

42

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

CONSOLIDAÇÃO DE LINHAS DE ÔNIBUS

POR

GLAUCO FRANCISCO DE MENEZES

TESE SUBMETIDA  
COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE  
MESTRE EM CIÊNCIAS  
EM TRANSPORTES

Assinatura do Orientador

  
PEDRO CARVALHO DE MELLO - Ph.D.

Rio de Janeiro, RJ

Outubro , 1981

Para Iara  
Christiane, Luciane  
Fabiane e Rosane,  
com todo o carinho.

## AGRADECIMENTOS

À Pedro Carvalho de Mello, Willian Alberto de Aquino Pereira e João Hermes Nogueira Junqueira, orientadores deste trabalho, cuja colaboração e dedicado acompanhamento permitiram sua elaboração .

Ao Instituto Militar de Engenharia, à Seção de Engenharia de Construção, à Coordenação e Corpo Docente do Programa de Pós-Graduação em Transportes pelas condições oferecidas no decorrer do curso .

À Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes, GEIPOT, por possibilitar a existência deste programa da mais alta significação para o estudo de transportes no Brasil .

Aos amigos do IME, companheiros de jornadas ao longo destes anos, pelo carinho, compreensão e apoio .

À Sta. Rosalina de Matos Dantas, pela alta qualidade do trabalho de datilografia .

À todos enfim que de alguma forma contribuíram para o bom êxito do presente estudo .

## RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo estudar a consolidação de linhas de ônibus que percorrem um trecho comum de um corredor e propor procedimentos metodológicos que permitam decidir pela sua implementação .

A linha consolidada substitue, com vantagem, as de mais linhas de ônibus existentes, entre os terminais central e final ou de alimentação/distribuição a serem estabelecidos ao longo do corredor. Linhas alimentadoras são criadas para atender, à partir do terminal final, às localidades servidas pelas linhas atuais .

A metodologia proposta permite examinar a operação atual e a operação consolidada, simulando-se em distintos níveis de serviço, o emprego de diferentes tecnologias de veículos. A análise comparativa dos valores verificados para as diversas alternativas possibilita decidir pela linha de ação mais vantajosa, tanto do ponto de vista do usuário, quanto do operador, da sociedade ou da gerência do transporte coletivo .

A aplicação realizada da metodologia mostra que, com o emprego da consolidação, os custos operacionais e os tempos de viagem podem ser significativamente reduzidos, mesmo com a melhoria no nível de serviço no corredor .

Desenvolveu-se, também, um programa de computador, em linguagem FORTRAN, para aumentar a rapidez e confiabilidade dos resultados da metodologia.

## ABSTRACT

The purpose of this work is to study the consolidation of urban bus lines operating in a common corridor and to present a methodology which allows its implementation .

A consolidated line replaces, with advantage, the several existing bus lines between the central station and the final terminal station to be established into the corridor. Some feeding bus lines are created to attend the areas served by the existing ones .

The proposed methodology allows the reader to analyse the actual situation and the consolidated operation, by means of simulation for different levels of service and for distinct vehicles technologies. A comparative analysis of the alternatives enables the reader to decide which situation is more advantageous, not only for users, but for operator companies, community and public transport managers as well .

An specific case application shows that, with the urban bus lines consolidation, the operational costs and travel times may be expressively reduced .

## SUMÁRIO

RESUMO	iii	
LISTA DE TABELAS	vii	
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	ix	
SIMBOLOGIA	x	
I	INTRODUÇÃO	
	1.1 - Resumo e Objetivos	1
	1.2 - Caracterização do Problema	3
	1.3 - Revisão da Literatura	8
II	O TRANSPORTE COLETIVO POR ÔNIBUS	
	2.1 - Considerações sôbre a operação atual no transporte coletivo Rodoviário Urbano	12
	2.2 - Metodologias para o cálculo da frota e dos custos	14
III	METODOLOGIA PARA A CONSOLIDAÇÃO DE LINHAS DE ÔNIBUS	
	3.1 - Metodologia para a consolidação de linhas de ônibus	22
	3.2 - Fluxograma para a Metodologia Proposta	29
	3.3 - Redução da Frota	32
	3.4 - Dimensionamento da oferta	38

	3.5 - Tempo de Viagem	45
	3.6 - Valor do tempo de viagem	50
	3.7 - Sistema de linhas	51
IV	APLICAÇÃO DA METODOLOGIA	
	4.1 - Área de estudo	55
	4.2 - Linhas selecionadas para aplicação do modelo (sistema atual)	60
	4.3 - Sistema Atual	64
	4.4 - Sistema consolidado proposto	71
	4.5 - Análise da consolidação	80
V	IMPACTOS DA CONSOLIDAÇÃO NA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA	
	5.1 - Apreciação sob o enfoque do usuário	84
	5.2 - Apreciação sob o enfoque do operador	87
	5.3 - Apreciação sob o enfoque da sociedade	92
	5.4 - Apreciação sob o enfoque da gerência	94
	5.5 - Tecnologia a adotar	95
VI	CONSIDERAÇÕES FINAIS	
	6.1 - Conclusão	98
	6.2 - Recomendações para pesquisas futuras	100
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1	- Tempos em uma viagem típica de Ônibus	7
TABELA 2	- Distribuição das viagens no corredor da Av. Brasil	60
TABELA 3	- Linhas de Ônibus do Sistema Atual	61
TABELA 4	- Tempos em movimento de terminal a terminal	64
TABELA 5	- Tempos de Viagem no Sistema Atual	67
TABELA 6	- Sistema Atual (TADOT=5 pass/m <sup>2</sup> -TMAX=7 pass/m <sup>2</sup> )	68
TABELA 7	- Sistema Atual (TADOT=6 pass/m <sup>2</sup> -TMAX=8 pass/m <sup>2</sup> )	69
TABELA 8	- Sistema Atual (TADOT=8 pass/m <sup>2</sup> -TMAX=10 pass/m <sup>2</sup> )	70
TABELA 9	- Linhas de Ônibus do Sistema Futuro	72
TABELA 10	- Valores adotados nas Simulações	74
TABELA 11	- Tempos de viagem no Sistema Futuro	75
TABELA 12	- Sistema Futuro (TADOT=5 pass/m <sup>2</sup> -TMAX=7 pass/m <sup>2</sup> )	76
TABELA 13	- Sistema Futuro (TADOT=6 pass/m <sup>2</sup> -TMAX=8 pass/m <sup>2</sup> )	77
TABELA 14	- Sistema Futuro (TADOT=8 pass/m <sup>2</sup> -TMAX=10 pass/m <sup>2</sup> )	78

TABELA 15 - Quadro comparativo de valores para os Sistemas Atual e Futuro	79
TABELA 16 - Economia anual com a consolidação	81
TABELA 17 - Valor do tempo na consolidação	82
TABELA 18 - Frota de Ônibus do Sistema Atual	89
TABELA 19 - Consumo de combustível	93

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Representação esquemática da consolidação	9
Figura 2 - Matriz de demandas de viagens nas $J$ linhas e $N$ trechos de um corredor, para determinação do valor de $R$	37
Figura 3 - Área de Estudo	59
Figura 4 - Curvas de variação da demanda horária	62
Figura 5 - Receita e Custo Operacional para as diferentes hipóteses	97

## SIMBOLOGIA

A	relação entre a demanda diária e o número de assentos ofertados, na linha j, ou taxa de utilização de assentos por veículo
a	viagem direta em ônibus expresso, no período de pico
AS(V)	relação média entre a demanda e a oferta de lugares sentados, para os veículos tipo (V) das linhas do sistema
b	viagem direta em ônibus expresso, fora do período de pico
c	viagem direta em ônibus parador, no período de pico
CA	número de assentos da tecnologia de ônibus utilizada
CAPC	capacidade do corredor ou somatório da capacidade de todas as linhas consideradas no corredor
CAPC(h)	capacidade do corredor (todas as linhas), no horário h
CAPLC	capacidade da linha consolidada
CAPLC(h)	capacidade da linha consolidada no horário h

CAPL <sub>j</sub>	capacidade ou oferta da linha j
CAPL <sub>j</sub> (h)	capacidade da linha j no horário h
CAPV	capacidade do veículo, em passageiros
CCOML <sub>j</sub>	consumo de combustível na linha j, em litros
CCOMS	consumo de combustível de todas as linhas do sistema
CD	custo dependente anual médio para as empresas do sistema de transporte coletivo urbano, em CR\$/veículo
CI	custo independente do PMA, expresso em CR\$/km, referente às empresas do sistema de transporte coletivo urbano
COPL <sub>j</sub>	custo operacional da linha j
COPS	custo operacional para todas as linhas do sistema
CPQ	custo por veículo por km, expresso em cruzeiros
CPQCLL <sub>j</sub>	custo por veículo por km calculado, para a linha j
CPQS(V)	custo por quilômetro para os veículos tipo (V) das linhas do sistema
d	viagem direta em ônibus parador, fora do período de pico
D(I,K)	demanda no período I e sentido K

$DDL_j$	demanda diária na linha j
DDS	demanda diária de todas as linhas do sistema
$DVC(h,n)$	demanda de viagens no corredor no horário h e trecho n
DVLC	demanda de viagens na linha consolidada
$DVLC(h,n)$	demanda de viagens na linha consolidada no horário h e trecho n
$DVL_j(n)$	demanda média de viagens na linha j e trecho n
$DVL_jC(I)$	demanda de viagens ao longo do corredor, na linha j e período I
$DVL_j(h,n)$	demanda de viagens na linha j no horário h e trecho n
$DVL_j(I)$	demanda de viagens na linha j, no período I
$DVL_jT(I)$	demanda de viagens no terminal, na linha j e período I
e	viagem intermediária em ônibus parador, no período de pico
$EXTL_j$	extensão da linha j, ida e volta, em km
EXTLC	extensão da linha consolidada, em km
EXTPS	extensão da linha por sentido, expressa em km
$EXTPSL_j$	extensão por sentido na linha j

f	viagem intermediária em ônibus parador, fora do período de pico
FD(I)	frequência de viagens no sentido da demanda dominante, no período I
FL <sub>j</sub>	frota de ônibus na linha j
FM	frota em manutenção pesada
FOP	frota em operação
FR(K)	fator de rotatividade da demanda por sentido K, igual ao quociente do número de passageiros que percorrem a linha pelo número de passageiros no trecho mais carregado
FS(V)	frota do sistema ou conjunto de todos os ônibus (V) que compõem as frotas das diversas linhas
FT	frota imobilizada em terminais
H	intervalo de tempo médio entre veículos ou headway, em min
h	indicativo genérico do período de operação
HMAX	"headway" máximo considerado para a operação simulada, expresso em min
HMIN	"headway" mínimo que limita a capacidade do sistema, função das capacidades das vias ou terminais, em min

HOP(I,K)	"headway" operacional adotado, no período I e sentido K, expresso em min
HTEC(I,K)	"headway" técnico ou calculado, no período I e sentido K, em min
HVE(I,K)	"headway" de viabilidade econômica, no período I e sentido K, em min
I	períodos horários de 1 a P, em que se divide a jornada de operação
IPICO(K)	período onde ocorre o pico da demanda no sentido K
J	número de linhas no corredor
j	indicativo genérico do número da linha operando no corredor
K	sentidos de viagem, sendo K = 1 para a ida e K = 2 para a volta
$L_j$	linha j
LUCL <sub>j</sub>	lucro ou diferença entre receita e custo operacional na linha j
LUCS	diferença entre a receita e o custo operacional, no sistema

M	número inteiro que representa em horas o tempo de ciclo no período de pico
m	taxa da frota em manutenção pesada
N	número de trechos no corredor
n	indicativo genérico do número do trecho do corredor
n*	indicativo do trecho do corredor onde ocorrem valores máximos
NVEIC	número de veículos ativos
NVEIC (h)	número de veículos operando no horário h
P	número de períodos de operação das linhas
PMA	percurso médio anual ou quilometragem média por ônibus por ano, em km
PMACLL <sub>j</sub>	percurso médio anual calculado para a linha j, em km
PMADT	percurso médio anual adotado, em km
PMAS (V)	percurso médio anual para os veículos tipo (V) das linhas do sistema
PPQ	preço por passageiro quilômetro, em cruzeiros
PPQCLL <sub>j</sub>	preço por passageiro quilômetro, calculado para a linha j, em cruzeiros

PPQCP	preço da passagem por quilômetro autorizado pelo CIP e em vigor para o cálculo da tarifa, expresso em CR\$/ (pass.km)
PPQS (V)	preço por passageiro por quilômetro para os veículos tipo (V) das linhas do sistema
R	fator de redução médio da frota
R(h)	fator de redução de frota no horário h
RECL <sub>j</sub>	receita da linha j
RECS	receita para todas as linhas do sistema
S	área disponível para passageiros de pé, em m <sup>2</sup>
t <sub>a</sub> , t <sub>b</sub> , t <sub>c</sub> , t <sub>d</sub> , t <sub>e</sub> , t <sub>f</sub>	tempo em movimento para as viagens tipo a, b, c, d, e, f
TACC (V)	taxa de consumo de combustível em l/km para cada tipo de veículo (V)
TADOT	número de passageiros de pé/m <sup>2</sup> , utilizado para o cálculo do "headway" técnico
TC (I)	tempo de ciclo no período I, expresso em min
TE	tempo médio de espera no modo principal
TE'	tempo médio de espera no modo secundário
TE <sub>j</sub>	tempo médio de espera na linha j
TESP	tempo de espera do veículo no terminal, em min

TFL <sub>j</sub>	total diário de frequência na linha j
TFS(V)	total de frequências diárias no sistema, para veículo (V)
T(I,K)	taxa de passageiros de pé por m <sup>2</sup> , verificada
TM	tempo médio em movimento para viagens no modo principal, em min
TM'	tempo médio em movimento para as viagens no modo secundário, em min
TMAX	número máximo de passageiros de pé por m <sup>2</sup> , considerado na condição de saturação técnica do veículo
TMIN	número mínimo de passageiros de pé por m <sup>2</sup> , utilizado para definição da tecnologia de veículo a adotar
TOCC(h,n)	taxa de ocupação do corredor no horário h e trecho n
TOCLC(h,n)	taxa de ocupação na linha consolidada no horário h e trecho n
TOCL <sub>j</sub>	taxa de ocupação média da linha j
TOCL <sub>j</sub> (h,n)	taxa de ocupação da linha j, no horário h e trecho n
TOCL <sub>j</sub> (n)	taxa de ocupação da linha j no trecho n
TT	tempo de transbordo no terminal
TTV	tempo total de viagem, em min

TV	tempo de viagem no modo principal
TV'	tempo de viagem no modo secundário
TVS	tempo total de viagem, no sistema
VALOTS	valor atribuído ao tempo total de viagem no sistema
VCOM	velocidade comercial ou média do veículo, em km/h
W	indicativo genérico do período de pico no sentido K

## CAPÍTULO I

### INTRODUÇÃO

#### 1.1 - Resumo e Objetivos

O presente trabalho, que tem por objetivo a otimização operacional do transporte coletivo por ônibus em corredores de alta densidade, encerra como proposição a consolidação de várias linhas de ônibus em uma única linha-tronco e a metodologia para sua implementação. Esta linha consolidada substituirá todas as demais selecionadas ao longo do trecho comum, operando entre dois terminais, um central ou de origem e um final ou de alimentação. Linhas alimentadoras seriam então criadas para atender às localidades atualmente servidas pelas linhas existentes operando à partir do terminal final .

O estudo se justifica pelas seguintes razões :

- carência de literatura sobre o assunto;
- ineficiência operacional do sistema convencional, havendo grande concorrência entre as linhas e baixo fator de utilização dos veículos;
- possibilidade de operação com veículos mais eficientes, confortáveis e seguros na linha consolidada;
- vantagens para os usuários, com a redução dos tempos de viagem, com o aumento de conforto, da confiabilidade e da segurança;

- o modo rodoviário constitui-se em importante componente do transporte coletivo urbano.

O trabalho está desenvolvido em 6 capítulos como a seguir descrito .

No Capítulo I procura-se caracterizar o problema através de uma análise da situação atual, sendo ainda apresentados os objetivos do estudo, sua justificativa e a revisão bibliográfica feita .

O segundo Capítulo trata do estudo do Transporte Coletivo por ônibus abrangendo considerações sobre a operação atual e metodologias para cálculo de frotas e custos .

No Capítulo III são apresentados os procedimentos metodológicos propostos para se realizar a consolidação das linhas de ônibus .

O quarto Capítulo consiste de uma aplicação da metodologia proposta ao corredor da Av. Brasil. Seleccionadas a área e as linhas a serem analisadas, linhas de ação alternativas são consideradas visando avaliar os resultados da consolidação .

O Capítulo V é destinado a analisar os impactos da consolidação com relação a aplicação feita, procurando caracterizar as vantagens e desvantagens relativas aos vários segmentos do transporte coletivo urbano: usuário, operador, sociedade e gerência .

Finalmente o Capítulo VI contém as conclusões relativas ao trabalho feito e as recomendações do autor sobre outros estudos a serem desenvolvidos no futuro .

## 1.2 - Caracterização do Problema

A evolução do transporte coletivo urbano nas últimas décadas se deu de modo irracional e, pode-se dizer, anárquico, forçada que foi por um crescimento desordenado das populações urbanas, pela supressão do sistema ferroviário existente nas grandes cidades (bondes), pela atrofia de outros modos de transportes e pela hipertrofia do modo rodoviário, que conduziu à saturação das vias públicas dado o crescente número de veículos, principalmente privados .

Sua organização ficou relegada a tentativas isoladas, muitas vezes baseadas em medidas de organização do trânsito conduzidas de modo empírico. Quase sempre a solução buscada conduziu à ampliação do sistema viário, esbarrando numa cada vez mais crítica carência de recursos. A ausência de soluções a nível de engenharia de tráfego quando muito conseguiu transferir os problemas no espaço ou no tempo, levando-os a aparecer em outro local ou um pouco mais tarde .

O quadro atual, apesar de algumas medidas já em prática, decorrentes da recente crise energética, ainda é bastante inquietador. Inúmeros problemas se alinham, gerando uma densa malha de conflitos que podem ser resumidos em :

- sistema viário sobrecarregado ou mesmo saturado;

- competição entre os transportes coletivo e privado que disputam a mesma via;
- ineficiência operacional em todo o sistema;
- hipertrofia do modo rodoviário no transporte coletivo que não consegue no entanto operar com economia de escala;
- transporte coletivo por ônibus estruturado em um sem número de empresas de características próprias, ainda operadas de modo artesanal;
- regime de concorrência predatória;
- pressão econômica no sentido de substituição do transporte privado pelo transporte coletivo, face ao custo excessivo do petróleo importado.

É bem verdade que esforços tem sido feitos no sentido de criar melhores condições para o tráfego, buscando uma otimização da rede viária existente, através de medidas disciplinadoras do trânsito e de renovação do sistema de sinalização e coordenação semafórica. Estudos e projetos tem sido desenvolvidos para conhecer e melhorar o interrelacionamento entre os elementos do sistema (usuário-via-veículo - gerência), buscando otimizar a função de cada um deles, isoladamente e em conjunto .

O usuário do transporte urbano, ou tem sido cativo do transporte coletivo por razões econômicas, ou ainda se mostra preso ao transporte individual, apesar das recentes e crescentes medidas de desestímulo ao uso do mesmo, por não

existir um transporte coletivo capaz de atraí-lo de modo efetivo. É verdade que o transporte individual é um bem in substituível em um sem número de situações, mas a maioria das viagens pendulares residência-trabalho poderia ser atendida com vantagem por um sistema que pudesse oferecer melhores condições de velocidade, regularidade, segurança e conforto .

A via, pelas suas características físicas de traçado e estado de pavimento, com um uso exagerado em certos períodos, sem uma operação especializada e sem um sistema de si nalização adequado, em muito contribui para a ineficiência do transporte urbano .

O veículo coletivo, sem as mínimas condições de con forto é sem dúvida um segmento inibidor do sistema. Apesar da indústria no setor ter crescido a taxas elevadas na última década, o veículo urbano ainda é o mesmo, insistindo-se em mantê-lo com uma flexibilidade para operar em linhas de todas as características, não evoluindo no sentido de uma especialização que o sistema de transporte como um todo, mo dernamente requer. Um transporte coletivo deve ser atraente e veloz, revitalizado enfim para atender a exigência da sociedade moderna, não podendo continuar sendo aquela coisa rota e cansada onde ônibus lerdos e mal cuidados são uma prova da não evolução do setor .

O serviço prestado pelo transporte coletivo, devido à má gerência, apresenta deficiências cujas consequências são:

- veículos de elevada ineficiência operacional, superlotados;
- atrito lateral excessivo;
- velocidade comercial baixa;
- acentuada competição entre os veículos privados e coletivos que disputam o uso da via;
- concorrência entre diferentes linhas de ônibus ou até entre ônibus da mesma linha;
- passageiros que por sua vez também se vêem competindo pela primazia do embarque;
- indisciplina generalizada por parte de pedestres e motoristas, causando interferências, acidentes, engarrafamentos e retardos;

A operação do transporte coletivo deve manter um interrelacionamento otimizado entre os diversos segmentos do sistema de modo a serem atendidas as necessidades de mobilidade da sociedade moderna. O nível de serviço do sistema pode ser então avaliado por alguns parâmetros como tempo de viagem, segurança, conforto, confiabilidade, conveniência, preço e outros .

O tempo de viagem tem sido um dos mais importantes parâmetros de avaliação do desempenho. Em estudo realizado pelo GEIPOT em várias cidades brasileiras, conforme citado no artigo "O Ônibus Como Veículo Urbano - Sugestões de Regulação", publicado na Revista dos Transportes Públicos<sup>1</sup> , uma viagem típica de ônibus em meio urbano consta de :

TABELA 1 - Tempos em uma viagem típica de ônibus urbano

- tempo em movimento (vel. > 35 km/h)	43,2%
- tempo perdido em movimento (vel = 35 km/h)	21,0%
- tempo para embarque e desembarque	20,7%
- tempo perdido no embarque - desembarque	8,1%
- tempo de paradas em semáforos	7,0%

Fonte: Revista dos Transportes Públicos<sup>1</sup> - ANTP

Como se pode observar, 36,1% do tempo total de viagem por ônibus corresponde às deficiências próprias do sistema. Além da redução destes valores pode-se obter um aumento da velocidade atuando sobre outros fatores que conduzirão a menores tempos em movimento e para embarque-desembarque. A experiência com outros modos de transporte, comprovada por algumas tentativas bem sucedidas no setor, tem indicado algumas medidas que aos poucos vão sendo introduzidas, todas visando a racionalização do uso da infra-estrutura existente. Aqui parece estar o que vem sendo encarado como uma boa solução para romper o círculo vicioso, novas vias-congestionamento-novas vias. Esta meta poderá ser alcançada através de medidas de três diferentes níveis, quais sejam o da especialização da via, da modernização do veículo e o referente às medidas operacionais relativas à via, ao veículo e à funcionalidade do sistema.

Os demais parâmetros são igualmente importantes, principalmente do ponto de vista do usuário que tem sido escravo de uma tecnologia cansada, pouco confiável, pouco confort

tável, onde a segurança é cada vez menor e os preços são cada vez mais sentidos ao longo dos últimos anos. Para melhor avaliação da importância do preço da passagem basta citar que para os usuários da periferia os gastos em transporte chegam a 25% do salário mínimo, envolvendo em média de 3 a 12% do orçamento familiar<sup>22</sup>.

É fora de dúvida portanto que são necessários estudos para alterar a situação, criando condições para o surgimento de um transporte coletivo que reúna as características indispensáveis a um serviço de tal importância para a vida da comunidade.

### 1.3 - Revisão da Literatura

Na busca de metodologias para a consolidação de linhas de ônibus pouco se viu na literatura pesquisada, que incluiu trabalhos, publicações e relatórios nacionais e estrangeiros.

Em um artigo intitulado "Consolidação de Linhas de Ônibus Como Estratégia para Melhorar o Desempenho de Sistemas de Transportes Urbanos", Vermorein<sup>2</sup> propõe a reformulação da operação de linhas de ônibus que operam ao longo de um determinado corredor, se utilizando em grande parte do percurso de um itinerário comum. Estas diversas linhas deveriam ser unificadas em uma única, a operar entre o terminal central e um terminal de distribuição a ser estabelecido ao longo do eixo. Partindo deste ponto outras linhas alimentadoras dariam possibilidade de prosseguimento da viagem atra

vés dos trajetos não comuns anteriormente percorridos .

A representação esquemática da Fig. 1 permite visualizar o novo modo de operação .

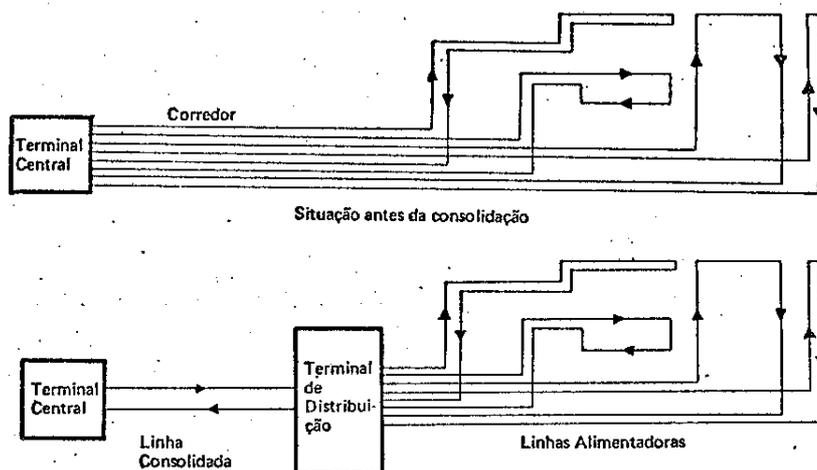


Figura 1 : Representação esquemática da consolidação de linhas dentro de um corredor .

Fonte : ANTP, Revista dos Transportes Públicos<sup>2</sup>.

Esta consolidação traria algumas vantagens para o sistema como um todo, dado que faria com que o serviço melhorasse ao longo do corredor. Entre estas pode-se destacar :

- redução da frota;
- utilização de veículos de melhores características;
- menor necessidade de espaço nas vias e terminais;
- aumento do nível de serviço nas vias;
- possibilidade de especialização das vias;
- melhor distribuição horária nas viagens;
- redução do tempo de viagem;

- operação mais eficiente;
- melhor relação oferta/demanda;
- racionalização de embarques e desembarques de passageiros;
- possibilidade de emprego de medidas operacionais que melhorem o serviço-ônibus expressos, paradas alternadas, etc.;
- possibilidade de implantação progressiva;
- possibilidade de evolução constante do sistema quando necessitar modernização;
- incentivo à complementaridade funcional e não à competitividade abusiva e ruínosa entre empresas;
- menores custos operacionais;
- possibilidade de operação com economia de escala;
- economia de recursos, inclusive combustível;
- diminuição do custo sentido pelo usuário;
- facilidade para a implantação de novo sistema tarifário;
- maior conforto, confiabilidade e segurança;
- melhor fiscalização e coordenação;
- redução da poluição ambiental.

A grande desvantagem que acarreta é para o usuário, que em parte se verá penalizado com a necessidade de realizar uma operação de transbordo no terminal de transferência ,

caso deseje seguir além do trecho percorrido pela linha consolidada. Contudo, dentro da especialização funcional que se busca hoje, com a adoção de sistemas bi-modais, este transbordo é inevitável, podendo ser compensado em parte por :

- menor tempo de espera nas vias, onde não há condições razoáveis de conforto e segurança;
- maior confiabilidade do sistema;
- transbordo se dá em área dotada de condições aceitáveis para a espera, onde há disponibilidade de uma infra-estrutura de serviços e comércio;
- redução no tempo total de viagem;
- redução no custo sentido pelo usuário.

A bibliografia pesquisada não faz referência ao emprego atual da consolidação de linhas de ônibus. Algumas vantagens da mesma estão indiretamente contidas nos estudos que tem levado o poder público a buscar a fusão de empresas, visando também melhorar o comportamento do sistema. O "modus operandi" da implantação da consolidação será analisado posteriormente, após a adoção de um modelo operacional .

Estudou-se também metodologias de seleção e dimensionamento de frotas nas linhas de ônibus, optando-se pela proposta por Rosa Filho<sup>4</sup> e Tabosa<sup>3</sup> e adotada pelo DTC-RJ<sup>6, 8</sup> .

## CAPÍTULO II

### O TRANSPORTE COLETIVO POR ÔNIBUS

#### 2.1 - Considerações sôbre a operação atual no transporte coletivo rodoviário urbano

O transporte urbano por ônibus, em um certo sentido, se faz hoje dentro dos mesmos padrões usados há alguns anos. São linhas isoladas que existem, ligando o centro à periferia, operadas por empresas dotadas de ônibus com características pouco compatíveis com aquelas necessárias a um sistema moderno .

Algumas medidas tem sido buscadas para melhorar a eficiência no setor, mas são de pouco alcance, ainda, pois quase sempre são isoladas .

Há consenso hoje no planejamento de transportes de que a otimização do sistema não poderá ser alcançada sem que se façam alterações em todos os segmentos do mesmo, buscando desenvolver o transporte coletivo como solução para o transporte de pessoas nos grandes centros. Algumas medidas aplicáveis para se atingir tal fim podem ser alinhadas :

- uso de faixas (ou vias) exclusivas e bloqueadas, buscando uma especialização das vias;
- disciplina nos cruzamentos, com preferência para o transporte coletivo, e melhoria na sinalização;
- melhor distribuição nas paradas e ordenação de em

- barque-desembarque;
- criação de eixos-tronco, com concentração de recursos nos principais corredores;
  - criação de estacionamentos de transferência com estações e terminais;
  - adoção de veículos de maior capacidade e melhor desempenho;
  - adoção de medidas de desestímulo ao uso do transporte individual;
  - operação coordenada de linhas de ônibus, com estímulo à complementariedade funcional (linhas tronco e alimentadoras);
  - adoção de veículos especializados às características de operação;
  - integração tarifária dentro de critérios não diretamente ligados apenas ao custo operacional, mas que ponderem razões de equidade (melhor distribuição da oferta) e justiça social (melhor distribuição da renda entre as camadas da população de padrões econômicos distintos);
  - aumento progressivo de investimentos no sistema de modo a recuperar ou obter uma boa qualidade do serviço.

Assim, é necessário reformular o que existe, buscando acelerar a marcha em direção a um sistema que possa atender a baixo preço às necessidades de transporte da população,

dentro das condições operacionais já discutidas .

## 2.2 - Metodologias para o cálculo da frota e dos custos

Em seu artigo "Consolidação de Linhas de Ônibus como Estratégia para Melhorar o Desempenho dos Sistemas de Transportes Urbanos", Vermerein<sup>2</sup> propõe alguns tópicos para avaliação do desempenho de um sistema consolidado, que são examinados a seguir .

### 2.2.1 - Capacidade volumétrica da linha

A capacidade volumétrica da linha (CAPL) é igual ao número de passageiros/hora que podem ser transportados pelos veículos da linha, em um dado sentido. É função direta da capacidade do veículo e da frequência com que os veículos percorrem a linha  $j$ , ou seja :

$$CAPL_j = 60 \cdot CAPV/H \quad (1)$$

onde : CAPV = capacidade do veículo em passageiros

H = intervalo de tempo médio entre veículos  
ou "headway" (min)

O intervalo médio entre veículos ("headway") percorrendo a linha é função do tempo total de percurso ( tempos de ida, retorno e espera nos pontos inicial e final da linha ) e do número de veículos (NVEIC) ativos na linha durante o período, ou seja :

$$H = TTV/NVEIC \quad (2)$$

onde : TTV = tempo total de viagem (min)  
 NVEIC= número de veículos ativos durante períodos

O tempo total de viagem depende por sua vez da extensão da linha, da velocidade comercial e dos tempos de espera. Assim :

$$TTV = 60 \cdot EXTL_j / VCOM + TESP \quad (3)$$

onde : EXTL<sub>j</sub> = extensão da linha, ida e volta (km)  
 VCOM = vel. comercial ou média do veículo (km/h)  
 TESP = tempo de espera nos terminais (min)

assim:

$$CAPL_j = \frac{CAPV \cdot NVEIC}{EXTL_j / VCOM + TESP / 60} \quad (4)$$

O exame da expressão acima indica que a capacidade de oferta de lugares na linha é função direta da capacidade do veículo, do número de veículos em operação e da velocidade comercial, sendo função indireta da extensão da linha e dos tempos de espera .

### 2.2.2 - Taxa de ocupação da linha

A taxa de ocupação da linha é a relação entre a demanda de viagens e a oferta de lugares ou capacidade da linha. Considerando que a linha pode ser dividida em N trechos e que a demanda não é constante em todos os trechos, apesar de o ser a capacidade, tem-se uma taxa de ocupação variável .

Sendo :  $TOCL_j(n)$  = taxa de ocupação na linha  $j$ , no trecho  $n$

$TOCL_j$  = taxa de ocupação média da linha  $j$

$DVL_j(n)$  = demanda de viagens na linha  $j$ , no trecho  $n$

$N$  = número de trechos da linha

tem-se :  $TOCL_j(n) = DVL_j(n)/CAPL_j$  (5)

$$TOCL_j = \frac{1}{N} \cdot \sum_{n=1}^N \frac{DVL_j(n)}{CAPL_j} \quad (6)$$

E como a frota é dimensionada para atender o trecho de maior demanda  $n^*$ , tem-se :

$$CAPL_j = \text{Max}_n (DVL_j(n)) = DVL_j(n^*) \quad (7)$$

$$TOCL_j(n^*) = DVL_j(n^*)/CAPL_j = 1 \quad (8)$$

### 2.2.3 - Capacidade da linha consolidada

A capacidade da linha consolidada (CAPLC) é a capacidade da linha resultante da junção das diversas linhas pré-existentes. A capacidade volumétrica do corredor (CAPC) é igual ao somatório das capacidades de todas as linhas operando no mesmo .

Sendo :  $J$  - o número total de linhas ( $j$ ) no corredor  
tem-se :

$$CAPC = \sum_{j=1}^J CAPL_j = \sum_{j=1}^J \text{Max}_n (DVL_j(n)) \quad (9)$$

A demanda da linha consolidada é equivalente ao somatório das demandas de todas as linhas que operam no corredor. Sendo a demanda diferente em cada trecho, considera-se o trecho onde a soma tem um valor máximo. Assim :

$$CAPLC = \text{Max}_n (\sum_{j=1}^J DVL_j(n)) \quad (10)$$

$$CAPC = \sum_{j=1}^J CAPL_j = \sum_{j=1}^J DVL_j(n^*) \quad (11)$$

Apenas eventualmente a capacidade da linha consolidada será igual a capacidade do corredor, quando todas as linhas tiverem a máxima carga no mesmo trecho. Chamando de R este fator de redução da capacidade do corredor, tem-se :

$$CAPLC = R \cdot CAPC \quad (12)$$

$$e : R = CAPLC / CAPC \quad (13)$$

#### 2.2.4 - Cálculo da frota

O cálculo da frota para a linha consolidada pode então ser feito a partir da expressão (4) :

$$NVEIC = \frac{CAPLC (EXTLC/VCOM + TESP/60)}{CAPV} \quad (14)$$

Reduzindo-se a zero o tempo de espera dos veículos no terminal em uma operação contínua do tipo circular, o número de veículos é dado por :

$$NVEIC = R \frac{CAPC \cdot EXTLC}{CAPV \cdot VCOM} \quad (15)$$

Este modo de determinação da frota é muito simplista pois considera de modo muito geral a demanda, não tendo em conta a variação horária da demanda e a variação na velocidade comercial .

Em trabalho publicado pela CMTc-SP, "Considerações sobre o Desempenho Operacional e Econômico dos Sistemas de Transporte Urbano"<sup>13</sup>, Pedro Kassab propõe uma metodologia para a obtenção da frota, a partir de uma matriz que represente as origens e os destinos das viagens ao longo da linha. A dificuldade de obtenção destes dados para um conjunto de linhas é uma das desvantagens que deve ser acrescida ao fato de não se considerar na mesma as diferenças de tempo de ciclo ao longo do dia, ou dos diferentes percursos que uma determinada linha pode ter, com os ônibus expressos seguindo faixas exclusivas e os paradores pela via comum .

Segundo Kassab<sup>13</sup> a frota de uma linha é composta por veículos rodando na hora de pico, por veículos imobilizados nos terminais e por veículos em manutenção. Assim :

$$FL_j = FOP + FT + FM \quad (16)$$

onde :  $FOP = \frac{EXTL}{VCOM \cdot H} \quad (17)$

$$FT = \frac{TESP}{H} \quad (18)$$

$$FM = m \cdot FL_j \quad (19)$$

e :  $FL_j = \left( \frac{EXTL}{VCOM \cdot H} + \frac{TESP}{H} \right) \cdot \frac{1}{1 - m} \quad (20)$

Sendo :  $FL_j$  = frota de Ônibus em uma linha j  
 $FOP$  = frota em operação  
 $FT$  = frota imobilizada em terminais  
 $FM$  = frota em manutenção pesada  
 $m$  = taxa da frota em manutenção pesada

Outro modelo desenvolvido para o dimensionamento de frotas de Ônibus em terminais é proposto por Barra em sua Tese de Mestrado intitulada "Modelo para Alocação de Frota em Terminais"<sup>7</sup>. A frota de Ônibus para atendimento de uma determinada linha é calculada considerando-se os tempos de viagem entre terminais e entre estes e os depósitos, para os Ônibus que não podem ficar estocados nos terminais. Há portanto necessidade de conhecimento das particularidades locais inerentes aos terminais que determinada linha utiliza, bem como das capacidades dos depósitos, além da demanda horária das viagens. Seu emprego é portanto adequado para otimizar a operação de determinada linha, permitindo visualizar uma razoável economia na operação da frota .

Finalmente examinou-se o modelo em uso no DTC-RJ<sup>6, 8</sup> desenvolvido, a partir da Teoria das Envoltórias proposta por Rea e Miller<sup>5</sup>, conforme estudos de Rosa Filho<sup>4</sup> e Tabosa<sup>3</sup>. A frota é dimensionada em função do "headway" (intervalo de tempo entre veículos) e do tempo total de viagem como implícito na expressão (2), mas também das frequências nos diferentes horários, opções de percurso e conseqüentemente tempos de ciclo .

### 2.2.5 - Avaliação dos custos

A avaliação dos custos para determinação da viabilidade econômica de emprego de determinada tecnologia de ônibus, é feita conforme metodologia em uso no DTC-RJ<sup>14</sup>,<sup>16</sup>. Sendo de uso corrente e aprovada pelo CIP - Conselho Interministerial de Preços, esta metodologia foi adotada no presente trabalho .

Na composição do custo tarifário considera-se os custos dependentes (CD) e os custos independentes (CI) .

Os custos dependentes são considerados invariáveis em relação à quilometragem rodada, sendo constituídos por parcelas referentes à depreciação do capital, ao pessoal de operação, às despesas de administração (taxas e seguros), à remuneração do capital e ao Programa de Integração Social .

Os custos independentes são constituídos pelas despesas com combustíveis, lubrificantes, pneus e câmaras, peças e acessórios, pessoal de manutenção, outras categorias de operação, outras despesas de administração e pessoal de administração .

O custo por quilômetro rodado é então obtido por :

$$CPQ = CD/PMA + CI \quad (21)$$

onde : CD = custo dependente

CI = custo independente

PMA = percurso médio anual

São obtidos pelo DTC através de técnicas estatísticas. Para maiores detalhes veja-se as obras citadas<sup>4, 6, 7, 14, 16</sup>.

Através do custo por quilômetro determina-se o preço por passageiro-quilômetro, função da ocupação média dos veículos :

$$PPQ = CPQ (A \cdot CA) \quad (22)$$

onde : PPQ = preço por passageiro-quilômetro

A = taxa de utilização dos assentos oferecidos

CA = quantidade de assentos por veículo

## CAPÍTULO III

### METODOLOGIA PARA A CONSOLIDAÇÃO DE LINHAS DE ÔNIBUS

A modificação do modo de operação em um corredor, adotando-se como solução a consolidação de linhas, resume-se no estudo de implantação de uma nova linha que substitua as demais. Torna-se então necessário dimensioná-la e avaliar as vantagens e desvantagens decorrentes de tal alteração. No presente capítulo são levantados os procedimentos cabíveis para a realização do estudo de consolidação de linhas .

#### 3.1 - Metodologia para a consolidação de linhas de ônibus

Para que seja possível modificar a operação do transporte coletivo rodoviário urbano, adotando-se a consolidação é necessário considerar um conjunto de medidas que permitam à gerência do sistema analisar, avaliar, decidir e implementar o novo "modus operandi" .

##### 3.1.1 - Analisar a área de estudo

- 1 - Selecionar a área de estudo considerando os aspectos econômicos e sociais relevantes, bem como a situação do transporte urbano. Avaliar a renda média do usuário do transporte coletivo.
- 2 - Definir o corredor que permite operar com a linha consolidada.
- 3 - Estabelecer os limites do trecho comum do corredor e a localização dos terminais.

- 4 - Selecionar as linhas existentes que poderão ser modificadas.
- 5 - Projetar as novas linhas, tanto a linha-tronco como as alimentadoras que comporão o sub-sistema alimentador.

### 3.1.2 - Levantar e analisar os dados para cada linha

- 1 - Selecionar as possíveis tecnologias de veículos a operar em cada linha. Levantar para cada uma delas :
  - número de assentos (CA)
  - área para passageiros de pé (S)
  - taxa de consumo de combustível em l/km (TACC)
  - custos dependentes (CD) e independentes (CI)
  - percurso médio anual no sistema (PMA)
- 2 - Levantar ou projetar a demanda
  - diária ( $DDL_j$ )
  - variação da demanda por horário e por trecho (se possível) ( $DVL_j(h,n)$ )
  - demanda nos terminais e no corredor ( $DVL_j,T$  e  $DVL_j,C$ )
  - fator de rotatividade da demanda, por sentido (FR)
- 3 - Estudar a linha
  - extensão por sentido (EXTPS)
  - diferentes alternativas de viagem (ônibus expresso, parador, etc.)
  - tempos em movimento, tempos de ciclo

## 4 - Critérios de operação

- taxa adotada para passageiros de pé (TADOT)
- taxa mínima permitida para passageiros de pé (TMAX)
- taxa mínima aceitável para passageiros de pé (TMIN)
- "headways" máximo e mínimo possíveis (HMAX, HMIN)
- preço/passageiro-quilômetro autorizado pelo CIP (PPQCP)

3.1.3 - Calcular para cada linha empregando opcionalmente o Programa SATAI

1 - Total de frequências diária ( $TFL_j$ )

$$TFL_j = 2 \sum_{I=1}^P FD(I)$$

2 - Relação entre a demanda e a oferta de assentos (A)

$$A = DDL_j / (CA \cdot TFL_j)$$

3 - Frota necessária à linha, através da expressão (47)

4 - Percurso Médio Anual calculado (PMACL), expressão (48)

5 - Custo por quilômetro rodado calculado (CPQCL), expressão (49)

6 - Preço por passageiro-quilômetro calculado (PPOCL), expressão (50)

### 3.1.4 - Calcular ainda para cada linha

- 1 - Custo operacional ( $COPL_j$ ), expressão (51)
- 2 - Receita operacional ( $RECL_j$ ), expressão (52)
- 3 - Lucro ou diferença entre receita e custo operacional ( $LUCL_j$ ), expressão (53)
- 4 - Consumo de combustível ( $CCOML_j$ ), expressão (54)
- 5 - Tempo em movimento (TM), expressão (55)
- 6 - Tempo de espera (TE), expressão (56) ou (57)
- 7 - Tempo de transbordo (TT) para o modo secundário, expressão (58)
- 8 - Tempo de viagem (TV), expressão (59) ou (60)

### 3.1.5 - Compor o subsistema alimentador e os sistemas atual e futuro, calculando para cada caso :

- 1 - Total de frequências diárias
- 2 - Frota
- 3 - Percurso médio anual
- 4 - Demanda diária
- 5 - Relação entre demanda e oferta de assentos
- 6 - Custo médio por quilômetro
- 7 - Preço por passageiro-quilômetro

- 8 - Custo operacional
- 9 - Receita operacional
- 10 - Lucro
- 11 - Consumo de combustível anual
- 12 - Tempo total de viagem, diário
- 13 - Valor do tempo de viagem

3.1.6 - Comparar a hipótese zero (sistema atual) com as demais hipóteses compostas pelas diferentes linhas de ação para o sistema futuro (hipóteses 1,2 ...), com vistas à verificação de resultados econômicos :

- 1 - Lucro
- 2 - Valor do tempo
- 3 - Análise da consolidação

3.1.7 - Analisar as vantagens e desvantagens que a consolidação pode trazer aos diferentes elementos envolvidos :

- 1 - Usuário
  - apreciar a economia de tempo proporcionada, avaliando também o tempo médio de viagem;
  - apreciar as implicações da modificação proposta sobre as tarifas;
  - apreciar outros benefícios relativos à confiabilidade (conforto, velocidade e regularidade) , segurança, conveniência, etc..

## 2 - Operador

- lucro operacional a ser auferido;
- necessidade da reformulação da frota e suas implicações financeiras;
- outros, que mesmo indiretamente venham afetar os custos como rejuvenescimento da frota, redução de áreas, de efetivos, necessidade de treinamento, bilhetagem, comunicação, fusão das empresas, etc..

## 3 - Sociedade

- o tempo economizado pelo usuário do sistema e para as demais pessoas que se utilizam do corredor, beneficiadas com o aumento da velocidade média;
- a implicação da consolidação sobre a utilização de recursos, não só financeiros, mas referentes a matérias primas, combustíveis, gastos em manutenção, etc.;
- a melhoria do transporte coletivo há de atrair pessoas que se utilizam do transporte privado, reduzindo-se ainda mais o tempo de viagem e a poluição ambiental;
- a modernização do sistema

## 4 - Gerência

- implicações sobre a necessidade de maior ou me

nor fiscalização e de sua eficiência;

- possibilidade de evolução progressiva do transporte coletivo, que com o aumento da demanda poderá utilizar-se de tecnologias de veículo mais modernas;
- aspectos jurídicos relacionados com os direitos da empresa operadora;
- necessidade de investimentos.

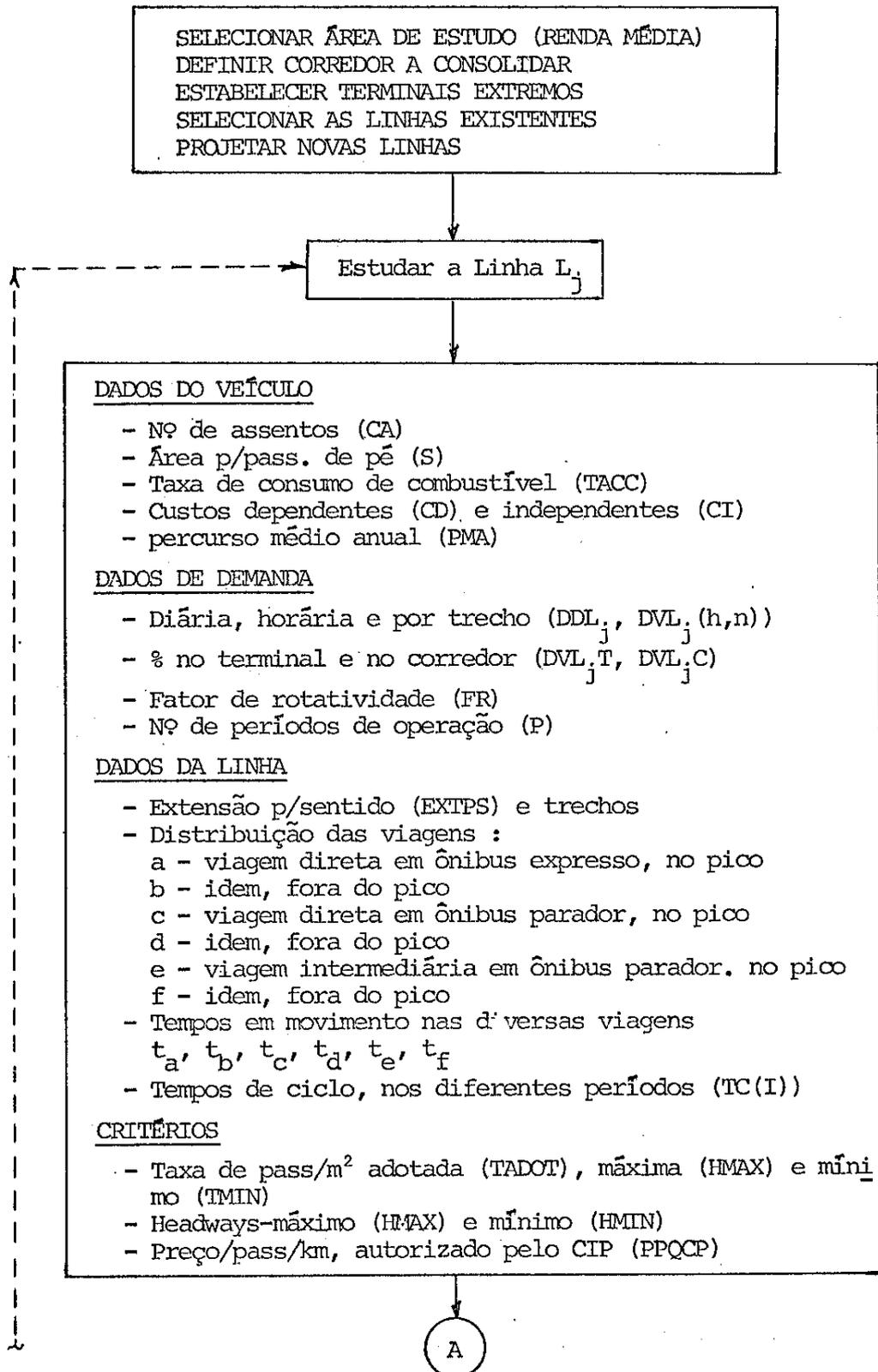
3.1.8 - Decidir quanto à melhor linha de ação e à possibilidade de adoção da mesma, face às disponibilidades financeiras :

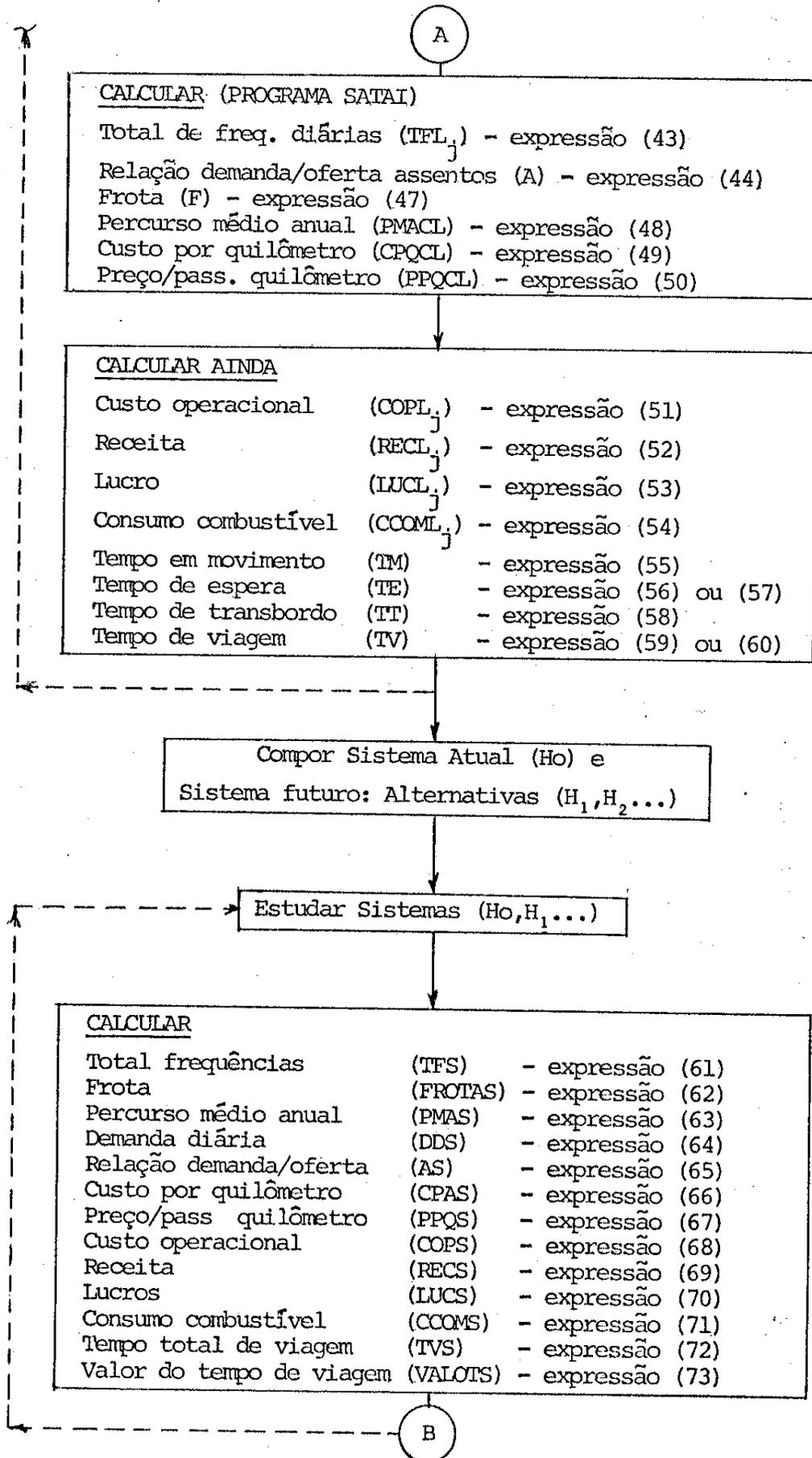
- 1 - Definir as novas linhas e tecnologias a adotar
- 2 - Rever as tarifas vigentes.

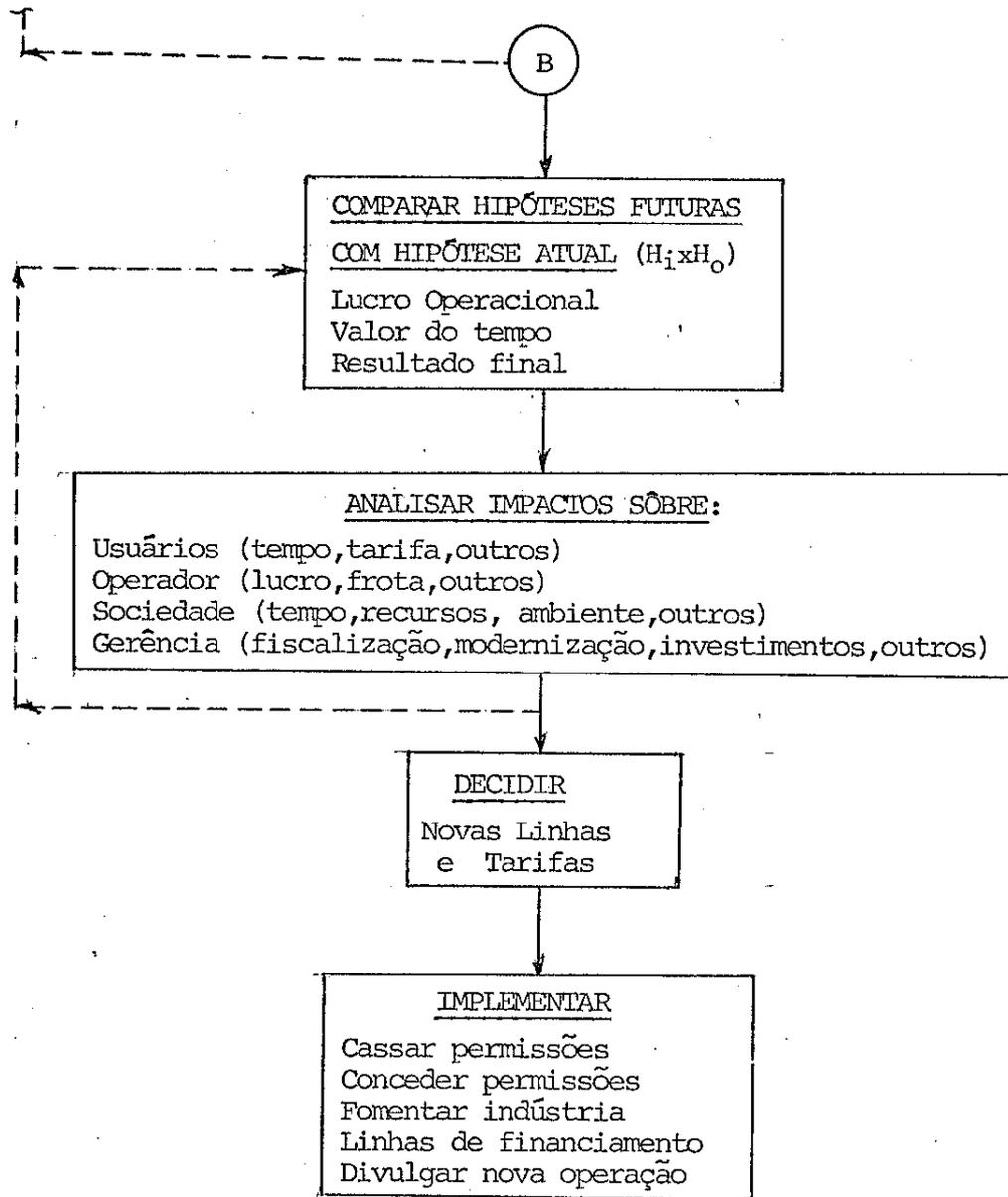
3.1.9 - Implantar a consolidação através de medidas diversas que envolvam :

- 1 - Cassar as permissões das linhas atuais.
- 2 - Conceder permissões para as novas linhas, incentivando a associação ou fusão dos operadores
- 3 - Fomentar a industrialização de novas tecnologias através de contatos com a indústria, com os órgãos representativos dos operadores, etc..
- 4 - Propor medidas que permitam o surgimento de linhas especiais de financiamento.
- 5 - Promover ampla divulgação junto aos usuários.

## 3.2 - Fluxograma para a Metodologia Proposta







### 3.3 - Redução da frota

A consolidação de linhas de ônibus é sempre vantajosa em relação à operação independente das linhas em um trecho comum de um corredor de alta densidade de tráfego, como se verá a seguir. Na pior hipótese a consolidação conduzirá a resultados semelhantes ao da operação atual .

Esta vantagem advém fundamentalmente da possibilidade de redução da frota de ônibus ou da oferta de lugares em um corredor, função de :

- um fator de redução da frota .
- um melhor ajustamento da oferta à demanda.

A seguir estes elementos são estudados com vistas a demonstrar a validade da afirmação feita de que a consolidação nunca será desvantajosa em relação ao "modus operandi" convencional .

#### 3.3.1 - Fator de Redução da frota

No capítulo precedente verificou-se que a capacidade da linha consolidada pode ser obtida através da capacidade de todas as linhas em operação, utilizando-se um fator R de redução da frota que pode ser obtida a partir dos níveis de demanda das diversas linhas. Esta redução da frota é apreciada como visto a seguir :

- A frota de uma linha qualquer é dimensionada para

atender ao período e ao trecho de maior demanda.

- Para determinado período do dia, qualquer que seja ele, é possível que as diversas linhas do corredor tenham suas demandas máximas ocorrendo em trechos diferentes.
- A oferta da linha consolidada não precisa ser, neste caso, igual ao somatório das ofertas máximas individuais das linhas que operam no corredor, devendo atender apenas ao trecho onde a demanda simultânea de todas as linhas é máxima.
- Para uma dada linha  $j$ , em certo horário  $h$ , e trecho  $n$ , tem-se :

$$CAPL_j(h) = CAPV \cdot NVEIC(h) \quad (23)$$

$$TOCL_j(h,n) = DVL_j(h,n) / CAPL_j(h) \quad (24)$$

sendo :

$$TOCL_j(h,n) = 1$$

$$CAPL_j(h) = \text{Max}_n (DVL_j(h,n)) \quad (25)$$

- Para um dado corredor onde operam  $J$  linhas :

$$DVC(h,n) = \sum_{j=1}^J DVL_j(h,n) \quad (26)$$

$$CAPC(h) = \sum_{j=1}^J CAPL_j(h) \quad (27)$$

$$TOCC(h,n) = DVC(h,n) / CAPC(h) \quad (28)$$

sendo :

$$\text{TOCC}(h,n) = 1$$

$$\text{CAPC}(h) = \sum_{j=1}^J (\text{Max}_n \text{DVL}_j(h,n)) \quad (29)$$

- Para a linha consolidada

$$\text{DVLC}(h,n) = \sum_{j=1}^J \text{DVL}_j(h,n) \quad (30)$$

$$\text{TOCLC}(h,n) = \text{DVLC}(h,n) / \text{CAPLC}(h) \quad (31)$$

sendo :

$$\text{TOCLC}(h,n) = 1$$

$$\text{CAPLC}(h) = \text{Max}_n (\text{DVLC}(h,n)) = \text{Max}_n (\sum_{j=1}^J \text{DVL}_j(h,n)) \quad (32)$$

- Assim o fator de redução da frota no horário  $h$ ,  $R(h)$ , pode ser obtido :

$$\text{CAPLC}(h) = R(h) \cdot \text{CAPC}(h) \quad (33)$$

$$R(h) = \text{CAPLC}(h) / \text{CAPC}(h) \quad (34)$$

$$R(h) = \frac{\text{Max}_n (\text{DVLC}(h,n))}{\sum_{j=1}^J \text{CAPL}_j(h)} = \frac{\text{Max}_n (\sum_{j=1}^J \text{DVL}_j(h,n))}{\sum_{j=1}^J \text{Max}_n (\text{DVL}_j(h,n))} \quad (35)$$

Nas expressões acima tem-se :

CAPV = capacidade do veículo

NVEIC(h) = número de veículos operando no horário  $h$

CAPL<sub>j</sub>(h) = capacidade da linha  $j$  no horário  $h$

$TOCL_j(h,n)$  = taxa de ocupação da linha  $j$ , no horário  $h$  e trecho  $n$

$DVL_j(h,n)$  = demanda de viagens na linha  $j$ , no horário  $h$  e trecho  $n$

$DVC(h,n)$  = demanda de viagens no corredor, no horário  $h$  e trecho  $n$

$CAPC(h)$  = capacidade do corredor (todas as linhas) no horário  $h$

$TOCC(h,n)$  = taxa de ocupação do corredor, no horário  $h$  e trecho  $n$

$DVLC(h,n)$  = demanda de viagens na linha consolidada, no horário  $h$  e trecho  $n$

$TOCLC(h,n)$  = taxa de ocupação na linha consolidada no horário  $h$  e trecho  $n$

$CAPLC(h)$  = capacidade da linha consolidada no horário  $h$

Como o perfil da demanda é de difícil obtenção, uma vez que é exógeno ao modelo de operação do sistema de transportes, e sofre a influência de uma série de fatores que afetam a movimentação das pessoas, pode-se considerar a possibilidade de dimensionar a oferta através de valores médios. Portanto um modelo estático pode ser usado e de modo iterativo ser ajustado ao comportamento da demanda. Assim o valor de  $R$  pode ser médio para determinado número de períodos, geralmente os de pico, que são os determinantes da frota, obtendo-se :

$$R = \frac{\text{Max}_n (\sum_{j=1}^J \text{DVL}_j(n))}{\sum_{j=1}^J \text{Max}_n (\text{DVL}_j(n))} \quad (36)$$

onde :

$\text{DVL}_j(n)$  - demanda média de viagens na linha  $j$  e trecho  $n$

Considere-se portanto para o corredor com  $N$  trechos e  $J$  linhas operando, a matriz de demandas da Figura 2 que esclarece o modo de obtenção do Fator de Redução de Frota  $R$ , cujo valor será sempre menor ou igual a unidade, (já que o máximo valor de um somatório não pode ser superior ao somatório dos máximos) .

Assim a consolidação de linhas de ônibus em nenhuma hipótese pode conduzir a situações desfavoráveis, devendo sempre ser considerada para avaliação dos benefícios possíveis decorrentes .

### 3.3.2 - Redução da frota devido ao melhor ajustamento da oferta à demanda

A redução da oferta de lugares e conseqüentemente da frota, pode ser alcançada não apenas através de uma redução da demanda na linha consolidada, conforme visto no item anterior, como também de uma melhor disposição da oferta para atendimento da demanda de viagens no corredor. Esta redução pode ser apreciada como a seguir exposto :

O órgão fiscalizador do serviço de transporte públi

Linhas	$n = 1$	$n = 2$	Trechos	$n = 3$	$n = N$	CAPL <sub>j</sub>
$j = 1$	DVL <sub>1</sub> (1)	DVL <sub>1</sub> (2)	DVL <sub>1</sub> (3)	-----	DVL <sub>1</sub> (N)	Max <sub>n</sub> (DVL <sub>1</sub> (n))
$j = 2$	DVL <sub>2</sub> (1)	DVL <sub>2</sub> (2)	DVL <sub>2</sub> (3)	-----	DVL <sub>2</sub> (N)	Max <sub>n</sub> (DVL <sub>2</sub> (n))
$j = 3$	DVL <sub>3</sub> (1)	DVL <sub>3</sub> (2)	DVL <sub>3</sub> (3)	-----	DVL <sub>3</sub> (N)	Max <sub>n</sub> (DVL <sub>3</sub> (n))
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
$j = J$	DVL <sub>J</sub> (1)	DVL <sub>J</sub> (2)	DVL <sub>J</sub> (3)	-----	DVL <sub>J</sub> (N)	Max <sub>n</sub> (DVL <sub>J</sub> (n))
DVLC	$\sum_{j=1}^J DVL_j(1)$	$\sum_{j=1}^J DVL_j(2)$	$\sum_{j=1}^J DVL_j(3)$	-----	$\sum_{j=1}^J DVL_j(N)$	

$$R = \text{Max}_n (\sum_{j=1}^J DVL_j(n) \div \sum_{j=1}^J \text{Max}_n (DVL_j(n)))$$

Figura 2 : Matriz de demandas de viagens nas J linhas e N trechos de um corredor, para determinação do valor de R .

co, municipal, metropolitano ou estadual, normalmente esta-  
belece intervalos de tempo máximos entre os veículos  
("headway" máximos), no sentido de que o serviço seja man-  
tido mesmo nos períodos de baixa demanda. Isto acarreta va-  
lores menores para a taxa de ocupação dos veículos e da li-  
nha, fazendo com que veículos circulem com uma oferta ocio-  
sa de lugares. Em determinado período a imposição de  
"headways" máximos para cada linha fará circular um certo  
número de veículos proporcional ao número de linhas. O mes-  
mo atendimento mínimo será prestado caso se tenha apenas  
uma única linha, sendo o número de veículos sensivelmente  
reduzido nestes horários de baixa demanda .

#### 3.4 - Dimensionamento da oferta

Um passo importante na avaliação dos impactos decor-  
rentes da consolidação de linhas se refere ao estudo de ca-  
da uma das linhas, tanto as já existentes, como as propos-  
tas, quer sejam alimentadoras ou distribuidoras e troncais  
ou consolidadas .

Estudos desenvolvidos por Tabosa<sup>3</sup> e também por Rosa  
Filho<sup>4</sup> baseado na Teoria das Envoltórias proposta por Rea e  
Miller<sup>5</sup> possibilitam dimensionar a oferta dentro de pressu-  
postos tais que permitem operar a linha em condições que  
atendam não apenas aspectos econômicos como ergonômicos e  
de nível de serviço desejáveis. Tais estudos conduziram ao  
modelo em uso corrente no DTC-Departamento de Transportes  
Concedidos do Estado do Rio de Janeiro que se utiliza, para

os cálculos, de um programa de computador denominado SATAI<sup>6, 8</sup>.

Tendo em vista que a análise da consolidação proposta é feita com base nos resultados apresentados por tal modelo, faz-se mister apresentá-lo aqui, considerando suas diversas etapas de modelagem.

#### 3.4.1 - Dados gerais para uso do programa SATAI.

- PMADT = percurso médio anual adotado, em km, (que é o da metodologia tarifária vigente).
- CD = custo dependente anual médio para as empresas do sistema de transporte coletivo urbano, expresso em CR\$/veic.
- CI = custo independente do PMA, expresso em CR\$/km e também referente às empresas do sistema.
- PPQCP = preço da passagem por quilômetro autorizado pelo CIP e em vigor para o cálculo da tarifa, expresso em CR\$/(pass km).
- CA = número de assentos da tecnologia de ônibus utilizada.
- S = área disponível para passageiro de pé, em m<sup>2</sup>.

#### 3.4.2 - Dados da linha

- EXTPS = extensão da linha por sentido, expressa em km

- I = períodos horários de 1 a P, em que se divide a jornada de operação.
- K = sentidos de viagem, sendo K = 1 para a ida e K = 2 para a volta.
- IPICO(k) = período onde ocorre o pico da demanda no sentido K.
- D(I,K) = demanda no período I e sentido K.
- FR(K) = fator de rotatividade da demanda por sentido K, igual ao quociente do número de passageiros que percorrem a linha pelo número de passageiros no trecho mais carregado.
- TC(I) = tempo de ciclo no período I, expresso em min.

### 3.4.3 - Dados dos experimentos

São os valores considerados dentro da simulação da operação :

- TADOT = número de passageiros de pé por  $m^2$ , utilizado para cálculo do "headway" técnico.
- TMAX = número máximo de passageiros de pé por  $m^2$ , considerado na condição de saturação técnica do veículo.
- TMIN = número mínimo de passageiros de pé por  $m^2$ , utilizado para definição da tecnologia de veículo a adotar.
- HMAX = "headway" máximo considerado para a operação si

mulada, expresso em min.

HMIN = "headway" mínimo que limita a capacidade do sistema, função das capacidades das vias ou terminais, em min.

#### 3.4.4 - Dimensionamento da frota

Cálculos realizados pelo programa dentro de cada simulação :

$$CAPV = CA + S \cdot TADOT \quad (37)$$

$$HTEC(I,K) = \frac{60 \cdot CAPV \cdot FR(K)}{D(I,K)} \quad (38)$$

$$HOP(I,K) = \begin{cases} HMAX & - \text{ se } HTEC > HMAX \\ HTEC & - \text{ múltiplo de } 0,5 \text{ min} \\ HMIN & - \text{ se } HTEC < HMIN \end{cases}$$

$$CPQ = \frac{CD}{PMA} + CI \quad (39)$$

$$HVE(I,K) = \frac{60 \cdot CPQ}{PPQCP \cdot D(I,K)} \quad (40)$$

Se  $HVE(I,K) > HOP(I,K)$  a operação é inviável para o período e sentido indicados;

$$T(I,K) = \frac{HOP(I,K) \cdot D(I,K) / FR(K) - 60 \cdot CA}{60 \cdot S} \quad (41)$$

Se  $TMIN < T(I,K) < TMAX$  a tecnologia proposta está correta; caso fuja dos limites é conveniente trocar o tipo de veículo no período e sentido indicados .

$$FD(I) = 1/HOP(I,K) \quad (42)$$

$$FTL_j = 2 \sum_{I=1}^P FD(I) \quad (43)$$

onde :

CAPV = capacidade do veículo

FD(I) = corresponde ao número de viagens que devem ser feitas no período I, determinadas pelo sentido de maior demanda. O modelo considera como simplificação que toda a viagem deve abranger ida e volta.

HTEC(I,K) = "headway" técnico ou calculado, no período I e sentido K, em min.

HOP(I,K) = "headway" operacional adotado, no período I e sentido K, expresso em min.

CPQ = custo por veículo por quilômetro em cruzeiros.

HVE(I,K) = "headway" de viabilidade econômica, no período I e sentido K, em min.

T(I,K) = taxa de passageiros de pé por m<sup>2</sup>, verificada.

FTL<sub>j</sub> = total diário e frequências na linha j

Um indicador importante para mostrar o ajustamento de demanda/oferta é :

$$A = DDL_j / (CA \cdot FTL_j) \quad (44)$$

onde :

$DDL_j$  = demanda diária na linha  $j$

$A$  = relação entre a demanda diária e o número de assentos ofertados, na linha  $j$ .

O cálculo da frota é então feito através de duas expressões onde se considera o período em que o produto do número de frequências pelo tempo de ciclo é máximo, adotando-se a maior frota ( $F_1$  ou  $F_2$ ) acrescida de 10% (valor prático que considera uma reserva para fazer face a acidentes, manutenção, avarias, etc.), arredondando-se o valor para número inteiro :

$$F_1 = \sum_{I=W-M+1}^{I=W} FD(I) + \frac{(FD(W-M)) - (TC(W) - M \cdot 60)}{60} \quad (45)$$

$$F_2 = \sum_{I=W}^{I=W+M-1} FD(I) + \frac{(FD(W+M)) \cdot (TC(W) - M \cdot 60)}{60} \quad (46)$$

$$FL_j = 1,1 \cdot F_1 \text{ ou } 1,1 \cdot F_2 \quad (47)$$

onde :

$W$  = período de pico no sentido  $K$

$M \approx TC(W)/60$  (maior número inteiro que representa em horas o tempo de ciclo no período de pico)

$FL_j$  = frota de veículos na linha  $j$ .

Dimensionada a frota, pode-se obter valores específicos para a linha em questão, que são designados como valores

calculados :

$$PMACL_j = 320 FTL_j \cdot EXTPTS/FL_j \quad (48)$$

$$CPQCLL_j = CD/PMACLL_j + CI \quad (49)$$

$$PPQCLL_j = CPQCLL_j / (A \cdot CA) \quad (50)$$

onde :

$PMACLL_j$ ,  $CPQCLL_j$  e  $PPQCLL_j$  são os valores calculados para a linha  $j$  de PMA, CPQ e PPO.

#### 3.4.5 - Outros indicadores

Cálculos adicionais conduzem a valores que são úteis na avaliação do desempenho dos sistemas simulados :

$$COPL_j = PPQCLL_j \cdot EXTPSL_j \cdot DDL_j \quad (51)$$

$$RECL_j = PPQCP \cdot EXTPSL_j \cdot DDL_j \quad (52)$$

$$LUCL_j = RECL_j - COPL_j \quad (53)$$

$$CCOML_j = PMACLL_j \cdot TACC(V) \cdot FL_j \quad (54)$$

onde :

$COPL_j$  = custo operacional da linha  $j$

$RECL_j$  = receita da linha  $j$

$LUCL_j$  = lucro ou diferença entre receita e custo

operacional na linha j

$CCOML_j$  = consumo de combustível na linha j

$FL_j$  = frota de veículos da linha j

$DDL_j$  = demanda diária na linha j

$EXTPSL_j$  = extensão por sentido na linha j

$TACC(V)$  = taxa de consumo de combustível em  $\ell/km$   
para cada tipo de veículo (V)

### 3.5 - Tempo de viagem

O tempo de viagem para o usuário compreende basicamente os tempos gastos em movimento, em espera nos terminais e pontos de embarque e os tempos gastos em transbordo .

#### 3.5.1 - Tempo em movimento

Para o cálculo dos tempos admite-se que a viagem do usuário que se utiliza do sistema consolidado se dará através de :

- MODO PRINCIPAL, ao longo do corredor onde operará a linha consolidada. No caso do sistema atual, há apenas um modo sendo utilizado.
- MODO SECUNDÁRIO, ao longo dos trechos remanescentes de cada linha original, utilizado para cobertura dos percursos anteriormente cumpridos pelas linhas existentes.

Para o modo principal há que considerar os tempos em movimento para as diversas alternativas de viagem possíveis e que podem ser assim classificadas :

- a - viagem direta em ônibus expresso, no período de pico;
- b - idem, fora do período de pico;
- c - viagem direta em ônibus parador, no período de pico;
- d - idem, fora do período de pico;
- e - viagem intermediária em ônibus parador, no período de pico;
- f - idem, fora do período de pico

O tempo médio em movimento para uma determinada linha do sistema atual pode ser determinado a partir dos percentuais de viagens das alternativas acima e dos respectivos tempos de deslocamento observados .

Designando o percentual de viagens por  $i\%$  e o tempo em movimento por  $t_i$ , onde  $i$  é a letra indicativa da alternativa em questão, pode-se escrever para equação do tempo médio em movimento (TM) para as viagens no modo principal :

$$TM = \frac{1}{100} (a\% \cdot t_a + b\% \cdot t_b + c\% \cdot t_c + d\% \cdot t_d + e\% \cdot t_e + f\% \cdot t_f) \quad (55)$$

Esta expressão pode ser aplicada também para as viagens no modo secundário (TM'), considerando-se os tipos de

viagem pertinentes .

### 3.5.2 - Tempo de espera

O tempo que o usuário despende aguardando a condução no ponto de embarque apresenta uma grande correlação com os "headways" operacionais da linha pretendida, e com as características dos ponto de parada .

Para as linhas urbanas com "headways" pequenos, quando os horários de partida não são bem conhecidos, o tempo de espera ao longo da linha pode ser tomado como sendo equivalente a 50% do intervalo entre veículos, admitindo-se que os passageiros chegam aos pontos de embarque segundo uma distribuição normal .

Para os embarques nos terminais o tempo de espera também é função do intervalo, mas vai depender também das condições de conforto e segurança do terminal, da taxa de ocupação da linha e do tempo em movimento. Muitas vezes o passageiro prefere aguardar na fila de embarque para poder viajar sentado, dispendendo assim um tempo de espera maior. Observações feitas no Terminal Américo Fontenele permitem considerar que este tempo em média se aproxima do "headway" para as viagens longas, no modo principal. Já para o modo secundário, como as distâncias são pequenas e as frequências menores, o tempo de espera se restringe em média a 50% do intervalo, como exposto acima .

Assim pode-se obter o tempo médio de espera para cada

linha fazendo-se :

- MODO PRINCIPAL ou único

$$TE = \frac{\sum_{I=1}^P (DVL_{j,T(I)} + 0,5 \cdot DVL_{j,C(I)}) \cdot H(I)}{DDL_j} \quad (56)$$

- MODO SECUNDÁRIO

$$TE' = \frac{0,5 \cdot \sum_{I=1}^P DVL_{j(I)} \cdot H(I)}{DDL_j} \quad (57)$$

onde :

TE = tempo médio de espera no modo principal

TE' = tempo médio de espera no modo secundário

$DVL_{j(I)}$  = demanda de viagens na linha j, no período I

$DDL_j$  = demanda diária na linha j

$DVL_{j,T(I)}$  = demanda de viagens no terminal, na linha j, no período I

$DVL_{j,C(I)}$  = demanda de viagens ao longo do corredor, na linha j, no período I.

### 3.5.3 - Tempo de transbordo

A alternativa que se busca na operação consolidada é fazer com que o usuário saia da via, onde as condições de conforto e segurança são as mínimas (falta de abrigos, poluição, assaltos, etc.), deslocando-se o mais rapidamente possível para um terminal onde disporá de melhores condi

ções para aguardar no ponto final um veículo que o conduza ao destino .

Para os passageiros que devem se utilizar do modo secundário para completar o deslocamento, o tempo de transbordo no terminal (TT) não deve ser grande, e se possível equivalente ao tempo de espera normalmente considerado. Para um sistema resultante da consolidação de linhas que operam em determinado corredor, com um número de linhas pequeno e com transbordo em um terminal com pontos finais de linha próximos, o tempo de transbordo e espera deve ser tomado como igual ao tempo médio de espera usual, sendo no mínimo igual a 5 minutos .

$$TT = TE' (\geq 5 \text{ min}) \quad (58)$$

Este valor mínimo de 5 minutos foi obtido considerando o tempo necessário para o desembarque na estação de transbordo (1 min); tempo para deslocamento por 230 m de distância à uma velocidade de 1,3 m/seg (3 min) e o tempo para embarque no modo secundário (1 min). Isto é viável supondo um sistema bem planejado, não exigindo grandes deslocamentos ou compra de bilhete, no terminal .

#### 3.5.4 - Tempo de viagem

Para usuários que se utilizam apenas do modo principal, a consolidação das linhas no corredor é muito proveitosa, já que o tempo de viagem (TV), expresso por :

$$TV = TE + TM \quad (59)$$

então fica bastante reduzido, já que TE e TM devem ser diminuidos .

Para usuários que dependem ainda de um modo secundário para completar a viagem tem-se :

$$TV' = TE + TM + TT + TM' \quad (60)$$

Neste caso o tempo de viagem poderá ser menor ou não, dependendo das condições em que o novo sistema deve operar.

### 3.6 - Valor do tempo de viagem

O usuário do transporte coletivo sem dúvida atribui ao tempo gasto em viagem um valor, variável de indivíduo para indivíduo, mas certamente diferente de zero .

É usual, na avaliação da viabilidade econômica de projetos na área de transportes, quantificar os benefícios de correntes das variações nos tempos gastos .

A determinação do valor que o usuário está disposto a pagar para chegar mais cedo ao destino ou para sair mais tarde da origem é tarefa por demais difícil. Uma pesquisa de campo em cada área de estudo poderia indicar valores aproximados, apesar de serem muito subjetivas as respostas obtidas, já que o usuário não tem a possibilidade de opção real, a não ser no campo das hipóteses, entre o que existe e

o que está projetado .

É usual estabelecer-se para custo do tempo uma parcela da renda média mensal, variável de acordo com as condições de confiabilidade, conforto, segurança, necessidade de transbordo, tempo de espera, conveniência e nível de renda. Os valores adotados tem sido normalmente de 25%, 32,5% e 40% da renda média horária verificada<sup>9</sup>.

Assim o valor do tempo de viagem será função direta do número de horas dispendidas em viagem e da renda média do usuário do transporte .

### 3.7 - Sistema de linhas

O que se pretende neste estudo de consolidação de linhas de ônibus é encontrar um novo modo de operação para um conjunto de linhas que se utilizam de um mesmo corredor .

Inicialmente deve-se considerar o que será denominado o "SISTEMA ATUAL", composto pelas linhas objeto da análise. Para êle serão avaliados alguns indicadores dentro das simulações a serem experimentadas, a saber :

$TFS(V)$  = total de frequências diárias no sistema, para veículo (V);

$FS(V)$  = frota do sistema ou conjunto de todos os ônibus do tipo (V) que compõem as frotas das diversas linhas;

$PMAS(V)$  = percurso médio anual para os veículos tipo

- (V) das linhas do sistema;
- CPQS(V) = custo por quilômetro, idem;
- PPQS(V) = preço por passageiro por km, idem;
- AS(V) = relação média entre a demanda e a oferta de lugares sentados, idem;
- DDS = demanda diária em todas as linhas do sistema;
- COPS = custo operacional para todas as linhas do sistema;
- RECS = receita para todas as linhas do sistema;
- LUCS = diferença entre a receita e o custo operacional, no sistema;
- CCOMS = consumo de combustível de todas as linhas do sistema;
- TVS = tempo total de viagem, no sistema;
- VALOTS = valor atribuído ao tempo total de viagem no sistema.

Os cálculos são feitos através de expressões decorrentes das anteriormente formuladas, conforme a tecnologia do veículo empregada :

$$TFS(V) = \sum_{j=1}^J TFL_j \quad (61)$$

$$FS(V) = \sum_{j=1}^J F \cdot L_j \quad (62)$$

$$PMAS(V) = \sum_{j=1}^J (PMAL_j \cdot FL_j) / FS(V) \quad (63)$$

$$DDS = \sum_{j=1}^J DDL_j \quad (64)$$

$$AS(V) = DDS / \sum_v (CA(V) \cdot FS(V)) \quad (65)$$

$$CPQS(V) = CI + CD / PMAS(V) \quad (66)$$

$$PPQS(V) = CPQS(V) / (AS(V) \cdot CA(V)) \quad (67)$$

$$COPS = \sum_{j=1}^J COPL_j \quad (68)$$

$$RECS = \sum_{j=1}^J RECL_j \quad (69)$$

$$LUCS = RECS - COPS \quad (70)$$

$$CCOMS = \sum_{j=1}^J CCOML_j \quad (71)$$

$$TVS = \frac{\sum_{j=1}^J (TE_j \cdot DDL_j)}{DDS} \quad (72)$$

$$VALOTS = TVS \cdot \text{CUSTO TEMPO VIAGEM} \quad (73)$$

Alguns destes valores são obtidos desagregadamente para cada tipo de veículo em operação, conforme indicado com (V), uma vez que a tecnologia em questão altera os valores referentes a cada padrão de ônibus.

Da mesma forma em que são definidos parâmetros para o sistema atual, serão definidos os parâmetros para o sistema futuro. O sistema futuro será constituído por uma linha tronco consolidada, (onde poderá ser simulada a operação alter

nativa de diferentes tipos de tecnologias de Ônibus), e por um sub-sistema alimentador .

O sub-sistema alimentador será constituído por diversas linhas encarregadas do serviço de transporte público além do terminal de transbordo a ser colocado na cabeceira da linha tronco, percorrendo os itinerários anteriormente cobertos pelas linhas do sistema atual. Da mesma forma que na linha consolidada, tecnologias alternativas poderão ser simuladas para avaliar sua adequação às características das futuras linhas alimentadoras .

O sistema futuro será então avaliado dentro das diversas alternativas de composição possíveis - linha tronco sub sistema alimentador, comparando-se com o sistema atual .

## CAPÍTULO IV

### APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

#### 4.1 - Área de estudo

A aplicação dos procedimentos para a consolidação será feita à algumas linhas de ônibus que interligam o centro da cidade do Rio de Janeiro com a cidade de Duque de Caxias e áreas adjacentes. Trata-se mais precisamente de linhas de ônibus intermunicipais, que partem no Rio de Janeiro, da área próxima à estação CENTRAL DO BRASIL da RFFSA (Terminal Américo Fontenele), e trafegam pelo corredor da Av. Brasil, passando pelo centro da cidade de Duque de Caxias, onde fazem terminal na estação rodoviária ou se dirigem às diversas localidades próximas .

As áreas servidas pelas linhas selecionadas são caracterizadas por uma ocupação residencial da classe de baixa renda per capita e também por uma ocupação industrial pouco densa .

A Av. Brasil tem uma área de influência que abrange 56% da população da área de estudo do "Plano Integrado de Transportes"<sup>17</sup> elaborado pela Companhia do Metropolitano, sendo a frota de automóveis constituída apenas por 33% do total da área de estudo em questão. A importância da Av. Brasil como corredor denso de transporte e a relevância do segmento transporte público na mesma, podem ser enfatizados através das seguintes considerações e dados, conforme "Es-

tudos de Tráfego - Melhorias nas Condições Físicas - Remanejamento Operacional no Corredor da Av. Brasil"<sup>9</sup>:

- A Av. Brasil em seu trecho mais carregado, entre a Ponte Rio - Niterói e a entrada para a Ilha do Governador, tem um tráfego diário de 200.000 veículos (1978), dos quais 13% são ônibus, 17% caminhões e 70% automóveis.
- Na Região Metropolitana do Rio de Janeiro existem cerca de 500 linhas de ônibus municipais e intermunicipais, 263 das quais se utilizam da Av. Brasil onde, na altura de Mangueiras, foram contados 900 ônibus por hora por sentido, no período de pico.
- A relação habitantes/automóvel apresenta alguns valores como os abaixo :

Rio de Janeiro	13,34
Botafogo	6,31
Duque de Caxias	105,91
São João de Meriti	101,50
Nilópolis	86,31
Nova Iguaçu	75,23

- Os ônibus transportam na Av. Brasil 6,4 vezes mais passageiros que os carros particulares. Em São João de Meriti esta relação passa para 17,7 .
- O movimento das pessoas ao longo da Av. Brasil é preferencialmente centro-subúrbio e vice-versa (79%), ficando os 21% restantes para movimentos

com origem e destino ao longo do corredor.

Sendo a Av. Brasil o principal corredor rodoviário do Rio de Janeiro, responsável pela movimentação da maior parte das pessoas na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, e quase que único acesso para as viagens intermunicipais e interestaduais, tem sido alvo de um sem número de estudos. Recentemente a Secretaria de Transportes do Estado do Rio de Janeiro conforme estudos realizados para "Melhoria nas Condições Físicas - Remanejamento Operacional no Corredor da Av. Brasil"<sup>9</sup>, passou a realizar obras e a estabelecer condições operacionais com vistas a otimizar o fluxo de veículos e a colaborar de maneira decisiva na otimização da infraestrutura viária existente. Cabe assim destacar :

- Obras para dar continuidade a faixa lateral (no trecho de Parada de Lucas), permitindo uma melhor ordenação do tráfego.
- Criação de faixas exclusivas para ônibus em ambos os sentidos nas pistas centrais de saídas e acesso da cidade, caracterizando uma prioridade ao movimento de coletivos que não fazem paradas ao longo da Av. Brasil.
- Estabelecimento de pontos de parada seletiva para os ônibus que trafegam nas pistas laterais, espaçando-os e ordenando-os de modo a minimizar a ocorrência dos distúrbios decorrentes de sua utilização.
- Operação de parte das viagens sob a forma de veículo

los expressos, durante as horas de pico, utilizando as faixas exclusivas centrais, permitindo para os mesmos uma redução do tempo de ciclo e um alívio do tráfego nas pistas laterais, com melhoria no nível de serviço para os veículos que operam nas mesmas.

Dados mais recentes já apresentam os primeiros resultados sobre a implantação de faixas exclusivas para ônibus na Av. Brasil, conforme consta da publicação do DTC-RJ "Aspectos de Otimização em Transportes Coletivos Rodoviários"<sup>8</sup> :

- tráfego diário em 1981 de 200.000 veículos por dia;
- na hora de pico o tráfego era composto de 5% de ônibus e 21% de caminhões;
- na pista central a velocidade dos ônibus evoluiu de 50 km/h para 80 km/h, sendo 8% do volume do tráfego na mesma;
- os veículos particulares passaram a trafegar a uma velocidade média de 55 km/h;
- nos períodos de pico 40% das viagens por ônibus se dá pela faixa exclusiva em ônibus rápidos ou expressos;
- 50% das viagens ao longo do corredor se utilizam do Terminal Américo Fontenele - viagem diretas. O restante - viagens intermediárias - tem ponto inicial ou final ao longo da Av. Brasil.

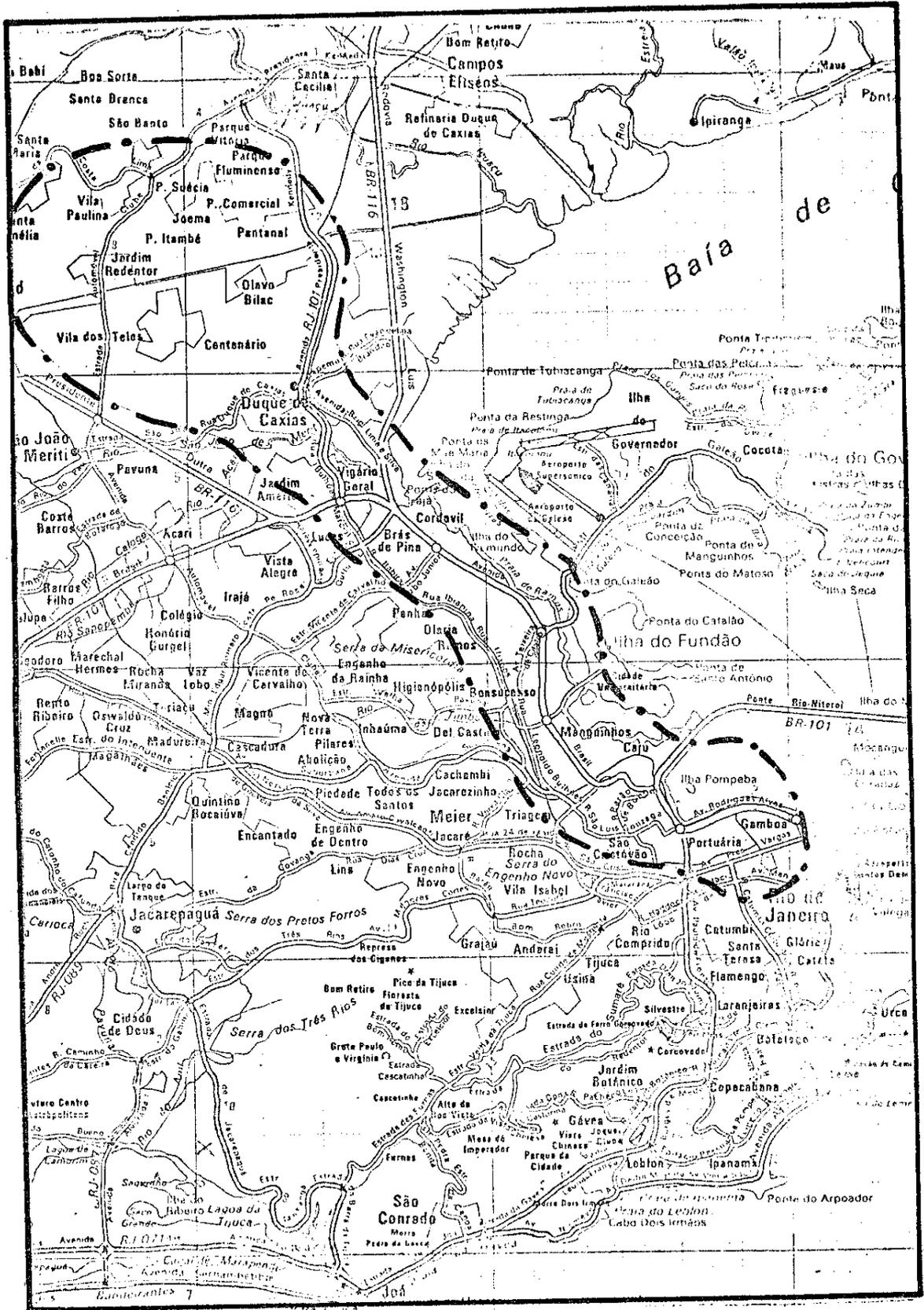


Figura 3 - Área de Estudo

Assim, para o cálculo dos tempos de viagem, adotou-se, a partir das curvas de demanda adotadas (fig. 4), a distribuição das viagens constantes da Tabela 2 .

TABELA 2 - Distribuição das viagens no corredor da Av. Brasil

---



---

a = 18,2%	- viagens diretas em ônibus expressos	(pico);
b = 0%	- idem	(fora do pico);
c = 6,8%	- viagens diretas em ônibus parador	(pico);
d = 25%	- idem	(fora do pico);
e = 25%	- viagens intermediárias	(pico);
f = 25%	- idem	(fora do pico).

---



---

Fonte - Manipulação de dados

#### 4.2 - Linhas selecionadas para aplicação do modelo (sistema atual)

Inicialmente foram pesquisadas as linhas de ônibus que percorrendo a Av. Brasil, alcançavam o centro de Duque de Caxias, quer utilizando a estrada Rio - Petrópolis (BR-040), quer através das vias que partem de Parada de Lucas. Os dados referentes a extensão da linha, empresa operadora, frota em uso e demanda mensal foram obtidos junto ao DTC, através dos Boletins de Operação Mensal (BOM). Os valores encontrados são os constantes da Tabela 3 .

A seguir foram realizados estudos buscando conseguir dados quanto a distribuição da demanda mensal, seguindo os períodos horários de um dia útil, e quanto aos tempos de

ciclos nos diversos períodos de operação .

Quanto à distribuição horária da demanda foi considerada a curva de distribuição apresentada pelo "Anuário de Transporte Coletivo Rodoviário Intermunicipal - 1978"<sup>10</sup> pesquisada para as linhas de ônibus urbanos partindo do centro. Admitindo-se sua validade para todas as linhas selecionadas, parte-se inicialmente para uma primeira aproximação, uma vez que algumas delas não operam no período da madrugada, aproximadamente entre 00:00 e 04:00 horas da manhã. Para a demanda no sentido bairro centro, dada a inexistência de valores estatísticos, partindo-se da oferta no mesmo Terminal Américo Fontenele, buscou-se traçar uma curva que ao menos em parte justificasse a oferta de lugares registrado.

TABELA 3 - Linhas de Ônibus do Sistema Atual

Linhas (origem-destino)	Empresa	EXTPS (km)	Frota (Ônibus)	Demanda Mensal ( viagens )
Central-Gramacho	Reginas	27,9	19	191.679
Central-J.Leal	Reginas	29,6	18	164.512
Central-V.dos Telles	Reginas	31,0	20	193.692
Central-J.Redentor	Reginas	32,0	27	214.692
Central-P.Califórnia	União	35,2	07	37.392
Central-P.São Vicente	União	37,4	24	171.384
Central-D.Caxias	Jurema	23,3	20	235.620
Central-D.Caxias	Carioca	23,3	43	399.360
Central-D.Caxias (v/Maracã nã)	Carioca	23,3	23	211.071

Fonte : DTC-RJ, BOM (Jan/81)

Esta simplificação foi imposta pela necessidade de conhecer dados de demanda horária nos dois sentidos a partir de informações quanto a demanda mensal. Na impossibilidade de realizar uma pesquisa satisfatória em todas as linhas, chegando-se a valores, menos imprecisos, e considerando que tal simplificação implicaria na adoção de um valor unitário para o fator de redução de frota, o que reduziria ao nível mínimo as vantagens da consolidação, mas que não invalidaria a aplicação da metodologia ora proposta, optou-se para maior simplicidade por esta solução menos ortodoxa. Assim a figura 4 apresenta as curvas de variação da demanda horária nos dois sentidos, a serem utilizadas no presente estudo de caso .

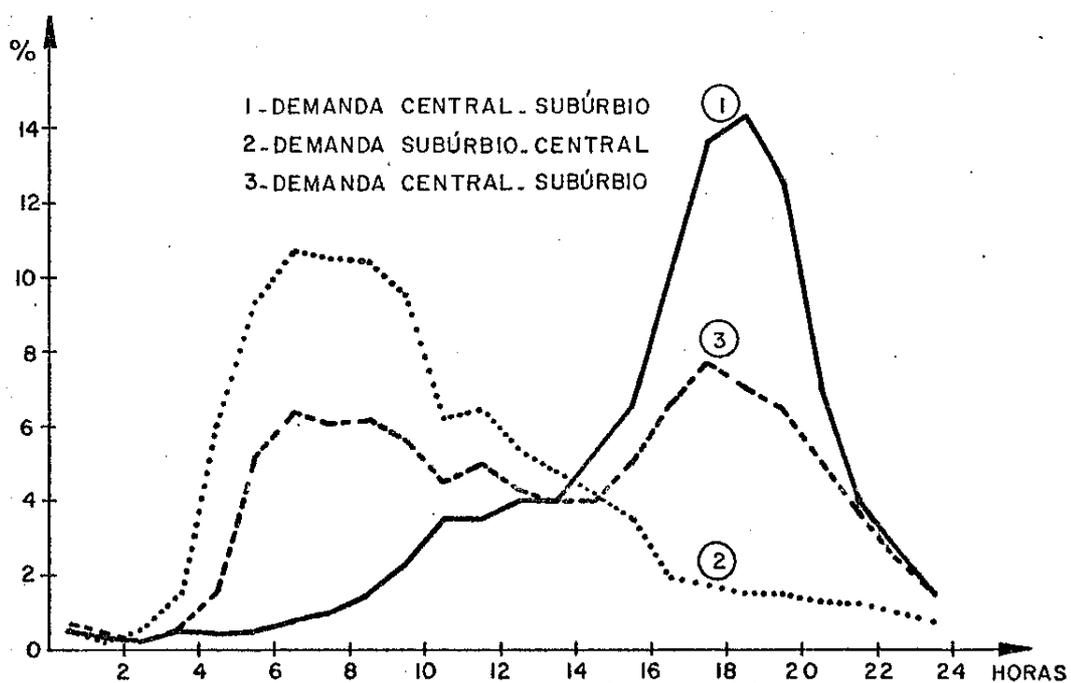


Figura 4 : Curvas de variação da demanda horária

Fonte : Curvas 1 e 3: DTC-RJ<sup>10</sup> . Curva 2: manipulação de dados

O documento apresenta também para distribuição diária das viagens semanais os seguintes valores :

2 <sup>a</sup> à 6 <sup>a</sup> feira	15,81%
Sábado	13,26%
Domingo	7,84%

Considerando-se que o ano tem oficialmente 10 dias feriados (com demanda equivalente aos domingos), pode-se dizer que a semana média tem 6,20 dias úteis, como abaixo se demonstra :

- Dias não úteis na semana e percentual de viagens semanais :

Sábado	13,26%
Domingo	7,24%
Feriados ( $= \frac{10}{52} \cdot 7,24\%$ )	<u>1,39%</u>
Total	21,89%

- Assim :

Dias não úteis (21,89/15,81 =)	1,39
Dias úteis (5-10/52 =)	<u>4,81</u>
Dias úteis equivalentes	= 6,20

O mês médio tem 4,33 semanas ou 26,87 dias úteis, enquanto o ano tem aproximadamente 320 dias úteis para fins cálculos em transportes urbanos .

Para se obter os tempos de ciclo fez-se uma pesquisa de campo entrevistando fiscais, despachantes, motoristas e

cobradores das empresas em questão obtendo-se as indicações para tempos de viagem da Tabela 4 .

TABELA 4 - Tempos em movimento de terminal a terminal

Origem - Destino	Tipo de Viagem	Tempos em movimentos (min)	
		Fora do Pico	Pico
Central - D.Caxias	expresso	-	22,5
	parador	30	37,5
Central - D.Caxias via/Maracanã	expresso	-	25,0
	parador	32,5	40,0
D.Caxias-Gramacho	parador	12,5	15,0
D.Caxias-J.Leal	parador	15,0	17,5
D.Caxias-V.Telles	parador	17,5	20,0
D.Caxias-J.Redentor	parador	27,5	30,0
D.Caxias-P.Califórnia	parador	22,5	25,0
D.Caxias-P.São Vicente	parador	25,0	27,5

Obs: As viagens intermediárias Central - Duque de Caxias consomem em média 10 minutos menos.

Fonte : Entrevista com pessoal de operação das diversas linhas.

Os tempos para o semi-ciclos foram então compostos, tomando-se o tempo Central-Duque de Caxias acrescidos dos tempos para os segmentos restantes e de 5 minutos de espera em um dos terminais .

#### 4.3 - Sistema atual

Os valores necessários como dados gerais para emprego

do programa SATAI foram obtidos junto ao DTC-RJ, e são referentes a Nov/80 e estão contidos na Tabela 10 .

Dadas as características das linhas em questão, intermunicipais, e que operam com tarifas mais altas que as linhas municipais que se utilizam do corredor da Av. Brasil, face às extensões percorridas maiores, admitiu-se para fatores de rotatividade da demanda em ambos os sentidos, valores unitários .

Os cálculos foram realizados para o Sistema Atual simulado e não o real, sendo que os experimentos foram realizados considerando-se no mínimo uma frequência horária e no máximo um veículo a cada 2 minutos. Para taxas de passageiros em pé/m<sup>2</sup> arbitrou-se três diferentes valores :

TADOT = 5 , TMAX = 7 - conforme sugere Ramos<sup>12</sup>

TADOT = 6 , TMAX = 8 - conforme Gonçalves<sup>11</sup>

TADOT = 8 , TMAX = 10 - valores usuais para transporte de massa.

As Tabelas 6, 7 e 8 apresentam valores obtidos para as diversas linhas isoladamente e para o sistema atual como um todo. A Tabela 15 apresenta um resumo destes valores em confronto com os correspondentes, obtidos para as diversas linhas de ação do sistema futuro .

A comparação da frota em operação (Tabela 3), que faz um total de 201 ônibus, com as frotas calculadas pelo programa SATAI indica uma disparidade muito grande a ser pes

quisada. Aparentemente a ineficiência atual é maior do que a percebida através da Tabela 15, provavelmente devido a fatores diversos tais como: demanda informada com valores bem abaixo dos realmente verificados, tempos de ciclo muito grandes, superdimensionamento das frotas, com acréscimo de ônibus não necessários à operação, entre outros .

Isto pode ser verificado considerando-se a frota existente e o PMA citado. Calcula-se então que cada ônibus transporta para cada quilômetro percorrido 1,58 passageiros, enquanto o mesmo cálculo feito com os PMA das Tabelas 5, 6 e 7, para as taxas adotadas de 5, 6 e 8 pass/m<sup>2</sup> conduz a valores de 2,22 pass/km, 2,40 pass/km e 2,76 pass/km respectivamente .

O cálculo dos tempos em movimento é feito aplicando-se a expressão (55), a partir das considerações contidas no item 4.1 e ainda dos valores de tempo apresentados na Tabela 4, chegando-se aos valores da Tabela 5 .

Os tempos de espera apresentados na Tabela 5 foram obtidos à partir da expressão (56), para uma taxa de 6 passageiros/m<sup>2</sup>, considerando-se que 50% das viagens são diretas e 50% intermediárias .

A partir dos tempos de viagem pode-se chegar, conhecidos os dados de demanda, ao tempo gasto diariamente no sistema, e à viagem média que é de 54,61 minutos .

TABELA 5 - Tempos de Viagem no Sistema Atual

	Demanda	Tempo (min)		Horas Viagem	
		Espera	Movim.	Viagem	P/dia
Central - Caxias (J)	8.606	15,0	26,7	41,7	5.981
" - " (C)	14.580	9,0	26,7	35,7	8.675
" - " (V/MAR)	7.712	16,7	29,2	45,9	5.900
" - Gramacho	6.988	17,4	40,4	57,8	6.732
" - J. Leal	6.001	21,1	42,9	64,0	6.401
" - V. Telles	7.244	17,9	45,4	63,3	7.642
" - J. Redentor	8.885	14,8	55,4	70,2	10.395
" - P. California	1.375	28,5	52,3	80,8	1.852
" - P. S. Vicente	6.259	20,3	52,9	73,2	7.636
Sistema Atual	67.650	-	-	-	61.214

Obs - Valores calculados em TADOT = 6 pass/m<sup>2</sup>

TABELA 6 - Sistema Atual (TADOT = 5 pass/m<sup>2</sup> - TMAX = 7 pass/m<sup>2</sup>)

Origem Destino	Σ FD(II)	PWA (cm)	Frota (on)	CPOCL (Cr\$)	PPOCL (Cr\$)	A	DD (Viagens)	Custo Operacional (Cr\$)		Receita (Cr\$)	Lucro (Cr\$)	
								(Parcial)	(Linha)			
Central -	a	67,60	134.131	9	32,0004	0,7553	1,1753	5721	120.717,50			
Granacho	b	19,18	68.525	5	43,5482	1,3190	0,9170	1267	46.625,73	167.343,23	192.797,97	25.454,74
Central -	a	58,65	138.887	8	31,5873	0,7540	1,1636	4914	109.672,62			
J.Leal	b	16,48	78.085	4	40,6579	1,2333	0,9156	1087	39.681,67	149.354,29	175.655,07	26.300,78
Central -	a	70,05	138.984	10	31,5792	0,7461	1,1757	5930	137.155,56			
V. Telles	b	19,90	79.002	5	40,4173	1,2248	0,9166	1314	49.891,10	172.176,74	222.067,75	49.891,00
Central -	a	84,31	123.346	14	33,0550	0,7661	1,1984	7276	178.372,60			
J. Pedentor	b	24,26	62.128	8	45,9793	1,3870	0,9208	1609	71.413,85	249.786,45	281.159,50	31.373,05
Central -	a	25,46	191.250	3	28,3980	1,0520	0,7498	1375	50.916,80			
P. Califórnia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50.916,80	47.861,99	- 3.054,81
Central -	a	60,83	145.611	10	31,0494	0,7372	1,1698	5124	141.275,24			
J.S.Vicente	b	17,21	82.401	5	38,5725	1,2002	0,9158	1135	50.947,29	192.222,53	231.484,49	39.261,96
Central-D. Caxias (Jurema)	a	81,92	135.743	9	31,8572	0,7407	1,1946	7047	121.619,31			
	b	23,59	87.964	4	38,3309	1,1602	0,9176	1559	42.143,92	163.763,23	198.290,82	34.527,59
Central-D. Caxias (Carloca)	a	136,07	144.941	14	31,1007	0,7089	1,2185	11939	197.200,88			
	b	40,07	99.604	6	36,1815	1,0981	0,9152	2641	67.571,91	264.772,79	335.937,74	71.164,95
Central-D. Caxias (V. Maracanã)	a	74,05	138.037	8	31,6591	0,7424	1,1845	6316	109.253,66			
	b	21,17	78.925	4	40,4372	1,2265	0,9158	1396	39.894,12	149.147,78	177.692,17	28.544,39
Sistema Atual	-	840,8	119.398	126	33,4888	0,8324	1,1175	67650	-	1.574.353,67	1.862.947,49	288.593,82

Observações : a = Ônibus parador percorrendo a faixa lateral da Av. Brasil

b = Ônibus expresso percorrendo a faixa exclusiva da Av. Brasil

TABELA 7 - Sistema Atual (TADCT = 6 pass/m<sup>2</sup> - TMAX = 8 pass/m<sup>2</sup>)

Origem Destino	I	FD (I)	PMA (km)	Frota (on)	CPQCL (Cr\$)	PPQCL (Cr\$)	A	DD (Viagens)	Custo Operacional (Parcial)	Receita (Cr\$)	Lucro (Cr\$)
									(Linha)		
Central -	a	62,19	123.401	9	33.0492	0,7186	1,2775	5.721	114.699,99		
Granacho	b	17,63	78.743	4	40.4847	1,1272	0,9975	1.267	39.845,73	192.797,97	38.252,25
Central -	a	54,23	128.417	8	32.5371	0,7181	1,2585	4.914	104.450,81		
J.Leal	b	15,09	71.466	4	42.5767	1,1821	1,0004	1.087	38.034,30	175.655,07	33.169,96
Central -	a	64,62	142.458	9	31.12953	0,6820	1,2744	5.930	125.372,06		
V.Talles	b	18,26	72.459	5	42.2664	1,1747	0,9993	1.314	47.850,23	222.067,75	48.845,46
Central -	a	77,61	122.276	13	33.1698	0,7076	1,3019	7.276	164.751,92		
J.Recentor	b	22,31	65.288	7	44.7190	1,2404	1,0014	1.609	63.865,72	281.159,50	52.541,86
Central -	a	24,88	186.869	3	28.5963	1,0350	0,7674	1.375	50.094,00		
P.Califórnia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50.094,00	- 2.232,01
Central -	a	56,16	149.365	9	30.7702	0,6745	1,2671	5.124	129.259,56		
P:S.Vicente	b	15,80	75.658	5	41.3224	1,1507	0,9974	1.135	48.846,06	231.484,49	53.378,86
Central-D.Caxias (Jurema)	a	75,53	140.798	8	31.4292	0,6737	1,2957	7.047	110.618,24		
	b	21,60	107.412	3	35.0007	0,9702	1,0020	1.559	35.242,22	198.290,82	46.430,36
Central-D.Caxias (Carloca)	a	125,25	143.679	13	31.1988	0,6546	1,3238	11.939	182.095,78		
	b	36,35	90.345	6	37.8462	1,0418	1,0090	2.641	64.107,48	335.937,74	89.734,49
Central-D.Caxias (V/Maracanã)	a	68,29	127.296	8	32.6480	0,7060	1,2845	6.316	103.896,94		
	b	19,37	96.294	3	36.7399	1,0196	1,0008	1.396	33.164,33	177.692,17	40.630,91
Sistema Atual		775,17	118.621	117	33,5775	0,7695	1,2121	67.650	-	1.862.947,49	406.752,13

Observações : a = Ônibus parador percorrendo a faixa lateral da Av. Brasil

b = Ônibus expresso percorrendo a faixa exclusiva da Av. Brasil

TABELA 8 - Sistema Atual (TADOT = 8 pass/m<sup>2</sup> - TMAX = 10 pass/m<sup>2</sup>)

Origem Destino	Σ FD (I)	PVA (km)	Frota (on)	CPQCL (Cr\$)	FPQCL (Cr\$)	A	DD (Viagens)	Custo Operacional (Cr\$)		Receita (Cr\$)	Lucro (Cr\$)
								(Linha)	(Parcial)		
Central - Granacho	a 54,12 b 15,08	138,061 67,349	7 4	31,6571 43,9605	0,5989 1,0469	1,4680 1,1663	5,721 1,267	95,593,96 37,007,18	132,601,14	192,797,97	60,196,83
Central - J.Leal	a 47,19 b 12,95	127,724 81,793	7 3	32,6054 39,7184	0,6263 0,9465	1,4461 1,1655	4,914 1,087	91098,09 30453,83	121,551,92	175,655,07	54,103,15
Central - V.Telles	a 56,13 b 15,65	139,208 77,643	8 4	31,5605 40,7758	0,5974 0,9715	1,4672 1,1658	5,930 1,314	109,820,04 39,573,08	149,393,12	222,067,75	72,674,63
Central - J.Rodentor	a 67,60 b 19,18	125,863 65,496	11 6	32,7927 44,6402	0,6093 1,0647	1,4948 1,1646	7,276 1,609	141,864,54 54,819,27	196,683,81	281,159,50	84,475,69
Central - P.Cali�f�nia	a 24,31 -	182,568 -	3 -	28,8003 -	1,0184 -	0,7855 -	1,375 -	49,290,56 -	49,290,56	47,861,99	- 1,428,57
Central - P.S.Vicente	a 48,83 b 13,50	146,129 80,825	8 4	31,0101 39,9554	0,5911 0,9509	1,4571 1,1670	5,124 1,135	113,276,99 40,364,75	153,641,74	231,484,49	77,842,75
Central-D.Caxias (Jurema)	a 65,46 b 18,53	139,449 92,131	7 3	31,5404 37,4990	0,5859 0,8916	1,4951 1,1682	7,047 1,559	96,201,91 32,387,10	128,589,01	198,290,82	69,701,81
Central-D.Caxias (Carioca)	a 108,46 b 31,47	146,502 93,859	11 5	30,9818 37,1757	0,5608 0,8860	1,5343 1,1655	11,939 2,641	156,002,61 54,520,28	210,522,89	335,937,74	125,414,85
Central-D.Caxias (V/Maracanã)	a 59,27 b 16,61	147,315 82,596	6 3	30,9289 39,5262	0,5803 0,9409	1,4799 1,1668	6,316 1,396	85,398,57 30,604,47	116,003,04	177,692,17	61,689,13
Sistema Atual	674,34	120,820	100	33,3293	0,6645	1,3933	67,650	-	1,258,277,24	1,862,947,49	604,670,45

Observa es : a = ônibus parador percorrendo a faixa lateral da Av. Brasil

b = ônibus expresso percorrendo a faixa exclusiva da Av. Brasil

#### 4.4 - Sistema consolidado proposto

A reformulação operacional proposta consiste na supressão das linhas ora em operação, sistema atual, e a sua substituição por um sistema novo denominado futuro, constituído por :

- Uma linha tronco interligando o Terminal Américo Fontenele e a Estação Rodoviária de Duque de Caxias.
- Linhas alimentadoras da linha-tronco, que farão a ligação da Estação Rodoviária de Duque de Caxias às diversas localidades ora servidas pelas linhas existentes, e que comporão o sub-sistema alimentador.

As linhas alimentadoras serão servidas por ônibus do tipo convencional urbano, trafegando ao longo do mesmo percurso atual, a partir do terminal em Duque de Caxias. A suposição de que estas linhas de cabeceira vão apenas atender à demanda das viagens com destino ao Rio de Janeiro penalisa o sistema futuro, uma vez que a demanda na verdade deve ser maior à nível local. A operação poderia inclusive ser transferida às linhas municipais que porventura existam .

Ao longo da linha tronco foi simulada a operação alternativa de diversos tipos de veículos, buscando-se constituir um sistema moderno capaz de substituir com vantagens o sistema atual. Estas vantagens devem ser gerais, envolvendo não apenas considerações de ordem financeira que possam beneficiar diretamente operadores e usuários, mas devem trazer em seu bojo uma modernização do sistema com reflexos

imediatos para os usuários (conforto, velocidade, tempo, tarifa, etc.), para os operadores (renovação da frota, redução de custos operacionais, maiores lucros, etc.), bem como para a coletividade em geral (redução de congestionamento, do consumo de combustível, da poluição, de espaços em terminais, melhoria do nível de serviço nas vias, tarifação com enfoque de justiça social e não de simples repasse dos custos, etc.) .

O sistema futuro foi simulado como sendo constituído por seis linhas alimentadoras e uma única linha tronco, conforme consta da Tabela 9 .

TABELA 9 - Linhas de Ônibus do Sistema Futuro

Origem - Destino	EXTPS (km)	Demanda Diária (Viagens)
Linhas Alimentadoras		
D.Caxias - Gramacho	4,6	6.988
D.Caxias - J.Leal	6,3	6.001
D.Caxias - V.Telles	7,7	7.244
D.Caxias - J.Redentor	8,7	8.885
D.Caxias - P.Califórnia	11,9	1.375
D.Caxias - P.São Vicente	14,1	6.259
Linha Tronco		
Central - D.Caxias	23,3	67.460

Obs.: Demanda Diária na linha tronco calculada com  $R \approx 1$  .

Fonte: Manipulação dos dados da Tabela 3 .

Novamente o desempenho das linhas é obtido com a uti

lização do Programa SATAI, considerando-se que as linhas a alimentadoras operam com veículos tipo urbano, iguais aos das linhas ora em operação, com "headways" máximos de 60 minutos .

A linha tronco, face à alta demanda de viagens que apresenta, requer um estudo mais aprofundado envolvendo al ternativamente várias tecnologias rodoviárias urbanas em uso. Deste modo a simulação com a linha tronco envolve o em prego de ônibus do tipo convencional, ônibus com reboque e ônibus articulado. Poder-se-ia examinar também o emprego de ônibus elétrico simples e articulado, o que contudo não foi feito por não ser essencial a caracterização da validade do modelo, e pela falta de dados relativos a sua operação .

Os dados de demanda considerados são os constantes do Boletim de Operação Mensal (BOM) e, por serem informados pe los operadores, de certa forma tendenciosos. O emprego de diferentes taxas de ocupação pode por sua vez caracterizar a viabilidade dos sistemas operando inicialmente com carac terísticas de conforto baixas (o que tem sido uma realida de), evoluindo após para faixas de utilização mais condizen tes com os objetivos da política de Transporte Urbano. As sim os valores adotados para as taxas de passageiros em pê por  $m^2$  são :

adotadas	5,00 - 6,00	-	8,00 pass/ $m^2$
máximas	7,00 - 8,00	-	10,00 pass/ $m^2$

A demanda diária de viagens na linha consolidada foi

calculada considerando-se um fator de redução de frota igual a unidade, por não se dispor de dados referentes às demandas por trechos nas diversas linhas de ônibus que operam no corredor. Assim os resultados da consolidação serão os menos significativos, pois na pior situação R será igual a 1, caso particular para a demanda máxima das linhas ocorrendo no mesmo trecho .

Na falta de dados correntes com relação aos veículos não convencionais, considera-se como aceitáveis os valores proporcionais aos sugeridos por Rosa Filho<sup>4</sup>. Os valores adotados para os diferentes veículos são os da Tabela 10 .

TABELA 10 - Valores adotados nas Simulações (Nov/80)

Item	Un.	Convencional	Reboque	Articulado
Valor	Cr \$	2.155.000,00	3.547.000,00	7.204.000,00
CD	Cr \$	1.617.877,75	2.364.814,00	3.009.701,00
CI	Cr \$	19,938549	25,984897	35,356964
PPQCP	Cr \$	0,988884	0,988884	0,988884
TACC	ℓ/km	0,364963	0,46430	0,813
PMADT	km	105.000	105.000	105.000
S	m <sup>2</sup>	6,00	9,80	18.00
CA	Pass	36	77	65

Fonte : Ônibus comum DTC-RJ; outros, atualização dos dados da referência<sup>4</sup>.

As Tabelas 12, 13 e 14 apresentam valores obtidos pa

TABELA 11 - Tempos de Viagem no Sistema Futuro (min)

Origem - Destino	DD Viagens	Modo Principal*		Modo Secundário		TV* ( Min )	Horas/ Dia*
		TE	TM	TE	TM		
Central-Caxias	30.708	2,2	26,7			28,9	14.883
		5,0	26,7			31,7	16.324
		4,0	26,7			30,7	15.809
Central-Granacho	6.988	28,9		8,8	13,5	51,2	5.963
		31,7				54,0	6.289
		30,7				53,0	6.173
Central-J.Leal	6.001	28,9		10,0	16,0	54,9	5.491
		31,7				57,7	5.771
		30,7				56,7	5.671
Central-V.Telles	7.244	28,9		8,2	18,5	55,6	6.713
		31,7				58,4	7.051
		30,7				57,4	6.930
Central-J.Redentor	8.885	28,9		7,1	28,5	54,5	8.071
		31,7				57,5	8.515
		30,7				56,5	8.367
Central-P.California	1.375	28,9		28,5	23,5	80,9	1.854
		31,7				83,7	1.918
		30,7				82,7	1.895
Central-P.S.Vicente	6.259	28,9		9,6	26,0	64,5	6.728
		31,7				57,3	5.977
		30,7				56,3	5.873
Sistema Futuro (média)	67.460	-	-	-	-	44,08	49.703
						45,98	51.845
						44,08	50.718

\* Valores para Ônibus convencional, articulado e reboque (na linha-tronco) respectivamente, para TADOT = 6 pass/m<sup>2</sup>.

TABELA 12 - Sistema Futuro (TADOT = 5 Pass/m<sup>2</sup> - TMAX = 7 Pass/m<sup>2</sup>)

Origem Destino	Z FD (I)	PVA (cm)	Frota (on)	CPQCL (Cr\$)	PPQCL (Cr\$)	A (Viagens)	DD (Viagens)	Custo Operacional (Parcial) (linha)	Receita (Cr\$)	Lucro (Cr\$)
D.Caxias-Graracho	86,63	63.766	4	45,3104	1,1235	1,1202	6,988	36.114,68	31.787,48	-4.327,20
D.Caxias-J. Ieal	60,10	80.783	3	39,9659	0,8006	1,3806	6,001	30.267,72	37.386,05	7.118,33
D.Caxias-V. Telles	89,36	88.081	5	38,3065	0,9451	1,1258	7,244	52.716,54	55.158,76	2.442,22
D.Caxias-J. Recantor	109,57	55.466	11	49,1072	1,2112	1,1261	8,885	93.625,15	76.440,24	-17.184,91
D.Caxias-P. California	25,46	193.967	1	28,2795	1,0476	0,7498	1,375	17.141,36	16.180,61	-960,74
D.Caxias-P.S. Vicente	78,00	100.563	7	36,0266	0,8980	1,1143	6,259	79.250,21	87.270,89	8.020,68
Sub-Sistema Alim.	449,12	78.898	31	40,4445	0,9885	1,1365	36,752	309.115,67	304.224,03	-4.891,64
Central-D.Caxias (ônibus conv.)	a 554,83 b 184,00	176.052 91.460	47 30	29,1282 37,6279	0,5855 1,1298	1,3817 0,9251	55,204 12,256	753.101,25 322.631,11		
Linha-Tronco	c 738,88	143.094	77	31,2449	0,6844	1,2681	67,460	1.075.732,36	1.554.345,67	478.613,31
Central-D.Caxias (ôn. articulado)	a 266,53 b 78,40	132.484 97.675	30 12	58,0743 66,1702	0,5607 0,8487	1,5932 1,1994	55,204 12,256	721.202,17 242.358,85		
Linha-Tronco	c 344,93	122.539	42	59,9182	0,6127	1,5044	67,460	963.561,02	1.554.345,67	590.784,66
Central-D.Caxias (ôn. c/reboque)	a 333,37 b 96,06	134.360 95.497	37 15	43,5854 50,7481	0,5264 0,7955	1,0752 0,8284	55,204 12,256	677.083,69 227.166,80		
Linha-Tronco	c 429,43	123.150	52	45,1877	0,5753	1,0201	67,460	904.250,48	1.554.345,67	650.095,19

Observações : a = ônibus parador percorrendo a faixa lateral da Av. Brasil

b = ônibus expresse percorrendo a faixa exclusiva da Av. Brasil

c = valores para toda a linha

TABELA 13 - Sistema Futuro (TADOT = 6 pass/m<sup>2</sup> - TMAX = 8 pass/m<sup>2</sup>)

Origem Destino	E PD(T)	RVA (km)	Prota (cm)	CPQCL (Cr\$)	FPQCL (Cr\$)	A	DD (Viagens)	Custo Operacional (Parcial)	Custo Operacional (Linha)	Receita (Cr\$)	Lucro (Cr\$)
D.Caxias-Gramacho	79,83	58.756	4	47,4740	1,0846	1,2157	6.388		34.864,25	31.787,48	-3.076,77
D.Caxias-J.Leal	69,34	69.901	4	43,0835	0,9957	1,2018	6.001		37.633,73	37.386,05	- 257,68
D.Caxias-V.Telles	82,77	81.578	5	39,7707	0,9088	1,2155	7.244		50.691,77	55.158,76	4.466,99
D.Caxias-J.Recentor	99,96	61.780	9	46,1260	1,0368	1,2357	8.885		70.932,15	76.440,24	5.508,09
D.Caxias-P.Califórnia	24,88	189.523	1	28,4750	1,0306	0,7674	1.375		16.863,19	16.180,61	- .682,58
D.Caxias-P.S.Vicente	72,02	108.332	6	34,8729	0,8026	1,2068	6.259		70.830,98	87.270,89	16.439,92
Sub-sistema Alim.	428,70	79.933	29	40,1790	0,9373	1,1907	36.752		281.826,08	304.224,03	22.397,95
Central-D.Caxias (Ônibus-conv.)	a 536,89 b 172,28	170.343 85.637	47 30	29,4362 38,8307	0,5725 1,0917	1,4280 0,9880	55.204 12.256	736.379,96 311.751,09			
Linha-Tronco	c 709,17	137.341	77	31,7186	0,6669	1,3212	67.460		1.048.131,05	1.554.345,67	506.214,62
Central-D.Caxias (Ôn.articulado)	a 239,03 b 70,94	132.020 96.180	27 11	58,1542 66,6492	0,5036 0,7716	1,7764 1,3288	55.204 12.256	647.757,11 220.341,80			
Linha-Tronco	c 309,97	121.645	38	60,0986	0,5523	1,6741	67.460		868.098,91	1.554.345,67	686.246,76
Central-D.Caxias (Ôn.c/reboque)	a 301,69 b 89,70	145.125 89.177	31 15	42,2798 52,5028	0,4621 0,7685	1,1881 0,8871	55.204 12.256	594.377,60 219.456,55			
Linha-Tronco	c 390,39	126.881	46	44,6229	0,5156	1,1221	67.460		813.834,15	1.554.345,67	740.511,52

Observações : a = Ônibus parador percorrendo a faixa lateral da Av. Brasil

b = Ônibus expresso percorrendo a faixa exclusiva da Av. Brasil

c = valores para toda a linha

TABELA 14 - Sistema Futuro (TADOT = 8 pass/m<sup>2</sup> - TMAX = 10 pass/m<sup>2</sup>)

Origem Destino	I FD(II)	FMA (km)	Frota (cm)	CPQCL (Cr\$)	FPQCL (Cr\$)	A	DD (Viagens)	Custo Operacional (Cr\$)		Receita (Cr\$)	Lucro (Cr\$)
								(Parcial)	(Linha)		
D. Caxias-Granacho	69,34	68,052	3	43,7124	0,8675	1,3995	6,988	27,885,61	31,787,48	3,901,86	
D. Caxias-J. Leal	75,23	75,833	4	41,2732	1,0348	1,1078	6,001	39,121,96	37,386,05	-1,735,91	
D. Caxias-V. Telles	71,48	88,067	4	38,3094	0,7560	1,4074	7,244	42,168,77	55,158,76	12,989,99	
D. Caxias-J. Pedentor	86,61	60,286	8	46,7751	0,9120	1,4246	8,885	62,394,02	76,440,24	14,046,22	
D. Caxias-P. California	24,31	185,161	1	28,6762	1,0140	0,7855	1,375	16,591,58	16,180,61	- 410,97	
D. Caxias-P. S. Vicente	62,37	112,574	5	34,3102	0,6838	1,3936	6,259	60,346,65	87,270,89	26,924,24	
Sub-Sistema Alim.	389,34	83,603	25	39,2905	0,8325	1,3111	36,752	287,630,55	304,224,03	16,593,47	
Central-D. Caxias a	470,32	149,223	47	30,7805	0,5244	1,6301	55,204	674,511,18			
(Ônibus-conv.) b	149,42	92,844	24	37,3641	0,9111	1,1391	12,256	260,178,09			
Linha-Tronco c	619,74	130,165	71	32,3680	0,5947	1,5118	67,460	934,689,27	1.554.345,67	619.656,40	
Central-D. Caxias a	197,21	140,043	21	56,8481	0,4061	2,1531	55,204	522,347,42			
(Ôn. articulado) b	58,19	96,421	9	66,5709	0,6321	1,6200	12,256	180,505,51			
Linha-Tronco c	255,40	126,956	30	59,0636	0,4472	2,0318	67,460	702,852,93	1.554.345,67	851.492,74	
Central-D. Caxias a	264,77	131,608	30	43,9533	0,4216	1,3538	55,204	542,284,35			
(Ôn. c/reboque) b	78,60	97,675	12	50,1958	0,6438	1,0125	12,256	138,846,62			
Linha-Tronco c	343,37	121,913	42	45,3824	0,4620	1,2757	67,460	726,130,97	1.554.345,67	828.214,70	

Observações : a = Ônibus parador percorrendo a faixa lateral da Av. Brasil  
b = Ônibus expresso percorrendo a faixa exclusiva da Av. Brasil  
c = valores para toda a linha

TABELA 15 - Quadro Comparativo de Valores para os Sistemas Atual e Futuro

	TADOT = 5 Pass/m <sup>2</sup>				TADOT = 6 Pass/m <sup>2</sup>				TADOT = 8 Pass/m <sup>2</sup>			
	Atual	Fut. Conv.	Fut. Art	Fut. Reb	Atual	Fut. Conv.	Fut. Art	Fut. Reb	Atual	Fut. Conv.	Fut. Art	Fut. Reb.
Frota (ônibus)	126	31 + 77	31 + 42	31 + 52	117	29 + 77	29 + 38	29 + 46	100	25 + 71	25 + 30	25 + 42
FVA (km)	119.398	124.667			118.621	121.635			120.820	118.040		
A	1,1175	1,2183			1,2121	1,2720			1,3933	1,4344		
PPQCL (Cr\$)	0,8324	0,7368	0,6772	0,6456	0,770	0,7076	0,6118	0,5830	0,6645	0,6504	0,5270	0,5394
Cons. Comb. (10 <sup>3</sup> ℓ)	5.491	4.914	5.077	3.866	5.065	4.706	4.604	3.556	4.409	4.136	3.859	3.140
C. Ope. (10 <sup>3</sup> Cr\$)	1.574	1.385	1.273	1.213	1.456	1.330	1.150	1.096	1.258	1.222	990	1.014
Receita (10 <sup>3</sup> Cr\$)	1.863	1.859	1.859	1.859	1.863	1.859	1.859	1.859	1.863	1.859	1.859	1.859
Lucro (10 <sup>3</sup> Cr\$)	289	474	586	646	407	529	709	763	605	637	869	845
Lucro Anual (10 <sup>3</sup> Cr\$)	92.350	151.591	187.486	206.465	130.161	169.156	226.766	244.131	193.495	203.600	277.788	270.339
Tempo Viagem (h/dia)					61,214	49,703	51,845	50,718				
Viagem Média (min)					54,61	44,08	45,98	44,98				

ra as diversas linhas do sistema futuro, enquanto a Tabela 15 mostra para cada taxa de carregamento os resultados nas diferentes hipóteses assumidas .

Para o cálculo dos tempos de viagem, ainda conforme as considerações do item 4.1 e dos tempos em movimento da Tabela 4, chega-se aos tempos apresentados na Tabela 11. Os tempos de espera foram obtidos usando :

- para o modo principal, a expressão (56)
- para o modo secundário, a expressão (57) ou no mínimo 5 minutos, admitidos como necessários para o transbordo (expressão 58).

A Tabela 11 apresenta ainda o total de horas de viagem por linha de ônibus isoladamente, e para todo o sistema, dentro das linhas de ação adotadas. No caso de TADOT= 6 pass/m<sup>2</sup> as viagens médias calculadas tem, para as diversas tecnologias utilizadas na linha tronco, os valores abaixo :

- Ônibus convencional - 44,08 min
- Ônibus articulado - 45,98 min
- Ônibus com reboque - 44,98 min

#### 4.5 - Análise da consolidação

Analisando os resultados obtidos nos itens anteriores, pode-se verificar que a opção pela consolidação das linhas de ônibus selecionadas, em uma linha tronco, mesmo considerando  $R = 1$ , conduz a valores significativos, resul

tando em uma sensível economia .

Levando em consideração apenas o lucro operacional verificado nas diferentes hipóteses e comparando-se os mesmos com o lucro verificado na hipótese  $H_0$  (sistema atual), chega-se aos valores da Tabela 16 .

TABELA 16 - Economia anual com a consolidação (x  $10^6$  Cr\$)

Itens	Sistema Atual	Sistema Futuro		
		Ônibus Convencional	Ônibus Articulado	Ônibus c/ Reboque
TADOT = 5 pass/m <sup>2</sup>				
Lucro Operacional	92,35	151,59	187,49	206,47
Economia	-	59,24	95,14	114,12
	-	(64,15%)	(103,0%)	(123,6%)
TADOT = 6 pass/m <sup>2</sup>				
Lucro Operacional	130,16	169,16	226,77	244,13
Economia	-	39,00	96,61	113,97
	-	(29,96%)	(74,22%)	(87,56%)
TADOT = 8 pass/m <sup>2</sup>				
Lucro Operacional	193,50	203,60	277,79	270,34
Economia	-	10,10	84,29	76,84
	-	(5,22%)	(43,56%)	(39,71%)

A tabela 16 mostra ainda que a consolidação é vantajosa pois permite uma melhoria do nível de serviço (quando se adota taxas de carga mais baixas), permitindo um lucro operacional em quase todos os casos. A exceção se verifica ao passar do sistema atual com TADOT = 8 pass/m<sup>2</sup> para o ônibus

articulado com TADOT = 5 pass/m<sup>2</sup> .

A renda média mensal foi calculada com base no "Plano Integrado de Transportes"<sup>17</sup> , que para 1976 indicava para o usuário do transporte coletivo um rendimento mensal de CR\$ 1.908,70. Tendo o salário mínimo o valor de CR\$ 768,00 em 1976 e CR\$ 5.788,80 em 1980, tomou-se proporcionalmente a renda mensal do usuário como sendo de CR\$ 14.386,83 ou considerando-se 176 horas úteis por mês, CR\$ 81,74/hora .

Adotando um valor bem conservativo para o tempo, considerou-se que o usuário atribui ao tempo de viagem 25% da sua renda, o que conduz a um valor horário de CR\$ 20,44. Os resultados da consolidação estão quantificados na Tabela 17 .

TABELA 17 - Valor do tempo na consolidação ( $\cdot 10^6$  CR\$)

Itens	Sistema Atual	Sistema Futuro		
		Ônibus Convencional	Ônibus Articulado	Ônibus c/ Reboque
Valor do Tempo	400,39	325,10	339,11	331,74
Economia	-	75,29 (18,80%)	61,28 (15,31%)	68,65 (17,15%)

Obs.: TADOT = 6 pass/m<sup>2</sup>

Como se observa, a consolidação com ônibus comum já conduz a um ganho adicional anual equivalente a 30% do lucro verificado na simulação, com TADOT = 6 pass/m<sup>2</sup>. Utilizan

do-se ônibus articulado este ganho passa a 74% e com ôni  
bus-reboque a 88%. Tais valores calculados independentement  
te do valor do tempo por si só já mostram a viabilidade da  
Consolidação das Linhas Seleccionadas .

No Capítulo seguinte estuda-se as implicações da Con  
solidação com relação aos diversos elementos interessados:  
usuário, operador, sociedade e gerência .

## CAPÍTULO V

### IMPACTOS DA CONSOLIDAÇÃO NA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

No presente Capítulo examina-se a consolidação sob o enfoque dos vários elementos intervenientes, tendo em vista caracterizar quais as vantagens e desvantagens relativas a cada um deles especificamente, decorrentes da consolidação. As considerações aqui feitas referem-se ao sistema carregado com 6 a 8 passageiros de pé por m<sup>2</sup> .

#### 5.1 - Apreciação sob o enfoque do usuário

Do ponto de vista do usuário do sistema há que destacar as principais implicações de tal modificação .

##### 5.1.1 - Tempo de viagem

Significativo é o número de horas que são consumidas com deslocamentos nas grandes cidades hoje em dia. Para a região estudada, o tempo de uma viagem média no sistema atual simulado é de 54,6 min, quando 61.264 horas são consumidas diariamente em viagens .

A redução que se pode obter com a consolidação é grande, dependendo do tipo de tecnologia a ser adotada na linha tronco, podendo chegar a 10,52 min, aproximadamente 20% do valor médio atual .

A comparação entre as Tabelas 5 e 11 comprova que todas as localidades podem ser servidas em menos tempo. Entre

tanto a economia proporcionada pela linha tronco é a mais significativa, pois a viagem para Duque de Caxias que atualmente demora de 35,7 a 49,9 min poderá ser feita em até 28,9 min, com uma economia de 6,8 a 17 min, com uma redução de até 37% .

#### 5.1.2 - Tarifa.

A economia proporcionada pela consolidação pode ser canalizada para custear a implantação das medidas necessárias à consolidação ou ainda parte deste lucro pode ser repassado ao usuário sob a forma de redução das tarifas .

Esta redução poderia ser feita de várias maneiras, como por exemplo :

- redução proporcional da tarifa para todos os usuários;
- redução parcial das tarifas apenas para os usuários que se utilizam do modo secundário;
- eliminação das tarifas no modo secundário.

Considerando que os usuários de D.Caxias são os mais beneficiados com a redução do tempo de viagem e com a maior confiabilidade do sistema, a redução do preço da tarifa no modo principal parece não ser a melhor opção .

A redução parcial das tarifas no sub-sistema alimentador viria premiar o usuário do modo secundário que é penalizado com o transbordo. Além do mais seria uma medida possível

vel mesmo com a consolidação sendo feita com ônibus convencional, uma vez que os ganhos verificados não permitiriam adotar a opção seguinte .

A eliminação da tarifa no trecho complementar viria premiar o usuário que gasta mais tempo em viagem. Tem a vantagem de permitir ao sistema operar com tarifa única, como parece ser objetivo das autoridades do setor. Mas apresenta a desvantagem do incentivo ao aumento da demanda, uma vez que o usuários que seguem a pé além do terminal de D. Caxias teriam a opção gratuita de seguir de ônibus .

### 5.1.3 - Outros benefícios

De um modo geral os usuários são beneficiados não só com economia de tempo e com a redução das tarifas, mas também com :

- maior confiabilidade do sistema, com melhoria nas condições de conforto, velocidade e regularidade;
- melhores condições de segurança (são grandes os riscos de assalto nos pontos de embarque), principalmente pela possibilidade de esperar pouco tempo nos pontos de parada ao longo do corredor, uma vez que os tempos de espera no modo principal são reduzidos de 9,0 a 28,5 min (Tabela 5 para 2,2 a 5 min (Tabela 11));
- maior conveniência para o usuário com o uso do terminal de D.Caxias, onde o transbordo para o modo se

cundário se dá em condições satisfatórias, com a possibilidade de utilização das instalações comerciais e de serviço ali existentes ou próximas;

- melhor informação, menor tumulto e melhor ajustamento das lotações dos veículos.

## 5.2 - Apreciação sob o enfoque do operador

Para o operador há que destacar as vantagens financeiras imediatas e as decorrentes de um sistema mais moderno e eficiente .

### 5.2.1 - Lucro operacional

Conforme se constata pela Tabela 16, o lucro operacional cresce com a consolidação, qualquer que seja a tecnologia a ser adotada na linha tronco .

Parte deste lucro adicional, relativo à operação atual, deve ser repassado ao operador para, não só estimulá-lo a buscar atuar dentro de esquemas mais eficientes, como também a se adequar ao novo "modus operandi". Um estudo mais profundo poderia ser feito no sentido de determinar quais as despesas necessárias a esta modificação. Entre elas podem ser destacadas as relativas à :

- reformulação da frota;
- adequação das instalações (administrativas, garagens, oficinas);
- treinamento de pessoal;

- processos de cobrança das tarifas;
- associação ou fusão de empresas.

O presente estudo não desce a tal profundidade, mas cabe ressaltar que a consolidação com o ônibus convencional atualmente em uso produz, sem variação de receita, um lucro adicional de CR\$ 38.995.640,80 anuais (cerca de 30% superior ao constatado na simulação para o sistema atual), que pode, talvez em parte, ser destinado a tal finalidade .

#### 5.2.2 - Reformulação da frota

A consolidação, a não ser que seja feita com ônibus comuns, vai exigir uma reformulação da frota, com a substituição dos veículos a serem empregados no corredor. Os investimentos necessários podem ser calculados a partir do valor de aquisição de veículos novos e do valor residual daqueles que devem ser substituídos .

Os valores de aquisição considerados nos cálculos são :

- ônibus convencional	CR\$ 2.155.000,00
- ônibus articulado	CR\$ 7.204.000,00
- ônibus c/reboque	CR\$ 3.547.000,00
- reboque	CR\$ 1.390.000,00

Para valores residuais dos veículos, considerou-se os mesmos percentuais citados por Gonçalves em "A Tarificação do Transporte Coletivo de Passageiros, por Ônibus, na Região Metropolitana da Grande São Paulo"<sup>10</sup> .

TABELA 18 - Frota de Ônibus do Sistema Atual

Idade Anos	Quantidade	Valor Residual	
		% V <sub>0</sub>	CR\$
0 - 1	12	77,75	1.677.500,00
1 - 2	12	68,55	1.477.250,00
2 - 3	12	58,46	1.259.810,00
3 - 4	12	49,26	1.061.550,00
4 - 5	12	39,76	856.830,00
5 - 6	12	34,42	741.750,00
6 - 7	12	29,08	626.670,00
7 - 8	12	23,15	498.880,00
8 - 9	12	18,10	390.050,00
9 - 10	9	13,95	300.620,00

Fonte : DTC-RJ<sup>16</sup> , ANTP - Revista dos Transportes Públicos<sup>17</sup>  
e manipulação de dados

A Tabela 18 mostra a distribuição da frota do sistema atual (117 ônibus) admitida com idade média de 4,8 anos (DTC-RJ<sup>16</sup>), distribuída igualmente pelos diversos períodos, com valores residuais calculados em função do valor de aquisição acima referido para o ônibus convencional.

A reformulação da frota pode ser examinada de acordo com as diferentes linhas de ação possíveis. Admitindo para exemplificação que todo o lucro adicional seja destinado ao financiamento da renovação, que uma taxa de juros de 12% a.a. seja incluída, e que as tarifas serão corrigidas para fazer face a inflação, é possível determinar em que condições ela se processará.

#### 5.2.2.1 - Ônibus Convencional

O sistema futuro operando com ônibus convencional necessita uma frota menor (106 ônibus) do que a requerida pelo sistema atual (117 ônibus). Há necessidade de se alienar 11 ônibus (9 com 10 anos e 2 com 9 anos), resultando em uma receita de CR\$ 3.500.000,00, não sendo necessário investimento algum com a frota. (Ver Tabela 18).

#### 5.2.2.2 - Ônibus Articulado

Neste caso será necessário alienar 88 ônibus, preferencialmente os mais velhos, para adquirir 38 ônibus articulados, ficando os 29 restantes para atender as linhas alimentadoras. A receita produzida pela alienação chega a CR\$ 61.633.000,00, enquanto a despesa com aquisição impor

ta em CR\$ 273.752.000,00 , o que provoca a necessidade de financiamento da dívida de CR\$ 212.119.000,00 .

Como o sistema futuro produz um lucro adicional de CR\$ 8.050.468,90 mensais é possível resgatar a dívida a 12% a.a. em 30,74 meses .

#### 5.2.2.3 - Ônibus com Reboque

Há duas alternativas teoricamente possíveis em tal linha de ação. A primeira delas sugere apenas a aquisição de 46 reboques para operação na linha tronco atrelados aos veículos existentes, e a alienação de 42 ônibus. Como resultado tem-se uma receita de CR\$ 19.000.000,00 e uma despesa de CR\$ 63.940.000,00 , sendo necessário um financiamento de CR\$ 44.940.000,00 a ser pago em apenas 4,9 meses de operação consolidada, já que o lucro adicional chega a CR\$ 9.498.000,00 mensais .

A segunda alternativa sugere a alienação de 88 ônibus e a aquisição de 46 ônibus com reboque. Os resultados indicam uma receita de CR\$ 61.630.000,00 e uma despesa de CR\$ 163.162.000,00 , sendo necessário um financiamento de CR\$ 101.529.000,00 a ser saldado em 11,4 meses .

#### 5.2.3 - Outros

Além do lucro adicional calculado e de renovação da frota, a consolidação pode provocar inicialmente :

- redução nas despesas face ao rejuvenescimento da

frota;

- redução de áreas necessárias ao operador;
- redução dos efetivos, havendo possibilidade de seleção dos melhores profissionais, acarretando contudo o desemprego da mão de obra excedente;
- necessidade de um maior treinamento do pessoal de operação.

### 5.3 - Apreciação sob o enfoque da sociedade

A população da área de estudo em particular e a da região, secundariamente, podem ser beneficiadas com uma operação mais eficiente .

#### 5.3.1 - Tempo

Não apenas o usuário da linha consolidada economiza tempo. Também há ganhos de tempo para as demais pessoas que se utilizam do corredor, pois a velocidade de percurso aumenta com a redução do número de ônibus em tráfego. O próprio usuário tem um ganho adicional de tempo com a redução do ciclo considerado nas simulações .

A quantificação destes tempos certamente não é tão simples a não ser com o acompanhamento da implementação, mas sua importância do ponto de vista social é indiscutível, principalmente se mais áreas que se utilizam do mesmo corredor passarem a se utilizar de operação consolidada .

### 5.3.2 - Recursos

O aumento de velocidade no corredor e a conseqüente redução dos tempos de viagem permitem supor uma redução nos gastos com transporte, pois serão menores e mais modernas as frotas, exigindo menos investimentos e gastos em manutenção, combustível, matérias primas, etc..

Para enfatizar o efeito da consolidação no consumo de combustíveis (veja-se Tabela 15), para uma taxa de 6 passageiros de pé por metro quadrado, as simulações processadas indicam o seguinte o consumo destacado na Tabela 19 .

TABELA 19 - Consumo de combustível

Sistema	Consumo	Economia
Atual	5.065.196 l	-
Futuro - Ônibus comum	4.705.583 l	7,1%
- Ônibus articulado	4.604.106 l	9,1%
- Ônibus c/reboque	3.555.904 l	29,8%

### 5.3.3 - Impacto ambiental

A melhoria na operação do sistema de transporte coletivo será certamente capaz de atrair pessoas que se utilizam de veículos privados e que no momento, apesar das medidas restritivas ao uso do automóvel, ainda não tem opção de escolha. Com isto certamente haverá redução no uso do carro

particular, com liberação da via onde os ônibus poderão operar com mais eficiência, reduzindo-se ainda mais o tempo de viagem, o consumo de energia e a poluição ambiental .

Um outro enfoque diz respeito à modernização do sistema, tanto das vias como dos terminais, dos pontos de embarque e dos veículos, com um efeito ainda maior no sentido de atrair novos usuários do transporte privado .

#### 5.4 - Apreciação sob o enfoque da gerência

Cabe a gerência a missão de coordenar e fiscalizar a operação do sistema de transporte coletivo rodoviário urbano, buscando a existência de um serviço que atenda às necessidades da população .

A modernização do sistema, objeto permanente da gerência, conduz à uma operação mais eficiente, e além de ser mais econômica, permite uma fiscalização mais simples e mais eficaz. Com isto será possível aprimorar o processo de cálculo das tarifas que a médio prazo tende a ser puxado para valores mais baixos, com a melhoria do controle sobre a demanda, sobre a oferta, sobre o consumo de combustíveis e de mais insumos .

Outro aspecto a considerar é que a consolidação de linhas de ônibus é um passo inicial em uma caminhada que, com o aumento da demanda, poderá conduzir quando oportuno, à adoção de novas tecnologias de transporte de massa como o troleibus, o pré-metrô ou mesmo o trem metropolitano .

Quanto à implantação propriamente dita, sob o aspecto jurídico, nada há que se oponha, uma vez que as empresas operam sob o regime da PERMISSÃO. Sendo a Permissão um ato unilateral, totalitário e discricionário, sua revogação pode se dar a qualquer instante desde que isto seja conveniente ao interesse público. Assim a reformulação, desde que decidida pela Gerência, pode ser adotada em prazo curto .

No caso em estudo o sistema examinado é operado por 4 empresas. Duas delas, Jurema e Carioca, servem à localidade de D.Caxias e duas outras, União e Reginas, às localidades próximas. A nova operação poderia ser feita de acordo com uma das fórmulas abaixo :

- nova empresa resultante da fusão das atuais, responsável por toda a operação;
- operação em consórcio, com caixa única;
- operação em consórcio com caixas distintas e o estabelecimento de um processo de compensação a ser estudado.

Seria conveniente contudo, qualquer que fosse o processo de associação dos operadores, que os veículos da linha tronco tivessem a mesma cor, facilitando a identificação da linha por parte do usuário, e ao mesmo tempo impedindo que a empresa operadora pudesse ser reconhecida e talvez discriminada .

### 5.5 - Tecnologia a adotar

A consolidação para ser implantada exige sem dúvida uma série de providências que estão inicialmente afetas a gerência e ao operador .

Cabe à gerência aprofundar os estudos no sentido de optar por uma linha de ação que possa atingir a maior amplitude dentro daquilo que pode ser feito a curto, médio e longo prazo. A seguir é necessário sensibilizar às empresas operadoras no sentido de se adequarem à implantação do sistema e finalmente estabelecer os mecanismos legais para sua execução .

Ao operador cabe achar a forma ideal de se reorganizar para a nova operação. As implicações, como se viu, abrangem medidas de toda a ordem .

Dentre as decisões a serem tomadas, uma diz respeito à tecnologia a adotar. Como são grandes os investimentos e algumas tecnologias ainda pouco usadas, providências devem ser tomadas junto às autoridades do setor tanto para fomentar a indústria no sentido de produzir os veículos necessários, como para criar mecanismos de financiamento com a finalidade de permitir a adoção da linha de ação mais conveniente .

Para a ligação Central-D.Caxias, com uma extensão de 23,3 km e uma demanda diária de 67.460 viagens/dia dentro das condições estabelecidas, conforme mostra a Figura 5, o emprego do ônibus com reboque se mostra mais vantajoso até

próximo da taxa de 8 pass/m<sup>2</sup>. É possível que com um uso crescente, os ônibus articulados passem a ter custos decrescentes e se mostrem vantajosos com taxas de carga mais baixas. A Figura 5 mostra, para o caso em estudo, o comportamento das diversas tecnologias face as taxas de carga adotadas.

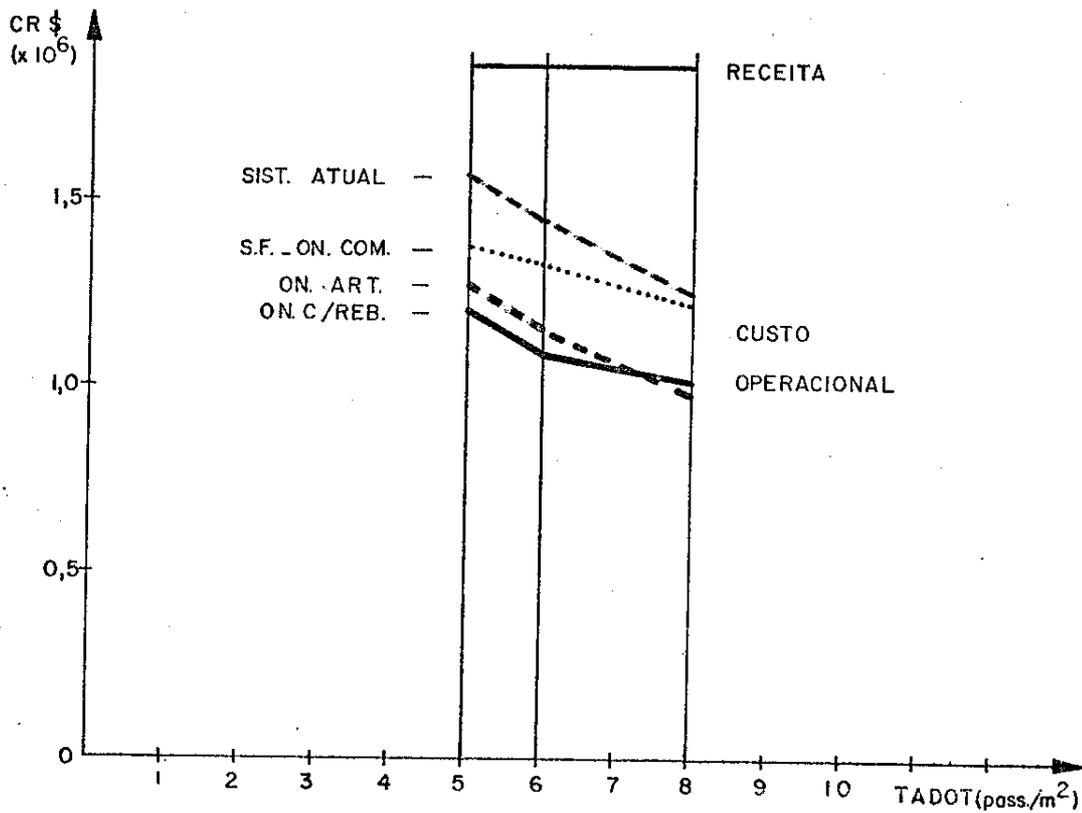


Figura 5 : Receita e Custo Operacional para as diferentes hipóteses

## CAPÍTULO VI

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

#### 6.1 - Conclusão

A consolidação de linhas de ônibus em um corredor de alta densidade de tráfego é uma estratégia valiosa para melhorar o desempenho do transporte coletivo. As vantagens advindas aos elementos interessados - usuário, operador, sociedade e gerência - são de toda a ordem: redução do tempo de viagem, dos custos operacionais, das tarifas, reformulação da frota, modernização do sistema de transporte coletivo, entre outras .

Permite ainda a consolidação uma evolução progressiva do transporte coletivo, com a adoção sucessiva de tecnologia de veículo mais eficientes e adequadas ao nível da demanda e ao nível de serviço desejado .

A metodologia aqui apresentada é um instrumento de trabalho para a gerência do transporte coletivo. Apresenta os passos necessários ao levantamento dos dados e aos cálculos, possibilitando avaliar a consolidação e decidir pela melhor linha de ação .

Ela mostra ainda que os benefícios, econômicos e outros, são decorrentes da possibilidade de redução da oferta e do uso de tecnologias de veículo compatível com os requisitos requeridos do transporte coletivo .

A redução da oferta é função tanto do fator de redução da frota  $R$ , definido como a relação entre a máxima demanda verificada no trecho mais carregado do corredor e o somatório das demandas máximas nas diversas linhas, como do melhor ajustamento da oferta à demanda .

O uso de tecnologias mais avançadas permite trabalhar com economia de escala, uma vez que veículos maiores tem mais capacidade e menor custo por passageiro-quilômetro .

Na aplicação da metodologia estudou-se a ligação Central do Brasil (Rio) à Duque de Caxias e arredores. Analisou-se a hipótese  $H_0$  constituída pelas linhas atuais, simulando-se sua operação e obtendo-se os resultados do "Sistema Atual". Também foram consideradas as hipóteses futuras, constituídas por uma linha tronco operada com ônibus comum, ônibus articulado e ônibus com reboque, e um conjunto de linhas alimentadoras operadas com ônibus comum .

Nas simulações para o sistema futuro tomou-se um fator de redução de frota igual a unidade ( $R = 1$ ), pois não se conseguiu dados de demanda nas diversas linhas, por trecho. Isto foi de grande valia porque os resultados verificados dão destaque à influência do ajustamento da oferta à demanda possibilitado pela consolidação de linhas, já que a redução da frota por si só justificaria uma redução adicional da oferta e dos custos operacionais .

Mantida a taxa de carga dos ônibus, a consolidação produz economias variáveis com a tecnologia de veículo

considerada, chegando a valores de 124% em relação ao lucro realizado no Sistema Atual. Variando-se a taxa, os resultados podem chegar a 200% caso se utilize níveis de serviço mais baixos .

A implementação da consolidação pode ser feita progressivamente, analisando-se os resultados parciais e buscando-se níveis de serviço mais compatíveis com a evolução do estágio sócio-econômico da população atendida. Esta solução permite dispensar uma rigorosa pesquisa de demandas por horário e por trecho, iniciando-se a operação com taxas de carga mais elevadas se necessário, obtendo-se com isto resultados mais significativos nesta fase de grandes investimentos iniciais .

## 6.2 - Recomendações para pesquisas futuras

Como sugestões para estudos futuros pode-se sugerir, para a operação consolidada :

- Avaliar o impacto das variações de demanda no corredor;
- Avaliar o impacto das variações de distância na linha tronco;
- Avaliar o impacto das reduções dos tempos de ciclo;
- Avaliar as alterações de custo dos investimentos em áreas de estacionamento, terminais, oficinas, administração;
- Avaliar o impacto sobre o pessoal de operação;
- Avaliar o impacto da variação do fator de redução de frota.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 01 - ANTP. Comissão de Estudos de Ônibus. O Ônibus como Veículo Urbano: Sugestões de Regulamentação. REVISTA DOS TRANSPORTES PÚBLICOS, São Paulo, 1 (4) : 7 - 55 , jun. 1979.
- 02 - VERMEREIN, Jan Casemir. Consolidação de Linhas de Ônibus como Estratégia para Melhorar o Desempenho de Sistemas de Transportes Urbanos. REVISTA DOS TRANSPORTES PÚBLICOS, São Paulo, ANTP, 2 (7) : 25 - 46, mar.1980.
- 03 - TABOSA, Tibério C.M.. O Inter-Relacionamento entre Atributos do Sistema de Transporte Coletivo por Ônibus. Rio de Janeiro, PUC, 1979. 149 p.
- 04 - ROSA FILHO, D.S.. Análise de Tipos de Ônibus e Dimensionamento de Frotas. Rio de Janeiro, IME, 1980.242 p.
- 05 - REA, John C. e MILLER, James H.. Comparative Analysis of Urban Transit Modes Using Service - Specification Envelopes. Highway Research Record. Washington, (449): 1 - 13, 1973.
- 06 - TABOSA, T.C.M. e PEREIRA, W.A.A.. Um Modelo de Dimensionamento de Oferta em Transportes Coletivos. REVISTA DOS TRANSPORTES PÚBLICOS, São Paulo, ANTP, 3 (11) : 71 - 96, mar. 1981.

- 07 - BARRA, André Luiz de Oliveira. Modelo para Alocação de Frotas de Ônibus em Terminais. Rio de Janeiro, IME, 1981. 213 p.
- 08 - RIO DE JANEIRO. Secretaria de Estado de Transportes. Departamento Geral de Transportes Concedidos. Aspectos de Otimização de Transportes Coletivos Rodoviários. Rio de Janeiro, 1981. 69 p.
- 09 - SONDOTÉCNICA. Estudos de Tráfego. Melhorias nas Condições Físicas. Remanejamento Operacional no Corredor da Av. Brasil. Relatório Final. Rio de Janeiro, 1978, v.1, 120 p.
- 10 - RIO DE JANEIRO. Secretaria de Estado de Transportes. Departamento Geral de Transportes Concedidos. Transporte Coletivo Rodoviário Intermunicipal. Anuário 1978. Niterói, Imprensa Oficial, 1979. 88 p.
- 11 - GONÇALVES, Fernando Antônio Ramos. A Tarifação do Transporte Coletivo de Passageiros, por Ônibus, na Região Metropolitana da Grande São Paulo. REVISTA DOS TRANSPORTES PÚBLICOS, São Paulo, ANTP, 3 (11) : 23-70, mar. 1981.
- 12 - RAMOS, Wilson Maciel. Ônibus Urbano-Adequação do Material Rodante ao Tipo de Serviço. REVISTA DOS TRANSPORTES PÚBLICOS, São Paulo, ANTP, 1 (3) : 63-78, mar.1979.

- 13 - KASSAB, P.. Considerações sôbre o Desempenho Operacional e Econômico dos Sistemas de Transporte Urbano. São Paulo, CMTTC, 1979. 41 p.
- 14 - RIO DE JANEIRO. Secretaria de Estado de Transportes. Departamento Geral de Transportes Concedidos. Reduza seus Custos e Conviva com as Tarifas. Niterói, jun. 1978. 23 p.
- 15 - ———— Transporte Coletivo Rodoviário Intermunicipal. Anuário 1979. Niterói, 1980, 69 p.
- 16 - ———— Estudos Tarifários nov 80. Niterói. 1980.
- 17 - RIO DE JANEIRO. Secretaria de Estado de Transportes. Companhia do Metropolitano do Rio de Janeiro. Plano Integrado de Transportes. Rio de Janeiro, 1975.
- 18 - SARAIVA de MELLO, M.J.V.. Sistema de Ônibus nas Áreas Urbanas. SUDENE, Recife, 1976. 82 p.
- 19 - BARAT, J.. Estrutura Metropolitana e Sistemas de Transportes: Estudo de Caso do Rio de Janeiro. IPEA/INPES. Rio de Janeiro, 1975.

- 20 - RIO DE JANEIRO. Secretaria de Estado de Transportes. Departamento Geral de Transportes Concedidos. Plano de Transporte Coletivo Rodoviário Intermunicipal do Estado do Rio de Janeiro. Niterói, 1978. 156 p.
- 21 - MERCEDES BENZ DO BRASIL S.A.. Sistema de Transporte por Ônibus. São Paulo, 1976.
- 22 - ANTP. Comissão de Economia de Transporte. Subsídio ao Transporte Coletivo nas Metrôpoles. REVISTA DOS TRANSPORTES PÚBLICOS, São Paulo, 2 (7): 67-101, mar. 1980.
- 23 - CIRENEI, M.B.. O Serviço de Transporte Público nas Aglomerações Urbanas. REVISTA DOS TRANSPORTES PÚBLICOS, São Paulo, ANTP, 2 (6): 51-62, dez. 1979.
- 24 - BRASIL. Ministério dos Transportes. Transportes Alternativos para a Economia de Combustíveis. REVISTA DOS TRANSPORTES PÚBLICOS, São Paulo, ANTP, 2 (6): 75-106, dez. 1979.
- 25 - ANTP. Comissões. Recomendações do II Congresso da ANTP. REVISTA DOS TRANSPORTES PÚBLICOS, São Paulo, 2 (6) : 107-16, dez. 1979.
- 26 - BRANCO, Adriano Murgel. Rentabilidade, Conforto e Segurança como Atributos dos Ônibus Modernos. REVISTA DOS TRANSPORTES PÚBLICOS, São Paulo, ANTP, 1(2): 67-76, dez. 1978.

- 27 - SINDICATO DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES RODOVIÁRIOS DO RIO GRANDE DO SUL. Transporte por Ônibus em Porto Alegre. REVISTA DOS TRANSPORTES PÚBLICOS, São Paulo, ANTP, 1 (2): 35-55, dez. 1978 e 1 (3): 21-47, mar. 1979.
- 28 - LLISTOSELLA, M.C.. Análise das Principais Medidas de Proteção ao Transporte Coletivo Urbano de Superfície. REVISTA DOS TRANSPORTES PÚBLICOS, São Paulo, ANTP, 1 (3): 49-61, mar. 1979.
- 29 - ROBBINS, Richard M.. O Transporte Público e a Qualidade de Vida nas Cidades. REVISTA DOS TRANSPORTES PÚBLICOS, São Paulo, ANTP, 1 (4): 57-77, jun. 1979.
- 30 - DAROS, Eduardo J.. Automóveis versus Ônibus. REVISTA DOS TRANSPORTES PÚBLICOS, São Paulo, ANTP, 3 (11) : 9-22, mar. 1981.
- 31 - BRUTON, Michael J.. Introdução ao Planejamento dos Transportes. (Introduction to Transportation Planning). Trad. João Bosco Furtado Arruda, Carlos Braune e Cesar Cals de Oliveira Neto. Rio de Janeiro, INTERCIÊNCIA, São Paulo, EDITORA DA USP, 1979. 206 p.
- 32 - ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT . Bus Lanes and Busway Systems. Paris, 1977, 125 p.

- 33 - HUTCHINSON, B.G.. Princípios de Planejamento dos Sistemas de Transporte Urbano. (Principles of Urban Transport Systems Planning). Trad. Henrique Osvaldo Monteiro de Barros. Rio de Janeiro, GUANABARA DOIS, 1979, 416 p.
- 34 - WOHL, M. e MARTIN, Brian V.. Traffic System Analysis for Engineers and Planners. N. York, Mac Graw Hill Book, 1967.
- 35 - VIEIRA, J.L.. A Tecnologia Atual dos Ônibus Urbanos. São Paulo, CMTTC, 1979, 107 p.
- 36 - RODRIGUES, J.C. "et alli". Curvas de Eficiência e Análise Comparativa para Tecnologias de Transporte Coletivo. São Paulo, CMTTC, 1979, 50 p.
- 37 - MELLO, José Carlos. Planejamento dos Transportes. São Paulo, Mac Graw Hill do Brasil, 1975, 192 p.
- 38 - DIAS, J.G.A. Andrade. Considerações sobre Operação de Ônibus Urbano em Faixa Exclusiva. Rio de Janeiro, IME, 1979, 91 p.
- 39 - BRASIL, Horácio, L.C.. Operação com o Uso de Paradas não Sucessivas para Ônibus Urbano. Rio de Janeiro, IME, 1978, 116 p.

- 40 - MEDEIROS, Risomar J.R.. Comparação Técnica e Econô-  
mica entre o Sistema de Transporte por Ônibus, Aper-  
feiçoado com Faixa Exclusiva, e o LRT. Rio de Janeiro,  
IME, 1979. 153 p.
- 41 - PORTO ALEGRE. Secretaria Municipal dos Transportes. Es-  
tudo Preliminar de Operação nos Prê-Corredores das  
Avenidas Farrapos e Assis Brasil. Porto Alegre, s/d.  
72 p.
- 42 - ——— Estudo Complementar de Operação nos Cor-  
redores das Avenidas Farrapos e Assis Brasil. Porto  
Alegre, 1980.
- 43 - BARAT, J.. Desenvolvimento Urbano, Serviços Públicos e  
Transportes: Uma Contribuição para o Planejamento Bâ-  
sico da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Rio  
de Janeiro, BNDE, s.d.. 54 p.
- 44 - ——— Transportes Urbanos: Planejamento, Imple-  
mentação de Política e Racionalização do Processo De-  
cisório. Rio de Janeiro, BNDE, s.d.. 33 p.
- 45 - ——— Transporte Coletivo Urbano: A Estrutura  
de uma Crise. Rio de Janeiro, BNDE, s.d.. 8 p.
- 46 - ——— L'Utilisation Optimale des Infrastructures de  
Transports Urbains Routiers Existantes. UITP REVUE, Bruxelas,  
(3): 171-186, 1977.

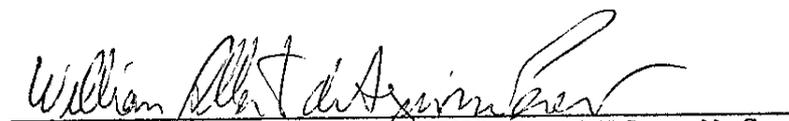
- 47 - BARAT, J. Introdução aos Problemas Urbanos Brasileiros. Rio de Janeiro, EDITORA CAMPUS, 1979. 249 p.
- 48 - LISBOA, Raul M.C.. O Processo de Decisão e Fatores de Maior Influência na Escolha Modal: Estudo Aplicado às Viagens entre Nova Iguaçu e Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, PUC, 1979. 124 p.
- 49 - NEUFVILLE, R. e STAFFORD, J.H.. Systems Analysis for Engineers and Managers. N. York, Mac Graw Hill, 1971. 353 p.

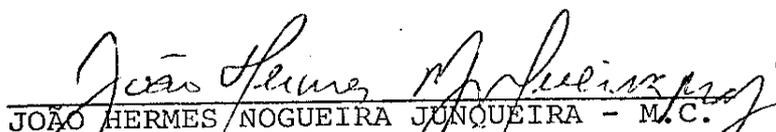
Tese apresentada por :

  
GLAUCO FRANCISCO DE MENEZES

e aprovada por :

  
PEDRO CARVALHO DE MELLO - Ph.D.  
Orientador

  
WILLIAN ALBERTO DE AQUINO PEREIRA - M.C.  
Co-orientador

  
JOÃO HERMES NOGUEIRA JUNQUEIRA - M.C.  
Co-orientador