

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES

ALTERNATIVAS DE REDES MULTIMODAIS PARA O
TRANSPORTE PÚBLICO NA ZONA OESTE
DA REGIÃO METROPOLITANA DE
FORTALEZA

Jovino Batista Filho

Dissertação submetida ao Programa de
Mestrado em Engenharia de Transportes
da Universidade Federal do Ceará, como
parte dos requisitos para a obtenção do
título de Mestre em Ciências (M. Sc.) em
Engenharia de Transportes

ORIENTADOR: Prof^o. Carlos Felipe Grangeiro Loureiro

Fortaleza
2002

FICHA CATALOGRÁFICA

BATISTA, JOVINO FILHO

Alternativas de Redes Multimodais para o Transporte Público da Zona Oeste da Região Metropolitana de Fortaleza, 2002.

XIII, 118 fl., Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.

1. Transportes - Dissertação

2. Transporte Público

3. Modelagem de Redes

4. Redes Multimodais

CDD 388

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BATISTA, J. F. (2002) Alternativas de Redes Multimodais para o Transporte Público na Zona Oeste da Região Metropolitana de Fortaleza. Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, CE, 118 fl.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Jovino Batista Filho

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: Alternativas de Redes Multimodais para o Transporte Público na Zona Oeste da Região Metropolitana de Fortaleza.

Mestre/2002

É concedida à Universidade Federal do Ceará permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Jovino Batista Filho

Rua Des. Colombo de Souza, 890, Varjota

CEP 60175-510 - Fortaleza/CE - Brasil

ALTERNATIVAS DE REDES MULTIMODAIS PARA O TRANSPORTE PÚBLICO
NA ZONA OESTE DA REGIÃO METROPOLITANA DE
FORTALEZA

Jovino Batista Filho

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE MESTRADO EM
ENGENHARIA DE TRANSPORTES DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ,
COMO PARTE DOS REQUISITOS PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
MESTRE EM CIÊNCIAS (M. SC.) EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES.

Aprovado por:

PhD

Profº. Carlos Felipe Grangeiro Loureiro,
(Orientador)

Profº. João Bosco Furtado Arruda, PhD
(Examinador Interno)

Sc.

Profº. Mário Angelo Nunes de Azevedo Filho, M.
(Examinador Interno)

Profº. Carlos David Nassi, Dr. Ing.
(Examinador Enterno)

FORTALEZA, CE – BRASIL
DEZEMBRO DE 2002

AGRADECIMENTOS

Ao longo da trajetória percorrida na execução deste trabalho foi de fundamental importância o apoio e incentivo que recebi de algumas pessoas, sem os quais com certeza não teria conseguido atingir este objetivo. Quero portanto externar meus sinceros agradecimentos a estas pessoas:

Minha mulher Isabel e meus filhos Bruno, André e Pedro, pelo incentivo, apoio e compreensão com relação aos vários momentos que tive de privá-los de um convívio mais estreito, no período de elaboração deste trabalho.

Ao meu orientador Prof. Carlos Felipe Grangeiro Laureiro que acreditou na minha capacidade e de quem em todos os momentos recebi incentivo e ajuda, que foram imprescindíveis na execução deste trabalho.

A empresa Vitória em nome do seu diretor superintendente Dalton Guimarães, por ter colocado a minha disposição, todos os dados operacionais e de pesquisas da organização.

Aos amigos Rinaldo Cavalcante e Marcelo Queiroz, por toda ajuda que me dispensaram na fase final da execução deste trabalho.

Ao Ferreira, técnico da ETTUSA, por disponibilizar os dados relativos ao SIT - FOR.

Aos professores, funcionários e colegas do programa de mestrado em Engenharia de Transportes da UFC, pela contribuição que tiveram na minha formação profissional e pelo excelente convívio ao longo dos últimos anos. Quero ressaltar a ajuda que recebi dos bolsistas Paulo Marinho e Marcos Aurélio, na fase de digitalização do sistema viário e das rotas da área de estudo.

Resumo da Dissertação submetida ao PETRAN/UFC como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências (M Sc) em Engenharia de Transportes.

ALTERNATIVAS DE REDES MULTIMODAIS PARA O TRANSPORTE PÚBLICO NA ZONA OESTE DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA

Jovino Batista Filho

Dezembro/2002

Orientador: Prof. Carlos Felipe Grangeiro Loureiro

Este trabalho apresenta uma análise dos impactos sobre os usuários resultantes de diferentes cenários de integração modal no sistema de transporte de passageiros, tendo como estudo de caso os deslocamentos pendulares na zona oeste da Região Metropolitana de Fortaleza. Foram escolhidos para análise agregada por zona de tráfego, os seguintes indicadores: participação modal, custo com tarifa, tempo total de viagem, número e locais de transbordos. A modelagem dos cenários de redes se diferencia da tradicionalmente adotada por representar funções de custo generalizado por combinação *link*/modo, propiciando a simultaneidade da escolha modal e alocação em rotas uni ou multimodais de redes integradas de transporte coletivo. Utilizou-se da ferramenta SIG-T (TransCAD 4.0), possibilitando maior eficiência na simulação dos cenários e tratamento dos resultados obtidos, facilitando também a análise espacial dos indicadores por grupos de usuários. Os resultados obtidos na análise do estudo de caso evidenciaram que, a participação modal é mais sensível a alterações nos valores das tarifas do que a variações no valor do tempo e no peso de caminhada. Acredita-se que a metodologia de análise da demanda adota contribua para um melhor conhecimento dos fatores que interferem na escolha modal, aumentando as chances de sucesso das intervenções planejadas para o sistema de transporte público.

Abstract of Thesis submitted to **PETTRAN/UFC** as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (**M. Sc.**) in Transportation Engineering.

MULTIMODAL NETWORK ALTERNATIVES FOR THE PUBLIC TRANSIT SYSTEM OF THE WEST PORTION OF FORTALEZA'S METROPOLITAN REGION

Jovino Batista Filho

December/2002

Advisor: Carlos Felipe Grangeiro Loureiro

This work presents an analysis of the impacts over the users resulting from different scenarios of modal integration in the public transport system, having as vase study the home-to-work moments in the west portion of Fortaleza's Metropolitan Region. The following performance measures were selected for a zone based aggregated analysis: modal shift, fare cost, total travel time, as well as number and places of transfers. The network scenarios are modelled differently from the traditional way as the generalized cost functions are represented by link/mode combinations, making it possible to simultaneously model the made choice and the assignment on uni- or multimodal paths of integrated public transit networks. The GIS-T (TransCAD 4.0) toll was used, allowing a more efficient representation of the network scenarios as well as treatment of the obtained results, making it easier the spatial analysis of the performance measures by user groups. The results of the case study analysis indicated that modal shifts are more sensitive to fare changes than to variations in the value of time and in the walking weight. It is believed that the adopted demand analysis methodology contributes to a better understanding of the factor which influence modal choice, increasing the chances of implementing successful actions on the public transport system.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO	1
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	1
1.2 OBJETIVOS.....	3
1.2.1 Geral.....	3
1.2.2 Específicos.....	3
1.3 JUSTIFICATIVA.....	4
1.4 RESUMO DA ESTRUTURA DO TRABALHO.....	5

CAPÍTULO 2

INTEGRAÇÃO MODAL NO STPP	7
2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	7
2.2 TIPOS DE INTEGRAÇÃO.....	9
2.2.1 Integração Operacional	9
2.2.2 Integração Física	13
2.2.3 Integração Tarifária.....	14
2.2.4 Integração Institucional	17
2.2.5 Integração das Informações	19
2.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	20

CAPÍTULO 3

SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PASSAGEIROS DA RMF	22
3.1 CARACTERÍSTICAS SÓCIO-ECONÔMICAS DA RMF	22
3.2 CARACTERIZAÇÃO DO STPP DA RMF	24
3.2.1 Sistema de Transporte Rodoviário Urbano de Fortaleza	24
3.2.2 Sistema de Transporte Rodoviário Metropolitano	28
3.2.3 Sistema de Transporte Ferroviário Metropolitano	30
3.2.4 Sistema de Transporte Rodoviário Urbano de Caucaia	30
3.2.5 Sistema de Transporte Rodoviário Urbano de Maracanaú	31
3.2.6 Sistema de Transporte Rodoviário Urbano de Maranguape.....	31

3.2.7 Transporte Alternativo	32
3.2.8 Serviço de Moto-Táxi	33
3.3 CARACTERIZAÇÃO DA DEMANDA ESPECÍFICA DA ÁREA DE ESTUDO	33
3.4 CARACTERIZAÇÃO DA OFERTA DA ÁREA DE ESTUDO	34
3.4.1 Sistema de Transporte Urbano de Fortaleza	35
3.4.2 Sistema de Transporte Rodoviário Metropolitano	37
3.4.3 Sistema de Transporte Ferroviário Metropolitano	37
3.4.4 Sistema de Transporte Urbano de Caucaia	38
3.4.5 Transporte Alternativo	38
3.5 DIAGNÓSTICO DO STPP NA ZONA OESTE DA RMF	38
3.5.1 Rede de Transporte e Integração Intermodal	38
3.5.2 Sistema Integrado de Transporte de Fortaleza (SIT-FOR)	40
3.5.3 Transporte Rodoviário Metropolitano	41
3.5.4 Trem Metropolitano	42
3.5.5 Transporte Alternativo	42
3.5.6 Operação no Corredor - Mister Hull/Bezerra de Menezes	43
3.5.7 Terminais	45
3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
CAPÍTULO 4	
MODELAGEM DE REDES INTEGRADAS DE TRANSPORTE PÚBLICO	47
4.1 MODELAGEM DE REDES DE TRANSPORTE	47
4.2 CARACTERÍSTICAS DAS REDES DE TRANSPORTE COLETIVO	49
4.3 FUNÇÃO DE CUSTO GENERALIZADO	51
4.3.1 Calibração de Funções Utilidade	51
4.3.2 Valor do Tempo	54
4.4 MODELOS DE ALOCAÇÃO DE TRÁFEGO	59
4.4.1 Alocação Tudo ou Nada	60
4.4.2 Métodos Estocásticos sem Restrições de Capacidade	60
4.4.3 Equilíbrio do Usuário	62
4.4.4 Método Específico para Redes de Transporte Público	64
4.5 MODELAGEM DA REDE DE TRANSPORTE PÚBLICO COM O TransCAD 4.0	64
4.5.1 Representação do Sistema de Rotas	64

4.5.2 Representação da Rede de Transporte Público.....	65
4.5.3 Métodos de Alocação Disponibilizados pelo TransCAD..	67

CAPÍTULO 5

MODELAGEM E ANÁLISE DE ALTERNATIVAS DE REDES INTEGRADAS DE TRANSPORTE COLETIVO PARA A ZONA OESTE DA RMF	68
5.1 ANÁLISE DA DEMANDA A SER UTILIZADA NO CARREGAMENTO DA REDE	68
5.1.1 Geração de Viagens	68
5.1.2 Distribuição de Viagens	71
5.1.3 Matriz O/D Utilizada	74
5.1.4 Método de Alocação Utilizado	74
5.2 MODELAGEM DA REDE DE TRANSPORTE PÚBLICO	76
5.2.1 Zonas de Tráfego	76
5.2.2 Representação do Sistema Viário	79
5.2.3 Sistema de Rotas	79
5.2.4 Representação e Configuração da Rede de Transporte Público	79
5.2.5 Justificativa da Política Tarifária, Valor do Tempo e Pesos Utilizados	83
5.3 CONCEPÇÃO DOS CENÁRIOS DE REDE INTEGRADAS DE TRANSPORTE PÚBLICO	84
5.4 ANÁLISE DOS CENÁRIOS DO GRUPO 1	88
5.4.1 Participação Modal	88
5.4.2 Custo com Tarifa	90
5.4.3 Tempo Total da Viagem	90
5.4.4 Número e Locais de Transbordos	90
5.5 ANÁLISE DOS CENÁRIOS DO GRUPO 2	96
5.5.1 Participação Modal	96
5.5.2 Custo com Tarifa	96
5.5.3 Tempo Total da Viagem	96
5.5.4 Número e Locais de Transbordo	97
5.6 ANÁLISE DOS CENÁRIOS DO GRUPO 3	97
5.6.1 Participação Modal	98
5.6.2 Demais Indicadores	98
5.6.3 Análise do Cenário 3.4	98

5.7 ANÁLISE DOS CENÁRIOS DO GRUPO 4	99
5.7.1 Participação Modal	99
5.7.2 Custo com tarifa	99
5.7.3 Tempo Total de Viagem	100
5.7.4 Número e Locais de Transbordos	100
5.8 ANÁLISE ENTRE OS GRUPOS DE CENÁRIOS	103
5.8.1 Participação Modal	103
5.8.2 Custo com Tarifa	105
5.8.3 Tempo Total de Viagem	106
5.8.4 Número e Locais de Transbordos	107
5.8.5 Custo Generalizado	108
5.8.6 Imagem do Metrô	109
CAPÍTULO 6	
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	111
6.1 CONCLUSÕES.....	111
6.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS DE PESQUISA	114
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Mapa com os Municípios da RMF.....	2
Figura 2.1: Faixa de eficiência dos diferentes modos de transporte urbano	11
Figura 3.1: Corredores de Transporte e Terminais de Integração	26
Figura 5.1: Distribuição da Demanda por Faixa Horária da Linha Metropolitana – Conj. Nova Metrópole	70
Figura 5.2: Linhas de desejos dos deslocamentos produzidos pela zona de tráfego 191 de Caucaia	75
Figura 5.3: Renda média do chefe de família de Caucaia	77
Figura 5.4: Produção de viagens das zonas de Caucaia	78
Figura 5.5: Configuração geral da rede no TransCAD	81
Figura 5.6: Configuração dos pesos dos atributos da rede no TransCAD	82
Figura 5.7: Carregamento cenário 1.3	89
Figura 5.8: Redução de custo médio com tarifa entre os cenários 1.1 e 1.3	91
Figura 5.9: Redução do tempo total de viagem entre os cenários 1.0 e 1.1	92
Figura 5.10: Número de transbordos por local no cenário 1.1	94
Figura 5.11: Número de transbordos por local no cenário 1.3	95
Figura 5.12: Número de transbordos por local no cenário 4.0	102

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1: População por Faixa de Renda Média Familiar	22
Tabela 3.2: Distribuição da População da RMF por Município e Renda Média Familiar Mensal.	23
Tabela 3.3: Índice de Mobilidade x Renda Média Familiar	23
Tabela 3.4: Demanda por Tipo de Linha do SIT – FOR.....	25
Tabela 3.5: Demanda e Oferta por Corredor de Tráfego	26
Tabela 3.6: Demanda e Frota por Terminal	27
Tabela 3.7: Origem das Viagens Urbanas de Fortaleza, por Terminal	28
Tabela 3.8: Dados Operacionais por Corredor Metropolitano da RMF	29
Tabela 3.9: Dados Operacionais da Linha Tronco Norte	30
Tabela 3.10: Dados Operacionais da Linha Tronco Sul	30
Tabela 3.11: Dados Operacionais do Sistema Urbano de Caucaia	31
Tabela 3.12: Dados Operacionais do Transporte Urbano de Maracanaú	31
Tabela 3.13: Dados Operacionais do Transporte Urbano de Maranguape	32
Tabela 3.14: Frota do Serviço de Moto-Táxi na RMF	33
Tabela 3.15: Demanda por Sub-Sistema na Zona Oeste da RMF	34
Tabela 3.16: Resumo dos Dados Operacionais do Terminal de Antônio Bezerra	35
Tabela 3.17: Resumo dos Dados Operacionais do Terminal do Conjunto Ceará	36
Tabela 3.18: Dados Operacionais da Linha Tronco Norte	37
Tabela 4.1: Valores do tempo de viagem encontrados em estudos desenvolvidos no Brasil	55
Tabela 4.2: Resumo Valores Ponderados em Relação ao Tempo de Viagem	59
Tabela 4.3: Classificação dos Modelos de Alocação de Tráfego	60
Tabela 4.4: Modos Compartilhando da rede	66
Tabela 4.5: Controle de Transferência entre Modos	66
Tabela 5.1: Distribuição da Demanda por Faixa Horária da Linha Metropolitana – Conj. Nova Metrópole	70
Tabela 5.2: Gera�o de Viagens Metropolitanas na Hora de Pico da Manhã	71

Tabela 5.3: Distribuição de Viagens das Zonas de Caucaia	72
Tabela 5.4: Distribuição de Viagens Hora do Pico Manhã	74
Tabela 5.5: Atributos e Pesos dos Cenários do Grupo 1	88
Tabela 5.6: Atributos e Pesos dos Cenários do Grupo 2	96
Tabela 5.7: Atributos e Pesos dos Cenários do Grupo 3	97
Tabela 5.8: Atributos e Pesos dos Cenários do Grupo 4	99
Tabela 5.9: Síntese da Participação Modal	103
Tabela 5.10: Parâmetros e pesos utilizados	110

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O acelerado crescimento experimentado pelos grandes centros urbanos no país, tem repercutido na ordenação do espaço urbano, fazendo com que as pessoas passem a morar cada vez mais distante dos locais onde exercem suas atividades relacionadas principalmente com o motivo trabalho, tendo como conseqüência o aumento do tempo para efetuarem seus deslocamentos pendulares.

Procurando reduzir os tempos de viagem dos usuários do transporte público e aumentar a oferta de transporte para fazer frente à demanda crescente, os planejadores e gestores têm recorrido a intervenções relacionadas à implantação de corredores de transporte de massa, sistemas integrados, políticas de priorização da circulação do transporte coletivo, entre outras medidas.

A Região Metropolitana de Fortaleza – RMF, atualmente constituída por 13 municípios (como pode ser visualizado na Figura 1.1), se insere neste contexto, pois significativa parcela de sua população reside em conjuntos habitacionais implantados nas áreas periféricas de Fortaleza e nos municípios de Caucaia, Maracanaú e Pacatuba. Como Fortaleza concentra 83% dos empregos da RMF, as pessoas que residem nesses conjuntos habitacionais necessitam realizar extensos deslocamentos casa – trabalho. Por se tratarem, na sua maioria, de pessoas de baixa renda, o transporte mais utilizado é o público, que responde por cerca de 2/3 das viagens motorizadas realizadas na RMF, com o modal ônibus transportando mais de 95% dos passageiros do transporte público, segundo dados da pesquisa domiciliar realizada em 1996 (METROFOR, 1996). Entretanto, nos últimos anos, o transporte alternativo (regulamentado e clandestino), operado por veículos de baixa capacidade do tipo vans, vem captando uma parcela considerável destes passageiros, estimada em torno de 20% da demanda do ônibus.

Os deslocamentos com origens nos municípios periféricos da RMF acessam a área central de Fortaleza através dos dois principais corredores de transporte da RMF, o

Mister Hull/Bezerra de Menezes e o José Bastos/João Pessoa, que são operados em tráfego misto, não havendo nenhum tratamento preferencial para o transporte público. Ambos encontram-se congestionados nos períodos de pico, elevando significativamente o tempo de viagem nestes, principalmente para os usuários do transporte público.

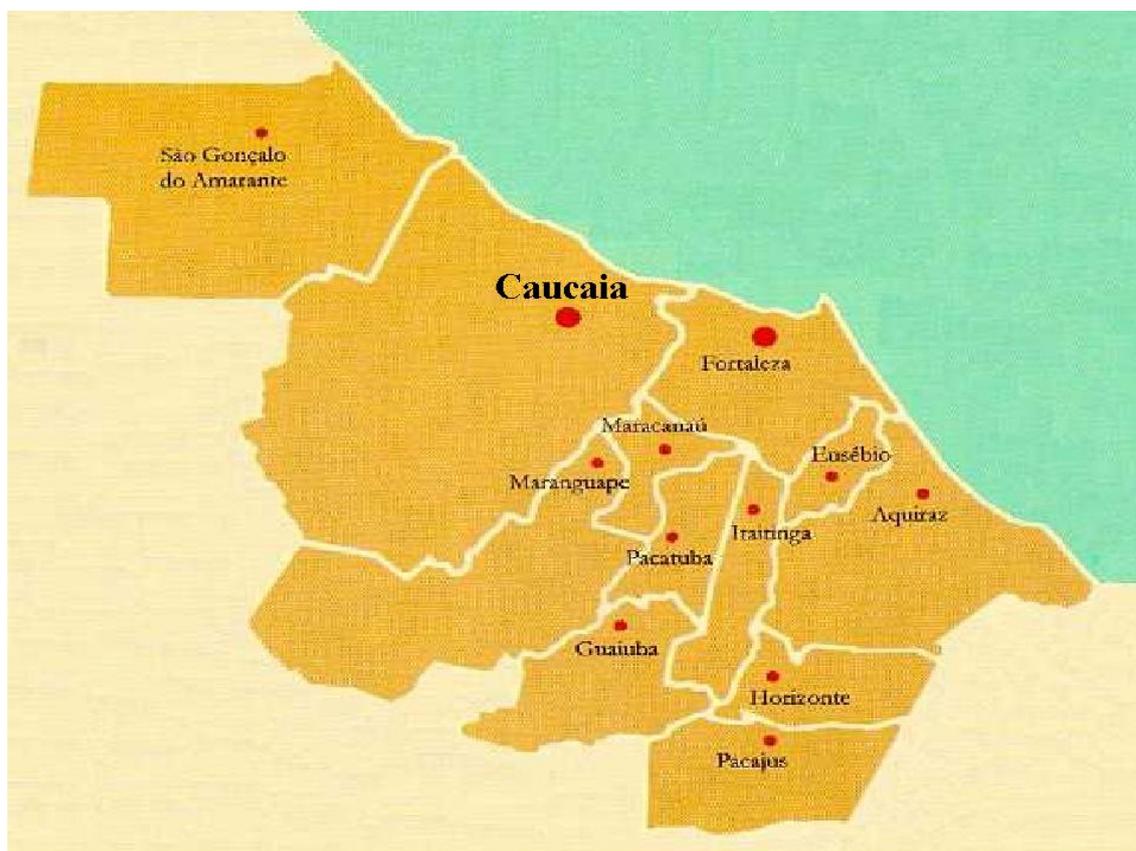


Figura 1.1: Mapa com os Municípios da RMF

Encontra-se em implantação o metrô da RMF, denominado METROFOR, constituído de uma linha diametral que ligará a estação Vila das Flôres em Pacatuba à sede do município de Caucaia, passando pela estação João Felipe na área central de Fortaleza. Esta linha, cujo traçado superpõe os das atuais linhas Norte e Sul do trem operado pela CBTU, será construída em duas etapas. A primeira, trecho Sul (correspondente à atual linha Sul), fará a ligação entre as estações João Felipe e Vila das Flores, com extensão de 24 km, sendo 4 km subterrâneos e o restante em superfície ou elevado. Segundo METROFOR (1999) previa-se para este trecho uma demanda de 185 mil passageiros por dia, no ano de início de sua operação (segundo semestre de 2002). A segunda etapa, trecho Oeste, ligará as estações João Felipe e Caucaia, com extensão de 19 km, todo em superfície, com previsão de demanda de 105 mil passageiros por dia.

Em decorrência dos atrasos ocorridos no início e na execução das obras, o início da operação dos dois trechos está prevista para o segundo semestre de 2005.

Nas capitais brasileiras onde já foi implantado, o metrô tem exercido o papel estruturador do sistema de transportes, modificando significativamente a configuração da rede existente. Em algumas delas isso ocorreu logo após sua implantação, enquanto em outras foi acontecendo gradativamente, à medida que o processo de integração com os outros modos foi ocorrendo.

A inserção deste novo modo de transporte público na RMF deverá provocar fenômeno semelhante em relação à rede atual, havendo portanto necessidade de buscar, antecipadamente, alternativas de redes multimodais, integradas, que levem à eficiência e à eficácia do sistema, constituindo-se então no problema desta pesquisa de dissertação. Porém, este trabalho se restringirá à análise de alternativas para a rede de transporte público da zona oeste da RMF, mais especificamente aos deslocamentos das pessoas residentes no município de Caucaia com destino às principais zonas de tráfego do município de Fortaleza.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Geral

Este trabalho de pesquisa teve como objetivo geral analisar os impactos sobre grupos específicos de usuários, resultantes de diferentes cenários de integração modal no sistema de transporte público de passageiros, tendo como estudo de caso os deslocamentos pendulares na zona oeste da RMF, a partir da modelagem combinada da escolha modal e alocação das viagens em rotas uni- ou multimodais de redes integradas de transporte coletivo.

1.2.2 Específicos

Seus objetivos específicos foram os listados a seguir:

a) Revisar os conceitos e as experiências de sistemas integrados de transporte público, à luz dos aspectos de integração operacional, física, tarifária e institucional;

b) Caracterizar e diagnosticar o sistema de transporte público de passageiros da RMF;

c) Conceber e modelar alternativas de redes de transporte público que contemplem cenários de integração física, operacional e tarifária, representando funções de custo generalizado por combinação *link*/modo que incorporem os atributos, com seus respectivos pesos, considerados pelos usuários na escolha de suas rotas; e,

d) Utilizar o potencial analítico dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) para implementar uma análise espacializada de indicadores de desempenho das redes simuladas relativas a diferentes grupos de usuários.

1.3 JUSTIFICATIVA

Conforme já mencionado, o metrô se constituirá em um novo modo de transporte na RMF e, por sua característica de alta capacidade, impactará a rede atual de transporte público, havendo, portanto, a necessidade de se pensar em uma rede integrada multimodal, com a participação efetiva de todos os modos.

A configuração desta rede deve buscar atender às linhas de desejo dos deslocamentos da população, de modo que não haja descontinuidade do nível de serviço ofertado, desde a origem até o destino final, como recomenda o princípio III da análise de sistemas de transportes MANHEIM (1984), que diz: "Os movimentos devem ser considerados de sua origem inicial ao destino final".

FORNECK (1993), ao relatar a experiência da implantação do metrô de São Paulo, afirma que, no caso específico da linha Norte-Sul, não houve a preocupação em se planejar uma rede multimodal integrada visando ampliar a mobilidade da população e sim viabilizar economicamente a operação do metrô. ANTP (1996) alerta para as

conseqüências malélicas da implantação de sistemas integrados, sem planejamento prévio, que só contribuem para a degradação do conceito de integração.

Como uma rede integrada deve atender às necessidades próprias de cada região, por conta de suas especificidades quanto ao tipo e intensidade do uso do solo, características sócio-econômicas da população, tipos de tecnologias adotadas e nível de integração institucional, não se pode adotar soluções prontas que foram utilizadas em outras cidades. Recomenda-se verificar quais os sucessos e insucessos de cada experiência e em que podem subsidiar o estudo do caso específico da RMF.

Portanto, entende-se ser imprescindível que se busque antecipadamente alternativas de redes multimodais integradas para a RMF, de modo a garantir maior mobilidade à sua população, através de um transporte público eficiente e eficaz, com equidade de acesso. Deve-se evitar que o metrô venha a ser apenas mais um modo de transporte em operação de forma isolada, ou que se busque a viabilidade econômica deste modal por meio de integrações compulsórias, que penalizem desnecessariamente os usuários.

Neste sentido, os modelos tradicionais de previsão de demanda têm sido utilizados na análise de redes multimodais de transporte público, porém sempre com um enfoque agregado quanto às características sócio-econômicas e espaciais dos usuários, não disponibilizando informações para que se possa analisar espacialmente os impactos dessas redes por grupos específicos de usuários.

A disponibilidade de plataformas de Sistemas de Informação Geográficas (SIG), incorporando bancos de dados georeferenciados contendo as características sócio-econômicas e demográficas da população usuária, assim como os dados que permitam quantificar o seu padrão de viagens, abre caminho para um tipo diferenciado de análise dos impactos inerentes a cenários distintos de redes integradas. São estes os aspectos que motivaram o desenvolvimento deste trabalho.

1.4 RESUMO DA ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação está estruturada em seis capítulos. Após este capítulo introdutório, o Capítulo 2, **Integração Modal no STPP**, apresenta os motivos que têm

levado os planejadores de transportes a sugerirem os sistemas integrados como alternativa para melhorar o transporte nos centros urbanos, fazendo um levantamento das experiências de sistemas integrados implantados no Brasil e em outros países, com o objetivo de analisar como estes estão estruturados a partir de uma revisão conceitual dos aspectos de integração operacional, física, tarifária e institucional.

No capítulo 3, **Sistema de Transporte Público de Passageiros da Zona Oeste da RMF**, faz-se a caracterização e o diagnóstico deste sistema, que é composto do sub-sistema urbano de Fortaleza, representado por parte do Canal 2 (corredor formado pelas avenidas Mister Hull e Bezerra de Menezes), do sub-sistema metropolitano através do seu Corredor I, do sub-sistema urbano de Caucaia (todos os três operados pelo modo ônibus) e pela linha ferroviária Tronco Norte.

No Capítulo 4, **Modelagem de Redes Integradas de Transporte Público**, ressalta-se a importância dos modelos comportamentais no processo de modelagem de redes de transportes e suas vantagens com relação aos modelos tradicionais. Destacam-se as principais características das redes de transporte público e suas especificidades, levando a que em sua modelagem sejam necessárias as inclusões de *links* e nós para representar o acesso, a difusão e o transbordo quando necessário. É apresentada a revisão bibliográfica relacionada ao valor do tempo e modelos de alocação e, por último, é descrito o processo de modelagem de rede de transporte público utilizando o SIG-T TransCAD 4.0.

No Capítulo 5, **Modelagem e Análise de Alternativas de Redes Integradas de Transporte Coletivo Para Zona Oeste da RMF**, é feita a caracterização da demanda utilizada no carregamento da rede. Descreve-se o processo de modelagem da rede da área de estudo e as características dos grupos de cenários utilizados e, por último, procede-se à análise de sensibilidade dos resultados obtidos em cada grupo de cenários e entre estes.

Por último, no Capítulo 6, **Conclusões e Recomendações**, é avaliado se os objetivos do estudo foram alcançados, quais limitações foram encontradas, apresentando-se recomendações para estudos futuros.

CAPÍTULO 2

INTEGRAÇÃO MODAL NO STPP

2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O crescimento desordenado das cidades e a descentralização das atividades no espaço urbano ampliaram as necessidades de deslocamentos dos habitantes dos grandes centros urbanos, diversificando seus locais de destino e obrigando-os a utilizar mais de uma linha do mesmo ou de diferentes modos de transporte, com conseqüentes transferências e transbordos, acarretando nas seguintes conseqüências para o sistema de transporte:

a) Operação desordenada e irracional, com superposição de linhas nos principais corredores, levando a ociosidade da frota fora dos períodos de pico, concorrência predatória entre operadoras com conseqüente elevação dos níveis de congestionamento e poluição ambiental;

b) Aumento do tempo médio de deslocamento e do custo com transporte para os usuários;

c) Transferências em locais inadequados quanto à segurança e conforto dos usuários;

d) Diversidade de modos de transporte operando normalmente em condições de concorrência e de forma não compatível com suas funções e características específicas, resultando em ineficiências e na conseqüente elevação do custo operacional do sistema;

e,

e) Dificuldade para os usuários obterem informações operacionais do sistema.

Essas inadequações têm contribuído para a redução na demanda de passageiros do transporte coletivo por ônibus. Segundo dados da SEDU/PR (2001), entre 1995 e 2000, observou-se uma redução média de 8% nas viagens por ônibus nas principais

capitais brasileiras, com as viagens não motorizadas atingindo patamares que variam de 29 a 50% do total de deslocamentos.

De acordo com SCHOPPA (1993), as populações urbanas de baixa renda são as mais sacrificadas, restando-lhes apenas duas opções: morar cada vez mais longe dos locais de trabalho, arcando com custos crescentes de transporte, ou morar em favelas próximas às áreas centrais.

Buscando intervir neste cenário de queda na qualidade do transporte público, o Governo Federal, através da SEDU/PR, apresentou recentemente uma proposta de Política Nacional para o Transporte Urbano (SEDU/PR, 2001), tendo como um dos objetivos “aumentar a atratividade do transporte coletivo, tornando-o mais rápido, confortável, seguro e adequado às necessidades de deslocamentos da população”. Entende-se, entretanto, que somente através de políticas abrangentes, buscando encontrar soluções que propiciem ampla mobilidade para as populações dos grandes centros urbanos, é que se conseguirá atender objetivos como este.

Para tanto, é essencial que o transporte público seja planejado e operado de forma integrada, com a participação de todos os modais, sendo reservado a cada um o papel que melhor se adeque às suas características. Desta forma, ter-se-á realmente uma rede de transporte público. É importante, também, disponibilizar aos usuários informações relativas a todos os modais, para que estes tenham total entendimento sobre o sistema, tornando a sua utilização fácil e atrativa.

Conforme destacado em METROFOR (2002), é imprescindível que a integração dos transportes ofereça aos usuários variadas opções de serviços, o que chama de “pacote de serviços de transporte” ou “pacote de mobilidade”. Para VASCONCELLOS (2000), o direito à mobilidade e à acessibilidade é que propicia às pessoas o direito de participar das atividades sociais, econômicas, políticas e culturais do seu dia a dia.

Baseados nesta premissa, a proposta de programa de governo do PT (2002) destaca como uma das principais proposições para o problema do transporte urbano “implementar mecanismos de integração intermodal que assegurem condições universais de acesso e de circulação”. Em suma, parafraseando CABREJOS e SILVA

(1994), “a implantação de sistemas integrados requer, antes de tudo, vontade política para melhorar as condições de deslocamento e a qualidade de vida da população”.

2.2 TIPOS DE INTEGRAÇÃO

Para atender aos objetivos que se propõem, os sistemas integrados devem equacionar as questões relacionadas com a organização institucional, a operação, o espaço físico, a estrutura tarifária e a informação. Essas questões são comuns na operação de um sistema de transportes, em decorrência da diversidade de interesses inerentes a gestores, operadores e usuários. Cada um destes aspectos, tratados individualmente a seguir, caracteriza uma parcela distinta, porém interligada, da problemática da integração modal no sistema de transporte público de passageiros.

2.2.1 Integração Operacional

Integrar operacionalmente os serviços de transporte de uma cidade ou região é operá-los de forma coordenada com relação a horários, frequências e itinerários, resultando num nível de oferta compatível à demanda. Quando se tem mais de um modo operando, estes devem ser utilizados de forma efetiva, já que cada modo tem características de serviço específicas, que os diferenciam quanto à acessibilidade, capacidade e velocidade operacional. O serviço ofertado deve ser único e homogêneo, mantendo o mesmo padrão de qualidade e equidade de acesso e custo.

A ANTP (1996) alerta que, na integração operacional entre diferentes modos de transporte, não deve existir o modo estruturador, nem o desestruturador. Todos são fundamentais, cada um com sua característica operacional. Os planejadores e técnicos de transporte não devem se deixar levar pela facilidade de pensarem em termos de transportes hierarquizados, lineares e compartimentados, e sim em transportes complementares, matriciais e compartilhados. Deve ser deixado ao usuário o direito de optar pelo transporte que lhe seja mais conveniente e adequado.

Como exemplo, a ANTP (1996) cita que: "É mais simples obter demanda para uma linha de trem de subúrbio, seccionando-se as linhas de ônibus que passam próximo de suas estações, forçando uma integração compulsória de pessoas, do que tentar entender os desejos de viagens destes usuários, optar pela adoção de integração gradual

e espontânea, e oferecer atrativos de deslocamentos aos usuários, adotando veículos mais confortáveis e com uma operação mais confiável".

Segundo FORNECK (1992), quando da implantação da linha Norte-Sul do metrô de São Paulo, buscou-se otimizar a utilização dos equipamentos sem levar em consideração o destino final dos usuários, acarretando em transferências compulsórias, sem deixar aos mesmos opções de escolha, nem obtenção de benefícios para compensar os transtornos da transferência.

A integração operacional deve promover o aumento de acessibilidade e a racionalização de uso dos diversos modos em operação. Por outro lado, pode acarretar transtornos aos usuários, decorrentes de transbordos. Estes devem ser compensados com reduções no tempo de viagem e no custo, aumento da frequência e maior segurança.

De acordo com CAVALCANTE (2002), para que seja mantida a mesma utilidade nas viagens dos usuários do transporte coletivo da Região Metropolitana de Fortaleza, a inclusão de um transbordo deve ser compensada, em média, com a redução de 7,2% (podendo chegar a 19,7%) no valor da tarifa, ou de 6,8% a 13,2% no tempo de viagem.

A decisão de implantar uma integração operacional deve ser precedida de análise dos dados operacionais atuais e da realização de pesquisas de campo, a fim de que se detecte as inadequações existentes. Em seu manual sobre integração do transporte público, a ANTP (1996) aponta algumas destas inadequações:

a) Em termos de demanda de transporte, a cidade começa a apresentar diversos pontos de destino de viagens, além daqueles na área central, fazendo com que cresça o percentual de transferências no centro para conclusão da viagem e crie-se o desequilíbrio dos fluxos de passageiros;

b) Com relação a oferta de transporte, as linhas radiais e diametrais, otimizadas operacionalmente ao máximo, já não conseguem atender aos desejos dos usuários;

c) Um determinado modo de transporte já não consegue atender ao volume da demanda existente;

d) Em termos de custo do transporte, uma parcela significativa de usuários necessita tomar várias conduções para chegar a seu destino, ocasionando em aumento nos gastos com transporte;

e) O sistema, para atender satisfatoriamente à maioria dos deslocamentos, começa a apresentar custos elevados; e,

f) Em termos de qualidade de vida, a operação do transporte provoca a deterioração da qualidade de vida de seus usuários e a degradação urbana e ambiental.

Quanto aos modos envolvidos, estes devem ser utilizados de acordo com suas características operacionais, visando sempre a eficiência e a eficácia do sistema. Na Figura 2.1, podem ser observadas as faixas de eficiência dos diferentes modos de transporte urbano:

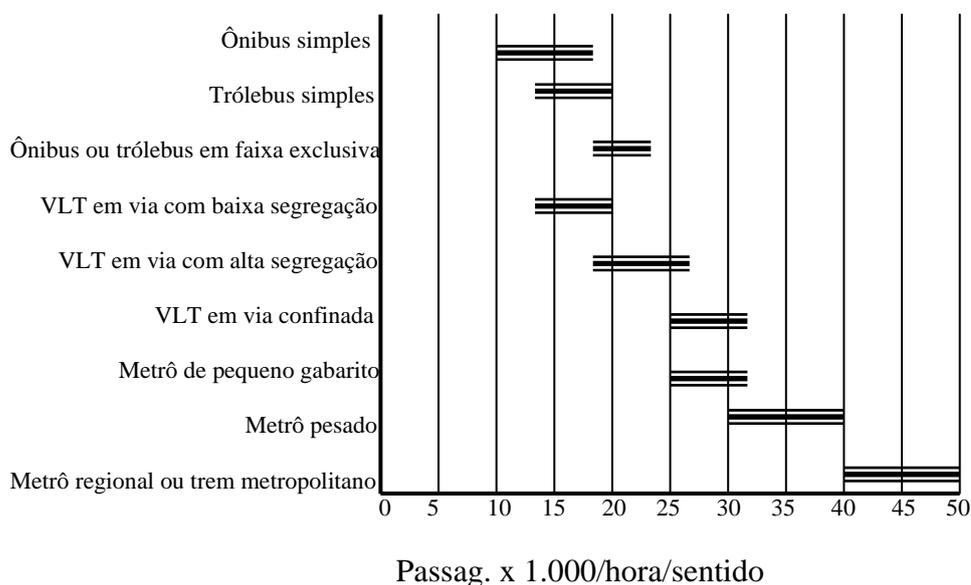


Figura 2.1: Faixa de eficiência dos diferentes modos de transporte urbano (ANTP, 1996)

Nesta figura não consta a faixa de eficiência dos veículos de baixa capacidade tipo “vans” que, pelas informações publicadas na NTU (2000), a utilização deste tipo de veículo é uma realidade na maioria das cidades brasileiras e regiões metropolitanas

operando de forma legalizada ou não. Diante desta realidade é importante que na integração operacional de rede multimodal seja levado em consideração este tipo de veículo e definido que papel deve ser a ele reservado, evitando-se que modos pouco eficientes em relação à ocupação de espaço viário por passageiro transportado, ou consumo energético por passageiro transportado, sejam utilizados nos corredores de transporte em concorrência direta com os modos mais eficientes.

VASCONCELLOS (2002) relata a experiência bem sucedida da cidade de Porto Alegre que começou em 1977 com o sistema de táxi-lotação, evoluindo, atualmente, para uma frota de 400 veículos, com capacidade de 21 lugares cada.

Outra experiência que deve ser analisada é da cidade de Ribeirão Preto – SP onde os veículos de baixa capacidade são utilizados como alimentadores dos ônibus, aumentando a capilaridade da rede pois este tipo de veículo tem maior facilidade de circulação nos locais de difíceis acessos.

A ANTP (1996) define quatro tipos de integrações operacionais entre modos de diferentes características, com cada um exercendo a função de alimentador de um outro de maior capacidade:

a) Integração de ponta ou “pé de galinha”, devido ao seu desenho ser caracterizado pelo terminal de integração estar localizado na extremidade da linha do modo de maior capacidade. Seccionam-se as linhas alimentadoras nestes terminais, obrigando a que o usuário faça um transbordo, independente de qual seja o seu destino final; podendo ser apenas duas paradas depois. Com este tipo de integração na maioria das vezes, busca-se obter demanda para viabilizar o modo de maior capacidade;

b) Integração ao longo da linha, na qual são construídos terminais de menor porte que os citados anteriormente, ao longo da linha de maior capacidade, com algumas linhas alimentadoras sendo seccionadas nestes terminais e outras passando por eles, de modo a oferecer maiores possibilidades de opções aos usuários; e,

c) Integração complementar em locais adequados, porém de dimensões reduzidas, onde há a transferência entre os modos. Porém, cabe ao usuário decidir o que lhe é mais conveniente, permanecer na linha alimentadora, já que esta exerce também a função de complementar, ou trocar de modo em razão de algum benefício oferecido, tais como redução do tempo de viagem, maior acessibilidade ou redução no custo do deslocamento. Neste tipo de integração, tem-se como objetivo propiciar maior opção de escolha e, conseqüentemente, maior satisfação do usuário, não visando somente viabilizar economicamente a operação do modo de maior capacidade.

De acordo com a avaliação de FORNECK (1992), pode-se constatar que as integrações ônibus-metrô em São Paulo foram evoluindo na busca de causar menor transtorno ao usuário. Na primeira linha implantada, a Norte-Sul, utilizou-se a integração de ponta. Já na linha Leste-Oeste, evoluiu-se para a integração ao longo da linha, causando menor impacto aos usuários.

2.2.2 Integração Física

A integração física consiste na reestruturação espacial das linhas do STPP, de forma que os usuários, ao realizarem as transferências entre estas, tenham de recorrer a caminhadas mínimas; bem como na adequação do espaço urbano, para que as transferências ocorram em locais que proporcionem aos usuários conforto, segurança e comodidade.

A integração física também se torna necessária quando se deseja que o usuário possa realizar mais de um deslocamento pagando uma única tarifa, sem que sejam utilizados mecanismos de arrecadação com validadores de "cartões inteligentes". Nestes casos há, portanto, a necessidade de espaço físico adequado para a realização das transferências.

A adequação física mais utilizada nos sistemas integrados é a construção de terminais de integração. Segundo a ANTP (1996), estes terminais podem ser classificados em:

a) abertos ou livres: quando projetados para acomodar fisicamente usuários, veículos e serviços de apoio, com a cobrança de tarifas para acesso a um dos modos de transporte se dando no próprio modo; e,

b) fechados ou com área paga: quando projetados para acomodar fisicamente pessoas, veículos e serviços de apoio, permitindo acesso apenas aos usuários que já pagaram antecipadamente a tarifa do sistema, seja no primeiro modo utilizado ou ao ingressar no terminal através de um acesso controlado por catraca.

Um exemplo de utilização de terminais fechados na integração de transporte é do Sistema Integrado de Transportes de Fortaleza SIT – FOR, que foi implantado em 1992. Encontram-se atualmente em operação sete terminais fechados, onde são realizadas as integrações físico-operacional e tarifária.

Num levantamento das experiências nacionais e estrangeiras de sistemas integrados, em METROFOR (2002), consta que a tendência internacional para tornar mais atrativa a utilização do transporte público é de se promover a integração física entre os diversos modos, desde que isto ocorra em locais especialmente projetados, de forma que o usuário tenha à sua disposição não somente os serviços de transporte, mas também outros atrativos como centros de compras, estacionamento, cinemas, áreas de lazer, etc. São os chamados “*Hub Centers*”. O sucesso destes pólos depende de que haja parcerias entre todos os agentes envolvidos: organizadores, operadores, comércio, serviços públicos, etc.

São Paulo possui experiência neste sentido, embora não no nível desejado, com os usuários tendo à sua disposição tanto os serviços de transporte (trem, metrô, ônibus e lotação) como outros serviços públicos.

2.2.3 Integração Tarifária

A integração tarifária consiste na utilização de uma estrutura tarifária que possibilite ao usuário acessar todo o sistema com o pagamento de uma tarifa, que poderá ter valor único para qualquer que seja o deslocamento a ser realizado, ou complementada com um valor reduzido de acordo com a característica do deslocamento.

Este tipo de integração deve ser planejado objetivando a redução do custo com transporte, principalmente para beneficiar aqueles que utilizam mais de uma linha ao realizar seu deslocamento desde a origem até o destino final, ou como forma de compensar os transtornos causados pelo transbordo, servindo, portanto, de atrativo à utilização do sistema.

Até pouco tempo atrás, para que houvesse a integração tarifária com o pagamento de uma única tarifa, independente da quantidade de linhas necessárias para realização do deslocamento, era indispensável a utilização de terminal fechado. Com o desenvolvimento tecnológico que disponibilizou a eletrônica embarcada e os cartões inteligentes (*Smart Card*), surgiu o conceito de bilhetagem eletrônica, permitindo a integração temporal e dispensando o uso desses terminais.

A bilhetagem eletrônica consiste na utilização de um validador embarcado, que controla a liberação da catraca, segundo critérios preestabelecidos na estrutura tarifária, permitindo também diversos controles na arrecadação e na demanda. Para que haja a liberação da catraca é necessário uma interface entre o validador e o passageiro, que pode ser através de cartões com tarja magnética, bilhetes magnéticos padrão Edmonson, cartões inteligentes (*Smart Card*) com ou sem contato, etc. Cada um tem aplicações e limitações bem definidas, que se adequam a diferentes estruturas tarifárias e características do sistema e dos usuários.

Dentre estas interfaces, a que possibilita maior flexibilidade na estrutura tarifária e, conseqüentemente, na integração, é o *Smart Card*, que tem padrão internacional ISO (formato cartão de crédito). Este é dotado internamente de um chip-memória no qual são armazenadas as informações. A interface com o validador ocorre através de uma leitora de contato direto ou por meio de hiperfrequência de rádio sem o contato (*contactless*). Neste caso, necessita que internamente exista uma antena de comunicação de dados. O custo de aquisição dos validadores e interfaces, assim como sua estrutura de gerenciamento, variam consideravelmente, aumentando com o nível de recursos que disponibilizam.

A bilhetagem eletrônica possibilita as seguintes vantagens:

- a) Flexibilidade na estrutura tarifária, permitindo diversidade de integrações entre estas;
- b) Pode dispensar a utilização de terminais fechados na integração tarifária, através da utilização de integração temporal;
- c) Maior controle da demanda e arrecadação;
- d) Ausência de dinheiro no interior do veículo, reduzindo o número de assaltos;
- e) Possibilita a redução tarifária por grupos de usuários e/ou período de utilização dos serviços; e,
- f) Aumento na velocidade de embarque dos passageiros.

Quando da definição da tecnologia a ser utilizada para os validadores e interfaces, é imprescindível que haja compatibilidade entre as utilizadas nos diversos modos atuantes, bem como sejam levadas em consideração as características econômicas dos usuários, para que os de menor poder aquisitivo não sejam forçados a comprar antecipadamente várias passagens.

Dentre as proposições para se propiciar cidadania a partir da gestão da mobilidade urbana, apresentadas no Programa de Governo Lula (PT, 2002), uma delas é apoiar a implantação de projetos de bilhetagem eletrônica de cobrança de tarifas e controle do serviço de transporte público.

Como exemplo de experiência nacional, a Região Metropolitana de Goiânia implantou em 1996 a bilhetagem eletrônica no seu sistema de transporte coletivo por ônibus. Para não penalizar os usuários de menor poder aquisitivo, foram adotados como interface tanto o *Smart Card*, como o bilhete Edmonson. O primeiro para ser utilizado por quem pode pagar antecipadamente várias passagens, obtendo com isto redução no seu preço de 5%. Já o segundo serve para quem só tem condições financeiras de pagar cada viagem no momento de sua utilização. A experiência de Goiânia é a que está em melhor nível de desenvolvimento no Brasil, estando prevista para 2002 a transformação

dos terminais de integração de fechados em abertos, graças à utilização dos cartões eletrônicos.

Quanto aos metrô em operação no Brasil, METROFOR (2002), relata que em todos ocorre a integração tarifária com outros modos. Porém, pode-se constatar que adotam tecnologia ultrapassada, haja visto que todos utilizam o bilhete tipo Edmonson, que não propicia a flexibilidade e segurança da bilhetagem com *chip*. Ainda segundo METROFOR (2002), existem algumas experiências internacionais de utilização de bilhetagem automática com utilização de cartões “inteligentes”, merecendo destaque a de Hong Kong, com mais de 7,5 milhões de cartões em circulação, controlando entre 6 e 7 milhões de transações por dia.

A integração tarifária normalmente leva à necessidade de mecanismos de compensação financeira para que se proceda à justa remuneração das operadoras, haja visto que provoca o desequilíbrio financeiro de algumas linhas, em decorrência do não pagamento pelo usuário da tarifa a partir do segundo embarque, passando a existir linhas deficitárias. Os mecanismos mais utilizados nos sistemas integrados são as Câmaras de Compensação.

Um exemplo de câmara de compensação é a utilizada no sistema integrado de Fortaleza (SIT-FOR), na qual as operadoras são remuneradas por um mix de quilometragem rodada, frota alocada e passageiros transportados. A receita é arrecadada pelas operadoras e nos terminais de integração. Posteriormente, o órgão gestor realiza a compensação financeira entre as empresas superavitárias, ou seja, as que arrecadaram em seus veículos receita superior à que lhe é devida, e as deficitárias, que obtiveram receita inferior.

2.2.4 Integração Institucional

A integração institucional é pressuposto básico para que se implante efetivamente um sistema integrado, principalmente em se tratando de regiões metropolitanas, onde participam diferentes esferas de governo: federal, estadual e municipal.

A ANTP (1996) define integração institucional como sendo "o estabelecimento das políticas de integração a serem adotadas para um determinado município ou macro-região, materializadas através de instrumentos adequados, tais como convênios operacionais, regulamentos, atos administrativos, Decretos ou Leis". Portanto, deve ocorrer com base em conceitos legais e jurídicos completos, de forma que conceda segurança legal para as partes envolvidas.

FORNECK (1993) e SOUZA (1992) relatam, respectivamente, as experiências das implantações dos metrô de São Paulo e Recife, e as integrações destes com o modal ônibus. Em ambas, por se ter iniciado a operação do metrô sem que fossem equacionadas as questões institucionais, foram geradas dificuldades para as entidades envolvidas na organização e operação dos diversos modos atuantes, na implementação dos demais níveis de integração. Como consequência, tem-se observado a sub-utilização do modal metrô e a não disponibilização para os usuários dos benefícios de uma rede de transporte integrada.

Conforme recomendação da ANTP (1996), no caso de dificuldade em se firmar a integração institucional, principalmente em grandes regiões metropolitanas com elevado número de empresas operadoras e entidades responsáveis pela gestão, deve-se criar uma empresa *holding* para gerenciar o sistema. Dessa forma, fica mais fácil a articulação da expansão dos modos e o estabelecimento de critérios operacionais entre as operadoras, centralizando as decisões políticas sob um único comando. Assim, os ajustes operacionais do transporte local seriam de competência das prefeituras e o transporte intermunicipal ou regional estaria sob a gestão da empresa *holding*.

Segundo METROFOR (2002), na União Européia e nos países desenvolvidos em geral, é reconhecido que a integração dos diversos modos de transporte somente se efetiva a partir da integração institucional, cabendo à autoridade política a responsabilidade de organizar e financiar os transportes públicos, garantindo aos seus usuários serviços eficientes e eficazes, mesmo que as receitas operacionais não cubram as despesas decorrentes da prestação dos serviços. Dentre as experiências internacionais de integração de transportes relatadas em METROFOR (2002), os destaques quanto ao nível de integração institucional são as experiências de Paris, Madri e Singapura.

ANTU (1999) comenta que ainda são tímidos os equacionamentos institucionais no Brasil, observando-se efetividade em integrações multimodais somente nas regiões metropolitanas de Recife, Porto Alegre e Belo Horizonte. Para as integrações de um mesmo modo, envolvendo gerências de diferentes esferas de governo, a gestão foi unificada apenas nas regiões metropolitanas de Curitiba e Recife.

Conforme METROFOR (2002), merece destaque ainda a experiência da Região Metropolitana de Goiânia que criou a Companhia Metropolitana de Transportes Coletivos – CMTC, subordinada à Câmara Deliberativa de Transporte Coletivo – CDTC, com representantes do Governo do Estado, das Prefeituras envolvidas e da Assembléia Legislativa.

2.2.5 Integração das Informações

Na esfera internacional, ao se planejar a integração dos serviços de transportes, tem-se dado ênfase cada vez maior à integração das informações, que consiste em disponibilizar aos usuários informações completas sobre toda a rede de transporte da cidade ou região, e não somente de um modo ou operadora, de forma que estes tenham fácil compreensão dos serviços que lhes são disponibilizados, estimulando assim sua utilização.

Dentre os meios de veiculação de informações do transporte coletivo para os usuários, possibilitando melhor entendimento do sistema, FERRAZ e TORRES (2001), destacam os seguintes:

- a) informações nos veículos, tanto na parte externa como interna;
- b) informações nos pontos de paradas;
- c) informações nas estações (terminais);
- d) informações impressas em folhetos;
- e) informações por telefone;
- f) informações via internet; e,

g) informações pelos órgãos de comunicação.

Estas informações podem ser disponibilizadas por meio de placas, painéis digitais, terminais de computadores, pessoal de apoio, etc. Dentre os principais tipos de informações, destacam-se os relativos a horários de operação, tarifas, locais de integração e a esquematização da rede de transporte com seus diversos modos.

Das experiências internacionais descritas em METROFOR (2002) deve ser destacada a de Amsterdã, na Holanda, onde, utilizando as novas tecnologias disponíveis, implantou-se um sistema intermodal de informações aos usuários, denominado de OVR (*Openbor Vervoer Reinformatie*). Neste sistema, através de um número de telefone público, os usuários têm acesso aos horários de todos os modos de transporte público, bem como sugestão da melhor maneira de chegar ao seu destino. Este sistema recebe mais de 10 milhões de chamadas ao ano.

2.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos aspectos abordados neste capítulo, fica evidente a importância da integração no sistema de transporte público em seus diversos níveis, para que se consiga ofertar, principalmente para as pessoas de baixa renda (usuários cativos destes sistemas), serviços dignos que promovam o resgate da sua cidadania. Serviços dignos no sentido de que propiciem maior mobilidade, melhorando-se a acessibilidade, oferta e qualidade do serviço, a preços compatíveis com seu nível de renda.

Os diversos níveis de integração devem ser tratados conjuntamente para que se atinjam os objetivos desejados, pois cada um deles isoladamente pode equacionar parte dos problemas ocasionados quando não se tem o serviço de transporte de uma cidade ou região planejado e operando integradamente.

Conforme destacado por CABREJOS e SILVA (1994), a integração não deve se restringir somente à hierarquização dos diversos modos de transporte, pressupondo principalmente uma nova organização institucional, operacional e na estrutura tarifária.

A forma desordenada do crescimento urbano, a desarticulação da operação dos diversos serviços de transporte, bem como sua regulamentação e gestão, tem afetado mais seriamente as regiões metropolitanas brasileiras, por estas envolverem maior diversidade de interesses, atribuições e níveis de poderes.

Como foi dito neste capítulo são poucas as regiões metropolitanas brasileiras que têm tratado a questão do transporte público de forma abrangente, envolvendo todos os níveis necessários a se ter um serviço socialmente justo que atenda aos interesses dos diversos grupos que nelas residam.

Diante da escassez do espaço viário urbano ante uma demanda desproporcionalmente crescente, faz-se necessário que cada vez mais se priorize o transporte coletivo. Da mesma forma, torna-se importante que o transporte público seja mais atrativo para o usuário do transporte individual, e não simplesmente se restrinja a utilização deste, sem que lhe seja dada alternativas de mobilidade pois, caso contrário, o transporte coletivo deixa de ser socialmente justo, que é um de seus objetivos, por ser excludente para determinados grupos.

Nas cidades brasileiras de maior porte e nas suas regiões metropolitanas a presença do transporte “alternativo” realizado por veículos de baixa capacidade é uma realidade, seja ele operado de forma regular ou não. Deve ser analisado que papel pode ser reservado a este modal dentro de um sistema de transporte integrado, levando-se em consideração as suas características específicas como relatado neste capítulo e não como vem ocorrendo em vários locais, onde opera em concorrência direta com veículos de maior capacidade, inclusive nos corredores de transporte.

CAPÍTULO 3

SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PASSAGEIROS DA RMF

Como dito anteriormente, este estudo de caso se restringe aos deslocamentos pendulares na zona oeste da RMF. Porém, é importante o conhecimento das características do STPP desta região, pois só assim é possível caracterizar a parcela relativa à área de estudo, já que os aspectos institucionais e operacionais têm abrangência metropolitana, não podendo ser caracterizados isoladamente.

Para a concepção dos cenários é importante que se tenha a caracterização do STPP da RMF e detalhadamente da área de estudo já que o primeiro cenário tem como objetivo representar a situação atual.

3.1 CARACTERÍSTICAS SÓCIO-ECONÔMICAS DA RMF

Segundo dados da pesquisa domiciliar contratada pelo METROFOR (1996), observa-se que a renda média familiar mensal dos habitantes da RMF concentra-se em faixas inferiores ou iguais a 4 salários mínimos, correspondendo a 48% da população, com somente 9% apresentando renda acima de 15 salários mínimos (ver Tabela 3.1).

Dos municípios da RMF, o que apresenta menor percentual da população com renda média familiar inferior a 4 salários mínimos é Fortaleza, com 45,4%, enquanto Guaiuba e Aquiraz são os que concentram maior percentual da população nesta faixa de renda, com respectivamente 73,2 e 70,2%, conforme dados apresentados na Tabela 3.2.

Tabela 3.1: População por Faixa de Renda Média Familiar

RENDA MÉDIA FAMILIAR MENSAL (EM SALÁRIO MÍNIMO)	POPULAÇÃO	PARTICIPAÇÃO %
Até 4	1.258.464	48
De 4 a 8	599.799	23
De 8 a 15	333.332	13
Acima de 15	235.725	9
Não declarada	173.236	7

Fonte: METROFOR (1996)

A oferta de empregos está concentrada no município de Fortaleza, que responde por 83% das vagas, sendo 49% no setor de serviços, 18% no comércio, 13% na administração pública e 11% na indústria. Em segundo lugar vem o município de Maracanaú, com 38,8% dos empregos ofertados na indústria.

Tabela 3.2: Distribuição da População da RMF por Município e Renda Média Familiar Mensal.

MUNICÍPIO	RENDA NÃO DECLARADA		RENDA DECLARADA							
			Até 4SM		De 4 a 8 SM		De 8 a 15 SM		Acima de 15 SM	
	População	%	População	%	População	%	População	%	População	%
Fortaleza	149.285	7,4	920.464	45,7	458.417	22,7	280.541	13,9	207.591	10,3
Pacatuba	4.950	11,4	28.050	64,6	7.260	16,7	1.320	3,0	1.815	4,2
Eusébio	685	2,5	14.790	54,5	8.216	30,3	1.986	7,3	1.438	5,3
Aquiraz	0	0,0	38327	73,2	10.937	20,9	2.816	5,4	308	0,6
Itaitinga	3.185	12,3	16.199	62,6	4.058	15,7	1.424	5,5	1.002	3,9
Guaiuba	1.329	7,8	12.033	70,2	2.029	11,8	1.399	8,2	350	2,0
Maranguape	2.239	2,7	43.826	53,4	18.351	22,4	8.640	10,5	8.950	10,9
Caucaia	5.804	2,8	111.837	53,6	59.971	28,7	22.981	11,0	8.151	3,9
Maracanaú	5.705	4,5	72.939	57,2	30.561	24,0	12.224	9,6	6.112	4,8
TOTAL	173.182	6,7	1.258.465	48,4	599.800	23,1	333.331	12,8	235.717	9,1

Fonte: METROFOR (1996)

O índice médio de mobilidade da população da RMF é de 1,32 viagens diárias por pessoa, estando diretamente relacionado à renda. A população na faixa acima de 15 salários mínimos apresenta maior mobilidade (1,60), enquanto a de até 4 salários mínimos tem o menor índice (1,15), como pode ser observado na Tabela 3.3.

Tabela 3.3: Índice de Mobilidade x Renda Média Familiar

RENDA MÉDIA FAMILIAR MENSAL (SALÁRIO MÍNIMO)	ÍNDICE DE MOBILIDADE (viag/hab/dia)
até 4	1,15
de 4 a 8	1,31
de 8 a 15	1,39
acima de 15	1,60
Média	1,32

Fonte: METROFOR (1996)

Para a concepção dos cenários e a análise dos impactos são necessários os conhecimentos das características sócio-econômicas da população da área de estudo, bem como utilizam o sistema de transporte existente, pois os cenários devem ser adequados ao nível de renda da população e as redes devem ter como objetivo principal aumentar a mobilidade da população com custo compatível ao seu nível de renda.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO STPP DA RMF

Os habitantes da RMF, para desenvolverem suas atividades relacionadas ao trabalho, educação, compras, saúde e lazer, necessitam deslocar-se fazendo uso do sistema de transporte. Segundo dados do último estudo de demanda por transporte na RMF (METROFOR, 1996), do total de viagens realizadas na Região (excetuando-se as viagens a pé), 66,8% são efetuadas através do STPP, sendo 64% por ônibus, 2,2% de trem e 0,6% por lotação. Deve-se ressaltar que a realidade de hoje é bastante diferente, com o transporte de baixa capacidade, mesmo sem está regulamentado na área de estudo, tendo retirado aproximadamente 30 % da demanda do ônibus.

Encontra-se em operação no STPP da RMF os sistemas operados pelos modos ônibus, trem, veículos tipo vans e moto-táxi, que operam isoladamente, cada um com gestão própria, não havendo integração institucional. A operação e estrutura tarifária são específicas, caracterizando a falta de integração operacional e tarifária. Percebe-se, portanto, que não se tem uma rede única com o objetivo de ofertar maior mobilidade a seus usuários pagando tarifas adequadas ao seu nível de renda. A seguir, são descritas as principais características de cada modo.

3.2.1 Sistema de Transporte Rodoviário Urbano de Fortaleza

O sistema de transporte rodoviário urbano de Fortaleza responde por aproximadamente 84% dos deslocamentos realizados no STPP da RMF. Seu gerenciamento é feito pela Empresa de Trânsito e Transporte Urbano S/A - ETTUSA, sociedade de economia mista que tem como maior acionista a Prefeitura Municipal de Fortaleza.

Em 1992, este sistema passou por um intenso processo de reestruturação, tendo sido implantado o Sistema Integrado de Transporte de Fortaleza (SIT - FOR), que é

composto atualmente por: 7 terminais de integração; 21 linhas troncais, que fazem a ligação dos terminais com a área central; 89 linhas alimentadoras, que realizam as funções de captação e distribuição nos bairros, levando as pessoas até os terminais; 27 linhas complementares, que realizam a função de interligar dois ou mais terminais; e, 12 linhas circulares que passam pelos terminais. Conforme indicado pela ETTUSA (1999), o SIT - FOR atende a 74% da demanda do sistema urbano de Fortaleza. A rede de transporte é complementada por 65 linhas convencionais que promovem a ligação bairro-centro, duas linhas circulares cujos trajetos não passam pelos terminais e duas linhas interbairros. Na Tabela 3.4 consta a demanda por tipo de linha do SIT - FOR e suas respectivas participações percentuais no sistema.

A articulação das linhas e terminais que compõem a rede de transporte público se dá através de nove corredores de transporte. A Figura 3.1 apresenta a disposição espacial destes corredores e dos terminais, enquanto que nas Tabelas 3.5 e 3.6 tem-se a demanda e a oferta por corredor e terminal, respectivamente.

Tabela 3.4: Demanda por Tipo de Linha do SIT - FOR

TIPO DE LINHA	DEMANDA/DIA	PARTICIPAÇÃO PERCENTUAL (%)
Troncal	146.100	15,8
Alimentadora	197.200	21,3
Complementar	208.900	22,6
Circulares Integrante	132.600	14,3

Fonte: ETTUSA (1999)

Ao longo dos corredores, a circulação dos ônibus ocorre de forma compartilhada com os demais veículos, não havendo prioridade para os mesmos. Exceções ocorrem em alguns trechos dos corredores 01 e 03, onde existem faixas exclusivas, com os ônibus circulando em sentido contrário ao fluxo dos outros veículos. De modo geral, observa-se que não existem baias apropriadas para que os veículos efetuem as paradas de embarque e desembarque, sem comprometer a circulação dos demais veículos. Os pontos de paradas não dispõem de condições satisfatórias de conforto e segurança. A maioria deles são comuns a todas as linhas que circulam no corredor e inexistem informações operacionais do sistema para os usuários.



Figura 3.1: Corredores de Transporte e Terminais de Integração

Tabela 3.5: Demanda e Oferta por Corredor de Tráfego

CORREDOR	Nº DE LINHAS	PASSAGEIROS PAGANTES (DIA ÚTIL)	FROTA OPERANTE (DIA ÚTIL)
01- Avs. Francisco Sá e Pres.Castelo Branco	11	38.834	71
02- Avs. Sgto. Hermínio e Bezerra de Menezes	22	54.073	110
03- Avs. José Bastos e João Pessoa	74	207.279	381
04- Av. dos Expedicionários	08	52.829	82
05- Av. Luciano Carneiro	04	11.857	21
06- BR-116 e Av. Aguanambi	42	99.742	169
07- Antº. Sales e Rua Pe. Valdevino	02	6.571	12
08- Av. Santos Dumont e R. Costa Barros	11	35.297	66
09- Avs. Dom Luís e Abolição	07	31.516	53
Sem Corredor Definido	37	369.677	583
TOTAL	218	907.676	1.548

Fonte: ETTUSA (2001)

Na área central de Fortaleza não existe terminal que concentre em um mesmo local os embarques e desembarques. Estes são realizados nas calçadas, sem conforto, segurança e disponibilidade de informação sobre o sistema.

Pesquisa realizada nos terminais de integração(ETTUSA,1999), levantou o tempo médio de acesso à rede de transporte coletivo no período da tarde, para as viagens integradas, tendo encontrado que para aproximadamente 55% dos usuários

entrevistados é de 5 minutos e para 35% destes o tempo médio de espera está entre 6 e 10 minutos. Quanto à difusão, o tempo médio encontrado foi de até 5 minutos para aproximadamente 64% dos entrevistados, e entre 6 e 10 minutos para cerca de 32%. O principal modo de acesso aos terminais é o ônibus comum com 97,3%, e o de difusão na finalização das viagens é o a pé, com 97,2%.

Tabela 3.6: Demanda e Frota por Terminal

TERMINAL	PASSAGEIRO/DIA	FROTA
Antônio Bezerra	227.188	320
Papicu	275.425	403
Messejana	148.374	214
Parangaba	192.085	287
Lagoa	100.692	155
Conjunto Ceará	70.314	123
Siqueira	148.635	236

Fonte: ETTUSA (1999)

Com relação ao tempo médio de espera pelas linhas troncais no período da tarde, encontrou-se que este é de até 5 minutos para 36,5% dos usuários, e entre 6 e 10 minutos para 26,4%. Já as linhas alimentadoras apresentaram um tempo médio de espera nos terminais de até 5 minutos para 12,7%, entre 6 e 10 minutos para 21,5%, e superior a 15 minutos para 46,4% dos usuários.

O principal motivo das viagens é o trabalho com 68,0%, vindo em segundo lugar o estudo regular com 12,9%. Quanto à origem das viagens no período da tarde, as zonas Centro e Praia de Iracema são as mais expressivas para quase todos os terminais, conforme apresentado na Tabela 3.7, sendo a única exceção para o Terminal Papicu, cujas viagens têm como origem principal as zonas Aldeota e Meireles.

A estrutura tarifária praticada no sistema é de tarifa única, na qual os passageiros integrados podem efetuar a quantidade de viagens necessárias para realizarem seus deslocamentos desde a origem até o destino final, pagando somente uma passagem, desde que as transferências ocorram em um dos terminais fechados. O valor atual da tarifa (novembro/2002) é R\$ 1,20 com os estudantes tendo direito à meia-passagem.

Tabela 3.7: Origem das Viagens Urbanas de Fortaleza, por Terminal

TERMINAL	ZONA DE ORIGEM	PERCENTUAL
Antônio Bezerra	Centro / Iracema	26,1 %
	Aldeota / Meireles	13,0 %
	Bezerra de Menezes até Padre Ibiapina	17,4 %
Papicu	Centro / Iracema	14,7 %
	Aldeota / Meireles	38,0 %
	Cocó / Dunas / Edson Queiroz	10,8 %
	Messejana	3,1 %
Messejana	Centro / Iracema	27,3 %
	Aldeota / Meireles	13,2 %
	Messejana	13,4 %
	Aeroporto / Fátima	5,5 %
	Papicu	4,0 %
Parangaba	Centro / Iracema	23,4 %
	Aldeota / Meireles	15,5 %
	Montese / Itaoca	7,1 %
	Aeroporto / Fátima	5,3 %
	Papicu	4,3 %
Lagoa	Centro / Iracema	24,9 %
	Aldeota / Meireles	10,1 %
	Montese / Itaoca	8,6 %
Lagoa	Aeroporto / Fátima	7,8 %
	Parangaba	6,8 %
	Papicu	3,2 %
Conjunto Ceará	Centro / Iracema	22,0 %
	Aldeota / Meireles	11,4 %
	Antônio Bezerra	4,3 %
	Parangaba	3,5 %
Siqueira	Centro / Iracema	25,8 %
	Aldeota / Meireles	13,1 %
	Montese / Itaoca	6,5 %
	Aeroporto / Fátima	5,8 %
	Parangaba	5,4 %
	Papicu	3,0 %

Fonte: ETTUSA (1999)

3.2.2 Sistema de Transporte Rodoviário Metropolitano

O sistema de transporte rodoviário metropolitano da RMF está dividido operacionalmente em três áreas, onde atuam 63 linhas radiais que fazem a ligação dos diversos municípios da RMF com Fortaleza. Por conta da característica radial das linhas, cada área é atendida por um corredor metropolitano de transporte: o Corredor I

atende aos municípios de Caucaia e São Gonçalo; o Corredor II aos municípios de Maracanaú, Maranguape, Pacatuba e Guaiuba; e o Corredor III aos municípios de Euzébio, Aquiraz, Itaitinga, Horizonte, Pacajus e Chorozinho. Na área urbana do município de Fortaleza, desde a periferia até próximo à área central, a circulação dos veículos deste sistema é efetuada através dos corredores Mister Hull/Bezerra de Menezes, José Bastos/João Pessoa e BR 116/Aguanambi, respectivamente. Na área central de Fortaleza são utilizados para embarque/desembarque os canteiros centrais e as calçadas de algumas vias. A Tabela 3.8 apresenta dados operacionais deste sistema.

O gerenciamento deste sistema cabe ao Governo do Estado do Ceará, que o exerce através de uma autarquia, o Departamento de Edificações Rodovias e Transportes - DERT.

A estrutura tarifária é a de anéis que são em número de 6, tendo sido definidos em função da distância a Fortaleza. Em novembro de 2002 a menor tarifa tinha um valor de R\$ 1,10 e a maior R\$ 4,70. É livre a concessão de descontos ou redução tarifária pelos operadores, de acordo com a Resolução do Conselho Deliberativo do DERT de 18/11/1997, desde que sejam aplicados sobre toda a linha, não podendo haver desconto específico por trecho ou grupo de usuários.

Tabela 3.8: Dados Operacionais por Corredor Metropolitano da RMF

CORREDOR	Nº DE EMPRESAS	Nº DE LINHAS	Nº VEÍCULOS	IDADE MÉDIA	PASSAGEIROS TRANSPORTADOS (MÊS)	VIAGENS (MÊS)	KM (MÊS)
I	02	20	122		1.565.261	45.759	902.686
II	10	28	172		1.044.764	31.641	850.743
III	01	16	32		321.525	8.978	384.860
TOTAL	13	63	326	3,95	2.931.550	86.378	2.138.289

Fonte: DERT (2001)

Em 30 de dezembro de 1997, através da Lei nº 12.786, foi criada a Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará - ARCE, que tem como atribuição, fiscalizar os serviços públicos prestados por empresa que tem concessão ou permissão do poder público, dentre estes os prestados pelas empresas de Transporte Rodoviário Intermunicipal de Passageiros. Na sua estrutura organizacional consta a Coordenadoria de Transportes, a qual compete a fiscalização dos serviços públicos regulados relativos ao setor e de suas respectivas infra-estruturas, de acordo com as normas legais, regulamentares e pactuadas.

3.2.3 Sistema de Transporte Ferroviário Metropolitano

O sistema de transporte ferroviário da RMF tem como órgão gestor e operador a Companhia Brasileira de Trens Urbanos - CBTU que, através de duas linhas troncais, a Norte e a Sul, atende aos municípios de Fortaleza, Caucaia, Maracanaú e Pacatuba. Nas Tabelas 3.9 e 3.10 constam os dados operacionais das duas linhas.

O sistema opera com estrutura tarifária de tarifa única, sendo praticada a redução de 50% para o estudante. Em novembro/2002 a tarifa inteira tinha o valor de R\$ 0,60.

Tabela 3.9: Dados Operacionais da Linha Tronco Norte

Municípios Atendidos	Fortaleza e Caucaia
Extensão	20 km
Número de estações	9
Intervalo	45 min.
Passageiros/dia	10.000

Fonte: CBTU (2001)

Tabela 3.10: Dados Operacionais da Linha Tronco Sul

Municípios Atendidos	Fortaleza, Maracanaú e Pacatuba
Extensão	25 km
Número de estações	14
Intervalo	30 min.
Passageiro médio/dia	20.000

Fonte: CBTU (2001)

3.2.4 Sistema de Transporte Rodoviário Urbano de Caucaia

O sistema de transporte rodoviário urbano de Caucaia é constituído por 18 linhas, sendo uma circular e as demais radiais. Este sistema tem como órgão gestor a prefeitura municipal, através do Departamento Municipal de Transporte, que é vinculado à Secretaria de Defesa Comunitária e Patrimonial. A operação é delegada a uma empresa privada por meio de permissão, cujos dados operacionais são apresentados na Tabela 3.11.

A estrutura tarifária adotada pelo sistema é de tarifa única, com redução de 50% para o estudante. Em novembro de 2002, o valor da tarifa inteira era de R\$ 1,00.

Tabela 3.11: Dados Operacionais do Sistema Urbano de Caucaia

Número de Linhas	18
Frota	43
Idade Média	3,0
Passageiro médio/mês	405.000

Fonte: Empresa Vitória (2001)

3.2.5 Sistema de Transporte Rodoviário Urbano de Maracanaú

O sistema de transporte urbano do município de Maracanaú é operado por duas empresas privadas, através de permissão, e a gestão é feita pela Secretaria de Infra-Estrutura do município. São cinco linhas com uma frota de 11 veículos, transportando em média 160 mil passageiros por mês. A Tabela 3.12 apresenta os dados operacionais do sistema.

Tabela 3.12: Dados Operacionais do Transporte Urbano de Maracanaú

Número de Linhas	5
Frota	11
Idade Média	5,25
Passageiro (média/mês)	160.00
Número de Viagens / Dia útil	
IPK	

Fonte: Prefeitura Municipal de Maracanaú (2001)

A tarifa é única para todo o sistema, sendo concedido desconto de 50% para o estudante. Em novembro de 2002, o valor da tarifa inteira era de R\$ 0,90.

3.2.6 Sistema de Transporte Rodoviário Urbano de Maranguape

Neste município, o sistema de transporte rodoviário urbano é gerenciado pela prefeitura municipal e a operação delegada através de permissão a cinco empresas. Na Tabela 3.13 apresenta-se os dados operacionais do sistema. A estrutura tarifária adotada é a de seccionamento. Em novembro de 2002 a menor tarifa tinha o valor de R\$ 0,65 (sessenta e cinco centavos) e a maior R\$ 4,70 (quatro reais e setenta centavos). Como nos demais municípios, também é concedido o abatimento de 50% para o estudante.

Tabela 3.13: Dados Operacionais do Transporte Urbano de Maranguape

Número de Linhas	12
Frota	13
Idade Média	3,5
Passageiro (média/Mês)	75.760
Número de Viagens / Dia Útil	
IPK	

Fonte: Prefeitura Municipal de Maranguape (2001)

3.2.7 Transporte Alternativo

O transporte alternativo, operado por veículos de baixa capacidade do tipo “vans” é regulamentado nos municípios de Fortaleza e Maracanaú, e desde janeiro de 2001 foi aprovada lei estadual que o regulamenta para viagens metropolitanas. Em Fortaleza, o gerenciamento cabe à ETTUSA. Já em Maracanaú o órgão gestor é a Secretaria de Infra-Estrutura do município. Em ambos os casos o serviço é operado por veículos de capacidade variando de 08 a 16 passageiros e a tarifa cobrada é a mesma do transporte coletivo por ônibus de cada município.

Em Fortaleza a frota regulamentada é de 320 veículos, distribuídos em 16 linhas, sendo que circula na cidade uma quantidade bem superior a esta em decorrência da qualidade do serviço e da falta de fiscalização do órgão gestor. Em Maracanaú, são 50 veículos circulando em 5 linhas.

Segundo dados de pesquisa com os usuários do transporte alternativo de Fortaleza (ETTUSA, 1999), realizada em um dia de maior concentração de oferta deste serviço, foram identificadas as seguintes características das viagens realizadas por este modo:

- a) o principal motivo da utilização do transporte alternativo é a rapidez, com 83,2% das respostas, vindo seguido por maior conforto/melhor qualidade com 9,2%;
- b) o principal modo de acesso ao ponto de embarque é a pé com 94,1%, sendo também o mais utilizado na difusão após desembarque, com 94,3%;

c) quanto ao motivo da viagem, 57,5% dos respondentes a realizou pelo motivo trabalho, 16,5% compras ou lazer e 10,7% estudo regular;

d) a frequência das viagens ocorre 5 ou mais vezes na semana para 58,4% dos entrevistados, 17,3% utilizam com frequência de 3 a 4 vezes, 69% de 1 a 2 vezes e 17,3% eventualmente; e,

e) o tempo médio de deslocamento é de até 5 minutos para 11,4% dos entrevistados, entre 5 a 10 minutos para 19,6%, entre 10 e 15 minutos para 37,4%, entre 15 e 20 minutos para 25,5% e entre 20 e 30 minutos para 6,2%.

Nos dois municípios, parcela significativa dos itinerários das linhas deste serviço se sobrepõe aos das linhas de ônibus e os dados operacionais não são disponíveis, por não haver controle sistemático sobre a operação do serviço.

3.2.8 Serviço de Moto-Táxi

Em todos os municípios da RMF encontra-se regulamentado o serviço de moto-táxi, porém não se dispõe de dados operacionais. A Tabela 3.14 apresenta a frota registrada em cada município.

Tabela 3.14: Frota do Serviço de Moto-Táxi na RMF

MUNICÍPIO	FROTA	NATUREZA JURÍDICA
Fortaleza	2.211	Permissão
Caucaia	100	Permissão
Maracanaú	231	Concessão
Maranguape	92	Concessão

Fonte: Órgãos Gestores (2000)

3.3 CARACTERIZAÇÃO DA DEMANDA ESPECÍFICA DA ÁREA DE ESTUDO

Para efeito deste estudo será considerada como demanda da zona oeste da RMF, a oriunda das zonas de tráfego do município de Caucaia. Este município tem aproximadamente 250.000 habitantes, com relevante número residindo em conjuntos habitacionais. A oferta de emprego é baixa, levando a que parcela significativa de sua

população tenha de deslocar-se diariamente a Fortaleza, para exercerem suas atividades, caracterizando Caucaia como cidade dormitório.

Portanto, os deslocamentos Caucaia/Fortaleza têm como principal motivo o trabalho, representando viagens pendulares com forte concentração nos picos. Em dia útil são transportados cerca de 77.000 passageiros. Na Tabela 3.15 são apresentadas as demandas em um dia útil de cada sub-sistema do STPP da zona oeste da RMF, bem como sua participação percentual.

No município de Caucaia, a renda média familiar predominante está na faixa de 3 salários mínimos, na qual concentra-se 90,0% da população, com uma renda média ponderada por chefe de família de 1,56 salários mínimos, segundo dados do IBGE (1991).

O índice médio de mobilidade dos habitantes é de 0,31, portanto bem inferior ao da RMF que é de 1,15 para pessoas até 4 salários mínimos.

Tabela 3.15: Demanda por Sub-Sistema na Zona Oeste da RMF

Sub-Sistema	Demanda/dia	Participação (%)
Rodoviário Metropolitano	55.000	71,4
Ferrovário Metropolitano	10.000	13,0
Urbano de Caucaia	12.000	15,6

Fonte: Empresas operadoras (2001)

3.4 CARACTERIZAÇÃO DA OFERTA DA ÁREA DE ESTUDO

Os sistemas que operam na área de estudo são sub-sistemas do STPP da RMF, nos quais estão presentes os modos ônibus, trem e o de baixa capacidade.

A área oeste da RMF tem como corredor estruturante do sistema de transporte rodoviário as Avenidas Mister Hull/Bezerra de Menezes, onde circulam na hora de pico de um dia útil 275 ônibus, sendo 173 relativos ao sistema urbano de Fortaleza e 92 ao metropolitano.

Neste corredor existem 19 locais de parada dos ônibus em cada sentido que, à exceção do localizado em frente ao North Shopping (sentido centro/bairro), servem a

todas as linhas que circulam no corredor, seja do sistema urbano de Fortaleza, do metropolitano ou do transporte alternativo. Não existe nenhum tratamento destes locais para facilitar os embarques e desembarques, as condições de conforto e segurança são inadequadas e inexistem informações operacionais do sistema.

Não existe priorização de circulação para os ônibus, que têm de operar conjuntamente com os demais veículos, acarretando na redução da velocidade operacional dos mesmos. A seguir são apresentadas as características de cada um dos sistemas.

3.4.1 Sistema de Transporte Urbano de Fortaleza

Na zona oeste da RMF, o sistema de transporte urbano de Fortaleza é operacionalizado por 51 linhas e dois terminais de integração, Antônio Bezerra e Conjunto Ceará. Nas Tabelas 3.16 e 3.17 são apresentadas, para cada terminal, os tipos e quantidades de linhas segundo suas funções no sistema, e respectivas frotas.

Da frota utilizada nas linhas troncais, menos de 4% são do tipo padron com três portas e o restante são do tipo convencional também de três portas. Nas linhas alimentadoras e complementares são utilizados veículos convencionais.

Tabela 3.16: Resumo dos Dados Operacionais do Terminal de Antônio Bezerra

TIPO	Nº LINHAS	FROTA OP.	PASSG. DIA	IPK	PMA	PVD
Alimentadoras	10	47	27.095	2,64	68.231	576
Troncais	4	42	26.631	2,98	66.386	634
Complementares	8	101	71.266	2,41	91.533	706
Circ. Integrantes	4	130	102.196	2,21	111.126	786
TOTAL	26	320	227.188	2,46	92.770	730

Fonte: ETTUSA (1999)

Segundo ETTUSA (1999), nestes dois terminais a circulação interna dos pedestres é realizada no nível das pistas, utilizando-se como local de travessia "lombadas", que são utilizadas como redutor de velocidade. O desembarque dos passageiros no interior destes ocorre em qualquer local, assim que os ônibus acessam os

terminais. Os embarques ocorrem em locais fixos, sendo que para as linhas troncais não existem áreas específicas por linha, dificultando a identificação das mesmas. Não existem identificações claras dos sistemas alimentador e troncal, o que dificulta a transferência entre as linhas, sendo mais crítico nos períodos de pico.

Tabela 3.17: Resumo dos Dados Operacionais do Terminal do Conjunto Ceará

TIPO	Nº LINHAS	FROTA OP.	PASSG. DIA	IPK	PMA	PVD
Alimentadoras	6	16	8.916	2,42	71.840	557
Troncais	2	30	14.862	2,07	74.657	495
Complementares	7	77	46.536	2,21	85.265	604
TOTAL	15	123	70.314	2,29	80.932	595

Fonte: ETTUSA (1999)

Já na área central de Fortaleza, os embarques e desembarques são efetuados utilizando-se de trechos das calçadas.

Em ETTUSA (1999), constam resultados de pesquisas realizadas nos terminais de integração do SIT, onde se levantaram os tempos de acesso e difusão, tendo sido encontrados os seguintes tempos para as linhas que operam nesta área:

a) acesso às linhas troncais que atendem ao terminal de Antônio Bezerra teve um tempo médio de até 5 minutos para 61,7% dos usuários e de 6 a 10 minutos para 35,1%. Quanto ao terminal do Conjunto Ceará, 51,4% dos usuários têm um tempo médio de até 5 minutos, 35,6% entre 6 e 10 minutos;

b) o tempo médio de difusão a partir destes terminais foi de até 5 minutos para 71,7% dos usuários e de 5 a 10 minutos para 26% no terminal de Antônio Bezerra. Já no terminal do Conjunto Ceará, este tempo foi de até 5 minutos para 52,3% e entre 6 e 10 minutos para 33,1%;

c) quanto ao tempo médio de espera pelas linhas troncais no terminal de Antônio Bezerra foi de até 5 minutos para 40,5% dos usuários, entre 6 e 10 minutos para 25,5%, entre 11 e 15 minutos para 15,5% e 18,4% tiveram tempo de espera superior a 15 minutos, representando um tempo médio ponderado de 9 minutos. Já

no terminal Conjunto Ceará o tempo de espera foi de até 5 minutos para 29%, entre 6 e 10 minutos para 23,4%, entre 11 e 15 minutos para 21,7% e 25,9% tiveram tempo de espera superior a 15 minutos, que representou um tempo médio ponderado de 10,5 minutos, bem próximo do encontrado para o terminal de Antônio Bezerra; e,

d) com referência ao tempo médio de espera pelas linhas alimentadoras no terminal de Antônio Bezerra, obteve-se que para 22,2% dos usuários foi de até 5 minutos, 31,3% entre 6 a 10 minutos, 20,3% entre 11 e 15 minutos e 26,3% tiveram tempo de espera superior a 15 minutos. No terminal Conjunto Ceará foi de até 5 minutos para 29,2% dos usuários, entre 6 e 10 minutos para 25,9%, entre 11 e 15 minutos para 15,1% e 29,8% tiveram tempo de espera superior a 15 minutos.

3.4.2 Sistema de Transporte Rodoviário Metropolitano

Na zona oeste da RMF, o sistema de transporte rodoviário metropolitano é composto de 16 linhas radiais, que através de 122 ônibus convencionais tipo urbano com duas portas, com idade média de 2 anos, promove a ligação de Caucaia com a área central de Fortaleza. As linhas são delegadas por permissão a uma única operadora privada. Na hora do pico da manhã, a frequência é diversificada entre as linhas, sendo que a de maior frequência opera com saídas do terminal a cada três minutos. Neste período a oferta é de 92 veículos que acessam a área central de Fortaleza através do corredor Mister Hull/Bezerra de Menezes.

3.4.3 Sistema de Transporte Ferroviário Metropolitano

O sistema de transporte ferroviário metropolitano da zona oeste da RMF é constituído pela linha tronco norte da CBTU fazendo a ligação de Caucaia com a estação João Felipe na área central de Fortaleza, com as características operacionais apresentada na Tabela 3.18.

Tabela 3.18: Dados Operacionais da Linha Tronco Norte

Municípios atendidos	Fortaleza e Caucaia
Extensão	20 km
Número de estações	9
Intervalo	45 min.
Demanda média/dia	10.000

Fonte: CBTU (2001)

3.4.4 Sistema de Transporte Urbano de Caucaia

Conforme descrito no item 3.2.4, o sistema de transporte urbano de Caucaia é constituído por 18 linhas que são operadas por uma empresa privada através de permissões delegada pela Prefeitura Municipal. Estas linhas promovem os deslocamentos entre os conjuntos habitacionais implantados no município com sua sede, bem com os bairros e distritos. A frota que atende a estas linhas é de 43 veículos, sendo 21 tipo ônibus convencional de duas portas e 22 microônibus com idade média de 3 anos. O período médio de operação das linhas é de 05:00 às 23:00.

3.4.5 Transporte Alternativo

Na zona oeste da RMF, o transporte alternativo por vans está regulamentado somente no sistema urbano de Fortaleza, onde operam três linhas, utilizando-se uma frota de 60 veículos. No transporte rodoviário metropolitano foi legalizado em janeiro/01, estando em fase de regulamentação onde serão licitadas 15 linhas, envolvendo em sua operação 54 veículos.

Atualmente circulam nesta área da RMF aproximadamente 170 veículos de baixa capacidade, em concorrência direta com as linhas regulares operadas por ônibus. A tarifa cobrada por este modo é inferior em aproximadamente 10% a do ônibus; porém, estes não respeitam os direitos dos usuários quanto à gratuidade, principalmente dos idosos. A principal causa do surgimento deste modal nesta área foi a “oficialização” por parte do governo do estado pois, até janeiro de 2001, mesmo não havendo fiscalização sistemática por parte do órgão gestor, o número de veículos em circulação era desprezível. A partir daí foi crescente o número de veículos em circulação, chegando, em novembro de 2002, a representar queda na demanda do sistema regular da ordem de 30%.

3.5 DIAGNÓSTICO DO STPP NA ZONA OESTE DA RMF

3.5.1 Rede de Transporte e Integração Intermodal

Na RMF, não existe integração nos níveis institucional, físico-operacional e tarifário entre os diversos sistemas que participam do STPP, fato que tem dificultado o

planejamento e operação de uma rede de transporte integrada para toda região; rede esta que poderia propiciar o aumento da mobilidade da população, através de um transporte eficiente e eficaz, com custo compatível ao nível de renda da população.

O que se percebe é uma desarticulação entre os diversos sistemas, cada um atuando isoladamente, acarretando nas seguintes conseqüências negativas para o transporte:

a) Falta de planejamento e gerenciamento com objetivos sistêmicos, envolvendo todos os modos de forma racional, propiciando maior eficiência e eficácia ao sistema de transporte da RMF. Isto poderia ser alcançado através da integração institucional, na qual a gerência seria única para toda a RMF. Atualmente, cada sistema tem órgão gestor próprio, com planejamento, gerenciamento e operação específica, comprometendo a efetividade sistêmica do transporte da RMF;

b) Necessidade de transbordos para realizar o deslocamento desde a origem até o destino, em locais inadequados e sem os benefícios advindos das integrações físico-operacional e tarifária;

c) Elevação no custo do transporte para os usuários que utilizam mais de um sistema na realização completa de seu deslocamento, por não se beneficiarem da integração tarifária;

d) Maiores deslocamentos a pé quando da realização das transferências, com repercussão no tempo total de viagem, que poderia ser minimizado com a integração física;

e) Tempo excessivo de espera nas transferências por falta da integração operacional; e,

f) Aumento do custo operacional em decorrência da superposição de itinerários de linhas dos diversos sistemas, que poderiam ser racionalizados reduzindo-se a ociosidade nos períodos fora do pico e promovendo a utilização de

veículos de maior capacidade no pico, que são mais eficientes quando avaliados em relação a passageiros transportados.

3.5.2 Sistema Integrado de Transporte de Fortaleza (SIT – FOR)

Quando da implantação do SIT – FOR não foram realizadas pesquisas com o objetivo de conhecer as linhas de desejo dos deslocamentos dos usuários, para orientar o planejamento da rede de transporte. Esta rede deveria ter sido planejada para atender os deslocamentos com o menor número de transbordos possível, evitando-se que significativa parcela dos usuários do STPP tenham de ir até a área central de Fortaleza, realizando um transbordo, para só então chegarem ao destino final de seus deslocamentos.

A cobertura espacial das linhas integrantes do SIT - FOR pode ser considerada boa, pois 71,7% dos usuários têm um tempo médio de até 5 minutos de difusão após o desembarque das linhas alimentadoras do terminal de Antônio Bezerra e 52,3% nas do terminal do Conjunto Ceará. O tempo médio de acesso às linhas troncais que atendem estes terminais no período da tarde foi de até 5 minutos para 61,7% dos usuários no primeiro e 51,4% no segundo terminal. Destaque-se que o modo principal utilizado para realização dos deslocamentos na difusão é o a pé com 97,2%, o que se pressupõe serem de curta extensão.

O tempo de espera nos terminais pode ser considerado excessivo, pois no terminal de Antônio Bezerra foi superior a 10 minutos para 33,9% dos usuários das linhas troncais e para 46,6% dos usuários das linhas alimentadoras. No terminal do Conjunto Ceará, 47,6% dos usuários das linhas troncais e 44,9% das linhas alimentadoras tiveram tempo de espera superior a 10 minutos. Esse tempo excessivo de espera nos terminais é um fator que contribui para desgaste da imagem do serviço, principalmente em se tratando das pessoas que têm destino final na área central de Fortaleza ou no próprio corredor, pois representa parcela significativa do tempo total de seu deslocamento. Este fato evidencia que o nível de integração operacional não está atendendo satisfatoriamente o sistema.

A utilização de veículos comuns nas linhas troncais compromete a eficiência do sistema, pois não contribui na redução do número de veículos em circulação,

principalmente nos picos, penalizando os usuários por terem de efetuar uma transferência com todas as suas conseqüências negativas.

O modelo de tarifa única adotado deve ser melhor avaliado, levando-se em conta o nível de renda das pessoas que são realmente beneficiadas e das que são penalizadas, por estarem pagando uma tarifa superior ao que lhe é devido. Como a única fonte de receita é a tarifa, para que pessoas tenham redução no seu custo de deslocamento, outras têm de cobrir esta diferença. Portanto, é necessário que se faça uma análise para avaliar se pessoas de baixa renda não estão incluídas entre as que estão subsidiando o sistema, ou estejam sendo excluídas por não terem condições de pagar a tarifa. Este fato certamente deve estar contribuindo para o elevado índice de deslocamentos a pé, que segundo a pesquisa O/D (METROFOR, 1996) é da ordem de 37,6% do total dos deslocamentos da RMF.

É importante que se busquem mecanismos externos para subsidiar o deslocamento destas pessoas, propiciando equidade de acesso ao sistema. Outra alternativa pode ser o estímulo ao uso da bicicleta, que tem todas as condições de absorver significativa parcela destes deslocamentos, desde que sejam oferecidas as condições de circulação com segurança, além de construídos bicicletários nos terminais de integração. Segundo o Plano de Transporte Urbano de Fortaleza (ETTUSA, 1999) existe um potencial de 29% de utilização deste modal.

Consta em PT (2002), que a política federal de recursos terá como uma de suas premissas que a tarifa paga no transporte público seja transformada em instrumento de inclusão social e distribuição de renda, cabendo à sociedade os custos de gratuidade, investimentos e melhoria do sistema.

3.5.3 Transporte Rodoviário Metropolitano

Quanto às linhas deste sistema, são todas radiais que exercem tanto as funções de captação/distribuição como de transporte. O acesso a área central de Fortaleza é feito através do corredor Mister Hull/Bezerra de Menezes, com circulação compartilhada entre os demais modos. Fora dos períodos de pico os modos coletivos operam em concorrência, havendo uma super-oferta de serviço.

Não existe nenhum tipo de integração entre este sistema e o urbano de Fortaleza, com os usuários deixando de se beneficiar da mobilidade proporcionada pelo SIT - FOR, mesmo havendo um terminal de integração (Antônio Bezerra) a margem do corredor utilizado por este sistema.

Os locais de embarque e desembarque, tanto no corredor, como na área central de Fortaleza são precários, não oferecendo condições adequadas para o usuário esperar o transporte coletivo. Inexistem informações operacionais nestes locais, dificultando a utilização do sistema.

3.5.4 Trem Metropolitano

O trem tem como característica a pouca flexibilidade quanto a itinerário, que restringe sua cobertura, e não havendo alimentação através de modos mais flexíveis, se restringe a sua área lindeira, fato que ocorre com a linha tronco norte da CBTU. O *headway* desta linha é elevado (30 minutos), e a qualidade do serviço deixa a desejar principalmente quanto a segurança. A maioria de seus usuários é compulsória, em função do baixo valor da tarifa (R\$ 0,60), que é a única compatível com o nível de renda destes.

3.5.5 Transporte Alternativo

A lei que regulamenta o transporte alternativo no município de Fortaleza diz que os itinerários das linhas deste sistema só poderão ser no máximo 40% coincidentes com os das linhas do sistema urbano e que a frota será de 320 veículos. Porém, por não haver fiscalização efetiva o que se percebe na prática é o não cumprimento destes dois aspectos, levando a que ambos sejam superiores aos autorizados. Outro ponto do regulamento não respeitado é o que trata dos locais de paradas, que devem ser diferentes dos utilizados pelo sistema rodoviário urbano, o que não ocorre.

A operação dos veículos deste sistema ocorre de forma a contrariar princípios técnicos de racionalidade e segurança do sistema de transporte, com destaque para os seguintes:

a) Mesmo sendo veículos menos eficientes que o ônibus quanto à utilização do espaço viário e consumo de combustível por passageiro transportado, são utilizados em concorrência direta com este;

b) Efetuam paradas para embarques e desembarques em qualquer local, algumas vezes na própria pista de rolamento, pondo em risco a segurança dos usuários ou dificultando o acesso dos ônibus aos pontos de parada; e,

c) Nos horários de pico percebe-se superlotação, com passageiros sendo transportados em pé.

Os dois primeiros aspectos tem contribuído para a elevação do número de veículos circulando nos corredores e para que os locais de paradas se transformem em pontos de estrangulamento na circulação dos veículos, acarretando na elevação dos níveis de congestionamentos.

O principal motivo que leva à utilização deste sistema é a sua alta velocidade média operacional, que ocorre por conta da sua pequena capacidade de passageiros transportados, fazendo com que complete sua lotação efetuando apenas uma ou duas paradas, seguindo então até o seu destino final sem mais parar. Outros fatores contribuintes são a flexibilidade na escolha de itinerário e maior facilidade de circulação em trânsito congestionado. A maioria das pessoas só vislumbra de imediato estas vantagens, não percebendo as conseqüências danosas que estão sendo imputadas ao sistema de transporte, à circulação nas vias e ao meio ambiente de forma geral, como pode ser observado atualmente na maior parte das grandes cidades brasileiras. VASCONCELLOS (2000) relata várias experiências internacionais das conseqüências maléficas da liberação desse tipo de transporte na qualidade do serviço, no custo com transporte e na degradação do meio ambiente.

3.5.6 Operação no Corredor - Mister Hull/Bezerra de Menezes

A operação dos modais rodoviários neste corredor ocorre de forma compartilhada com os demais veículos, acarretando várias conseqüências negativas ao desempenho do sistema, podendo-se destacar:

- a) redução da velocidade operacional;
- b) elevação no tempo de viagem dos usuários;
- c) aumento no custo operacional em decorrência do acréscimo da frota operacional, do pessoal de operação e do consumo de combustível;
- d) elevação do nível de poluição ambiental por consequência dos congestionamentos; e,
- e) maior índice de acidentes.

Os locais de paradas não são adequados, comprometendo o desempenho do sistema e o conforto dos usuários. Podem-se destacar as seguintes inadequações:

- a) O espaço físico para que os ônibus efetuem as paradas não é dimensionado corretamente sendo na sua maioria insuficiente para o número de veículos que os utilizam simultaneamente, acarretando transtorno à circulação dos demais veículos;
- b) Os pontos são comuns a todas as linhas dos diversos sistemas (à exceção da parada em frente ao North Shopping, no sentido Fortaleza/Caucaia, onde não é permitida a parada dos ônibus das linhas metropolitanas), implicando no elevado número de pessoas e veículos em uma mesma parada, principalmente nos picos, o que dificulta o embarque, elevando o tempo parado do veículo;
- c) As condições do pavimento em vários locais estão constantemente comprometidas, impedindo a aproximação do veículo junto ao meio fio da calçada, o que dificulta os embarques e desembarques dos usuários, principalmente quando se tratam de idosos, deficientes e crianças;
- d) Os desníveis entre os pisos das calçadas e os degraus dos veículos é bastante acentuado dificultando também os embarques e desembarques dos usuários;
- e) Os abrigos não protegem adequadamente os usuários das intempéries, nem proporcionam o devido conforto; e,

f) Inexistem informações operacionais para facilitar o entendimento do sistema por parte dos usuários.

Segundo EPIFANI (1998), para que os sistemas integrados atinjam sua efetividade é indispensável a adequação física dos corredores para que propiciem prioridade de circulação para o transporte coletivo e as linhas troncais sejam operadas com veículos de maior capacidade, como os veículos articulados ou bi-articulados.

Com relação ao SIT - FOR estes dois aspectos não foram considerados, pois não houve adequações no corredor, nem na área central de Fortaleza para priorizar a circulação do transporte coletivo. Além disso, parcela significativa de veículos comuns são utilizados nas linhas troncais, comprometendo a eficiência do sistema, por não contribuírem para a redução do número de veículos em circulação, além de penalizarem os usuários por terem de efetuar uma transferência com todas as suas conseqüências negativas.

SEDU/PR (2002) alerta para que a implantação de corredores não seja confundida com a integração dos serviços de transporte, já que mesmo necessitando algum tipo de integração nos terminais normalmente localizados em suas extremidades, o objetivo dos corredores é aumentar a eficiência da operação. A integração dos serviços, por outro lado, deve objetivar o aumento da acessibilidade na rede de transporte.

3.5.7 Terminais

Com relação aos dois terminais fechados, percebe-se a necessidade de reestruturação interna em seu *lay-out*, para que propiciem melhores condições de segurança, conforto e comodidade às pessoas que os utilizam, bem como disponibilizá-lhes informações que facilitem a utilização do sistema.

Os locais utilizados para embarque e desembarque na área central de Fortaleza são inadequados pois, além de não oferecerem as condições de segurança e conforto aos usuários, não lhes propiciam a integração tarifária (quando necessitam apanhar outra linha para realização completa de seu deslocamento) e nem a integração

física/operacional, submetendo algumas vezes, os usuários a longas caminhadas para realizarem suas transferências.

3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Capítulo 2, procurou-se evidenciar as necessidades e benefícios advindos de se ter uma rede de transporte público integrada que propicie serviço de qualidade e com justiça social.

Após a análise do STPP da RMF percebe-se o quanto é necessário que se promova a integração dos diversos serviços de transporte que nele atuam, visando equacionar os problemas detectados referentes aos diversos níveis de integração.

Não é admissível que os diversos sistemas continuem operando de forma isolada, às vezes até concorrentes, prejudicando seus usuários com tempos de deslocamentos excessivos, tarifas inadequadas ao nível de renda de determinados grupos da população, transferências desnecessárias e em locais impróprios, assim como informações estanques ou inexistentes, que dificultam o entendimento e a utilização dos serviços.

Também é necessário que não se confunda sistemas integrados com integrações forçadas que visam basicamente viabilizar determinado modo, sem que os usuários obtenham ganhos de mobilidade através da redução no tempo total de seus deslocamentos e no custo tarifário.

A falta de política tarifária adequada leva a que, além do vale-transporte, a única forma de subsídio seja o “cruzado”, no qual o ônus recai sobre parcela dos próprios usuários, por serem obrigados a arcarem com custo tarifário superior ao que lhe é devido. Ambos não são suficientes, sendo o segundo tipo de subsídio inadequado, pois compromete ainda mais a renda de parcela significativa dos usuários com custo de deslocamento.

CAPÍTULO 4

MODELAGEM DE REDES INTEGRADAS DE TRANSPORTE PÚBLICO

Realizada a revisão bibliográfica sobre integração modal no STPP e caracterizada a demanda e oferta da área de estudo, para que se proceda o carregamento da rede de diversos cenários, faz-se necessário que se estude o processo de modelagem de redes de transporte e defina-se o método de alocação mais adequado. Este capítulo apresenta a revisão bibliográfica deste processo, com ênfase para as especificidades da representação das redes de transporte público.

4.1 MODELAGEM DE REDES DE TRANSPORTE

O processo de modelar redes de transporte tem como objetivo principal reproduzir o comportamento dos usuários no que se refere à escolha das rotas no deslocamento entre pontos de origem e destino (ORTÚZAR e WILLUMSEN, 1990). Portanto, para que os modelos reproduzam da melhor forma possível a realidade do sistema de transportes é necessário que se entenda o processo de tomada de decisão dos indivíduos que utilizam ou utilizarão os serviços ofertados pelas redes de transportes.

CALDAS (1998) ressalta que a decisão de escolha de um indivíduo depende não só das suas características sócio-econômicas, como também do ambiente específico no qual ele está inserido. Por conseguinte, o processo de decisão relativo à escolha de rota requer a caracterização deste ambiente, representado pelos atributos das opções modais disponíveis e pelas características do deslocamento a ser realizado, tais como motivo da viagem, horário, etc.

A modelagem tradicional da demanda por transportes representa a tomada de decisão dos usuários por um processo seqüencial (BRUTON, 1975), no qual se procura reproduzir, normalmente de forma agregada, as decisões relativas ao destino da viagem, ao modo de transporte utilizado e à rota adotada no deslocamento da origem ao destino. Este processo, desenvolvido pelos americanos na década de 60, e ainda hoje utilizado

em estudos de planejamento e de viabilidade de intervenções no sistema de transportes em cidades brasileiras (p.ex., ETTUSA, 2002), vem sofrendo críticas contundentes (VASCONCELLOS, 2000), quer seja questionando seus aspectos eminentemente técnicos, isto é, a capacidade de representar satisfatoriamente as relações entre os usuários, o uso do solo e o sistema de transportes, no ano-base e em cenários futuros, quer seja nos seus aspectos políticos.

Avanços significativos no esforço de modelagem da demanda por transportes foram obtidos a partir da década de 80, com o desenvolvimento teórico de modelos desagregados de escolha discreta, também denominados de modelos comportamentais, que procuravam representar o processo individual de decisão dentro do sistema de transportes (OPPENHEIM, 1995). Uma das grandes vantagens na utilização de modelos comportamentais na modelagem de redes de transportes, reside no fato de que tais modelos permitem a representação mais detalhada dos atributos da rede que interferem no processo de escolha dos modos e rotas que irão compor os deslocamentos. Exemplo disso pode ser encontrado no trabalho de LOUREIRO (1994), que buscou modelar o fluxo de carga em redes integradas a partir da escolha pelos despachantes de rotas uni- ou multimodais, baseada na combinação de atributos relativos a valor do frete e tempo de viagem.

Na modelagem de redes de transporte com base em modelos comportamentais, os *links* podem representar diferentes modos de transporte, propiciando grande vantagem com relação aos modelos tradicionais por permitirem que as etapas de divisão modal e alocação possam ser realizadas conjuntamente. A simultaneidade destas etapas permite a modelagem de integrações entre os diversos modos que utilizam a rede, já que o custo generalizado da utilização de uma rota vai ser definido a partir dos *links* e dos modos utilizados, pois poderão ser atribuídas impedâncias específicas para cada combinação *link/modo*.

Os modelos comportamentais tentam reproduzir o processo de escolha dos indivíduos por produtos e serviços que, para CALDAS (1998), não é uma tarefa fácil, já que envolvem fatores subjetivos que dizem respeito às suas atitudes e percepções. BEN-AKIVA e LERMAN (1985), relatam que o processo de escolha envolve os seguintes elementos:

- a) As características individuais dos usuários, tais como renda, idade, escolaridade, etc;
- b) As características das alternativas disponíveis;
- c) A atratividade das alternativas que é expressa por seus atributos; e,
- d) A regra de tomada de decisão, sendo a mais utilizada a de maximizar a utilidade.

A regra de tomada de decisão utilizada nos modelos comportamentais está baseada na teoria microeconômica do consumidor que, segundo CAVALCANTE (2002), baseia-se na hipótese de que os indivíduos agem racionalmente na divisão de suas despesas, restringindo-se às suas limitações orçamentárias, de forma a extrair a máxima satisfação. Nesta mesma teoria, admite-se que existe uma medida dessa satisfação, ou ao menos uma escala ordinal de preferência, em que o consumidor, ao agir racionalmente, procura situar-se no ponto mais alto da sua escala de preferência, respeitando suas limitações orçamentárias. Entre outras medidas da satisfação do consumidor, merecem destaque as funções utilidades que relacionam os atributos de um produto ou serviço com a utilidade deste. No caso específico do transporte, por se tratar de escolha discreta, BEN-AKIVA e LERMAN (1985) relatam que a função utilidade de uma alternativa para um certo indivíduo deve ser definida em função dos valores dos atributos das alternativas e das características sócio-econômicas deste indivíduo.

4.2 CARACTERÍSTICAS DAS REDES DE TRANSPORTE COLETIVO

As redes de transporte coletivo têm algumas especificidades fazendo com que haja diferenças significativas entre a escolha de rotas nestas e em redes de transporte individual (malhas viárias).

Inicialmente, as redes de transporte coletivo requerem a representação de *links* de caminhadas entre as origens e destinos finais, até os respectivos pontos de paradas. Da mesma forma, torna-se necessária a representação dos *links* de espera, pois, na rede de transporte coletivo existe um tempo de espera pelo veículo, enquanto no transporte

individual este está disponível de imediato, fazendo com que os *links* da primeira sejam atendidos periodicamente, enquanto que os da segunda são atendidos instantaneamente.

Como os tempos de espera são geralmente aleatórios, haja visto que as chegadas dos passageiros bem como dos veículos também o são, decorre que a viagem no transporte coletivo tem um tempo aleatório, dificultando, portanto, o processo de escolha de rotas do transporte coletivo. Havendo transferência de veículo durante a viagem, há necessidade de se representar também o tempo decorrente deste transbordo.

A necessidade do acréscimo de *links* e nós nas redes de transporte coletivo fez surgir, segundo ARAGÓN e LEAL (1999), o conceito de rede aumentada. No intuito de procurar simplificar a representação das redes de transporte coletivo, alguns modelos procuram representá-las baseadas em redes transformadas a partir de uma rede viária.

Quanto ao custo monetário associado à viagem, ARAGÓN e LEAL (1999) também ressaltam as diferenças entre os custos associados às redes de transporte individual e às do coletivo. Nas primeiras, os custos são geralmente relacionados ao consumo de combustível; enquanto no transporte coletivo, por ter de efetuar o pagamento da passagem a cada viagem que inclui outras parcelas do custo como os relativos a depreciação e remuneração do capital e não só o combustível.

Outra dificuldade associada à alocação de viagens no transporte coletivo, trata-se do problema das linhas comuns, que surge quando, para atender ao deslocamento entre um par O-D, se dispõe de mais de uma rota, ficando a cargo do usuário a escolha da que lhe é mais conveniente. Para solucionar este problema, vários trabalhos que tratam da escolha de rotas em transporte coletivo têm recorrido ao conceito de estratégia, que segundo ARAGÓN e LEAL (1999), consiste no conjunto de regras que definem a rota aleatória escolhida.

SPIESS e FLORIAN (1989) utilizam o mecanismo de estratégia ótima para escolha de rotas, no qual o usuário embarca no primeiro veículo de uma linha atrativa para o par O-D, descendo em um determinado nó; se este ainda não é seu destino, repete o mesmo processo anterior. O tempo de espera é assumido como a metade do intervalo, com as frequências das linhas atrativas sendo combinadas linearmente.

4.3 FUNÇÃO DE CUSTO GENERALIZADO

Nas redes de transporte coletivo, a impedância da utilização de uma rota é representada por uma função de custo generalizado, que é composta por atributos com seus respectivos pesos. Parte destes atributos pode representar o tempo gasto no deslocamento, outra o custo monetário associado, assim como outras características do serviço (segurança, conforto, etc). Os atributos mais usuais nas redes de transporte coletivo expressos em unidade de tempo, são:

- a) Tempo de acesso, que representa o tempo de caminhada da origem até a rede de transporte público;
- b) Tempo de espera, representando o tempo em que o usuário fica esperando pelo veículo no ponto de parada ou estação;
- c) Tempo dentro do veículo, que representa o tempo efetivamente em deslocamento;
- d) Tempo de transbordo, representando a penalidade relativa ao transbordo;
- e,
- e) Tempo de difusão, que representa o tempo de caminhada entre a rede de transporte e o destino final.

Daí a importância, na representação da rede de transporte coletivo, dos *links* relativos a cada um desses atributos, pois assim se pode definir o custo total da utilização de uma rota que vai depender do modo e da utilização ou não de cada um destes *links*, já que estes têm impedâncias específicas.

Cada um desses atributos tem um peso relativo, que normalmente é expresso em função do valor do tempo dentro do veículo. Os valores desses pesos são obtidos a partir da calibração de funções utilidades, que constituem a base decisória dos modelos comportamentais.

4.3.1 Calibração de Funções Utilidade

Para que as funções utilidades que embasam os modelos comportamentais sejam calibradas, estes necessitam ser alimentados por dados observados das preferências atuais dos indivíduos, ou de estudos experimentais com alternativas hipotéticas. CALDAS (1998) chama os primeiros de dados de Preferência Revelada (PR) e os segundos de Preferência Declarada (PD).

CALDAS (1998) também cita que a principal vantagem da modelagem com dados de PR é que os indivíduos tomam decisões com base em dados reais de mercado. Dentre as principais desvantagens, são mencionadas:

- a) Falta de controle do experimento;
- b) Pouca variabilidade entre as variáveis consideradas;
- c) Pode haver altos índices de correlação entre as variáveis; e,
- d) Não se podem modelar situações novas de escolhas.

Quanto à modelagem com dados de PD, o mesmo autor cita que a principal vantagem é que se pode evitar os problemas associados a altos índices de correlação entre as variáveis e ser um potente instrumento para avaliação de novos produtos ou serviços.

Para exemplificar o processo de calibração da função utilidade, é apresentado a seguir o procedimento utilizado na pesquisa realizada por CAVALCANTE *et al.* (2002). A população objeto desta pesquisa foi composta pelos habitantes de Caucaia, que realizam viagem por motivo de trabalho para Fortaleza, no horário de pico da manhã (entre 5 e 8 horas da manhã), não possuindo passe livre.

Como o objetivo desta pesquisa, de preferência declarada, foi estabelecer valores monetários para vários atributos de transporte, o atributo “custo da viagem” foi definido como o fator comum em todos os subconjuntos. Os atributos foram então divididos em dois cenários. Em um cenário foram incluídos os atributos imagem do metrô, custo da viagem e distância de caminhada. Em outro cenário foram incluídos os atributos número de transbordos, tempo de viagem e custo da viagem. Cada um dos atributos tinha três

níveis, com exceção do número de transbordos e imagem do metrô, que tinham apenas dois níveis.

Foi utilizado um projeto fatorial fracionário, o plano dos efeitos principais, para reduzir o total de alternativas de 18 para 9, em cada subconjunto. As 9 alternativas foram organizadas três a três em cada cartão, buscando-se manter apenas alternativas que fossem competitivas entre si. O projeto experimental apresentado aos entrevistados foi composto de dois cenários com três cartões cada e três alternativas em cada cartão. Foi pedido que o entrevistado escolhesse a sua primeira opção e, posteriormente, fizesse sua escolha entre as duas opções restantes em cada cartão. Esse procedimento de ranqueamento realizado pelo entrevistado permitiu a aplicação da metodologia de explosão dos dados. Foi incluída uma alternativa dominante em um dos cartões para permitir um teste de consistência em relação às respostas dos entrevistados.

Foram realizadas as estimativas de duas funções utilidade. A função utilidade 1, que foi estimada a partir do cenário em que foram incluídos os atributos imagem do metrô, custo da viagem e distância de caminhada, teve os seguintes resultados:

$$U_{CEN1} = 0,2081 \cdot MET - 3,3820 \cdot CUS - 0,3018 \cdot DC$$

onde:

U_{CEN1} : utilidade sistemática do cenário 1;

MET : variação dummy (=0 para ônibus e =1 para metrô);

CUS : custo da viagem (em R\$);

DC : distância de caminhada (em quadras).

Em outro cenário foram incluídos os atributos número de transbordos, tempo de viagem e custo da viagem, gerando a função utilidade 2 :

$$U_{CEN2} = - 1,094 \cdot NT - 3,448 \cdot CUS - 0,04121 \cdot TV$$

onde:

U_{CEN2} : utilidade sistemática do cenário 2;

NT : número de transbordos (0 ou 1);

CUS : custo da viagem (em R\$);

TV : tempo de viagem (em minutos);

Para que se encontre os valores dos atributos, deve-se recorrer aos coeficientes encontrados para estes nas funções utilidades, como se segue:

Da função utilidade 1, obtém-se:

$$VDC = \frac{\frac{\partial U}{\partial DC}}{\frac{\partial U}{\partial CUS}} = \frac{-0,3018}{-3,3820} = 0,089 \text{ R\$/quadra}$$

$$VIM \text{ - METRÔ} = \frac{\frac{\partial U}{\partial MET}}{\frac{\partial U}{\partial CUS}} = \frac{0,2081}{-3,3820} = -0,06153 \text{ R\$/Metrô}$$

Da função utilidade 2, obtém-se:

$$VNT = \frac{\frac{\partial U}{\partial NT}}{\frac{\partial U}{\partial CUS}} = \frac{-1,094}{-3,448} = 0,317 \text{ R\$/transbordo}$$

$$VTV = \frac{\frac{\partial U}{\partial TV}}{\frac{\partial U}{\partial CUS}} = \frac{-0,04121}{-3,448} = 0,01195 \text{ R\$/minutos ou } 0,717 \text{ R\$/h}$$

Da função utilidade 1 encontrou-se para o valor da distância de caminhada (VDC), 0,089 R\$/quadra, ou seja, para cada quadra que o usuário tenha de caminhar, a parcela de custo correspondentes as outras variáveis da função de custo generalizado deve decrescer deste mesmo valor, para que a utilidade do serviço seja mantida. A mesma interpretação pode ser dada ao valor do atributo número de transbordos, utilizado na função utilidade 2. Para a imagem do metrô (VIM – METRÔ) foi encontrado na função utilidade 1, -0,06153 R\$/Metrô, significando que o usuário está disposto a pagar no metrô, uma tarifa que supere a do ônibus até este valor.

4.3.2 Valor do Tempo

Para ARRUDA (1996), “o valor do tempo economizado por um indivíduo em uma atividade é a quantia que ele poderia pagar para economizar aquele tempo sem

alterar seu status de bem-estar antes de se engajar naquela atividade”. COSTA (2001) relata que a teoria relacionada à valorização do tempo assume que os indivíduos distribuem seus recursos objetivando maximizar suas satisfações.

O valor do tempo varia de acordo com as características sócio-econômicas da população pesquisada. Portanto, deve-se ter bastante cuidado na utilização deste parâmetro, para que realmente represente a realidade da área de estudo.

ARRUDA (1996) alerta que, em países em desenvolvimento como o Brasil, a utilização do salário-hora bruto para definição do valor do tempo em viagem para o trabalho não reflete o valor social daquele tempo.

Na literatura estrangeira podem ser encontrados vários estudos que utilizaram modelos comportamentais para achar o valor do tempo e pesos relativos para os atributos, utilizando-se da técnica de preferência declarada. ARRUDA (1996) apresenta valores do tempo de viagem obtidos em estudos desenvolvidos no Brasil, que encontram-se resumidos na Tabela 4.1.

Tabela 4.1: Valores do tempo de viagem encontrados em estudos desenvolvidos no Brasil.

	Estudo			
	Senna (1994)	Goldner <i>et al.</i> (1994)	Caldas (1995) ¹	Arruda (1995)
Cidade	Porto Alegre	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	Fortaleza
Data da pesquisa de campo	Dezembro /1989	Agosto / 1993	Novembro/ 1993	Setembro/ 1993
Propósito de viagem	Trabalho	Compras	Trabalho	Trabalho
Tamanho da amostra (Nº de observações)	1,762	1,755	-	1,635
Renda média domiciliar (em salários mínimos)	-	14,25	3,78	6,05 ²
Coeficientes estimados das variáveis				
Tempo de viagem global	-0,0587	-0,1136	n.d.	n.d.
Tempo de viagem no veículo	n.d.	n.d.	-0,0243	-0,07908
Custo de viagem	-0,03558	-0,08029	-0,06425	-0,1196
Valor do Tempo (US\$/h) ³	1,66 ⁴	0,84	0,13	0,27

1. Tomado a média dos coeficientes estimados a partir dos dados coletados em seis diferentes pesquisas de preferência declarada na Central do Brasil (Rio de Janeiro).
 2. Média ponderada em relação às faixas de renda familiar.
 3. Todos os valores em dólares de 1993.
 4. Convertido em dólar de 1993 usando a taxa cruzeiro/dólar de dezembro de 1989 (US\$ 1,00 = Cr\$ 68,06) e uma inflação anual do dólar de 3,5%.
- n.d. – não disponível.

Fonte: ARRUDA (1996)

CAVALCANTE (2002) apresenta como resultado de pesquisa de PD realizada na RMF para viagens por motivo trabalho, entre pessoas de renda média de 3,64 salários mínimos, um valor do tempo igual a R\$ 0,025/min. Em outra pesquisa de PD, realizada especificamente com os usuários dos ônibus metropolitanos entre as cidades de Caucaia e Fortaleza, para viagens por motivo trabalho e renda média de 1,56 salários mínimos, CAVALCANTE *et al.* (2002) encontraram um valor do tempo de R\$ 0,012/min. Já a ETTUSA (2002), na modelagem da rede de transporte público da RMF, utilizou para valor do tempo R\$ 0,032/min. Como estas pesquisas foram realizadas entre usuários de diferentes rendas médias, as diferenças nos valores encontrados podem ser devidas explicadas por diferenças nas características sócio-econômicas das amostras.

Dos dados apresentados na Tabela 4.1, o valor do tempo encontrado no trabalho de ARRUDA (1995) é o único que se refere a uma realidade bem próxima à da área de estudo desta pesquisa, já que foi obtido a partir de pesquisa de PD com valores obtidos em estudos recentes na RMF. O valor encontrado por ARRUDA (1995) foi atualizado através da correção do salário mínimo, por entender-se ser este o indicador que melhor retrata o poder aquisitivo do usuário do transporte coletivo da área de estudo (renda média ponderada de 1,56 salários mínimos). Para tanto, foi adotado o seguinte procedimento:

a) Após a desvalorização do real frente ao dólar em janeiro de 1999 a paridade entre estas moedas ficou mais realista; foi então realizada a correção do salário mínimo em dólares de julho de 1993 (US\$ 65,21) para maio de 1999 (US\$ 79,02), representando uma variação no período de 21,2%;

b) Utilizando-se desta correção do salário mínimo, atualizou-se o valor do tempo em dólares de julho de 1993 para maio de 1999, encontrando para este o valor de US\$ 0,327/h;

c) Como em maio de 1999, um dólar valia R\$ 1,721, o valor do tempo naquela época foi convertido para R\$ 0,563/h; e,

d) O salário mínimo em maio de 1999 era R\$ 136,00, sendo atualmente de R\$ 200,00. Houve, portanto, neste período uma correção de 47,06%, que aplicada ao

valor do tempo de maio de 99, resulta num valor do tempo de R\$ 0,83/h em maio de 2002, ou seja R\$ 0,014/min.

Embora este valor esteja bem próximo ao encontrado por CAVALCANTE *et al* (2002), vale destacar que ARRUDA (1995) coletou observações retiradas de uma população com renda média de 6,05 salários mínimos.

Valor do Tempo de Acesso/Difusão (VTA/D)

O tempo gasto nos deslocamentos de acesso e difusão tem peso relativo ao tempo de viagem dentro do veículo e está condicionado às características das condições físicas dos locais de caminhada, como tipo de pavimento, iluminação, etc., das características dos indivíduos e a aspectos relacionados à segurança, entre outros.

ARRUDA (1995) encontrou que a caminhada tem peso de 0,83 relativo ao tempo no veículo; a COMISSÃO DE TRANSPORTE URBANO (1988), apud SENNA e AZAMBUJA (1996) recomenda para caminhada um valor do tempo 50% maior que para o tempo dentro do veículo. Já a ETTUSA (2002), na modelagem da rede de transporte público da RMF, adotou para a caminhada peso 2; enquanto CAVALCANTE *et al.* (2002) na pesquisa já descrita anteriormente, encontrou que o valor do tempo de caminhada nos acessos é 3,72 vezes o tempo no veículo. Percebe-se, portanto, uma grande dispersão de valores considerados para o tempo de caminhada, que pode ser explicada por diferenças no nível de serviço da caminhada realizada pelo usuário.

O valor encontrado em CAVALCANTE *et al.* (2002) é bem superior aos demais, provavelmente por conta das características dos locais onde são realizadas essas caminhadas no município de Caucaia, que normalmente são desprovidos de pavimentação adequada, iluminação satisfatória e eficientes dispositivos de segurança pública.

Valor do Tempo de Espera (VTE)

A percepção do tempo para as pessoas quando da espera pelo transporte é diferente do tempo decorrido durante a viagem em decorrência de fatores como condições físicas dos espaços reservados à espera, ou seja, se são dotados de proteção

para sol, chuva e outras intempéries, além de aspectos relacionados à segurança, disponibilidade de informações, etc.

A COMMISSION DE TRANSPORTE URBANO (1988), apud SENNA e AZAMBUJA (1996) recomenda que o valor do tempo de espera seja 2 vezes o tempo no veículo. LIU *et al.* (1997) penalizam o tempo de espera com um peso igual a 1,69 vezes o tempo no veículo; enquanto ARRUDA (1995) encontrou na RMF que o peso a ser atribuído ao tempo de espera em relação ao tempo no veículo seria de 0,74. Já a ETTUSA (2002), na modelagem da rede de transporte público da RMF, adotou peso 2 para o tempo de espera.

Valor do Tempo de Transbordo (VTT)

Como citado anteriormente, os transbordos são assumidos pelos usuários do sistema de transporte como uma penalidade. CAVALCANTE (2002), em sua pesquisa com usuários do transporte público da RMF, encontrou para as pessoas que na época não realizavam transbordo em suas viagens, um custo associado ao transbordo de R\$ 0,17. Enquanto CAVALCANTE *et al.* (2002) encontraram um custo de transbordo equivalente a R\$ 0,317 ou 26,53 minutos, também para pessoas que na época não realizavam transbordos; porém, foram colocados como referência os transbordos realizados no SIT-FOR.

SENNÁ e AZAMBUJA (1996) encontraram, em pesquisa realizada para viagens entre as cidades de Porto Alegre e Canoas (RS), que o tempo de transbordo é de aproximadamente 4 vezes o tempo no veículo. A COMMISSION DE TRANSPORTE URBANO (1988), apud SENNA e AZAMBUJA (1996) recomenda que o transbordo eqüivalha a 3,5 vezes o tempo no veículo. Já a ETTUSA (2002) adotou na modelagem da rede de transporte da RMF um valor equivalente a 2 vezes o tempo no veículo.

Na Tabela 4.2, observa-se o quanto são divergentes os dados encontrados principalmente quanto ao peso dos tempos de acesso e difusão, que variou de 0,83 a 3,72, justificado talvez pelas condições específicas dos locais e das características sócio-econômicas dos entrevistados.

Tabela 4.2: Resumo Valores Ponderados em Relação ao Tempo de Viagem

	CAVALCANTE (2002)	CAVALCANTE <i>et al.</i> (2002)	PROTRAN (2002)	COM. TRANSP. URB. (1998)	ARRUDA (1995)	SENNÁ e AZAMBUJA (1996)	LIU <i>et al.</i> (1997)
VTAD	-	3,72	2,00	1,50	0,83	-	-
VTE	-	-	2,00	2,00	0,74	-	1,69
VTT	R\$ 0,17	R\$ 0,317	2,00	3,50	-	4,00	-

4.4 MODELOS DE ALOCAÇÃO DE TRÁFEGO

Os modelos de alocação de tráfego promovem a interação entre a demanda e oferta permitindo, através destes, que as pessoas façam a escolha de rotas que atendam suas necessidades de deslocamentos entre os diversos pares de O/D. Segundo ORTÚZAR e WILLUMSEN (1990), as escolhas de rotas são baseadas na premissa de que as pessoas fazem sua escolha racionalmente, ou seja, escolhem rotas que oferecem um menor custo individual percebido.

Na prática, porém, nem todas as pessoas optam pela mesma rota diante da necessidade de realizarem uma mesma viagem. Segundo ORTÚZAR e WILLUMSEN (1990), isto se dá principalmente pelos seguintes fatores:

- a) Os usuários possuem diferentes percepções a respeito do que constitui a melhor rota; e,
- b) O congestionamento e as restrições de capacidade limitam o número de viagens realizadas ao longo de uma mesma rota.

O primeiro fundamenta os modelos estocásticos, enquanto o segundo os modelos de equilíbrio. Na Tabela 4.3 são apresentados os principais modelos dentro de cada classificação.

Tabela 4.3: Classificação dos Modelos de Alocação de Tráfego
Efeitos Estocásticos

		Não	Sim
Restrição de	Não	Tudo ou Nada	Estocástico Puro (Dial e Burrell)
Capacidade	Sim	Equilíbrio de Wardrop	Equilíbrio estocástico do usuário

Fonte: ORTÚZAR e WILLUMSEN (1990)

4.4.1 Alocação Tudo ou Nada

É o mais simples para a escolha da alocação de rota. Assume que não há congestionamento, isto é, todos os usuários consideram os mesmos atributos para as escolhas das rotas e os percebem e pesam da mesma maneira. Por isso, os custos nos *links* são fixos, levando a que nenhum usuário escolha rotas menos atrativas.

Sua aplicação limita-se a redes sem restrição de capacidade, nas quais há poucas alternativas de rotas. Atualmente são utilizados como suporte de elaboração de outras técnicas de alocação (equilíbrio e métodos estocásticos).

4.4.2 Métodos Estocásticos sem Restrições de Capacidade

Quando se entende ser significativa a variabilidade na percepção pelos usuários das impedâncias inerentes às rotas alternativas, mesmo sem a existência de fenômeno do congestionamento, recomenda-se a alocação das viagens segundo princípios estocásticos. Esta variabilidade de percepção pode ser resultante de dois fatores:

a) Variação real nos tempos de espera, transbordo e viagem no veículo, motivada por ineficiências operacionais do tipo: utilização por parte dos ônibus de vias compartilhadas com o tráfego geral, quando há baixa confiabilidade no sistema em função de congestionamentos e incidentes viários; inexistência de integração operacional, no caso de redes multimodais de transporte público; dentre outras ineficiências; e,

b) Variação apenas na percepção dos tempos de viagem, motivada principalmente por existência de um sistema eficiente de informação aos usuários.

Outros aspectos que podem contribuir para uma grande dispersão nos tempos percebidos são: a heterogeneidade da população usuária quanto às suas características sócio-econômicas e a heterogeneidade das características de oferta no sistema de transportes, relacionadas a condições de caminhada no acesso/difusão, tipos de abrigos (ou inexistência destes) e aspectos físicos e operacionais dos terminais.

Diferentemente do método de alocação tudo-ou-nada, os métodos estocásticos procuram distribuir as viagens de cada par O/D entre as rotas distintas disponíveis aos usuários. Segundo ORTÚZAR e WILLUMSEN (1990), vários métodos de alocação já foram propostos de forma a incorporar os aspectos estocásticos relativos à escolha das rotas. Entretanto, dois desses métodos tem mais larga aceitação: os baseados em simulação e os métodos proporcionais.

Métodos Estocásticos Baseados em Simulação

Várias técnicas de alocação estocástica usam a simulação de Monte Carlo para representar a variabilidade na percepção dos custos dos *links* pelos usuários. Estas técnicas fazem as seguintes suposições:

- a) Os custos percebidos seguem uma distribuição para cada *link*. O algoritmo de BURELL (1968), *apud* ORTÚZAR e WILLUMSEN (1990), assume distribuição uniforme que, embora rápida em tempo de processamento, não é muito realística. Outros algoritmos assumem a distribuição normal, que é mais eficiente; porém, torna o processo lento em termos computacionais;
- b) As distribuições dos custos percebidos são assumidas independentes; e,
- c) Os usuários assumem escolher a rota que minimiza o custo percebido, obtido a partir da soma dos custos do *links* individuais.

As principais desvantagens destes métodos são: na prática, os custos percebidos não são independentes, visto que os usuários normalmente têm preferências por determinados *links*, bem como não há consideração quanto a congestionamentos neles.

Dentre as vantagens, estes métodos destacam-se por:

- a) produzir um razoável desdobramento de viagens; e,
- b) serem relativamente simples de programar e não requererem escolha ou estimação de relações velocidades-fluxo.

Métodos Estocásticos Proporcionais

Os métodos estocásticos proporcionais são baseados em algoritmos de carregamento que distribuem as viagens chegando a um nó entre todos os nós possíveis de saída. Segundo ORTÚZAR e WILLUMSEN (1990), a implementação destes métodos reverte o problema para que a repartição das viagens em um nó seja baseada na origem das viagens, e não para onde elas estão indo. Nesta categoria, destaca-se o Método de DIAL (1971), *apud* ORTÚZAR e WILLUMSEN (1990), que aloca rotas proporcionalmente à sua impedância, com base em uma formulação de cálculo de probabilidade do tipo *logit*.

4.4.3 Equilíbrio do Usuário

O princípio de equilíbrio adaptado ao processo de escolha de rotas foi formulado por WARDROP (1952), *apud* ORTÚZAR e WILLUMSEN (1990). Ele assume que, sob equilíbrio, as condições de tráfego arranjam-se em redes congestionadas de tal modo que todos os usuários usam rotas entre um par de O/D com custos mínimos e iguais, enquanto as rotas que não são usadas tem custos generalizados superiores.

Do mesmo modo que em redes sem restrição de capacidade, a avaliação do custo generalizado em cada rota, sob condição de congestionamento nos *links*, pode se dar de forma determinística ou estocástica. No primeiro caso, busca-se atingir o “equilíbrio do usuário”, na forma clássica proposta por Wardrop. Já no segundo, busca-se o denominado “equilíbrio estocástico do usuário”, no qual o fluxo em cada rota será igual ao fluxo total do par O/D vezes a probabilidade de escolha da rota.

Vale destacar que, de acordo com SHEFFI (1985), as condições impostas ao equilíbrio do usuário representam um caso particular do equilíbrio estocástico, isto é, quando a variância do tempo de viagem percebido for zero, os dois métodos se equivalem. Dentre as técnicas de carregamento da rede para se atingir o equilíbrio (determinístico ou estocástico) dos usuários, destacam-se os métodos de alocação incremental e os de médias sucessivas.

Método de Alocação Incremental

Estes métodos dividem a matriz de viagem total em um número de matrizes fracionárias, a partir da aplicação de fatores proporcionais. Estas matrizes são carregadas incrementalmente até obter fluxos acumulados. A facilidade de programação e interpretação dos resultados configura-se como a principal vantagem destes métodos. Entre as desvantagens, destaca-se que eles não necessariamente convergem para o equilíbrio de Wardrop, mesmo que o número de frações seja grande e o tamanho dos incrementos seja pequeno. A limitação é que a parcela do fluxo uma vez alocada a um *link*, não pode ser removida e carregada em outro.

Métodos das Médias Sucessivas

Estes métodos se caracterizam por utilizarem algoritmos de alocação iterativos. O fluxo corrente em um *link* é calculado como uma combinação linear do fluxo corrente na interação anterior e um fluxo auxiliar resultante da alocação tudo ou nada na presente interação. Os algoritmos iterativos podem diferir pelo valor do parâmetro de alocação. Uns o fixam em 0,5. Entretanto, um valor de $1/n$ faz convergir para o Equilíbrio de Wardrop, embora não de forma muito eficiente. Já utilizando-se o algoritmo de Frank-Wolfe, pode-se estimar o valor ótimo do parâmetro de alocação produzindo rápida convergência. Para redes complexas, entretanto, pode ser que a convergência demore a ser atingida.

Um outro algoritmo baseado em médias sucessivas foi utilizado por LOUREIRO e RALSTON (1996) em redes multimodais e multiprodutos de transporte de cargas. Este algoritmo faz a alocação com base no princípio de equilíbrio estocástico do usuário, distribuindo o fluxo do par O/D entre as rotas uni- ou multimodais a partir de

probabilidades calculadas por um modelo *logit* com funções utilidades representando custo generalizado (frete, tempo de carga/descarga, de transbordo e dentro do veículo) inerentes a cada produto.

4.4.4 Método Específico a Redes de Transporte Público

Método das Estratégias Ótimas

Este método assume que o usuário só tem conhecimento das informações das rotas que atendem ao ponto de parada em que se encontra. A partir deste ponto, utilizando as informações das regras para a utilização do sistema, o algoritmo cria árvores de caminhos que atendam aos diversos pares de O/D. Havendo caminhos de custo generalizado similar, são alocadas viagens em todos estes na proporção da combinação linear das frequências das rotas que atendem a estes caminhos.

4.5 MODELAGEM DA REDE DE TRANSPORTE PÚBLICO COM O TransCAD 4.0

O TransCAD é um software desenvolvido pela Caliper Corporation que, atualmente se encontra na sua versão 4.0 (para windows) que disponibiliza rotinas utilizadas no planejamento de transportes, em especial para modelagem da geração, distribuição, divisão modal e alocação. Contempla também recursos de um Sistema de Informações Geográficas - SIG sendo, portanto, um dos primeiros SIG direcionado para a área de transporte.

O TransCAD é o único software que, através de ferramenta específica (sistema de rotas), possibilita, na modelagem de rede de transporte público, a representação de rotas com seus pontos de paradas em um *layer* e, associado a estas, seus atributos tais como, *headway*, tarifa, capacidade, modo, entre outros.

4.5.1 Representação do Sistema de Rotas

Para se criar o sistema de rotas no TransCAD é necessário que antes sejam representados em um *layer* os *links* que comporão o sistema viário básico da cidade ou

região, além de se definir a estrutura da tabela que conterá as informações relativas a seus atributos. Os principais atributos relativos às rotas são normalmente:

- a) *headway*;
- b) tipo de tarifa;
- c) valor da tarifa regular;
- d) valor da tarifa em um transbordo;
- e) modo; e,
- f) valor do tempo e pesos relativos ao tempo no veículo, transferência, espera, etc.

Estes atributos não são todos obrigatórios, dependendo do tipo de estudo que será realizado, bem como do método que será utilizado na alocação. Se o método de alocação considerar a restrição de capacidade deve ser incluído, na estrutura da tabela, um campo para receber os valores correspondentes aos parâmetros da função de congestionamento. Caso sejam considerados os efeitos estocásticos, deve-se reservar campos para as informações dos erros relativos ao tempo no veículo e ao *headway*.

Para se digitalizar as rotas ou editá-las é necessário que se crie uma rede conectando os *links* e nós, que será utilizada para achar o caminho mínimo entre dois nós.

4.5.2 Representação da Rede de Transporte Público

Além do sistema de rotas, para a representação da rede de transporte público no TransCAD, são necessários os seguintes procedimentos:

- a) Unir em um mesmo nó os pontos de paradas, nos casos em que é possível a transferência sem penalidade. O TransCAD dispõe de ferramenta própria para realizar este procedimento automaticamente, definindo-se uma distância máxima entre os pontos que serão unidos; e,

b) Representar os conectores que são *links* que possibilitam o acesso e a difusão à rede, bem como as transferências entre rotas. Do mesmo modo que no item anterior, pode ser utilizada uma ferramenta própria para a representação de todos os *links* conectores da rede, ou representá-los um a um.

O TransCAD admite que os atributos sejam agregados por modo necessitando, então, que se crie uma tabela de modo contendo os mesmos atributos que foram definidos para a rota (ver exemplo na Tabela 4.4).

Tabela 4.4: Modos compartilhando da rede

MODO	Nº MODO	TIPO	TIPO TARIFA	TARIFA (R\$)	TARIFA TRANSFER (R\$)	VELOCIDADE (Km/h)
Ônibus Urb. Frota	1	T	1	1,20	1,20	17,00
Ônibus Metropolit.	2	T	1	1,10	1,10	22,00
Ônibus Urb Caucaia	3	T	1	1,00	1,00	25,00
Metro Sul	4	T	1	1,20	1,20	40,00
Metro Oeste	5	T	1	1,20	1,20	40,00
Metro Oeste/Sul	6	T	1	1,10	1,20	40,00
Trem	7	T	1	0,60	0,60	30,00
Acesso Metro	8	W	1	--	--	3,07
Acesso Ônibus	9	W	1	--	--	3,00

Também podem ser controladas as transferências intra e intermodal, atribuindo penalidades e custos para estas, ou isentá-las, podendo ocorrer especificamente em uma parada ou em todas. Para tanto, faz-se necessário que se crie uma tabela de transferência de modo, como a apresentada na Tabela 4.5.

Tabela 4.5: Controle de Transferência entre Modos

<i>FROM</i>	<i>TO</i>	<i>STOP</i>	<i>COST</i>	<i>FARE</i>
5	6	80	0,00	0,00
6	4	544	0,00	0,00
1	1	548	0,00	0,00
3	6	--	--	1,00
6	1	--	--	0,60

Após criada a rede de transporte público deve-se configurar os parâmetros desta, que podem ser gerais para toda a rede, ou relativos ao modo, tarifa, pesos das variáveis da função de custo, dentre outros. São os seguintes os principais parâmetros:

- a) valor do tempo;
- b) peso do tempo no veículo;
- c) peso da penalidade de transferência;
- d) peso do tempo de espera;
- e) peso do tempo de embarque e desembarque;
- f) peso do tempo de caminhada; e,
- g) penalidade da transferência em tempo dentro do veículo.

4.5.3 MÉTODOS DE ALOCAÇÃO DISPONIBILIZADOS PELO TransCAD

O TransCAD 4.0 disponibiliza três métodos de alocação em rede de transporte coletivo que não consideram restrição de capacidade: Tudo-ou-Nada, Estratégia Ótima e *Pathfinder*. Os dois primeiros já foram descritos anteriormente. No último, as rotas similares que atendem a um mesmo par O/D, cujos custos generalizados sejam superiores ao da melhor rota em um limite especificado, são combinadas formando uma única rota. Este limite pode ser estipulado, porém não deve ultrapassar a 25%. Todas as rotas que se enquadram dentro do limite serão utilizadas com carregamento proporcional à frequência. O custo generalizado adotado para o caminho será formado pela ponderação das impedâncias das rotas com relação a sua frequência. Este método não utiliza a tarifa de transbordo, ou seja, não é possível modelar integração tarifária.

CAPÍTULO 5

MODELAGEM E ANÁLISE DE ALTERNATIVAS DE REDES INTEGRADAS DE TRANSPORTE COLETIVO PARA A ZONA OESTE DA RMF

A falta de integração entre os sistemas de transporte público coletivo que operam na RMF foi evidenciada no Capítulo 3, fato que compromete a qualidade do serviço ofertado à população, contribuindo para a sua baixa mobilidade e conseqüente queda de demanda. Como citado anteriormente, está em fase de implantação o metrô de superfície da RMF (METROFOR), sendo, portanto, oportuno que seja planejada uma rede de transporte público integrada com este novo modal. Um dos objetivos específicos desta pesquisa é conceber e modelar alternativas de redes para o transporte público, que contemplem os diversos níveis de integração e avaliar os impactos destas sobre os diversos grupos de usuários. Portanto, a análise não visa à previsão de demanda futura, e sim a repercussão de diferentes níveis de integrações sobre os usuários.

É importante ainda que a modelagem retrate o processo de tomada de decisão do usuário diante de alternativas de rotas, como revisado no Capítulo 4, e que a rede permita a integração entre os diversos modos através da utilização de função de custo generalizado que contemple a combinação do *link* e do modo.

5.1 ANÁLISE DA DEMANDA A SER UTILIZADA NO CARREGAMENTO DA REDE

5.1.1 Geração de Viagens

As redes de transporte coletivo normalmente têm seus carregamentos máximos durante os períodos de picos, sendo que um ocorre pela manhã (06:00 às 07:00) e o

outro no final da tarde (18:00 às 19:00), em sentido oposto ao primeiro. Dentre os dois picos, o que apresenta a hora de maior carregamento é normalmente o da manhã, em decorrência dos principais motivos de viagens (trabalho e estudo) terem horários rígidos para o início. Já no retorno para as residências, os horários dos usuários são mais flexíveis, sendo, por vezes, o momento em que estes usuários aproveitam para realizar outras atividades.

Da Tabela 5.1, na qual são apresentados os dados de demanda da linha de maior carregamento da empresa operadora do transporte metropolitano entre Caucaia e Fortaleza, relativos a agosto de 2000, pode-se constatar o quanto a hora de pico da manhã é mais carregada que a da noite, haja visto que representa cerca de 22% das viagens realizadas no sentido do pico, enquanto a hora de pico da noite representa menos de 14%. Analisando os carregamentos das horas anteriores e posteriores a cada hora de pico, verifica-se que o volume na hora anterior à do pico da manhã é quase 40% do volume desta, enquanto esta mesma relação para o pico da noite é de mais de 90%. Relacionando a hora de pico com a hora posterior, encontra-se para o pico da manhã uma relação de 55% e para o da noite algo em torno de 67%. A demanda da hora do pico da manhã é 93% maior que a da hora do pico da noite. A Figura 5.1 representa os dados da Tabela 5.1 reforçando a concentração da demanda na hora do pico da manhã em relação ao da noite.

Os dados disponíveis de geração de viagens metropolitanas no transporte coletivo, relativos à hora de pico da manhã, pelas zonas de tráfego da área de estudo, são os da pesquisa O/D (METROFOR, 1996). Estes dados passaram por uma consolidação e revisão em 1999, a partir de pesquisas complementares realizadas para o Programa de Transporte Urbano de Fortaleza – PTUF (ETTUSA, 1999). Foram utilizados também os dados relativos a agosto de 1999 obtidos junto à empresa operadora do transporte coletivo metropolitano por ônibus (Empresa Vitória) e à Companhia Brasileira de Trens Urbanos - CBTU (operadora do trem metropolitano). Estes dados estão apresentados na Tabela 5.2.

Analisando esses dados, observa-se que, com relação ao total de viagens geradas na hora de pico da manhã por todas as zonas de tráfego da área de estudo, existe uma redução de aproximadamente 14% dos dados obtidos das operadoras, em relação aos

demais, mesmo sendo estes referente a 1999, enquanto os do METROFOR são de 1996. Na análise dos dados de cada zona, observa-se divergência significativa quanto à zona 143, já que os dados obtidos do Programa de Transporte Urbano de Fortaleza são 2,41 vezes os dados das operadoras e 1,81 vezes os dados do METROFOR.

Tabela 5.1: Distribuição da Demanda por Faixa Horária da Linha Metropolitana – Conj. Nova Metrópole

Fx hor	METROPOLE	
	Sub/Cid	Cid/Sub
4 a 5	140	
5 a 6	756	71
6 a 7	1907	166
7 a 8	1043	242
8 a 9	574	238
9 a 10	477	204
10 a 11	320	257
11 a 12	368	506
12 a 13	437	403
13 a 14	406	286
14 a 15	329	236
15 a 16	315	322
16 a 17	444	483
17 a 18	540	895
18 a 19	357	988
19 a 20	200	663
20 a 21	106	420
21 a 22	86	396
22 a 23	61	284
23 a 24	11	134
TOTAL	8.877	7.194

Fonte: Empresa Vitória (1999)

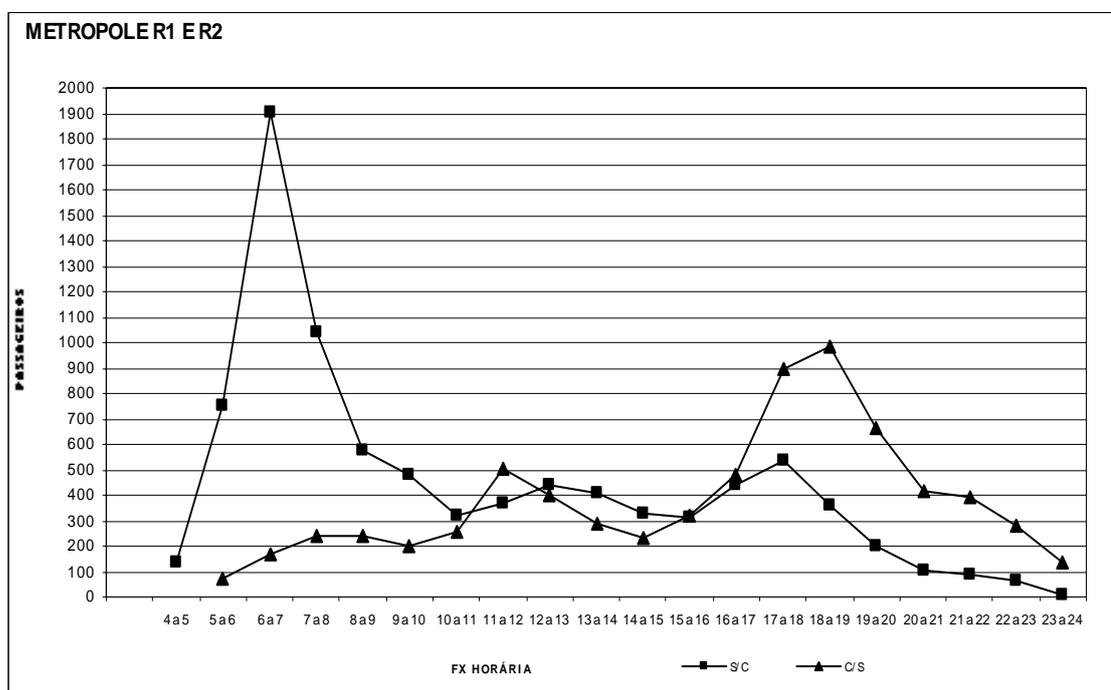


Figura 5.1: Distribuição da Demanda por Faixa Horária da Linha Metropolitana – Conj. Nova Metrópole
O mesmo ocorre, em proporção menor, com relação às outras zonas.

Como mencionado anteriormente, o objetivo deste estudo é avaliar alternativas de caminhos procurando identificar os de menor custo generalizado para os usuários e não a análise do carregamento da rede e seu grau de saturação, tendo-se optado pela utilização dos dados das empresas operadoras para as produções de viagens na hora do pico da manhã.

Tabela 5.2: Geração de Viagens Metropolitanas na Hora de Pico da Manhã

ZONA DE TRÁFEGO	REGIÃO	GERAÇÃO DE VIAGENS		
		METROFOR (1996)	PTUF (1999)	OPERADORAS (1999)
140	G. Jurema	6.534	5.113	5.881
141	Praia	363	95	413
142	Sertão	508	312	396
143	Sede	2.436	4.408	1.827
	TOTAL	9.841	9.928	8.517

5.1.2 Distribuição de Viagens

Os dados disponíveis relativos à distribuição de viagens das zonas de tráfego da área de estudo, para a hora de pico da manhã, também são procedentes das mesmas fontes dos dados de geração de viagens. Na Tabela 5.3 são apresentadas as matrizes das viagens com origem em Caucaia e destinos em Fortaleza, em percentuais, utilizadas nos estudos do METROFOR e do PTUF. Pode-se perceber o quanto os números são divergentes. Tomando-se como exemplo as viagens geradas pela zona 140 (Grande Jurema), segundo a matriz do METROFOR, o maior percentual (14,94%) é de viagens intrazonais. Já na matriz do PTUF a grande maioria destas viagens (43,63%) se destina ao Centro (zona 3).

Tabela 5.3: Distribuição de Viagens das Zonas de Caucaia (%)

ZONA DE ATRAÇÃO	ZONA DE ORIGEM								
		140		141		142		143	
LOCAL	CÓD.	PTUF ¹ (1999)	METRÔ ² (1996)	PTUF	METRÔ	PTUF	METRÔ	PTUF	METRÔ
Centro	2		5,42	3,74		4,16	6,12	15,73	5,4
Centro	3	43,63	14,10		10,6	1,97	9,12	29,32	17,52
Praia de Iracema	5	4,85		0,42				1,55	
Meireles	10					5,69	2,20		
Meireles	11	3,62	0,80						
Aldeota	12					11,38	6,59		
Aldeota	13	9,12	1,07					6,47	2,20
Papicu	19	3,0						3,18	0,07
Cocó	20		2,08						
Dionisio Torres	23								
Benfica	26							1,18	
Pirambu	33								4,78
Cristo Redentor	36				7,5				
Alagadiço / S. Gerardo	41	3,84	6,65		1,08		7,85		
Vila Ellery	43	4,62	11,84						
Padre Andrade	45							5,13	2,48
Floresta	47		7,03						
Jardim Guanabara	49		4,09						
Shopping Iguatemi	53							3,62	
Fátima	58	6,5							
Alto da Balança	61					5,80	1,86		
Demócrito Rocha	74		0,24						
Antonio Bezerra	77	4,75	13,56					5,07	16,1
Conj. Ceará II	83							8,74	
Parangaba	97		1,43						
Montese	102			4,34	2,8				
João XXIII	104								1,12
									6,15 (DIVERSOS)
Passaré	119							6,05	
Manoel Sátiro	125								2,08
Campus do Itaperi	130	5,29	4,61						
Grande Jurema	140	5,07	14,94	5,52	4,1		18,7		9,34
Caucaia Praia	141		0,6	15,96	18,9		8,6	5,21	9,05
Caucaia Sertão	142			5,17		7,0	5,52	3,44	1,98
Caucaia Sede	143		2,95	64,85	55,0	58,86	33,7	5,29	21,7
Maracanaú – Jaçanau	145	5,7	8,58						
	147								
	172					5,14			

Fontes: 1 Programa de Transporte Urbano de Fortaleza

2 Estudo de Demanda METROFOR

Quanto à distribuição de viagens produzidas na zona 141, as maiores divergências são com relação às viagens atraídas pelas zonas 143 (Caucaia Sede), que segundo a matriz do METROFOR representam 55,0%, enquanto na matriz do PTUF

64,85%, assim como para as viagens atraídas pela zona 3 (Centro), que matriz do METROFOR são 10,6% e na do PTUF não consta viagens para esta zona.

O mesmo ocorre com relação às viagens geradas pela zona 142 (Sertão), pois para a matriz do METROFOR a zona 143 atrai 33,7% destas, enquanto os dados do PTUF indicam um percentual de 58,86%. Já a zona 3 (Centro), pela matriz do METROFOR, atrai 9,12% das viagens geradas pela zona 142, enquanto pela do PTUF são somente 1,97% destas viagens.

Das viagens produzidas pela zona 143 (Caucaia Sede), as divergências significativas entre os dados das duas matrizes são quanto às viagens atraídas pela zona 77 (Antônio Bezerra). A matriz do METROFOR indica um percentual de 5,07%, enquanto a do PTUF 16,1%. Já com relação às viagens intrazonais, na matriz do METROFOR são somente 5,9%, enquanto no PTUF são 21,7%.

Como os dados da matriz O/D são os insumos básicos para o carregamento da rede de transporte público, é imprescindível que estes representem fielmente a realidade dos deslocamentos realizados no transporte público na hora do pico da manhã, na área em estudo.

Em setembro de 1999, a Empresa Vitória (operadora do transporte metropolitano por ônibus da área de estudo) contratou o IPESP – Instituto de Pesquisas Sociais, Políticas e Econômicas, para realizar uma pesquisa O/D domiciliar com os habitantes do Conjunto Nova Metrópole, na época com aproximadamente 30.000 habitantes (o maior implantado na zona da Grande Jurema). Os dados relativos à distribuição das viagens realizadas no pico da manhã estão apresentadas na Tabela 5.4.

Como o padrão de deslocamentos dos habitantes dos conjuntos habitacionais implantados naquela área é semelhante, haja visto se tratarem de locais dormitórios, onde as atividades relacionadas a trabalho, estudo, saúde e lazer concentram-se em Fortaleza, acredita-se que a distribuição de viagens encontrada para o Conjunto Nova Metrópole possa ser adotada para as demais zonas da área de estudo. Além disso, a zona 140 (Grande Jurema) representa aproximadamente 70% das viagens geradas na hora do pico da manhã.

Tabela 5.4: Distribuição de Viagens Hora do Pico Manhã

ZONA DE ATRAÇÃO	CÓDIGO	%
Centro 1	2	3,5
Centro 2	3	31,9
Meireles 1	11	2,1
Aldeota 3	12	1,4
Aldeota 2	13	5,0
Aldeota 1	14	6,4
Papicu	19	1,4
Barra do Ceará	38	1,4
Alagadiço / S. Gerardo	41	5,7
Monte Castelo	42	2,1
Damas	65	1,4
Jardim América	66	1,4
Campus do Pici	75	1,4
Antônio Bezerra	180	11,3
Campus do Itaperi	130	1,4
North Shopping	131	2,8
Messejana	112	2,1
Caucaia Sede	143	5,0
A Própria Zona	140	1,4
Outras	-	10,9

Fonte: EMPRESA VITÓRIA (1999)

5.1.3 Matriz O/D Utilizada

A matriz O/D utilizada foi a gerada a partir dos dados de produção de viagens fornecidos pelas empresas operadoras e de distribuição de viagens da pesquisa O/D realizada no Nova Metrópole (EMPRES VITÓRIA, 1999). Foram consideradas apenas as viagens metropolitanas, ou seja, com destino às zonas de Fortaleza, tendo sido descartadas aquelas zonas que tinham participação inferior a 1%. No total, foram definidas 17 zonas de destino. Na Figura 5.2 são apresentadas as linhas de desejos dos deslocamentos produzidos pela zona de tráfego 191 de Caucaia.

5.1.4 Método de Alocação Utilizado

Não tendo este trabalho o objetivo de avaliar o nível de saturação da rede e sim identificar caminhos de menor custo generalizado entre os diversos pares O/D formado pelas zonas de tráfego do município de Caucaia e algumas zonas de Fortaleza, o método de alocação não necessita considerar a restrição de capacidade. Dentre os disponíveis

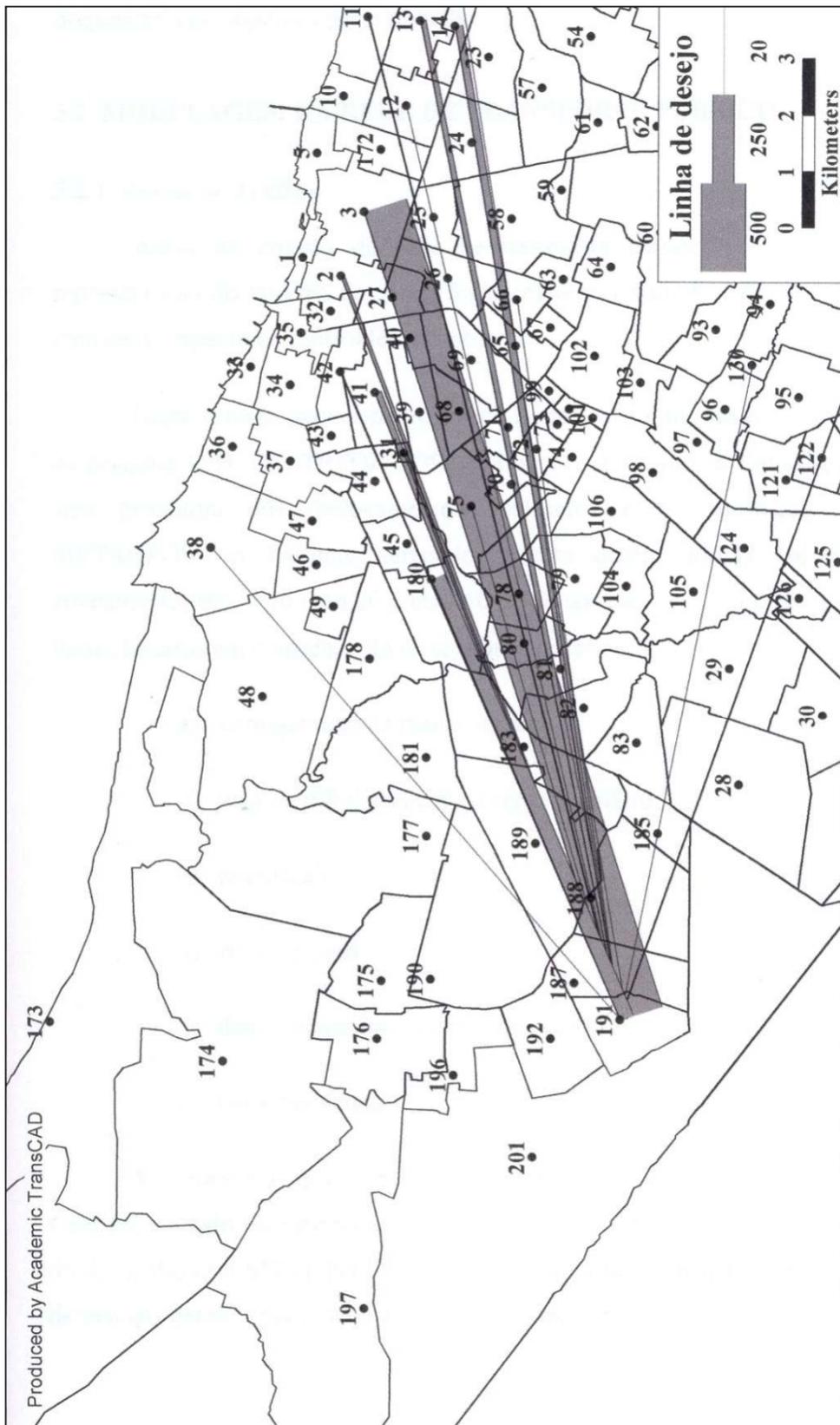


Figura 5.2: Linhas de desejos dos deslocamentos produzidos pela zona de tráfego 191 de Caucaia.

pelo TransCAD, sem restrição de capacidade, o mais apropriado é o Tudo ou Nada, já que os outros dois não permitem a integração tarifária com redução de tarifa, o que prejudicaria os objetivos deste trabalho.

5.2 MODELAGEM DA REDE DE TRANSPORTE PÚBLICO

5.2.1 Zonas de Tráfego

Antes da criação da rede de transporte público no TransCAD, além da representação do sistema de rotas, foi necessária a digitalização das zonas de tráfego com seus respectivos centróides e conectores.

Neste estudo, para o município de Fortaleza, foi utilizado o mesmo zoneamento da pesquisa O/D (METRFOR, 1996). Já para o município de Caucaia, por se tratar da área produtora dos deslocamentos analisados e o zoneamento utilizado pelo METROFOR ser bastante agregado (apenas quatro zonas), foi elaborado novo zoneamento, elevando para 20 o número de zonas. Na definição deste novo zoneamento foram levados em consideração os seguintes critérios:

- a) configuração da malha viária;
- b) área de influência das estações do metrô;
- c) população;
- d) nível de renda;
- e) delimitações dos setores censitários; e,
- f) barreiras naturais.

A Figura 5.3 apresenta o novo zoneamento de tráfego para o município de Caucaia, estando este superposto ao mapa temático da variável renda média por chefe do domicílio (em SM's). Na Figura 5.4, apresenta-se um mapa temático com o número de viagens geradas por zona, na hora do pico da manhã.

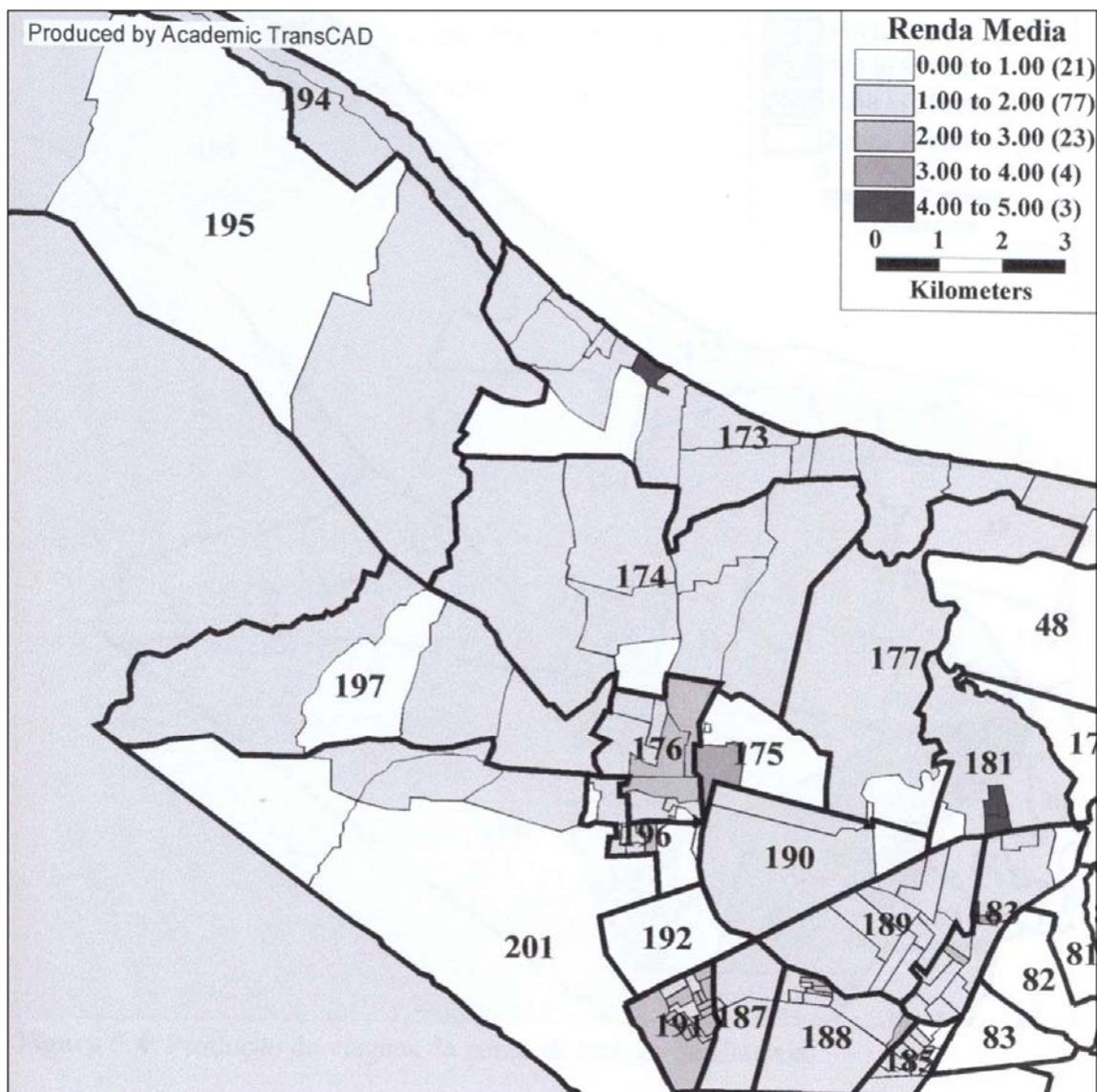


Figura 5.3: Renda média do chefe de família de Caucaia.

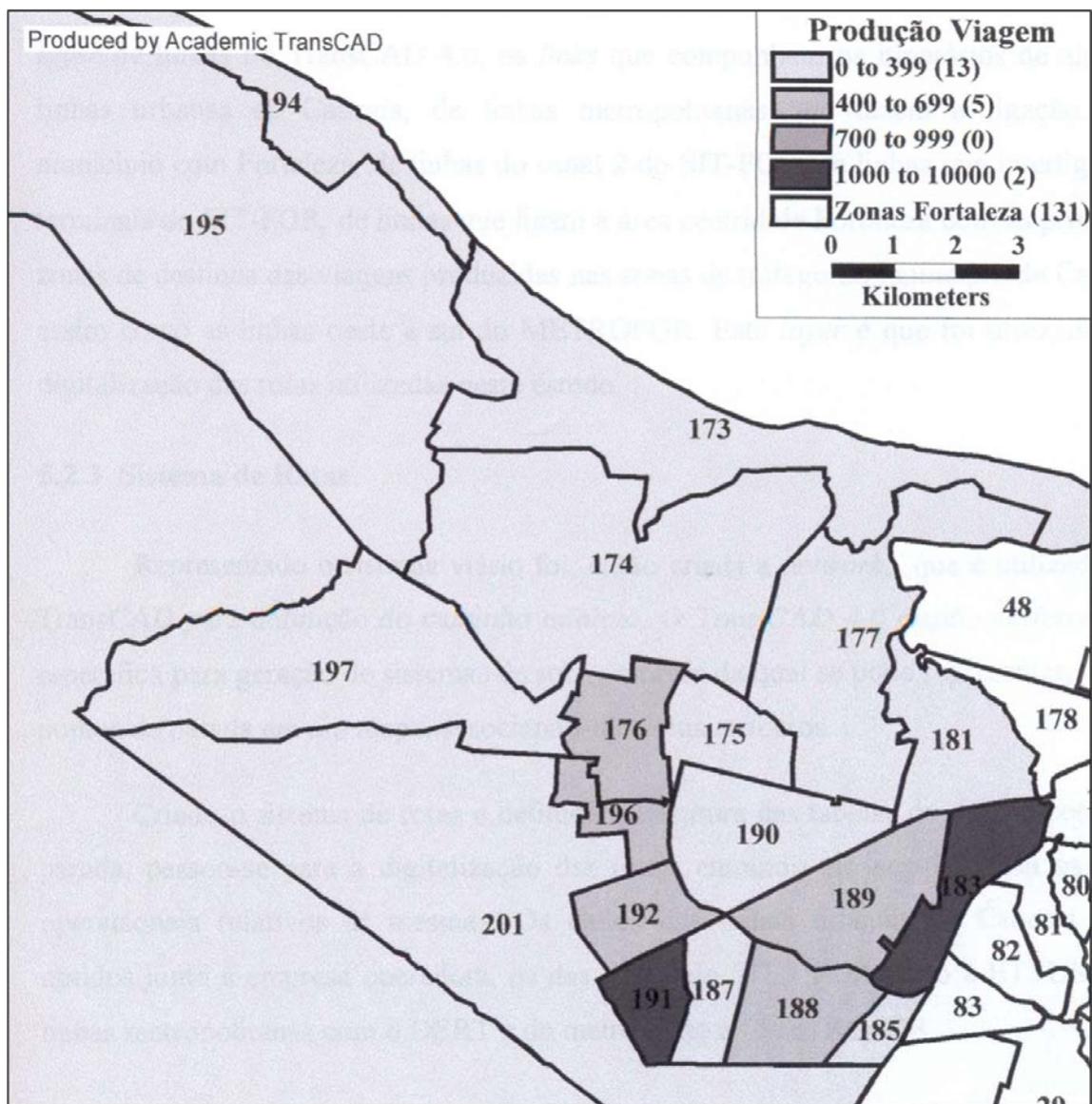


Figura 5.4: Produção de viagens da zona de tráfego de Caucaia.

5.2.2 Representação do Sistema Viário

Utilizando-se os mapas digitalizados dos municípios de Caucaia e Fortaleza, com seus respectivos sistemas viários como pano de fundo, foram digitalizados, em um *layer* de linhas no TransCAD 4.0, os *links* que compunham os itinerários de algumas linhas urbanas de Caucaia, de linhas metropolitanas que fazem a ligação deste município com Fortaleza, de linhas do canal 2 do SIT-FOR, de linhas que interligam os terminais do SIT-FOR, de linhas que ligam a área central de Fortaleza com as principais zonas de destinos das viagens produzidas nas zonas de tráfego do município de Caucaia, assim como as linhas oeste e sul do METROFOR. Este *layer* é que foi utilizado para digitalização das rotas utilizadas neste estudo.

5.2.3 Sistema de Rotas

Representado o sistema viário foi, então criada a *network*, que é utilizada pelo TransCAD para definição do caminho mínimo. O TransCAD 4.0 dispõe de ferramenta específica para geração de sistemas de rotas, através da qual se pode representar, rotas e pontos de parada em um mapa, associando-lhes seus atributos.

Criado o sistema de rotas e definida a estrutura das tabelas de rotas e pontos de parada, passou-se para a digitalização das rotas, entrando em seguida com os dados operacionais relativos as mesmas. Os dados das linhas urbanas de Caucaia foram obtidos junto à empresa operadora, os das linhas do SIT - FOR junto à ETTUSA, das linhas metropolitanas com o DERT e do metrô junto ao METROFOR.

Na digitalização dos pontos de paradas procurou-se reduzir o número destes, restringindo-se somente aos pontos necessários a propiciar a ligação dos centróides das zonas de tráfego com as respectivas rotas.

5.2.4 Representação e Configuração da Rede de Transporte Público

O TransCAD 4.0 disponibiliza várias ferramentas para facilitar a modelagem de redes de transporte público, que podem ser flexibilizadas a partir da definição das rotas, pontos de paradas, modos, transferências inter e intra-modal, estrutura tarifária, valor da variável tempo e dos pesos atribuídos às variáveis tempo de viagem no veículo,

penalidade de transferência, tempo de espera, tempos de embarque e desembarque, caminhos de acesso, difusão e transferências quando for necessário.

O processo de escolha de rotas se dá através da função de custo generalizado, que é composta por parcela dos atributos expressos na unidade de tempo e outra em unidade monetária. Para que haja a homogeneidade de unidades, com o custo generalizado sendo expresso em unidades monetárias, é necessário que a parcela expressa em unidade de tempo seja convertida para unidades monetárias. O fator utilizado para esta conversão é o valor do tempo, que no TransCAD 4.0 é expresso em \$/min. Este valor é um dos dados de entrada para a configuração da rede, como pode ser visto na Figura 5.5, que apresenta a janela de configuração geral da rede.

Quanto à estrutura tarifária, o TransCAD 4.0 admite os seguintes tipos: tarifa única, na qual a tarifa é a mesma para qualquer que seja o deslocamento; tarifação por zona, em que o valor da tarifa depende da abrangência do deslocamento; e estrutura mista (única e por zona). Neste estudo de caso foi adotada a estrutura de tarifa única por já ser esta a utilizada nos principais sistemas da RMF.

Outra etapa da configuração da rede é a de atribuição de pesos aos atributos que podem ser dados por rota, modo e global, ou seja, o mesmo para todas as rotas. A Figura 5.6 apresenta a janela do TransCAD 4.0 na qual podem ser observados os atributos que devem receber pesos.

Uma particularidade nesse processo de representação e configuração da rede refere-se ao transbordo, pois este é constituído de três parcelas, uma relativa à caminhada, quando necessária, outra ao tempo de espera pelo veículo seguinte, e por último, é atribuída uma penalidade na unidade de tempo ao transbordo em si. Sobre as duas primeiras parcelas são aplicados os pesos relativos à caminhada e espera, respectivamente; enquanto sobre a última, o peso específico da penalidade de transferência.

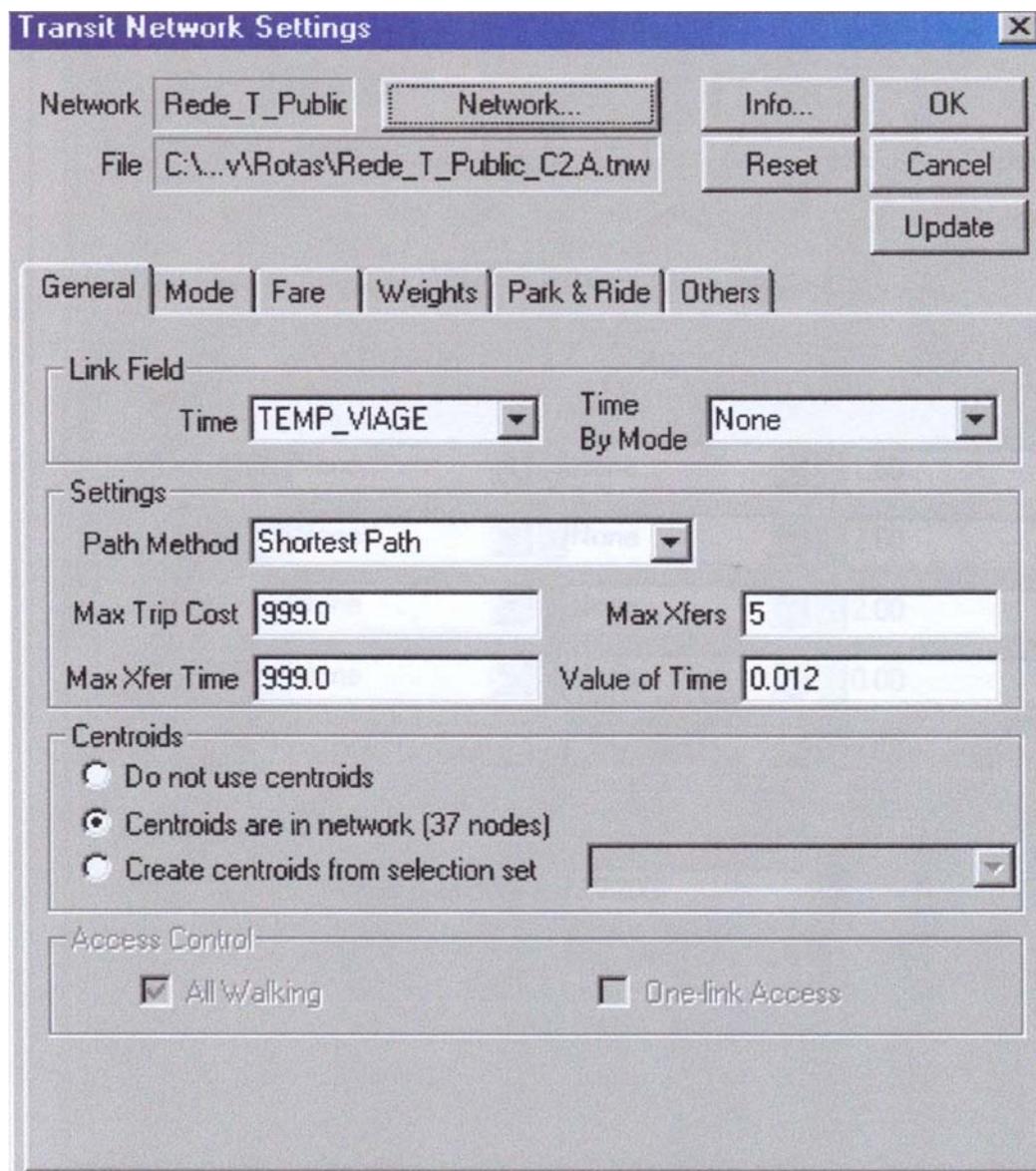


Figura 5.5: Configuração geral da rede no TransCad

Transit Network Settings

Network: Rede_T_Public Network... Info... OK

File: C:\...v\Rotas\Rede_T_Public_C2A.tnw Reset Cancel

Update

General Mode Fare **Weights** Park & Ride Others

	ROUTE	MODE	GLOBAL
Transit			
Link Time	None	None	1.00
Transfer Penalty Time	None	None	2.00
Waiting Time	None	None	2.00
Dwell Time	None	None	0.00
On Dwelling Proportions			0.50
Non-Transit			
	Walking Link Time	3.7200	
	Driving Link Time	3.0000	

Figura 5.6: Configuração dos pesos dos atributos da rede no TransCad

5.2.5 Justificativa da Política Tarifária, Valor do Tempo e Pesos Utilizados

Para as tarifas, na maioria dos cenários de análise, foram adotados os valores praticados atualmente, por não fazer parte do escopo deste estudo o cálculo dos indicadores necessários à definição do valor da tarifa. Nos cenários que contemplaram a integração tarifária com redução das tarifas para as viagens integradas, o critério utilizado para a definição destas foi o de que o custo com tarifa deveria ser menor que o sem integração.

Quanto ao valor do tempo, foram encontrados em trabalhos anteriores valores que variaram de R\$0,012/min a R\$0,032/min. Como o primeiro foi encontrado em pesquisa realizada com usuários do sistema da área de estudo, foi então adotado como limite inferior dos valores utilizados nas simulações. Como limite superior, foi adotado o valor de R\$0,023/min, por ser quase o dobro do limite inferior, sendo, portanto, suficiente para se realizar a análise de sensibilidade proposta neste estudo.

Com relação ao peso atribuído à caminhada, os valores encontrados na literatura variaram entre 0,83 e 3,72. Neste estudo de caso, foi adotado o intervalo com limite mínimo e máximo iguais, respectivamente, a 1,5 e 3,72. Considerou-se que valores inferiores, ou ligeiramente superiores a 1, não seriam representativos da área de estudo, haja visto o nível de serviço ofertado, já que mesmo tendo havido redução na demanda, decorrente da concorrência do transporte de baixa capacidade, não houve redução na oferta.

Para o tempo de espera foi adotado peso 2 em todos os cenários de simulação, por ser amplamente utilizado em estudos de modelagem de transporte. Quanto ao transbordo foi utilizado também em todos os cenários a penalidade de 3 minutos com peso 2, pois foi considerado que não haja congestionamento na espera. Este valor, somado às outras parcelas aplicadas pelo TransCAD ao transbordo, gerou uma penalidade média no transbordo de aproximadamente 15 minutos.

5.3 CONCEPÇÃO DOS CENÁRIOS DE REDE INTEGRADAS DE TRANSPORTE PÚBLICO

Na concepção dos cenários de redes integradas, foram estruturados grupos de cenários para fazer variar o nível de integração físico-operacional e tarifário, o valor do tempo e do peso do atributo caminhada, dentro de intervalos encontrados na literatura. A premissa básica deste estudo foi avaliar diferentes cenários de redes integradas a partir de uma análise de sensibilidade da variação de um conjunto de indicadores de desempenho do sistema de transporte público da zona oeste da RMF, na perspectiva dos usuários com residência em cada uma das 20 zonas de tráfego do município de Caucaia. Os indicadores selecionados foram: participação na matriz modal, custo com tarifa, tempo total de viagem, número e locais de transbordos, assim como o custo generalizado total.

Conforme destacado anteriormente, o objetivo desta análise não foi quantificar o nível de demanda (volume de passageiros) em determinados *links* da rede (propósito maior dos estudos tradicionais da viabilidade econômica de intervenções no sistema de transportes).

Ao contrário, objetivou-se avaliar variações nos impactos sobre diferentes grupos de usuários (caracterizados espacialmente pelas zonas de tráfego) resultantes de diferentes configurações de redes integradas. Portanto, acredita-se que as eventuais deficiências e distorções nos dados de demanda não comprometem os resultados da análise.

Foram concebidos quatro grupos distintos de cenários:

Grupo de Cenários 1

Neste primeiro grupo de cenários procurou-se representar a rede atual com seus níveis existentes de serviços, integrações e estrutura tarifária, onde estão presentes os modos ônibus, através de linhas urbanas de Fortaleza, metropolitanas e urbanas de Caucaia e o trem através das linhas tronco Norte e Sul operadas pela CBTU. Os níveis tarifários adotados foram os vigentes, em novembro de 2002 que são de R\$ 1,20 nas

linhas urbanas de Fortaleza, R\$ 1,10 nas linhas metropolitanas, R\$ 1,00 nas urbanas de Caucaia e R\$ 0,60 no trem.

Grupo de Cenários 2

Este segundo grupo de cenários difere do anterior apenas pela substituição do trem pelo metrô, sendo adotado para este tarifa de R\$ 1,20, idêntica à praticada pelas linhas urbanas de Fortaleza, com *headway* de 12 minutos entre as estações Caucaia/São Miguel e Conjunto Esperança/Vila das Flores. No trecho estação São Miguel/Conjunto Esperança adotou-se *headway* de 6 minutos. Nestes cenários não há, portanto, qualquer integração do metrô com o ônibus.

Grupo de Cenários 3

Neste terceiro grupo de cenários procurou-se melhorar a acessibilidade às estações do metrô, através da criação de linhas alimentadoras, fazendo a ligação com áreas que distam mais de 700 metros das estações. Foi atribuída às linhas alimentadoras uma tarifa de R\$ 0,40, assim como uma tarifa integrada com o metrô no valor de R\$ 1,40.

Grupo de Cenários 4

Neste grupo modificou-se mais significativamente a rede de transporte público. As linhas metropolitanas passaram a exercer a função de alimentadoras do Terminal de Integração do SIT - FOR de Antônio Bezerra, à exceção da linha Icarai/Fortaleza via Barra do Ceará que continuou indo até a área central. Criou-se, também, uma linha troncal ligando o terminal à área Central de Fortaleza.

A política tarifária adotada foi a seguinte:

- a) Nas linhas alimentadoras metropolitanas, praticou-se tarifa de R\$ 0,60;
- b) As linhas urbanas de Fortaleza continuaram com tarifa de R\$ 1,20, porém passaram a existir duas tarifas integradas com as linhas alimentadoras metropolitanas: R\$ 1,20 para linhas curtas que vão no máximo até a área Central de Fortaleza e R\$ 1,60 para as demais. Vale salientar que a tarifa integrada de R\$ 1,60

proporciona uma redução tarifária de aproximadamente 30% em relação ao somatório das tarifas atualmente praticadas; e,

c) As outras linhas continuaram com tarifas iguais às praticadas nos cenários anteriores.

Para os cenários básicos de cada grupo (1.0, 2.0, 3.0, 4.0), foram utilizados os seguintes parâmetros e pesos para as variáveis:

- a) Valor do tempo – R\$ 0,023/min;
- b) Peso do valor da caminhada – 3,72;
- c) Peso do tempo de espera – 2;
- d) Penalidade de transbordo – 3 min; e,
- e) Peso da penalidade de transbordo – 2.

Com base nos cenários 1.0, 2.0 e 3.0, foram criados novos cenários diferindo destes na possibilidade de transferência entre as linhas de ônibus metropolitanas e as urbanas de Fortaleza no corredor M. Hull/Bezerra de Menezes, e não mais só no Terminal de Antônio Bezerra e na área central de Fortaleza. Estes receberam a codificação 1.1, 2.1 e 3.1, respectivamente.

A partir dos cenários 1.1, 2.1, 3.1 e 4.0 foram criados quatro novos cenários que se diferenciam dos primeiros por ter sido atribuído ao tempo um valor de R\$ 0,012/min. Conforme mencionado anteriormente, este equivale ao encontrado em pesquisa de preferência declarada apresentada em CAVALCANTE *et al.* (2002), realizada com os usuários das linhas metropolitanas Caucaia/Fortaleza. Portanto, nestes cenários foram utilizados para valor do tempo e peso do tempo de caminhada exatamente os levantados junto aos usuários da área de estudo, exclusivamente na realização de viagens por motivo trabalho e na hora de pico da manhã. Estes novos cenários receberam as codificações 1.2, 2.2, 3.2 e 4.2.

Utilizando-se das redes dos cenários 1.1, 3.1 e 4.0 foram construídos três novos cenários, com valor do tempo de R\$ 0,012/min e penalidade da caminhada igual a 1,5 (limite inferior do intervalo considerado). Os novos cenários receberam respectivamente as seguintes codificações 1.3, 3.3 e 4.3.

Por fim, foram criados os cenários 3.4 e 4.4. O primeiro com base na rede de transporte do cenário 3.1, tendo sido atribuído ao valor do tempo R\$ 0,012/min, ao peso de caminhada 1,5. A tarifa do metrô foi fixada em R\$ 1,10, a mesma do ônibus metropolitano, continuando com a tarifa integrada das linhas alimentadoras de Caucaia com o valor de R\$ 1,40. O segundo teve como base a rede do cenário 4.0, utilizando-se para valor do tempo R\$ 0,012, peso de caminhada 1,5. A tarifa do metrô foi de R\$ 1,10, enquanto as linhas alimentadoras de Caucaia tiveram tarifa de R\$ 0,30. Já a tarifa integrada com o metrô foi de R\$ 1,30, ou seja, nestes deslocamentos a tarifa das linhas alimentadoras representou acréscimo de R\$ 0,20, em relação a tarifa do ônibus metropolitano. O metrô passou a ter uma tarifa integrada com as linhas urbanas de Fortaleza no valor de R\$ 1,60.

Os cenários foram sendo montados no sentido de facilitar a análise comparativa entre a situação atual e diversas outras caracterizadas pela modificação na estrutura da rede e nos valores relativos dos atributos utilizados na função de custo generalizado. São avaliados os impactos sobre os usuários, considerando-se o valor médio, ponderado pelo número de viagens para cada zona. Conforme já mencionado, os indicadores analisados foram: tarifa, tempo total de viagem (que inclui os de acesso, espera, transferências quando necessário, no veículo e o de difusão), número de transbordos necessários à realização completa da viagem de sua origem ao destino final, bem como os locais destes, e custo generalizado total.

O TransCAD disponibiliza como resultado do processo de alocação matrizes com os valores dos atributos da função de custo generalizado entre cada par O-D. A partir destas matrizes e da matriz de produção de viagens, calculou-se a média ponderada pelo número de viagens dos atributos para cada zona e cenário. Inicialmente foram analisadas as variações destes indicadores médios dentro de cada grupo de cenários e posteriormente entre os grupos de cenários.

5.4 ANÁLISE DOS CENÁRIOS DO GRUPO 1

Nestes cenários, como relatado anteriormente, procurou-se representar a situação atual, quanto a rede e aos modos em operação (ônibus e o trem), variando-se apenas o valor do tempo e o peso relativo à caminhada. A Tabela 5.5 apresenta os valores adotados para os atributos e seus pesos.

Tabela 5.5: Atributos e Pesos dos Cenários do Grupo 1

CENÁRIO	VALOR DO TEMPO	PESO DA CAMINHADA	TARIFA		INTEGRAÇÃO FÍSICA NO CORREDOR
			ÔNIBUS	TREM	
1.0	0,023	3,72	1,10	0,60	NÃO
1.1	0,023	3,72	1,10	0,60	SIM
1.2	0,012	3,72	1,10	0,60	SIM
1.3	0,012	1,5	1,10	0,60	SIM

5.4.1 Participação Modal

No carregamento das rotas relativo ao cenário 1.0, o trem teve uma participação insignificante, da ordem de menos de 1% das viagens; o mesmo ocorrendo no cenário 1.1. Já no cenário 1.2, o trem aparece com uma participação de 12,5%, bem próxima da praticada atualmente, que é de cerca de 13%. Porém, deve ser ressaltado que a demanda alocada a este modo é proveniente somente das zonas 183 e 188, que têm acesso ao trem realizando caminhadas de pequenas extensões. No cenário 1.3, a participação do trem passou a ser de 22,8%, havendo, portanto, a inclusão de demanda de outras zonas, cujo acesso ao trem se deu através de caminhadas mais extensas, como pode ser observado na Figura 5.7 que apresenta o carregamento deste cenário.

Nestes cenários, não houve alterações nas tarifas dos modos participantes, ficando as variações nas participações modais exclusivamente por conta das modificações no valor do tempo e peso da caminhada. A redução no valor do tempo de R\$ 0,023/min para R\$ 0,12/min, no cenário 1.2, repercutiu favoravelmente na participação do trem, em decorrência de minimizar um dos aspectos desfavoráveis deste modo que é o *headway* elevado (redução na parcela de custo relativa ao tempo de espera). No cenário 1.3, houve a redução também no peso da caminhada, fazendo com que o trem se tornasse ainda mais atrativo para viagens de zonas com distâncias de caminhadas mais elevadas.

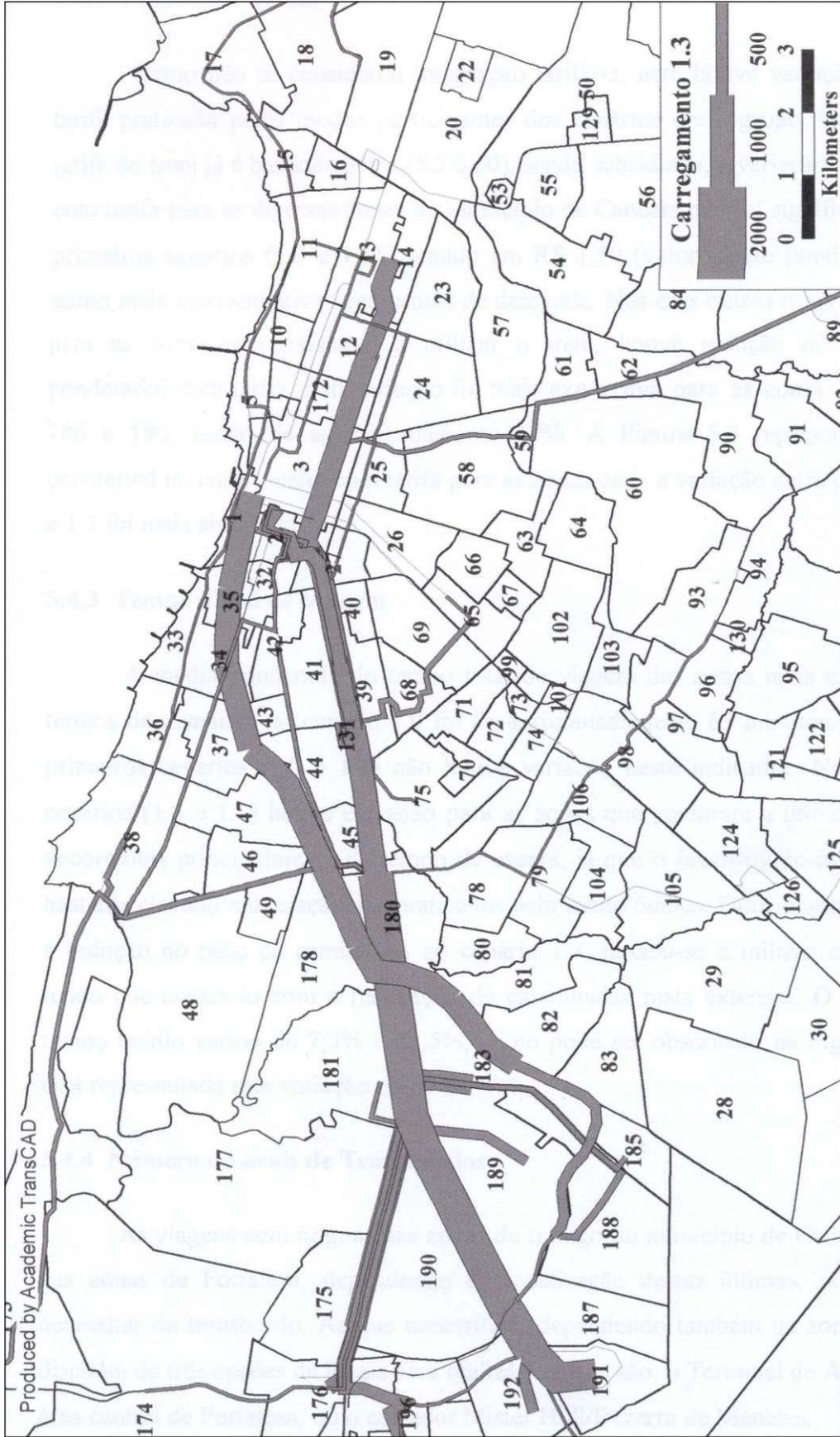


Figura 5.7: Carregamento cenário 1.3.

5.4.2 Custo com Tarifa

Como não se considerou integração tarifária, nem houve variação no valor da tarifa praticada pelos modos participantes dos cenários deste grupo, haja visto que a tarifa do trem já é bastante baixa (R\$ 0,60), sendo subsidiada, a variação no custo médio com tarifa para as diversas zonas do município de Caucaia não foi significativa nos dois primeiros cenários (1.0 e 1.1), ficando em R\$ 1,50 (valor médio ponderado) para as zonas mais representativas em termos de demanda. Nos dois outros cenários (1.2 e 1.3), para as zonas que passaram a utilizar o trem, houve redução no custo (médio ponderado) com tarifa. Esta redução foi mais expressiva para as zonas 176, 183, 185, 188 e 196, sendo de aproximadamente 17%. A Figura 5.8 representa a redução percentual no custo médio com tarifa para as zonas onde a variação entre os cenários 1.1 e 1.3 foi mais significativa.

5.4.3 Tempo Total de Viagem

A média ponderada do tempo total de viagem das zonas mais expressivas em termos de demanda no cenário 1.0 foi de aproximadamente 63 minutos. Entre os dois primeiros cenários (1.0 e 1.1) não houve variação neste indicador. Nos outros dois cenários (1.2 e 1.3) houve elevação para as zonas que passaram a utilizar o trem, em decorrência principalmente do tempo de espera, já que o *headway* do trem (30 min) é bastante elevado em relação aos praticados pelo modo ônibus. Outro motivo é que, com a redução no peso da caminhada no cenário 1.3, passou-se a utilizar o trem mesmo tendo que acessá-lo com a realização de caminhadas mais extensas. O acréscimo no tempo médio variou de 7,5% a 13,5%, como pode ser observado na Figura 5.9, onde está representada esta variação por zona.

5.4.4 Número e Locais de Transbordos

As viagens com origens nas zonas de tráfego do município de Caucaia e destino nas zonas de Fortaleza, dependendo da localização destas últimas, podem ou não necessitar de transbordo. As que necessitam, dependendo também da zona de destino, dispõem de três opções de locais para realizá-los, que são: o Terminal de Ant. Bezerra, a área central de Fortaleza, ou o corredor Mister Hull/Bezerra de Menezes.

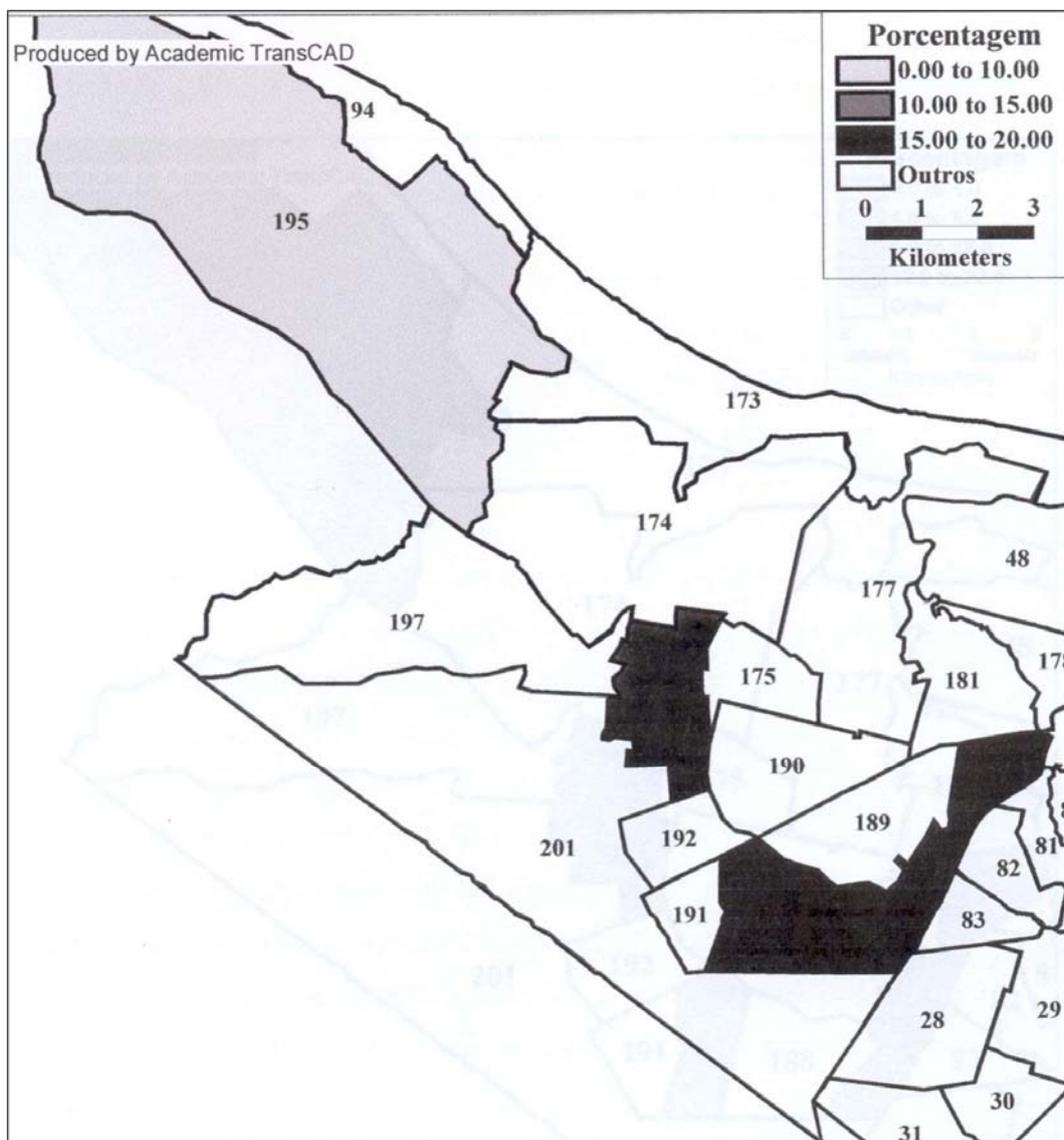


Figura 5.8: Relação do custo médio com tarifa entre os cenários 1.1 e 1.3.

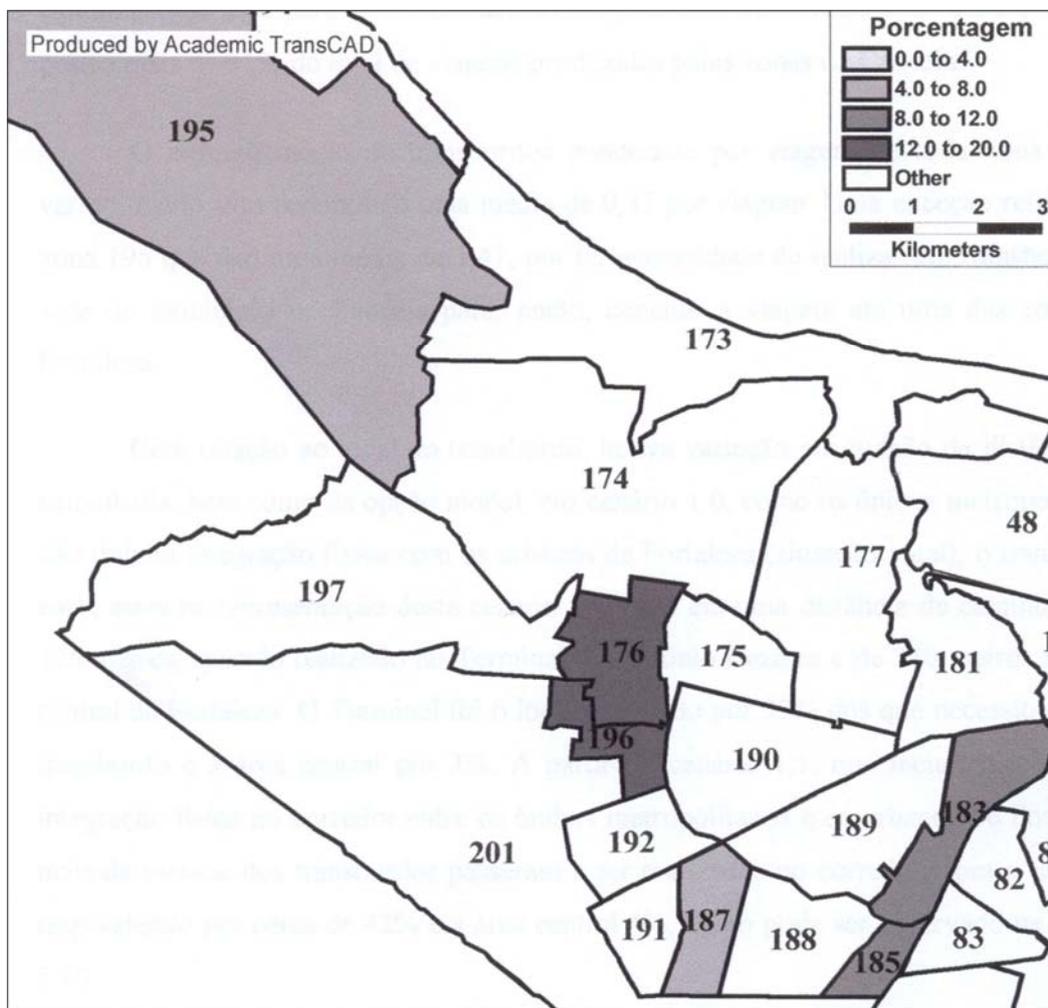


Figura 5.9: Acréscimo do tempo de viagem entre os cenários 1.0 e 1.3.

Nos cenários deste grupo basicamente não variou o número total de transbordos, que foram necessários em cerca de 1/3 das viagens. A única alteração apresentada foi com relação ao cenário 1.3, em que algumas poucas viagens deixaram de realizar transbordo, fazendo o restante da viagem a pé, em decorrência da redução no peso da caminhada de 3,72 para 1,5. O número de viagens com transbordo passou a representar pouco mais de 31% do total de viagens produzidas pelas zonas de Caucaia.

O número médio de transbordos ponderado por viagem de cada zona pouco variou, tendo sido encontrado uma média de 0,37 por viagem. Uma exceção refere-se à zona 195 que tem uma média de 1,47, por ter necessidade de realizar um transbordo na sede do município de Caucaia para, então, concluir a viagem até uma das zonas de Fortaleza.

Com relação ao local do transbordo, houve variação em função da distância de caminhada, bem como da opção modal. No cenário 1.0, como os ônibus metropolitanos não tinham integração física com os urbanos de Fortaleza (situação atual), o transbordo entre estes na representação deste cenário implicou em uma distância de caminhada de 125 metros, quando realizado no Terminal de Antônio Bezerra e de 380 metros na área central de Fortaleza. O Terminal foi o local escolhido por 97% dos que necessitaram do transbordo e a área central por 3%. A partir do cenário 1.1, que incluiu a opção de integração física no corredor entre os ônibus metropolitanos e os urbanos de Fortaleza, mais da metade dos transbordos passaram a ser realizados no corredor, com o terminal respondendo por cerca de 42% e a área central 4%, como pode ser observado na Figura 5.10.

No cenário 1.2, a redução do valor do tempo para R\$ 0,012/min provocou alterações nos locais de transbordos, com a área central passando a responder por quase 10% das transferências. O acréscimo da opção pela área central é decorrente da maior utilização do trem, já que esta é a única opção de local de transbordo entre o trem e ônibus urbano de Fortaleza. No cenário 1.3, e pelo mesmo motivo, a participação da área central ultrapassou os 17% dos transbordos ficando o Terminal com 29,47% e o corredor com 53,48%, como pode ser observado na Figura 5.11. Conclui-se, portanto, que, na faixa de valores utilizados para o peso da caminhada, a área central é o local de menor participação em todos os cenários deste grupo.

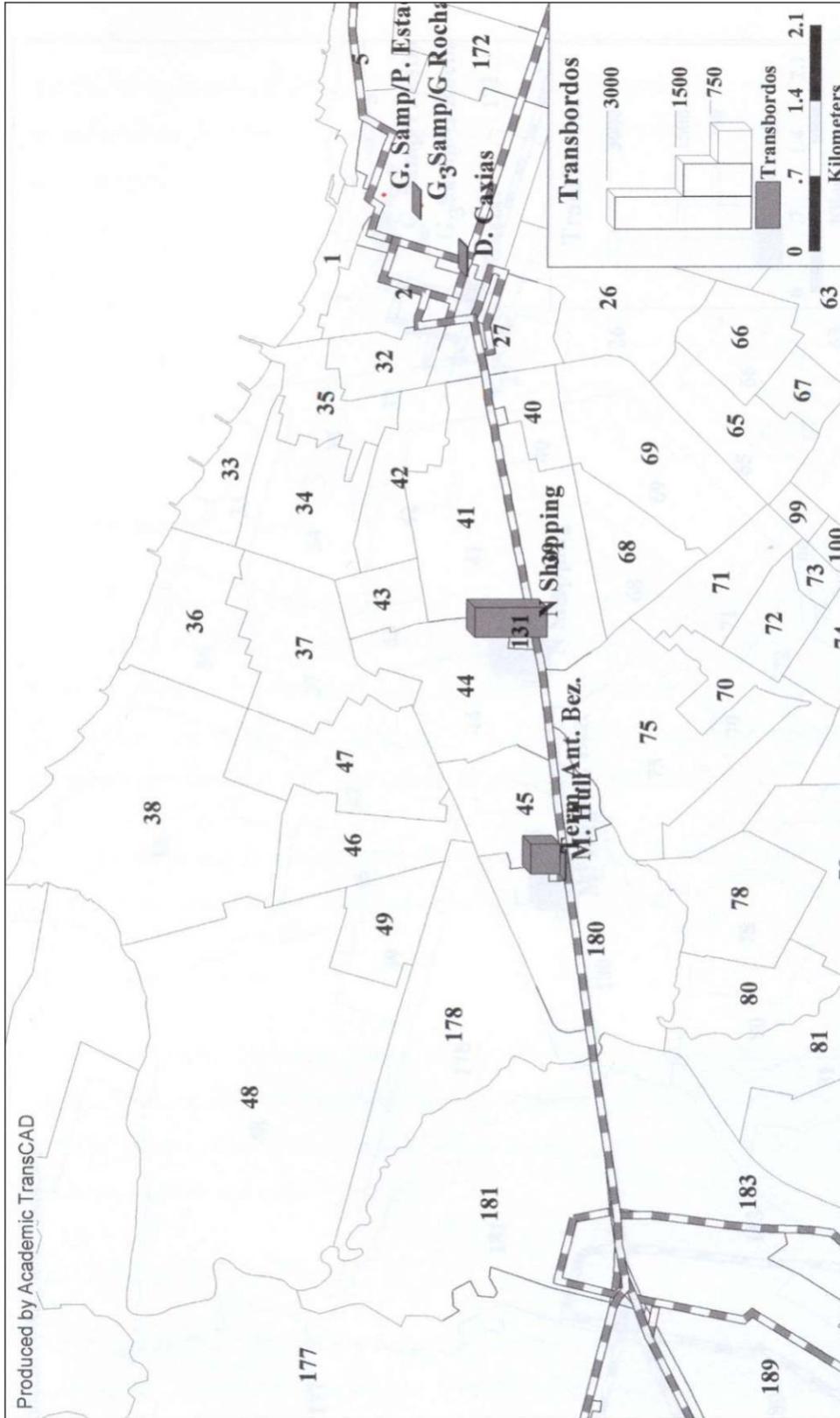


Figura 5.10: Número de transbordo por local no cenário 1.1.

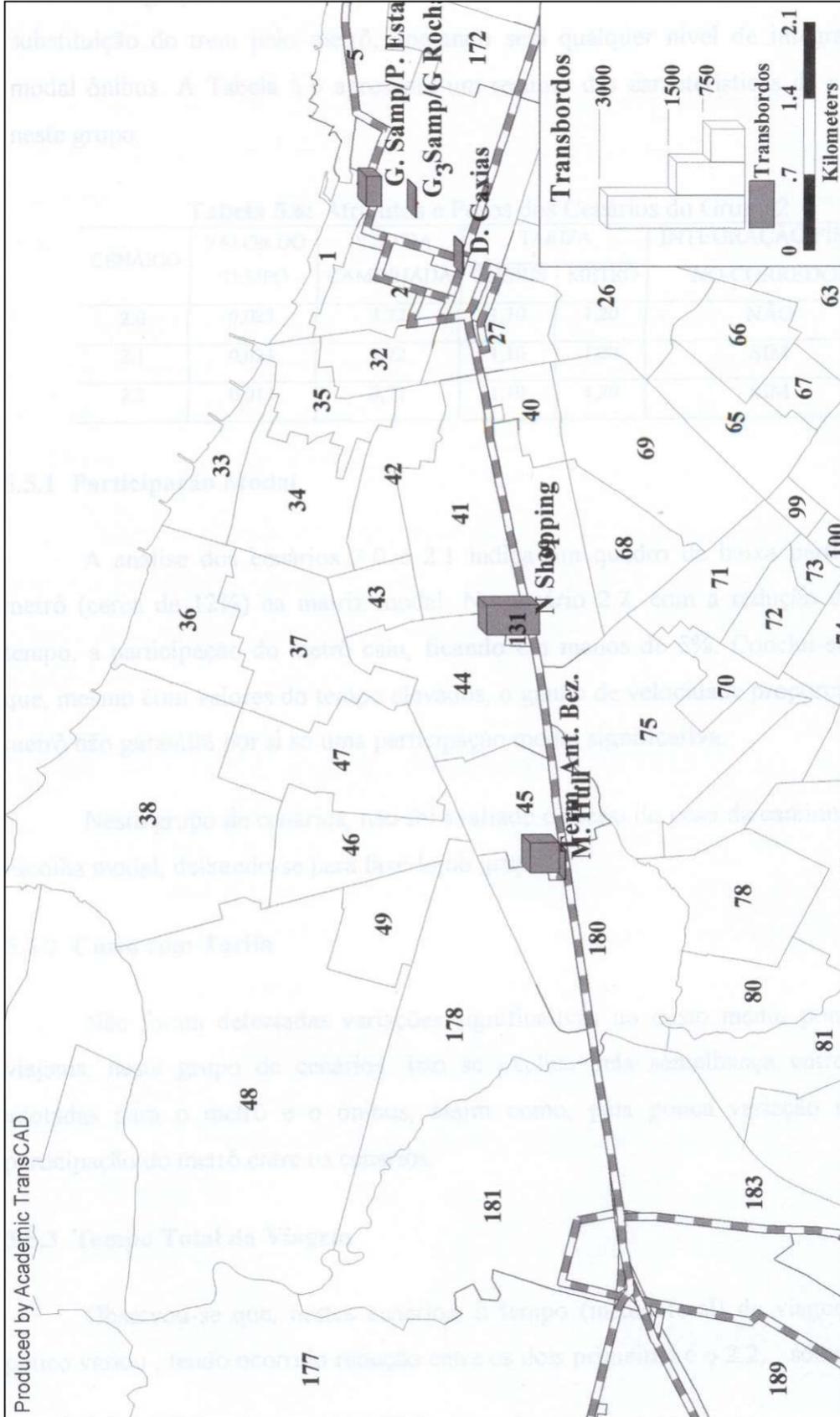


Figura 5.11: Número de transbordo por local no cenário 1.3.

5.5 ANÁLISE DOS CENÁRIOS DO GRUPO 2

Este grupo de cenários apresentou como novidade, em relação aos do grupo 1, a substituição do trem pelo metrô, operando sem qualquer nível de integração com o modal ônibus. A Tabela 5.6 apresenta um resumo das características de cada cenário neste grupo.

Tabela 5.6: Atributos e Pesos dos Cenários do Grupo 2

CENÁRIO	VALOR DO TEMPO	PESO DA CAMINHADA	TARIFA		INTEGRAÇÃO FÍSICA NO CORREDOR
			ÔNIBUS	METRÔ	
2.0	0,023	3,72	1,10	1,20	NÃO
2.1	0,023	3,72	1,10	1,20	SIM
2.2	0,012	3,72	1,10	1,20	SIM

5.5.1 Participação Modal

A análise dos cenários 2.0 e 2.1 indica um quadro de baixa participação do metrô (cerca de 12%) na matriz modal. No cenário 2.2, com a redução do valor do tempo, a participação do metrô caiu, ficando em menos de 5%. Conclui-se, portanto, que, mesmo com valores do tempo elevados, o ganho de velocidade proporcionado pelo metrô não garantirá por si só uma participação modal significativa.

Neste grupo de cenários, não foi avaliado o efeito do peso da caminhada sobre a escolha modal, deixando-se para fazê-lo no grupo 3.

5.5.2 Custo com Tarifa

Não foram detectadas variações significativas no custo médio ponderado das viagens, neste grupo de cenários. Isto se explica pela semelhança entre as tarifas adotadas para o metrô e o ônibus, assim como, pela pouca variação da fatia de participação do metrô entre os cenários.

5.5.3 Tempo Total da Viagem

Observou-se que, nestes cenários, o tempo (médio total) de viagem por zona pouco variou, tendo ocorrido redução entre os dois primeiros e o 2.2, somente para as

viagens produzidas nas zona 183, de aproximadamente 8%, em decorrência das viagens desta zona deixarem de utilizar o metrô.

5.5.4 Número e Locais de Transbordo

Com a entrada do metrô, o número de viagens com transbordo reduziu um pouco, passando de 33% para 31%, em decorrência das viagens com destino a zona 65 não mais necessitarem realizar transbordo na área central, já que a linha do metrô é diametral permitindo que o usuário continue a viagem após a estação João Felipe.

A média ponderada de transbordos em relação ao número de viagens por zonas é bastante semelhante nos cenários deste grupo (aproximadamente 0,34 transbordos por viagens), à exceção da zona 195 que tem uma média de 1,42, pela mesma razão já citada nos cenários do grupo anterior.

Quanto aos locais de transbordo, continuam válidas as observações feitas para os cenários do grupo 1, porém, diferentemente do trem, o metrô não conseguiu atrair viagens para realizar transbordo na área central, em decorrência da localização de suas estações nesta área.

5.6 ANÁLISE DOS CENÁRIOS DO GRUPO 3

Este grupo de cenários difere do grupo 2 por terem sido criadas linhas alimentadoras para o metrô, operadas por ônibus com tarifa de R\$ 0,40 e uma outra tarifa integrada com o metrô no valor de R\$ 1,40. A Tabela 5.7 resume as características dos cenários deste grupo.

Tabela 5.7: Atributos e Pesos dos Cenários do Grupo 3

CENÁRIO	VALOR DO TEMPO	PESO DA CAMINHADA	TARIFA				INTEGRAÇÃO FÍSICA NO CORREDOR
			ÔNIBUS	METRÔ	ALIMENTADORA	INTEGRADA	
3.0	0,023	3,72	1,10	1,20	0,40	1,40	NÃO
3.1	0,023	3,72	1,10	1,20	0,40	1,40	SIM
3.2	0,012	3,72	1,10	1,20	0,40	1,40	SIM
3.3	0,012	1,50	1,10	1,20	0,40	1,40	SIM
3.4	0,012	1,50	1,10	1,10	0,40	1,40 / 1,60	SIM

5.6.1 Participação Modal

Também neste grupo de cenários, à exceção do 3.4, a participação do metrô não foi significativa. Nos cenários 3.0 e 3.1, a fatia transportada pelo metrô foi da ordem de 12%. Já nos cenários 3.2, com a redução do valor do tempo, este percentual caiu para cerca de 5%. A redução do peso da caminhada no cenário 3.3 não alterou a divisão modal.

5.6.2 Demais Indicadores

Com relação à análise dos demais indicadores, também não foram identificadas variações no custo com tarifa, tempo total de viagem e transbordos, entre os quatro primeiros cenários deste grupo.

5.6.3 Análise do Cenário 3.4

A inclusão do cenário 3.4, com redução da tarifa do metrô para R\$ 1,10 e criação de uma tarifa integrada do metrô com o ônibus urbano de Fortaleza, no valor de R\$ 1,60, fez o metrô melhorar significativamente sua participação na divisão modal, passando a representar cerca de 22% das viagens consideradas. O número de viagens com transbordo não se alterou, ficando em 31%. A área central de Fortaleza continuou com baixa representatividade entre os locais de transbordo (5%) e o corredor permaneceu sendo o local de maior volume (66%). A média ponderada do número de transbordos por zona também pouco variou, permanecendo na ordem de 0,33.

Não houve redução significativa na média do custo com tarifa para as zonas que tiveram viagens realizadas no metrô. Da mesma forma que na tarifa, também não houve redução significativa no tempo total de viagem médio das zonas, haja visto que a opção por este modo restringiu-se às viagens para a área central de Fortaleza.

Pela análise deste cenário, quando comparado aos demais do grupo 3, percebe-se que a alteração na política tarifária foi mais determinante na elevação da demanda do metrô que, as reduções simultâneas no valor do tempo e no peso da caminhada, ou seja, na faixa de valores utilizados para os atributos, alterações no valor da tarifa tem maior repercussão no custo generalizado que alterações nas outras duas variáveis.

5.7 ANÁLISE DOS CENÁRIOS DO GRUPO 4

Como dito anteriormente, neste grupo de cenários a modificação na rede foi mais incisiva, obrigando a que praticamente todas as viagens através do modo ônibus tivessem pelo menos um transbordo. A Tabela 5.8 resume as características dos cenários deste grupo.

Tabela 5.8: Atributos e Pesos dos Cenários do Grupo 4

CENÁRIO	VALOR DO TEMPO	PESO DA CAMINHADA	TARIFA			
			ÔNIBUS	METRÔ	ALIMENTADORA	INTEGRADAS
4.0	0,023	3,72	0,60	1,20	0,40	1,40
4.2	0,012	3,72	0,60	1,20	0,40	1,40
4.3	0,012	1,50	0,60	1,20	0,40	1,40
4.4	0,012	1,50	0,60	1,10	0,30	1,30

5.7.1 Participação Modal

O metrô iniciou com a participação de 29% das viagens no cenário 4.0, caindo para cerca de 22% no cenário 4.2, voltando a subir no cenário 4.3 para 28% e, por último, atingindo seu melhor nível de participação com mais de 40% no cenário 4.4. Neste último cenário, houve redução na tarifa do metrô, como também na das linhas alimentadoras de Caucaia que foi reduzida de R\$ 0,40 para R\$ 0,30, bem como na tarifa integrada destas com o metrô, que baixou para R\$ 1,30. A utilização das linhas alimentadoras melhorou significativamente passando a ocorrer em mais de 20% das viagens realizadas pelo metrô. Mais uma vez, percebe-se que pequenas alterações nas tarifas resultam em variações na participação modal do metrô, maiores que mudanças isoladas ou combinadas nos parâmetros valor do tempo e peso da caminhada.

5.7.2 Custo com tarifa

Nos três primeiros cenários deste grupo houve pequenas variações quanto a esta variável. Entre os cenários 4.0 e 4.2 em apenas uma zona (191) reduziu 6%, pois com menor valor atribuído ao tempo, deixou-se de utilizar a linha alimentadora e o metrô, diminuindo portanto o custo com tarifa. Já entre os dois primeiros cenários e o 4.3, houve redução para as viagens das zonas 175 e190, no mesmo percentual e pelo mesmo

motivo ocorrido anteriormente com a zona 191, e elevação para a zona 201 em 6,4% por ter passado a utilizar a linha alimentadora e metrô.

No cenário 4.4 com a redução na tarifa do metrô em 8,3% e na das linhas alimentadoras em 25%, o custo com tarifa de algumas zonas foi reduzido, representando um decréscimo de aproximadamente 4% no custo médio com tarifa para as zonas que utilizaram o metrô e por volta de 6% nas que utilizaram o metrô e as linhas alimentadoras.

5.7.3 Tempo Total de Viagem

Entre os dois primeiros cenários deste grupo ocorreu com o tempo médio das viagens produzidas na zona 191, o inverso do que havia ocorrido com relação a tarifa, ou seja, aumentou por deixar de utilizar o metrô. Com relação aos cenários 4.2 e 4.3 houve redução no tempo médio de viagem para as zonas 185, 196 e 201, em aproximadamente 9% por terem passado a utilizar o metrô, já que caminhadas mais extensas tornaram-se de menor custo. Enquanto para as zonas 175 e 190 houve elevação no tempo total de viagem em aproximadamente 9% e 6% respectivamente, por terem deixado de utilizar o metrô.

Entre os cenários 4.3 e 4.4 variou para as zonas 191 e 192, sendo que para a primeira houve redução de aproximadamente 10%, pois voltou a utilizar a linha alimentadora e o metrô, enquanto para a segunda houve acréscimo de aproximadamente 5%, por ter deixado de utilizar a linha alimentadora, mesmo tendo continuado utilizando o metrô. Para as zonas que passaram a utilizar o metrô no cenário 4.4, o ganho no tempo dentro do veículo foi neutralizado pelo acréscimo no tempo de acesso, já que estes foram realizados através de caminhadas mais longas.

5.7.4 Número e Locais de Transbordos

Os cenários do grupo 4 foram os que mais impactaram no número de transbordos, haja visto que somente as viagens das zonas 194 e 173 continuaram tendo acesso a área central de Fortaleza pelo modo ônibus sem necessidade de transbordo.

No cenário 4.0 a média ponderada de transbordos por zona ficou em 0,93 enquanto no cenário 3.0 era de 0,36, ou seja, teve um acréscimo de 158%. A participação das viagens com transbordo foi de 57,22%, bem mais elevada que nos cenários anteriores. Os transbordos aconteceram praticamente no Terminal de Antônio Bezerra que ficou com participação de 95,60%, no corredor ocorreram 3,43% e na área central de Fortaleza 0,96%, como pode ser visto na Figura 5.12.

No cenário 4.2 elevou-se mais ainda o número de transbordos onde 65,89% das viagens tiveram de realizá-los, já que reduziu a participação modal do metrô. Quanto aos locais praticamente não houve alteração com relação ao cenário anterior.

Com o cenário 4.3 houve o inverso do cenário anterior, ou seja, o acréscimo na utilização do metrô reduziu o número de viagens com transbordos, que passaram a representar 58,03% das viagens. A variação quanto aos locais de transbordo foi insignificante, continuando o terminal como o local de maior preferência.

No cenário 4.4 foi onde ocorreu a maior participação modal do metrô, tendo como consequência menor número de viagens com transbordos (45,53%) dentre os cenários deste grupo. Com relação aos locais ocorreu o mesmo que nos cenários anteriores.

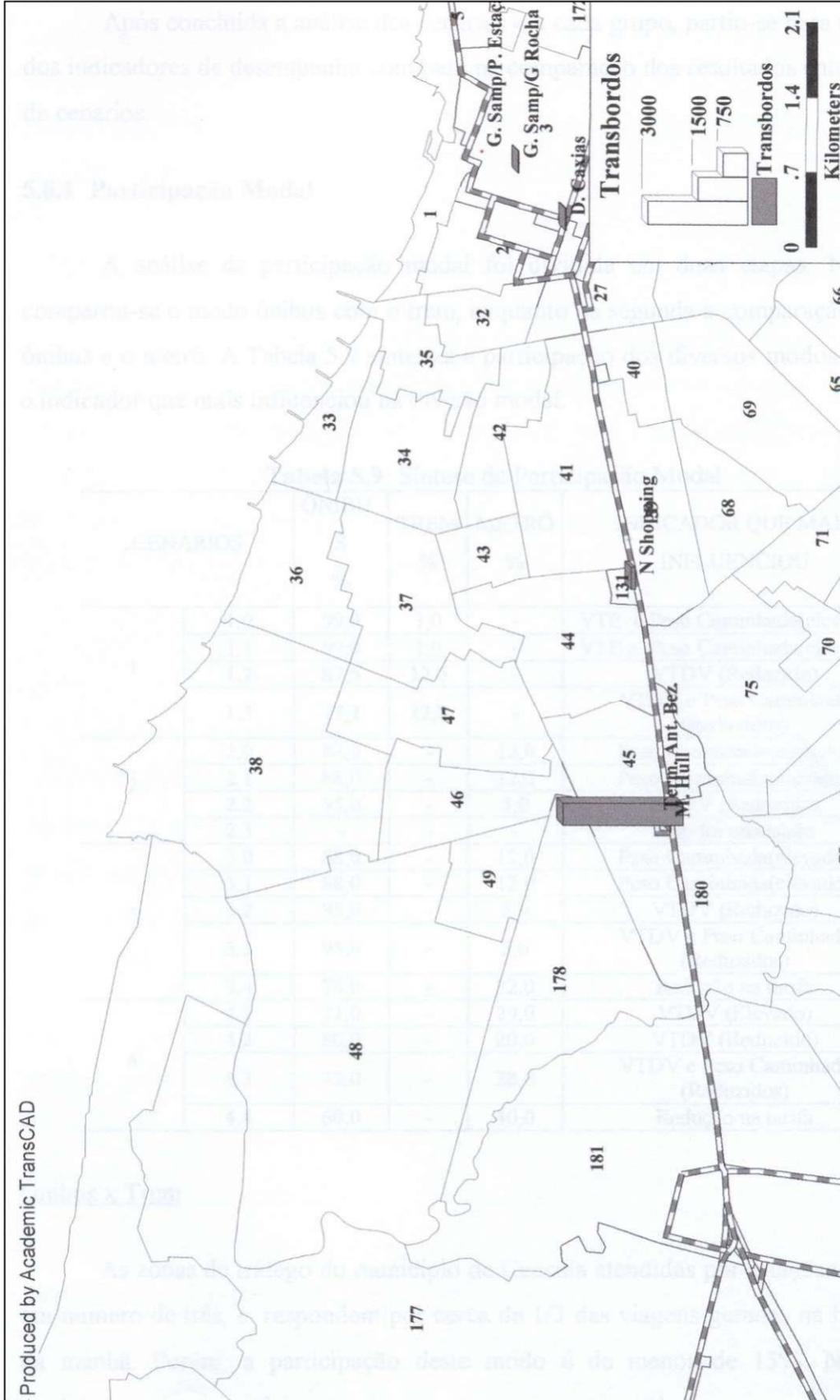


Figura 5.12: Número de transbordo por local no cenário 4.0.

5.8 ANÁLISE ENTRE OS GRUPOS DE CENÁRIOS

Após concluída a análise dos cenários em cada grupo, partiu-se para uma análise dos indicadores de desempenho com base na comparação dos resultados entre os grupos de cenários.

5.8.1 Participação Modal

A análise da participação modal foi dividida em duas etapas. Na primeira, comparou-se o modo ônibus com o trem, enquanto na segunda a comparação foi entre o ônibus e o metrô. A Tabela 5.9 sintetiza a participação dos diversos modos enfatizando o indicador que mais influenciou na divisão modal.

Tabela 5.9: Síntese da Participação Modal

CENÁRIOS		ÔNIBUS S %	TREM %	METRÔ %	INDICADOR QUE MAIS INFLUENCIOU
1	1.0	99,0	1,0	-	VTE e Peso Caminhada(elevados)
	1.1	99,0	1,0	-	VTE e Peso Caminhada(elevados)
	1.2	87,5	12,5	-	VTDV (Reduzido)
	1.3	77,2	22,8	-	VTDV e Peso Caminhada (Reduzidos)
2	2.0	88,0	-	12,0	Peso Caminhada(elevado)
	2.1	88,0	-	12,0	Peso Caminhada(elevado)
	2.2	95,0	-	5,0	VTDV (Reduzido)
	2.3	-	-	-	Não foi analisado
3	3.0	88,0	-	12,0	Peso Caminhada(elevado)
	3.1	88,0	-	12,0	Peso Caminhada(elevado)
	3.2	95,0	-	5,0	VTDV (Reduzido)
	3.3	95,0	-	5,0	VTDV e Peso Caminhada (Reduzidos)
4	3.4	78,0	-	22,0	Redução na tarifa
	4.0	71,0	-	29,0	VTDV (Elevado)
	4.2	80,0	-	20,0	VTDV (Reduzido)
	4.3	72,0	-	28,0	VTDV e Peso Caminhada (Reduzidos)
	4.4	60,0	-	40,0	Redução na tarifa

Ônibus x Trem

As zonas de tráfego do município de Caucaia atendidas por estações do trem são em número de três, e respondem por cerca de 1/3 das viagens geradas na hora do pico da manhã. Porém, a participação deste modo é de menos de 13%. Nos cenários modelados com a participação do trem (apenas o grupo 1), a sua parcela da demanda

variou de menos de 1% no cenário 1.0 a quase 25% no cenário 1.3, modificando-se o valor do tempo e o peso da penalidade da caminhada. Mesmo a tarifa do trem correspondendo a pouco mais da metade do valor da tarifa do ônibus e utilizando-se um valor do tempo e um peso de caminhada baixos, não foram suficientes para superar as deficiências deste modo, que é ter *headway elevado* e baixa acessibilidade, e torná-lo de menor custo generalizado.

Ônibus x Metrô

Nos grupos de cenários 2, 3 e 4, o trem foi substituído pelo metrô, que obteve sua pior participação modal no cenário 2.2, com menos de 5% das viagens, e a melhor no cenário 4.4 com cerca de 40%. Observa-se que, conforme esperado, os piores desempenhos do metrô ocorreram quando se reduziu o valor do tempo, em virtude de minimizar uma das vantagens deste que é ter maior velocidade, conseqüentemente menor tempo no veículo.

A redução no valor do tempo favorece modos de *headways* maiores e os de piores acessibilidades. Nos primeiros por reduzir o custo de espera e nos segundos por reduzir o custo de caminhada. Além disso, esta redução favorece os transbordos, já que estes normalmente incluem custo relativo à espera pelo veículo seguinte, à penalidade em tempo do próprio transbordo e, às vezes, com caminhada. No caso específico deste estudo, as desvantagens da redução no valor do tempo foram maiores que as vantagens para o metrô, haja visto que diminuiu sua atratividade com relação ao ônibus.

Nos cenários 3.3 e 4.3, nos quais se reduziu simultaneamente o valor do tempo e o peso da penalidade para a caminhada, melhorou a atratividade do metrô, já que a redução desta última variável beneficia o modo de menor acessibilidade, que no caso das redes destes cenários é o metrô, porém com participação inferior que nos cenários 3.0 e 4.0.

Nos cenários do grupo 4, além de alterar os valores das duas variáveis mencionadas anteriormente, obrigou-se a que as linhas metropolitanas operadas por ônibus integrassem fisicamente com as linhas urbanas de Fortaleza no Terminal de Antônio Bezerra, passando a ter este como ponto final; fato que acarretou em um

transbordo compulsório aos usuários do ônibus. Com esta penalidade compulsória e a redução da tarifa para R\$ 1,10 (igual a do ônibus metropolitano) foi que a participação do metrô ultrapassou os 40% (cenário 4.4).

Portanto, com relação à participação modal, conclui-se que a atratividade do metrô está fortemente relacionada à tarifa e às penalidades de transbordo atribuídas ao modo ônibus. Alterações simultâneas nos valores das variáveis, valor do tempo e peso de caminhada, dentro dos níveis praticados nos cenários, não provocaram variações significativas na participação modal.

A não existência de integração inter e intra-modal, conforme modelado nos cenários dos grupos 1 e 2, provoca uma inadequação na divisão modal, com modos de alta capacidade sendo sub-utilizados, levando à ineficiência do sistema. Entretanto, uma maior participação do metrô não deve ser promovida a partir, exclusivamente, da penalização do transbordo para os usuários do ônibus.

Como nenhum cenário contemplou a integração física do metrô com as linhas urbanas de Fortaleza, no Terminal de Antônio Bezerra, a preferência pelo metrô restringiu-se às viagens com destino à área central de Fortaleza, já que as viagens com destino às outras zonas ou não estão dentro da área de influência do metrô, como no caso das zonas próximas ao corredor M. Hull/Bezerra de Menezes, ou necessitam de transbordo, com estes tendo custo superior quando realizados na área central em relação ao Terminal de Antônio Bezerra.

5.8.2 Custo com Tarifa

A análise da redução do custo com tarifa baseou-se sempre na comparação com o cenário 1.0, que representa a situação atual. O custo médio com tarifa, ponderado pelo número de viagens, que era de R\$ 1,50 no cenário 1.0, para as zonas mais expressivas em termos de demanda, permaneceu praticamente estável na maioria dos cenários, tendo variado significativamente apenas para algumas zonas no cenário 1.3, que obtiveram redução média de cerca de 17%, em decorrência de utilizarem o trem. Nos cenários 4.0 e 4.4, também houve redução no custo com tarifa. No primeiro, a redução foi em torno de 17%, em decorrência da redução de 30% na tarifa integrada das linhas alimentadoras metropolitanas com as urbanas de Fortaleza de maior extensão. No

segundo, a redução foi de 20%, em virtude do mesmo motivo acrescido da redução na tarifa do metrô em 8,33%.

Com base no valor do custo (médio ponderado) com tarifa do cenário 1.0 a despesa média com deslocamento por mês para realização de 44 viagens é de R\$ 66,00, comprometendo 21,15% da renda média do chefe de família da área de estudo. Segundo o IPLANCE (2002), para pessoas com nível de renda de 1 a 8 salários mínimos o comprometimento de renda com transporte é de 9,62%, implicando em que grande parcela das pessoas da área de estudo, está comprometendo um percentual significativamente maior de sua renda com transporte, já que aproximadamente metade dos usuários não são beneficiados pelo subsídio do vale transporte.

A falta de integração tarifária entre os modos atuantes na modelagem dos cenários dos grupos 1 e 2 onerou o custo dos deslocamentos de quem necessita utilizar mais de um veículo de sua origem ao destino, provocando a falta de equidade do custo com transporte para grupo de pessoas que são homogêneas quanto ao nível de renda, já que 90% dos chefes de famílias na área de estudo têm renda inferior a 3 salários mínimos. Nos cenários do grupo 4, a integração tarifária das linhas alimentadoras metropolitanas com as urbanas de Fortaleza propiciou redução do custo tarifário das pessoas que realizam maiores deslocamentos, como comentado anteriormente.

Como relatado no Capítulo 2, é imprescindível que se utilizem mecanismos que subsidiem os deslocamentos das pessoas de baixa renda, já que normalmente são quem realizam deslocamentos mais extensos, portanto mais caros, por morarem mais distantes dos locais geradores de emprego. Além disso, é necessário que o subsídio se dê com recursos externos ao sistema, e não como ocorre atualmente via subsídio “cruzado”, ou seja, entre os próprios usuários do sistema.

5.8.3 Tempo Total de Viagem

Com relação a este indicador, pode-se concluir que as variações ocorridas entre os diversos cenários deram-se em função do modo utilizado e da necessidade ou não de transbordo. Vale destacar que o tempo médio de uma viagem até a área central de Fortaleza, quando realizada pelo trem, implica em redução de tempo no veículo de 8%

em relação à mesma viagem realizada no ônibus, e de 29% quando comparado neste modo e no metrô.

Os transbordos, como visto nos cenários do grupo 4, elevaram consideravelmente o tempo total de viagem. Portanto, devem ser analisados cuidadosamente, principalmente nas viagens de curta extensão, como as destinadas às zonas 41, 42, 75 e 131, pois o acréscimo no tempo de viagem pode ser relativamente elevado. Especificamente para estas zonas, o acréscimo no tempo de viagem foi em média de 10 minutos, representando aproximadamente 28% do tempo de viagem sem transbordo. Como a demanda com destino a estas zonas é relativamente pequena (14,4% do total), a utilização de rotas diretas para atendê-las terá baixa frequência, portanto maior tempo de espera que atualmente. Deve ser analisada qual a opção com menores impactos negativos, se o transbordo ou a elevação no tempo de espera.

5.8.4 Número e Locais de Transbordos

Quanto ao número médio de transbordos por zona, a variação foi pequena na maioria dos cenários, a exceção dos cenários do grupo 4. Nestes, as viagens no modo ônibus tiveram de realizar pelo menos um transbordo, e algumas outras passaram a utilizar as linhas alimentadoras de Caucaia para acessarem o metrô, elevando em até 158% a média ponderada de transbordos por viagem.

O custo médio de um transbordo no terminal de Antônio Bezerra é de R\$ 0,18 utilizando o valor do tempo de R\$ 0,012/min e de R\$ 0,35 para o valor do tempo de R\$ 0,023, ou seja, para que se tenha inalterado o custo generalizado de uma viagem com um transbordo, a redução nas outras variáveis, como tarifa e tempo de viagem deve ser equivalente aos valores correspondentes ao transbordo.

Em relação aos locais de transbordo a área central de Fortaleza é a de maior custo em decorrência da caminhada necessária para realizá-lo e das linhas urbanas de Fortaleza que operam nesta área terem *headways* maiores que as do terminal, fato que eleva o tempo de espera, tornando portanto o local de menor preferência. Deve ser avaliado se a área central de Fortaleza é o melhor local ou não para realização dos transbordos nas viagens com destino as zonas localizadas na região leste de Fortaleza, com conseqüentes transtornos para aquela área, ou realizá-los no Terminal de Antônio

Bezerra desviando o fluxo de veículos pesado da área central. Caso a opção seja a área central é importante que se criem pontos de tangência entre os diversos modos, ou terminal de integração nesta área, visando reduzir a impedância hoje existente.

O terminal obteve melhor preferência quando o transbordo se deu para uma linha urbana de Fortaleza que não circula pelo corredor, ou nos cenários em que as linhas metropolitanas passaram a ter acesso ao mesmo.

Como visto no capítulo 2 são várias as razões pelos quais os transbordos são indesejáveis e que não devem ser compulsórios no intuito de viabilizar determinado modo. No cenário 4 tentou-se modelar esta situação e realmente constatou-se que só seccionando as linhas metropolitanas no terminal de Antônio Bezerra é que se conseguiu melhorar significativamente o carregamento do metrô, porém elevando-se consideravelmente a média de transbordo por viagem.

5.8.5 Custo Generalizado

O custo generalizado é um bom indicador da satisfação do usuário com relação a rede de transporte público, em decorrência da maioria dos usuários serem de baixa renda, como é o caso da população da área de estudo.

Mesmo neste estudo tendo sido realizado novo zoneamento para o município de Caucaia, aumentando de quatro (estudo de demanda do METROFOR) para vinte o número de zonas, não se conseguiu modelar a acessibilidade para que refletisse plenamente a realidade, comprometendo portanto a análise do tempo de acesso à rede, que é um dos componentes do custo generalizado.

Os valores adotados para os atributos relativos ao tempo e seus pesos, mesmo tendo sido referenciados por pesquisas realizadas na área de estudo, ou na literatura, retratam o momento em que a pesquisa foi realizada e são susceptíveis de erros.

Diante disso, a análise do custo generalizado não se fará relativa ao valor absoluto, e sim relativo à variação deste ocorrida entre os diversos cenários.

Os cenários 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 1.1, 2.1 e 3.1 diferem entre si somente com relação à estrutura da rede e/ou modo utilizado, já que o valor do tempo e o peso da caminhada

são constantes em todos, sendo estes os escolhidos para a análise relativa do custo generalizado, já que são menos influenciados pelos aspectos acima citados.

A variação do custo generalizado médio ponderado por viagens de cada zona variou muito pouco entre os cenários acima, já que o acréscimo de custo decorrentes de alguma penalidade era compensada com a redução de outra quase na mesma proporção. Comparando-se o cenário 1.0 com os demais percebe-se claramente este fato.

Na comparação entre os cenários 1.0 e 2.0 percebe-se que houve pequena redução para as zonas que tiveram viagens realizadas no metrô, que mesmo operando com tarifa superior a do ônibus metropolitano teve custo generalizado menor nestas viagens, em decorrência da redução no tempo de viagem.

Comparando os cenários 1.0 e 3.0, as variações foram praticamente as mesmas entre os cenários 1.0 e 2.0, já que as linhas alimentadoras implementadas nos cenários 3.0, não interferiram significativamente na divisão modal.

Entre os cenários 1.0 e 4.0, o acréscimo do custo generalizado médio decorrente dos transbordos e do custo da tarifa do metrô neste último grupo, foi neutralizado pelo menor tempo de viagem neste modo, e pela redução na tarifa integrada do ônibus metropolitano com as linhas urbanas de Fortaleza de maiores extensões (de aproximadamente 30%), já que houve acréscimo na participação do metrô.

Com relação aos cenários 1.0 e os demais (1.1, 2.1, 3.1) ocorreu pequena redução no custo generalizado médio em decorrência de ter sido reduzida a parcela do custo relativo aos transbordos que deixaram de ser realizados no Terminal de Antônio Bezerra e passaram a ocorrer no corredor, eliminando a caminhada.

5.8.6 Imagem do Metrô

A pesquisa de preferência declarada realizada por CAVALCANTE *et al.* (2002), citada anteriormente trabalhou com dois cenários, onde um deles teve como variáveis o custo da viagem (em R\$) e a distância de caminhada para o acesso (em quadras), tendo-se encontrado a função utilidade expressa por:

$$U = 0,2081.MET - 3820.CUS - 0,3018. DC.$$

Como pode ser observado da função utilidade, o metrô tem preferência de imagem em relação ao ônibus que é equivalente a R\$ 0,06. Diante disto, e utilizando-se o valor do tempo e peso da caminhada encontrados nesta pesquisa foram elaborados dois outros cenários. No primeiro foi utilizada a rede do cenário 2.1 que tem os modos ônibus e metrô operando sem nenhum nível de integração; no segundo, utilizou-se a rede do cenário 4.0 com as características descritas anteriormente. Na Tabela 5.10 constam os atributos e pesos adotados na função de custo generalizado destes cenários.

Tabela 5.10: Parâmetros e pesos utilizados

Valor do Tempo	R\$ 0,012 / min.
Peso Caminhada	3,72
Tarifa Ônibus	1,10
Tarifa Metrô	1,04

No primeiro, o metrô obteve participação na divisão modal de 14,87%, representando acréscimo de 3,39% em relação ao cenário 2.1, enquanto no outro a participação foi de 31,52%, obtendo acréscimo de 2,32% em relação ao cenário 4.0.

Observa-se que, utilizando-se os pesos relativos aos atributos e valor do tempo no veículo encontrados na pesquisa de preferência declarada realizada com os usuários do transporte coletivo da área de estudo, a participação modal do metrô é relativamente baixa, obtendo no máximo 31,52% da participação modal, mesmo seccionando as linhas metropolitanas no Terminal de Antônio Bezerra e operando com tarifa R\$ 0,06 inferior a do ônibus.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 CONCLUSÕES

A forma desordenada de ocupação e uso do solo nas principais cidades brasileiras e regiões metropolitanas tem afetado seriamente a mobilidade das pessoas comprometendo a qualidade e racionalidade dos deslocamentos realizados diariamente, principalmente quando estes são realizados no transporte coletivo, que é o único modo disponível para as pessoas de baixa renda, grande maioria dos residentes na área de estudo deste trabalho.

Na tentativa de solucionar este problema, as experiências nacionais e internacionais apontam na direção de se ter redes de transporte integradas em todos os níveis, procurando maximizar os aspectos positivos de cada tipo de integração, objetivando disponibilizar redes de transporte que propiciem maior mobilidade com qualidade e preços compatíveis ao nível de renda dos usuários.

Soluções pontuais, sem visão sistêmica, que privilegiam determinados grupos de usuários, tecnologia ou, até mesmo, vaidades pessoais de gestores, não atacam efetivamente estes problemas e, em alguns casos, levam a seu agravamento, não sendo admissíveis em regiões economicamente pobres, como a RMF, onde a escassez de recursos públicos é fato notório.

Foram vários os exemplos citados de que a inexistência de integração institucional compromete seriamente os demais níveis de integração. Portanto deve-se priorizar a integração institucional, principalmente nas regiões metropolitanas, por envolverem várias instâncias de poder.

A caracterização do sistema de transporte público da RMF evidenciou o quanto os sub-sistemas que o compõem estão operando de forma desarticulada, não havendo integração nos níveis teoricamente recomendáveis. O maior prejudicado tem sido o usuário, que vem experimentando tempo excessivo de deslocamento, transferências

desnecessárias e em locais inadequados, assim como custo tarifário incompatível com o nível de renda de parcela significativa da população. Isto leva a que seja crescente o número de viagens não motorizadas. Outra questão importante a ser resolvida é quanto à definição de qual papel deve ser reservado ao transporte de baixa capacidade, evitando a concorrência direta com os modos de maior capacidade.

A modelagem de alternativas de redes como concebida neste estudo, no qual as funções de custo generalizado foram combinadas por *link*/modo, levando-se em consideração os atributos com seus respectivos pesos definidos a partir dos usuários diante da escolha de suas rotas, propiciou que a divisão modal fosse avaliada simultaneamente com a alocação das viagens, diferentemente da forma tradicional de análise. O objetivo da modelagem não foi de previsão de demanda, nem de sua projeção para horizontes futuros, e sim modelar para se obter uma análise de sensibilidade dos impactos provenientes de determinadas intervenções no sistema de transporte. Com este enfoque, a modelagem é uma ferramenta importante principalmente para avaliar ações de curto prazo, haja vista a dificuldade de se prever o comportamento dos usuários e as condições do ambiente no longo prazo.

A concepção de cenários contribui para a análise de sensibilidade dos impactos das variações dos pesos dos atributos e dos níveis de integração, nos indicadores mais relevantes de avaliação do sistema de transporte no enfoque dos usuários, que são o custo com transporte, o tempo total de viagem e o número e locais de transbordos, bem como a divisão modal.

A utilização das ferramentas analíticas dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) possibilitou maior rapidez na representação dos cenários e na apresentação dos resultados obtidos facilitando, também, a análise espacial dos mesmos, por grupos de usuários, já que o zoneamento utilizado proporcionou maior homogeneidade, principalmente quanto à acessibilidade ao sistema de transporte. A apresentação de resultados através de mapas temáticos facilitou a representação da magnitude e abrangência locacional dos indicadores, o que favoreceu a análise de sensibilidade.

No que se refere ao estudo de caso, observou-se que os valores e pesos relativos ao tempo não são tão relevantes para os usuários quanto os valores de tarifa, por se

tratarem de pessoas de baixa renda. Na modelagem de uma rede de transporte público para a área de estudo devem ser levados em consideração estes aspectos, para que não se privilegie determinado modo, por ter menor tempo de viagem ou maior conforto, se o seu custo for incompatível com a renda da população.

Comparando-se os cenários em que houveram a participação do trem e do metrô, e foram utilizados os mesmos valores para o tempo e a distância de caminhada, observa-se que apesar do trem ter *headway* 2,5 vezes o do metrô, este modo somente obteve participação na matriz modal ligeiramente superior a do trem, quando se seccionou a linha de ônibus no terminal de Antônio Bezerra, impondo ao usuário um transbordo compulsório. Reforçando portanto, a hipótese de que, para pessoas de baixa renda, o valor da tarifa é determinante na escolha modal.

A integração físico-operacional deve ser tratada segundo a ótica do usuário, tendo como premissa básica ofertar-lhe maior mobilidade e não penalizar determinado modo de maior acessibilidade com transbordo, para tornar viável o de menor acessibilidade. Como visto através da pesquisa de CAVALCANTE *et al.* (2002), o peso relativo à caminhada atribuído pelo usuário da área de estudo é relativamente elevado e com certeza reflete as condições em que ocorrem os deslocamentos de acesso e difusão.

Os habitantes de algumas zonas da área de estudo, para terem acesso à estação do metrô, necessitam de caminhadas superiores a 1000 metros. Mesmo quando foram disponibilizadas linhas alimentadoras para realizarem este acesso, a utilização destas só foi viável quando se praticou tarifa integrada (ônibus/metrô) no valor de R\$ 1,30, que representava acréscimo de R\$ 0,20 em relação à tarifa do ônibus metropolitano. Deve-se atentar para o fato de que, se as rotas de ônibus que oferecem melhor acessibilidade forem seccionadas (como ocorreu no cenário 4.3), e se forem considerados baixos valores para o tempo e o peso de caminhada, o acesso ao metrô ocorre a pé, mesmo tendo de se realizar caminhadas mais extensas.

Diante do peso relativo da tarifa na decisão de escolha de rota pelo usuário, que é justificado pelo baixo poder aquisitivo da população, é imprescindível que se encontrem mecanismos para subsidiar os deslocamentos dessa população,

principalmente os que necessitam utilizar mais de um veículo, de mesmo ou de diferentes modos, para realizarem sua viagem completa.

A simulação de cenários usando valores e pesos para os atributos da função de custo generalizado, obtidos através da pesquisa de preferência declarada com o público alvo, como foi adotado em alguns cenários deste estudo de caso, é muito importante por representarem diferentes retratos da realidade dos usuários, dando maior confiabilidade ao processo de modelagem.

É importante mencionar que o desenvolvimento deste estudo de caso apresentou limitações quanto à restrição do motivo da viagem, por considerar apenas as viagens pendulares por motivo trabalho, e à homogeneidade sócio-econômica da população da área de estudo.

6.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS DE PESQUISA

São sugeridos os seguintes trabalhos de pesquisa:

- a) Realização de novas pesquisas de preferência declarada em conjunto com preferência revelada, para definir parâmetros da escolha modal do transporte de baixa capacidade já que este opera em escala significativa em toda a RMF;
- b) Modelagem de redes integradas, incluindo modos de baixa capacidade pelo mesmo motivo acima citado;
- c) Modelagem de rede multimodal considerando congestionamento nos links, com carregamento de demanda referente a toda RMF, havendo portanto necessidade de utilizar algoritmos de alocação mais complexos, do tipo equilíbrio estocástico do usuário; e,
- d) Aplicação da metodologia da análise de redes de transporte proposta neste trabalho, com a modelagem da demanda, subsidiando análises de sensibilidade dos impactos resultantes sobre diferentes grupos de usuários, em outros estudos de casos (por ex. modelagem da rede da RMF a partir dos

cenários de desenvolvimento / ocupação do Complexo Industrial e Portuário do Pecém – CIPP, avaliando os impactos na expansão do METROFOR até o município de São Gonçalo do Amarante).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTP (1996) Integração de Transporte Público Urbano. Manual 9 da Série Gerenciamento de Transporte Público Urbano – Instruções Básicas. Associação Nacional do Transporte Público.
- ARAGÓN, F. R. C.; LEAL, J.E. (1999) Aspectos da Implementação de um Modelo de Alocação para Redes de Transporte Coletivo com Congestionamento. Anais do XIII ANPET – Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes.
- ARRUDA, J. B. F. (1995) Evaluation of Urban Transport Projects in Developing Countries : An Accessibility Approach, Tese de Doutorado, Institute For Transport Studies, ITS, Inglaterra
- ARRUDA, J. B. F. (1996) Valor do Tempo de Viagens para Avaliação de Projetos de Transportes no Brasil: Um Estudo Crítico-Comparativo. Anais da X ANTP – Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes.
- BEN-AKIVA, M., LERMAN, S., (1985), Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand. 7^a ed. Cambridge, MIT Press;
- BRUTON, M. J. (1979) Introdução ao Planejamento dos Transportes. Editora Interciência, Rio de Janeiro, RJ.
- BURELL J. E. (1968) Multiple routs and its application to capacity restraint. In. W. Leutzbach and P. Barou (eds).
- CABREJOS, C. A. C.; SILVA, M. C. F. (1994) El Sistema Integrado de Los Metros Latino-americanos – Revista dos Transportes Públicos – ANTP – Ano 16 – 3^o Trimestre.
- CALDAS, M. A. F., (1998) XII ANPET – Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes – Curso de Modelagem com Dados de Preferências Reveladas e Declaradas.
- CAVALCANTE, R. A. (2002) Estimativa das Penalidades Associadas com os Transbordos em Sistemas Integrados de Transporte Público. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- CAVALCANTE, R. A.; BATISTA FILHO, J.; LOUREIRO, C.F.G. (2002) Estimativa de uma Função de Custo Generalizado para Usuário do Transporte Coletivo Utilizando Pesquisa de Preferência Declarada.
- COSTA, F.F. (2001), Segmentação dos Efeitos do Pedágio Urbano na Alocação do Tráfego para Usuários de Diferentes Faixas de Renda. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

- DIAL, R. B. (1971) A probabilistic multipath traffic assignment model which obviates path enumeration. Transportation Research
- EMPRESA DE TRÂNSITO E TRANSPORTE URBANO S/A – ETTUSA (1999) Plano de Transporte Urbano de Fortaleza – Relatório Técnico RT 6, Realizado pela CSL.
- EMPRESA VITÓRIA (1999) Demanda de Transporte – Pesquisa O/D Conjunto Nova Metrópole Realizada pelo Instituto de Pesquisas Sociais, Políticas Econômicas – IPESPE.
- EMPRESA VITÓRIA (2001) Relatório de Desempenho Operacional Mensal
- EPIFANI (1998) Seminário Transporte Urbano – Sistemas de Média Capacidade – Implantação de Corredores – Fortaleza-Ce.
- FERRAZ, A. C. P. ; TORRES, I. G. E (2001) Transporte Público Urbano. São Carlos Editora Rima
- FORNECK, M. L. (1993) Integração para uma Discussão do Impacto do Metrô no Sistema de Transporte na RMSP. Revista dos Transportes Público – ANTP – Ano 15.
- LIU, R. PENDYALA, R.M., POLZIN, S.(1997) Assessment of Intermodal Transfer Penalties Using Stated Preference Data – Transportation Research Richard, N1607.
- LOUREIRO, C.F.G (1994) Modeling Investment Options for Multimodal Transportation Networks. PhD. Dissertation The University of Tennessee, Knoxville.
- LOUREIRO, C.F.G; RALSTON, B (1996) Investment Selection Model for Multicommodity Multimodal Transportation Networks – Transportation Research Record N ° 1522 – pg 32-46.
- MANHEIM, M. L (1984) Fundamentos of Transportation Systems Analysis.
- METROFOR (1996) Pesquisa O/D Realizada na Região Metropolitana de Fortaleza – RMF.
- METROFOR (2002) Estudo de Integração dos Transportes na RMF – Relatório Técnico Intermediário – 1ª Etapa – Diagnóstico da Situação Atual e Estudo do Arte de Sistema Integrados, realizado pela PROTRAN Engenharia Ltda.
- NTU (1999) Integração nos Transportes Públicos – Uma Análise dos Sistemas Implantados – Associação Nacional das Empresas de Transporte Urbanos – Brasília.
- NTU (2002) Prioridade para o Transporte Coletivo Urbano – Relatório Técnico – Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República – Brasília.

- OPPENHEIM (1995) Urban Travel Demand Modeling: from individual choice to general equilibrium.
- ORTÚZAR, J. D.; WILLUMSEN, L. G. (1990) Modelling Transport
- PREFEITURA MUNICIPAL DE MARACANAÚ (2001), Relatório de Informações Gerenciais
- PREFEITURA MUNICIPAL DE MARANGUAPE (2001), Relatório de Informações Gerenciais
- PT (2002) Programa de Governo Lula 2002 – Transportes: Desenvolvimento e Mobilidade para o Brasil – Partido dos Trabalhadores
- SCHOPPA, R. F. (1993) Transporte Urbano na Região Metropolitana do Rio de Janeiro: caos ou integração – Revista dos Transportes Públicos – ANTP Ano 16 – 4º Trimestres.
- SEDU/PR (2001) Política Nacional para o Transporte Urbano: documento para discussão – Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República – Brasília.
- SENNÁ, L. A. S.; AZAMBUJA, A. M. V. (1996) Escolha Modal e Integração nos Transportes Urbanos: O Valor do Tempo de Transbordo. Anais da X ANPET - Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes.
- SETEPLA (1996) – Pesquisa da Demanda por Transporte da Região Metropolitana de Fortaleza – SETEPLA Tecnometal Engenharia, Companhia de Trens Urbanos – CBTU LTDA.
- SHEFFI, Y (1985) Urban Transportation Networks – Equilibrium Analysis With Mathematical Programming Methods.
- SPIESS, H.; FLORIAN M. (1989) Optimal Strategies: A New Assignment Model for Transit Networks. Transp. Res. B. Vol. 23 B – Great Britain.
- VASCONCELLOS, E. A. (2000) Transporte Urbano nos países em desenvolvimento – reflexões e propostas.
- VASCONCELLOS, S. C. (2002) Uma proposta de integração para Sistema de transporte de baixa capacidade na cidade do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ.
- WARDROP, J. G. (1952) Some theoretical aspects of road traffic research. Proceedings of the Institute of Civil Engineers, Part II.