as etapas procuram com graus de detalhe crescentes, elementos para a tomada de decisões que permitam alocar recursos da melhor maneira possível, com a finalidade de obter ganhos em concordância com as necessidades da população. [LLORENTE, C.; DUSSEL, F., 2001]. A seqüência iterativa se justifica para evitar os elevados custos dos projetos e poder escolher desde o início as alternativas mais adequadas.

A conclusão de cada etapa se caracteriza por um informe que deve permitir a tomada de decisão do investimento. Deve descrever aspectos do projeto em termos compreensíveis ao setor financeiro, tanto das instituições públicas como privadas que terão participação. Deverá conter:

**Diagnóstico:** é uma descrição do problema que deu origem ao projeto e deve deixar claro porque o projeto vai solucionar o problema.

**Método de avaliação:** contém os modos de cálculos dos benefícios do projeto, definindo claramente a situação base ou sem projeto contra a qual o resultado do projeto vai ser comparado. Desta maneira deverá ficar claro o que vai acontecer, se o projeto não se executar.

**Análise de viabilidade:** que procura determinar claramente os benefícios esperados do projeto, construindo os fluxos de benefícios e custos no tempo, os que se obtêm da análise dos aspectos do mercado, tecnológico, administrativos, ambientais, legais e financeiros.

**Avaliação:** é valoração dos benefícios inerentes do projeto, e conduz às conclusões específicas sobre o assunto de modo que a decisão a ser tomada seja clara a respeito das suas limitações e ou riscos.

---

Resumidamente pode-se citar de [VAMPRÉ HUMMEL, PAULO ROBERTO ; BLACK TASCHNER, MAURO ROBERTO, 1997]: “A avaliação de investimentos se baseia principalmente na análise da realidade futura com e sem projeto, além de analisar os fluxos econômicos que o projeto exige”. Ainda que a seqüência de atividades não têm necessariamente a mesma seqüência temporal com as atividades do projeto tecnológico, é importante resgatar os modos de análise. A idéia do pensamento do antes e depois da execução do projeto, e a avaliação dos benefícios e riscos são de grande importância na maneira de analisar a realidade e necessidades.

### 2.3.5 Métodos de Diagnóstico

Os métodos de diagnóstico permitem analisar um problema baseado nas causas que provocam a pesquisa. Em geral as leis físicas representam causas e efeitos do mundo real numa linguagem abstrata, criada pelo homem. A passagem do mundo real ao abstrato – matemático para estudar um fenômeno e o retorno ao mundo real seja talvez o principal alvo do ensino na engenharia.

Nem todas as causas e efeitos analisadas num proceso de raciocínio podem ser explicadas numa linguagem abstrata e devem ser representadas de maneira o mais precisa possível dentro da linguagem natural. Às vezes torna-se impossível ou de altíssimo custo intelectual a representação matemática de fenômenos e causas que afetam sistemas onde a engenharia tem de resolver problemas, porém o problema precisa ser resolvido.

A realidade é estudada por diversas áreas da ciência, sendo que a linguagem natural une a todas na forma de conceitos textuais. Assim são utilizadas ferramentas de análise, que incluem as facilidades gráficas para a sua representação. Estes métodos podem ser utilizados com grandes benefícios em todas as etapas de desenvolvimento de um produto, sendo que o início da sua utilização foi nos processos de melhoria da produção ou no estudo de falhas de equipamentos.

No transporte urbano, por exemplo, foi estudado amplamente o problema da poluição. Uma solução é o atual ônibus híbrido. Uma causa foi levantada e uma solução implementada. Mas o conceito de sustentabilidade aplicado ao transporte urbano impõe uma análise de causas - efeitos muito mais profunda.

A característica ou resultado de um projeto ou processo pode ser atribuído a uma grande quantidade de fatores. Uma relação de causa – efeito pode ser encontrada entre esses fatores. Se a busca é ordenada, uma causa é procurada por vez.

### **Diagramas de causa–efeito**

O ordenamento das idéias numa visão sistêmica do problema e a obtenção de conclusões pode ser realizada de maneira simples com uma ferramenta criada na engenharia de qualidade.

O diagrama de causa–efeito é entendido como “UM DIAGRAMA QUE MOSTRA A RELAÇÃO ENTRE UMA QUALIDADE E OS FATORES QUE A PROVOCAM”.

“Em 1953 Kaoru Ishikawa, Professor da Universidade de Tóquio, sintetizou as opiniões dos engenheiros de uma fábrica na forma de um diagrama de causa e efeito, enquanto eles discutiam um problema de qualidade. Ainda que tinha sido utilizado na Universidade provou-se muito útil na prática e passou a ser utilizado amplamente nas indústrias de todo Japão” [Hitoshi Kume, 1993].

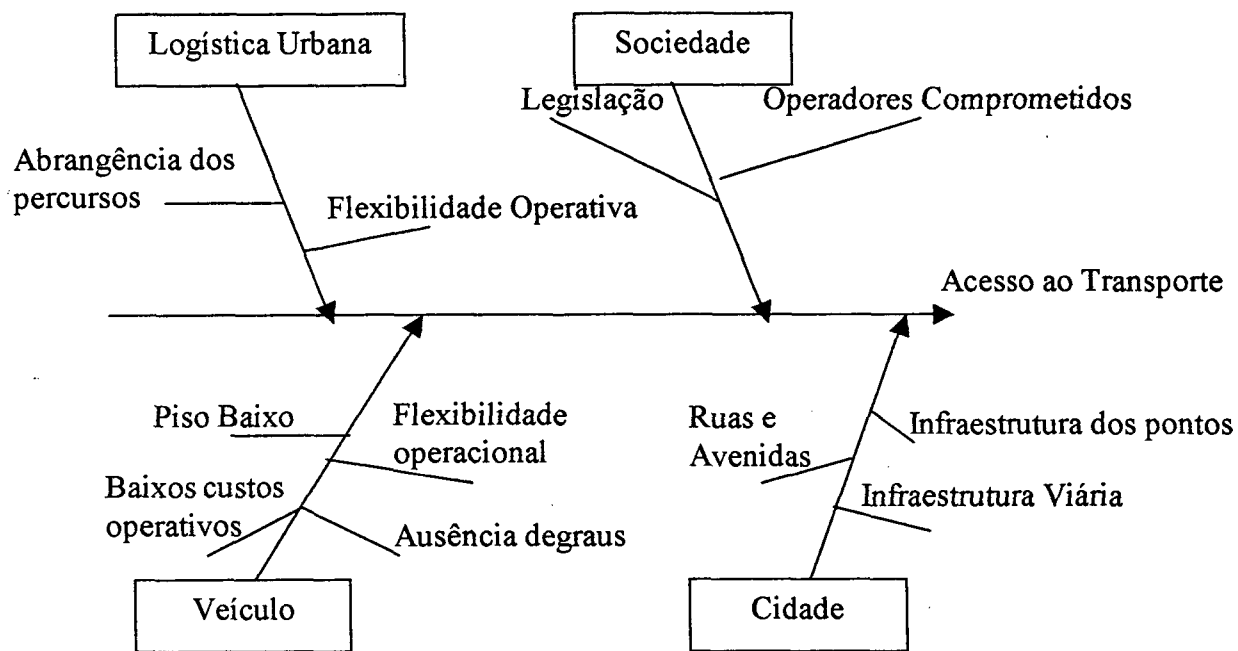
As maiores vantagens dos diagramas causa-efeito são [JENKINS, Lee, 1997]:

- 1- Ajuda aos envolvidos no projeto a direcionar todas as energias em prol de um objetivo comum e
- 2- Força as pessoas a estudar as várias facetas que influenciam um aspecto do problema.

É uma ferramenta essencial no estudo de problemas multidisciplinares. Uma qualidade em particular pode ser representada desde varias áreas de estudo diferentes. Para exemplificar, vamos apresentar os fatores que influem no acesso ao transporte urbano por parte dos usuários transportados. Figura 2.6. Para construir este esquema, deverá seguir-se a seguinte lógica:

- A qualidade na qual se pretende determinar as causas é colocada no quadro central à direita de maneira de “cabeça do peixe”.
- As causas primárias dão o nome às “espinhas” do peixe. As causas secundárias afetam as primárias e assim por diante.

Aqui no exemplo, só causas secundárias foram apresentadas.



Causa-efeito da facilidade de acesso ao transporte público por parte dos usuários.

Figura 2.5

A construção deste esquema não é tarefa fácil. Segundo [Hitoshi Kume, 1993], os bem sucedidos na construção dos esquemas, são os que têm sucesso na solução de problemas de controle e projeto.

A importância desta ferramenta se manifesta nas etapas iniciais do projeto, onde existe uma grande necessidade de relacionar atributos, necessidades, problemas tecnológicos, etc. sem a necessidade de mensurar nem sequer obter uma avaliação qualitativa ainda dos problemas discutidos. O simples relacionamento das origens do problema é o primeiro passo.

## Diagramas de Pareto

Estes esquemas, apresentados comumente como “diagramas de barras” são de grande utilidade quando se tem dados estatísticos que representam algum fenômeno particular que os fatores mais significativos sejam salientados.

Para exemplificar, seja a média de veículos envolvidos em acidentes no Brasil, [GEIPOT, 2000], Figura 2.6, os quais, na forma de diagrama de Pareto, são ilustrados na Figura 2.7

Tipo de Veículo	média 96 / 00
Passeio	117325
Coletivo	8271
Carga	55216
Outras	7589

Veículos envolvidos em acidentes

Figura 2.6

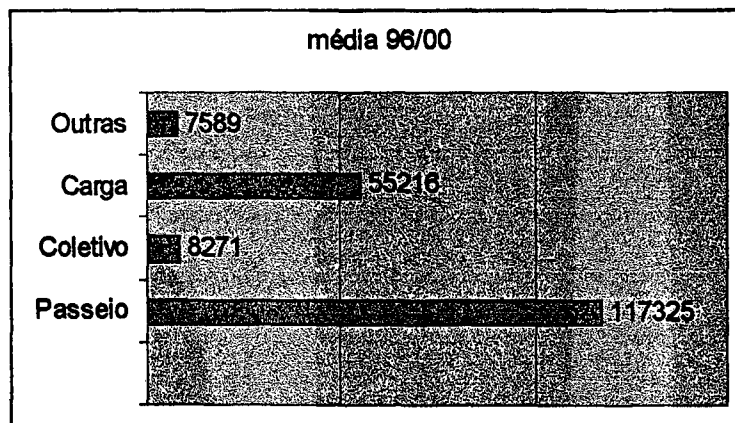


Diagrama de Pareto da Figura 2.6

Figura 2.7

Resulta de fácil compreensão a tendência da quantidade dos veículos por tipo envolvidos em acidentes durante os anos 1996 ao 2000. A sua construção é de fácil por

quanto utilizando a mesma escala para todos os tipos de dados, uma barra do tamanho do número é colocado e melhora a leitura.

## 2.4 Conclusões

As metodologias de projeto na engenharia mecânica ordenam informações de necessidades a ser preenchidas, características desejadas no produto, pessoas envolvidas, mais não inclui critérios de análise para unir estas informações. A busca destas maneiras de analisar, pode ser realizada nas áreas de estudo que fazem análise como principal objetivo. Assim, os impactos ambientais, as análises de viabilidade econômica, as conseqüências sociais, ainda que fazem em geral análises de fatos históricos, devem ter seus princípios desde as etapas iniciais de projeto.

Esta necessidade de capacidades extra tecnológicas de análise deverá ser incorporada na formação profissional para prover à sociedade profissionais capazes de agir com critérios mais amplos de sustentabilidade.

“...Vou comprar dois automóveis,  
um pra mim, outro pra ti...  
... mais isso não constrói nada...”  
Vital Farias

## Capítulo 3

# O Transporte Urbano de Passageiros no Contexto da Sociedade

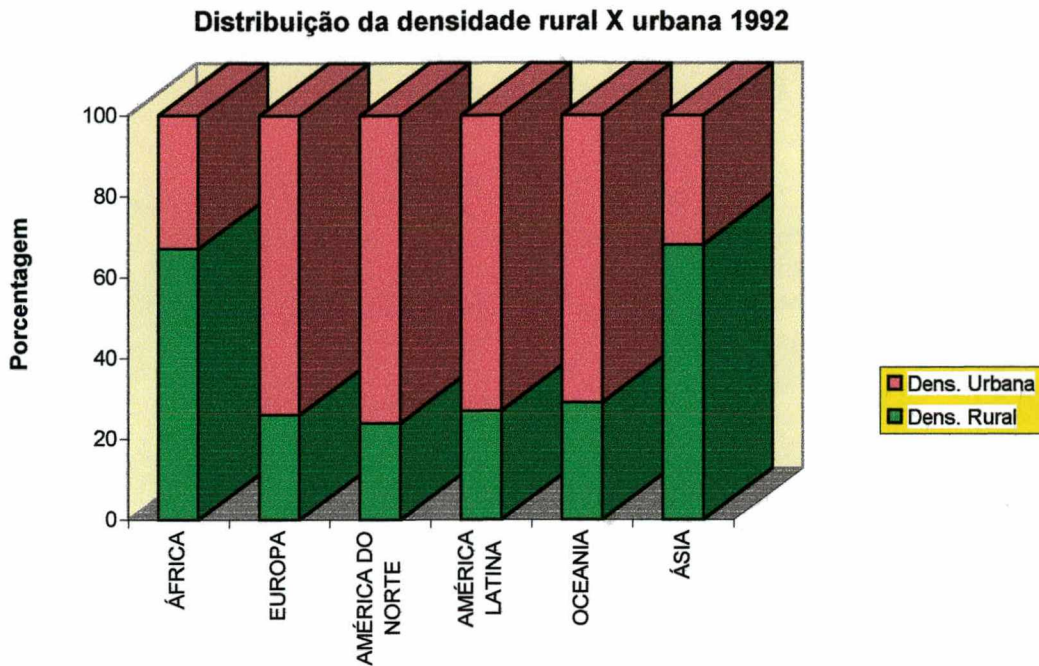
### 3.1 Introdução

Nos países do Mercosul há uma tendência de concentração de até 80% da população nos centros urbanos [DE FARIAS MARIBONDO, JUSCELINO, 2000] (Figura 3.1) pelo que o transporte coletivo se constitui numa alternativa poderosa de transporte urbano na região. Esta característica acentua-se pela falta de espaço físico nas grandes concentrações urbanas, o que obriga ao uso de meios de transporte em massa, que evitem os estacionamentos e o fluxo nas ruas e avenidas dos veículos particulares.

Além disso, cada pessoa transportada por ônibus, na pior das hipóteses, polui menos do que 1/30 da pessoa transportada em carro, o que em termos de poluição ambiental desaconselha a utilização do transporte particular de forma massiva.

Do ponto de vista econômico, o traslado de pessoas com automóveis dentro de uma cidade gera um custo muito alto, que é pago por toda a sociedade, enquanto os transportes de massa geram uma grande redução desses custos, devido ao fator de escala. Assim, o crescimento das cidades é objeto de uma grande preocupação das autoridades pelas conseqüências futuras.

O desenvolvimento sustentável foi definido no relatório Brundland [BRUNDLAND, 1987] como “um desenvolvimento que corresponde às necessidades do presente sem comprometer a capacidade de gerações futuras de satisfazer às suas”. Esse desenvolvimento correspondia “à vontade de se estabelecer um novo projeto de sociedade que tente corrigir os excessos de um modelo de desenvolvimento cujos limites se tornaram perceptíveis a partir do início dos anos 70”.



**Figura 3.1**

A partir da conferência do Rio de Janeiro, em 1992, o princípio do desenvolvimento sustentável é incorporado aos acordos internacionais e integra o conjunto de aspectos de solidariedades sociais apresentados pela “cúpula para o desenvolvimento social” de Copenhague, organizada em 1995 pelas Nações Unidas. Essa consideração das solidariedades sociais foi confirmada por ocasião da Conferência de Istambul das Nações Unidas, de 1996, sobre os assentamentos humanos, que estabeleceu papel mais amplo para cidades e autoridades locais nos processos decisórios. Em fins de 1997, o protocolo de Kioto definiu objetivos relativos às mudanças climáticas [ASSOCIATION MONDIALE DE LA ROUTE, Grupo de Ligação KL3, 1999].

Desse modo, o desenvolvimento sustentável hoje se apresenta como “um processo de desenvolvimento que concilia o ecológico, o econômico e o social, além de estabelecer um círculo virtuoso entre esses três pólos, que garante a eficiência econômica sem perder de vista as finalidades sociais, quais sejam, o combate à pobreza, às desigualdades, à exclusão e a busca da justiça”. As ações relativas às políticas de desenvolvimento sustentável devem, portanto, estar contidas nas chamadas estratégias “a triplo dividendo”, ou seja, que tragam melhorias no que se refere, simultaneamente, à economia, meio ambiente e à comunidade em todos os seus aspectos sociais. A consideração desses



avanços leva à definição atual do desenvolvimento sustentável como “a implementação de um certo número de princípios que contribuam para a melhoria do bem-estar, e também da justiça social, com relação aos ecossistemas”. [ASSOCIATION MONDIALE DE LA ROUTE GRUPO DE LIGAÇÃO KL3, 1999].

### 3.2 As cidades e a problemática do transporte na população

Para o urbanista Christopher Alexander [ALEXANDER, 1977], os meios de transporte coletivos urbanos são motivo de contato entre os habitantes, ao contrário do automóvel, que provoca individualismo entre as pessoas. Assim, o ônibus é considerado como elemento fundamental de comunicação social na cidade, pelo fato de compartilhar o espaço da infra-estrutura viária com o habitat urbano.

O uso do automóvel tem vantagens enormes frente aos usuários dos ônibus tais como a liberdade de se transladar no momento desejado entre lugares desejados, conforto e segurança.

Nas cidades do Mercosul, assim como nos demais países em desenvolvimento, 56% das viagens motorizadas por dia, são realizados por ônibus, 5,5 % por trens e metrô, 32,1% por veículos particulares e 6,4% por outros meios [ANTP, 1997]. As grandes cidades desses países apresentam graves problemas de mobilidade e de acessibilidade, degradação das condições ambientais e congestionamentos crônicos. Esta situação decorre de muitos fatores sociais, políticos e econômicos, mas deriva também de decisões relativas às políticas urbanas, de transporte e de trânsito tomadas no passado, em especial àquelas que os direcionaram ao uso intensivo do automóvel no transporte urbano. Formou-se assim a cultura do automóvel. Os meios de comunicação por sua vez geram, por meio da propaganda, uma forma de pensar, agir, votar, “necessitar” em prol das necessidades dos poderes econômicos [HERMAN, E.S., CHOMSKY, N., 1994]. A indústria do automóvel, geradora de grandes lucros ao nível mundial, não fica fora desta estratégia. É interessante observar no Brasil a grande participação na mídia, das propagandas de automóveis, sempre salientando a liberdade que ele proporciona.

Paralelamente, os sistemas de transporte público permaneceram insuficientes para atender à demanda crescente. Somado a isso, as crises cíclicas ligadas principalmente à incompatibilidade entre custos, tarifas e receitas e deficiências nas gestões, *o transporte público experimentou um declínio na sua importância, tornando-se um mal necessário*

*para aqueles que não podem dispor de um automóvel, [ANTP, 1997p. 18]. Nos cálculos realizados durante os anos 1988-1997, na cidade de São Paulo, o número de passageiros transportados por ônibus caiu 24,5 % (1922 a 1611 milhões), sendo que a frota aumentou em 30,5 % (8239 a 10723), continuando essa tendência nos anos seguintes. Poder-se-ia dizer que enquanto o número de passageiros diminui o conforto aumentou. Associado a estas alterações do tamanho da frota tanto de automóveis e ônibus há aumento de congestionamentos e a conseqüente perda de eficácia do transporte tanto público como particular. Pouco se tem feito para aperfeiçoar o tráfego coletivo, [ANUÁRIO DO ÔNIBUS, 1998, p 15].*

### **3.3 O atendimento das necessidades da população**

As grandes cidades vão crescendo na medida que a vida no campo e as possibilidades econômicas dos minifúndios vão se degradando e a indústria absorve mão de obra. Assim, as residências estão cada vez mais distantes do centro da cidade e dos lugares de concentração das fontes de emprego, gerando uma rede cada vez mais difícil de atingir por um serviço de transporte com frequência e qualidade de serviço.

As famílias mais pobres nos países em desenvolvimento estabelecem residência, na melhor das hipóteses na periferia das cidades. À medida que as cidades crescem sem um controle, as medidas tomadas sempre vão atrás da necessidade. O sistema de transporte tenta atingir as necessidades da população, quando o volume e a rentabilidade permitem. Assim, as pessoas já em precariedade financeira, se afundam ainda mais nas condições de pobreza, pois não conseguem se deslocar para atender as suas necessidades básicas de saúde e educacionais, e não conseguem modificar a própria situação, [FERRARAZO, 2000, pág. 10].

Setenta por cento (70%) do 1,3 bilhões de pessoas vivendo na pobreza no mundo, são mulheres, [PETERS, DEIKE, 1999]. As incidências do transporte no acesso ao trabalho, às compras de despensa diárias e as necessidades de deslocamento social e educacional são de extrema importância na melhoria das condições de vida. Porém, não são consideradas no planejamento dos sistemas de transporte urbano nas cidades que, em geral, são potenciais usuárias nas horas fora do horário de pico. Assim, o preço da passagem frente à necessidade das mulheres de fazer várias escalas na viagem, a rigidez

dos percursos e a falta de tarifa única, a altura dos degraus, são algumas das características que dificultam a utilização do transporte coletivo por este segmento da sociedade, [PETERS, DEIKE, 1999]. Esta característica dos sistemas de transporte de “abandonar” as mulheres na pobreza é uma falta que o planejamento não atende, sendo que o transporte tem um papel fundamental na rotina diária da mulher.

As maiores diferenças entre a situação no que diz respeito ao transporte público do homem e da mulher é que, em geral, as necessidades de transporte são resolvidas para as necessidades dos integrantes da sociedade geradores de riquezas. Assim que saem pela manhã e retornam no final do dia, os homens são os responsáveis tradicionais pelo ingresso da renda nas famílias e os sistemas de transporte são para eles planejados. Mulheres, no entanto, têm hoje em dia três funções cada vez mais importantes na sociedade: geradoras de renda familiar, donas de casa e gerenciadoras da comunidade. Como regra, elas se utilizam, de maneira diferente da dos homens o sistema de transporte, com viagens dispersas, curtas e muito freqüentes. Muitas vezes, transportam cargas volumosas, tais como carrinhos, além de estarem acompanhadas por crianças e idosos. Os sistemas de transporte não estão preparados tecnicamente, para atender adequadamente estes serviços para as necessidades das mulheres. As mulheres geralmente são mais dependentes dos sistemas de transporte que os homens. Infelizmente os percursos periféricos fora de horários de pico têm uma prioridade muito baixa frente aos percursos radiais (periferia-centro) em horários de pico.

As atividades e responsabilidades da mulher relativas à família obrigam-na a fazer viagens com múltiplas escalas e assim, os custos do traslado é aumentado pelo fato de ter que pagar passagens para cada trecho. Estas dificuldades são acrescentadas com a privatização dos serviços de transporte, já que as empresas num mercado competitivo reduzem ou suprimem as viagens dos percursos menos rentáveis. As privatizações pioram ainda mais quando uma integração do transporte é planejada. [PETERS, DEIKE, 1999].

Todos estes aspectos de gênero devem ser considerados no planejamento urbano dos grandes centros, de tal forma a reduzir as diferenças de oportunidades entre os mais pobres. As instituições de desenvolvimento internacionais estão considerando as necessidades da mulher nos projetos de planejamento.

*A flexibilidade operacional do sistema de transporte coletivo frente à alta demanda nos horários de pico bem como das grandes populações da periferia exige dos veículos em si a capacidade de se adaptar às necessidades da população. Desta maneira,*

*os operadores precisam dispor de veículos capazes de flexibilizar sua capacidade de operar frente às necessidades da população a ser transportada.*

Esta flexibilidade tem vários aspectos:

- Organizacional: A administração deve ser flexível e estar atenta às mudanças de necessidades da população
- Logístico: A agilidade nas mudanças de percursos e frequências de serviços.
- Veicular: A frota veicular deve acompanhar esta flexibilidade na capacidade de carga.

Assim, ainda que toda a organização possua uma capacidade de reação frente às mudanças de necessidades da população, os veículos têm uma capacidade fixa de lotação, não sendo possível a sua modificação frente a uma vida útil média de seis a sete anos nos ônibus tradicionais.

A concepção veicular do ônibus tem hoje, uma capacidade de transporte marcada no projeto e, o operador recebe um veículo com capacidade fixa, não sujeita à modificação. A idéia corrente nas empresas na hora da decisão de aquisição de novos veículos se resume a: "carro para transportar cem pessoas".

### **3.4 O congestionamento**

O homem é um ser social. Organiza e concentra suas atividades de residir, trabalhar, estudar, consumir, lazer, negócios, tratamento de saúde e outras, em determinados locais, eleitos pelos mais variados motivos, gerando com isto mais e maiores facilidades para o exercício delas e criando assim outras tantas atividades e facilidades.

As cidades são os locais de concentração humana e de suas atividades. Elas nascem e crescem em função do quanto de facilidades e de atividades podem oferecer aos grupos humanos que lhe ocupam e à região que a cerca. Este processo é contínuo: quanto mais atividades e facilidades uma cidade concentra, mais atrai pessoas, mais atividades gera e mais facilidades oferece. O processo, porém, não traz apenas benefícios. Ao desenvolvimento das cidades, acompanha o aumento do espaço físico ocupado por ela, concentram-se residências e atividades em locais específicos, gerando-se maiores

necessidades de deslocamento e transporte de pessoas e bens. Com o aumento das novas necessidades de deslocamento, surgem os congestionamentos de veículos nas vias centrais, os problemas de falta de estacionamento, o aumento da ocupação do transporte privado, com superlotação dos veículos de transporte público com desconforto para os seus usuários e a queda da qualidade de vida dos moradores das cidades, [SOUZA ROSA FILHO, DUARTE DE, 2002].

O congestionamento é produzido pela saturação do sistema viário. As ruas, avenidas e rodovias têm uma capacidade de fluxo definido ou limitado pela superfície disponível, pelos cruzamentos, etc. Se essa superfície é preenchida, o congestionamento existe.

O sistema viário, como já foi dito, é utilizado para permitir o traslado de pessoas dentro da cidade. Os horários de pico são gerados pelo traslado das pessoas para o trabalho. Uma pessoa em pé ocupa um espaço de aproximadamente um terço de metro quadrado de superfície ( $0.33 \text{ m}^2$ ). Um carro estacionado ocupa em torno de 30 metros quadrados de superfície, sendo que quando circula em condições de segurança a 50 km/h, ocupa  $90 \text{ m}^2$  de superfície. Uma pessoa, então, que se traslada sozinha num carro, utiliza  $90 \text{ m}^2$  de superfície. Um ônibus ocupa em torno de  $80 \text{ m}^2$  de superfície num ponto de parada (é muito importante a capacidade de manobrar), sendo que circulando (50 km/h) em condições de segurança, ocupa  $240 \text{ m}^2$ . Se a capacidade do veículo é de 90 passageiros (com conforto), cada pessoa ocupa  $(240 / 90) 2,66 \text{ m}^2$  de superfície circulando, que contrasta com os  $90 \text{ m}^2$  com o veículo. [ALEXANDER, 1977, pág. 80]

Como afirmado anteriormente, os congestionamentos provocam a redução da velocidade média de traslado de pessoas, diminuição da produtividade da cidade como um todo e o aumento da emissão de gases poluentes e de ruído. As cidades, em geral, não têm maneira de modificar a superfície disponível do sistema viário, sem, às vezes, modificar a geometria da cidade, com altíssimos custos, como a cidade de Buenos Aires na década do 70, onde foram construídas avenidas elevadas que atravessam a cidade em várias direções.

No caso de Florianópolis, a melhoria do sistema viário, para absorver o congestionamento, obrigou à invasão do mar, mangues, etc., com os conseqüentes impactos ambientais e nos valores imobiliários. Assim, a Avenida Beiramar Norte, o

trevo do CIC, a Via Expressa Sul, são exemplos desta invasão, com os conseqüentes impactos ambientais, hidrológicos e sociais que provocou.

A cidade de Santiago, distrito federal de Chile, por exemplo, apelou para a utilização de corredores exclusivos para ônibus para melhorar a velocidade média dos veículos, com a conseqüente diminuição da espera média e de viagem para os usuários. Este fator ajuda na melhoria do serviço prestado e, no conseqüente incentivo à utilização do transporte público por parte dos usuários de veículos particulares. Nessa mesma cidade, tem-se implementado um sistema altamente restritivo e complexo de tráfego. As restrições se baseiam em autorizações por atividades, por número final de placa, etc. para evitar o ingresso de veículos particulares e de transporte coletivo não licenciados ao centro da cidade. Também foram eliminados os estacionamentos de rua, para o aumento da superfície de tráfego. Desta maneira, procura-se, via punição, evitar os efeitos do congestionamento e o traslado da modalidade de transporte particular ao transporte coletivo. No *Plano de transporte urbano 2002* em [http://www.conama.cl/rm/568/article-1221.html#h2\\_4](http://www.conama.cl/rm/568/article-1221.html#h2_4), com o Slogan “ar limpo, menor demora”, são implementadas vias segregadas, exclusivas, reversíveis, de emergência, restritas, para veículos dotados com adesivos de cores de acordo com a atividade e a prioridade de circulação.

*A manobrabilidade dos veículos é também colocada como um dos motivos do congestionamento e falta de segurança no tráfego*, [PRICE WATERHOUSE COOPERS, 2000]. Neste trabalho, dois motoristas entrevistados, que já estiveram envolvidos em acidentes aludiram o espaço restrito no qual eles operam os veículos. Neste aspecto, o tamanho dos veículos atuais exige mais espaço para manobras, porém, os espaços estão cada vez mais restritos pelos congestionamentos.

Ainda que, as vantagens do uso do automóvel em termos das liberdades individual sejam um forte apelo ao seu uso, é necessário que o serviço de transporte satisfaça inteiramente as necessidades individuais para viabilizar o seu uso intensivo pela população e desincentivar o uso do automóvel. Isto vai melhorar o rendimento do sistema viário, reduzindo o congestionamento e os tempos de traslado.

Resumindo: o sistema de transporte público urbano feito por ônibus apresenta as seguintes deficiências quando aos congestionamentos do sistema viário.

- Rigidez no serviço,
- Desconforto no traslado,

- Dificil acesso ao veículo,
- Custo do serviço pouco atraente frente ao uso do veículo particular,
- O tamanho dos veículos aumenta sem a correspondência da melhora da manobrabilidade.

Em função disso, a população suporta as desvantagens dos congestionamentos e altos custos do uso automóvel pela falta de eficiência dos serviços de transporte coletivo.

### 3.5 A poluição dos ônibus urbanos

A poluição do transporte urbano tem incidência não só na área urbana onde ela age, mas também na região que está inserido bem como no planeta. Num informe publicado pela CETSB-São Paulo, expõe-se que a poluição da cidade de São Paulo, levada pelos ventos atinge desde o norte do estado do Rio de Janeiro até o estado de Santa Catarina.

Numa escala maior do que a poluição de São Paulo pode-se citar a NUVEM MARROM, como é denominada uma grande nuvem de poluição localizada sobre o sul do continente asiático. Esta grande massa de gás e poeira é uma ameaça ao meio ambiente dos demais continentes em função da orientação das correntes de ar sobre o globo terrestre [BRAY, MARIANNE, 2002].

Neste trabalho, entende-se que a poluição do transporte público coletivo de passageiros tem dois responsáveis: os próprios ônibus (grandes poluidores) e os carros particulares (que são utilizados pela ineficiência na prestação do serviço de transporte coletivo).

As diferenças entre o automóvel e o ônibus no que se refere à emissão de CO por pessoa / km, é de 40 a 1 (14,30 vs. 0,36) [g de CO / km], quer dizer que uma pessoa transportada em automóvel emite 40 vezes mais CO do que se fosse transportada nos ônibus existentes hoje [ANTP, 1997 p 24]. A utilização de combustíveis alternativos ao diesel tais como gás natural e álcool, melhora ainda mais esta vantagem do transporte coletivo [ANTP, 1997 p 262]. *A emissão tem uma relação direta com o consumo, já que o consumo específico grama de combustível / passageiro x km é uma variável extremamente importante no planejamento do transporte urbano, visto a sua influência na emissão de poluentes e no custo de operação.*

Os principais fatores, que influem no consumo de combustível são: a potência do motor de combustão instalado, o peso próprio do veículo bem como a lotação, sendo que

quanto maior o peso próprio do veículo mais se gasta na aceleração e desaceleração, e maior é o desgaste. O fator peso próprio / capacidade de carga deve ser melhorado nos veículos atuais. Neste aspecto, pode-se fazer uma comparação entre o automóvel e o ônibus. O primeiro, transportando 1,5 pessoa, representando 105 kg na média e 800 kg de peso do carro, têm-se um fator de aproximadamente 8 a 1. Um ônibus, com capacidade para 60 pessoas (4200 kg) e um peso próprio típico de 9000 kg, o fator é em torno de 2 a 1. O veículo para 100 pessoas, que representam 7000 kg de carga e um peso próprio de 12 000 kg, a relação é de 1,71 a 1.

É bom salientar neste momento, que a energia gasta para acelerar o veículo é conservada na grande maioria na energia cinética do veículo em movimento. Os freios não fazem outra coisa senão dissipar esta energia na forma de calor. Um ciclo de aceleração – velocidade constante – frenagem tem nas três etapas dissipação de energia, que é gerada do combustível escolhido.

Considerando-se o transporte como parte do sistema produtivo de riquezas, observa-se que o processo de crescimento econômico num país gera mudanças de distribuição de renda. Os principais motivos das mudanças no PIB se baseiam no consumo de alimentos, de bens duráveis e de consumo, tanto como nas exportações. O crescimento da economia global gera emissões de carbono, proporcionais ao aumento de riquezas. A indústria consome mais energia por riqueza criada, que a agricultura. Se num país se duplica o PIB, só se duplicará a emissão de carbono, se a relação produção agrícola – industrial continua igual, pouco provável num país em desenvolvimento. No trabalho *“Economic development, poverty reduction and carbon emissions in India”* [MURTHY N.S., PANDA MANOJ, PARIKH JYOTI, 1997], é apresentado um estudo de simulações de emissões no ano 2005 com dados do ano 1990, bem como uma relação direta entre crescimento e emissões de gases que contribuem com o efeito estufa. As emissões de dióxidos e monóxidos de carbono do setor de “outros serviços de transporte” (exclui serviços sobre trilhos) representam 11,79 % das emissões totais na Índia, sendo que são responsáveis economicamente por 4,63% do PIB no ano de 1990. A previsão de aumento da participação deste setor no PIB no ano 2005 é de 1,108 vezes, sendo que o aumento das emissões totais do país é de 1,070. A emissão per capita aumentará 1,526 vezes, sendo que os referidos setores de transporte, aumentarão 2,16 vezes. Isto implica que os setores do transporte, movidos à combustível fóssil aumentem as emissões mais que os outros setores da produção.



Segundo [MURTHY N.S., PANDA MANOJ, PARIKH JYOTI, 1997] num cenário comparativo entre 1990 e 2005, o transporte aumenta, em termos percentuais, ainda mais, sua participação nas emissões de carbono, enquanto outros setores tal como o de geração elétrica diminuem. Isto mostra que na Índia, a contribuição do transporte na emissão de gases efeito estufa aumenta nas previsões feitas para o ano de 2005. Estas conclusões podem ser estendidas para outros países em desenvolvimento. No informe [KIRSTEN HALSNÆS, ANIL MARKANDYA, JAYANT SATHAYE., 2001] tem-se as seguintes conclusões de experiências no mundo inteiro:

- Impor grandes restrições à emissão de gases contaminantes aos ônibus sem a devida atenção à sustentabilidade econômica pode causar sérios problemas de operação;
  - Otimizar a operação do sistema é crítico para uma boa sustentabilidade ambiental;
  - Deve-se priorizar o uso viário e particularmente o uso de vias exclusivas para ônibus.
- Concorrência entre operadoras reduz custos e pode ser utilizada para uma melhora ambiental.

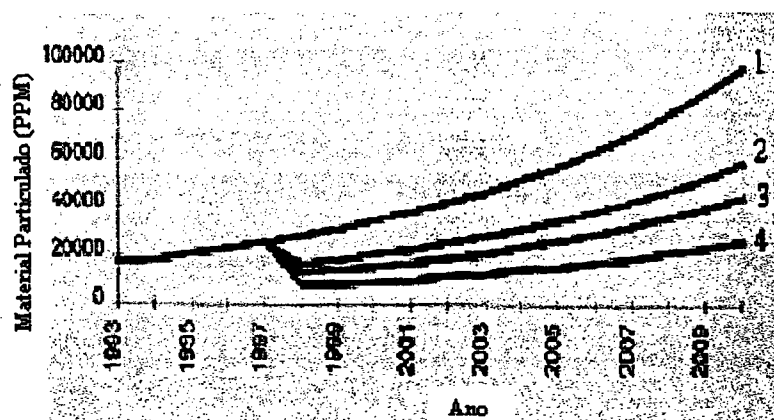
Estas conclusões podem ser estendidas à Europa, já que no informe da empresa Transportes Metropolitanos de Barcelona, a minimização do consumo de combustíveis, óleos e emissão de gases, se apresenta como grande avanço, uma economia de 3 a 5% no consumo de combustível [[http://www.tmb.net/cast/informacion\\_corporativa/corporacion-documents.jsp](http://www.tmb.net/cast/informacion_corporativa/corporacion-documents.jsp)].

*Isto mostra que mesmo utilizando tecnologias modernas, o nível de otimização das concepções atuais dos ônibus de hoje é baixa.*

Segundo a [FUNDACIÓN SUIZA PARA EL DESARROLLO TÉCNICO, 1996], na América Central, nos automóveis particulares a percentagem de veículos com emissão excessiva por mal funcionamento ou desregulagem não superou 50%, enquanto que nos ônibus esta percentagem é de 72%. Foram realizadas simulações da poluição utilizando diversos métodos de controle, no horizonte do ano 2010. O primeiro panorama, indicado pela curva 1 (Figura 3.2), considera que não será tomada nenhuma atitude em relação ao transporte. O segundo panorama, indicado pela curva 2, consiste apenas num controle mais severo do controle das emissões. O terceiro, representado na curva 3 consiste numa manutenção mais eficiente, sendo que o quarto panorama, na curva 4, representa uma manutenção combinada com o controle de emissões. Conclui-se que a qualidade do ar

piorará permanentemente faça o que for feito pelo governo, devendo o mesmo mantê-la no mínimo possível. (Figura 3.2).

Deste trabalho, pode-se concluir que se não houver uma mudança na tecnologia dos transportes, é evidente que nas cidades, (onde o espaço físico continua igual), a emissão de gases associados ao efeito estufa e poluentes em geral vai continuar aumentando ou, no caso de haver implementações de restrições legais, não piorará. Isto permite prever um forte agravamento da poluição ambiental das cidades nos países em desenvolvimento, caso não sejam implementadas mudanças profundas na tecnologia de transporte urbano.



Projeção das emissões de partículas na América Central.

Figura 3.2

***Uma mudança do sistema energético no transporte urbano é urgente e necessária.***

“O Sistema de Transporte Coletivo consumiu na Região Municipal de São Paulo, no ano de 1998, 3,4 milhões de pneus, o que corresponde a uma despesa da ordem de R\$ 0,12 bilhões” [PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano, Secretaria de Política Urbana, 2001]. Esses 3,4 milhões de pneus são descartados com apenas 5% da perda de seu peso total, o que implica em um enorme desperdício de matéria-prima, neste componente automotivo. Pouco se faz para a reciclagem de pneus, uma vez que a grande maioria é incorporada no solo como materiais poluentes. Poder-se-ia citar a utilização dos pneus como combustível e geração

de negro de fumo. Mas o crescimento sustentável obriga a não gerar a contaminação. O “Conceito” pneu deverá ser então repensado. O novo “pneu” não deverá desperdiçar matérias-primas que poluam o meio ambiente.

### **3.6 Outros impactos dos sistemas de transportes**

Além do impacto provocado pelas emissões, o setor do transporte provoca ruído, vibração, dano ecológico, o uso de recursos naturais renováveis e não renováveis e, congestionamentos e acidentes.

#### **3.6.1 Ruído**

O Ruído têm efeitos audíveis e não audíveis. Os audíveis são relativos à interferência com a comunicação e processos cognitivos. Os não audíveis causam distúrbios no sono, problemas cardíacos, psicoendócrinos, alterações comportamentais e de aborrecimento da comunidade. O ruído gerado no sistema de escapamento é produzido pelos gases de saída dos cilindros do motor. O sistema de escapamento é projetado e testado para uma gama de velocidades e estados de carga do motor. A filtragem de ruído que o sistema de escapamento realiza, é ótimo para um determinado estado de carga (velocidade e potência entregue). A operação dos motores dos ônibus transcorre com mudança permanente de estados de carga, pelo que a filtragem torna-se ineficiente. [TRADE & TECHNICAL PRESS LIMITED, 1979].

A má manutenção do sistema de escapamento aporta no aumento da geração de ruído, mas também, na medida que o escapamento é projetado para abranger o maior espectro de estados de carga do motor, este sofre uma perda de rendimento, pela retenção dos gases da combustão.

Os tipos de silenciosos mais comuns são os chamados de fluxo inverso e câmara de expansão. Todos têm capacidade de atenuação, para uma gama de frequências fixas, definidas pelas suas características geométricas e acústicas. [TRADE & TECHNICAL PRESS LIMITED, 1979].

*Assim, quanto mais regular for a marcha do motor, mais efetivo será o sistema de escapamento na diminuição de ruído pelo motor, ou seja, se o motor opera em regime permanente, o ruído é filtrado de maneira muito eficiente.*

A maior parcela de ruído da rodagem, é responsabilidade dos pneus contra o piso, dependente da rugosidade do pavimento e da infraestrutura viária. A responsabilidade do veículo na geração deste tipo de ruído se limita à velocidade de circulação e ao desenho da banda de rodagem dos pneus. Na faixa de circulação do trânsito urbano, (até 60 km/hora máxima), não é gerado ruído em níveis perigosos à saúde humana, porém, dependendo do tipo de pista, é gerado ruído pelo batimento dos pneus. Neste aspecto, *o tipo de desenho da banda, é crucial na diminuição do ruído.*

### **3.6.2 Vibrações**

Vibrações são causadas quase que exclusivamente por veículos pesados, provocando um incômodo comparável ao do ruído. As vibrações também têm efeitos prejudiciais no solo e na infra-estrutura. Estes efeitos vão desde trincas até desmoronamento de edifícios e construções. As vibrações provocadas pelos veículos são causadas pela transmissão ao solo, de cargas não amortecidas. Analisando estes comportamentos na suspensão do veículo, a suspensão, é a grande responsável por essa carga transmitida ao solo. As cargas que não são amortecidas geram vibrações no solo, com conseqüências tanto nos sistemas viários por eles utilizados como na infra-estrutura urbana em geral. Este fato obriga a revisão do sistema de amortecimento dos veículos utilizados no transporte urbano coletivo.

### **3.6.3 Dano ecológico**

O dano ecológico que provocam as construções de infra-estrutura para o transporte é conseqüência da utilização de grandes áreas urbanas, fragmentando, descontinuando ou destruindo habitats, interrompendo rotas migratórias, ou seja, afetando a biodiversidade. Na ilha de Santa Catarina, Florianópolis, tem-se casos extremos de destruição de habitats naturais, podendo citar algumas áreas ocupadas pela Universidade Federal de Santa Catarina, originalmente mangues. A poluição provoca a redução das

defesas às doenças das árvores, ficando mais sensíveis ao vento, frio e dano por pestes. A construção de infra-estrutura viária afeta também os cursos superficiais de água e lençóis freáticos. Ainda que os problemas acima não sejam gerados de maneira direta pelos veículos, os congestionamentos no tráfego obrigam aumentar a capacidade do sistema viário. Assim, o transporte como um todo é responsável pela degradação do ambiente [SANDRA SULAMITA N. BAASCH, 1999]. É responsabilidade do sistema de transporte coletivo, como um todo, então, modificar essa realidade para não piorar ainda mais esta situação de destruição. Cabe aos veículos em particular, aportar a um sistema de transporte sustentável no tempo e no espaço, sendo a solução tanto econômica como tecnológica em prol da implantação de sistemas de transporte competentes que não obriguem às cidades a aumentar a sua capacidade viária.

### 3.7 Do financiamento dos sistemas de transporte coletivo por ônibus

Muitas cidades de países industrializados e em desenvolvimento subsidiam o transporte público, argumentando que isso vai atrair os usuários dos automóveis. Mais da metade da população subsidia o déficit financeiro do sistema de transporte, beneficiando os operadores, mais que os passageiros transportados. Os subsídios não geram uma mudança de uso do transporte privado para o público, não sendo, portanto, solução para a redução da poluição urbana. É mais efetivo o subsídio dos veículos “limpos” ou combustíveis menos poluentes que o sistema de transporte, [WORLD BANK, SOUTH ASIA PROGRAM ON URBAN AIR QUALITY MANAGEMENT, Dec. 2001].

No Brasil existem vários tipos de subsídios ao transporte urbano de passageiros, os quais podem ser divididos em dois grupos, os diretos e os indiretos.

Nos subsídios diretos pode-se dizer que o Vale Transporte (*da Lei nº 7.619, de 30 de setembro de 1987*) subsidia a redução do custo do transporte dos trabalhadores, já que esses custos podem ser lançados como custos operacionais e deduzidos do imposto de renda nas empresas empregadoras (art, 31 e 32). Ainda neste grupo, existe também o subsídio sobre a compra de veículos e equipamentos em geral. O total de recursos aplicados pelo BNDES e pela FINAME (subsidiária do BNDES) no período 1995-00 alcançou o valor de 2,74 bilhões de reais, provenientes do Fundo de Amparo ao Trabalhador – FAT e do PIS, representando cerca de 52,0 % do total investido pelo governo federal em transporte urbano nesse período. Neste caso, as taxas de juros são

altamente subsidiadas. A Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP, do Ministério da Ciência e Tecnologia, também aplicou recursos em transporte urbano, direcionados para Pesquisa e Desenvolvimento, no valor de 30,67 milhões de reais, no período 1995-2001 [PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano, Secretaria de Política Urbana, 2001].

Dentro dos subsídios indiretos, pode-se dizer que se encontra toda a infra-estrutura viária utilizada pelo transporte coletivo por ônibus. São subsídios se pensarem que a situação é diferente com os trens, metrô e até trolebuses, onde as infra-estruturas formam parte do sistema.

“No transporte público coletivo urbano por ônibus, a participação do capital privado é significativa, fora raras exceções. Estima-se a existência de cerca de 1.500 empresas privadas de ônibus que prestam serviços de transporte público coletivo urbano no Brasil. A sua participação concentra-se na operação de serviços com investimentos em veículos e garagens, ficando o planejamento, a gestão, a implantação e a manutenção do sistema viário, dos terminais e da sinalização por conta do setor público”. [PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano, Secretaria de Política Urbana, 2001]. Assim, também na infra-estrutura viária, o sistema de transporte coletivo não aporta nada para o seu financiamento. Este mesmo documento aponta na pág. 18 que “De parte das instituições financeiras de empréstimos, a análise diz que o BNDES, a única instituição procurada pelos investidores privados, concluiu que os projetos não eram economicamente viáveis, pois já demonstravam estar no limite do dimensionamento possível para a tecnologia escolhida (ônibus)” e na pág. 19, “A crise atual do transporte urbano por ônibus, decorrente da elevação de custos operacionais e queda da demanda, acarretou uma queda do índice de passageiros por quilômetro –IPK, da ordem de 39% no período entre 1993 e 1999, apontando para um possível colapso do sistema”.

O deputado federal Pedro Eugênio (PT), no seu artigo Política de Transporte Público de Passageiros, aponta que 170 milhões de Reais serão aplicados por ano para o financiamento do transporte urbano de passageiros, saídos do ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e prestação de Serviços) e IPI (Imposto sobre Produtos Industrializados), [www.pedroeugenio.org.br/artigos].

No trabalho “*Productivity Measurement in the Urban Sector*” [HENSER, D. A., DANIELS, R., 1995], sobre o sistema de transporte regulado pelo estado, analisa o efeito

da impossibilidade de as firmas operadoras reduzirem rotas no declínio da demanda mediante cláusulas contratuais. Esta incapacidade das firmas de ajustar o serviço e tamanho de frota contribui para o declínio da densidade de serviço e, conseqüentemente, a redução dos níveis de produtividade.

Também conclui que a regulamentação tem provocado uma utilização ineficiente de recursos, principal objetivo em transporte público. Mais ainda, restrições salariais, no preço da passagem e controle sobre o serviço, têm impedido as empresas de alcançarem a minimização dos custos.

Para ter-se uma idéia do tamanho do impacto do transporte urbano, nas economias da América Latina, a operação do transporte nas cidades de mais de 100 000 habitantes, consome aproximadamente 3,5 % do PIB regional (com tendência de aumento), sendo que, os custos do tempo com pessoal improdutivo causados por atrasos nos congestionamentos correspondem ao 3% do PIB. [NACIONES UNIDAS (CEPAL), Boletín Facilitación del Comercio y el Transporte en América Latina y el Caribe, 2002]. Assim, globalmente o transporte está envolvido com o 6,5% do PIB da região, dos quais 3% são perdidos pela sua ineficácia.

*É evidente que o sistema de transporte por ônibus está numa crise que põe as economias numa encruzilhada sem saída. A operação das frotas requer apoio estadual para funcionar, como uma constante.*

Para se ter um indicativo da importância do transporte urbano no emprego, tomando-se como referência a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), apresenta-se na Tabela 3.1 um resumo comparativo do número de empregos, com o equivalente de outras indústrias. [PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano, Secretaria de Política Urbana, 2001].

Cabe, por fim, observar o caráter ainda restrito da análise aqui apresentada do que é a indústria do transporte em termos nacionais. Embora importante, a RMSP representa apenas uma parcela da enorme potencialidade de geração de emprego e renda, em termos nacionais, vinculada à prestação dos serviços de transporte coletivo ou “indústria” do transporte. Basta lembrar a existência de outras 11 Regiões Metropolitanas, que reúnem cerca de 35 milhões de habitantes por todo o país, além das aglomerações urbanas não consideradas metropolitanas, que compreendem uma população de mais 20 milhões de

habitantes, nas quais é imprescindível além da existência, a melhoria e a expansão dos serviços de transporte público.

<b>Gênero de indústria</b>	<b>N° de empregos</b>
Transporte coletivo na RMSP (1998)	200.815
Material elétrico e de comunicações no Brasil (1993)	201.615
Construção civil no estado de São Paulo (1995)	347.147
Têxtil no Brasil (1993)	261.578
Fabricação de automóveis, caminhões e ônibus no Brasil (1993)	147.426

[FIBGE - Anuário Estatístico do Brasil]

Número de empregos gerados por gênero da indústria.

Tabela 3.1

### 3.8 Da segurança do sistema urbano de passageiros

Segundo um informe da Secretaria dos Transportes da República Argentina realizado no ano 2000 [SECRETARÍA DE TRANSPORTE DE LA NACION ARGENTINA, COMISIÓN DE COSTOS, 2000], para a avaliação do custo da passagem, o combustível representa 12 %, e os seguros 17% do total dos custos do sistema. As companhias de seguros, segundo este trabalho, não aceitam assegurar estes serviços com franquias abaixo de US\$ 40 000. Este montante se encontra acima do custo do 90 % dos acidentes, o que obriga aos operadores a enfrentar os auto-seguros.

Nas grandes cidades, onde os congestionamentos atingem graus intoleráveis, os serviços de transporte têm uma maior exigência na aceleração para atingir velocidades médias aceitáveis. Assim, todo ano é apresentado um veículo cada vez mais potente com maior capacidade de aceleração.

É apresentado no informe da [Secretaria de Seguros de la Nación, 2000] os maiores índices de acidentes ocorrem nas cidades de Buenos Aires, a Grande Buenos Aires, Córdoba, Santa Fé, Rosário, com quase quatro acidentes anuais por veículo. Um



fato destacável é que a incidência dos acidentes não aumenta com a idade do veículo. Mas, os índices de acidentes aumentaram com os veículos mais novos, os fabricados a partir do ano 96, donde se pode concluir que o problema não está na manutenção do sistema de freios nem problemas de pneus.

Neste aspecto vale esclarecer que na Argentina existe, desde os finais da década de oitenta, um sistema de inspeção técnica veicular obrigatório para todos os veículos de transporte de passageiros e carga do país. Este sistema é gerenciado pela Secretaria de Transporte da Nação e pela Universidad Tecnológica Nacional, atuando no país inteiro.

Existe uma tendência nos fabricantes de chassi de ônibus visando o aumento de potência e da capacidade de carga dos veículos, refletida na oferta. Veículos com maior capacidade e maior agilidade no tráfego são procurados pelas empresas operadoras. Em geral, os veículos possuem tecnologias cada vez mais seguras. Os sistemas mecânicos e os freios têm evoluído na mesma proporção.

Na página 50 da [REVISTA TRANSPORTE MUNDIAL, JUNHO/JULHO 2002], foi publicada a descrição de um caminhão especial, o Scania P124 CB para bombeiros nos aeroportos, que acelera e freia de maneira excepcional. É informada na referida matéria, a curta distância de frenagem requerida, de apenas 40 metros a uma velocidade de 64 km/h a zero, com 19 toneladas de peso total. Por outro lado, na referência [REVISTA QUATRO RODAS, 2002], se apresenta um comparativo entre os automóveis Corsa da GM e o Polo da VW onde os quais precisam de 16 metros para frear de 60 a 0 km/h. Pode-se dizer que no melhor dos casos, o ônibus vai precisar mais do dobro do espaço de um automóvel para frear. Conceitualmente, este fato confirma os dados dos custos dos seguros, onde o 78,4% dos acidentes ocorrem com outro veículo automotor (Tabela 3.2). Cabe destacar neste momento que não foram encontradas informações de fabricantes de ônibus e chassis a respeito da distância de frenagem. Em consultas a empresas de Florianópolis bem como ao Núcleo de transporte da Prefeitura Municipal tampouco havia informações disponíveis relativas as distâncias de frenagem dos ônibus. Com a tecnologia atual os ônibus deveriam circular a uma distância superior a 30 metros do carro da frente, o que inviabiliza as ruas da uma cidade com quadras de 100 metros, onde só caberiam dois carros e dois ônibus circulando com segurança. A tecnologia ônibus, então, deverá revisar a sua capacidade de circular com segurança em condições de tráfego que garanta rapidez de deslocamento e proporcional capacidade de frenagem.

*A capacidade de Frenagem dos ônibus está no limite da tecnologia. O aumento da carga sobre os pneus, o aumento da potência e a conseqüente capacidade de aceleração, deixaram os ônibus com distâncias de frenagem não compatíveis com os carros.*

Existe também uma importante quantidade de acidentes refletindo além dos problemas sociais, montantes importantes de custos absorvidos pelos operadores. Na Tabela 3.2, é apresentado que mais do 5 % dos acidentes ocorrem ao subir e descer do veículo. O acesso ao veículo com os degraus inclusive reflete aqui outra problemática além da exclusão, a de provocar acidentes. Pelo exposto, é considerado que as normativas de segurança não refletem a realidade acidentológica do serviço de transporte urbano coletivo de passageiros.

<b>CLASSIFICAÇÃO DO ACIDENTE SEGUNDO TIPO</b>	<b>Nº Acidentes</b>	<b>%</b>
Colisão com trem	35	0
Colisão com veículo de motor	68668	78.4
Colisão com veículo não motorizado	1465	1.7
Colisão com pedestre	1574	1.8
Colisão com objeto ou animal em estrada	295	0.3
Colisão com objeto ou animal fora de estrada	158	0.2
Acidente ocorrido ao subir ou descer do veículo	5011	5.7
Acidente sem colisão	9391	10.7
Acidente de natureza não especificada	819	0.9
Sem informação	217	0.02

Tabela 3.2

### 3.9 Reflexões

O sistema de transporte urbano de passageiros apresenta uma crise de sustentabilidade em muitos aspectos. A sua adaptabilidade às exigências ambientais, econômicas e de serviço estão comprometidas. Muito têm evoluído os sistemas de gerenciamento, pouco ainda os veículos. Existem, porém, alternativas existentes para problemas particulares, da emissão, do consumo, dos combustíveis, ainda não integrados numa solução sistêmica para o transporte coletivo de passageiros.

As operadoras encontram-se entre as necessidades dos habitantes da cidade, a pressão dos entes reguladores e as tecnologias existentes onde a somatória de fatores não permite operar sem subsídios cada vez mais onerosos para a sociedade toda, usuária ou não do serviço.

No entanto, a necessidade de transporte não permite prescindir deste tipo de sistema que utiliza a infra-estrutura viária natural das cidades. As ruas e avenidas são compartilhadas sem custo de implantação adicional. É preciso, porém, adaptar o veículo ônibus às necessidades atuais da vida em cidades, com todas as necessidades satisfeitas.

Como é apresentado em [PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano, Secretaria de Política Urbana, 2001], “A melhoria da *qualidade do transporte coletivo* é um forte *instrumento* para assegurar a *sustentabilidade da circulação urbana*, e essa melhoria é entendida como a oferta de serviço rápido, acessível, seguro, universal e adequado às necessidades de deslocamento da população”.

“Los hermanos sean unidos  
esa es la ley primera  
tengan unión verdadera  
en cualquier tiempo que sea,  
porque si entre ellos se pelean,  
los deboran los de afuera”.

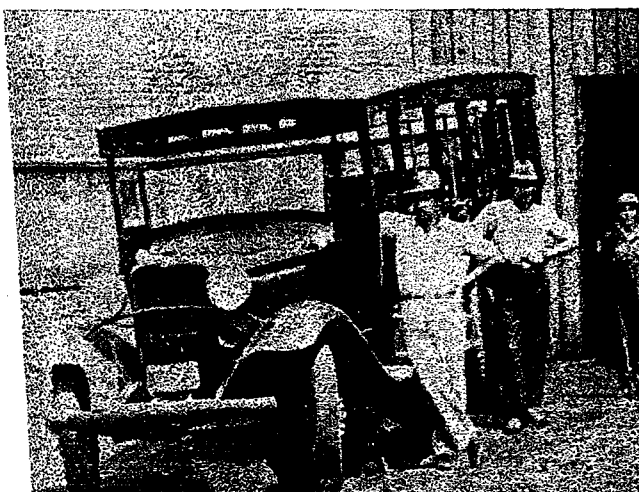
José Hernández  
(en Martín Fierro)

## Capítulo 4

# O Ônibus Urbano

### 4.1 O ônibus até hoje

No início do século, com o surgimento dos primeiros veículos de carga autopropulsionados, surgiram os primeiros “ônibus” de passageiros, como alternativa aos anteriores bondes. Isto permitia um transporte massivo sem a instalação de trilhos nas ruas. Um dos primeiros ônibus do Brasil pode ser visto na Figura 4.1 onde é apresentado com carroceria de madeira e aberta nas laterais, como nos primeiros bondes.



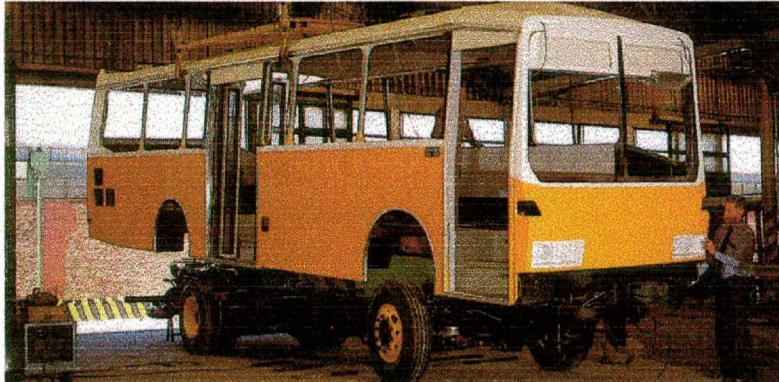
Ônibus do início do século XX.

Figura 4.1

Assim, surgiu um veículo com uma estrutura de chassi, que suporta a maioria dos esforços, porta os eixos, motor, com uma carroceria (ou carroçaria) para alojar os passageiros. Esta solução derivou a partir das “carroças”, que não eram mais que estruturas para abrigar

peçoas, acima de um veículo de carga. Esta separação de estruturas, chassi e carroceria, tornou-se um paradigma da construção dos veículos, sendo que nos automóveis foi quebrado há algumas décadas atrás. Na construção dos ônibus ainda persiste, como é mostrado na Figura 4.2.

Existem então dois processos de montagem separados para obter um ônibus: a construção do chassi e a construção da carroceria. O fabricante do chassi é, normalmente, de origem internacional (ou multinacional).



Montagem de carroceria no chassi [EL DETALLE, 1997].  
Figura 4.2

O fabricante da carroceria tem, em sua maioria, sido local. A primeira sustenta a maior parcela de tecnologia e complexidade, devido ao fato de incorporar ao chassi, os motores, freios, transmissão e suspensão. O fabricante usa a mesma estrutura fabril para fazer a montagem do chassi tanto para ônibus quanto para caminhões. São, para o caso do Brasil, quase todas empresas multinacionais. As montadoras de carrocerias tornaram-se mais regionais devido às necessidades variadas de cada região em transporte de passageiros, e às possibilidades econômicas e tecnologias disponíveis. Necessitam para isso de tecnologia de montagem de estruturas treliçadas, chaparia, estofaria, solda, etc.

#### 4.2 O ônibus e o passageiro transportado

Os ônibus são hoje com o natural aperfeiçoamento, mais confortáveis, possuem maior capacidade de carga e maior potência, etc. fruto da exigência própria do aumento de população das cidades, como também das mudanças tecnológicas.

Existem hoje ônibus com capacidades diversas, conforme a utilidade, segundo a [FEDERAÇÃO DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES RODOVIÁRIOS DO LESTE MERIDIONAL DO BRASIL 1998]. Quando o ônibus, num determinado trajeto ou percurso, transporta em média até oitenta passageiros, pode-se operar com um ônibus padrão (segundo a classificação do GEIPOT) Figura 4.3.



Ônibus “padrão” [GEIPOT, 1997]  
Figura 4.3

Para linhas de grande fluxo de pessoas como uma avenida numa grande cidade, pode-se utilizar um ônibus bi-articulado com capacidade para transportar até duzentos e cinquenta passageiros (Figura 4.4).



Ônibus bi articulado na cidade de Curitiba [GEIPOT, 1997]  
Figura 4.4

Um sistema de transporte urbano requer diferentes tipos de serviços, no que refere à capacidade de transporte e frequência. Numa avenida central, por exemplo, de grande fluxo de pessoas, requer-se um veículo de grande porte (até 250 pessoas) nas horas de pico, e talvez

de médio porte (100 pessoas) nas horas normais. Numa linha que une o bairro com o centro, ou numa central de distribuição, requer-se um veículo com capacidade de até 100 passageiros. Para transporte especial, com conforto, requer-se baixa capacidade (até 30 - 35 passageiros sentados) além de sistema de ar condicionado e poltronas confortáveis, e um veículo ágil e de boa reação.

*Uma frota ideal está composta de veículos de todos os portes numa proporção de acordo com as necessidades da população servida.*

No início da década de noventa, nos países europeus, apareceram os primeiros ônibus com piso baixo, para melhorar o acesso ao veículo. Os fabricantes Volvo (Fig 4.5) e Scania (Fig 4.6) já apresentaram e fabricaram esses veículos na Europa no início da década de noventa. Na América Latina essas melhorias ainda não foram incorporadas nas frotas até os dias de hoje, dez anos depois de incorporadas nos países desenvolvidos.

*O piso baixo permite ao usuário em geral, acesso (subir e descer) ao veículo sem necessitar de escadas. Essas exigências são fundamentais para a segurança e conforto do usuário.*



Ônibus de piso baixo [EVOBUS, 1999].

Figura 4.5



Ônibus de piso baixo, [SCANIA, 1999].

Figura 4.6

Na reunião americana para pessoas com mobilidade diminuída no ano 1990 [KING, 1995, pág. 26], criou-se uma legislação pela qual os novos ônibus devem facilitar o acesso de pessoas até com cadeiras de rodas (como expoente da maior dificuldade de mobilidade). No caso brasileiro, foi implantado em algumas cidades um serviço especial de transporte de portadores de deficiência física, como nas cidades de São Paulo e Curitiba. Existem veículos especiais fretados como também alguns ônibus com rampas de acesso e espaço interno para as cadeiras de rodas, [ANTP, 1997 pág. 207]. Essas soluções, além de representarem um maior custo, não permitem uma real incorporação desses portadores de limites de mobilidade às atividades de uma cidade, seja pelo custo, seja pela potencialização da diferença com a “normalidade”, proporcionada pelos projetos atuais.

Cerca de 15 % da população têm alguma deficiência física, o que geralmente provoca uma exclusão do sistema de transporte coletivo [ANTP, 1997]. O principal fator, no ônibus, para esta exclusão, são os degraus. A altura do piso do ônibus, entre 70 e 90 cm do solo constitui-se numa barreira considerável para a pessoa com dificuldade de translação. Mulheres com crianças, idosos, e quaisquer pessoas com alguma dificuldade de movimentação ficam fora do sistema de transporte urbano. [CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE, 1997]

Existem dois motivos tecnológicos para a existência do degrau: o chassi e os eixos. Várias montadoras tanto de chassi, como encarroçadoras, vêm dando soluções parciais para estes problemas, mas aumentando substancialmente o valor de aquisição das unidades. Existem hoje alguns ônibus chamados de piso super baixo, em torno dos 35 cm do chão. Nestes casos, o piso interno tem uma altura uniforme na região central do ônibus. A livre



circulação sem degraus dentro do ônibus está restrita. O principal motivo são os eixos, que dificultam a construção de um piso nivelado.

### 4.3 Tecnologias existentes em transporte urbano

No Brasil, o transporte público urbano é predominado pelo modo rodoviário, com aproximadamente 430 000 ônibus que realizam cerca de 9 milhões de viagens diárias. Além dos ônibus existem os metrô, os trolebuses, os táxis e os trens urbanos [CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE, 1997]

O transporte urbano de passageiros pode ser classificado em veículos auto-guiados e guiados, os primeiros representados pelos bondes e metrô, e os segundos pelos ônibus e trolebus. A diferença principal entre os dois está na infra-estrutura que requerem para o funcionamento. Os veículos auto-guiados requerem a instalação de guias, sejam trilhos, seja monotrilho, ou simplesmente uma guia de pneumáticos.

Os guiados requerem um permanente controle humano para a circulação, tipicamente nas ruas de uma cidade. Neste sentido, a vantagem do veículo guiado, sobre os auto-guiados, está na utilização de infra-estrutura existente em qualquer cidade. Esta característica tem sido fundamental na implantação massiva dos ônibus no transporte urbano.

Os modelos de ônibus predominantes são os convencionais de duas portas, os ônibus padrão de três portas, os articulados, os bi articulados e os trolebuses.

A tecnologia ferroviária é de alta confiabilidade e requer um alto investimento. É indicada para grandes concentrações populacionais. Uma característica modular por capacidade é a principal diferença operacional dos trens com o ônibus. Isto quer dizer que cada vagão tem uma capacidade  $X$  de transporte. O traslado de  $n \times X$  pessoas se obtém encaixando  $n$  vagões, sendo os  $n$  vagões agora um só veículo. Em geral, a montagem de um trem pode ser realizada na hora em que vai ser fretado, o que permite a utilização dos mesmos vagões para diferentes horários, colocando e retirando vagões, dependendo da demanda. Nos trens elétricos usados em áreas urbanas, cada vagão possui a capacidade motriz para o seu deslocamento.

Os trolebuses são veículos sobre pneumáticos com motor elétrico, alimentados por cabos aéreos. Sua vantagem está na utilização de fonte de energia externa ao veículo. No caso de existir geração de energia não poluente para a cidade, (hidroelétrica, eólica, solar), o ganho é grande. No caso da energia ser gerada por centrais termoelétricas ou nucleares, o problema

para a sociedade continua. Uma desvantagem do sistema de trolebus está no investimento inicial e na dependência dos percursos aos cabos aéreos. Existem tecnologias onde o trolebus possui um motor à combustão e um gerador para atender as emergências de corte de energia. Esses veículos já foram implementados pela Companhia Siemens no transporte de Quito, Equador. [“El sistema de Trolebuses de Quito”, en Las Ciudades del Siglo XXI].

Outra grande diferença apresentada hoje está na vida útil dos sistemas de transporte urbano. O ônibus tem uma vida útil média de seis a sete anos, o trolebus de vinte anos e os veículos sobre trilhos têm entre trinta e quarenta anos de vida útil. [ANTP, 1997]. Este item será tratado a posteriori.

#### 4.3.1 Tecnologias de tração

Os sistemas de tração nos ônibus tradicionais transformam energias químicas em movimento com maior ou menor eficiência. Estes sistemas utilizam motores de combustão interna para transformar a energia química dos combustíveis em energia cinética do veículo. Um rendimento no motor de 30% é considerado comum e bom ao longo da vida útil do veículo. A transmissão transforma as variações das rotações do motor e das rodas. Utiliza um dispositivo de embreagem para acoplar as rodas e o motor. Estes sistemas, na melhor das condições, têm um rendimento energético da ordem do 90%. A frenagem se realiza transformando energia mecânica em calor, por atrito. Este sistema é totalmente irreversível. O aumento de entropia global é total. Para fazer uma análise qualitativa dos diversos sistemas de tração é proposto o esquema mostrado na Figura 4.7.

O sistema Híbrido Elétrico utilizado em ônibus possui um motor de combustão interna de modo estacionário a regime constante de rotações, acoplado a um gerador elétrico. As rodas são tracionadas por motores elétricos e não têm vínculo mecânico entre as rodas e o motor a combustão.

As maiores vantagens estão na ausência da transmissão, embreagem, como sistemas mecânicos altamente irreversíveis. Por outro lado, os motores elétricos são máquinas reversíveis, podendo ser utilizados como freios, operando como geradores. Assim, acumuladores elétricos são instalados. O fato de ter o motor em regime constante e regeneração na frenagem aumenta o rendimento e equilibra o balanço entrópico do serviço.

Na Figura 4.8, é proposto um esquema do sistema com os rendimentos de cada transformação para o sistema híbrido.

O objetivo do sistema híbrido é aumentar o rendimento, baseado principalmente na recuperação de energia na frenagem. Do ponto de vista dos mecanismos necessários para a implementação de um sistema híbrido, tem-se a grande vantagem do motor elétrico não precisar de uma caixa de marchas e embreagem. O sistema híbrido vem ao encontro à necessidade de diminuir as fontes de poluição, qualidade bastante importante nos dias de hoje.

### Sistema Tração Direta

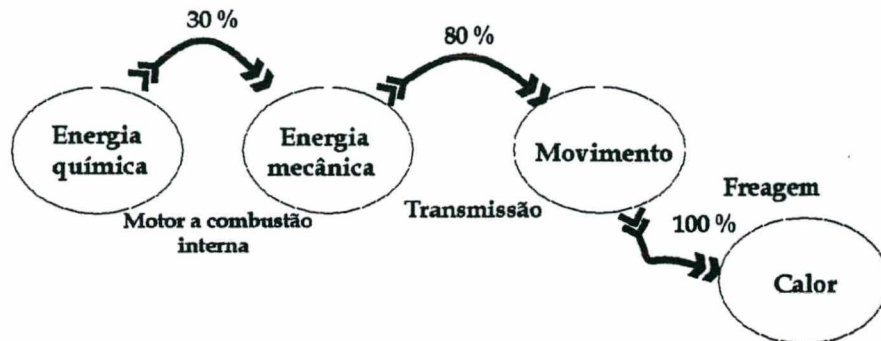


Figura 4.7 Esquema energético do sistema tradicional de tração.

### Sistema Híbrido Elétrico

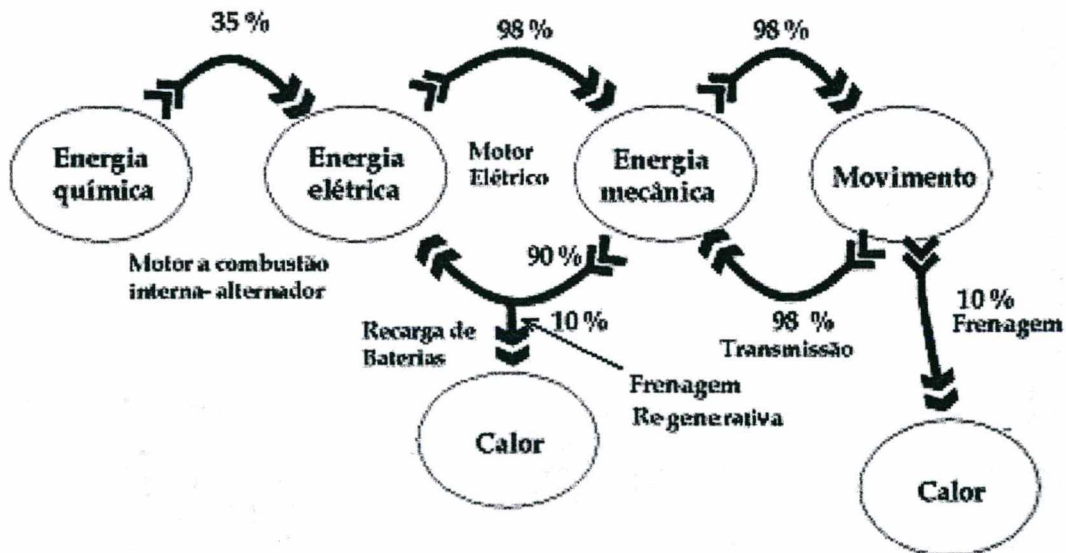
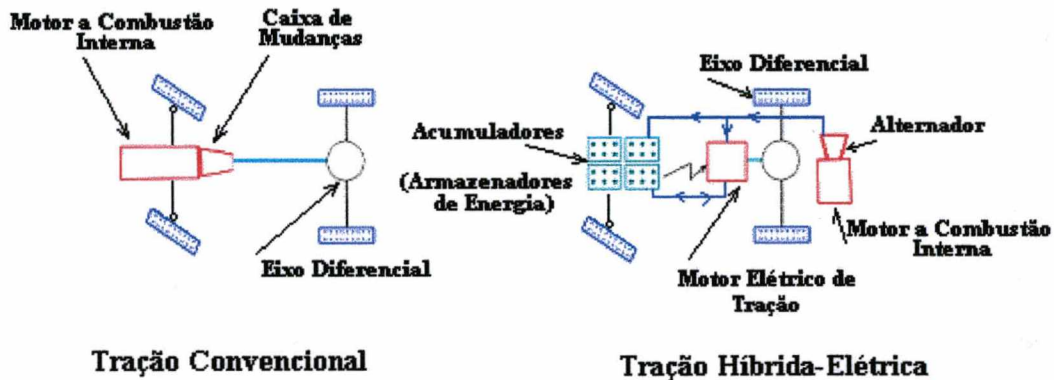


Figura 4.8 Esquema energético do sistema híbrido-elétrico.

A implementação de sistemas híbridos na cidade de Nova Iorque fez parte do programa de melhoramento da qualidade do ar. Como é mostrado na Figura 4.9, o sistema híbrido é entendido nesta aplicação como uma substituição do motor à combustão na

transmissão. Não tem se modificado o conceito veicular para atingir as melhores qualidades dos motores elétricos nos aspectos da confiabilidade, manutenibilidade, modularidade, etc. Uma figura explicativa do conceito de tração híbrida é mostrada na referência [NEW YORK CITY TRANSIT, 2001] (Figura 4.9).

É possível também implementar um sistema híbrido com a aplicação de motores hidráulicos de tração. A principal diferença se baseia no modo de armazenar energia nos sistemas hidráulicos na forma de acumuladores de pressão. Como o motor hidráulico é reversível, a regeneração de energia na frenagem é possível, como também menor quantidade de mecanismos de redução, já que em geral, os motores hidráulicos são de alto torque de arranque. Ainda que existam estes tipos de sistemas em ônibus especiais de aeroporto (sem freio regenerativo), a experiência não é de sucesso pela manutenção do sistema hidráulico.



Comparação sistemas de tração [NEW YORK CITY TRANSIT, 2001].

Figura 4.9

Como fora consultado pessoal de EDCADASA responsáveis pela frota de ônibus de aeroportos da Argentina [EDCADASA, 1997], os ônibus de tração hidráulica, construídos pela empresa Zanello S.A. ainda de operação satisfatória, possuem pouca confiabilidade e altos custos de manutenção do sistema hidráulico. Um modelo de análise energético para esta solução pode ser visualizado na Figura 4.10. A principal vantagem deste sistema está na utilização de um motor hidráulico por roda traseira, sem a necessidade de eixo diferencial. O

piso extra baixo para aeroportos foi o principal motivo de implantação desta tração hidráulica. Os protótipos informados não possuem freio regenerativo. Ainda que a regeneração de energia na frenagem seja possível com acumuladores hidráulicos, são de altos custos.

Nestes sistemas de tração, o motor de combustão interna gera energia potencial hidráulica, logo utilizada pelos motores de tração.

Ainda que o autor não possua informação da existência, existe a possibilidade de um sistema híbrido combinado elétrico – hidráulico (mostrado na Figura 4.11). Este se baseia no bom rendimento do sistema elétrico na tração e nas vantagens de frenagem com a utilização do sistema hidráulico. Neste caso, a frenagem e a regeneração são executadas pelo sistema hidráulico, com motores hidráulicos, sendo que a tração pelo sistema elétrico com motores elétricos. Neste caso, os motores hidráulicos poderão ser dispostos nas rodas dianteiras, sendo que os elétricos nas rodas traseiras. Esta proposta se baseia na maior aderência das rodas dianteiras na frenagem e melhor desempenho das rodas traseiras na tração.

### Sistema Híbrido - Hidráulico

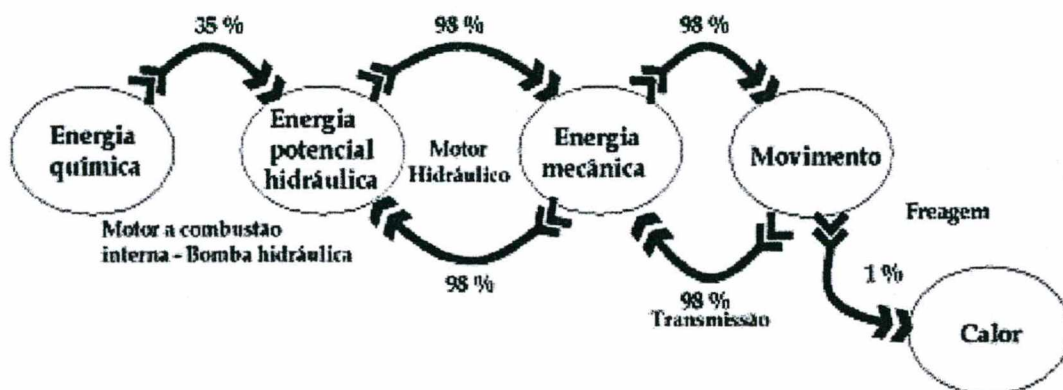


Figura 4.10

## 4.4 Análise dos custos

### 4.4.1 Custos de operação

A crise no transporte coletivo urbano nos países da América Latina obrigou os governos a estudarem os custos reais da passagem. Na Argentina, a Secretaria de Transporte da Nação criou uma comissão composta de operadores privados de transporte público e de membros da

mesma secretaria. Pode-se salientar alguns aspectos próprios do sistema de transporte urbano. [SECRETARÍA DE TRANSPORTE DE LA NACION ARGENTINA, COMISIÓN DE COSTOS, 2000]. São apresentados nesse trabalho, dois tipos de serviços. Um caracterizado por percursos puramente urbanos, como os do distrito federal de Buenos Aires e o outro suburbano que possui parte do percurso no distrito e parte nas cidades satélites próximas. A grande diferença entre os dois serviços é a distância entre pontos de parada.

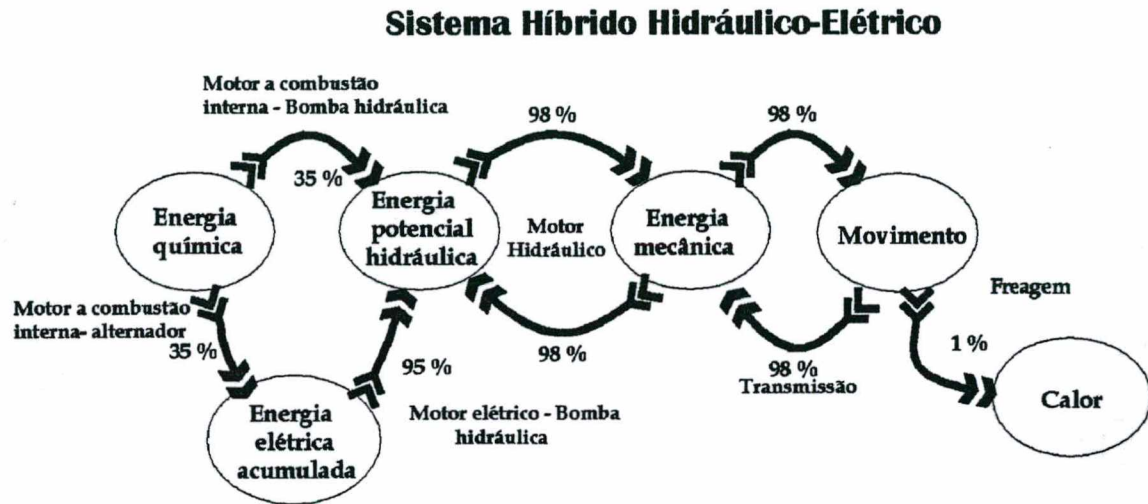
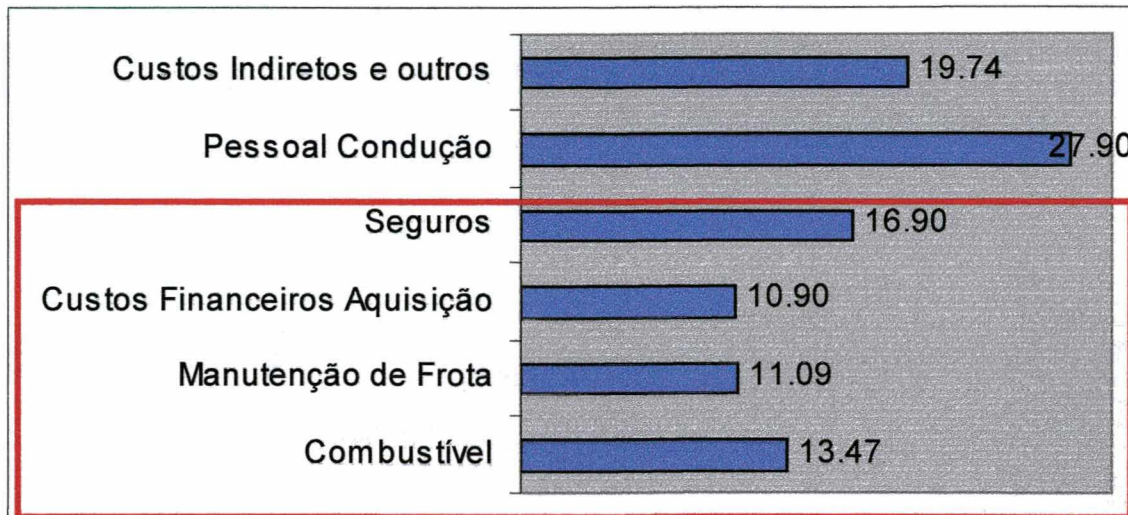


Figura 4.11

Nos custos da operação média do serviço de transporte podemos ver na Figura 4.12, [SECRETARÍA DE TRANSPORTE DE LA NACION ARGENTINA, COMISIÓN DE COSTOS, 2000] os custos onde o ônibus tem incidência, salientados com quadro vermelho. Assim, o combustível e os custos de manutenção (sem pessoal) somam 24.56 % do custo da passagem. O combustível ocupa uma parcela maior que a manutenção. É importante salientar que nas fontes consultadas, a porcentagem do custo da passagem que ocupa a operação e a manutenção dos veículos é da ordem da quarta parte (25%). [FREIRE DE CARVALHO MATOS, FREDERICO, 1999], [DIAS, A; PADULA CASTRO, J. R; DE CARVALHO MATOS, F., 2001], [SECRETARÍA DE TRANSPORTE DE LA NACION ARGENTINA, COMISIÓN DE COSTOS, 2000]. Este fato obriga a pensar e a pesquisar todos os custos onde o ônibus incide direta ou indiretamente. Tanto os custos de aquisição como o problema da segurança no serviço incidem fortemente nos custos da passagem.

Os custos de consumo de peças manutenção são mostrados na Figura 4.13. Os principais itens que são utilizados para esta proposta de trabalho, como borracharia, sistema

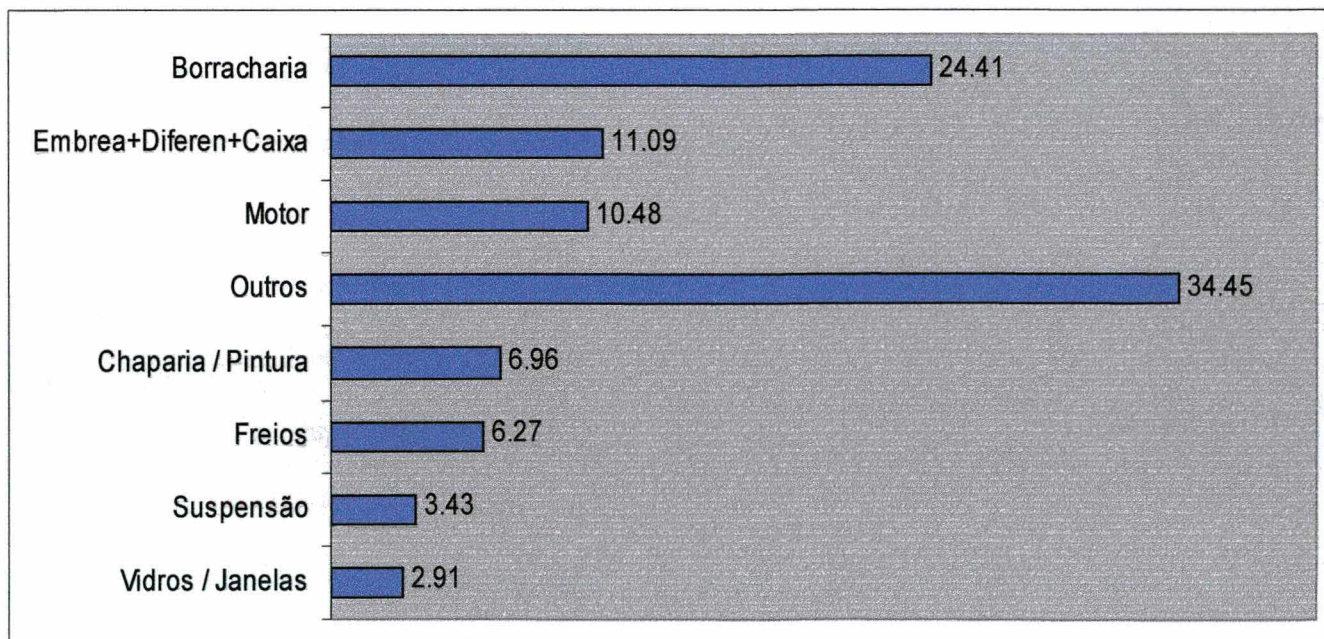
de transmissão, lataria, etc. são mostrados. Ferramentas, limpeza, sistema elétrico, sistema pneumático e outros foram agrupados seja pela importância econômica individual ou pela impossibilidade de serem considerados como possível melhoria na proposta final deste trabalho.



Custos totais da passagem.

[SECRETARÍA DE TRANSPORTE DE LA NACION ARGENTINA, COMISIÓN DE COSTOS, 2000].

Figura 4.12



Custos totais de peças de manutenção.

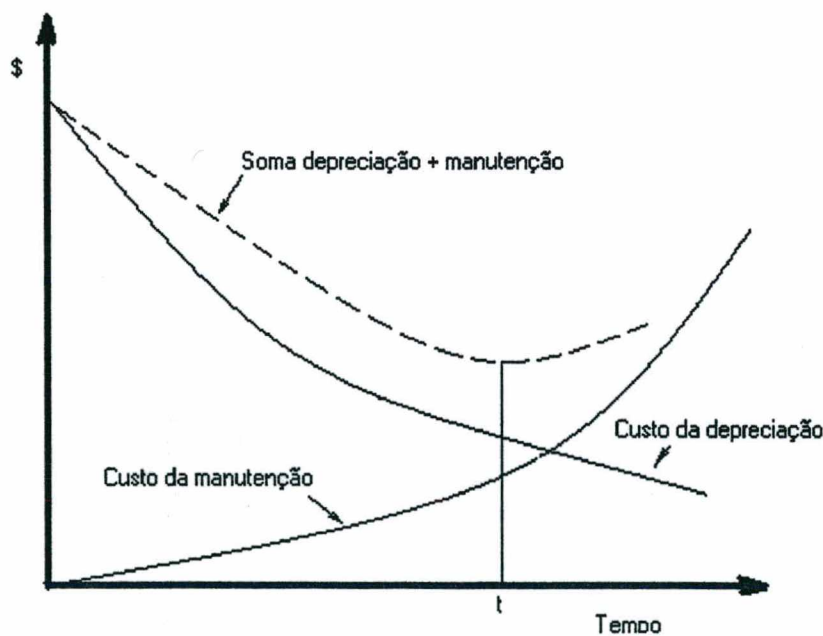
[FREIRE DE CARVALHO MATOS, FREDERICO, 1999]

Figura 4.13

### 4.4.2 Custos de aquisição e vida útil

A vida útil de um veículo é uma variável econômica. A operação de uma frota é uma atividade econômica e a relação entre ganhos e custos de operação define a vida útil. Enquanto o veículo é novo, os custos de manutenção são baixos, cobrindo, basicamente revisões e algumas substituições de componentes como pneus, lonas de freio, etc. O custo de depreciação, por outro lado, está ligado ao preço inicial do veículo novo: quanto mais caro o veículo novo, maior o valor da depreciação. A Figura 4.14 representa estas tendências. A vida econômica útil ( $t$ ) é obtida no mínimo da função depreciação + manutenção. [MATTAR VALENTE, A., PASSAGLIA, E., GALVÃO NOVAES, A., 1997].

A vida útil do ônibus contrasta fortemente com os sistemas de transporte de tração elétrica, como já apresentado já. Estas diferenças provocam uma grande variabilidade nos custos do sistema de transporte, já que a depreciação é paga ao longo da vida útil. Quanto maior a vida útil, menor o custo anual. A importância da vida útil vê-se no efeito dos custos do veículo nos custos da passagem: 5,8% da depreciação mais 5,42 % da remuneração do capital. [SECRETARÍA DE TRANSPORTE DE LA NACION ARGENTINA, COMISIÓN DE COSTOS, 2000].



Vida útil de um equipamento.

Figura 4.14



A vida útil tem uma relação direta com o custo de operação – manutenção do veículo. Quanto mais perto do fim da vida útil, maior o custo de manutenção, menor a confiabilidade, etc. Para se ter uma verdadeira noção dos custos financeiros acarretados pela vida útil do equipamento, os custos totais financeiros correspondem a 11,22 % do custo da passagem, o combustível representa 12% segundo o mesmo estudo. Para o Núcleo de Transporte da Prefeitura Municipal de Florianópolis os custos financeiros são os responsáveis por 14,22 % da passagem e o combustível por 14,55%. [Consulta pessoal ao Eng<sup>o</sup> Rodolfo Phillipi, dessa Instituição].

É interessante salientar que o coeficiente anual de amortização é calculado [PAULO R. VAMPRE H, MAURO R BLACK T., 1995] pela fórmula:

$$i / ((1 + i)^n - 1)$$

Para exemplificar que com uma taxa de juros de 6% anual (0,06) e **6 anos** de vida útil, deverá ser pago por ano:

$0,06/((1+0,06)^6 - 1) = 0,1433$ , ou seja **14,33 %** do capital total por ano e, se a vida útil fosse de **12 anos**:

$0,06/((1+0,06)^{12} - 1) = 0,0592$ . Ou seja, **5,92 %** do capital total por ano.

Como pode ser concluído que a vida útil do veículo tem uma influência fundamental tanto na depreciação como na remuneração do capital.

Numa primeira apreciação pode-se analisar as grandes diferenças entre as vidas úteis de ônibus e trolebus. No processo de projeto de sistemas mecânicos, o tipo de serviço que os componentes devem prestar, diferenciam os esforços gerados nas estruturas. O motor de combustão interna - embreagem proporciona mais esforços que o motor elétrico. A aplicação de forças nos motores elétricos é mais suave. Nesta linha de pensamento poder-se-ia dizer numa primeira apreciação que um veículo com tração elétrica é mais durável que o equivalente com tração por motor de combustão interna. Por outra parte, o número de peças submetidas a desgaste é menor nos sistemas de tração elétrica, onde não existe embreagem, caixa de mudanças, entre outras. O motor elétrico possui características muito flexíveis na mudança de velocidades, com a possibilidade de controle de torque e velocidade muito efetiva, como será tratado na Seção 5.1.1.

É importante salientar aqui a diferença conceitual de vida útil em projeto mecânico e em gestão de frotas. Em projeto mecânico a vida útil de uma peça é definida baseada na fadiga

que sofrem os materiais por serem submetidos a cargas dinâmicas e repetitivas [BENVEGNÚ MORSCH, INÁCIO, 2001], [BOÉSSIO, MARIO L., 2002]. Em gestão de frotas, a vida útil é uma relação de custos de manutenção e de depreciação do capital investido. A interseção entre estes conceitos em aparência totalmente diferentes ocorre na resistência à fadiga de cada peça em particular do veículo. Cada peça está submetida a cargas de diversas frequências, uma vez que a variável “número de ciclos” das curvas de Wöhler (características de cada material) é de difícil especificação compatível com uma vida útil do veículo. Daí a grande diferença entre as vidas de peças componentes de um veículo. Porém, numa primeira aproximação, é possível avaliar conceitualmente a diferença entre uma tração elétrica e uma convencional.

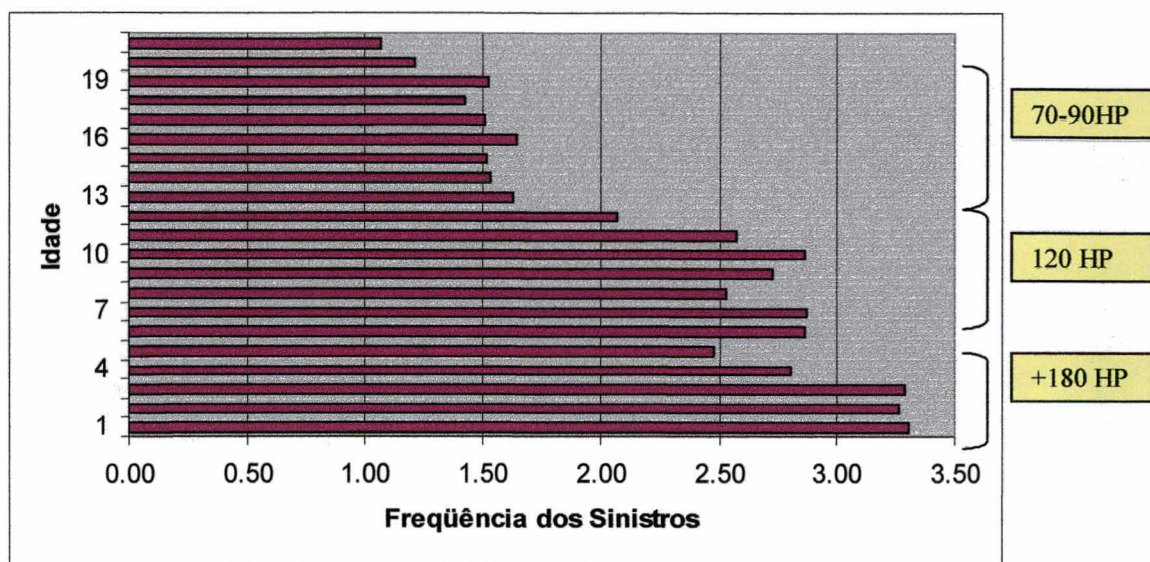
#### 4.4.3 Análise dos custos da segurança

Da Figura 4.12 pode-se observar o efeito dos acidentes nos custos do serviço de transporte urbano de passageiros. Aos custos dos acidentes, com 16,50% do custo da passagem, devem-se somar os seguros do pessoal de condução de 0,34%. Sendo o combustível 13,47%, vê-se a importância do problema de segurança [SECRETARÍA DE TRANSPORTE DE LA NACION ARGENTINA, COMISIÓN DE COSTOS, 2000]. Neste mesmo trabalho, os custos dos acidentes são absorvidos pelos operadores de transporte, já que as empresas seguradoras impõem uma franquia muito alta para os seguros. Segundo o informe da [SUPERINTENDENCIA DE SEGUROS DE LA NACION, 2001], dos acidentes ocorridos no ano de 1999, a franquia era fixada para transporte público em \$ 40 000 Argentinos, o que corresponde aos custos dos 85% dos acidentes.

Consultados, em Florianópolis, o Núcleo de Transportes como a empresa Ribeironense que faz o serviço no sul da ilha, constatou-se que os acidentes são absorvidos totalmente pela empresa operadora. A frequência dos sinistros nesta empresa é de aproximadamente 2 por veículo ao ano, (os registros foram iniciados a menos de um ano, em 08-2002). Os custos dos acidentes não são levados em conta no custo da passagem para a Prefeitura, (tampouco está prevista a inclusão na metodologia GEIPOT), ficando como risco dos operadores. Os operadores recorrem ao auto-asseguramento, pelos altíssimos custos dos seguros. [NÚCLEO DE TRANSPORTES, 2002] [EMPRESA RIBEIRONENSE, 2002].

Cabe neste momento esclarecer que a empresa Ribeironense presta serviço numa área com pouca densidade populacional. Os percursos dentro de áreas densamente povoadas são poucos frente à quantidade de quilômetros de percurso fora das cidades.

É importante salientar na Figura 4.15 que o informe destaca na freqüência dos sinistros dos ônibus um marcado aumento nos veículos mais novos. Isto leva a considerar fora da problemática, os freios e um possível problema de manutenção.



Frequência dos sinistros de ônibus do ano 1999 por antiguidade do veículo.

[SUPERINTENDENCIA DE SEGUROS DE LA NACION, 2001]

Figura 4.15

Em [SUPERINTENDENCIA DE SEGUROS DE LA NACION, 2001], são apresentadas as estatísticas dos acidentes ocorridos no transporte urbano de passageiros. Quase 50% dos acidentes são gerados em ruas e cruzamentos (31% não informados), sendo 14% em avenidas (Figura 4.16); 80 % são contra outros veículos automotores (Figura 4.17), sendo 73% dos sinistros informados em Buenos Aires e na Grande Buenos Aires. Poder-se-ia dizer então, que as grandes cidades põem no limite da segurança, o tráfego.

A potência e a capacidade de carga foram aumentadas pelos fabricantes dos ônibus nos últimos anos. Os grandes problemas de tráfego exigem dos ônibus maior potência e torque para obter maior reação e poder cumprir com as exigências de velocidade média aceitável. Os chassis oferecidos há muitos anos pela Mercedes Benz, hoje chamados OH1420,

com 116 HP e uma carga máxima de 14 toneladas e o Modelo O500 U com 135 HP e 18 toneladas de carga máxima, têm o mesmo número e tipo de pneus, de 22 “ de aro. O modelo 7000 da Volvo, com 235 HP de potência e 18,5 toneladas de carga máxima, tem também os mesmos pneus que os dois anteriores.

***Por que o aumento dos acidentes, então com os veículos mais modernos?***

No estudo realizado pelos professores Edison da Rosa e Acires Dias, Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC, mostra-se que a capacidade de carga do pneumático aumenta e o coeficiente de atrito diminui com o diâmetro do mesmo.

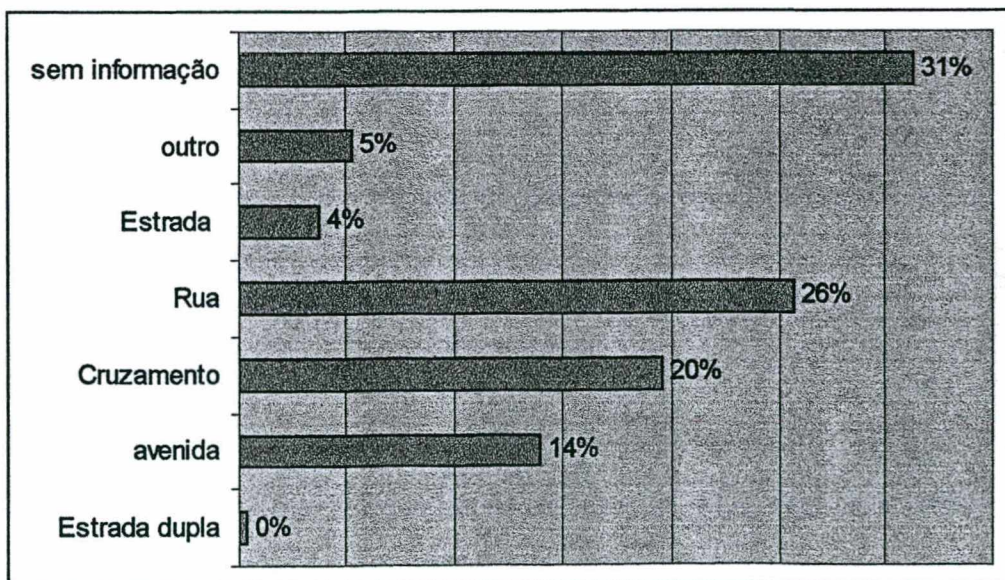
Segundo a formulação que segue:

$$\text{Capacidade de Carga } C_0 = k \times B \times d^{1,3}$$

$$\text{Coef de Atrito } (\mu_{80}) = 0,398 \times d^{-0,38}$$

(sendo B a largura e d diâmetro exterior do pneu).

Isto quer dizer que é possível aumentar a carga por pneu, aumentando a capacidade das lonas e a pressão de inflagem. Porém, esse pneu não aumenta na mesma proporção a superfície de contato que dá a sua capacidade de aderência.



Lugares de ocorrência dos acidentes  
[SUPERINTENDENCIA DE SEGUROS DE LA NACION, 2001]

Figura 4.16

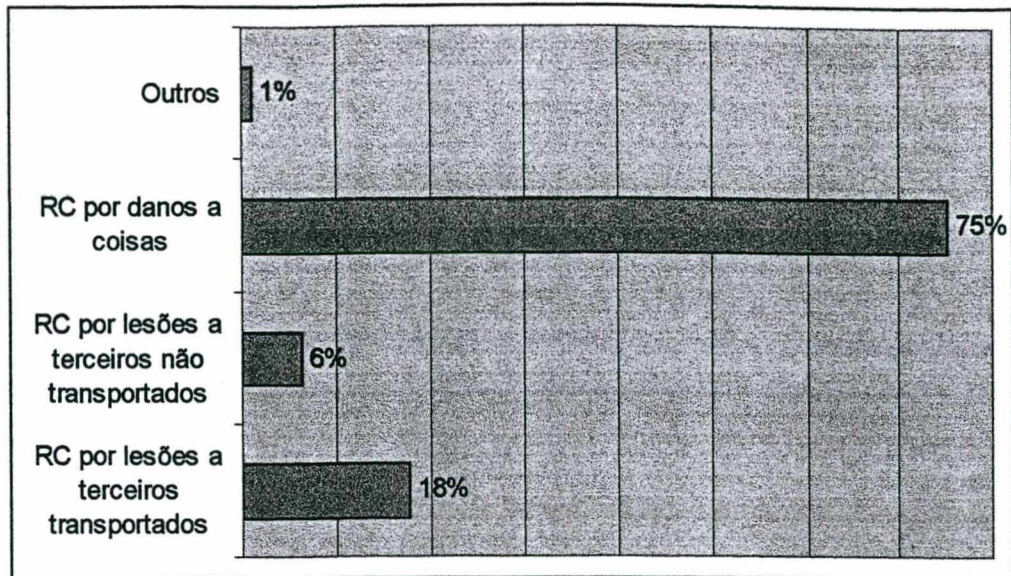
Esta característica dos pneumáticos, junto à realidade do aumento da potência dos ônibus utilizando sempre os mesmos seis pneumáticos, nos leva a pensar na necessidade de mudança conceitual da rodagem dos ônibus urbanos.

No informe da [SUPERINTENDENCIA DE SEGUROS DE LA NACION, 2001] é importante ressaltar que 75% dos problemas econômicos gerados pelos acidentes são danos a coisas, sendo que 16% a pessoas transportadas, como mostrado na Figura 4.17. Uma análise econômica permite dizer que o problema é o desencadeante principal das bancarrotas das empresas de transporte urbano da cidade de Córdoba, Argentina, segundo a consulta realizada aos advogados líderes em acidentes na cidade [DE SOUZA & ASOC, 2001]. Três empresas, das sete existentes nos anos 2001 – 2002, foram à bancarrota por causa de centenas de processos judiciais por acidentes.

A problemática aumenta com o tamanho da cidade, consequência do congestionamento e a redução da velocidade média de tráfego, o que obriga aos motoristas às acelerações na saída de pontos e cruzamentos.

Segundo informações do segmento de fretamento de São Paulo, cada veículo tem a capacidade de gerar, em média, R\$ 36.000,00/ano de receita, dentro das atuais condições de mercado [PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano, Secretaria de Política Urbana, 2000]. É importante então salientar o que significa uma frequência dos sinistros de três por ano. (É necessário lembrar neste momento que os acidentes não são contemplados nos cálculos dos custos no Brasil, onde a GEIPOT definiu as variáveis de cálculo da passagem).

Se uma batida fosse contra três carros, e a destruição fosse severa, mais da metade do lucro poderia perder-se num só acidente. Devido à relação de massas entre carros e ônibus, é de se esperar uma perda realmente importante da receita nos acidentes. Como apresentado no Capítulo 3, a relação entre as distâncias de frenagem de carros e ônibus é de três para um de 60 a 0 km/h. Daí a hipótese de bater em três carros num só acidente.

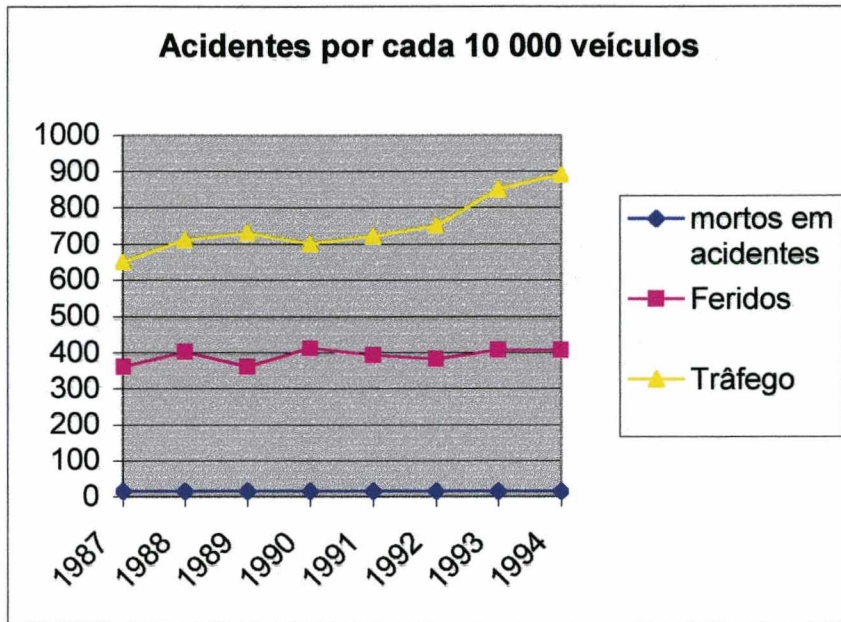


Motivos de execução de seguros de Responsabilidade Civil onde o transporte público é participante do acidente [SUPERINTENDENCIA DE SEGUROS DE LA NACION, 2001]

Figura 4.17

Na pesquisa intitulada “*Analysis of Comercial Mini-Bus Accidents*” [HAMED MOHAMMAD M., JARADAT A. S. and EASA SAID M., 1998], percebe-se também uma tendência no aumento dos acidentes na cidade de Jordan, Canadá (Figura 4.18). O estudo enfoca o comportamento dos motoristas, como principal motivo dos acidentes, porém, na página 4 apresenta que 21% dos acidentes foram produzidos pela pouca distância com o veículo da frente e 16 % pela falta de controle ou perda de atenção. Foi também enfatizado pelos motoristas nessa pesquisa, o grande e crescente “stress” que o tráfego impõe e o conseqüente cansaço.

*É assumido neste trabalho que o ônibus como hoje concebido está no limite da sua capacidade de frenagem sob as condições de trânsito das grandes cidades. A pesquisa apresentada nesta tese propõe uma solução a este problema a qual é apresentada no Capítulo 5.*



Estatística de Acidentes na cidade de Jordan, Canadá.

[HAMED MOHAMMAD M., JARADAT A. S. and EASA SAID M, 1998]

Figura 4.18

## 4.5 As tendências

A Confederação Nacional de Transporte, no seu documento “O Transporte Urbano” (1997) recomenda em referência aos aspectos tecnológicos dos ônibus urbanos:

- 1) Inovar o leiaute interno dos veículos e os dispositivos de cobrança.
- 2) Corrigir a inadequação existente entre os tipos de veículos e as condições físicas e geométricas dos itinerários.
- 3) Incentivar a pesquisa e o uso de combustíveis alternativos ao óleo Diesel, a exemplo do gás natural, para a diminuição da poluição urbana.
- 4) Deve-se desenvolver projetos que levem em conta o conjunto das variáveis que compõe o seu desempenho efetivo:

Rendimento energético (lugar /km./ litro)

Vida útil

Lugares oferecidos por veículo

No primeiro ponto, leva-se em conta a disposição interna do ônibus e a catraca utilizada no Brasil, junto aos dispositivos automatizados de cobrança.

Do ponto de vista da rentabilidade do serviço, a eficiência energética (passageiro – km / consumo de combustível) e o custo (custo manutenção / veículo – km), são os fatores mais importantes no funcionamento de uma frota, [CNT, 1997, pág. 110], [MATTAR VALENTE, A., PASSAGLIA, E., GALVÃO NOVAES, A., 1997].

Desde a problemática ambiental, a principal tendência está na incorporação de sistemas de tração que reduzam o consumo e a emissão de gases prejudiciais. Esta incorporação, ainda com custos inacessíveis para países em desenvolvimento, inclui motores a Gás Natural, a Álcool e célula de combustível como fonte de geração de energia elétrica. No Brasil a empresa Eletra (da cidade de São Bernardo do Campo, SP) apresentou em julho do ano 2002 um ônibus híbrido com esta tendência de mudança de sistema de tração. Aqui os custos são mais acessíveis do que as propostas européias e norte-americanas. Neste caso, o aumento do custo inicial é na faixa de 30 % do veículo tradicional, ([www.eletra.com.br](http://www.eletra.com.br)).

#### 4.6 O mercado dos ônibus

Existe uma tendência nos países ocidentais de aumento da capacidade econômica da população e com isso, a compra de carros particulares de maneira massiva. Como representada na Figura 4.19, a relação número de carros de passeio versus veículos de transporte coletivo [GEIPOT, Anuário Estatístico 2000], mostra uma tendência marcada entre países desenvolvidos e Asiáticos e da América Latina. Esta situação poderia favorecer satisfatoriamente os países de baixa relação como Equador, Peru, Brasil, Colômbia, Chile e Bolívia, para gerar uma política de transporte urbano de sucesso e sustentável. Nos países de alto índice como Alemanha até Uruguai e Argentina, a mudança implica mexer nas estruturas sociais mais profundas e hábitos já consolidados. Uma mudança de “Tecnologia Ônibus” somente na América Latina abre um mercado potencial enorme, (com as possíveis reações corporativistas dos maiores fabricantes de chassi internacionais que abastecem a região). A Scania possui mais que a terça parte dos lucros em chassi de ônibus na América Latina ([www.scania.com](http://www.scania.com)). Mercedes-Benz ([www.mercedes.com](http://www.mercedes.com)) e Volvo possuem uma parcela similar ([www.volvo.com](http://www.volvo.com)).

No Mercado das carrocerias, de quase 11 000 unidades anuais, [GEIPOT, 2000], com uma média aproximada de R\$ 70 000 cada uma [NÚCLEO DE TRANSPORTES, 2002], os



fabricantes faturam 770 milhões de R\$ anuais. Estes dados, ainda que sem precisão, são apresentados para ter uma ordem de magnitude do volume do mercado.

O potencial mercado dos ônibus de baixa poluição, como são considerados os ônibus de tração híbrida, no mercado internacional nascente mostra números muito diferentes.

Pais	Carros part. vs Coletivo
Alemanha	500
Áustria	390
França	310
Espanha	308
Suécia	250
Canadá	206
Japão	200
EEUU	186
Austrália	155
Argentina	120
Uruguai	103
Grécia	100
Romênia	80
Equador	57
Brasil	54
Rússia	28
Chile	23
África do sul	20
Peru	15
Colômbia	13
Bolívia	11
Coréia do Sul	10
Índia	10
Paquistão	04

Veículos particulares por cada ônibus urbano.

Figura 4.19 [ANTP, 1997]

Os preços do mercado Norte Americano dos ônibus convencionais Diesel e a GNV são mostrados em [CHANDLER KEVIN , NORTON PAUL , CLARK NIGEL, 2000]. Neste informe, os ônibus Diesel, são comercializados a US\$ 290 000 a unidade, sendo que os ônibus a Gas Natural Comprimido custam em média US\$ 330 00, ou seja, aprox. R\$ 870 000 e R\$ 990 000 respectivamente.

No informe apresentado no Site do Regional Transit Technology Group ([www.rttg.org/smartbusph2.html](http://www.rttg.org/smartbusph2.html)), é informado da compra de três veículos híbridos, dois com motor diesel e um a Gás Natural Comprimido. Um veículo de 18 metros e dois de 12 metros num total de 2.5 milhões de U\$, mais de 7,5 milhões de R\$.

Por outro lado, o híbrido de célula de combustível é apresentado no reporte em [SOUND TRANSIT RESEARCH & TECHNOLOGY FOUNDATION, 2000]. É apresentado que um ônibus de 12 metros de comprimento é avaliado em US\$ 500 000, hoje mais de 1,5 milhão de R\$, sendo que por outro lado, um híbrido a célula de combustível é vendido pela Daimler Chrysler em 1,25 milhão € per ônibus, mais de 3 milhões de reais cada um.

É interessante ver que os montantes apresentados poderiam ser considerados irrealistas no mercado brasileiro. Assim, na procura de uma explicação foi achada que o mercado de itens capital - intensivo de longa vida, é protegido pela legislação Norte-americana pela Ley "Buy America" [TRANSIT COOPERATIVE RESEARCH PROGRAM, 1996]. As disposições, ainda que dinâmicas no montante mínimo da compra que deve ser comprado nos EUA, protege a indústria de produção impondo atualmente qualquer compra superior a US\$ 500000. Esta proteção provoca desequilíbrios do mercado mundial e a falta de otimização dos sistemas produtivos dos próprios EUA no futuro.

Vale então neste momento salientar o enorme potencial do mercado comercial dos ônibus, sendo entendido pelo autor que as necessidades da sociedade atual não são preenchidas pela tecnologia atual, nem se têm conhecimento que as tendências mostradas pelas fabricantes internacionais na atualidade, nem nas patentes concedidas até a atualidade nos principais órgãos internacionais.

#### **4.7 Reflexões**

É evidente que o sistema de transporte urbano de passageiros está numa crise de sustentabilidade num sentido amplo. A sua adaptabilidade às exigências ambientais, econômicas e de serviço estão comprometidas. Muito têm evoluído os sistemas de gerenciamento, pouco ainda os veículos. Existem, porém, alternativas para problemas particulares, da emissão, do consumo, dos combustíveis, ainda não integrados numa solução sistêmica para o transporte coletivo de passageiros.

As operadoras encontram-se entre as necessidades dos habitantes da cidade, a pressão das entidades reguladoras e as tecnologias existentes, onde a somatoria de fatores não permite operar sem subsídios, cada vez mais onerosos para a sociedade toda, usuária ou não do serviço.

No entanto, a necessidade de transporte não permite prescindir deste tipo de sistema que utiliza a infraestrutura viária natural das cidades. As ruas, avenidas, são compartilhadas sem custo de implantação adicional. É preciso, porém, adaptar o veículo ônibus às necessidades atuais da vida em cidades, com todas as necessidades satisfeitas.

Utilizando a técnica de diagramas de causa-efeito, pode-se resumir a sustentabilidade do sistema de transporte urbano coletivo de passageiros como mostrado na figura 4.20. Tem-se colocado quatro “espinhas grandes” para simplificar a compreensão. A **logística**, o **meio**, o **ambiente** e a **sociedade** são as causas primárias que afetam a sustentabilidade. As causas secundárias são as deduzidas no decorrer do presente capítulo.

Assim, desde a logística ou gerenciamento dos sistemas de transporte urbano é requerido flexibilidade na planificação que acompanhe a dinâmica da cidade e as periferias, com o intuito de brindarem aos cidadãos das periferias, geralmente em condições econômicas precárias, a possibilidade de sair do desemprego ou de mudança de uma melhor possibilidade de trabalho que exija percursos maiores. É necessário também adaptabilidade do sistema aos diversos tipos e necessidades de usuários como fora apresentado, por exemplo, respeito às necessidades das mulheres, idosos, com horários e percursos com flexibilidade.

Nos aspectos incluídos na “causa” ônibus, são apresentadas uma mistura de conclusões de impactos negativos do ônibus atual e aspectos desejados padrões de sustentabilidade ao longo do tempo. Existem, porém, aspectos desejados que as tecnologias atuais e disponíveis nos países em desenvolvimento não estão acessíveis. Um exemplo é “o desejo” de redução da poluição da ar e do solo, quando na realidade seria desejável eliminar a poluição na sua totalidade. Uma postura mais realista é da redução.

Em geral as causas que geram insustentabilidade no tempo apresentadas, são contrapostas com “paradigmas” já estabelecidos na indústria de ônibus. A tração direta, a circulação com pneumáticos como elementos flexíveis, a separação chassi-carroceria, a concentração de capacidades produtivas de empresas de grandes capitais, indústrias de fabricação de materiais altamente contaminantes e não degradáveis, etc, são causas da crise atual que deverá ser reformulada.

Esta apresentação de causas e efeitos são as guias da formulação da proposta de uma nova concepção de veículo, no caminho da sustentabilidade do serviço.

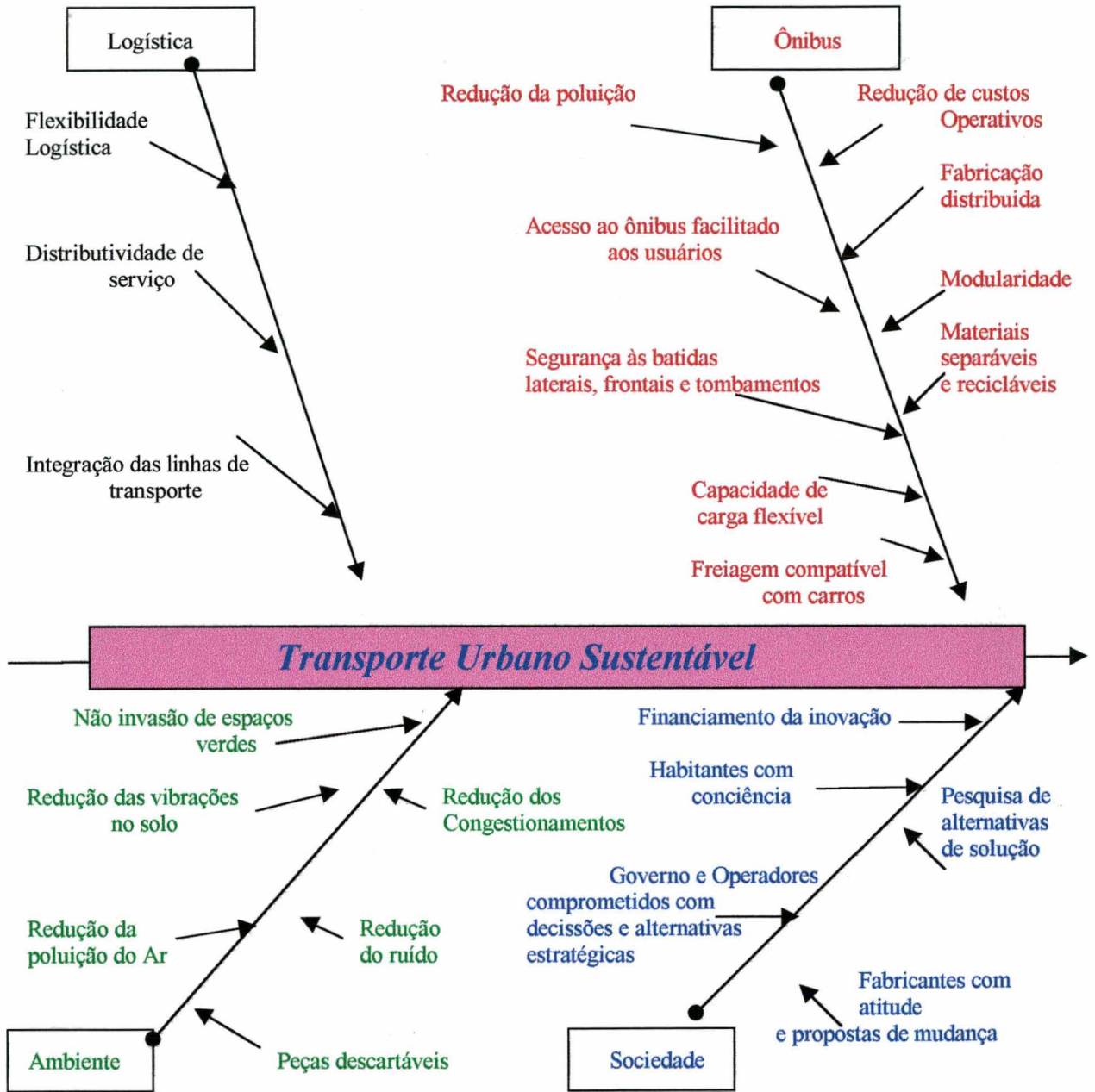


Diagrama Causa – Efeito para a Sustentabilidade do Transporte Urbano Coletivo  
 Figura 4.20

winter, spring, summer, autumn,  
all you have to do is call  
and I'll be there, yes I will,  
you've got a friend

Carole King

## Capítulo 5

### Proposta de ônibus urbano

O ônibus é uma máquina totalmente incorporada na vida das pessoas. Não existe hoje nenhum habitante urbano que não tenha em algum momento convivido com eles. Esta máquina sofreu mudanças na estética, capacidade de carga, potência, sem ter sofrido mudanças conceituais tanto como outras tecnologias como a comunicação, eletrônica, etc. Um conceito comum que os habitantes urbanos têm do ônibus é de ser uma máquina que satisfaz a necessidade de deslocamento de pessoas dentro de uma cidade. Nos países ocidentais, a pressão de consumo criada pelas grandes corporações produtoras de bens de capital e consumo e transmitida pela propaganda, [HERMAN, E.S., CHOMSKY, NOAM, 1994], provoca ansiedade pela posse de bens, como símbolo de "status". O automóvel é um bem que dá liberdade de traslado das pessoas, no momento justo até o lugar desejado, com conforto. Quem utiliza o transporte público coletivo diariamente sofre as esperas, o incômodo dos espaços reduzidos, as acelerações e frenagens violentas, degraus, etc. Assim o ônibus é visto como a solução de deslocamento para os que não têm a capacidade econômica de acesso à essa liberdade "automóvel".

Com o uso massificado do automóvel o transporte de pessoas dentro das cidades torna-se de baixa eficiência e de custos muito altos. A distribuição das linhas de ônibus são insuficientes nas periferias. Os ônibus oferecem pouco conforto, etc. Os operadores não têm elementos tecnológicos, financeiros, humanos para poder prestar esse serviço com ganhos e com condições operacionais ótimas. As cidades requerem condições de operação que permitam uma sustentabilidade ambiental e econômica que apoie o crescimento sustentado. Os fabricantes dos veículos devem ter à disposição tecnologias para resolver os problemas tanto dos usuários transportados como dos operadores em termos econômicos e financeiros aceitáveis.

Existem soluções tecnológicas isoladas à algumas das deficiências dos ônibus apresentadas nos capítulos anteriores. Piso baixo para facilitar o acesso dos usuários, baixa

poluição para tornar as cidades com melhor qualidade de ar, são alguns exemplos. Estas soluções ainda não foram ainda materializadas de maneira sistêmica para o transporte urbano. As necessidades das cidades pelas quais surgiu o ônibus mudarão no decorrer do tempo. Serão propostas neste capítulo mudanças conceituais na tecnologia de veículos que ajudem a resolver sistemicamente o transporte urbano coletivo.

A solução de projeto requer caminhar pelas diferentes etapas do ciclo de vida e definir um grupo de características físicas, de funcionamento, de uso, de forma, de materiais, de métodos de fabricação e muitas outras propriedades finais do produto que está sendo desenvolvido. Estas características, que integralmente compõem a solução de projeto, são o que se denominará como atributos do produto e do ciclo de vida. É um termo utilitário na fase inicial do projeto, para se referir àquelas propriedades que o produto deveria ter.

Inicialmente todas as propriedades desejadas num produto poderiam ser satisfeitas se o processo de projeto for desenvolvido com sucesso, pelo que foi adotada a seguinte idéia: [FONSECA, 1998]: “qualquer necessidade pode ser satisfeita mediante um produto (ou serviço)”. Neste trabalho é acrescentado este conceito para um re-projeto da seguinte maneira: “qualquer impacto negativo produzido por um produto existente pode ser revertido mediante um novo conceito de produto”.

## **5.1 Os impactos ambientais e as conseqüências na concepção.**

Existem muitas análises realizadas sobre o transporte urbano desde as mais diversas abordagens, devido às incidências que este têm na sociedade. Sendo o “Desenvolvimento sustentável correspondente às necessidades do presente sem comprometer a capacidade de gerações futuras de satisfazer às suas”, a sustentabilidade do transporte urbano obriga ao cuidado do projetista em gerar uma tecnologia que se estenda no tempo sem conseqüências para o ambiente [SULAMITA N. BAASCH, SANDRA, 1999]. É de grande utilidade o conceito de ciclo de vida, que permite transitar por todas as etapas da vida do projeto e do produto final. Desde o desenvolvimento até o descarte (figuras 2.3, 2.4), todas as decisões tecnológicas que vão formar parte da vida do veículo, deverão ter sustentabilidade no tempo.

Nessa linha de pensamento são apresentados, a seguir, resumos e propostas de modificações da concepção dos atributos dos ônibus atuais.

### 5.1.1 Exigências que a poluição do ar impõem no ônibus

Como foi apresentado nos capítulos terceiro e quarto, a tecnologia de tração convencional sofre uma crise pois a redução de poluição e consumo se encontra no final das possibilidades. A tração elétrica configura-se como alternativa viável pelo fato de ser o motor elétrico reversível e flexível no funcionamento.

O motor elétrico na tração provê ao veículo um funcionamento gradual e contínuo, devido às suas características intrínsecas de funcionamento, não requerendo caixa de mudanças nem embreagem como requer o motor de combustão interna.

Os motores elétricos mais utilizados para tração na atualidade não possuem escovas (brushless), o que melhora o desempenho, a confiabilidade e reduz a manutenção e o desgaste. Uma comparação entre as características básicas de motores de combustão interna e elétricos para tração são apresentados nas figuras 5.1 e 5.2.

A figura 5.1 mostra a característica dos motores OM 457 da Mercedes Benz de combustão interna [MERCEDES, 2002], e do AC 55 elétrico da Solectria [SOLECTRIA, 2002]. É apresentada na figura 5.2 uma comparação entre estes sistemas de tração, convencional [FERRARI de M, R, BECKER, M. DEDINI, F.G., 2001], e elétrico [BOSCH, 1996].

O principal motivo da utilização de motores elétricos na tração é a sua característica reversível. O motor pode atuar como motor e gerador, segundo seja preciso acelerar ou freiar. Esta mudança na função é realizada pelo sistema de controle de potência. O controle da potência decide se o motor transforma energia elétrica em energia mecânica ou energia cinética em energia elétrica.

A tração elétrica permite em primeira instância, vários tipos de veículos.

-- Se a fonte de energia é externa ao veículo, tem-se trolebus e trem elétrico. Os trolebuses e os trens podem utilizar a capacidade regenerativa da frenagem, realimentando a linha de energia elétrica.

-- Se a fonte de energia elétrica para a tração é obtida de acumuladores, o veículo é considerado elétrico puro. Neste caso o veículo tem, até hoje, autonomia restrita à capacidade dos acumuladores. As tecnologias existentes ainda não permitem um serviço

economicamente viável em transporte coletivo com acumuladores como única fonte energética. Isto obriga a ter uma fonte de energia elétrica no veículo, ou obtenção via cabos como o caso do trolebus.

-- Se a fonte de energia elétrica para o acionamento dos motores de tração é obtida de acumuladores e de outra fonte de energia elétrica a bordo, como de um motor de combustão interna e um gerador, o sistema é chamado híbrido-elétrico. Neste caso, o motor de combustão interna é utilizado para o aumento da autonomia que o veículo elétrico não possui. Esta situação pode ser alterada com o surgimento de novas tecnologias de baterias.

-- Como fonte de energia no transporte coletivo, torna-se impossível a utilização de células fotovoltaicas no veículo. A densidade energética por  $m^2$  que é possível obter do sol, não permite um serviço intensivo. Em consulta pessoal com o especialista alemão em energia solar Manfred Kratzenberg em Florianópolis é possível obter em média 2 kW de potência, durante 8 horas, em  $20 m^2$  de superfície. Se as células fossem instaladas no teto de um veículo com essa superfície disponível, os 2 kW/hora contrastam com a potência instalada para tração típica de 180 kW/hora .

A geração de energia a bordo do veículo requer um dispositivo que apresente as seguintes qualidades:

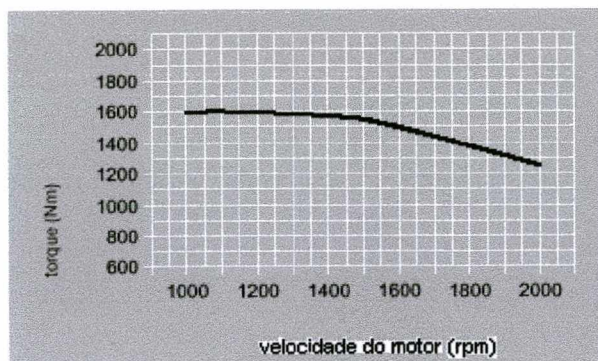
- Baixa poluição e consumo de combustível,
- Baixo peso e volume do dispositivo gerador,
- Baixo custo de aquisição.

Existem no mercado motores que utilizam combustíveis tais como: óleo (fósseis ou vegetais), gasolina e querosene, gás natural veicular (fóssil ou biogás), gás liquefeito veicular (propano-butano), álcool, hidrogênio, etc.

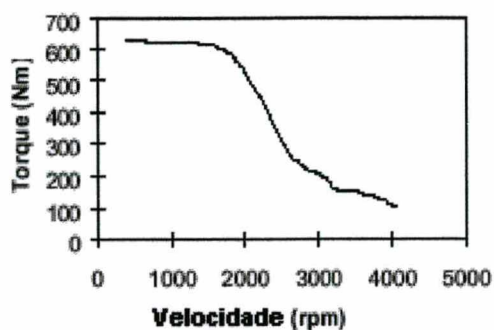
A transformação de energia química em elétrica têm duas opções bem diferenciadas:

- química >> elétrica
- química >> térmica >> mecânica >> elétrica



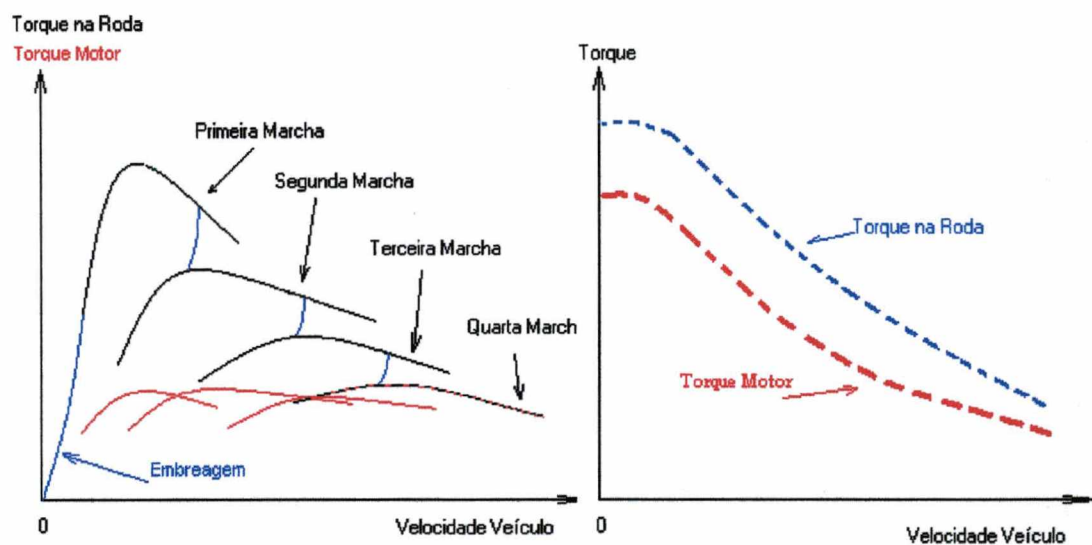


a) Motor de Combustão Interna



b) Motor Elétrico

Comparação do comportamento de motores de tração convencional e elétrico  
 Figura 5.1



a) Motor de Combustão Interna

b) Motor Elétrico

Comparação entre sistema de tração convencional com elétrica  
 Figura 5.2

A primeira é caracterizada tipicamente pelas baterias e as células de combustível, a segunda pela combinação motor de combustão interna – alternador.

Existem grandes diferenças entre as duas fontes de energia. As células de combustível são de maior rendimento (80 %) que os sistemas com motores de combustão

interna (menos de 35 %). As células não têm movimentos mecânicos, os motores sim, [BRADLEY, M.J. AND ASSOCIATES, 2000]. Ainda hoje as células de combustíveis estão em desenvolvimento ou em teste. O futuro delas depende essencialmente da sustentabilidade ambiental e econômica. No momento o preço destes sistemas que poderiam ser utilizados são inviáveis no mercado de ônibus dos países em desenvolvimento pois chegam a custar mais de US\$ 1 000 000 [ [www.mercedes.com](http://www.mercedes.com) ]. Os combustíveis mais utilizados nas células são o hidrogênio, gás natural, metanol, diesel, combustíveis sintéticos, gasolina, etc.

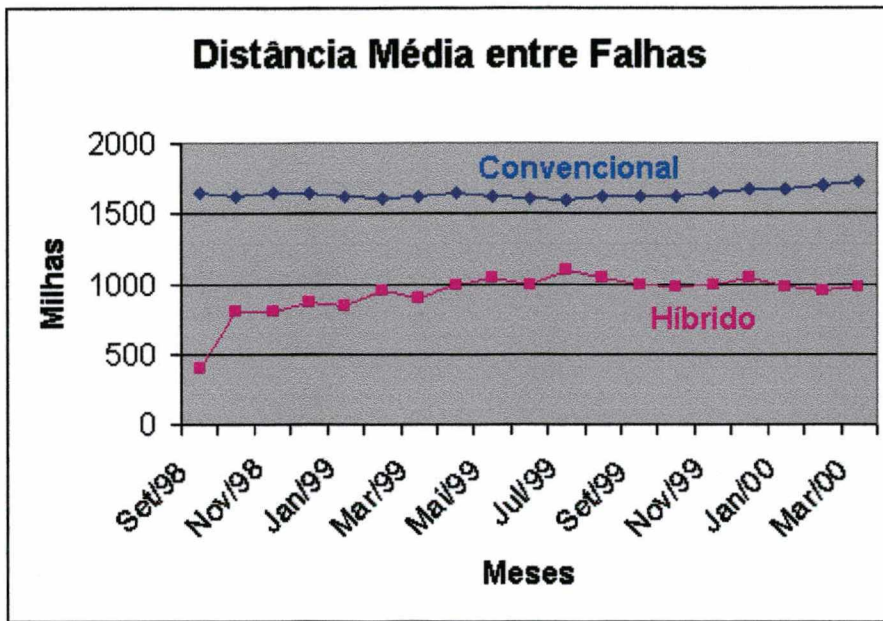
A escolha da fonte de energia nos ônibus depende no momento das possibilidades econômicas e os custos dos combustíveis e equipamentos. Para exemplificar, no Brasil existe uma fonte de energia não poluente e renovável como o álcool, sendo que na Argentina, Venezuela, Bolívia, Perú, Colômbia o gás natural comprimido torna-se o mais apropriado, pelos custos, poluição e a possibilidade de utilização de uma grande rede de distribuição.

As células de combustíveis, ainda que mais eficientes, não são hoje viáveis para aplicações de produção em massa, a baixo custo. Num futuro próximo, poderão ser previstas massivamente no transporte, se algumas deficiências são melhoradas.

*O veículo proposto terá, então, motor elétrico de tração e geração de energia elétrica a bordo, caracterizada por motor de combustão interna e alternador. Mas a concepção do veículo deverá permitir a incorporação de outras possíveis fontes de geração de energia elétrica dentro ou fora do veículo se outras tecnologias fossem viabilizadas no futuro .*

Segundo experiências com veículos de tração híbrida em veículos de transporte urbano, onde os ciclos de aceleração e frenagem são permanentes, o motor utilizado para a geração de energia elétrica é dimensionado com 50% da potência do veículo de igual capacidade de carga. Para exemplificar, um veículo de 180 HP, com capacidade de 100 passageiros, é dimensionado com tração híbrida com 60-70 HP. A tendência é reduzir ainda mais esta potência instalada com a otimização dos sistemas. [FOSTER, GEORGE , 2001], , [CHANDLER K. , NORTON P. , CLARK N., 2000]. [[www.euroweb.net](http://www.euroweb.net)], [[www.afdc.doe.gov](http://www.afdc.doe.gov)]

Porém, em todos os trabalhos analisados existe uma constante: a redução da confiabilidade dos veículos híbridos frente aos diesel tradicionais. Fora dos problemas próprios do ajuste de novas tecnologias, a análise realizada na Cidade de Nova Iorque, com mais de seis anos de experiência, leva a repensar a aplicação correta do conceito híbrido. [NEW YORK CITY TRANSIT, 2000]. Na figura 5.3 é mostrada uma comparação entre as confiabilidades dos dois sistemas de tração, Diesel e Híbrido.



Comparação entre as confiabilidades dos ônibus Diesel e Híbridos Diesel atuais

Figura 5.3 [NEW YORK CITY TRANSIT, 2000 ]

É possível fazer aqui uma análise conceitual da incorporação da tecnologia de tração híbrida nos ônibus. Como é apresentado neste programa na cidade de Nova Iorque os principais alvos do programa de incorporação da tração híbrida no transporte urbano [NEW YORK CITY TRANSIT, 2000 ] são os seguintes:

1. Redução das emissões de gases de escape até os padrões exigidos pela Norma Americana,
2. Melhorar a confiabilidade do serviço e alcançar operação silenciosa,
3. Redução dos custos do consumo e da manutenção veicular.

As necessidades levantadas para a aplicação da tração híbrida inclui aspectos econômicos principalmente, com uma ainda incipiente incorporação do problema ambiental respeito à qualidade do ar, que atinge problemas insustentáveis atualmente na Cidade de Nova Iorque, como na maioria das grandes cidades do mundo.

Mecanicamente o conceito de tração híbrida aplicada nos veículos reportados não têm significantes modificações em relação aos ônibus convencionais. A confiabilidade continua dependendo de um sistema em série (figura 4.9). Os sistemas de controle e potência são incorporados também em série e são também suscetíveis de falha. É inferido então que a incorporação do sistema híbrido é conceitualmente mal aplicado. Isto leva a pensar na utilização de mais de um motor de tração. A principal desvantagem que surge em primeira instância é o aumento dos custos de aquisição do veículo. A tecnologia de motores de tração elétrica é ainda de alto custo, devido principalmente ao reduzido mercado que até hoje têm estes motores (brushless) e controladores. O principal mercado até hoje para estes sistemas são os trens de laminação da indústria siderúrgica e sistemas onde é requerido controle de torque e velocidade.

A incorporação dos motores de tração elétrica ao veículo deve ser planejada em número que garanta duplicação da função tração de maneira independente em seus sistemas de acionamento e controle, de maneira de garantir confiabilidade de operação.

*É proposto então, que a nova concepção tenha mais de um motor elétrico de tração. Isto refletirá num aumento da confiabilidade do sistema. A função tração, será executada por mais de um dispositivo em paralelo, o que permite dizer que terá maior confiabilidade de serviço que os atuais híbridos. Esta vantagem se caracteriza pela continuidade da função de transportar ainda com um motor falhando. Os outros motores conseguem completar o percurso sem falha catastrófica do serviço. Uma comparação conceitual entre a tração tradicional e o conceito proposto é mostrado na figura 5.4*

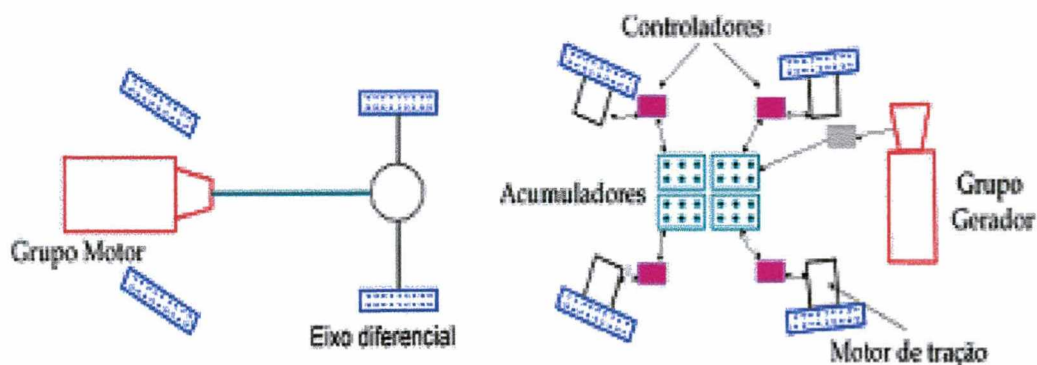
Esta nova proposta provoca as seguintes mudanças nas concepções atuais:

A relação de transmissão motor – roda é constante ao longo de todo o espectro de velocidades requeridas para prestar o serviço de transporte urbano de passageiros. Portanto não existem no novo veículo embreagem, caixa de mudanças e diferencial.

A ausência de diferencial permite altura de piso constante ao longo do veículo.

O conceito de confiabilidade é mudado em relação ao sistema tradicional e aos híbridos atuais.

A estabilidade e manobrabilidade do veículo aumentam com a possibilidade de controle de tração e frenagem em todas as rodas. [GOLLEE, HENRIK, 2001], [HILLER, M., et all., 2001]. Os sistemas de controle de escorregamento nas curvas (ASR) e de anti bloqueio na frenagem (ABS) [BOSCH, 1996], são de implementação direta na nova concepção, já que o sistema de controle dos motores de tração (Brushless Servomotor) possuem naturalmente o controle do torque na corrente de alimentação e a velocidade pela posição do rotor. [SOLECTRIA, 2002], [POWERTEC INDUSTRIAL MOTORS, 2002], [UQM TECHNOLOGIES, TRACTION DRIVE SYSTEMS, 2002] , [SKODA, 1997], [SMYTH MARK, 2000].

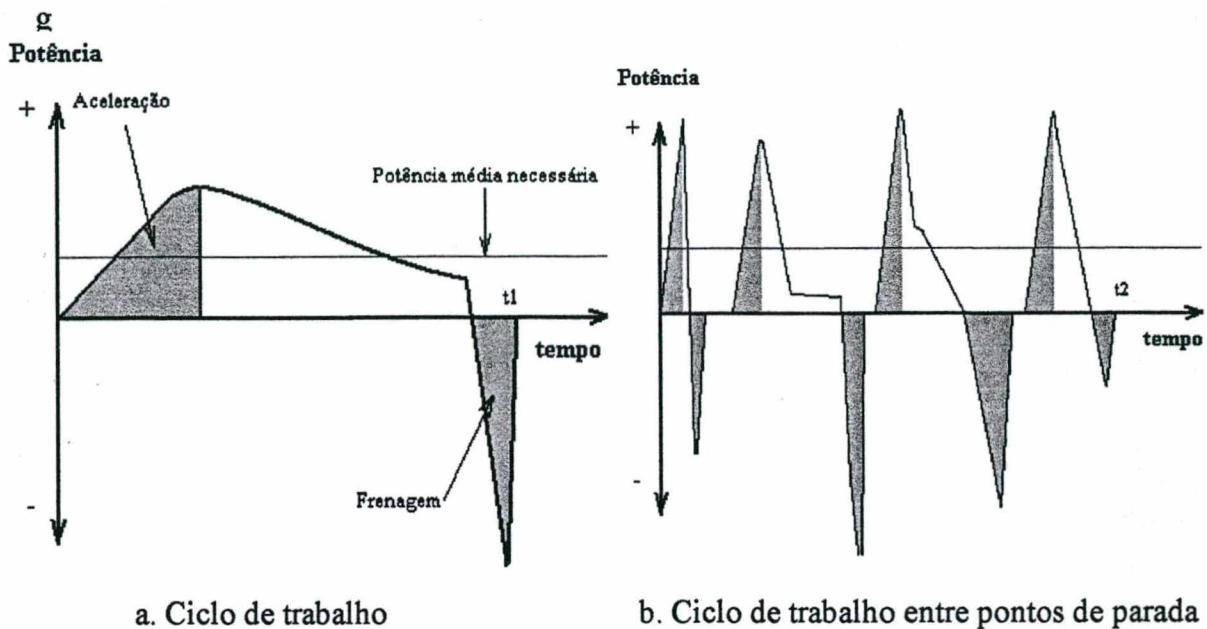


Esquemas de sistemas de tração convencional e o proposto

Figura 5.4

Os acumuladores, por sua vez, são a chave da flexibilidade de operação dos veículos frente aos diversos tipos de ciclo de trabalho do veículo. [KING, R, HAEFFNER, K.B., SALASOO, L, KOEGL R.A., 1995]. Existem dois tipos diferentes de acumuladores: baterias e capacitores. A escolha depende dos ciclos de carga e descarga que são requeridos no percurso do veículo. As baterias em diversos tipos de tecnologias são de elevada relação Watts/hora por kg da baterias [Wh/kg] comparando com os capacitores. Mas as baterias são de processo lento de carga e descarga em relação aos capacitores. A frenagem, que gera grandes quantidades de energia num intervalo curto de tempo, é utilizada para carregar capacitores. Da mesma maneira que a carga destes

dispositivos é rápida, a sua descarga tem a mesma característica, pelo que o uso da energia dos capacitores é utilizada nas acelerações. Assim, nas acelerações o sistema de controle deve administrar a utilização da energia do gerador, das baterias e dos capacitores simultaneamente. [DROZDZ, PIOTR; YIP, DOUGLAS, 1997], [NADAL, M., BARBIR, F, 1997], [KING, R, HAEFFNER, K.B., SALASOO, L , KOEGL R.A., 1995].



Ciclos de trabalho do ônibus

[KING, R, HAEFFNER, K.B., SALASOO, L , KOEGL R.A., 1995]

Figura 5.5

Para percursos com fluxo de trânsito muito lento, caracterizado por permanentes ciclos de frenagem e acelerações (figura 5.5 b), os capacitores deverão ter uma maior capacidade de armazenagem de energia que para ciclos de trabalho de percursos com vias exclusivas (figura 5.5 a). Quanto maior continuidade de tráfego, os capacitores terão menor capacidade de carga instalada. Existem capacitores de diversas capacidades e preços. Uma característica destes dispositivos é a sua longa vida útil. Sendo a vida útil das baterias (com descarga profunda), na ordem de 1000 ciclos, os capacitores possuem milhões de ciclos de vida [ISE RESEARCH THUNDERVOLT, 2001], [MAXWELL TECHNOLOGIES, 2002]. O dimensionamento da capacidade de acumuladores permite a operação do veículo até com emissão zero de poluentes por um certo percurso. Assim, um veículo poderá operar como elétrico puro, sem operação do motor de combustão interna

durante uma região da cidade onde a qualidade do ar esteja comprometida. No caso da evolução da tecnologia de baterias ou de estratégia de carga e recarga de baterias, o veículo poderá ser transformado em elétrico puro. Por outro lado, se a fonte de energia é externa ao veículo, como o caso dos trolebuses, deverá ser adaptado um dispositivo de conexão no teto.

O dimensionamento dos motores sofre, nos veículos de tração elétrica com frenagem regenerativa, uma mudança conceitual em relação aos veículos de tração tradicional. O principal motivo é baseado no fato de serem os motores elétricos utilizados como geradores na frenagem. A necessidade de potência necessária na frenagem é sempre maior que para as acelerações.

Para exemplificar, uma aceleração típica de 0 a 40 km/h (11,1 m/s) é realizada em 9,8 segundos [JUPITER PROJECT, 2001], o que implica uma distância de frenagem de [BOSCH, 1996]

$$s = \frac{v \cdot t}{2} = 11,1 \times 9,8 / 2 = 54,4 \text{ m}, \text{ com uma aceleração de}$$

$$a = \frac{\Delta v}{t} = 1,134 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] \text{ e uma potência instalada de 150 kW.}$$

No caso da frenagem dos ônibus, como já foi mostrado no capítulo 3, deseja-se que a distância de parada seja similar à automóveis particulares, aproximadamente 14 metros de 60 a 0 km/h. [REVISTA QUATRO RODAS, 2002].

Assim, se quisermos que o ônibus (des) acelere de 60 km/h (16,6 m/s) a 0 em 14 metros, a desaceleração deverá ser

$$a = \frac{v^2}{2 \cdot s} = \frac{(16,6)^2}{2 \times 14} = 9,8 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right],$$

que contrasta com o  $1,134 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$  da aceleração apresentada em [JUPITER PROJECT, 2001].

Assim, a potência máxima dos motores, deverá ser para a frenagem e não para a aceleração. No caso de uma frenagem de emergência o sistema regenerativo será

responsável apenas por uma parcela do torque de frenagem. Um sistema de freio mecânico deverá atuar em paralelo.

Os motores elétricos possuem em geral uma grande diferença entre a potência nominal e a chamada potência de pico. [UQM TECHNOLOGIES, 2001], [SOLECTRIA, 2001]. A primeira é uma potência que de maneira contínua o motor pode entregar, sendo a potência de pico possível de ser entregue durante alguns minutos no máximo, dependendo, em geral do motor e o método de arrefecimento.

Assim, o cálculo da potência máxima será para atingir um desempenho determinado nas desacelerações, e não nas acelerações ou declives. Mas como a potência nas desacelerações deverá ser recuperada, a potência dos motores têm relação direta com a capacidade de armazenamento de energia elétrica de carga violenta (típica de capacitores).

A relação entre as potências instaladas do freio mecânico e do freio regenerativo é uma variável econômica. O convencional de baixo custo por um lado, e o sistema regenerativo de maior custo pelo outro. O critério de escolha destas porcentagens deverá ser avaliado com um estudo do tipo de tráfego ao qual o veículo será utilizado. Se os percursos são de tráfego tipicamente travados, o que obriga aos motoristas a fortes acelerações e paradas violentas, a potência instalada em regeneração deverá ser maior. Para veículo operando em vias exclusivas, com uma maior continuidade no percurso, cada módulo poderá utilizar menor capacidade instalada. Por outra parte, os módulos dianteiros poderão ser de maior capacidade de armazenagem de energia por capacitores que os traseiros, devido à distribuição maiores de cargas frenagem sob as rodas dianteiras que nas traseiras.

### **5.1.3 Outras exigências ambientais**

#### **5.1.3.1 Ruídos**

Dos ruídos foram levantadas três fontes bem diferenciadas:

- Descarga de gases de escape;
- Vibrações do motor;
- Rodagem dos pneus sobre o solo.



A descarga, como é apresentado em [TRADE & TECHNICAL PRESS LIMITED, 1979], é tratada nos automóveis de maneira passiva, com dispositivos que pelas suas características geométricas e materiais reduzem as ondas e velocidades dos gases de escape. Como fora tratado no Capítulo 4, estes sistemas passivos, os escapamentos, têm espectros de vibrações onde são mais efetivos que outros no amortecimento dos ruídos. Um motor que opera num regime permanente de rotações e carga, é plausível de ser abafado de maneira mais efetiva que o motor que opera a velocidades e cargas variáveis. [MAEBARA KIMURA, MÁRCIO ROGÉRIO, 1995].

Como consequência da incorporação de tração híbrida, o motor de geração de energia elétrica terá um funcionamento do tipo estacionário, o que permite afirmar o seguinte:

*O veículo proposto terá um motor de combustão interna operando num regime permanente de carga, pelo que o ruído da descarga dos gases de escape poderá ser efetivamente reduzido.*

As variações de potência exigidas ao sistema de tração, entre a aceleração, rodagem a velocidade constante e frenagem, serão absorvidos pelos acumuladores.

Com o mesmo critério, o regime de vibrações com frequência estável geradas pelo funcionamento do motor facilita a redução da transmissibilidade das ondas produzidas no funcionamento. O receptáculo do motor deverá permitir o abafamento dos ruídos para o interior e o exterior do veículo.

Com relação ao ruído provocado pelo rolamento dos pneus, como fora dito no capítulo 4, existe uma grande influência tanto da superfície do asfalto como do desenho do pneu. Ainda que não é objeto deste trabalho, a escolha do pneu resulta de grande importância na redução dos ruídos pelo rolamento. Deve-se dizer que o problema piora à velocidades superiores a 100 km/h, sendo que o ônibus urbano nunca deveria operar a mais de 60 km/h.

### 5.1.3.2 Vibrações transmitida ao solo

Como apresentado no capítulo 3, as vibrações transmitidas ao solo dependem essencialmente da suspensão do veículo. Para conceitualizar, há maior conforto no veículo para os passageiros, menor será a força transmitida ao solo. O conforto tem uma relação direta com as freqüências naturais do sistema. Os veículos com a primeira freqüência característica em torno de 1 Hertz são os mais confortáveis. As freqüências maiores começam a interagir com as características dos órgãos do corpo humano. Assim, por exemplo, o fígado têm uma freqüência própria próxima de 5 Hz. [DE ESPÍNDOLA, JOSÉ JOÃO, 2000]

Considerando o veículo como um sistema de um grau de liberdade, para uma suspensão, sendo a massa suspensa suportada igual de 2000 kg, é necessária uma rigidez efetiva da suspensão de 80 000 N/m, para uma freqüência natural de 1 Hz.

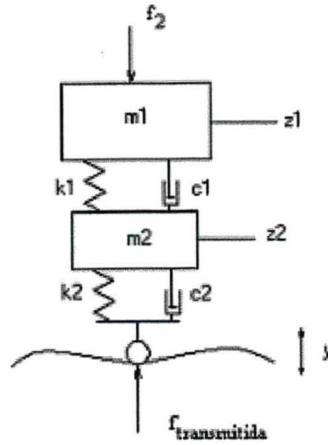
$$fn = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\left(\frac{k}{m}\right)}$$

O modelo mostrado na figura 5.5 mostra o equivalente a um quarto de um veículo de 8000 kg de peso total, sendo  $m_1$  a massa do veículo e  $m_2$  a massa da roda mais a massa proporcional da suspensão que não esta suspensa. Por outro lado,  $f_2$  se constitui numa força desequilibrante que provoca  $m_1$  no seu movimento, provocando no asfalto a força  $f_{\text{transmitida}}$

A transmissibilidade é uma característica própria do sistema. Tem uma relação direta com o conforto dos veículos para o passageiro. A transmissibilidade pode ser expressada como a relação entre  $f_2$  e  $f_{\text{transmitida}}$  mostradas na figura 5.5.

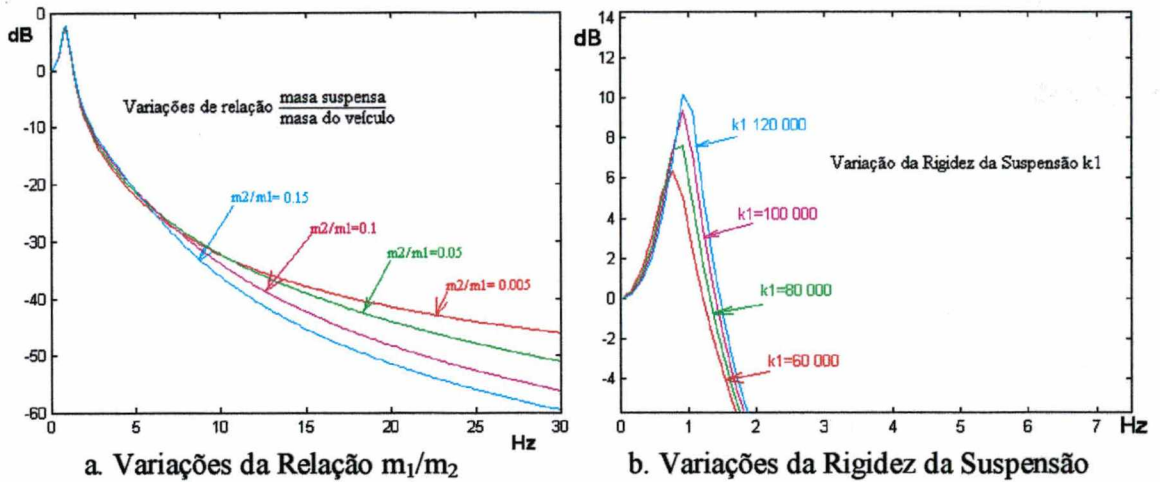
A transmissibilidade de cargas ao solo aumenta nas freqüências mais altas, na medida que  $m_2$  é maior que  $m_1$ . Isto quer dizer que na medida que diminui  $m_1/m_2$ , aumenta a transmissão de esforços ao solo. (Figura 5.6 a).

Da figura acima, pode-se inferir que nas freqüências mais altas, geralmente produzidas por rugosidades da superfície de rolamento, o veículo terá uma tendência a filtrar vibrações na medida que a relação  $m_1/m_2$  cresce [DA ROSA, EDISON, 2001]. A variação de rigidez do sistema, por outro lado, é apresentado na figura 5.6 b. Um aumento da transmissão de esforços ao solo resulta do aumento da constante  $k_2$ . Quanto mais “dura” a suspensão, mais esforços transmite ao solo e maior desconforto dos passageiros.



Sistema dinâmico de dois graus de liberdade

Figura 5.5



Variações da transmissibilidade de esforços ao solo em relação à constantes do sistema

Figura 5.6

As características do pneu também têm grande importância tanto no conforto como nas cargas transmitidas ao solo. A figura 5.7 mostra como variam as cargas com a mudança tanto da rigidez como do amortecimento. As variações da rigidez provocam poucas mudanças no comportamento do sistema. Porém, é interessante salientar quanto variam as características do sistema com a variação do amortecimento do pneu. Hoje os

pneumáticos possuem só uma constante  $c_1$  que depende das qualidades de histerese do material [DE ESPÍNDOLA, JOSÉ JOÃO, 2000]. Mas com relações de  $c_1/c_2 = 0,1$ , como apresentado em [SPINOLA BARBOSA, R., COSTA NETO, A, 2001], o sistema torna-se pouco conveniente, como mostrado na figura 5.7 b.

Os pneus foram concebidos como alternativa às anteriores rodas rígidas, tanto metálicas como de madeira. Foi um grande avanço no momento da concepção. Hoje os pneumáticos são uma problemática ambiental de enorme impacto, como tratado nos capítulos anteriores. O maior impacto que provoca o pneumático encontra-se na etapa do descarte no ciclo de vida. Uma nova concepção deste elemento elástico deverá ser feita e deverá nesta nova concepção, apresentar menor amortecimento  $c_2$  decorrente da composição dos pneus de borracha tradicionais. Um pneumático menos dissipativo é requerido.

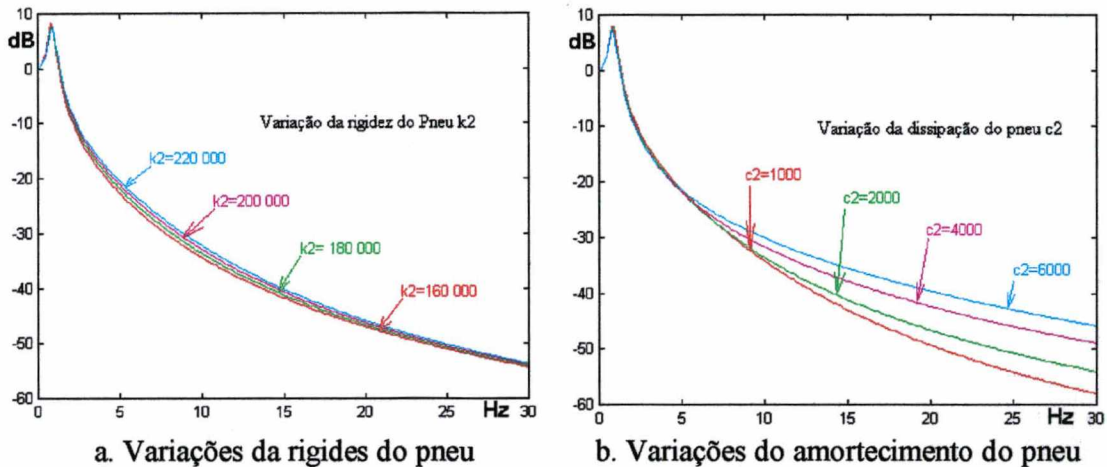


Figura 5.7

As características dinâmicas de um veículo são fixas quando os elementos elásticos são constantes ao longo do tempo, mas a suspensão pode também agir de maneira ativa no comportamento do veículo. Para isso é preciso um equipamento que modifique as características dinâmicas em tempo real. Os sistemas deste tipo possuem geralmente molas pneumáticas com controle do fluxo de ar em tempo real de modo de modificar a rigidez e o amortecimento. [SAMPSON, DAVID J. M., 2000], [SACHS, 2002], [BOSCH, 1996]. A utilização deste sistema de suspensão deverá ser avaliada economicamente no projeto detalhado do veículo. Porém em primeira instância, a suspensão terá dispositivos que

permitam a utilização de suspensão ativa como opcional. Estes sistemas serão apresentados no ponto 5.1.5

#### 5.1.4 Exigências dos impactos sociais

O transporte urbano tem sentido somente na vida das cidades. Ainda que pareça uma afirmação trivial, existem muitas necessidades que o transporte não consegue satisfazer. O motivo das deficiências pode-se atribuir às mudanças das condições do “Habitat cidade” ao longo do tempo, não acompanhado nas qualidades dos ônibus. As mudanças da distribuição da população nas cidades dos países em desenvolvimento são muito dinâmicas. Os operadores e os órgãos públicos de transporte urbano são exigidos permanentemente a dar acesso ao transporte aos habitantes das periferias. Os veículos têm uma vida útil de seis a sete anos nas grandes e dez anos nas pequenas cidades. Se esses veículos têm uma capacidade rígida de transporte dada pelos construtores de chassi, o sistema é rígido. Se o sistema não acompanha a quem mais precisa para modificar sua condição de vida, não é ferramenta de crescimento social. A flexibilidade aqui, é vista num espaço de tempo comparável ao ciclo de vida do veículo.

*Considera-se que o operador deveria poder modificar as características da frota de um ano para outro. (O intervalo de tempo, só é colocado com fim de dar uma idéia da magnitude do tempo de mudança).*

Outra falta de flexibilidade deixa de atender à problemática das mulheres, idosos, crianças, etc. A necessidade das mulheres de ter acesso facilitado ao veículo, fazer etapas múltiplas na viagem, a rigidez dos percursos, a falta de tarifa única, a altura dos degraus, são algumas das restrições do sistema de transporte atual. Como regra, elas utilizam de maneira diferente o sistema de transporte, com viagens dispersas, curtas e muito freqüentes e geralmente fora dos horários de pico. Também acarretam cargas volumosas, crianças, carrinhos e até acompanham idosos parentes próximos. Neste caso é exigido do sistema de transporte fácil acesso ao veículo e frotas que permitam ao operador flexibilidade nos diversos horários do dia.

*O veículo poderá ser grande porte nas horas de pico, de médio porte nas outras horas. A idéia de vagão é adaptada ao ônibus como módulo adaptável de forma rápida. Em todos os casos o piso será baixo, sem degraus na entrada e na saída do veículo, com livre circulação interna.*

Outra grande exigência social, é o aumento da largura da porta de acesso ao veículo. [ANTP,1997].

Estas necessidades obrigam a pensar em termos de modularidade em primeira instância. Mas a modularidade deve permitir duas flexibilidades, temporalmente de diferentes dimensões. Uma mudança rápida de capacidade de carga diária, outra que permita a modificação da frota ao longo da vida útil. Essencialmente a diferença está nos tempos requeridos para a mudança. Esta exigência é preenchida com uma visão da modularidade por capacidade de carga.

*Assim, os módulos são pensados sob dois conceitos: um para montar um veículo que possa ser modificado ao longo da sua vida útil, outro que possa ser modificado diariamente, utilizando o conceito da modularidade própria do trem.*

A estrutura exige um esquema autoportante, sem chassi que permita a modificação da capacidade de carga e comprimento do veículo.

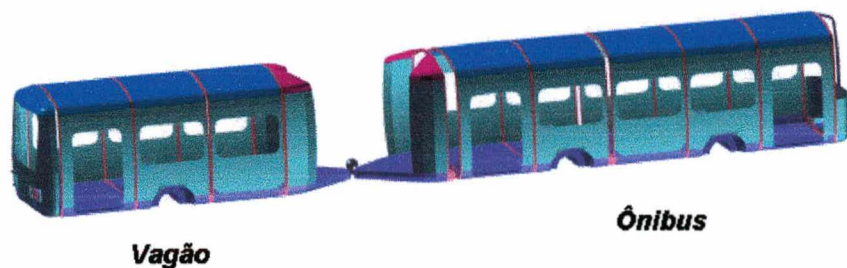
Assim, a concepção estrutural é gerada a partir de uma exigência do serviço, visando as conseqüências sociais que o veículo atual e os paradigmas existentes provocam.

A figura 5.8 apresenta um esquema da montagem de ônibus articulado proposto. Para a montagem de um veículo assim, seriam necessários os módulos básicos mostrados na figura 5.9. Os módulos essenciais são: porta-janela, articulação, roda e tampa.

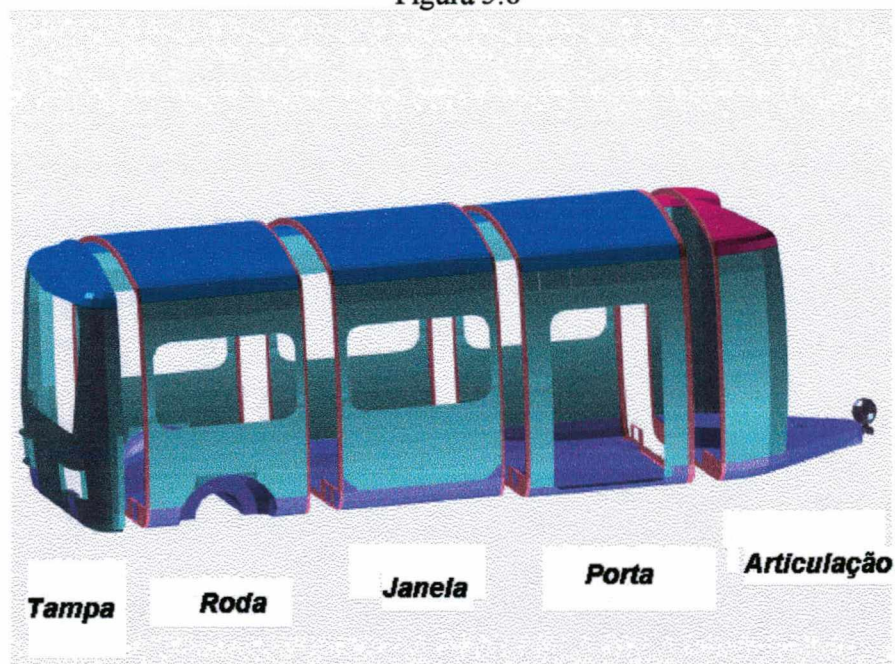
Deste maneira, o operador poderá montar um veículo, adquirir módulos, etc. utilizando módulos intercambiáveis. Dependendo do arranjo de módulos, o tipo de veículo obtido muda. podendo ser montado desde um veículo com a capacidade de uma van de tamanho médio até um bi-articulado com arranjos diferentes dos módulos. A união entre módulos deverá permitir a montagem e a desmontagem rápida dos mesmos.

O público alvo do transporte deverá ser ampliado para atender todos os habitantes da cidade. Nenhum impedimento ao uso deverá existir para que quaisquer pessoas, sem

distinguir idade, capacidade motora ou motivo do traslado, sejam usuários. O veículo deverá prover condições iguais para todos, sem discriminação. Assim, não deverão existir degraus nem obstáculos que impeçam a circulação interna, até com cadeira de rodas.



Esquema estrutural de um veículo articulado  
Figura 5.8

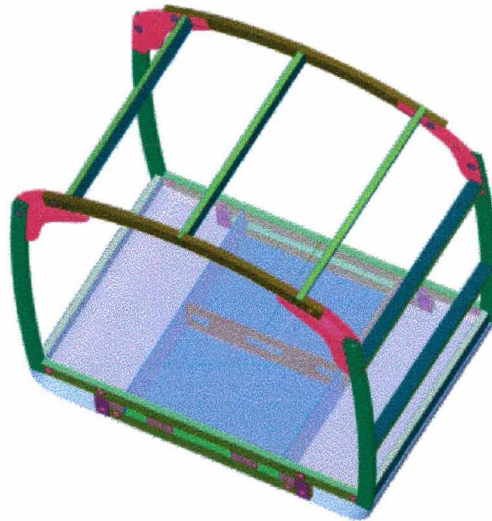


Módulos essenciais componentes de qualquer veículo de uma frota  
Figura 5.9

Isto obriga tecnologicamente a um piso baixo integral, sem eixos que elevem o piso internamente. Uma cadeira de rodas deverá poder ingressar pela entrada e descer pelas portas de saída do veículo sem impedimentos. A imposição de cadeira de rodas é apresentada como o extremo da restrição que uma pessoa possui para o uso de um sistema de transporte urbano de passageiros, [ BECKER, MARCELO, 1997].

O tamanho do módulo também foi definido por uma característica ergonômica. A distância média recomendada entre dois bancos é de 90 cm. O comprimento do módulo será então para abrigar duas filas de bancos, ou seja, 1,80 metros [KANTOWITZ, BARRY H.; SORKIN, ROBERT D., 1983].

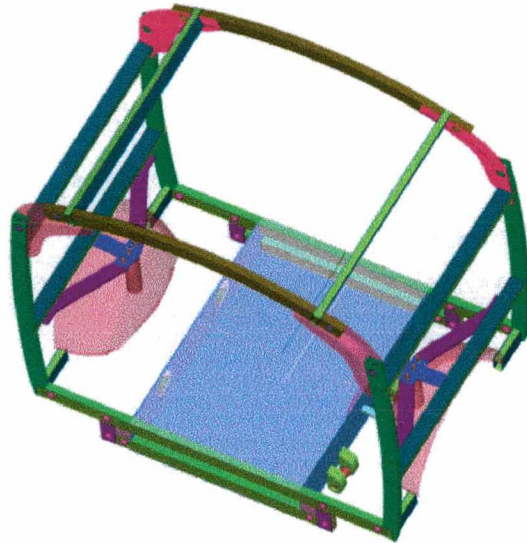
As estruturas das duas variações principais de módulos, são apresentadas nas figuras 5.10 e 5.11



Estrutura de Módulo Porta e Janela

Figura 5.10





Estrutura de Módulo Roda

Figura 5.11

Como a estrutura é autoportante foi adotada uma viga comum a todos os tipos de módulos. Somado a isto, como os módulos que contém portas têm 1,80 m de comprimento, vão permitir uma porta de 1,40 m de largura, o que melhora a rapidez de embarque e desembarque de passageiros, e com isso o desempenho na operação. Pode – se concluir, que as exigências do acesso, tanto da [ANTP,1997], como as recomendações dadas em [MATTAR VALENTE, A., PASSAGLIA, E., GALVÃO NOVAES, A, 1997], são preenchidas.

### 5.1.5 Exigências do Tráfego

O tráfego das cidades se torna mais lento quanto mais automóveis a cidade possui. A pouca manobrabilidade de grandes veículos piora ainda mais a situação. Os raios de manobra de veículos aumenta proporcionalmente com a sua distância entre eixos. O ângulo de giro das rodas dianteiras dos ônibus têm limitações funcionais. O arrastre dos pneus provocado pela tração traseira aumenta o desgaste. Quando o veículo sai de um ponto com a direção girada à esquerda, para ingressar no fluxo de tráfego, se produz um arrastre do pneu dianteiro direito que ocasiona desgaste desigual. Este fenômeno é apontado por todos

os profissionais de manutenção consultados. Por outra parte, devido à geometria da disposição dual dos pneus nos eixos traseiros, também acontece nestes um desgaste não uniforme que obriga ao rodízio dos pneus periodicamente.

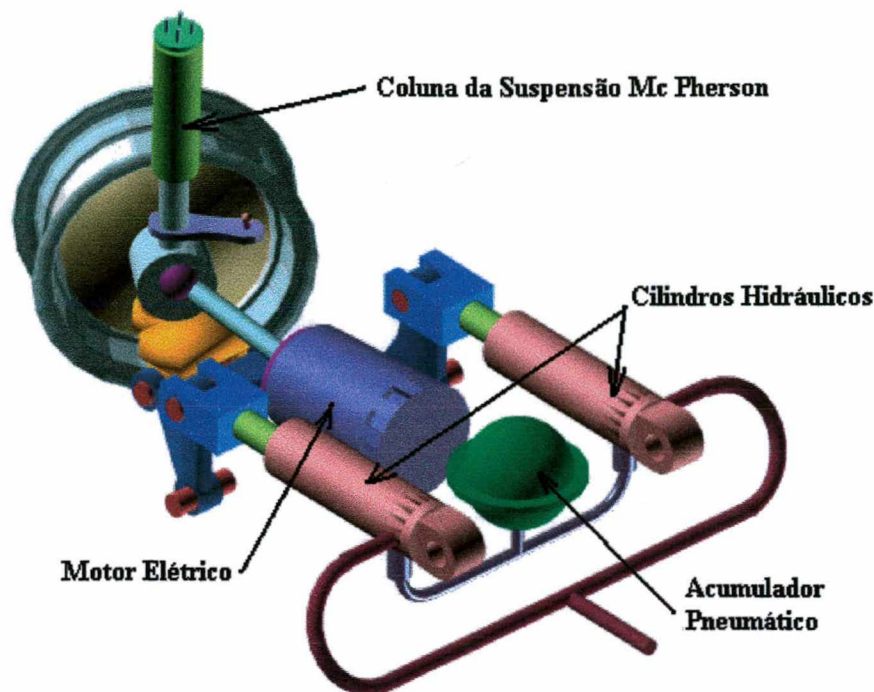
A manobrabilidade dos veículos é colocada como um dos motivos do congestionamento e falta de segurança no tráfego, [PRICEWATERHOUSECOOPERS, 2000]. Assim, é necessário um aumento substancial da manobrabilidade.

*Utilizando o conceito de modularidade estrutural antes apresentado, é proposto que os módulos que contém as rodas, então, permitam o giro destas, indiferentemente sejam dianteiros ou traseiros. Desta maneira é diminuído o raio de giro. Todas as rodas terão capacidade direcional.*

Este conceito leva a pensar que os módulos do veículo que alojam as rodas deverão ser todos iguais, sem diferenciar se for usado como dianteiro ou traseiro. Um módulo único de tração existirá. Neste módulo não deverá existir eixo que eleve o piso no interior do veículo, como fora apresentado como necessidade dos usuários na seção 5.1.4.

Assim, o módulo trator deverá ter um motor elétrico para cada roda, com suspensão independente que ocupe mínimo espaço interno. Além disso, deverá ter capacidade direcional. A figura 5.10 mostra um esquema do módulo de tração e suspensão, com as seguintes características:

- Suspensão tipo Mc Pherson.
- Coluna com função apenas de guia cinemática.
- Todos os esforços absorvidos pelos elementos hidráulicos e acumulador pneumático



Módulo tração e suspensão

Figura 5.10

O atributo de manobrabilidade do veículo, acompanhado à estrutura modular leva a pensar numa modularidade que reduz o número de peças diferentes a serem fabricadas, montadas, e conservadas. Esta forma permite dizer que os módulos de tração, suspensão, redução, sejam esquerdos e direitos, traseiros e dianteiros, serão iguais. Tanto os problemas de alinhamento como de configuração do sistema direção serão resolvidos de acordo a posição do veículo que o módulo de tração que se encontra. É utilizado aqui o conceito de rodar - tracionar – freiar - manobrar, num conjunto de peças que indistintamente sejam montadas na esquerda ou na direita do veículo. As conseqüências na fabricação, operação, manutenção, preço representam sempre simplicidade e menores custos de aquisição e manutenção.

Este arranjo permite inferir que a manobrabilidade aumenta. A estabilidade do veículo não é uma grande problemática para veículos cujas velocidades máximas sejam

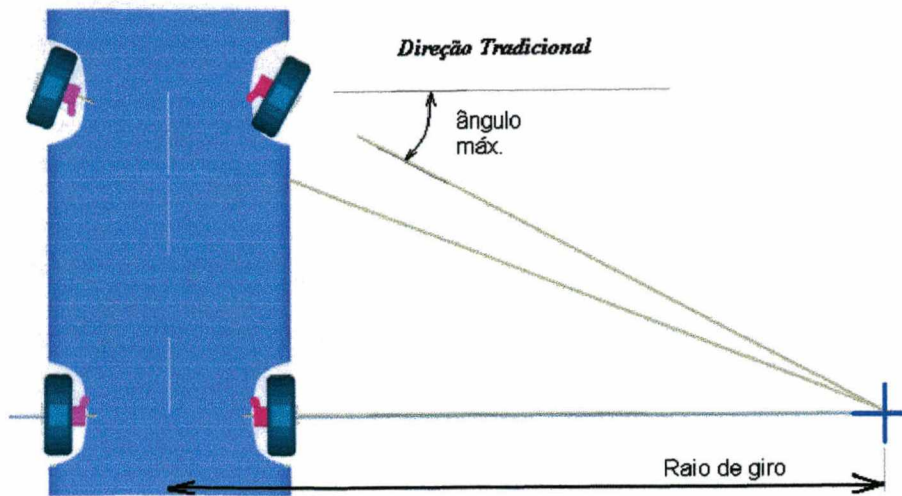
inferiores a setenta quilômetros horários, típicos de cidade [NICOLAZZI, L. C.; DA ROSA, E.; DA COSTA MACHADO LEAL, L., 2000].

A diminuição do raio de giro e o conseqüente aumento da manobrabilidade se deve à capacidade de direção de todas as rodas, como está representado nas figuras 5.11 e 5.12. Neste sentido é possível afirmar que deverá ser estudada a adaptação de um novo dispositivo de manejo, que poderia ser o bastão de comando (joystick), utilizado nos aviões. Este dispositivo permite de maneira lógica “indicar” ao veículo tanto o deslocamento frontal como o lateral, tanto a aceleração como a frenagem são comandos também possíveis de implementar com o bastão, dependendo o ângulo que o operador o desloque. O bastão poderia ser, então o único elemento de comando de direção, freio e acelerador, numa só mão. É bom lembrar que neste veículo, não existe caixa de mudanças, devido à grande versatilidade do motor elétrico.

Por outra parte, o desgaste dos pneus será menor do que no sistema tradicional, pela diminuição do deslizamento dos pneus tanto pela ausência dos eixos duais como nas rodas dianteiras. Na tração tradicional as rodas dianteiras são arrastadas nas curvas. [EMPRESA RIBEIRONENSE, 2002]. Este arraste, como fora dito no capítulo 4, provoca um desgaste precoce, principalmente na roda dianteira direita.

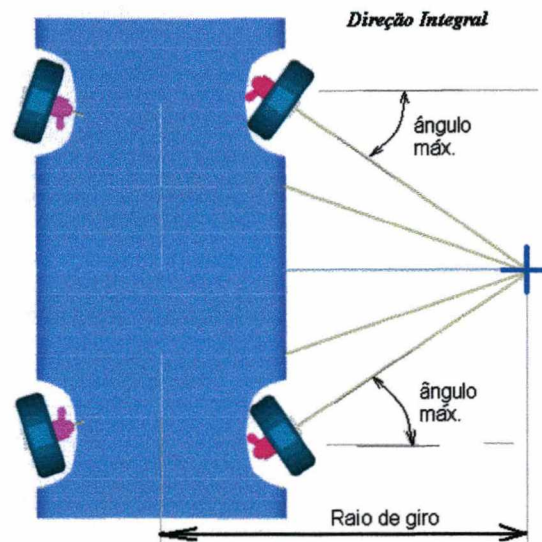
A suspensão, com direção integral, não deve comprometer o espaço interno do veículo. Se propõe, então, uma suspensão instalada no piso do veículo, do tipo hidro-pneumática, que permite segurança e ocupa pouco espaço. Assim, o sistema de tração – suspensão terá a geometria que ocupe pouco espaço interno. As figuras 5.13 e 5.14 mostram a distribuição da suspensão na estrutura do módulo do veículo.

A combinação suspensão – sistema de direção proposta melhora notavelmente a capacidade de manobra do veículo sem comprometer o espaço interno. O sistema de direção integral resolve os problemas de espaço interno que os veículos de piso baixo atuais possuem.



Geometria da direção tradicional

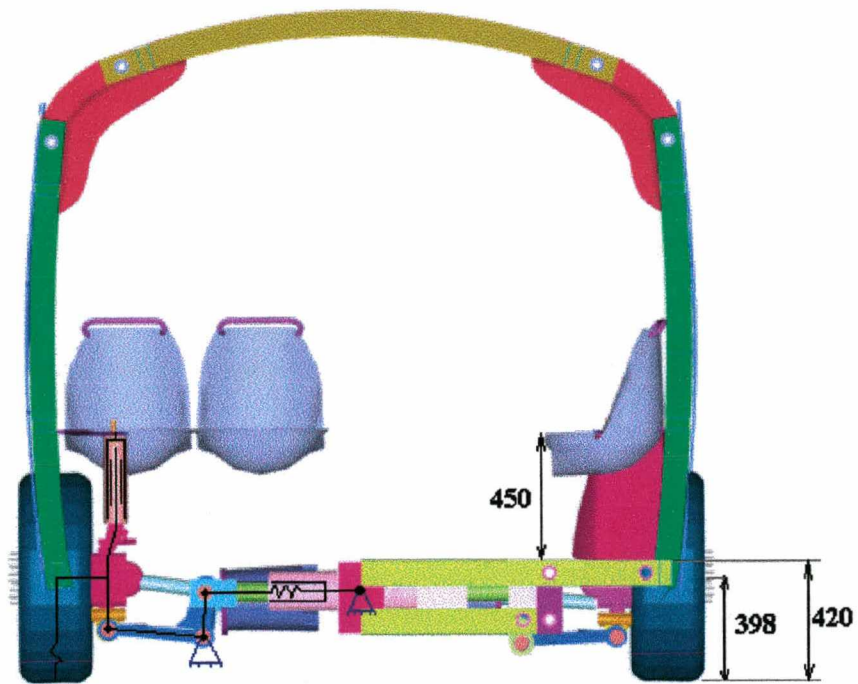
Figura 5.11



Geometria da direção integral

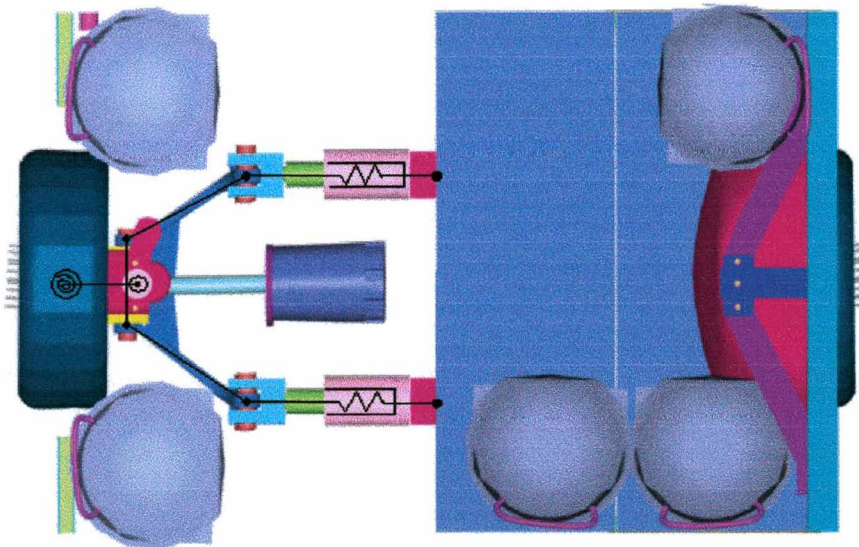
Figura 5.12

Como pode ver-se no material de divulgação disponível nas páginas oficiais das principais marcas de fabricantes de chassis e carrocerias, ([www.scania.com](http://www.scania.com), [www.evobus.com](http://www.evobus.com), [www.volvo.com](http://www.volvo.com)), os ônibus de piso baixo sofrem a problemática de redução do espaço interno, pela necessidade de grande ângulo de giro das rodas dianteiras para aumentar a manobrabilidade bem como pelo espaço ocupado pelas as rodas duais no eixo traseiro (figura 5.15).



Vista axial do esquema de suspensão no módulo trator

Figura 5.13

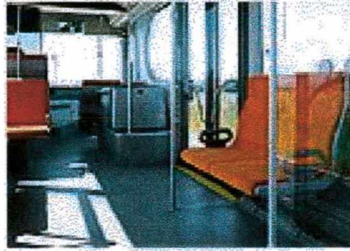


Vista superior do esquema de suspensão no módulo trator

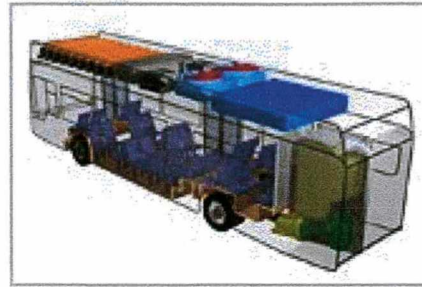
Figura 5.14

A excessiva carga sobre os dois eixos dos veículos tradicionais provoca o aumento da largura e pressão dos pneus. Normalmente é usado o pneu de aro 22 polegadas com

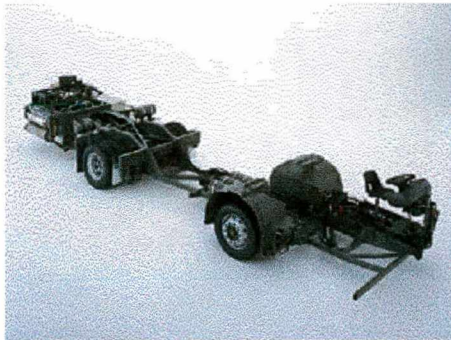
diâmetro externo de 1070 mm. Se o piso baixo exige estar a trinta centímetros do solo, se torna impossível com estes conceitos reduzir a interferência do paralamas no interior do veículo. A solução adotada pela maioria dos veículos é a incorporação de banco sobre o espaço dos paralamas, reduzindo a possibilidade de espaço interior de corredores e circulação interna, assim como a flexibilidade de distribuição dos espaços interiores. Na figura 5.15 são mostradas alguns destes exemplos.



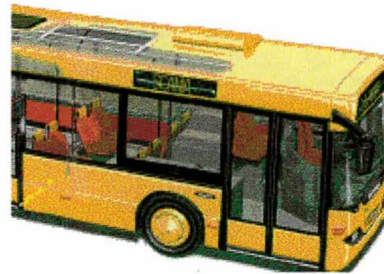
ÜLTRA, Mercedes Benz



Citaro, Mercedes Benz  
(célula de Hidrogênio)



Chassi Volvo B7L, Piso Baixo



Piso Baixo da Scania

Figura 5.15

## 5.2 Exigências econômicas

Na operação do serviço de transporte existem fundamentalmente quatro tipos de custos que dependem do veículo e influem diretamente nos custos de passagem:

- Combustível,
- Manutenção,
- Custos de aquisição,
- Custos dos acidentes.

### 5.2.1 Redução dos custos de consumo de combustível

O sistema de tração híbrida elétrica foi criada com o principal objetivo da redução do consumo de combustível e a conseqüente redução da poluição. Como foi apresentado no capítulo 4 a parcela maior da redução do consumo se fundamenta no freio regenerativo, isto é, o motor elétrico de tração se comporta como gerador na frenagem.

### 5.2.2 Redução dos custos de manutenção

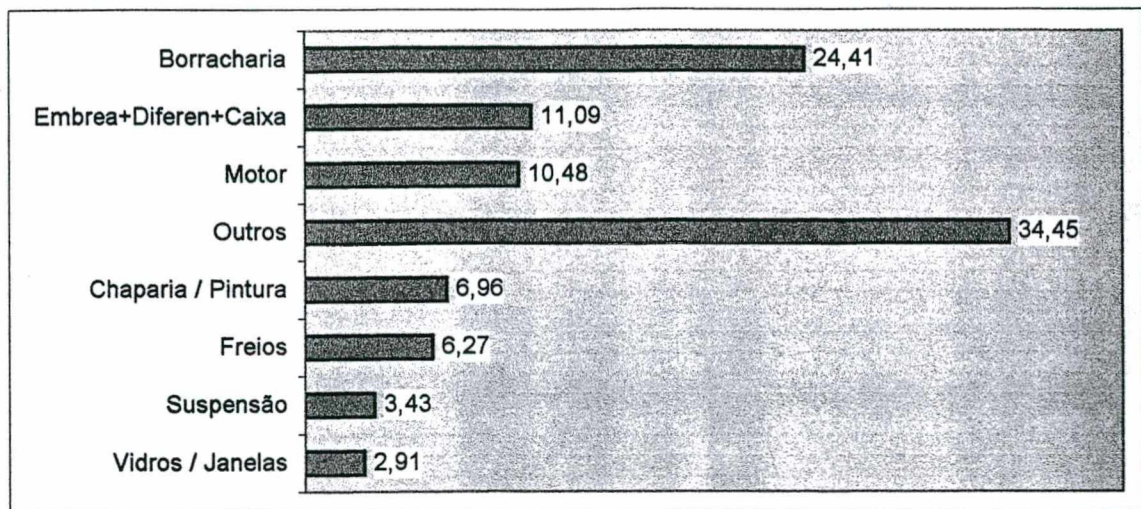
A maior parcela de redução dos custos de manutenção se encontra na exclusão de sistemas mecânicos de altos impactos na manutenção. Assim, a embreagem, a caixa de mudanças, o diferencial desaparecem e com isso mais de 10 % dos custos, (figura 5.14).

A redução do desgaste dos pneus é de grande importância nos custos de manutenção, representando 25 %. Num veículo com tração e direção integral a redução do desgaste dos pneus se baseia na redução do escorregamento. Existem dois motivos de escorregamento dos pneus contra a pista. Os eixos dianteiros são arrastados pela tração quando estão esterçando. Assim, os pneus dianteiros direitos apresentam desgaste prematuro pelo escorregamento produzido geralmente na saída dos pontos de parada. É importante salientar que em ônibus com capacidade de 100 passageiros, os pneus dianteiros são submetidos a quase quatro toneladas individualmente, pelo que o escorregamento provoca desgaste preocupante [Consulta pessoal com Msc. Eng. João Rentao P. Castro, responsável pela manutenção da empresa Ribeironense, Florianópolis]. Os pneus nos eixos traseiros escorregam pela distribuição dual. Os pneus duais sofrem escorregamento pelo efeito do diferencial, pelo fato do diferencial resolver o giro num



plano medio entre os dois pneus. Estas problemáticas são evitadas com tração e direção em todas as rodas e a eliminação da disposição dual.

Outra redução conceitual de custos de manutenção se produz no motor. O funcionamento estável permite diminuir os esforços violentos provocados pelo acoplamento deste com a grande inércia do veículo. As acelerações com plena carga, as mudanças de marcha, acionamento violento da embreagem, provocam permanentemente cargas excessivas. Na concepção proposta, sendo o motor estacionário, conectado ao alternador, estas sobrecargas não ocorrerão. É suposto então uma redução de desgaste.



Custos de Manutenção de Frota

[FREIRE DE CARVALHO MATOS, FREDERICO, Consulta Pessoal]

Figura 5.14

Os vidros e as janelas, por outro lado, são em geral colocados nas carrocerias em diversos tamanhos, o que obriga a dispôr de um grande capital de reposição. Existem carrocerias com até 18 vidros de diferentes tamanhos. Ainda que esta tendência foi reduzida nos modelos dos últimos anos nos fabricantes do Brasil, a modularidade de formas ainda provoca grandes estoques para garantir rápida manutenção. [Consulta pessoal com Msc. Eng. Frederico F. de Carvalho Matos, consultor de manutenção de frotas em Salvador, Bahia]

### 5.2.3 Redução dos custos de segurança

Como fora apresentado no capítulo anterior, a problemática acidentes ocupa o primeiro lugar nos custos da passagem onde o ônibus têm incidência direta. Ainda não estando contemplado na Metodologia GEIPOT de obtenção de custos da passagem, sua importância é absorvida pelos operadores de maneira direta.

Na seção 4.4.3 foi analisada esta problemática desde dois pontos de vista, um econômico, outro tecnológico. Desde a análise econômica é indispensável compatibilizar a distância de frenagem dos ônibus com a dos automóveis. De uma análise tecnológica, é necessário o aumento da superfície de contato pneu-pista com duas possíveis soluções: o aumento da largura ou aumento do número de pneumáticos. Os pneus utilizados na atualidade têm uma largura de 400 mm. [PIRELLI, 1999]. O aumento desta largura do pneu dificultará o uso de rodas direcionais. A diminuição do diâmetro com o uso de um maior número de pneus, de menor capacidade de carga, então, é necessária. Esta decisão acompanha o requisito de piso baixo tratado na seção 5.1.4.

A diminuição do diâmetro requer um aumento do número de rodas, para distribuir cargas em maior número deles. Para exemplificar, um ônibus de 100 passageiros, normalmente de 12 metros de comprimento e 18 tons. de peso completo, possui seis pneus, com aprox. 3000 kg. de carga por pneu (as dianteiras são mais carregadas). Para avaliar a possibilidade de diminuir o diâmetro dos pneus, uma primeira avaliação do peso do veículo foi estimada baseada em veículos existentes e a estrutura particular proposta. Assim, no caso do veículo ser elétrico puro, com baterias utilizadas de chumbo – ácido, e 200 min de autonomia, terá 180 kW instalados. O peso das baterias é estimada em 1800 kg de acordo ao exemplo mostrado em [NADAL, M., BARBIR, F., 2001].

Para essas dimensões, foi estimado que o peso do módulo janela terá 453 kg com uma distribuição de 251 kg de aço (viga central, cavernas, vigas laterais de segurança) e 202 kg de PRFV (laterais, teto e interiores), tabela 5.1. O módulo rodas terá um peso similar, 453 kg estrutural, mais os dois módulos de tração mais as baterias chumbo ácido para dois motores (520 kg) tabela 5.2.

Componente	Peso (kg)
Viga Caixaão (1)	56
Viga extremo modulo (2)	52
Cavernas (2)	65
Longarinas (8)	78
Lateral exterior PRFV (2)	39
Teto Exterior PRFV (1)	62
Lateral Interior PRFV (2)	39
Teto Interior PRFV (1)	62
Total	453

Peso estimado da Estrutura dos módulos de janela, porta e roda

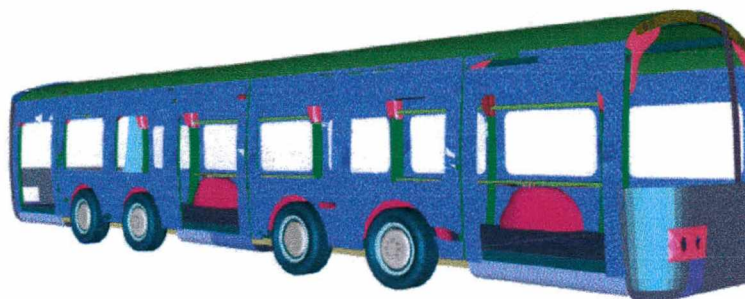
Tabela 5.1

Componente	Peso (kg)
Motor + Controle	118
Transmissão e redução	70
Suspensão	45
Freio Mecânico	22
Acumuladores (11.5 kWh)	220
Roda	55
Total	530

Peso estimado do módulo de tração

Tabela 5.2

O veículo proposto de iguais características que o de 100 passageiros tradicional, pesará 8 000 kg completo, mas para diminuir o diâmetro de pneu de 1000 mm (atual) para 750 mm é necessário o uso de um aro 17.5". Um pneu deste diâmetro (235/75R 17.5), normal, aceita 1940 kg de carga máxima, [PIRELLI, 1996]. Com relação a um veículo comparativo de 100 passageiros serão necessários 8 pneus para suportar a carga total do veículo ( $8 \times 2500 = 20\ 000$  kg). Isto representa quatro eixos. A figura 5.15 mostra uma estrutura como a proposta.



Estrutura de 13 metros e 100 passageiros de capacidade.

Figura 5.15

Ainda que seja necessária uma série de testes para validar a capacidade de frenagem, conceitualmente o aumento do número dos pneus, diminuição do diâmetro e uma melhor distribuição de cargas, permitem afirmar em primeira instância que a solução vai impactar positivamente na capacidade de frenagem do novo ônibus em relação aos convencionais existentes.

Esta melhora na capacidade de frenagem vai se manifestar principalmente nas emergências, onde os ônibus atuais falham.

Existem duas conseqüências essenciais que o aumento da capacidade de frenagem vai provocar: para o entorno onde o veículo opera e para os passageiros transportados.

Uma diminuição da distância de frenagem do ônibus o equipara com os veículos de menor porte, com as conseqüências econômicas e sociais que a redução de acidentes provoca.

Os passageiros transportados, por outro lado, vão sofrer os efeitos da desaceleração da mesma maneira que nos carros particulares. Isto vai impactar na distribuição interna do veículo e os métodos de segurança para evitar efeitos inerciais.

*A mente que se abre a uma nova idéia  
jamais retorna a seu tamanho original*

**Albert Einstein**

## **Capítulo 6**

### **Conseqüências da proposta**

Neste Capítulo são apresentados princípios, pautas da concepção proposta, enfatizando os diversos impactos que cada item da solução apresenta. Utilizando o conceito de impacto, as principais propostas surgidas de mudanças de paradigmas, são analisadas na procura de comparar com as concepções de veículos atuais

#### **6.1 Resumo dos aspectos da nova concepção do veículo de transporte urbano de passageiros**

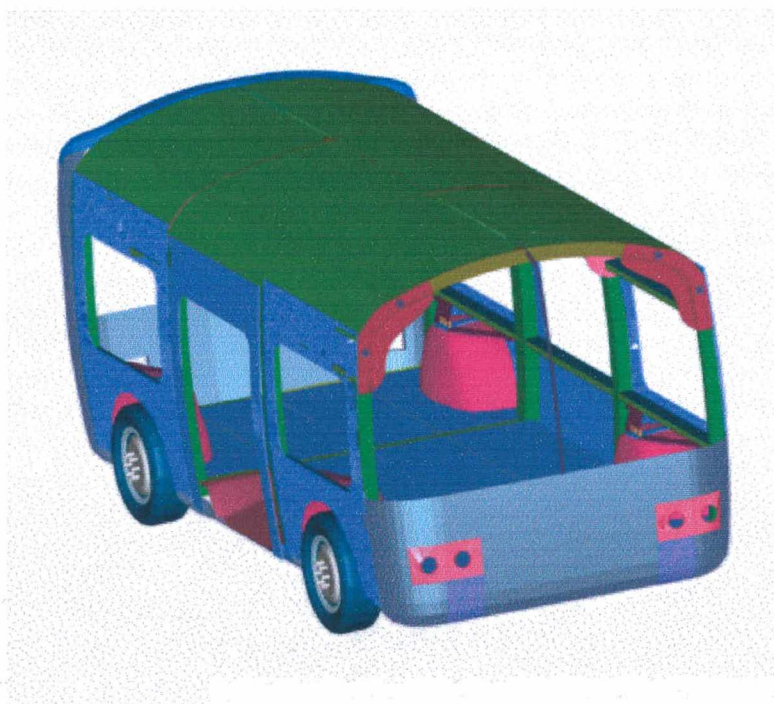
##### **6.1.1 Da modularização da estrutura**

##### **Impacto da estrutura modular na Operação da frota**

A modularização estrutural da nova proposta permite adaptabilidade do sistema de transporte urbano de passageiros à dinâmica das distribuições populacionais dentro da cidade. O operador do sistema de transporte urbano poderá modificar sua frota de acordo às necessidades que a demanda assim o exigir. O sistema construtivo permitirá modificar os veículos ao longo da vida útil, com o rearranjo dos módulos. O sistema modular, assim como a maior distribuição de cargas em maior número de rodas, permitirá que o rearranjo de módulos seja possível para montar desde um veículo equivalente a uma van, até um ônibus bi-articulado.

Cabe destacar neste momento que nenhum veículo terá entre dois eixos mais de um módulo não rodante. Isto quer dizer que nunca haverá mais de 3,60 metros entre eixos, o que permite afirmar que o re-arranjo de módulos para montar veículos de diferentes portes é possível para o operador com segurança. Hoje os veículos possuem em geral mais de 7 metros entre eixos.

Assim, nas figuras 6.1 à 6.5 mostram-se diversas configurações de veículos possíveis de serem montados arranjando módulos. A figura 6.1 mostra o menor de todos os veículos que está composto por três módulos, dois de “roda” e um de “porta”. Este veículo é equivalente a uma van, com uma superfície interna de 5,40 x 2,40 m, restando o gerador e motor. Este veículo pode ser utilizado tanto para transporte de pessoas como de mercadorias. É considerado tipo micro ônibus na classificação GEIPOT. Os veículos de abastecimento urbano de mercadorias, possuem exigências de operação similar ao de transporte coletivo. O piso baixo permite, também a carga e descarga das mercadorias com facilidade.



Veículo de 6,20 m de comprimento

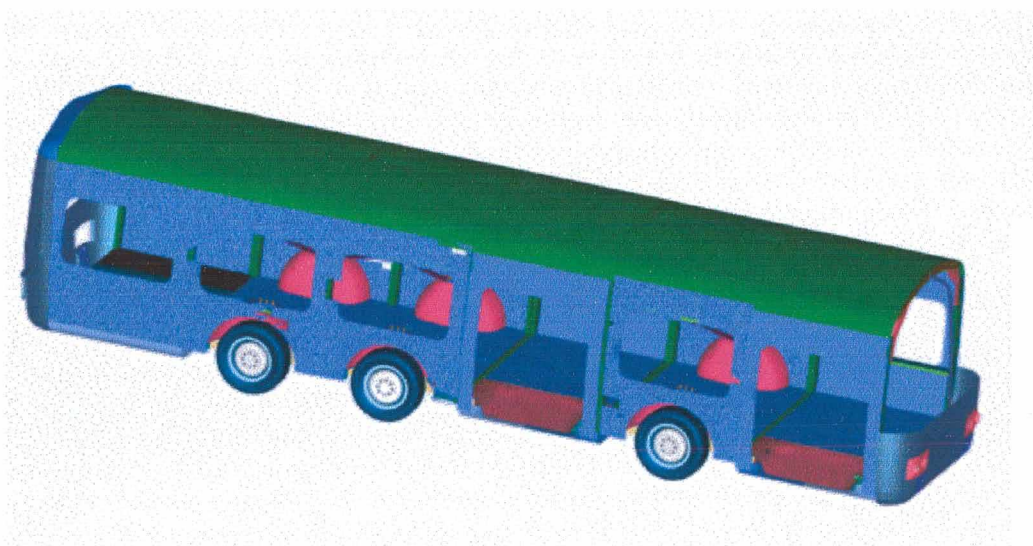
Figura 6.1

A figura 6.2 mostra um veículo de 8 metros de comprimento total, com capacidade de 20 passageiros sentados ou até 3000 kg de carga aproximada. Este veículo pertence ao grupo dos chamados micro ônibus. A capacidade de carga do veículo permite também a utilização como furgão, ambulância, ou outras utilidades urbanas.



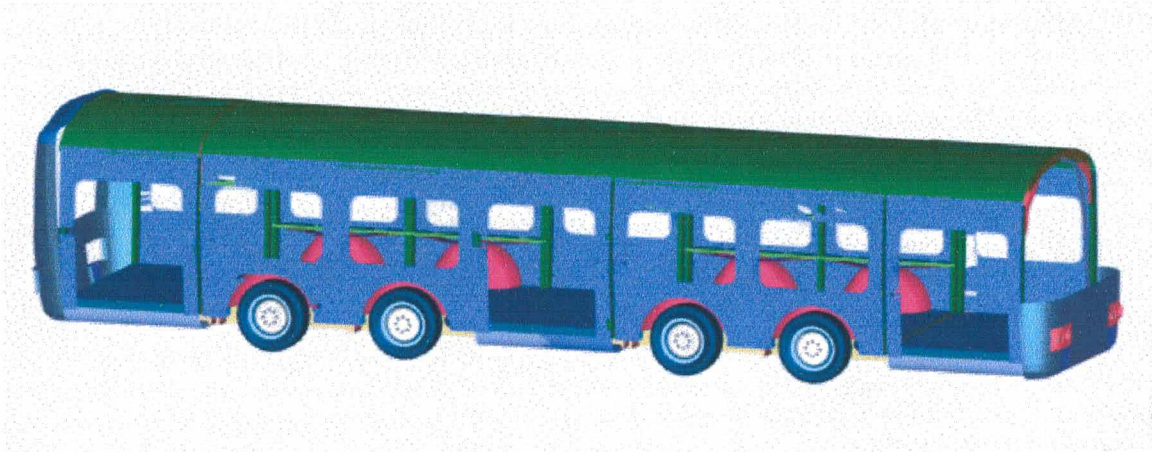
Veículo de 8,00 m de comprimento

Figura 6.2



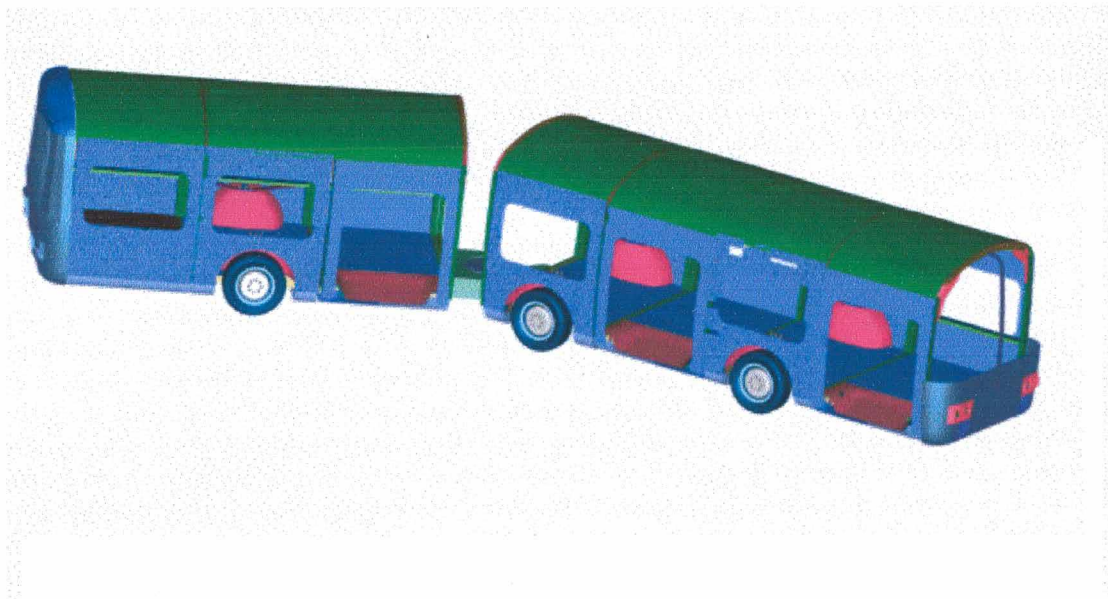
Veículo de 11,6 m de comprimento

Figura 6.3



Veículo de 13,40 m de comprimento

Figura 6.4



Veículo de 15,20 m de comprimento

Figura 6.5

De acordo com a classificação da [MT-GEIPOT-EBTU, 1982], (tabela 6.1) de capacidades e configurações de veículos de transporte coletivo urbano, são expostas na tabela 6.2 as características principais de diversas configurações de veículos da nova



proposta, de acordo com o arranjo de módulos. O peso próprio do veículo inclui tanto o gerador como os acumuladores necessários para a operação. O peso total do veículo é calculado com base nos pesos aproximados dos módulos estruturais e de tração, como mostrados nas tabelas 5.1 e 5.2.

Características Dimensionais dos Ônibus Urbanos						
Tipo de Veículo		Comprimento [m]	Largura [m]	Superfície [m <sup>2</sup> ]	Pass sentados	Em pé
Microônibus/Lotação		4,75 - 8,50	2,00 - 2,50	9,5 - 21,25	10-20	0-20
	Standard	9,50 - 11,0	2,50	23,75-27,50	25-40	35-50
Ônibus Convencional	Padrão	10,50 - 12,00	2,50	26,25 - 30,00	30-50	50-75
	Articulado	16,00 - 18,00	2,50	40,00-45,00	40-60	100-120
Ônibus de Grande Porte	Com Reboque	22,00	2,50	55,00	50-70	70-120

Classificação GEIPOT [MT-GEIPOT-EBTU, 1982]

Tabela 6.1

Configurações	Modulos janela	Módulos porta	Modulos roda	Modulos engaste	Peso próprio veículo (kg)	Superfície útil
13 metros		3	4		6651.4	26.92
11 metros		3	3		5138.55	22.62
9 metros	1	1	2		4078.55	16.14
Van (5.40 m)		1	2		3625.7	11.84
Articulado (22 m)	1	4	6	1	10582.8	44.86
Articulado (18m)	1	4	4	1	7557.1	36.26

Características dos veículos de acordo como número de módulos componentes

Tabela 6.2

Número de módulos		Comprimento [m]	Largura [m]	Superfície [m <sup>2</sup> ]	Pass sentados	Em pé
3	Microônibus	6,20	2,50	15,50	12 - 16	4 - 16
4	Microônibus	8,0	2,50	20,00	16 - 20	6 - 20
6	Padron	11,6	2,50	29,00	25- 36	30 - 45
7	Padron	13,4	2,50	33,50	30 - 40	50 - 60
8	Articulado	15,2	2,50	38,00	42 - 56	80 - 100
9	Articulado	17,00	2,50	42,50	42 - 56	90 - 110
10	Grande Porte	18,80	2,50	47,00	56 - 68	90-120

Características das configurações propostas de acordo com a classificação GEIPOT

Tabela 6.3

De acordo ao arranjo de módulos é possível abranger a totalidade dos veículos classificados pela GEIPOT, com um único sistema construtivo. A configuração dos veículos poderá ser obtida pelo arranjo adaptado às necessidades do serviço de transporte.

### **Impacto da estrutura modular na Fabricação de Ônibus**

Como foi discutido no capítulo 4, a fabricação dos ônibus urbanos se caracteriza pela construção separada de chassis e carrocerias. Geralmente estes sistemas são fabricados por diferentes empresas. No caso de indústrias fabricantes de carrocerias, o chassi pode chegar completo ou em partes. O chassi completo recebe uma estrutura de carroceria completa, como é mostrada na figura 4.2. Existe também a possibilidade de ser o chassi vendido sem a estrutura entre eixos, tipicamente para veículos considerados de piso baixo, [EL DETALLE, 1997], [BUSSCAR, 1997]. Em todos os casos, as carrocerias são fabricadas na atualidade em partes, a saber: painéis laterais, (esquerdo e direito), teto, frente e traseira.

Cada modelo de veículo fabricado requer dispositivos de montagem para cada um dos diferentes painéis. Assim, uma carroceria montada sobre um chassi de 10 metros de comprimento requer dispositivos de montagem de painéis diferentes que um veículo com chassi de 12 metros e assim por diante. Ainda existem entre diferentes fabricantes de chassi, com diferentes modos de fixação às carrocerias e distâncias entre eixos, pelo que são necessários dispositivos de fabricação destas carrocerias para cada tipo de chassi vendido por cada um dos fabricantes. Esta variedade de configurações de veículos permite entender a necessidade de grandes capitais investidos numa fábrica de carrocerias.

A concepção modular permite reduzir os dispositivos de fabricação a dois tipos de módulos diferentes, de 1,80 metros de comprimento. Este sistema de fabricação permitirá fabricar uma ampla gama de estruturas completas de veículos de transporte com um reduzido capital de investimento nos sistemas de fabricação.

### **Impacto da estrutura modular na manutenção da frota**

A modularidade aplicada à estrutura permite planejar a manutenção da frota para a maior disponibilidade de veículos. Assim, ante um acidente ou ruptura, o veículo é parado para substituir a peça e o reparo do módulo afetado é realizado fora do veículo. A disponibilidade do veículo aumenta consideravelmente.

Por outra parte, o módulo estrutural é montado com poucas peças iguais, a saber:

- piso e viga central,
- caverna,
- lateral,
- teto,
- interiores e
- longarinas laterais e superiores. (figura 6.1).

As peças necessárias no depósito de manutenção deverão ser poucas peças diferentes em número proporcional à frota. Desta maneira, o desempenho do sistema de manutenção é mais eficiente [FREIRE DE C. MATOS, F., 1999].

### **Impacto da estrutura modular no custo da passagem**

A modularização da estrutura impacta diretamente no custo da passagem devido a vários aspectos:

Na manutenção, pela redução dos custos de investimentos em peças de reposição.

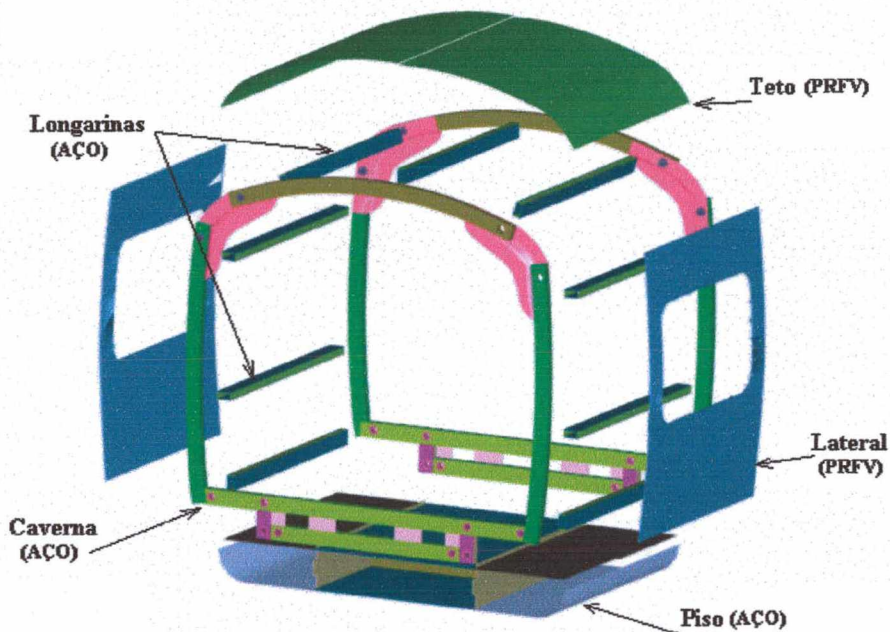
A modularização estrutural permite dispor um número menor de peças para manter a frota disponível, e dessa maneira aumentar a disponibilidade agindo na manutenção, com menor investimento.

Os custos de aquisição de veículos pode sofrer mudanças conceituais. O operador poderá repor e aumentar a capacidade da frota em forma de módulos e não de veículos, planejando sua frota com maior precisão, reduzindo juros e depreciação do capital.

A modularidade estrutural impacta nos custos de operação reduzindo o peso próprios do veículo, com a conseqüente redução no consumo de combustível e desgaste de peças.

### **Impacto ambiental da estrutura**

Ainda que 90 % do impacto ambiental ocorra na operação, a fabricação e o descarte são responsáveis pelos 10 % restante. [BORG, MICHAEL, 1999]. As estruturas dos módulos propostos são compostas principalmente de aço e de plásticos reforçados com fibra de vidro (PRFV). Tanto os PRFV com o aço possuem técnicas de fabricação com reciclagem de materiais de descarte. Para que a reciclagem ocorra, é necessária a vantagem econômica da reutilização. Este re-uso precisa facilidade de separação dos diversos materiais para ser viável. Os módulos foram projetados para uma fácil separação de materiais. As peças de PRFV e Aço são coladas. Isto obedece a que a união por rebites dobra os esforços na fibra de vidro (PRFV) em relação a uma peça unida com cola a uma viga de aço. [LOPENSINO, J.,J., 1997]. Nesse aspecto, o processo de união por colagem (entre aço e PRFV), facilita tanto a reciclagem como um melhor aproveitamento estrutural dos materiais. A estrutura proposta, então propõe uma fácil separação dos dois materiais principais que constituem o módulo.



Módulo e componentes principais

Figura 6.1

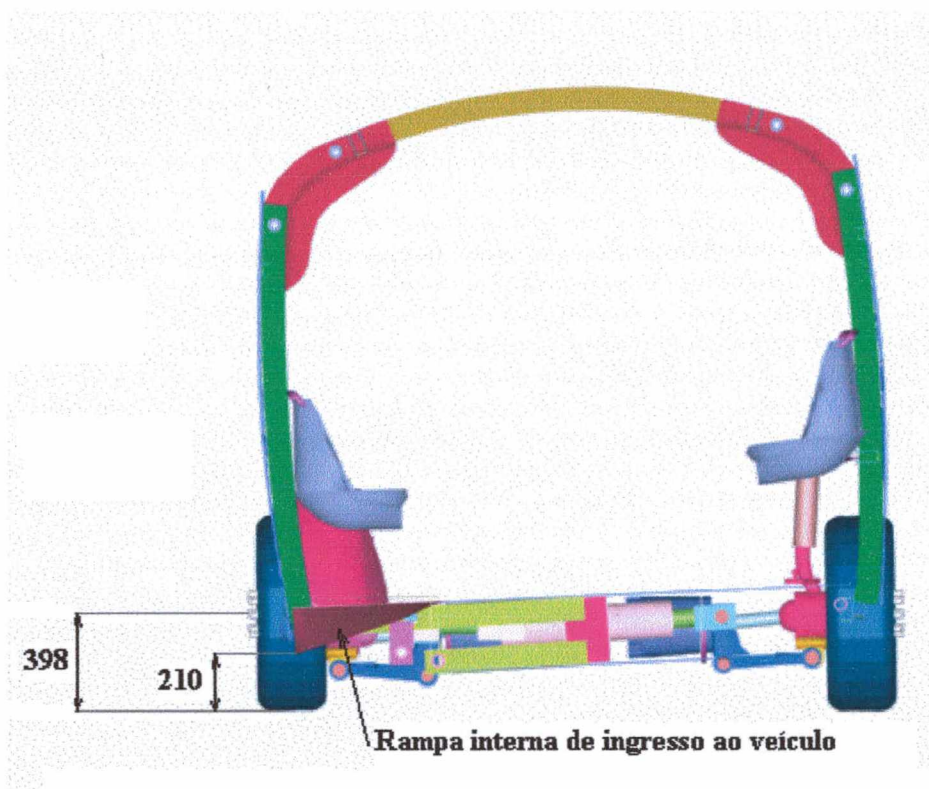
### 6.1.2 Do aumento do número das rodas

#### O impacto no usuário transportado

A distribuição da carga total do veículo num maior número de rodas leva a um aumento do conforto. Cada roda suporta menos carga individualmente. As forças atuantes no passageiro são de menor intensidade. A carga máxima suportada por pneu dianteiro para um veículo convencional de 12,5 m. de comprimento e 100 passageiros resulta quase a metade na nova proposta (3500 kg. vs. 1900 kg), pelo que as cargas produzidas pelas imperfeições da pista sobre o passageiro espera-se serão reduzidas na mesma proporção.

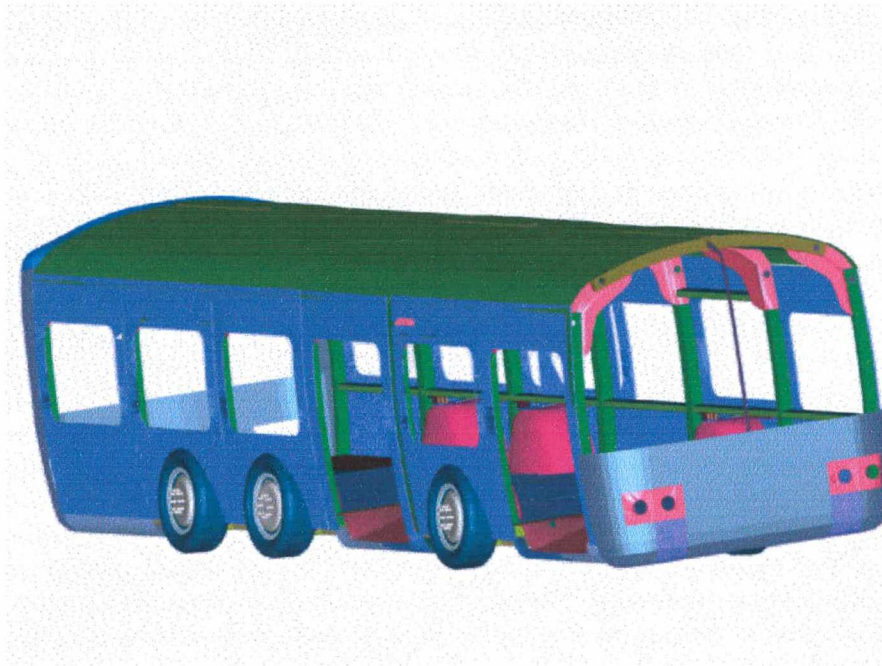
A diminuição do diâmetro das rodas também traz vantagens para os usuários na acessibilidade ao veículo. Não havendo degraus no interior, e a falta do chassi e eixos rígidos, que levantam o piso, a altura do piso do veículo fica a 420 mm do solo (figura 5.13). O diâmetro do pneu tem uma relação direta entre a altura do piso e o espaço dos paralamas no interior do veículo. Além disso, o veículo com uma suspensão hidro – pneumática permite a redução da altura do piso ainda mais nos pontos de parada. Assim, a altura mínima de acesso ao veículo fica entorno aos 210 mm do solo (figura 6.4).

Isto permite dizer que as cadeiras de rodas poderão subir no veículo sem dispositivos auxiliares como rampa mecânica. Esta característica facilita também o acesso de idosos, mulheres com carrinhos, e pessoas com dificuldades físicas em geral. (figura 6.5)



Vista transversal do veículo com suspensão rebaixada para embarque e desembarque.

Figura 6.4



Veículo com suspensão rebaixada para embarque e desembarque.

Figura 6.5

### **Impacto do aumento do número de rodas na estrutura**

A distribuição da carga total do veículo num maior número de rodas impacta na resistência e na vida útil do veículo. Os veículos tradicionais, como os de doze metros possuem só dois eixos. O peso de 18 tons. são repartidos nesses dois eixos, sendo a distância entre eles de até 8 metros. Na nova proposta, este veículo equivalente está suportado por quatro eixos, (8 pneus). A estrutura, então, distribui melhor a sua carga, o que implica em cargas menores na estrutura. Isto, somado à eliminação da redundância estrutural “chassi – carroceria”, permite afirmar que o peso próprio da estrutura é reduzido em relação a veículos convencionais similares. Se as cargas que cada roda suporta são menores, as cargas que a estrutura suporta devido às imperfeições na pista serão reduzidas, e com isso haverá um aumento da vida útil, [BENVEGNÚ MORSCH, INÁCIO, 2001].

**Do aumento de número de rodas no custo da passagem.**

Como apresentado no capítulo 3, os acidentes são responsáveis por quase 17 % do custo da passagem, influenciando mais que o consumo de combustível, com aproximadamente 13,5 %. A capacidade de frenagem e a maior manobrabilidade reduzem a possibilidade de acidentes, e com isso o impacto no custo da passagem espera-se seja reduzido. Se este aumento da manobrabilidade e uma equiparação das distâncias de frenagem com os automóveis, espera-se uma frequência de acidentes similar a estes veículos (um sinistro anual dos automóveis, frente aos 3,5 do ônibus). Se acontecer esta nivelção na segurança, o aumento do número de pneus poderá impactar em 10 % do custo da passagem. Para ter uma idéia desta redução, hoje com veículos tradicionais, o custo da manutenção é responsável por 11% do valor da passagem, (figura 4.12).

**6.1.3 Do Sistema Híbrido**

O sistema híbrido poderia ser reconhecido como uma tecnologia de transição até chegar aos veículos elétricos puros. Os veículos elétricos são os considerados com fonte energética de baterias. Os modelos ainda em experimentação de células de combustível poderiam ser considerados já elétricos puros por não ter geração de energia com motores de combustão interna. Ainda já existindo veículos híbridos no mercado internacional, a nova concepção proposta explora as principais vantagens dos híbridos existentes, somando melhoras para os usuários transportados e melhorando a confiabilidade do sistema.

**Do usuário transportado**

A tração elétrica produz um natural conforto pela suavidade de funcionamento. A aceleração é contínua, não havendo mudanças de marchas. O sistema híbrido tem regeneração de energia na frenagem, pelo que as desacelerações próprias do fluxo de trânsito são absorvidas também de maneira paulatina.



É também importante para o usuário saber que o veículo utilizado reduz a poluição e que o uso coletivo que ele apoia contribui à melhora das condições de vida de toda a sociedade.

### **Da fabricação**

A implantação do sistema híbrido elétrico pode modificar o mercado dos ônibus no Mercosul, tendo em conta que a totalidade dos fabricantes de chassis convencionais são corporações internacionais.

O sistema híbrido elétrico também permitiria ao transporte urbano coletivo diretamente o uso do álcool, já que as potências necessárias para os ônibus híbridos são equivalentes aos motores de combustão de automóveis particulares, até 100 HP, para ônibus de grande porte. Neste tipo de motores os fabricantes e o mercado brasileiro em geral, tem experiências de mais de vinte anos. No caso do uso de motores a Gás Natural Comprimido (GNV ou GNC) ou Gás Liquefeito (GLP), a situação é similar. Motores de potência nominal de 50 a 100 HP são comuns, e a adaptação seria imediata.

Na maioria dos países do Mercosul, no entanto, o sistema híbrido elétrico poderia ser aplicado ao uso do Gás Natural Veicular, fonte energética com grandes redes de abastecimento existentes, como o caso de Argentina, Chile, Bolívia, Perú, Venezuela e Colômbia.

### **Dos custos de operação**

Os custos de operação e conseqüentemente o custo da passagem são impactados com a redução de consumo de combustível do sistema híbrido. Experiências mostram que o consumo é reduzido aproximadamente em 50 % com relação a veículos convencionais [FOSTER, G., 2001], [CHICUREL R., 1998], [CHANDLER K., NORTON P., CLARK N., 2000], [NEW YORK CITY TRANSIT, 2000], principalmente baseado na regeneração na frenagem. Esta redução do consumo impacta em aproximadamente 6 % do custo da passagem. (figura 4.12)

### **6.1.4 Do impacto da tração elétrica distribuída**

#### **Na Vida Útil do Veículo**

Esta proposta de prover a cada roda a função de tração pode ser vista como uma desvantagem pelo aumento do custo de aquisição do veículo. Neste trabalho foi analisado no capítulo 4, o impacto dos custos de aquisição do veículo no valor da passagem.

A tração elétrica é de operação gradativa, sem impactos. A sua força motriz é gerada a partir de um campo magnético rotativo, ao contrário do motor a combustão interna que a força é provocada por uma explosão. A vida útil dos veículos de tração elétrica é superior que os veículos convencionais. Assim, um ônibus tem uma vida útil de 6- 7 anos (nas grandes cidades), sendo que os trollebus têm 20 anos. Os trens elétricos possuem mais de trinta anos de vida útil [ANTP, 1997]. Isto permite afirmar em primeira instância, que o veículo proposto aumentará a sua vida útil e com isso reduzirá os custos de depreciação do capital. A tração elétrica distribuída reforça a afirmação do aumento da vida útil (do ponto de vista do projeto mecânico), já que os esforços próprios da aceleração e frenagem são distribuídos num maior número de pontos da estrutura.

As cargas máximas produzidas por imperfeições na pista, serão também menores já que a carga por pneu é quase a metade em relação aos ônibus convencionais da mesma capacidade.

#### **Da operação**

Os operadores do sistema de transporte terão com a nova proposta uma capacidade organizacional até hoje impensada, de poder modificar as características dos veículos como: capacidade, comprimento, distância entre eixos, etc. Estas características dos veículos e os custos operacionais são apresentados em [MATTAR VALENTE, A., PASSAGLIA, E., GALVÃO N., A, 1997], como uma restrição que o operador tem que enfrentar. Estas restrições serão vantagens na aplicação do novo veículo.

Para dar um exemplo, com um número determinado de módulos, o operador poderá montar micro ônibus, ônibus de 12 metros de comprimento e articulados de acordo com as necessidades de linhas que nesse momento precisa. Se no ano seguinte é preciso outra distribuição de veículos, o operador poderá reconfigurar a frota.

## **Manutenção**

Como fora apresentado no capítulo cinco, o desgaste natural dos pneus é incrementado pelo arraste causado pela distribuição da tração no eixo traseiro. Com a distribuição dos esforços de tração em todos os pneus espera – se que os custos em pneumáticos (25 % dos custos de manutenção) sejam reduzidos.

### **6.1.6 Da estrutura autoportante**

A redundância estrutural provoca um aumento do peso do veículo e o conseqüente aumento dos custos de aquisição, que impactam diretamente nos custos da passagem. A esta conseqüência tem que ser somado o aumento dos custos de operação no consumo de combustível, que nos veículos tradicionais implica numa perda total de combustível, já que tanto a aceleração como a frenagem são dissipadas. A duas conseqüências, de custos de aquisição e perdas energéticas, são de similar importância econômica, já que a estrutura é responsável pela metade dos custos de aquisição (aproximado), sendo que o peso próprio do veículo é maior que a capacidade de carga (num veículo de 100 passageiros, o peso próprio é de 12 Tons, e a capacidade de carga, 7 Tons.), pelo que a energia gasta em trasladar a estrutura é maior que os próprios passageiros.

### **6.1.7 Do piso Baixo**

Existe uma grande porcentagem da população que não utiliza o ônibus pela impossibilidade ou dificuldade de acesso ao veículo. Em [ANTP, 1987] e [BECKER MARCELO, 1997], é avaliado que 15% da população possui dificuldades motrices. A inclusão desta fatia da população, somado às mulheres, idosos, e possíveis usuários

comuns, possuidores de veículos particulares, com dificuldades de estacionamento, poderão ser incluídos como usuários do sistema coletivo se as condições de conforto, acesso e frequência melhorarem.

## 6.2 Comparação da proposta com as tecnologias convencionais

O sistema de tração convencional está caracterizado por um motor de combustão interna com um sistema de transmissão que adapta as necessidades de torque e velocidade das rodas às possibilidades do motor.	O sistema de tração proposto é chamado pela literatura como híbrido (de combustão interna – elétrico). Este sistema aproveita a similaridade entre as necessidades de torque e velocidade das rodas com as características intrínsecas dos motores elétricos do tipo brushless.
O sistema de freios utilizam a dissipação de energia cinética do veículo na forma de calor provocado pelo atrito de pastilhas ou lonas à elementos metálicos que dissipam calor.	O sistema de tração aplicando motores elétricos permite utilizar os motores como geradores no momento de frenagem, pelo que esta função se torna geradora de energia elétrica, ao invés de dissipativa.
Tanto nos aspectos energéticos como nos de manutenção, os sistemas de freio são pouco eficientes economicamente.	Ainda que os sistemas mecânicos de freios serão conservados por segurança, tanto a sua manutenção como a degradação energética serão modificadas.
A poluição do ar é proporcional ao consumo de combustível.  A poluição é aumentada como uma deficiência da regulagem e da manutenção ao longo da vida útil do veículo.	Uma redução de combustível é consequência da regeneração de energia. Experiências apontam uma queda no consumo da ordem de 50 % a 60% e com isso uma redução da poluição da mesma proporção.  O motor a combustão interna opera em condições estáveis de carga e velocidade. A regulagem e a manutenção, assim como o controle são facilitadas.
As vibrações geradas abarcam um espectro muito amplo, devido às variações de velocidade e carga do motor e as variações provocadas pelo desgaste natural do equipamento. O amortecimento passivo destas vibrações não consegue absorvê-las efetivamente ao longo da vida útil.	O motor opera em condições estáveis de velocidade e carga ao longo da vida útil. As vibrações têm conceitualmente maior estabilidade que a tração convencional.
A confiabilidade do sistema está caracterizado conceitualmente por um sistema em série, onde a falha de cada componente individualmente provoca a falha do sistema total	A confiabilidade da implementação do sistema híbrido proposto utiliza a distribuição da função tração em vários dispositivos iguais. A falha de um ou mais dos motores de tração não provoca a perda da disponibilidade.
O transmissão do motor às rodas é composto de: embreagem, caixa de câmbio, transmissão e diferencial.	A transmissão do motor à roda é composto de transmissão cardânica, e redução fixa individual para cada roda.

### 6.3 Conclusão

Pelo discutido acima, a nova concepção de ônibus urbano apresenta soluções que impactam positivamente em todos os aspectos negativos relatados sobre a atual concepção. A única questão na qual a nova concepção pode não apresentar vantagens substanciais para uma escala de produção pequena é quanto ao custo de aquisição. Porém, toda tecnologia quando se torna de uso comum, diminui seu custo.

O custo de aquisição, no entanto quando analisado o seu impacto no custo da passagem, é compensado com o aumento da vida útil.

*...seria absurdo aceitar qualquer sistema político-econômico que exige o sacrifício do homem em benefício dos chamados "interesses mais altos de amanhã".*

**Erico Verissimo**

## **Capítulo 7**

### **Conclusões**

#### **7.1 Do veículo proposto**

O traslado de pessoas numa cidade é uma necessidade essencial para a vida em sociedade urbana. A demanda deste traslado foi acentuada com o aumento das concentrações de pessoas com a revolução industrial. O aumento do número de habitantes urbanos nas periferias, (mão de obra das indústrias) exigia o traslado desta massa operária a um lugar concentrado onde a máquina operava. A aparição do motor de combustão interna, utilizando uma fonte de energia que era armazenada no próprio veículo foi o fator que permitiu substituir a tração animal, de potência restrita.

Assim, o motor de combustão interna, de menor tamanho que as máquinas de vapor teve sucesso e essa tecnologia foi espalhada em alta velocidade.

Mas, a realidade atual das cidades, as fontes de energia, os detritos, exigem hoje uma mudança deste veículo, inalterado conceitualmente em cem anos de vida.

A degradação do ambiente, uma sociedade em desequilíbrio que exige maiores oportunidades para todos os habitantes de uma cidade, e a eminente mudança de fonte energética, de combustíveis fósseis a renováveis, exigem uma revisão desta máquina. A isto é somada a mudança do trânsito onde o veículo desenvolve as suas funções.

Neste contexto se propõe um veículo que utiliza o motor elétrico como dispositivo de geração de potência mecânica. Ainda que a geração de energia no veículo

do futuro não tenha definição robusta ainda, é muito provável que se procure a energia elétrica, pela eficiência que a utilização desta energia demonstra nas máquinas. Assim, a concepção do veículo proposto torna-se uma plataforma das futuras aplicações da energia elétrica no transporte.

A confiabilidade do veículo é atingida sob vários aspectos. Por um lado, a disponibilidade do veículo ao serviço, utilizando vários motores que executam a tração simultaneamente. Por outro lado a segurança no tráfego é resolvida aumentando o número de pneumáticos respeito aos veículos tradicionais. A utilização da modularidade estrutural é um meio de adaptação do serviço de transporte urbano à dinâmica populacional.

A análise dos custos reais de serviço de transporte, por outro lado, é fundamental na solução adotada. O fator econômico do serviço, em particular, define finalmente a viabilidade e sucesso do projeto.

## **7.2 Da metodologia de trabalho**

A proposta tecnológica do veículo tem base num equilíbrio ambiental – social – econômico (ASE). Os três fatores têm influência direta na solução tecnológica proposta. A inclusão do ASE como critério de análise do “equilíbrio” de um produto industrial, originou no processo de projeto uma concepção que derruba paradigmas que impedem a real adaptação do ônibus à realidade urbana atual. Neste sentido, ter baseado a análise do veículo existente hoje em fatores não necessariamente tecnológicos, provocou uma certa facilidade na identificação dos paradigmas que podem hoje não permitir adaptar o ônibus à realidade que este deve adaptar-se. Poderia ser interpretado que este critério de análise, baseado num equilíbrio externo aos fatores tecnológicos, poderá dar ao projetista a necessária objetividade do enfoque do problema de projeto que o leve a soluções mais sustentáveis no tempo.

Conclui-se que os fatores tecnológicos nesta pesquisa são subordinados à realidade interpretada por meio dos impactos, e o novo produto utiliza soluções

tecnológicas que necessariamente não formam parte dos paradigmas estabelecidos pelas indústrias tradicionais.

A espiral do ciclo de vida do produto demonstrou ser uma ferramenta de análise adaptada à busca do equilíbrio ASE, por ser o ciclo de vida um conceito comum às análises realizadas tanto nas áreas sociais como ambientais, sanitárias e econômicas. Esta ferramenta, incrementada na sua capacidade de análise por [FONSECA, 2000], inclui o amadurecimento das sucessivas melhorias que um produto industrial tem ao longo da sua vida. Esta combinação da análise do amadurecimento do produto com as influências que o produto sofre em todas as etapas do ciclo de vida, mostra-se de grande utilidade na análise do equilíbrio (ou desequilíbrio) da realidade atual e a previsão do sucesso futuro se o projeto for executado. Cabe lembrar que uma análise tanto da atualidade como do futuro são requisitos fundamentais tanto no desenvolvimento do produto como na avaliação econômica – financeira que definem o sucesso do projeto. O ciclo de vida poderia ser interpretado, então, como elo ordenador das diversas disciplinas que estudam a realidade, nos aspectos social, econômico e ambiental do projeto do produto.

A formulação dos atributos do produto é de fundamental importância no ordenamento dos conceitos que o projetista deve incorporar na permanente tomada de decisões. Poderia – se dizer que é a ferramenta que “cria a ordem a partir do caos”. O caos é interpretado aqui como as análises e conceitos em geral coletados de áreas de estudo não tecnológicas e que resultam de enorme importância no posicionamento da solução física – forma final do produto na sociedade.

### **7.3 Da Universidade, da Sociedade e a Tecnologia**

A universidade, em muitos países, é a grande detentora e geradora de conhecimento e técnicas. Sendo assim, ela é responsável pelas mudanças na melhoria do modo de vida dos seus cidadãos com o repasse do conhecimento e técnicas geradas, visto que é a sociedade que a sustenta. Neste sentido, tanto os conceitos de equilíbrio ambiental-social-econômico como ciclo de vida e atributos, proporcionam um possível caminho de entendimento entre as diversas áreas de conhecimento em prol de produtos



físicos que aportem a este bem – estar social. A economia de mercado pressiona às indústrias produtoras de bens e consumo a uma visão não necessariamente de equilíbrio ambiental – social – econômico. A Universidade, como responsável da criação do conhecimento Universal deverá ser a encarregada de incluir as necessidades da sociedade sustentável na produção e consumo. Neste sentido, a formação do futuro profissional da engenharia deverá conter o equilíbrio ambiental, social e econômico como um elemento a considerar, além da capacidade de análise dos fatores tecnológicos tradicionais. Este trabalho pretende ser um estudo de caso da aplicação da responsabilidade de um pesquisador frente à sociedade sustentável no tempo.

Por outro lado, a identificação de fortes e antigos paradigmas do transporte, de maneira lógica e simples, permite dizer que a mudança energética de combustíveis fósseis à renováveis põe as engenharias dos países em desenvolvimento, num cenário de capacidades, similar aos países desenvolvidos. Se olharmos o caminho da inovação que está sendo seguido nesses países no transporte, podemos dizer que a falta de identificação de paradigmas e a incorporação de alternativas simples, poderá ser a diferença que marca uma mudança de dependentes e não dependentes tecnológicos.

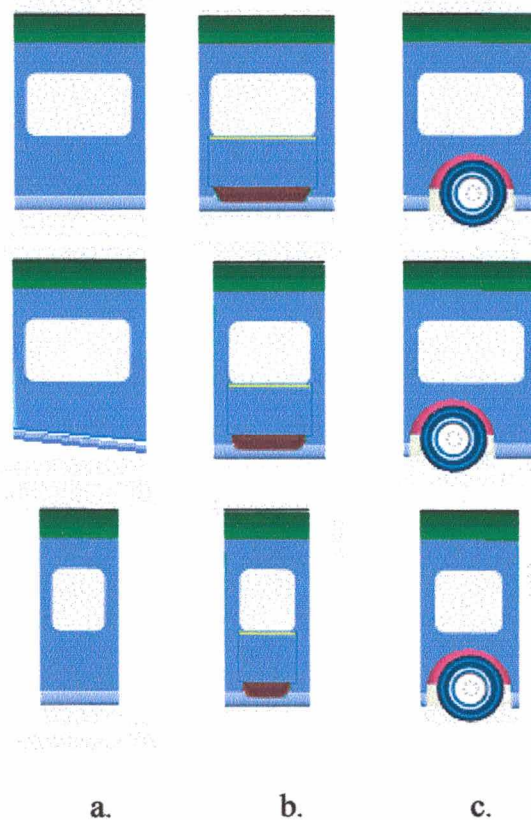
#### **7.4 Dos trabalhos futuros**

Como for dito anteriormente neste capítulo, o aporte tecnológico desta tese se constitui numa nova concepção de veículo com tração elétrica, flexível às necessidades da população urbana. A quebra de paradigmas estruturais e de aplicação da tração exigem desenvolvimentos, para a concretização física do modelo. Os módulos estruturais, de tração, o sistema de suspensão, o controle do veículo são subsistemas a serem detalhados e desenvolvidos para a construção de um protótipo que ajuste as tecnologias existentes às propostas.

Por outro lado, foram identificados, (porém não tratados neste trabalho), paradigmas existentes na indústria automotiva, como pneumáticos e sistemas de direção, que exigem uma revisão e desenvolvimento futuro para garantir uma maior sustentabilidade da proposta no tempo.

Ainda que estes desenvolvimentos futuros tenham requerimentos especiais, a maioria destes subsistemas, existem na atualidade. Tração elétrica com servomotores, sistemas de direção integral, suspensão ativa, controle em rede, etc., deverão ser desenvolvidos especificamente para o conceito particular deste veículo, para agir sistemicamente no veículo.

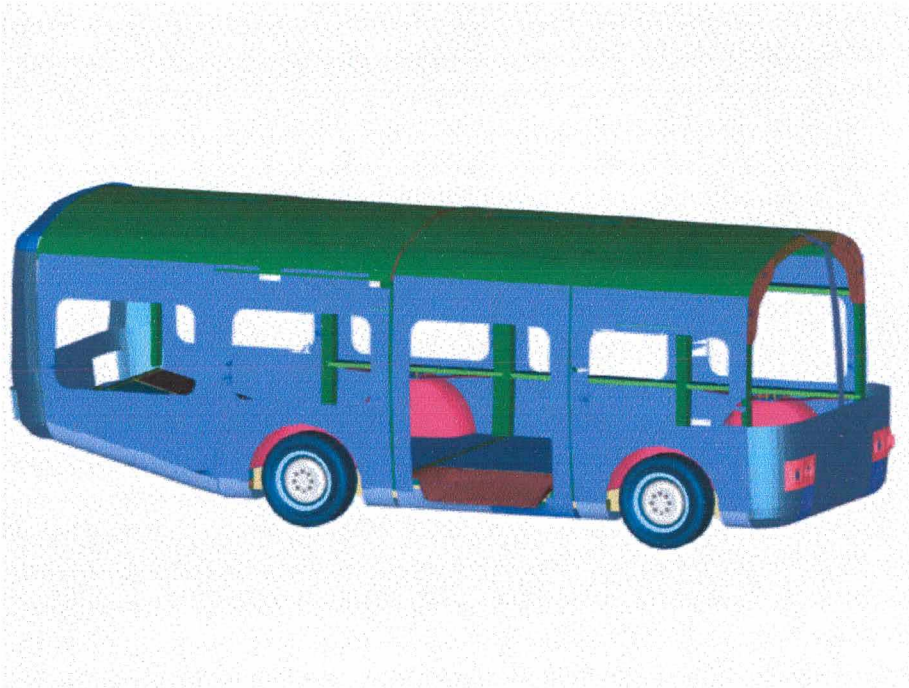
Também é necessária a revisão da modularidade centrada nas funções. Os módulos foram concebidos para funções de transporte comuns à uma diversidade muito ampla de capacidades, e o detalhamento poderá exigir geometrias com maior diversidade. A figura 7.1 mostra uma maior diversidade de módulos aos apresentados.



Diversas configurações de modulo janela (a), módulo porta (b), módulo roda (c)

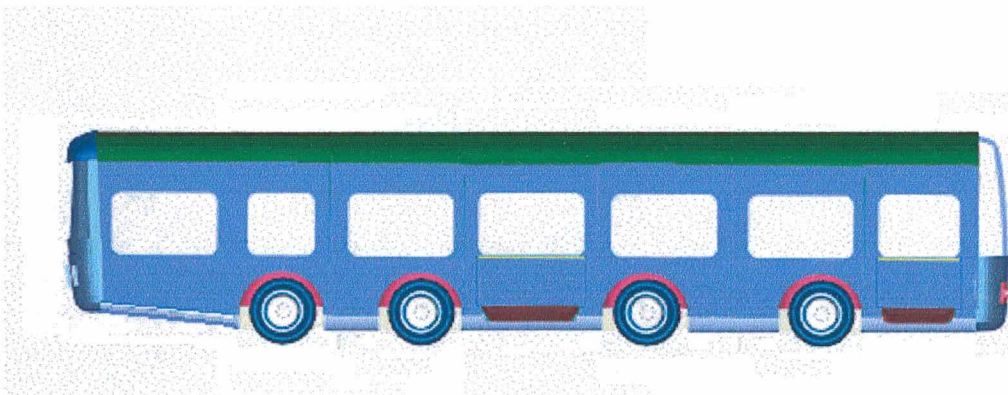
Figura 7.1

Estas configurações obedecem às necessidades próprias de algumas configurações como o veículo micro ônibus, mostrado na figura 7.2, ou um veículo de 13 m mostrado na figura 7.3.



Micro ônibus de 8 m de comprimento

Figura 7.2



Veículo de 13 m. de comprimento

Figura 7.3

Existe, por último a necessidade de concretizar o projeto e incluí-lo na sociedade. Se a tarefa de projetar é planificar e criar tecnologias que satisfazam as necessidades de uma população, é necessária a articulação de instituições, meios, financiamento para a inovação acontecer na realidade. É talvez esta a faceta mais complexa do projeto, pela quantidade de variáveis, instituições e pessoas envolvidas.

As Universidades e centros de pesquisa, os governos municipais, estaduais e federal, as empresas fabricantes de subsistemas, os usuários transportados, operadores de transportes, etc. deverão agir em conjunto para o sucesso do projeto acontecer. Qualquer destes atores poderá inviabilizar o projeto. Para que o projeto seja viabilizados é necessário que:

1.- A Universidade multidisciplinar como geradora da iniciativa, com os seus centros de pesquisa na engenharia mecânica, elétrica, economia, ciências sociais no manejo destes fatores de união de objetivos, deverá agir numa direção única para uma melhoria acontecer na sociedade.

2. - O governo como apoiador de iniciativas em prol do bem estar comum, gerador de políticas de incentivo à inovação e o planejamento energético, além da sua capacidade de articulador institucional.

3. - Os fabricantes de sistemas e subsistemas como interessados econômicos de obtenção de lucro.

4. - Os usuários transportados e não transportados como beneficiários diretos dos benefícios da segurança, piso baixo, etc.

5. - Os órgãos financiadores como possibilitadores do desenvolvimento dos protótipos, dos sistemas de fabricação e aquisição dos veículos para a operação.

A inclusão destas instituições no projeto, como entusiastas são a chave do sucesso. Existem uma infinidade de projetos tecnicamente viáveis que não se concretizam. Os sistemas de transporte urbanos têm exemplos de insucessos, até de projetos concretizados e com protótipo. Em [LATOUR, BRUNO, 1996] é descrito um veículo sobre trilhos onde uma má articulação das diversas instituições envolvidas no projeto levaram ao fracasso já na fase de testes dos protótipos finalizados.

O projeto aqui apresentado tem viabilidade técnica e econômica garantida por critérios robustos que permitem assegurar que o mesmo é sustentável segundo as visões energética, ergonômica, tecnológica, social, etc. Ainda que as ciências políticas e sociais analisem as redes de influência de interação para que uma tecnologia seja efetivamente incluída na sociedade, só elas podem indicar os caminhos a seguir bem como de como é o meio de buscar acordos entre os diversos atores para que esta tecnologia seja efetivada, [BENAKOUCHE, TAMARA, 2002]. É considerado, então, esta articulação institucional o elo mais fraco do projeto hoje, que se não bem lograda, levará a não incorporação final da melhora tecnológica à sociedade [ LATOUR, BRUNO, 1987].

## 7.5 Conclusão Final

Foi apresentada uma nova concepção tecnológica para a melhoria do transporte urbano coletivo de passageiros com objetivos de sustentabilidade no tempo, abrangendo uma visão multidisciplinar de equilíbrio social-econômico-ambiental. A solução tecnológica final tem incluída uma rede de fatores interligados provenientes de aspectos ambientais, sociais e econômicos, como justificativa. Estas soluções, ainda que hoje não incorporadas particularmente no transporte urbano, existem em outras áreas da engenharia. Este aspecto de tomar soluções tecnológicas já utilizadas como solução em outras aplicações, torna robusta a proposta da nova concepção frente aos necessários testes de validação.

A estrutura modular, não incorporada até hoje em veículos terrestres, implica em dificuldades técnicas com a união dos módulos, mas tanto a diminuição da distância entre eixos, como a melhor distribuição de carga, a fazem robusta. O aumento do número de rodas, também melhora conceitualmente a capacidade de frenagem, fator econômico e social fundamental na operação e segurança do serviço. A tração integral, no entanto, aumenta conceitualmente a confiabilidade do serviço, o que garante uma melhor disponibilidade de serviço. O piso baixo e a flexibilidade operacional garantem tanto o fator ergonômico de acesso ao transporte para toda a população, como a ferramenta tecnológica para alcançar toda a geografia urbana com eficiência.

Desde o ponto de vista metodológico, a contribuição deste trabalho é a incorporação concreta do equilíbrio ambiental – social – econômico na determinação da solução tecnológica. Esta incorporação da sustentabilidade no tempo por meio da utilização do conceito de impacto provê uma ferramenta de análise da atualidade que permite “ver” o passado, para identificar paradigmas, o presente para incorporar uma nova solução e o futuro na análise do possível desequilíbrio a provocado com a nova solução.

## Bibliografia

- ALEXANDER, CHRISTOPHER; ISHIKAWA, S. ; SILVERSTEIN, M.; JACOBSON , I. FIKSDAHL-KING, I; *A Pattern Language* (New York: Oxford University Press, 1977).
- ALEXANDER, CHRISTOPHER, *Notes on the Synthesis of Form* (Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1964).
- ALEXANDER, CHRISTOPHER, *El modo intemporal de construir* (Editorial Gustavo Gili S.A., Barcelona, 1979).
- AMERICANS WITH DISABILITIES ACT of 1990, no <http://tc.unl.edu/tcforum/awda90.html>
- ARIAS, CESAR H., *El sistema de trolebuses de la ciudad de Quito*, Em “La ciudad en el siglo XXI”, do SIMPOSIO DE CIUDADES Y FORO DE BUENAS PRÁCTICAS EN GESTIÓN URBANA, (1997:Barcelona, España), Eduardo Rojas y Robert Daughters Editores, 1998
- ASIMOV, Morris. *Introdução ao Projeto de Engenharia*. Editora Mestre Jou, São Paulo, SP, 1968.
- ASSOCIATION MONDIALE DE LA ROUTE *GRUPO DE LIGAÇÃO KL3, Processo decisório, Visando um transporte sustentável “Relatório de introdução do transporte sustentável”*, França, Fevereiro de 1999
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS . *Transporte Humano: Cidades com qualidade de vida* . ANTP, São Paulo, 1997.

BACK, Nelson. **Metodologia de Produtos Industriais**. Editora Guanabara Dois, Rio de Janeiro, RJ, 1983.

BACK, N., FORCELLINE, F.A.; **Projeto de Produtos; Apostila de Aulas; UFSC/NeDIP; 1997;**

BARBA, ERIC, **La Excelencia en el Proceso de Desarrollo de Nuevos Productos**. Ediciones Gestión 2000: Barcelona, España 1993.

BECKER MARCELO, **Veículos autônomos para Deficientes Físicos**, Dissertação de Mestrado, Eng. Mecânica, Unicamp, 1997

BENAKOUCHE, TAMARA, Profª. Dra. do Depto de Ciências Sociais, Universidade Federal de Santa Catarina, Consulta Pessoal, 2002.

BENVEGNÚ MORSCH, INÁCIO, **Análise Estrutural de veículos comerciais tipo Ônibus**, Tese de Doutorado, Univ. Federal do Rio Grande do Sul, Eng. Civil, 2001

BILLINGTON, R & ALLAN, R. **Reliability Evaluation of Engineering Systems: Concepts and Technics**. Plenum Press, New York, 1983.

BOÉSSIO, MARIO LEONARDO. **Análise e Dimensionamento de Estruturas de ônibus considerando a Fadiga e utilizando ferramentas de confiabilidade e otimização**, Tese de Doutorado, PPGEC – UFRGS, outubro 2002.

BONSIEPE, G. **Las 7 columnas del diseño**, UAM, México, 1993.

BORG, MICHAEL, **Transport Of The Future?**, Volvo Bus Corporation, SWEDEN, 1999



---

BOSCH , Automotive Handbook, ROBERT BOSCH GmbH, Stuttgart, 1996

BRADLEY, M.J. AND ASSOCIATES, **Future Wheels Interviews with 44 Global Experts On the Future of Fuel Cells for Transportation and Fuel Cell Infrastructure and a Fuel Cell Primer** , Northeast Advanced Vehicle Consortium, USA, *November 2000*

BRAY, MARIANNE, **Asian Brown Cloud poses global threat**, CNN, August 12, 2002

BRUNDLAND, G. H. **Our common future**, United Nations, 1987.

BUARQUE DE HOLANDA, AURÉLIO, **Dicionário da Língua Portuguesa**, 1997

BUSSCAR, (Fábrica de Carrocerias), **Visita a Planta de Produção**, Agosto de 1997

CALLON, MICHEL, **Society in the making: The study of Technology as a tool for Sociological Analysis**. In BIJKER, WIEBE et al. Editors *The Social construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology*, Cambridge, Mass. The Mit Press, 1987.

CHANDLER KEVIN , NORTON PAUL , CLARK NIGEL, **Alternative Fuel Transit Bus Evaluation DALLAS AREA RAPID TRANSIT'S (DART) LNG BUS FLEET: Final Results**, Department of Energy, United States of America, Outubro 2000.

CHICUREL RICARDO; **A compromise solution for energy recovery in vehicle braking**, in ENERGY, Elsevier, 1998

CLARIN, **Subsidios por \$ 210 millones para los colectivos y los trenes**, Jornal Argentino, 17-06-2002,

CLAUSING, DON, **Total Quality Development. A step-by-step guide to World-Class Concurrent Engineering**. ASME press: New York, USA, 1994.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE. **O Transporte Urbano no Brasil, Documento para Discussão.** Conferência Internacional para Integração e Desenvolvimento – CNT 97, Brasil, 1997

CORYELL, A. E. **The Design Process: 12 steps that turn ideas into hardware.** Machine Design, november, 9, 1967.

DA ROSA, EDISON, **Confiabilidade em Sistemas Mecânicos,** Notas de Aula, FEESC, 1976.

DA ROSA, EDISON, **Curso de Dinâmica Veicular** , Depto Eng. Mecânica, Grante, UFSC, 2001.

DE FARIAS MARIBONDO, JUSCELINO, **Desenvolvimento de uma metodologia de projeto de sistemas modulares, aplicada a unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares.** Tese de Doutorado, UFSC, 2000;

DEAN-AVERNS, R. **Automobile Chassis Design,** Illife & Sons, London, 1956.

DE SOUZA & ASOC, **Consulta Pessoal com Advogado Enrique Debiase, Arturo M. Bas** 535 5<sup>to</sup> C, Córdoba, 2001. [desouzayasoc@interar.com.ar](mailto:desouzayasoc@interar.com.ar)

DIAS, ACIRES; PADULA CASTRO, JOÃO RENATO; DE CARVALHO MATOS, FREDERICO F., **Projeto e Implementação da Manutenção em Frotas: um relato de experiência,** Anais do 16º Congresso Brasileiro de Manutenção, ABRAMAN, , Florianópolis, Brasil, 17 a 21 de Setembro de 2001

DIMAROGONAS, A.D. **The origins of Engineering Design,** Journal of Mech. Vibrations, Vol 63, ASME, 1993.

DROZDZ, PIOTR; YIP, DOUGLAS; **Control system for a hybrid vehicle,** US Patent N° 5,898,282, 1997.

**EDCADASA, Consulta Pessoal, Ing. Juan A. Perez, Dezembro, 1997**

**EL DETALLE, Fábrica de Carrocerias, Visita à planta de produção, Febrero de 1998**

**EL DETALLE, Fábrica de Carrocerias, Material de Propaganda, Tigre, Argentina, 1997**

**EMPRESA RIBEIRONENSE, Consulta Pessoal, Eng<sup>o</sup>. Mecânico João Renato Padula Castro, Responsável de Manutenção, Florianópolis, 2002**

**ESPÍNDOLA, JOSÉ JOÃO, Isolamento de Vibrações, Notas de Aulas, UFSC, Eng. Mecânica, 2001.**

**ESPÍNDOLA, JOSÉ JOÃO, Consultas Pessoais, 2002**

**EVOBUS, Material de Propaganda, [www.mercedes-benz.com](http://www.mercedes-benz.com)**

**FABRICKY, W. J. & BLANCHARD, B. S. Systems Engineering and analysis. Prentice-Hall, New Jersey, 1981.**

**FERRARAZO Andrea G de y Mora Araiz, Proyecto Pobreza y Transporte, Consulta con Grupos de Foco (Informe Final). Fundación Ciudad. Buenos Aires, 2000.**

**FERRARI DE MORAIS, RICARDO; BECKER, MARCELO, DEDINI, FRANCO GIUSEPPE; Checking the Performance of Vehicles based on the Holmes Method; Proceeding of the Ninenth International Symposium on Dynamic Problems of Mechanics IX DINAME, Florianópolis, SC. Brazil, March, 2001**

**FINKELSTEIN, L & FINKELSTEIN A. C. W. Review of Design Methodology. IEE PROCEEDING, vol. 130. Pt. A nº 4, p 213 - 221, june, 1983**

---

FEDERAÇÃO DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES RODOVIÁRIOS DO LESTE MERIDIONAL DO BRASIL – COPPE / UFRJ. **Gerenciamento de Transportes Coletivos. Manual para Empresarios**, Fetranspor – COPPE / UFRJ, 1992

FREIRE DE CARVALHO MATOS, FREDERICO, **Metodologia para Análise e Estruturação de Sistemas de Manutenção de Frota Automotiva**, UFSC, Engenharia Mecânica, 1999 Dissertação de Mestrado.

FONSECA CARDOSO, H. DA . **Qualidade e Segurança no Transporte Coletivo**, Proc. de VIII SIMEA, Associação Bras. de Eng. Automotiva, São Paulo, 1995

FONSECA, ANTONIO JORGE .H.; **Desenvolvimento de uma sistemática para a obtenção das especificações de projeto de produtos industriais**, Dissertação de Mestrado, UFSC, 1996;

FONSECA, ANTONIO JORGE .Hernández; **Sistematização do processo de obtenção das especificações de projeto de produtos industriais e sua implementação computacional**, Tese de Doutorado, UFSC, 2000;

FOSTER, GEORGE; **Is 'Hybrid' Bus The Next Step For Transit?**, San Joaquin Valley Clean Cities Coalition, 2001.

FRENCH, M.J. **Conceptual Design for Engineers**, I edição, Ed. The Design Council, London, 1985.

GABRIEL, RICHARD, **Patterns of Software**, Oxford University Press, New York, 1996

GEIPOT, **Anuario Estadístico**, São Paulo, 2000. (Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes, em liquidação) em [www.geipot.gov.br](http://www.geipot.gov.br)

GIACOSA, Dante, **Motores Endotérmicos**, HOEPLI, Editorial Científico-Médica,  
Barcelona, 1970

GILES, J.G. **Vehicle Equipment**, Automotive Technology Series, Volume 5, Iliffe,  
London, 1969

GILLESPIE, T. **Fundamentals of Vehicle Dynamics**, SAE, Warrendale, USA, 1992

GOLLEE, HENRIK, **Hardware-in-the-Loop Testing of Control Units for Vehicle Chassis Systems**, University of Glasgow, UK, 2001

HAMED MOHAMMAD M., JARADAT A. S. and EASA SAID M., **Analysis of Comercial Mini-Bus Accidents**, Accidents. Analysis. and Prevention., Vol. 30, No. 5, pp. 555–567, Elsevier Science Ltd. , Great Britain 1998

HENSER, David A., DANIELS, Rhonda. **Productivity measurement in the urban sector**, Transport Policy, Vol2. No3 pp 179-194, Elsevier Science Ltd. Great Britain, 1995

HERMAN, E.S., CHOMSKY, Noam, **Manufacturing consent, The Political Economy of the Mass Media**, Vintage Ed., London, 1994

HILLER, M., ET ALL, **Development of Mechatronic Automotive Systems**, Proceeding of the Ninenth International Symposium on Dynamic Problems of Mechanics IX DINAME, Florianópolis, SC. Brazil, March, 2001

HUBKA, V., **Desing for Quality**. Proceeding of ICED 89, Harrogate, 1989.

ISE RESEARCH THUNDERVOLT, **ThunderPack Ultracapacitors**, Material de Propaganda, [www.isecorp.com](http://www.isecorp.com)., 2001

JENKINS, Lee, **Improving student learning: Applying Deming's Quality Principles in classrooms**. ASQ Quality Press, Milwaukee, Wisconsin, 1997

JUPITER PROJECT, Petrol Electric Hybrid Bus, Technical Specifications, [www.euroweb.net/jupiter](http://www.euroweb.net/jupiter).

KANTOWITZ, BARRY H.; SORKIN, ROBERT D.; **Human Factors – Understanding People System Relationship**, John Wiley & Son, USA, 1983

KING, R, HAEFFNER, K.B., SALASOO, L & KOEGL R.A., **Transit Bus takes the hybrid route**, IEEE Spectrum, NY, USA, july 1995

KIRSTEN HALSNÆS, ANIL MARKANDYA, JAYANT SATHAYE. , **Transport and the Global Environment: Accounting for GHG Reductions in Policy Analysis**. UNEP Collaborating Centre on Energy and Environment, 2001.

KOELSCH W.E & AGOSTINHO, A. **Década 90 Novo Conceito de Chassi para ônibus**, Proc. de VII SIMEA, Associação Bras. de Eng. Automotiva, São Paulo, 1993.

KUME HITOSHI, **Métodos estatísticos para melhoria da qualidade**, Editora Gente, Rio de Janeiro, 1993.

LATOURE, BRUNO, **Science in Action. How to Follow Scientist and Engineers through Society**, Cambridge, Mass. Harvard University Press, 1987.

LOPENSINO, JUAN JOSÉ, **Avaliación de uniões rebitadas e coladas em vigas compostas de aço e plásticos reforçados com fibra de vidro**, Seminário Final da disciplina "Avaliação experimental de tensões", UFSC, POSMEC, 1997.

LLORENTE, CARLOS; DUSSEL, FEDERICO. **Introducción a la formulación y evaluación de proyectos**, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Rafael, San Rafael, Mendoza, Argentina, 2001.

MAEBARA KIMURA, MÁRCIO ROGÉRIO, **Medição e Simulação Acústica de Silenciadores Veiculares**, Dissertação de Mestrado, UFSC, 1995.

MATTAR VALENTE, A., PASSAGLIA, E., GALVÃO NOVAES, A.; **Gerenciamento de Transporte e Frotas**, Editora Pioneira, São Paulo, 1997.

MAXWELL TECHNOLOGIES, **ULTRACAPACITORS** • Material de Propaganda, 9244 Balboa Avenue • San Diego, CA 92123 • US, 2002.

MERCEDES BENZ, Material de propaganda, [www.mercedes-benz.com](http://www.mercedes-benz.com), [www.daimler-chrysler.com](http://www.daimler-chrysler.com).

MT-GEIPOT-EBTU Estudos de Padronização dos ônibus urbanos, Relatório Final, 1982

MURGEL, E. **Planejamento Viário como medida de redução de emissões por veículos automotores**, Proc. de VIII SIMEA, Associação Bras. de Eng. Automotiva, São Paulo, 1995

MURTHY N.S., PANDA MANOJ, PARIKH JYOTI, **Economic development, poverty reduction and carbon emissions in India**, Indira Gandhi Institute of Development Reserach, General Vaidya Marg, Goregaon, Mumbai India, Elsevier Science, 1997

NACIONES UNIDAS (CEPAL), Boletín Facilitación del Comercio y el Transporte en América Latina y el Caribe, **LA PLANIFICACIÓN DEL TRANSPORTE URBANO ANTE LOS CAMBIOS DEMOGRÁFICOS, SOCIALES,**

*ECONÓMICOS Y TECNOLÓGICOS*, Edición no 188, Abril de 2002. (em [www.eclac.cl](http://www.eclac.cl) )

NADAL, M., BARBIR, F., **Development of a Hybrid Fuel Cell/Battery Powered Electric Vehicle**, International Journal Hydrogen Energy, Vol. 21 1996.

NEW YORK CITY TRANSIT, **Demonstration Hybrid Bus 1999 Program**, <http://www.nctr.usf.edu/netcast/Lowell.htm>, 2000

NICOLAZZI, LAURO CESAR; DA ROSA, EDISON; DA COSTA MACHADO LEAL, LONGINHO; **Uma Introdução à Teoria de Veículos**, UFSC, Eng. Mecânica, 2000.

NICOLAZZI, LAURO CESAR, **Desenvolvimento de uma metodologia para análise de estrutura veicular**, UFSC, Eng. Mecânica, 2001.

NUCLEO DE TRANSPORTES, Consulta Pessoal, Eng<sup>o</sup> Rodolfo Nicolazzi Phillipi, Prefeitura Municipal de Florianópolis, 2002.

PAHL, G. & BEITZ, W. **Engineering Design. A Systematic Approach**. Springer-Verlag London Limited, 1996.

PETERS, DEIKE. **Gender Issues in Transportation: A short Introduction**, Presentation notes for the UNEP "Deals on Wheels" seminar, San Salvador, July 28-30, 1999

PIVATO, R. **Reciclagem e Meio Ambiente**, Proc. de VII SIMEA, Associação Bras. de Eng. Automotiva, São Paulo, 1993

PORTER MICHAEL **La Ventaja Competitiva de las Naciones**. Vergara: Argentina 1991. 2<sup>nd</sup>. Ed.



POWERTEC, INDUSTRIAL MOTORS, **Material de Propaganda,**

[www.powertecmotors.com](http://www.powertecmotors.com)

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano,  
Secretaria de Política Urbana, **FINANCIAMENTO DO TRANSPORTE COLETIVO  
URBANO**, RELATÓRIO FINAL DO COMITÊ DE FINANCIAMENTO, **Brasília**,  
dezembro/2001

PRICEWATERHOUSE COOPERS, **Lloydminster Bus Passenger Safety Consultation:  
Summary of the stakeholder discussion**; Lloydminster, Alberta, March 7, 2000

PUGH, Stuard. **Total Design Integrated Methods for Successful Product Engineering.**  
Addison Wesley Publishing Company, 1991.

ROMANOS, Mihail S. **Demand Forecasting For Parts Used in Modular Products: A  
case study.** Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam – Printed in The  
Netherlands. *Engineering Costs and Production Economics*, 17, pp. 231 – 244, 1989.

SAMPSON, DAVID JOHN MATTHEW; **Active Roll Control of Articulated Heavy  
Vehicles**; PHD degree Thesis, Churchill College, University of Cambridge, sept. 2000

SACHS, Air Spring / Damper Module, Material de propaganda, 2002

SCANIA, Material de propaganda, [www.scania.com](http://www.scania.com)

SCHALLER, KARL V., GRUBER, CHRISTIAN; **Fuel Cell Drive and High Dynamic  
Energy Storage Systems – Opportunities for the Future city bus.** MAN,  
Nutzfahrzeuge AG, Munich, Germany, 2000.

SECRETARÍA DE TRANSPORTE DE LA NACION; (ARGENTINA) COMISIÓN DE  
COSTOS, **Costos e Ingresos medios de los Servicios de Transporte de Pasajeros  
Urbanos y Suburbanos de la Región Metropolitanos**, Buenos Aires, Argentina,

---

2000. Consulta Pessoal com Eng. Osvaldo Storani, Director General de Tránsito y Transporte, Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, [ostorani@buenosaires.gov.ar](mailto:ostorani@buenosaires.gov.ar)

SEIFFERT, U & WALZER P. **The Future for Automotive Technology**, Frances Pinter, London, 1984.

SKARSKI, B. **Sistemática e Metodologia de Projeto**. UNICAMP - FEC. Notas de aula. Campina, SP, 1982.

SKODA, **Material de Propaganda**, Comunicação Pessoal, Petr Ludvik Responsável em América Latina, Petr Ludvík, SKODA do Brazil Ltda., Rua da Consolacao 222, 15 andar, Conjs. 1503/4, .E.P. 01302, Sao Paulo, Brasil

SMYTH MARK, **Technologies for Cost Effective, Reliable, Commercialization of Hybrid Vehicles**, Agile Systems Inc, Waterloo, Ontario Canada N2V 1K3, November/2000

SOUND TRANSIT RESEARCH & TECHNOLOGY FUND., **Regional Diesel-Electric Hybrid/Smart Bus Project (Hybrid Element)**. Revised October 24, 2000.

SOLECTRIA, Material de Propaganda, [www.solectria.com](http://www.solectria.com).

SOUZA ROSA FILHO, DUARTE DE, **Notas de Aulas**, Universidade Mackenzie, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Civil, Engenharia de Tráfego e Transporte Urbano, São Paulo, 2002,. Consulta Pessoal ([duarterf@terra.com.br](mailto:duarterf@terra.com.br))

SULAMITA N. BAASCH, SANDRA, **Avaliação de Impactos Ambientais**, Notas de Aula, Grupo de Engenharia e Análise do Valor, Engenharia Sanitária, UFSC, 1999.

SUPERINTENDENCIA DE SEGUROS DE LA NACION, **Informe de Accidentes en el Sistema de Transporte Urbano Colectivo de Pasajeros del año 1999**, Ministerio de Economía de la Nación, Buenos Aires, 2000.

THIEME, FÁBIO ALEXANDRE, **Atenuação de Ruído em Silenciadores Automotivos: Análise Numérica pelo Método das Matrizes de Transferência e Verificação Experimental**, Dissertação de Mestrado, UFSC, Eng. Mecânica, 2000

TRADE & TECHNICAL PRESS LIMITED, **Handbook of Noise and Vibration Control**, Morden, Surrey, England, 1979.

TRANSIT COOPERATIVE RESEARCH PROGRAM, Sponsored by the Federal Transit Administration, **Legal Research Digest**, December 1996--Number 6

TRANSPORT CANADA, (Prepared by: PricewaterhouseCoopers), **Lloydminster Bus Passenger Safety Consultation: Summary of the stakeholder discussion**, Lloydminster, Alberta March 7, 2000

TRANSPORTES METROPOLITANOS DE BARCELONA, **Instalaciones y Vehículos** [http://www.tmb.net/publicacions\\_tmb/inf2000/pdf/pdf\\_cast/cap7.pdf](http://www.tmb.net/publicacions_tmb/inf2000/pdf/pdf_cast/cap7.pdf)

TRANSPORTES METROPOLITANOS DE BARCELONA, **Gestión de la calidad y del medioambiente**. [http://www.tmb.net/pulications\\_tmb/carpeta\\_inst/PDF/gesb.pdf](http://www.tmb.net/pulications_tmb/carpeta_inst/PDF/gesb.pdf)

VAMPRÉ HUMMEL, PAULO ROBERTO ; BLACK TASCHNER, MAURO ROBERTO, **Análise de decisão sobre investimentos e financiamentos, Engenharia Econômica – Teoria e Prática**. Editora Atlas, São Paulo, 1995.

VOLVO, **Material de propaganda** ( [www.volvo.com](http://www.volvo.com) )

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME , **Transport and the Global Environment: Accounting for GHG Reductions in Policy Analysis**, Roskilde,

Denmark,

2001.. <http://www.uccee.org/OverlaysTransport/TransportGlobalOverlays.htm>

UQM TECHNOLOGIES, TRACTION DRIVE SYSTEMS, Material de propaganda,  
[www.uqm.com](http://www.uqm.com)

WEG, Manual de Motores Elétricos. 3ra Edição. Jaraguá do Sul, SC, 1996

WORLD BANK, South Asia Program on Urban Air Quality Management, **How Can Urban Bus Policy Reduce Air Pollution?**, World Bank Energy Sector Management Assistance Programme (ESMAP), Dec 2001. (in [www.worldbank.org/wbi/cleanair/global/documents/publ\\_transp\\_air.pdf](http://www.worldbank.org/wbi/cleanair/global/documents/publ_transp_air.pdf)).