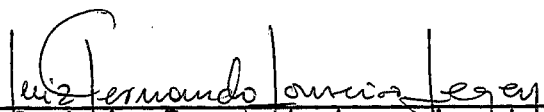


MODELOS DE DISTRIBUIÇÃO DE VIAGENS, CONCEITUAÇÃO,
ANÁLISE E UMA APLICAÇÃO COMPARATIVA

Jomar Curial Silva

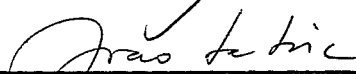
TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO
DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO
PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTEN-
ÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS (M. Sc.)

Aprovada por:


Prof. Luiz Fernando Loureiro Legey
Presidente


Prof. Nelson Maculan Filho


Prof. Carlos Alberto Nunes Cosenza


Prof. João Luiz Maurity Saboia

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL
ABRIL DE 1977

AGRADECIMENTOS

Identificar e destacar todas as pessoas que, direta ou indiretamente, me ajudaram na elaboração desta, poderia acarretar injustiças, caso esquecesse alguém ou classificasse de forma errada o porquê do agradecer.

Fica, pois, o meu agradecimento a todos que, de uma forma ou de outra, colaboraram em todas as etapas desta tese.

RESUMO

Esta tese trata da teoria e aplicações de modelos matemáticos de distribuição de viagens. Inicialmente é desenvolvido um modelo teórico geral. Em seguida são levantados, classificados e estudados os principais modelos existentes. Finalmente realiza-se um estudo comparativo entre os quatro principais métodos clássicos de fatores de crescimento, aplicados ao Rio de Janeiro, baseado nos dados obtidos junto à Companhia do Metropolitano do Rio de Janeiro - METRÔ.

ABSTRACT

The scope of this thesis is the study of the theory and applications of mathematical models of trip distribution. Initially a general theoretical model is developed. Afterwards the main existing models are presented, classified and studied. Finally a comparative study is done for the four main classic growth factor methods which are then applied to the city of "Rio de Janeiro" with data gathered from the study made by the "Companhia do Metropolitano do Rio de Janeiro - METRÔ".

Ao Legey, por tudo...

ÍNDICE

	pg.
CAPÍTULO I - Introdução	1
CAPÍTULO II - Modelo Geral de Distribuição de Viagens	7
II.1 - Introdução	7
II.2 - Modelo Geral de Distribuição	7
II.2.1 - Localização	7
II.2.2 - Meio de transporte	9
II.2.3 - Motivo	10
II.2.4 - Levantamento de Dados	13
II.2.5 - Seleção de Dados	14
II.2.6 - Construção do Modelo Matemático	15
II.2.7 - Análise do Modelo	18
II.2.8 - Execução	18
II.2.9 - Teste	18
II.2.10- Fim	19
II.2.11- Ajustes	19
CAPÍTULO III - Modelos Matemáticos de Distribuição de Viagens	20
III.1 - Introdução	20
III.2 - Classificação Geral	21
III.3 - Método do FATOR UNIFORME	23
III.3.1 - Hipótese	23
III.3.2 - Formulação matemática geral	23

	pg.
III.3.3 - Variações do método	24
III.3.4 - Observações gerais	26
III.4 - Método do FATOR MÉDIO	27
III.4.1 - Hipótese	27
III.4.2 - Formulação matemática geral	27
III.4.3 - Processo iterativo de ajustamento das equa- ções do método	28
III.4.4 - Observações gerais	31
III.5 - Método de DETROIT	32
III.5.1 - Hipótese	32
III.5.2 - Formulação matemática geral	33
III.5.3 - Observações gerais	33
III.6 - Método de FRATAR	34
III.6.1 - Hipótese	34
III.6.2 - Formulação matemática geral	35
III.6.3 - Processo iterativo de ajustamento das equa- ções do método	36
III.6.4 - Observações gerais	37
III.7 - Modelos de OPORTUNIDADE	38
III.7.1 - Introdução	38
III.7.2 - Método de INTERVENÇÃO DE OPORTUNIDADES	39

	pg.
III.7.3 - Modelo de COMPETIÇÃO DE OPORTUNIDADES	44
III.8 - Modelo de GRAVIDADE	48
III.8.1 - Introdução - origem, histórico e suas bases	49
III.8.2 - Formulação matemática geral, com descrição de seus parâmetros	50
III.8.3 - Calibração	55
III.8.4 - Variações do modelo - aplicações	63
CAPÍTULO IV - Aplicação de Modelos de Distribuição de tráfego, baseados em fatores de crescimento, ao Rio de Janeiro	73
IV.1 - Introdução e Objetivos	73
IV.2 - Fundamentos da Pesquisa	75
IV.2.1 - Região de Estudo	75
IV.2.2 - Matrizes de Viagens	79
IV.2.3 - Fatores de Crescimento	88
IV.3 - Programa de Computador, para a realização do estudo	90
IV.3.1 - Dados de entrada do programa	90
IV.3.2 - Saídas do programa	90
IV.3.3 - Descrição do programa	91
IV.4 - Metodologia adotada e resultados obtidos	92

	pg.
IV.4.1 - Matrizes de viagens e <u>ca</u> libração dos métodos	92
IV.4.2 - Cálculo dos erros absolu <u>tu</u> tos e relativos (compara <u>ç</u> ção previsto x observado)	127
IV.5 - Análise dos resultados - compa <u>ra</u> ção entre os métodos	137
IV.5.1 - Tempo de máquina	137
IV.5.2 - Convergência dos métodos	138
IV.5.3 - Erros relativos percentu <u>ai</u> s	138
IV.5.4 - Erros absolutos	143
IV.6 - Conclusões gerais	143
CAPÍTULO V - Conclusão	147
ANEXO 1 - Programa em FORTRAN IV do Capítulo IV	150
BIBLIOGRAFIA	158

CAPÍTULO IINTRODUÇÃO

Para nos situarmos quanto ao assunto a ser tratado nesta tese, é necessário que falemos sobre o que deu e dá origem ao mesmo.

Suponhamos então, inicialmente, que se esteja estudando o uso da terra e o planejamento de transportes desta terra. Aqui este planejamento é dito de modo geral, isto é, pode se estar estudando uma, duas ou várias cidades, uma ou mais regiões metropolitanas. O diagrama da figura (I.1), desenvolvido para uso, em 1953, no estudo de Detroit, ilustra como seriam os passos a serem seguidos em um planejamento de transportes para uma área determinada.

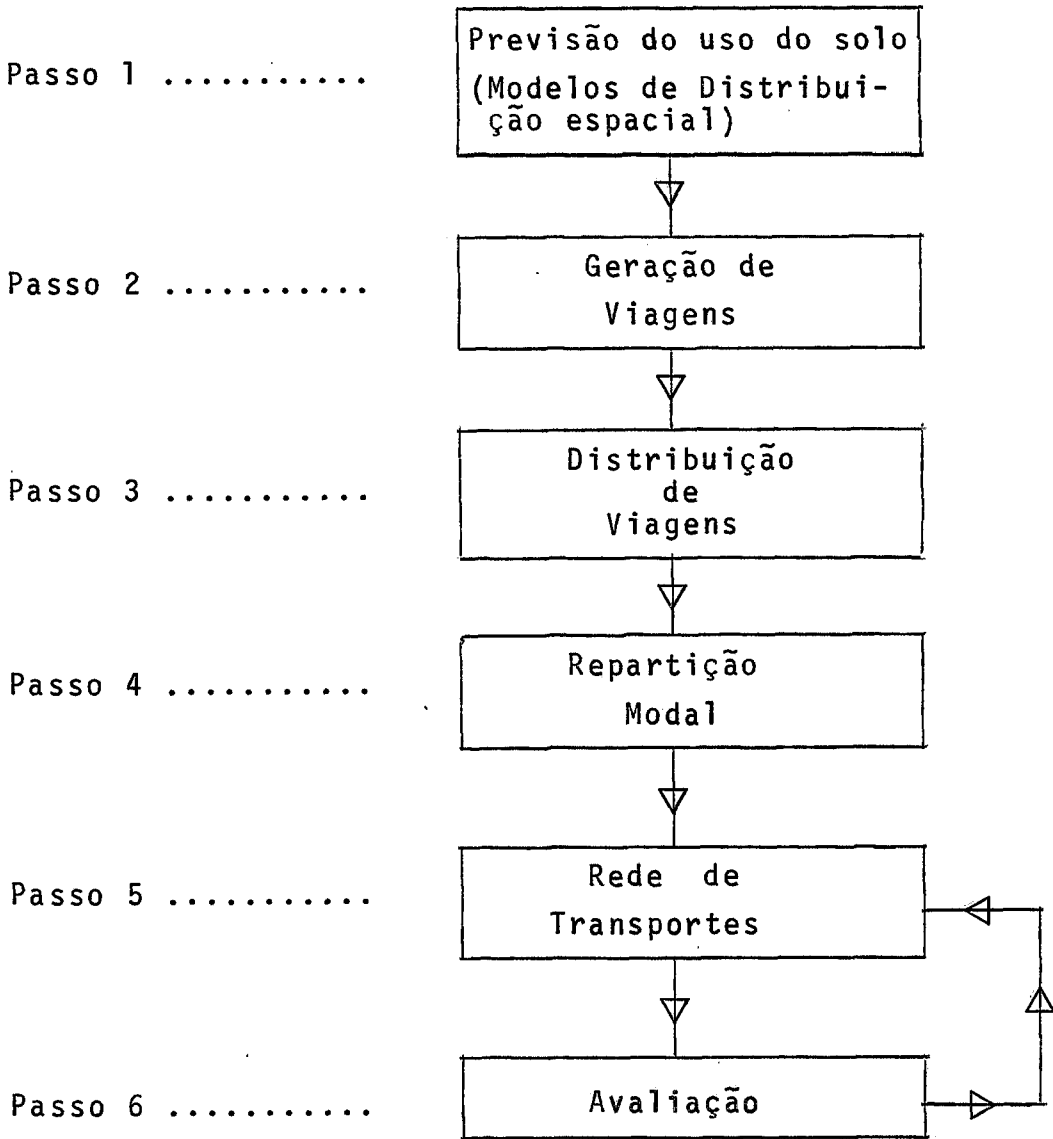


Figura I.1

Até que ponto a intensidade do uso do solo afeta o planejamento de transportes e o inter-relacionamento entre ambos são assuntos bastante controvertidos, podendo-se fazer, inclusive, restrições ao diagrama representativo da figura (I.1). Porém o tema, objeto desta tese, não trata diretamente do problema acima. O que nos interessa de perto será o terceiro passo do diagrama, ou seja, o que diz respeito a Distribuição de Viagens.

Os passos 2, 3 e 4 estão intimamente ligados, podendo, inclusive, haver uma inversão entre os passos 3 e 4. O passo 2 se preocupa com a geração das viagens; o 3 com a distribuição destas viagens; e o 4 com o modo de transporte utilizado para estas viagens.

Após esta pequena iniciação no assunto, podemos passar diretamente ao tema desta tese que é o estudo da distribuição das viagens.

As primeiras perguntas que poderiam surgir seriam:
onde?
como?
para quê?

Para se responder a primeira delas seria necessário que se definisse a área de estudo, na qual as viagens serão distribuídas. Essa área pode abranger uma ou mais de uma cidade ou região metropolitana. Para explicitarmos mais, e daqui por diante utilizarmos, vamos supor que estejamos inte-

ressados em estudar a distribuição de viagens entre zonas urbanas (duas ou mais zonas), de uma ou mais áreas urbanas.

Quanto à segunda pergunta, as respostas poderiam ser várias. Uma delas seria a de encontrar um instrumento (veremos depois que este instrumento poderá ser um modelo matemático) capaz de reproduzir, com pequena margem de erro, uma situação existente e servir para prever uma situação futura a respeito dos deslocamentos, isto é, viagens. Outra resposta que poderia ser dada, talvez dizendo a mesma coisa da primeira, seria a de se procurar um mostrador (veremos depois que este mostrador poderá ser uma ou várias equações matemáticas, por exemplo) que mostrasse o número total de viagens entre zonas urbanas, em qualquer tempo, com a menor margem de erro possível.

A terceira pergunta está respondida pelo final da resposta da segunda.

Para pensarmos na distribuição que se deseja, precisaríamos saber:

- qual a área ou áreas urbanas a serem estudadas dentro de uma cidade? Entre duas ou mais cidades?
- qual o meio ou meios de transportes utilizados?
- qual o motivo ou motivos das viagens?
- o levantamento, caso tenham sido feitas, das pesquisas sobre o assunto na região em questão.
- todos os dados (distâncias entre zonas, renda per capita, população etc...) concernentes à região que possam

vir a ser necessários aos estudos.

Após as escolhas, levantamentos e obtenção de dados referentes aos itens acima, o estudo prossegue e o passo seguinte será a construção do instrumento ou marcador, referidos na segunda pergunta, que nos dê o número de viagens entre áreas urbanas, através da junção de todos os dados obtidos anteriormente, em uma forma compacta. De uma maneira mais clara, será construído um modelo, matemático, de distribuição de viagens, a partir dos dados obtidos, que possa fornecer o número total dessas viagens e que esse número seja conseguido pela participação de alguns, quase todos ou todos (caso ideal) fatores, independentemente, que exerçam influência nessas viagens. O primeiro problema, e talvez o maior, surge aí, no que diz respeito à participação desses fatores no modelo. Veremos, em capítulos a seguir a esta introdução, que haverá dificuldade em se construir um modelo que seja capaz de levar em conta todos esses fatores. Talvez por existirem fatores que não possam ser traduzidos matematicamente, talvez pela falta de conhecimento de seus valores, talvez por não se saber distinguir quais os fatores que influenciam diretamente ou indiretamente, talvez por não se conhecer todos eles ou talvez pelo fato de alguns fatores estarem ligados entre si, ou seja, dependerem um do outro.

Outro problema, que é observado na prática, é o da elaboração de um modelo que leve em consideração fatores bastante característicos da área urbana em estudo e que esses fatores estejam em disponibilidade para uso. Tal problema se-

rã, oportunamente,mostrado.

A teoria sobre modelos matemáticos de distribuição de viagens, como também uma classificação geral dos principais modelos existentes serão vistos no capítulo II.

Os principais modelos conhecidos sobre distribuição de viagens, bem como históricos, aplicações, ajustamentos, vantagens e desvantagens dos mesmos serão vistos a partir do terceiro capítulo.

CAPÍTULO II

MODELO GERAL DE DISTRIBUIÇÃO DE VIAGENS

II.1 - Introdução

No presente capítulo, procuraremos descrever, de forma a mais geral possível, um modelo de distribuição, procurando colocar todas as suas possíveis implicações.

II.2 - Modelo Geral de Distribuição

Um modelo geral de distribuição pode ser visualizado através do diagrama da figura (II.1), que indica as diversas etapas do modelo.

Descreveremos a seguir, cada uma das etapas mostradas no diagrama.

II.2.1 - Localização

Neste primeiro passo, o local ou locais a receberem a "distribuição de viagens" são localizados, definidos e limitados. Por exemplo, poderão ser bairros de uma mesma cidade, cidades de um mesmo estado, ou quem sabe, cidades de várias regiões de um país. Se é pouco ou muito habitada, não importa aqui no momento. Importa, sim, na determinação de

faixas de terras com seus respectivos limites. Tais faixas, que chamaremos de zonas urbanas, receberão um número (1, ou 2, ou 3, ou..., ou n, conforme o número de zonas urbanas a serem estudadas) e terão seus limites físicos pré-fixados.

Fica, pois, feita a "Localização" da área de estudo.

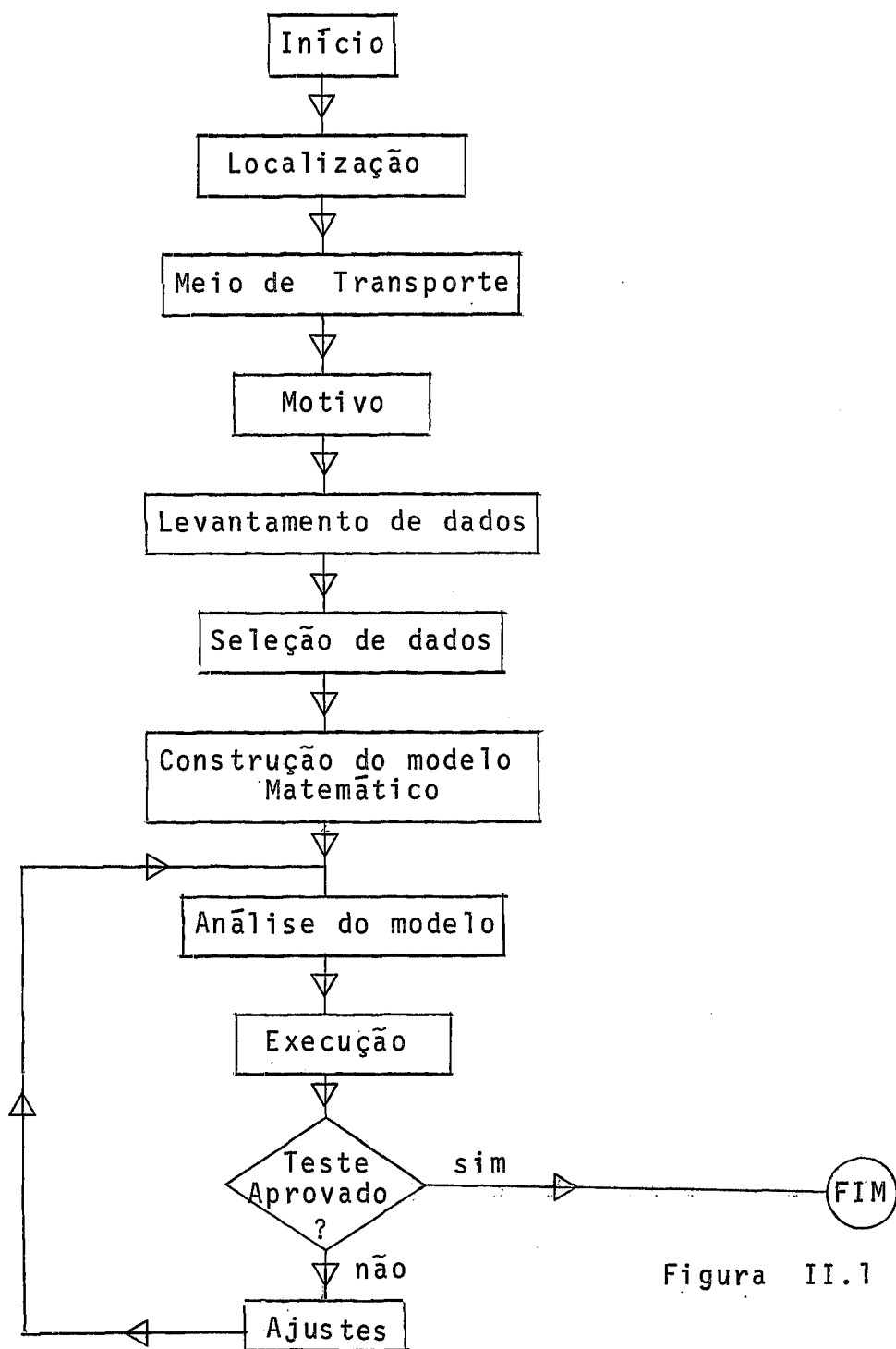


Figura II.1

II.2.2 - Meio de Transporte

Conforme objetivos pretendidos de distribuição, e após a localização da área deste estudo, devemos levar em conta o meio ou meios de transportes utilizados nas viagens. É importante esta definição agora, para que possamos, no passo referente a Levantamento de Dados, colher informações que digam respeito ao meio utilizado. Abaixo damos uma classificação geral desses meios que poderão ser escolhidos:

- veículo para uso particular
- transporte coletivo: ônibus, barca, trem, metrô
- transporte de carga: caminhão, camionete, trem, avião, navio
- veículo de passageiros: carros ou camionetes de aluguel
- outros: neste item estamos nos referindo a meios que não se enquadrem nos outros itens, como por exemplo: veículos oficiais, veículos mistos de carga e passageiros, motocicletas, enfim qualquer meio que tenha que ser levado em conta no estudo e que não esteja enquadrado em nenhum dos itens acima.

Duas importantes observações devem ser feitas. A primeira delas é que só consideramos acima transportes com motor. Mas em alguns estudos, meios de locomoção que não utilizam motor podem aparecer. Exemplo vivo disso são viagens que

podem ser feitas, parcialmente ou mesmo totalmente, a pé. E quem sabe até a bicicleta pode aparecer, em algum estudo, como meio de transporte.

A segunda observação é que, muitas vezes, podemos, em um estudo, ter, como meio de transporte, não um, mas sim uma combinação de vários, ou seja, por exemplo: para se ir de uma zona urbana a outra, tenhamos que ir a pé de casa até o ponto de ônibus, dali vamos de ÔNIBUS até um ponto próximo à estação do metrô, deste ponto até a estação vamos a pé, e finalmente desta até o destino desejado, vamos de METRÔ. Neste caso, quatro meios de locomoção foram utilizados. Logo, os quatro têm que ser considerados.

O meio de transporte utilizado é visto com maior ênfase, na parte de um planejamento de transportes que se refere à "Repartição Modal" (Vide Passo 4 da figura I.1).

II.2.3 - Motivo

Conforme o nome está dizendo, neste 3º passo estamos interessados no motivo ou motivos das viagens a serem realizadas. Sua determinação é importante, pois com ela poderemos saber que dados devem ser obtidos e como proceder na construção de um modelo. Com ele ou eles determinados podemos ficar restritos à sua implicação ou implicações.

Podemos destacar, aqui, alguns principais motivos de viagens, que são:

- i) trabalho
- ii) negócios
- iii) compras
- iv) estudos
- v) diversões
- vi) a casa
- vii) vários
- viii) outros

No primeiro deles nos interessarã locais, horários de funcionamento, oferta de empregos, número de empregados, ou seja, tudo que estiver relacionado com trabalho em nossa área de estudo.

Jã no segundo, por exemplo, bancos e repartições públicas nos interessarã.

Em iii, lojas, supermercados, isto é, o comércio de modo geral serã nossa preocupação. Dessa mesma forma, em iv, colégios, escolas e universidades estarã; e, em v, por exemplo, cinemas, teatros e parques serã levados em conta.

Com relação a vi, deter-nos-emos quanto à densidade das residências existentes em nossas zonas de estudo, bem como população das mesmas.

Quanto a vii, podemos interpretar como se fossem feitas com dois ou mais motivos dos relacionados acima. Logicamente que, neste caso temos que nos preocupar com eles agrupadamente

e não em separado como os anteriores.

E, finalmente, o sétimo motivo englobaria os motivos que não se enquadrassem nos anteriores. Por exemplo, viagens a hospitais ou aeroportos, localizados em nossa região de estudo.

De um modo geral, poder-se-ia dizer que os motivos apresentados de i a vi são a grande maioria de objetivos das viagens.

Às vezes a determinação do motivo pode ser complexa e até nem ficar bem definida. Exemplo claro disso seria o caso de viagens feitas por uma linha regular de ônibus entre duas cidades. Neste caso cada passageiro poderia ter um ou mais motivos dos relacionados, que, por sua vez, poderiam ser diferentes dos outros passageiros. Além disso o motivo da companhia de ônibus seria o de apenas ligar as duas cidades.

É importante ressaltar que, no estudo da Geração de Viagens (Passo 2 da figura I.1), os objetivos das mesmas são grandemente considerados em seus mínimos detalhes e estão intimamente ligados a ela, mas, para nós, ao que nos estamos propondo, não interessará aprofundarmos nesta parte, cabendo apenas ressaltar a sua importância e presença em nosso trabalho.

II.2.4 - Levantamento de Dados

Após a determinação de objetivos das viagens, passamos para este 4º Passo que trata do levantamento de dados.

Cabe aqui uma ressalva, se estivermos em um planejamento bastante amplo de uso da terra e transportes, este passo de coletar dados para a construção de um modelo de distribuição de viagens não seria necessário, bem como também o anterior, por estarem já incluídos em procedimentos iniciais da Geração de Viagens, portanto executados anteriormente à Distribuição de Viagens. Mas se colocarmos o estudo voltado somente para a distribuição, ou melhor, tê-la em destaque, faz-se necessário a inclusão deste passo.

Conforme as características principais, antes determinadas, podemos saber que dados devem ser levantados ou procurados. É preciso, também, que levemos em conta o alcance, a importância bem como a disponibilidade de verbas do projeto, para que possamos saber como obter os dados necessários ao estudo. Explicando melhor, poderíamos dizer, por exemplo, que em um grande projeto poderemos executar pesquisas para obtermos os dados que sejam necessários, ou talvez obter aqueles dados que ainda nos faltem. Pois cumpre lembrar, também, que aqueles dados já existentes, quer de estudos anteriores, quer de outros estudos correlacionados, também deverão ser levantados.

A natureza dos dados deverão ser, entre outras coisas, da localização da área urbana, da população dessa área, das distâncias entre zonas nesta área, do meio ou meios de transportes utilizados, do fator ou fatores correlacionados aos objetivos das viagens e uma série de outros que poderão ser acrescentados, de acordo com a extensão desejada para o modelo em construção.

II.2.5 - Seleção de Dados

Tendo sido feita a etapa correspondente ao levantamento de dados, com todas suas correlações levadas em conta, cabe agora nos determos na seleção dos dados a serem utilizados na construção do modelo matemático.

De início citaremos os principais dados a serem selecionados:

- i) população, por zonas, da área de estudo
- ii) distâncias interzonais, podendo serem estas físicas, econômicas ou de tempo
- iii) renda "per capita" das zonas urbanas
- iv) número de residências
- v) número de veículos particulares e coletivos
- vi) renda média familiar
- vii) número de indústrias, escritórios, casas comerciais, repartições públicas, escolas e locais de diversão
- viii) área construída ou área habitada
- ix) número de empregos oferecidos

x) total de viagens geradas e atraídas em cada zona

Algumas observações podem ser feitas sobre os dados acima. A primeira seria que um modelo nem sempre utilizará todos ou quase todos esses dados diretamente. A segunda seria que houvesse a disponibilidade dos dados com referência a cada zona urbana, separadamente. A terceira é que em vii não precisaremos saber todos aqueles números, e sim os que se relacionarem com o motivo ou motivos das viagens.

Dois aspectos devem aqui ser considerados: a época em que foram feitos os levantamentos dos dados e a confiabilidade em tais levantamentos. Os dois poderão influir e muito nos resultados do modelo após sua utilização.

II.2.6 - Construção do Modelo Matemático

Trataremos agora da etapa referente à elaboração de um modelo matemático geral de distribuição de viagens. Talvez seja esta a principal etapa do diagrama apresentado.

Inicialmente, teremos de levar em conta que o nosso estudo será feito entre pares de zonas, as quais já foram previamente separadas e numeradas. Suponhamos então que temos n zonas urbanas, onde n é um número natural não nulo, ou seja, $n \in \{1, 2, 3, 4, \dots\}$. Nosso modelo pode ser visto de uma maneira bastante geral, através da equação (II.1) abaixo, sujeita à restrição (II.2)

$$V_{ij} = f(g_i, g_j) \quad \forall i, j \quad (\text{II.1})$$

onde:

$$i, j \in \{1, 2, 3, 4, \dots, n\} \quad (\text{II.2})$$

com:

V_{ij} = número total de viagens entre a zona urbana i e a zona urbana j .

$f(g_i, g_j)$ = é uma mesma função matemática para quaisquer zonas i e j , apenas variando conforme os valores assumidos pelas funções g_i (para todas zonas "i") e g_j (para todas zonas "j").

A restrição (II.2) é óbvia, não necessita de explicações.

O estudo dos movimentos para, ou na área externa à nossa região, é e poderá ser feito à parte. Aqui nos limitamos apenas a nossa área antecipadamente determinada.

O problema todo nesta etapa e talvez o maior problema do projeto se resume, ou se olharmos por outro ângulo, se expande, na determinação da função "f" das zonas urbanas em questão. Resume-se, pois é fácil pensarmos em determinar apenas uma função; expande-se pois torna-se complexo, e talvez até impossível a determinação dessa função que represente, na sua formulação, todos os fatores que influenciem direta e indiretamente os deslocamentos entre as zonas urbanas. Por motivos que se seguirão, pode-se notar esta eventual impossibilidade mais claramente.

O que se faz então na prática, embora isso seja também complexo, é procurar determinar uma função que leve em conta os principais elementos que influenciam os deslocamentos. Pensemos então, de início, em tais elementos.

Estes elementos serão chamados de variáveis independentes e são extraídos dos dados anteriormente obtidos. A primeira dificuldade pode surgir aí, pois existem fatores que influenciam movimentos, mas tornam-se difíceis ou até mesmo impossíveis de se quantificarem.

Por exemplo:

- atividades culturais de um lugar
- atrações turísticas do lugar

Outro problema seria o da interdependência que pode surgir entre uma variável e outra.

Em nossa função "f", às vezes, teremos que levar em conta uma (ou mais de uma) constante comum a todas as zonas urbanas e que influencie nos movimentos entre as mesmas. Por exemplo: uma constante que nos dê o fator de crescimento médio de toda a área de estudo em questão.

Em linhas bastante gerais temos, então, o que é feito na construção do modelo e já com ressalvas ao mesmo.

II.2.7 - Análise do Modelo

Uma vez de posse do modelo matemático, torna-se necessário a análise do mesmo.

A análise seria uma revisão de tudo o que foi feito, afirmado e concluído, anteriormente para o modelo.

II.2.8 - Execução

Neste passo colocaríamos em funcionamento o modelo obtido, alimentando-o com os dados, ou seja, utilizar, no modelo elaborado, os dados obtidos anteriormente participantes do mesmo, para se obter assim o número total de viagens entre pares de zonas.

II.2.9 - Teste

Aqui nesta etapa caberia apenas testarmos o modelo para sua aprovação ou não.

Algumas perguntas poderiam aqui ser feitas:

- o número total de viagens, entre cada par de zonas, é igual ou se situa suficientemente próximo (o quanto se queira) da realidade dos movimentos?

- o modelo poderá ser usado em outras ocasiões?

Estas como outras interrogações poderão ser feitas aqui para se testar a validade do modelo.

II.2.10 - Fim

Logicamente, como mostra o diagrama da figura II.1, as perguntas anteriores foram respondidas afirmativamente, e temos então, para uso, um modelo matemático de distribuição de viagens.

II.2.11 - Ajustes

Nessa última etapa do diagrama, temos que as perguntas feitas anteriormente foram respondidas negativamente, ou algumas delas o foram, acarretando que façamos ajustes para uma posterior análise, execução e teste.

Estes ajustes a serem feitos podem ser de quase igual importância à elaboração do modelo. Por exemplo, poderemos ter que determinar outros parâmetros que ajustem o modelo à realidade, ou então notarmos que o uso de alguma variável, que tínhamos como confiável e importante, não produziu efeito nenhum nos deslocamentos, ou outros ajustes que variarão de acordo com o modelo elaborado.

Uma vez, os ajustes terem sido feitos, retornamos ao procedimento de análise do modelo.

CAPÍTULO IIIMODELOS MATEMÁTICOS DE DISTRIBUIÇÃO DE VIAGENSIII.1 - Introdução

No presente capítulo, em continuação ao estudo de modelos para a distribuição de viagens, vamos procurar definir, classificar e situar os principais modelos desenvolvidos para este estudo.

As considerações que vamos fazer são quase que idênticas em toda literatura do gênero.

Inicialmente poderíamos dizer que os modelos existentes são em número bem grande, principalmente se levarmos em conta dois grandes fatores: primeiro o da diversidade das características das várias regiões de estudo e segundo os refinamentos e alterações que sofrem aqueles modelos considerados padrões, o que faz com que eles deixem de ser padrão e constituam uma outra classe por si sô.

Outra observação que pode ser feita é que devido ao grande avanço que esta matéria está experimentando nos últimos anos, os modelos vão se aperfeiçoando cada vez mais enquanto que vão caindo em desuso aqueles que até há pouco eram utilizados (6).

III.2 - Classificação Geral

Podemos classificar os modelos matemáticos de distribuição de viagens em dois grandes grupos, quais sejam:

i) Modelos de FATOR DE CRESCIMENTO, ou Métodos de Fatores de Crescimento ou "Análogos" (5).

Nesta classe se enquadram os modelos (ou métodos) nos quais a futura distribuição de viagens é tida como similar a atual, sendo afetada apenas por fatores de crescimento que representam a expansão prevista para as diferentes zonas (6).

Os principais métodos deste tipo são:

- Método do Fator Uniforme
- Método do Fator Médio
- Método de Detroit
- Método de Fratar

Pode-se dizer que estes métodos são baseados numa hipótese de "expansão" da distribuição de viagens (10).

ii) Modelos SINTÉTICOS ou "Inter-área travel formulae" (5, 10).

A partir de tabelas Origem-Destino atuais, se obtém uma série de características das viagens a partir das quais pode-se predizer a distribuição futura destas, construindo-se tabelas Origem-Destino futuras (6). Em outras palavras,

são obtidas características das viagens, através dos movimentos atuais, e a partir destas, a distribuição é projetada no futuro em um modelo de viagem sintetizado, apropriadamente.

Pode-se dizer que estes modelos são baseados numa "simulação" da distribuição de viagens (10).

A representação matemática geral destes modelos pode ser dada pela seguinte equação matricial (10):

$$V = f(O, S, P) \quad (\text{III.1})$$

onde

- V = matriz contendo o número de viagens de cada zona de origem a cada zona de destino;
- O = vetor contendo o número de viagens iniciadas em cada zona de origem;
- S = matriz contendo a medida de separação de cada zona de origem a cada zona de destino;
- P = vetor dos parâmetros do modelo;
- f = função matemática do modelo.

Os principais modelos deste tipo são:

- Modelos de Oportunidades:
 - intervenção de oportunidades
 - competição de oportunidades
- Modelo de Gravidade

De uma maneira geral, entre todos os modelos acima, o Modelo de Gravidade é o mais difundido atualmente.

Maiores detalhes destes modelos tais como: histórico, características, métodos de utilização e referências bibliográficas, serão apresentados nas seções seguintes a esta.

III.3 - Método do FATOR UNIFORME

III.3.1 - Hipótese

Baseia-se na hipótese de que a distribuição futura de viagens, em uma área, é igual a distribuição atual multiplicada por um fator de crescimento, constante para toda a área de estudo (1).

III.3.2 - Formulação Matemática Geral

$$F_{V_{ij}} = A_{V_{ij}} \cdot K \quad (\text{III.2})$$

$$\forall i, j = 1, 2, \dots, n$$

onde:

$F_{V_{ij}}$ = número de viagens no futuro, entre as zonas i e j ;

$A_{V_{ij}}$ = número de viagens atualmente entre i e j ;

K = fator de crescimento da área de estudo;

n = número de zonas da área de estudo.

Usualmente costuma-se fazer:

$$K = \frac{F_V}{A_V} \quad (\text{III.3})$$

onde:

F_V = número total de viagens interzonais, no futuro, obtidas por algum método de previsão, na área de estudo.

A_V = número total de viagens interzonais, atualmente, na área de estudo.

III.3.3 - Variações do Método

i) Projeções em linha reta (straight-line projection) (10)

- Formulação:

$$F_{V_{ij}} = A_{V_{ij}} + K \cdot p \quad (\text{III.4})$$

$$\forall i, j = 1, 2, \dots, n$$

onde:

$F_{V_{ij}}$ = número de viagens no ano F , último ano do período de previsão, entre as zonas i e j ;

$A_{V_{ij}}$ = número de viagens no ano base A da previsão, entre i e j ;

K = constante anual de crescimento da área de estudo;

p = número de anos do período de previsão;

n = número de zonas da área de estudo.

ii) Curva de interesse composto (compound interest curve) (10)

Considera que o crescimento da área segue um tipo de curva com um aumento de 4% composto anualmente.

- Formulação:

$$F_{V_{ij}} = A_{V_{ij}} (1+c)^p \quad (\text{III.5})$$

$$\forall i, j = 1, 2, \dots, n$$

onde:

$F_{V_{ij}}$, $A_{V_{ij}}$, p e n são definidos como em (i);

c = percentagem anual de aumento do tráfego sobre o ano precedente.

iii) Método do terceiro fator (three-factor method) (10)

O presente método é mais realista do que os dois precedentes, mas mesmo assim ainda apresenta suas óbvias desvantagens.

- Formulação:

$$F_{V_{ij}} = A_{V_{ij}} \frac{D_F R_F U_F}{D_A R_A U_A} \quad (\text{III.6})$$

$$\forall i, j = 1, 2, \dots, n$$

onde:

F_{ij} , A_{ij} e \underline{n} são definidos como em (i);

D_F = população motorizada para o ano F;

D_A = população motorizada para o ano base A;

R_F = número de carros dirigíveis para o ano F;

R_A = número de carros dirigíveis para o ano base A;

U_F = média de carros usados para o ano F;

U_A = média de carros usados para o ano A.

III.3.4 - Observações Gerais

a) A simplicidade do procedimento apresenta graves inconvenientes, o principal deles é supor o crescimento de todas as zonas da área de estudo como uniforme (6).

b) Os resultados obtidos por este método não são de muito valor (vide observação anterior), pelo que atualmente pode-se dizer que pouco se o utiliza.

c) Só seria utilizado onde, principalmente, a densidade e tipo de uso da terra na área de estudo, fosse relativamente estável (5).

d) Uma outra crítica seria quanto ao fato do método não levar em conta diretamente o efeito do fator transporte (1).

III.4 - Método do FATOR MÉDIO

III.4.1 - Hipótese

O presente método tem como princípio que a distribuição futura de viagens, entre duas zonas, em uma certa área é igual a distribuição atual multiplicada por um fator de crescimento médio, onde esse fator é a média aritmética dos fatores de crescimento das duas zonas em questão (10).

III.4.2 - Formulação Matemática Geral

$$F_{V_{ij}} = A_{V_{ij}} \cdot \left(\frac{K_i + K_j}{2} \right) \quad (\text{III.7})$$

$$\forall i, j = 1, 2, \dots, n$$

onde:

$F_{V_{ij}}$, $A_{V_{ij}}$ e n são definidos como em (III.2);

K_i = fator de crescimento da zona i ;

K_j = fator de crescimento da zona j .

Usualmente costuma-se fazer:

$$K_i = \frac{F_{V_i}}{A_{V_i}} \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \quad (\text{III.8})$$

$$K_j = \frac{F_{V_j}}{A_{V_j}} \quad \forall j = 1, 2, \dots, n \quad (\text{III.9})$$

onde:

F_{V_i} = número de viagens, obtidas por algum método de previsão, com origem em i , para o futuro;

A_{V_i} = número de viagens, com origem em i , atualmente;

F_{V_j} = número de viagens, obtidas por algum método de previsão, com destino em j , para o futuro;

A_{V_j} = número de viagens, com destino em j , atualmente.

III.4.3 - Processo Iterativo de Ajustamento das Equações do Método

Considere uma zona i qualquer, $i \in \{1, 2, \dots, n\}$ da área de estudo. Pelo método presente podemos obter:

$$F_{V_{i1}}, F_{V_{i2}}, F_{V_{i3}}, \dots, F_{V_{in}}$$

(inclusive $F_{V_{ii}}$). Neste caso, então, podemos calcular

$$\sum_{x=1}^n F_{V_{ix}}.$$

Logo, temos o valor de F_{V_i} ($F_{V_i} = \sum_{x=1}^n F_{V_{ix}}$).

Por outro lado, previamente e mediante uma correspondente análise de regressão (vide referências de "Geração de Viagens"), por exemplo, pode-se obter o número total de viagens futuramente geradas pela zona i (qualquer que seja a

zona i). Seja $({}^F V_i)_R$ esse número.

Observando os dois métodos de cálculo, podemos notar que não há razão para os valores ${}^F V_i$ e $({}^F V_i)_R$ coincidirem. De maneira análoga, o mesmo acontecerá com o número de viagens atraídas por uma zona j , ou seja ${}^F V_j$ que não será necessariamente, igual a $({}^F V_j)_R$. Logo, teremos que, de alguma forma, compatibilizar os valores obtidos pelo presente método e pela análise de regressão, no caso. Isso será feito mediante um processo de iterações sucessivas, que descrevemos agora, onde faremos ${}^F V_i$ convergir a $({}^F V_i)_R$ e ${}^F V_j$ a $({}^F V_j)_R$ para todo i e j pertencentes a $\{1, 2, \dots, n\}$.

- Algoritmo para compatibilização dos valores obtidos pelos dois processos (para todas n zonas da área)

Passo 0: considere $({}^F V_i)_R$ e $({}^F V_j)_R$, $\forall i, j \in \{1, 2, \dots, n\}$ calculados pela análise de regressão.

\bar{V} para ①

Passo 1: calcule ${}^F V_{ij}$, como em (III.7),
 $\forall i, j \in \{1, 2, \dots, n\}$

\bar{V} para ②

Passo 2: considere todos $i, j \in \{1, 2, \dots, n\}$

\bar{V} para ②'

Passo 2': Faça: ${}^F V_i = \sum_{x=1}^n {}^F V_{ix} X$ e
 ${}^F V_j = \sum_{x=1}^n {}^F V_{xj} X$

\bar{V} para ③

Passo 3: Faça:

$$K_i^0 = \frac{(F_{V_i})_R}{F_{V_i}} \quad \text{e} \quad K_j^D = \frac{(F_{V_j})_R}{F_{V_j}}$$

Vã para (4)

Passo 4: Se $K_i^0 = 1$ e $K_j^D = 1$, $\forall i, j = 1, 2, \dots, n$,

Vã para (6)

Caso contrário, vã para (5)

Passo 5: Considere todos os $K_i^0 \neq 1$ e os $K_j^D \neq 1$.

Para estes "i" e "j" faça:

$$F_{V_{ij}} = F_{V_{ij}} \cdot \left(\frac{K_i^0 + K_j^D}{2} \right)$$

Vã para (2)

Passo 6: Pare. Fim do processo, pois temos a convergência de F_{V_i} para $(F_{V_i})_R$ e de F_{V_j} para $(F_{V_j})_R$, $\forall i, j \in \{1, 2, \dots, n\}$, já que:

$$K_i^0 = 1 \text{ implica que } \frac{(F_{V_i})_R}{F_{V_i}} = 1 \text{ logo } (F_{V_i})_R = F_{V_i}$$

e

$$K_j^D = 1 \text{ implica que } \frac{(F_{V_j})_R}{F_{V_j}} = 1 \text{ logo } (F_{V_j})_R = F_{V_j}$$

III.4.4 - Observações Gerais

a) No presente método, temos um fator de crescimento relativo a cada zona separadamente e, não necessariamente o mesmo para todas as zonas, ou seja, para toda área de estudo (6).

b) Apesar do avanço que este método supõe sobre o anterior, o grau de aproximação da realidade que com ele se obtém é, também pequeno, pelo qual também, raramente utilizado (6).

c) Uma conclusão a que chegaram Oi and Schuldiner (10) e Bruton (5) foi: "as diferenças existentes entre viagens prognosticadas (análise de regressão) e computadas (método do Fator Médio) não são classificadas ao acaso, mas são inversamente relacionadas com os fatores de crescimento. Daí, para zonas com fatores de crescimento inferior à média, o número de viagens computadas pelo modelo são maiores que as originalmente preditas no estágio de geração de viagens, enquanto o contrário se passa, para aquelas zonas com fatores de crescimento superior à média. Esta tendência declina com cada iteração sucedente, mas, se um grande número de iterações é requerida para minimizar esta tendência, a exatidão dos resultados pode ser seriamente afetada, daí, mais uma razão para o raro uso do método do fator médio".

d) Um interessante método derivado deste que agora estudamos, foi desenvolvido por W. S. Pollard Jr. (10). Em tal método o bom senso e julgamento do planejador são usados conjuntamente com os procedimentos mecânicos do modelo do fa-

tor médio.

Para cada par de zonas, um fator de crescimento médio (média dos fatores de crescimento deste par) é usado, a menos que uma ou as duas zonas necessitem um ajustamento neste fator de crescimento (por exemplo, um alto grau de atração de uma das zonas). A introdução deste ou destes ajustamentos necessita tempo e profundo conhecimento da área de estudo, o que dificulta na prática a aplicação do método.

Esta adaptação apresenta novas formulações, interpretações e conclusões ao método do fator médio. No presente trabalho, no entanto, não nos alongaremos nele. Apenas fica aqui registrada sua existência e considerações básicas.

III.5 - Método de DETROIT

III.5.1 - Hipótese

É uma variante do método anterior do fator médio. A distribuição futura de viagens entre duas zonas, de uma certa área, é igual à atual multiplicada por um fator que é igual ao produto dos fatores de crescimento destas zonas, dividido pelo fator de crescimento da área.

III.5.2 - Formulação Matemática Geral

$$F_{V_{ij}} = A_{V_{ij}} \cdot \left(\frac{K_i \cdot K_j}{K} \right) \quad (\text{III.10})$$

$$\forall i, j = 1, 2, \dots, n$$

onde:

$F_{V_{ij}}$, $A_{V_{ij}}$, K e n são definidos como em (III.2);
 K_i e K_j são definidos como em (III.7).

III.5.3 - Observações Gerais

a) Tal método foi desenvolvido em conexão com o estudo de tráfego da área metropolitana da cidade de Detroit (U.S.A.): (5).

b) Carrol, no estudo de Detroit, desenvolveu este método para tentar evitar inconvenientes observados do método anterior (21).

c) Como no método anterior, os valores obtidos com a análise de regressão e aqueles obtidos com o presente método não coincidem necessariamente, sendo preciso, utilizar um processo iterativo de ajustamento dos valores, semelhante ao descrito em III.4.3, com as seguintes modificações:

i) No passo ①: $F_{V_{ij}}$ é calculado pela equação (III.10) do presente método.

ii) No passo ③: além dos fatores K_i^0 e K_j^D devemos calcular:

$$K' = \frac{(FV)_R}{F_V}$$

onde: $(FV)_R = \sum_{i=1}^n (FV_i)_R$, do passo ①

e

$$F_V = \sum_{i=1}^n F_{V_i}$$
, do passo ②

iii) No passo ⑤: o fator $(\frac{K_i^0 + K_j^D}{2})$ é substituído

por:

$$\left(\frac{K_i^0 + K_j^D}{K'} \right)$$

III.6 - Método de FRATAR

III.6.1 - Hipótese

As suposições básicas do método são:

1º) A distribuição futura de viagens a partir de uma zona dada de origem é proporcional à presente distribuição.

2º) A distribuição destas futuras viagens é modificada por um fator de crescimento da zona para a qual estas viagens são atraídas. Esta modificação leva em conta o efeito da locação daquela dada zona com respeito a todas outras zonas, e é expressa como a inversa da média de influência de atração de todas outras zonas (5).

Em outras palavras, podemos dizer que Fratar considera a distribuição futura de viagens procedentes de uma zona i como proporcional à atual, modificada por fatores de cresci-

mento de cada uma das zonas para onde são atraídas as viagens procedentes de \underline{i} . O número total de viagens está condicionado pelo fator de crescimento de \underline{i} (21).

III.6.2 - Formulação Matemática Geral

$$F_{V_{ij}} = A_{V_{ij}} \cdot K_i \cdot K_j \cdot \left(\frac{L_i + L_j}{2} \right) \quad (\text{III.11})$$

$$\forall i, j = 1, 2, \dots, n$$

onde:

$F_{V_{ij}}$, $A_{V_{ij}}$ e \underline{n} são definidos como em (III.2);
 K_i e K_j são definidos como em (III.7);

$$L_i = \frac{\sum_{X=1}^n A_{V_{iX}}}{\sum_{X=1}^n K_X A_{V_{iX}}} \quad (\text{III.12})$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, n$$

$$L_j = \frac{\sum_{X=1}^n A_{V_{Xj}}}{\sum_{X=1}^n K_X A_{V_{Xj}}} \quad (\text{III.13})$$

$$\forall j = 1, 2, \dots, n$$

III.6.3 - Processo Iterativo de Ajustamento das Equações do Método

De modo bastante análogo aos dois métodos anteriores, os valores $(FV_i)_R$ e FV_i calculados por uma análise de regressão (por exemplo) e pelo método de Fratar, respectivamente, não têm porque coincidirem. A diferença básica, aqui, é que os valores de L_i e L_j também serão afetados pelo processo de ajustamento. Podemos então utilizar um processo iterativo de ajustamento dos valores semelhante aquele descrito em III.4.3, para isso as seguintes modificações devem ser feitas:

- i) No passo ①: FV_{ij} é calculado pela equação (III.11) do presente método.
- ii) No passo ③: além dos fatores K_i^0 e K_j^D devemos calcular:

$$L_i^0 = \frac{\sum_{X=1}^n FV_{iX}}{\sum_{X=1}^n K_X^D \cdot FV_{iX}} \quad \text{e} \quad L_j^D = \frac{\sum_{X=1}^n FV_{Xj}}{\sum_{X=1}^n K_X^0 \cdot FV_{Xj}}$$

- iii) No passo ⑤: o fator $(\frac{K_i^0 + K_j^D}{2})$ é substituído por:

$$\left[K_i^0 \cdot K_j^D \cdot \left(\frac{L_i^0 + L_j^D}{2} \right) \right]$$

III.6.4 - Observações Gerais

a) O método de Fratar foi desenvolvido por T. J. Fratar nos estudos de viagens da região metropolitana de Cleveland (Ohio - U. S. A.). A idéia básica era desenvolver um método que tentasse corrigir falhas relativas aos métodos do fator uniforme e do fator médio (11, 3).

b) O presente método foi também utilizado no estudo de transportes de Atenas, cujos resultados serviram de base para a análise da rede de transportes de Madri (6).

c) T. J. Fratar foi o primeiro a desenvolver um procedimento iterativo de ajuste para estimar a distribuição futura de viagens (21).

d) Uma consideração importante ao método de Fratar é a sua flexibilidade na escolha dos fatores de crescimento para as zonas da área de estudo. Isto permite que o modelo seja sensível aos diversos tipos de mudanças do uso do solo em cada zona, ou em algumas dessas zonas. Uma zona de característica inteiramente residencial, por exemplo, poderá ter estimadas suas viagens geradas e atraídas no futuro, tomando como base a população e o número de viagens "per capita" previstas; já numa zona de característica inteiramente industrial o número de carros e o número de empregos, previstos para a zona poderão servir de base para o cálculo das viagens futuras. Do mesmo modo, com um pequeno aumento de complexidade, estas estimativas poderão ser feitas para zonas com características mistas.

e) Como exemplo real da observação anterior, temos a modificação que foi sugerida pela divisão de planejamen-

to urbano e regional do "Bureau of Public Roads" dos Estados Unidos em 1962. A mesma considerava dez diferentes propósitos de viagens além de utilizar fatores de crescimento por modo e hora do dia ou ainda analisando separadamente viagens que entrem ou saiam de uma zona (5).

Tal modificação como dissemos anteriormente, aumenta a sensibilidade do método às mudanças do uso do solo, mas por outro lado aumenta o número de levantamentos e considerações a serem feitas (5).

III.7 - Modelos de Oportunidade

III.7.1 - Introdução

Os presentes modelos foram desenvolvidos nos estudos de transportes de Chicago, Pittsburgh e Penn-Jersey. Baseiam-se em conceitos probabilísticos e podem ser divididos em dois métodos principais:

- i) Método de "Intervenção de Oportunidades"
- ii) Método de "Competição de Oportunidades"

Essencialmente ambos os métodos podem ser representados pela formulação matemática geral:

$$V_{ij} = V_i \cdot P_j \quad (\text{III.14})$$

$$\forall i, j = 1, 2, \dots, n$$

onde:

V_{ij} = número total de viagem da zona i para a zona j ;

V_i = número total de viagens que se originam em i ;

P_j = probabilidade, calculada, de uma viagem ter como destino a zona j ;

n = número de zonas da área de estudo.

A diferença entre os dois métodos é no modo pelo qual a função de probabilidade P_j é calculada.

Abordaremos a seguir o histórico, conceituação e formulação dos dois métodos.

III.7.2 - Método de Intervenção de Oportunidades

As bases do presente método foram desenvolvidas por Stouffer (10), em 1940, que propôs a teoria da intervenção de oportunidades. Stouffer assumiu que não existe necessariamente um relacionamento direto entre distância e mobilidade, baseado no estudo sociológico, de mobilidade residencial em Cleveland, Ohio, desenvolvido por ele. Tal conceito da intervenção de oportunidades afirma que: "o número de pessoas deslocando-se a uma dada distância é diretamente proporcional ao número de oportunidades (destinos) àquela distância e inversamente proporcional ao número de oportunidades (destinos) geograficamente intermediárias". A característica principal que se distingue neste método é que sua única variável independente é a intervenção de oportunidades (destinos) nos movimentos.

Em sucessão ao estudo de Stouffer, outros trabalhos foram realizados, utilizando-se este conceito. Por exemplo, em estudos sobre migração de população e tráfego intermunicipal (10). Alguns destes estudos foram apresentados num artigo por Leonard e Delano (10).

Explorando a conceituação acima, em 1950, foi desenvolvido o método de intervenção de oportunidades por Morton Schneider (10).

Pela primeira vez se aplicava ao processo de distribuição de viagens em uma área urbana tal conceituação. Isto foi feito no estudo de transportes da área de Chicago (CATS - Chicago Area Transportation Study).

Estava-se usando, pois, pela primeira vez a função probabilidade para descrever a distribuição de viagens.

Os métodos de oportunidades não introduzem de forma explícita, distância ou tempo, mas levam em conta tais efeitos, considerando para isso a separação espacial das zonas e colocando destinos (ou origens) em ordem de distância ou tempo de uma dada zona de origem (ou destino). Especificando mais, o método de Schneider fundamenta-se na proposição de que: "a probabilidade de que uma viagem terminará em uma dada zona é proporcional ao potencial do uso do solo daquela zona multiplicado pela probabilidade de um destino mais próximo da zona de origem não ter sido selecionado". Assim, uma viagem será tão curta quanto possível, mas sua duração é governada pela proba-

bilidade de parada em qualquer destino. Logo uma viagem não termina sempre na zona mais próxima mas sim, considera-se então a 2a. zona mais próxima, e assim por diante. Em linguagem matemática: a probabilidade de uma viagem terminar em algum dos pontos de destino é igual a probabilidade de que este destino seja aceitável multiplicado pela probabilidade de que um destino aceitável mais próximo a origem da viagem não tenha sido encontrado. Como estas duas probabilidades podem sofrer variações de ponto a ponto, o problema deve ser formulado matematicamente nos seguintes termos:

$$\frac{dP}{dV} = (1-P)L \quad (\text{III.15})$$

ou seja:

$$dP = [1 - P(v)]LdV \quad (\text{III.16})$$

onde:

V = número (volume) de destinos entre a origem e um destino qualquer, antes de se atingir o destino final;

$\frac{dP}{dV}$ = taxa de variação (em relação a V) da probabilidade de uma viagem terminar;

$P(v)$ = probabilidade total de uma viagem terminar quando " v " possíveis destinos são considerados;

L = probabilidade (constante) de um possível destino ser aceito quando ele é considerado.

Pode-se dizer que L é a medida da probabilidade de um dado destino satisfazer as necessidades de uma determinada

viagem. "L" é uma função empírica que reflete como diminuem as viagens ao aumentar-se a distância e o número de destinos de viagens.

Integrando-se (III.16) vem:

$$P = 1 - K e^{-LV} \quad (\text{III.17})$$

Mas K (constante de integração) é igual a 1, pois $P = 0$ quando $V = 0$. Logo a solução da equação diferencial (III.16) é:

$$P(v) = 1 - e^{-LV} \quad (\text{III.18})$$

O número de viagens entre uma zona i e uma zona j é dado por:

$$V_{ij} = V_i^0 [P(V_{j+1}) - P(V_j)] \quad (\text{III.19})$$

onde:

$$\forall i, j = 1, 2, \dots, n$$

V_{ij} = número total de viagens entre i e j

V_i^0 = número total de viagens com origem em i (geradas em i);

V_j = número total de destinos possíveis considerados antes que se alcance a zona j ;

n = número de zonas da área de estudo;

$[P(V_{j+1}) - P(V_j)]$ = probabilidade que uma viagem com origem em i termine em j .

Em (III.19) podemos substituir (III.18) para

$v = V_j$ e $v = V_{j+1}$, vindo então que:

$$V_{ij} = V_i^0 [1 - e^{-LV_{j+1}} - 1 + e^{-LV_j}]$$

ou

$$V_{ij} = V_i^0 \left[e^{-LV_j} - e^{-LV_{j+1}} \right] \quad (\text{III.20})$$

Podemos aqui ressaltar que a equação (III.20) é a equação geral do método de intervenção de oportunidades.

Um dos modos para se calcular L e conhecer-se uma distribuição de viagens a um plano futuro é o seguinte: aplica-se a equação (III.20) à situação presente, onde já conhecemos os valores para V_{ij} e V_i^0 (obtidos por levantamento nos locais, por exemplo) e calculamos L para esses valores. Com este valor de L e projeções para V_i^0 , V_j e V_{j+1} , determinamos a partir da equação (III.20), o valor de V_{ij} futuro (6).

Outros experimentos com o presente método mostraram ser necessário, para maior precisão, considerar-se também, o propósito das viagens realizadas. No caso de Chicago, as viagens foram agrupadas em categorias, conforme fossem viagens curtas ou longas (16).

Variações do presente método, bem como aplicações e métodos de calibração poderiam ser por nós vistos, mas, por não ser o presente modelo o principal entre aqueles referentes à distribuição de viagens e talvez por isso mesmo não ser um dos motivos maiores desta tese, não nos alongaremos nisto no presente trabalho. Entretanto, toda a bibliografia aqui citada contém em detalhes estas matérias, e podemos destacar dentro dela o livro:

"New Perspectives in Urban Transportation Research", editado por Anthony J. Catanese, 1972, (capítulo 3) (10).

Finalmente, podemos dizer que por sua maior complexidade de elaboração, este método determina custos superiores, mas em compensação proporciona também um grau de aproximação, tão bom ou maior, que os modelos de gravidade (bem mais difundidos) que serão por nós tratados na seção seguinte aos modelos de intervenção de oportunidades.

III.7.3 - Modelo de Competição de Oportunidades

O segundo método de oportunidades é o de Competição de Oportunidades que foi apresentado por Tomazinis em 1962, sendo desenvolvido e utilizado no estudo de transportes de Penn-Jersey (Estados Unidos) (10).

O método baseia-se fundamentalmente em conceitos probabilísticos, inclusive de outros estudos, e utiliza certos aspectos do modelo de Gravidade (seção seguinte a esta), bem como métodos de aproximações sucessivas, já por nós conhecidos (Método de Fratar).

O conceito básico entre os acima citados, é que: "oportunidades ou destinos competem para viagens em termos de tempo, distância, ou custo medidos e reunidos, em grupos distintos, a partir da zona de origem, onde dentro de um dado grupo, cada destino tem a mesma probabilidade de aceitação" (22).

- Introdução teórica básica

Considere-se um universo de população N , com três subpopulações H , S e G ou seja, $H \subset N$, $S \subset N$, $G \subset N$. Então, as probabilidades de se selecionar casualmente um membro de H , S ou G são respectivamente:

$$P_{(H)} = \frac{H}{N}, \quad P_{(S)} = \frac{S}{N} \quad \text{ou} \quad P_{(G)} = \frac{G}{N}$$

A probabilidade de que o elemento selecionado de H , seja também de S é dada pela probabilidade condicionada:

$$P_{(S/H)} = \frac{P_{(H \cap S)}}{P_{(H)}} = \frac{P_{(G)}}{P_{(H)}} = \frac{\frac{G}{N}}{\frac{H}{N}} = \frac{G}{H} \quad (\text{III.21})$$

onde: $G = H \cap S$

- Adaptação ao problema

Vamos agora procurar estender o conceito de probabilidade condicional ao nosso problema.

Inicialmente temos que contar com uma estimativa existente ou projeção do total de oportunidades de viagens na área considerada, bem como de oportunidades dentro de cada subárea (distrito, zona etc.). Tais dados se baseariam no cálculo feito por análises de geração de viagens, que logicamente se fundamentam em influências e relacionamentos do uso do solo, facilidades de transporte, tráfego e fatores sócio-econômicos.

Então: o "universo" N seria o total de oportuni-

dades de viagens na área de estudo, expresso como o total de destinos de viagens; a "subpopulação" H seria o número total de oportunidades de viagens das zonas contidas na área, em torno da origem, limitada pelo equivalente de tempo de viagem entre a zona de origem e a de destino. Por exemplo: se um destino é "t" minutos afastado da origem (centro para centro), então H são todas as oportunidades de viagens dentro da área de "t" minutos afastada da zona de origem. Isto pode apropriadamente ser definido por "curvas isócronas" (Time code). Cada isócrona pode incluir a área entre 2, 3, 4 ou qualquer outro intervalo de tempo em minutos, por exemplo. É importante ressaltar aqui que, para nossos propósitos, a subpopulação H é o total acumulativo de oportunidades de viagem em todas "isócronas" até que a "isócrona" da zona de destino é alcançada; a "subpopulação" S seria o total de oportunidades de viagem dentro da zona de destino somente. Além disso S está inteiramente incluída em H (22).

Logo, pelas definições anteriores, G é igual a S, pois se $S \subset H$ viria $G = H \cap S = S$.

Dito isto, temos então que:

$$P(H) = \frac{H}{N}, \quad P(S) = \frac{S}{N}, \quad P(S \cap H) = P(G) = \frac{G}{N} = \frac{S}{N} = P(S)$$

$$e \quad P(S/H) = \frac{P(S \cap H)}{P(H)} = \frac{P(S)}{P(H)} = \frac{S/N}{H/N} = \frac{S}{H} \quad (\text{III.21})$$

A equação (III.21) implica que a probabilidade de uma viagem terminar em uma certa zona, é a razão entre o número total de oportunidades desta zona, dividido pelo número total de oportunidades de viagem dentro da área delimitada pela "isôcrona" da zona de destino. Este conceito é conhecido como o conceito de "competição de oportunidades".

Como se supõe que todas as viagens terminam em alguma zona da região em estudo, devemos ajustar as probabilidades $P_i(S/H)$ encontradas para todas as zonas "i", de forma a se obter

$$\sum_{i=1}^n P_i' = 1$$

onde P_i' é determinado da seguinte forma:

$$P_i' = \frac{P_i(S/H)}{\sum_{i=1}^n P_i(S/H)} \quad (\text{III.22})$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, n,$$

zonas da área de estudo.

Temos então a fórmula geral do modelo que é:

$$V_{ij} = V_i^0 \cdot P_j' \quad (\text{III.23})$$

$$\forall i, j = 1, 2, \dots, n$$

onde:

V_{ij} = número de viagens de i para j (origem em i e destino em j);

V_i^0 = número de viagens originadas em i;

P_j' = probabilidade ajustada da viagem terminar

em j.

Pelos mesmos motivos enumerados no método anterior, de intervenção de oportunidades, não apresentaremos nesta tese a calibração do presente método, entretanto ela pode ser vista detalhadamente na bibliografia citada. Da mesma forma, também, não apresentaremos as variações e as aplicações do método.

III.8 - Modelo de Gravidade

O segundo modelo sintético que agora apresentaremos, é o modelo de Gravidade. Por ser o mais utilizado entre todos os modelos de distribuição é o que está melhor documentado na literatura especializada. Para uma melhor conceituação e entendimento, dividiremos o seu estudo nos seguintes itens:

- 1) Introdução - origem, histórico e suas bases
- 2) Formulação matemática geral, com descrição de seus parâmetros
- 3) Calibração
- 4) Variações do modelo - aplicações

III.8.1 - Introdução - Origem, Histórico e suas Bases

A origem dos modelos de gravidade vem da Teoria da Gravidade, desenvolvida por Isaac Newton em 1686. Seu trabalho afirmava que "a força gravitacional entre dois corpos é diretamente proporcional à massa dos dois corpos e inversamente ao quadrado da distância entre eles". De tal afirmativa viriam todas as bases dos estudos posteriores relativas aos modelos de gravidade.

A função gravitacional foi usada, inicialmente, por Ravenstein (10) e mais tarde por Young (10), que a utilizaram para o estudo da migração de pessoas de uma área a outra.

Em 1948, Carey (10) aplicou, também, os conceitos da teoria da gravidade.

Em 1920, Pallin considerou a distância elevada ao expoente dois para a determinação de fluxos de tráfegos intermunicipais (10).

Tempos depois, em 1953, Reilly (10) desenvolveu um estudo relativo a áreas de comércio varejista, classificadas pelo tamanho das cidades americanas, utilizando os mesmos conceitos newtonianos. Na mesma época, Carrol usou a fórmula de gravidade para determinar a área sobre a qual os centros

urbanos tem influência. Utilizou, neste estudo, telefonemas e viagens intermunicipais e concluiu que o expoente da distância deveria ser 2,8 e não 2,0 como o de Pallin.

Para finalizar este pequeno histórico, torna-se necessário uma referência a Voorhees (10), que desenvolveu um estudo maior com relação à utilização de um modelo de gravidade, inclusive com uma pesquisa mostrando a variação do expoente da distância da viagem com o propósito da mesma.

Para concluirmos esta primeira etapa, podemos dizer que o modelo de gravidade baseia-se no seguinte: "movimentos interzonais são diretamente proporcionais ao poder de geração e de atração das zonas e inversamente proporcionais a alguma medida de resistência ao deslocamento, entre elas" (17). Tal resistência pode ser medida em termos de tempo de percurso, distância ou custo.

III.8.2 - Formulação Matemática Geral, com Descrição de seus Parâmetros

O modelo de gravidade pode ser inicialmente formulado por:

$$V_{ij} = V_i^0 \frac{\frac{V_j^D}{d_{ij}^b}}{\frac{V_1^D}{d_{i1}^b} + \frac{V_2^D}{d_{i2}^b} + \dots + \frac{V_n^D}{d_{in}^b}} \quad (\text{III.24})$$

$$\forall i, j = 1, 2, \dots, n$$

onde:

- V_{ij} = número de viagens entre i e j ;
 V_i^0 = número de viagens com origem na zona i ;
 V_x^D = número de viagens com destino na zona x ;
 $x = 1, 2, 3, \dots, j, \dots, n$
 d_{ix} = função de separação entre as zonas i e j ;
 $x = 1, 2, 3, \dots, j, \dots, n$; $x \neq i$;
 b = constante empiricamente determinada e que representa uma medida das diferentes características das viagens entre todas as zonas

As seguintes observações sobre os parâmetros da equação (III.24) podem ser feitas:

1a) Os valores de V_{ij} , V_i^0 e V_x^D podem, conjuntamente, referir-se a uma situação atual ou futura.

2a) A função de separação entre i e j pode depender do: tempo total de viagem, da distância ou do custo da viagem. Desses três, geralmente, a mais usada é a primeira, ou seja, a função que leva em consideração o tempo total de viagem (10).

3a) Pode-se dizer que b expressa a menor ou maior resistência que a separação entre as zonas representa para a realização de uma viagem. Quanto maior a resistência, maior será o expoente b .

É bem claro que b será função, também, dos diferentes objetivos das viagens, pois, por exemplo, viagens cujos objetivos sejam trabalho terão um valor menor para b do

que aquelas que tenham como objetivos compras ou diversões. Isto é evidente, pois enquanto que no 1º caso, as viagens, se realizarão quaisquer que sejam as distâncias (uma vez que é difícil, na maior parte dos casos, selecionar a casa ou local de trabalho, de forma que ambos estejam próximos), no segundo caso o viajante selecionará seu destino dentre os diversos possíveis, concedendo à distância uma importância maior, ou seja, procurará selecionar um destino que se encontre o mais próximo possível da origem. Isto pode ser ilustrado, pela pesquisa feita por Voorhees, na Tabela (III.1) desta seção.

Tabela III.1

"Fatores aparentes que afetam destinos de viagens iniciadas numa área residencial"

Propósito da viagem	Unidade para expressar a "intensidade de atração"	"Fator de distância"
Trabalho	nº de empregos oferecidos	D
Social	nº de unidades de habitação	D ³
Compras (mercadorias 1a. necessidade)	nº de supermercados e farmácias	D ³
Compras (mercadorias) Comercial	nº de lojas de roupas	D ²
Recreação	a	a
Outros	a	a

a À luz das pesquisas existentes é recomendado que estas viagens sejam consideradas como viagens de "Compras de Mercadorias".

4a) Além da observação anterior, poderíamos fazer outras, acerca do expoente b, bem como da formulação (III.24) como um todo. É bastante razoável entre outros motivos, por

exemplo, que viagens sejam afetadas por outros fatores sociais e econômicos que não estejam completamente identificados e quantificados naquele modelo. Diante disso, podemos dizer que o equacionamento (III.24) do modelo de gravidade \bar{e} bastante simples para refletir a realidade. Daremos, então, uma outra formulação mais completa e real para o modelo:

$$V_{ij} = G_i A_j \frac{F_{ij} K_{ij}}{\sum_{j=1}^n A_j F_{ij} K_{ij}} \quad (\text{III.25})$$

$$\forall i, j = 1, 2, \dots, n$$

onde:

V_{ij} = número de viagens entre i e j ;

G_i = algum parâmetro de "geração" da zona de origem i ;

A_j = algum parâmetro de "atração" da zona de destino j ;

F_{ij} = fator de "fricção" entre i e j ;

K_{ij} = fator "específico" das viagens de i para j .

Descrição dos parâmetros acima:

- V_{ij} não necessita explicações ..

- G_i \bar{e} um parâmetro relacionado com o uso do solo da zona de origem i e com as características sócio-econômicas das pessoas que fazem viagens a partir de i . Este parâmetro pode ser, por exemplo, a população da zona i , ou, mais frequentemente, o número de viagens originadas em i .

- A_j \bar{e} um parâmetro análogo a G_i , só que se refe-

re \bar{a} "atração" de j e não \bar{a} "geração". Pode ser dado, entre outros fatores, pela área pavimentada da zona j , pelo número de acres de terra de j ou, com mais regularidade pelo número de viagens com destino em j .

- F_{ij} é um fator de "fricção" entre i e j , relacionado com a separação e nível de serviço provido pelas facilidades de transporte entre as zonas i e j . Em geral é da do por $1/t_{ij}^n$ ou $1/d_{ij}^b$, onde:

t_{ij} = tempo de viagem entre i e j ,

d_{ij} = distância entre as zonas i e j ,

n, b = expoentes empiricamente determinados que variam de acordo com os valores de t_{ij} e d_{ij} respectivamente e com os propósitos de viagens entre i e j . Por isso mesmo são calculados para um determinado intervalo de distâncias ou tempos de percurso, conforme os motivos das viagens (vide 3a. observação da formulação (III.24)).

- K_{ij} é um fator específico de ajustamento do número de viagens entre i e j que permite a incorporação ao modelo de fatores sócio-econômicos que não foram considerados pelos outros parâmetros, mas que têm um efeito significativo no movimento interzonal. Até agora estes fatores não foram completamente identificados e quantificados (2). Há alguma indicação de que eles estejam relacionados com fatores tais como renda e ocupação, ou a alguma outra relação entre o uso do solo e a realização da viagem, que pode existir numa particular região da área urbana.

Em vários estudos, costuma-se prescindir de K_{ij} , tomando-o igual a 1, com o que se obtém uma notável simplificação do modelo.

III.8.3 - Calibração

A calibração do modelo de Gravidade nada mais é do que, através da execução de um processo iterativo, conseguir que o modelo seja uma simulação acurada da realidade dos movimentos. O processo iterativo é dividido em etapas interligadas entre si.

Daremos, a seguir, os passos a serem seguidos para a calibração. Esses passos serão explicados e exemplificados, para uma melhor compreensão do processo.

Etapa 1: Determinação do universo das viagens

Inicialmente, as seguintes perguntas devem ser feitas e respondidas:

a) As viagens serão consideradas diariamente, mensalmente ou em hora de "pico"?

b) São feitas em transporte coletivo, particular, ou em ambos?

c) Serão consideradas todas as viagens feitas na área de estudo ou são aquelas feitas pelos residentes na área?

d) Quais os propósitos das viagens?

e) Qual a medida de separação espacial entre as zonas a ser levada em conta?

Essa etapa poderia ter sido concluída antes mesmo da calibração, mesmo porque, na própria formulação do modelo, algumas perguntas deveriam ter sido respondidas.

A maioria dos estudos realizados considera as seguintes características dos movimentos:

- a) número total de viagens, diariamente
- b) viagens feitas por cada indivíduo
- c) viagens feitas por todos os residentes na área

de estudo

d) seis propósitos de viagens:

- baseada em casa, motivo: TRABALHO
- baseada em casa, motivo: COMPRAS
- baseada em casa, motivo: Atividades sociais e recreativas
- baseada em casa, motivo: ESCOLA
- baseada em casa, motivo: Atividades mistas
- não baseadas em casa.

e) medida de separação entre zonas, dada pelo tempo. Este tempo, geralmente, é uma soma de tempos, ou seja, tempo automobilístico para se ir de uma zona a outra mais o tempo de congestionamento mais o tempo para estacionar, ou, em caso de viagem em coletivo, o tempo de espera do mesmo.

Etapa 2: Construção de uma tabela O-D

Nesta etapa é construída uma tabela de Origem e Destino (O-D), isto é, uma tabela com os movimentos de zona

para zona. Ela é feita através de pesquisa, e para uma determinada zona. Determina-se, aqui, também o número total de viagens geradas e o número total das viagens atraídas por cada zona. O mais comum é, nesta fase, calcularem-se os valores dos parâmetros G_i e A_j da fórmula (III.25) da forma que fossem considerados.

Etapa 3: Determinação dos fatores de fricção F_{ij} - Caso Geral

Para determinar os fatores F_{ij} utiliza-se um método iterativo de tentativas e ajustamentos, que apresentamos a seguir:

Passo 1.- inicialmente, para cada propósito de viagem, fazemos $F_{ij} = 1$ para todas as zonas i e j .

Particularmente, pode-se fazer F_{ij} igual a alguma função utilizada em estudos similares.

Passo 2 - com os valores de F_{ij} , do Passo 1, calcula-se V_{ij} na fórmula (III.25) ou seja:

$$V_{ij} = G_i A_j \frac{F_{ij} K_{ij}}{\sum_{j=1}^n A_j F_{ij} K_{ij}}$$

$$\forall i, j \in \{1, 2, \dots, n\}$$

- Obs.:
- isto é feito para um ano "A", previamente escolhido.
 - adotar, por agora, $K_{ij} = 1$, $\forall i, j$. Vide etapa 6.

Passo 3 - pegar a tabela de O-D, obtida na etapa 2, para o ano "A".

Passo 4 - para cada propósito de viagem e para cada incremento de tempo, distância, ou custo obtêm-se novos valores de F_{ij} (F'_{ij}), onde:

$$F'_{ij} = F_{ij} \frac{OD\%}{MG\%} \quad \forall i, j = 1, 2, \dots, n$$

com:

F'_{ij} = novo fator de fricção F'_{ij} ;

F_{ij} = valor anterior do fator de fricção;

OD% = percentagem sobre o total de viagens, obtidas pela tabela O-D, no ano A que têm um motivo de viagem M e são realizadas em t minutos, ou têm uma distância d entre i e j, ou custam C unidades monetárias;

MG% = percentagem sobre o total de viagens obtidas pelo modelo de Gravidade no ano A, motivo M, e realizadas em t minutos, ou distância d ou custo C.

- Obs.:
- o valor de "OD%" é calculado, somente, uma vez durante o processo e isto poderia ter sido feito na etapa 2.
 - conforme já foi dito no item e) da etapa 1, a medida de separação entre zonas \bar{e} , em geral, dada pelo tempo.

Passo 5 - com os valores de F'_{ij} calculados em 4 aplicamos a fórmula de Gravidade (fórmula (III.25)), ou seja:

$$V_{ij} = G_i A_j \frac{F'_{ij} K_{ij}}{\sum_{j=1}^n A_j F'_{ij} K_{ij}}$$

$$\forall i, j \in \{1, 2, 3, \dots, n\}$$

Os valores de K_{ij} continuam valendo 1, conforme observação feita no passo 2.

Passo 6 - se a distribuição de viagens calculada pelo modelo de Gravidade for a mesma da tabela O-D, o método está terminado e os fatores de fricção estão determinados. Quantitativamente uma regra de parada poderia ser dada por:

$$|OD\% - MG\%| \cong 3\%$$

Caso as condições acima não se verifiquem, retorna-se ao passo 4.

Etapa 4: Ajuste da geração e da atração do modelo versus tabela O-D

Nada nos garante que o número de viagens geradas (ou atraídas) numa zona i , obtido pelo modelo de gravidade é igual àquele da tabela O-D. Para que esta igualdade aconteça, pode-se usar um processo iterativo, onde a cada iteração, o valor de G_i , na fórmula (III.25), é dado por:

$$G_i = V_i^{O-D} \frac{V_i^{O-D}}{\sum_{j=1}^n V_{ij}^{MG}} \quad \forall i \in \{1, 2, 3, \dots, n\}$$

e o valor de A_j é dado por:

$$A_j = V_j^{0-D} \frac{V_j^{0-D}}{\sum_{i=1}^n V_{ij}^{MG}} \quad \forall j \in \{1, 2, 3, \dots, n\}$$

onde:

G_i, A_j = parâmetros de geração da zona i e da atração da zona j , respectivamente;

V_i^{0-D} = número total de viagens geradas em i obtidas pela tabela 0-D;

V_j^{0-D} = número total de viagens atraídas a j , também pela tabela 0-D;

V_{ij}^{MG} = número de viagens entre i e j calculadas pelo modelo de Gravidade.

Dependendo das características da área de estudo e dos propósitos das viagens, um número diferente de ajustes será necessário nesta etapa.

Etapa 5 - Estimativa de barreiras topográficas ou geográficas que influenciam os resultados do modelo

O uso, até hoje, de modelos de Gravidade mostraram que barreiras topográficas ou geográficas como por exemplo montanhas, rios, túneis e grandes espaços abertos, podem ter uma influência definida nas estimativas das viagens interzonais. Esta influência envolve uma análise a ser feita das diferenças entre as viagens estimadas (pelo modelo) e as observadas (tabela 0-D) que cortam as barreiras topográficas na área em estudo. Tal análise é dita análise de "screenline" e é feita, ge-

ralmente, para o principal propósito de viagem e depois estendida aos outros propósitos.

Os efeitos mencionados são levados em conta no modelo de Gravidade através da inserção de penalidades de tempo nos tempos de viagens interzonais que são afetados por estas barreiras.

A quantidade de tempo de barreira a ser imposta é determinada empiricamente.

Os exemplos reais dos modelos de Gravidade usados, levando em conta barreiras geográficas, são os seguintes:

- i) Estudo de Washington - Pontes que cruzam o Rio Potomac.
- ii) Estudo de New Orleans - Uso de ferry-boat para atravessar o Rio Mississippi nas zonas da área de estudo.
- iii) Estudo de Hartford - Pedágio nas pontes que cruzam o Rio Connecticut.

Etapa 6: Estimativa de fatores sócio-econômicos que afetam o modelo (K_{ij})

Os fatores sócio-econômicos que influenciam as viagens podem ser incorporados ao modelo de Gravidade através dos fatores de ajustamento K_{ij} da zona i para a zona j . Estudos passados têm mostrado essa influência e o conseqüente uso

dos K_{ij} . Por exemplo, a separação das viagens por propósitos da realização das mesmas pode não ser suficiente para levar em conta todas as diferenças básicas das viagens. Um caso onde isso acontece seria o seguinte: suponhamos que todas as viagens de trabalho produzidas por uma zona são feitas por trabalhadores industriais. Na distribuição das mesmas elas seriam atraídas para zonas com grande oferta de empregos independente do tipo de emprego que é oferecido. Poderia resultar daí, que estes trabalhadores industriais fossem atraídos para zonas com grandes escritórios ou estabelecimentos comerciais, principalmente se houvesse proximidade das mesmas, ou seja, zona residencial para zona de trabalho.

Um outro exemplo concreto deste aspecto seria uma atração maior que uma zona poderia ter sobre as outras, por exemplo; na época de férias de verão, uma zona com praias. Haveria a necessidade do uso de um fator K_{ij} para exprimir esta atração.

Na descrição dos parâmetros da formulação geral do modelo, os fatores K_{ij} já foram também explicados. O interessante a se explicitar nesta etapa da calibração seria a indicação de como estes fatores podem ser expressos. Uma expressão desses fatores usada no estudo de Washington D. C., é a seguinte:

$$K_{ij} = R_{ij}^* \cdot \frac{1 - R_i^{0-D}}{1 - (R_i^{0-D} \cdot R_{ij}^*)} \quad \forall i, j \in \{1, 2, 3, \dots, n\}$$

onde:

K_{ij} = fator de ajustamento a ser aplicado aos movimentos entre i e j;

R_{ij}^* = razão entre o número de viagens obtido pela tabela O-D e o número de viagens obtido pelo modelo de Gravidade, ambos para as viagens entre i e j;

R_i^{O-D} = razão entre o número de viagens obtido pela tabela O-D, de i para j e o número de viagens obtido também pela tabela O-D, mas apenas as geradas em i.

Finalizando esta etapa, poderíamos dizer que os fatores K_{ij} podem ser usados para verificar se a calibração do modelo de Gravidade acarretou o necessário ajustamento. Isto pode ser tentado, com as modificações dos mesmos no processo iterativo.

Apenas como referência podemos citar ainda um outro modo de calibração, aquele apresentado por Edens (8).

III.8.4 - Variações do Modelo - Aplicações

Daremos, a seguir, alguns modelos desenvolvidos, tendo como fórmula-base a fórmula geral (III.25) do modelo de Gravidade. As considerações e modificações feitas em (III.25) para estes modelos serão citadas.

a) Modelo de Interactância (6)

Modelo utilizado no estudo do tráfego de Londres.

Características:

- A função F_{ij} é uma função da distância a que as zonas se encontram do centro da cidade, isto se devendo ao facto comprovado de que "para uma mesma distância e para condições similares, o número de viagens aumenta ao se aumentar a distância das zonas de origem e destino ao centro da cidade (CBD)".

- O tipo de consideração acima apresenta graves inconvenientes que impedem sua aplicação, salvo para estudos em grande escala. Os inconvenientes são a grande complexidade, que necessita da participação de um grande número de pessoas altamente especializadas e a necessidade de se fazer uma grande pesquisa de O-D, que, por sua complexidade, precisa ser feita a domicílio, o que encarece notavelmente o trabalho.

b) Modelo do equilíbrio preferente (6)

Modelo utilizado no estudo do tráfego de Paris e feito pela Sociedade Francesa S. E. M. A. (Société d'Économie et de la Mathématique Appliquée) em 1963 para o estudo dos movimentos domicílio-trabalho da cidade de Paris. Foram feitas três estratificações e desenvolvidas uma fórmula de cálculo para cada uma:

1a.) pessoas com residência fixa e que escolhem o local de trabalho conforme uma lei de Gravidade.

$$V_{ij}^1 = \alpha \frac{P_i E_j}{C_{ij}^\lambda} \frac{1}{\sum_j \frac{E_j}{C_{ij}^\lambda}} \quad (\text{III.26})$$

$\forall i, j.$

2a.) pessoas com lugar de trabalho fixo e que escolhem lugar de residência conforme uma lei de Gravidade.

$$V_{ij}^2 = \beta \frac{P_i E_j}{C_{ij}^\lambda} \frac{1}{\sum_i \frac{P_i}{C_{ij}^\lambda}} \quad (\text{III.27})$$

$\forall i, j.$

3a.) pessoas que não têm determinado nem sua residência, nem seu lugar de trabalho, escolhendo ambos ao acaso.

$$V_{ij}^3 = \gamma \frac{P_i E_j}{N} \quad \forall i, j \quad (\text{III.28})$$

onde:

$V_{ij}^1, V_{ij}^2, V_{ij}^3$ = viagens entre i e j para as categorias 1, 2 e 3;

α, β, γ = proporção de pessoas, do total da população ativa, que pertencem às categorias 1, 2 e 3 respectivamente;

P_i = população de i ;

E_j = número de empregos de j ;

C_{ij} = custo da viagem para se ir de i para j ;

λ = expoente empiricamente determinado;

$$N = \sum_i P_i = \sum_j E_j.$$

As seguintes condições deverão ser verificadas:

i) $V_{ij} = V_{ij}^1 + V_{ij}^2 + V_{ij}^3$ onde V_{ij} = viagens entre i e j de domicílio para o trabalho.

ii) $\sum_j V_{ij} = P_i \quad \forall i.$

iii) $\sum_i V_{ij} = E_j \quad \forall j.$

Observações:

- em 1962 os valores dos parâmetros acima em Paris eram:

$$\lambda = 3,00 \qquad \beta = 0,00$$

$$\alpha = 0,75 \qquad \gamma = 0,25$$

- o modelo apresenta as seguintes dificuldades:

i) variação dos parâmetros ao longo do tempo

ii) determinação do valor futuro do custo das viagens (C_{ij})

c) Estudo de Atenas

Foram considerados cinco objetos de viagens. Os F_{ij} eram iguais a 1 (um) quando o tempo de percurso de i para j era de 10 (dez) minutos. Para tempos inferiores, os fatores de fricção F_{ij} eram maiores do que 1 (um) e para percursos longos os fatores eram menores do que 1 (um).

d) Estudo do metrô de São Paulo (9)

Os parâmetros G_i e A_j foram considerados como o número de viagens geradas em i e atraídas a j , respectivamente.

Os fatores F_{ij} foram calculados conforme o método dado em III.8.3.

Foram consideradas cinco categorias de viagens (residências-trabalho/negócios, educação, outros, não-residenciais e externas).

e) Modelo do DNER (12)

Desenvolvido com dados de 1972, conforme contrato entre o DNER (Divisão de Processamento de Dados e Documentação) e a empresa ANPLA.

O modelo destinou-se a orientar a Divisão de Transporte de Passageiros e Cargas do DNER nas decisões do planejamento dos serviços regulares de transporte coletivo em nível estadual.

A fórmula usada foi a seguinte:

$$V_{ij} = a_1 P_i R_i^{a_2} P_j R_j^{a_3} d^{a_4} K_{ij}^{a_5} \quad (\text{III.29})$$

$V_{i,j}$

onde:

V_{ij} = movimento de passageiros da cidade i para a cidade j ;

P_i, P_j = população das cidades i e j respectivamente;

R_i, R_j = renda per capita dos estados onde se situam os municípios i e j respectivamente.

te;

d = distância rodoviária entre i e j ;

K_{ij} = valor fixado para a atratividade de j sobre i ;

a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 = parâmetros empiricamente determinados para cada equação regional (regiões nordeste, sudeste, centro oeste e sul) e ca da tipo de previsão (mensal, anual e mês de "pico").

O parâmetro a_4 tem sempre um valor negativo.

f) Modelo do Ministério dos Transportes e Turismo
Serviço especial de rodovias (França)

$$V_{ij} = 0,34 \frac{(P_i \cdot P_j)^{0,61}}{d_{ij}^{1,72}} \quad (\text{III.30})$$

$V_{i,j}$

onde:

V_{ij} = tráfego diário médio, expresso em número de veículos;

P_i, P_j = população das cidades i e j , respectivamente;

d_{ij} = distância entre i e j .

g) Modelo da Civil Aeronautics Administration de 1943 (atual FAA)

$$A_{ij} = K_{ij} \frac{P_i \cdot P_j}{d_{ij}^{1,5}} \quad (\text{III.31})$$

$$\forall i, j$$

onde:

A_{ij} = número de passageiros de avião entre as cidades i e j ;

K_{ij} = constante do tipo gravitacional;

P_i, P_j = população das cidades i e j , respectivamente;

d_{ij} = distância aérea entre i e j .

h) Modelo de Burch

Modelo desenvolvido por James Burch, em 1943, na Carolina do Norte. A fórmula é a seguinte:

$$V = 0,04 m^2 + 4,9 m + 160 \quad (\text{III.32})$$

onde:

V = número de viagens realizadas durante um dia entre as cidades \underline{i} e \underline{j} e \underline{j} e \underline{i} , para todo \underline{i} e \underline{j}

$$m = \frac{\sqrt{P_i \cdot P_j}}{(d_{ij})^2}$$

sendo:

P_i, P_j = população das cidades i e j , respectivamente;

d_{ij} = distância entre i e j .

Observação:

Os modelos de letras f, g e h foram transcritos do livro "Planejamento dos transportes", de José Carlos Mello (16).

Os modelos de letra i, j, k, l e m vão citados nos quadros (III.1) e (III.2) que foram transcritos das páginas 142 e 143 do relatório de Martin (15).

Table C.4-3 - Gravity Model Attraction Units and Distance Measures

Application	Trip Type	Trip Purpose Categories	Attraction Unit	Distance Measured by:
i) Baltimore ⁶ (1958)	Transit Automobile	Home Based a. Work b. Miscellaneous Home Based a. work b. commercial c. social d. non-home based	a. zonal employment ¹ b. (Unknown) a. zonal employment ¹ b. zonal retail employment c. zonal population d. zonal social & commercial trips ³	Interzonal transit travel time during off-peak hours Interzonal automobile off peak travel time + terminal time (5-6min.). Travel time factors used are shown in Table C-4.4a. (2)
j) Boston ⁷ (1959)	Pearson ³	Home Based a. work b. non-work ⁴	a. zonal employment ¹ b. zonal 17.5 x retail employment + 2 x employment + population	Interzonal automobile off peak travel time + terminal time (1 to 10min.). Exponent of distance = 3.5 for work trips, 5.0 for non-work trips.
k) Hartford ⁸ (1960)	Automobile	Home Based a. work b. commercial c. social d. non-home based	a. zonal employment ¹ b. zonal retail employment c. zonal population d. zonal work + commercial trips	Interzonal automobile off peak travel time + terminal time (5-6min.). Travel time factors used are shown in Table C-4.4a. (2)
l) Seven Iowa Cities ⁹ (1960)	Automobile	Home Based a. work b. non-work c. non-home based	a. zonal employment ¹ b. zonal population + 25 x retail employment c. zonal population + 25 x retail employment	Interzonal automobile off peak travel time. Travel time factors used are shown in Table C-4.4b.
m) Toronto ¹⁰ (1960)	Pearson and Automobile	Home and non-home based a. work b. business-commercial c. social recreational	a. zonal employment ⁵ b. zonal retail employment c. zonal population	Interzonal automobile off peak travel time. Exponent of distance = 1.0 for work trips and 2.0 for non-work trips.

FOOTNOTES

- 1 Work trips were adjusted to conform to the total number of arrivals predicted by zonal work trip generation estimates, using iteration techniques.
- 2 Travel time factors represent D_{ij}^x solved for varying travel times (in minutes), using the following exponents of distance: 2.20 for work, 3.00 for commercial, and 2.35 for social trips.
- 3 Includes "walk trips".
- 4 Original non-work trip purpose categories and attraction units were:
 - a. shopping
 - b. social, civic, educational, and religious
 - c. personal business, business related to work and recreation
- 5 All attracted trips were adjusted to conform with the total number of arrivals predicted by zonal trips generation estimates, using iteration techniques.
- 6 Alan M. Voorhees and Robert Morris, "Estimating and Forecasting Travel for Baltimore by Use of a Mathematical Model", Bulletin 224: Trip Characteristics and Traffic Assignment, (Highway Research Board, 1959), pp. 105-14.
- 7 Boston College Seminar Research Bureau, Travel in the Boston Region: 1959-1980, Vol. II: Trip Distribution Procedures, (February, 1961), pp. 3-47.
- 8 Walter G. Hansen, "Hartford Transportation Study Procedures", pp. 7-8.
- 9 R. H. Wiant, "A Simplified Method for Forecasting Urban Traffic", paper prepared for presentation before the Highway Research Board Origin and Destination Survey Committee Meeting, January 9, 1961.
- 10 N. A. Irwin, Norman Dodd, and H. G. vonCube, "Capacity Restraint in Assignment Programs", Highway Research Board Bulletin 297, pp. 109-27, 1961.

CAPÍTULO IVAPLICAÇÃO DE MODELOS DE DISTRIBUIÇÃO DE TRÁFEGO, BASEADOS EM FATORES DE CRESCIMENTO, AO RIO DE JANEIROIV.1 - Introdução e Objetivos

Uma vez levantada a teoria e estudos levados a efeito sobre modelos de distribuição, procuraremos, neste capítulo, aplicar alguns dos modelos existentes a um caso real e bem próximo de nós, ou seja, realizar uma aplicação de quatro métodos de distribuição a uma região previamente delimitada da cidade do Rio de Janeiro.

Tal pesquisa toma por base dados obtidos junto à Companhia do Metropolitano do Rio de Janeiro (Metrô Rio) e objetiva projetar, para 1975, a distribuição de viagens, a partir daquela realizada em 1968.

A projeção é feita pelos quatro principais métodos baseados em fatores de crescimento:

- Método do Fator Uniforme
- Método do Fator Médio
- Método de Detroit
- Método de Fratar

Além disso será feito um estudo comparativo entre os resultados dos modelos e aqueles obtidos pelo "METRÔ RIO" na pesquisa realizada em 1975. Esses resultados foram publicados em fins de 1976, e na seção seguinte a esta faremos referência à fonte de publicação.

Para a concretização do trabalho acima foi desenvolvido um programa para computador em linguagem FORTRAN, e o mesmo foi utilizado em computadores IBM/370 e Burroughs B6700.

Nas seções que se seguem daremos toda a fundamentação da pesquisa, a estrutura do programa desenvolvido, a metodologia adotada, os resultados obtidos e sua análise, para então finalmente compararmos os métodos e tirarmos conclusões globais de todo o estudo.

Cabe aqui ressaltar que a escolha de métodos baseados em fatores de crescimento deve-se, principalmente, aos seguintes fatos:

i) A disponibilidade dos dados necessários à aplicação dos métodos escolhidos o que não aconteceria caso os métodos utilizados fossem outros.

ii) Por ter a própria Companhia do Metropolitano do Rio de Janeiro usado um método com base em fatores de crescimento - Método do Fator Médio, para o seu planejamento do tráfego.

iii) Por ser possível aplicarmos a partir dos mes

mos dados iniciais, quatro modelos diferentes de distribuição de viagens.

IV.2 - Fundamentos da Pesquisa

Nesta seção apresentaremos todos os elementos em que a pesquisa foi baseada. Estes dados foram obtidos junto à Cia. do Metropolitano do Rio de Janeiro, tendo como referências bibliográficas as fontes de números (18), (19) e (20) desta tese. Nos subitens que se seguem, os fundamentos da pesquisa serão abordados separadamente.

IV.2.1 - Região de Estudo

O estudo de viabilidade do metrô adotou a seguinte divisão geográfica para a região metropolitana do Rio de Janeiro:

MACROÁREA

- Guanabara
 - Microárea (34 zonas)
 - Guanabara menos a microárea
- Municípios fluminenses
 - Nova Iguaçu
 - Nilópolis
 - Niterói
 - São João de Meriti
 - São Gonçalo
 - Duque de Caxias

O mesmo estudo, que foi levado a efeito em 1968, destacou, dentro da divisão acima, a microárea da Guanabara. O destaque feito deve-se, principalmente, aos seguintes fatos:

- A microárea apresenta grande concentração populacional (2,25% da população do Brasil em 1968) e, sobretudo, de tráfego.
- Dentro dela ficarão localizadas as partes essenciais da rede do metrô a serem construídas.
- A divisão zonal da mesma coincide com as circunscrições censitárias, o que torna possível aproveitar os resultados de censos demográficos.
- Maior disponibilidade e confiabilidade dos dados existentes sobre ela.

Por esses motivos, e por ter-se, apenas, para esta microárea todos os dados necessários ao nosso estudo, a região a ser considerada será a microárea do ex-estado da Guanabara.

A microárea apresenta uma superfície de 128km^2 e em 1968 sua população era de 1,8 milhões de habitantes (2,25% da população do Brasil). Esta área abrange o centro da cidade e a região próxima, sob sua influência. Nos mapas da figura (IV.1) ela pode ser visualizada.

O zoneamento feito, em 1968, dividiu-a em 34 zo

nas, quais sejam:

- | | |
|-----------------|-------------------------|
| 1. Candelária | 18. Leblon |
| 2. Norte-Sul | 19. Gávea |
| 3. Pedro II | 20. Tijuca |
| 4. Lapa | 21. Andaraí |
| 5. Gamboa | 22. Maracanã |
| 6. Mangue | 23. Vila Isabel |
| 7. Rio Comprido | 24. Grajaú |
| 8. Santa Teresa | 25. Lins de Vasconcelos |
| 9. Catete | 26. Engenho Novo |
| 10. Flâmengo | 27. Méier |
| 11. Laranjeiras | 28. Engenho de Dentro |
| 12. Botafogo | 29. Cachambi |
| 13. Urca | 30. Riachuelo |
| 14. Leme | 31. Jacarezinho |
| 15. Copacabana | 32. Benfica |
| 16. Lagoa | 33. Caju |
| 17. Ipanema | 34. São Cristovão |

As pesquisas levadas a efeito em 1975 para elaboração do I Plano Integrado de Transportes (2, 3), não mais considerou a microárea constituída por essas 34 zonas, e sim pelas regiões administrativas da área, inclusive para todo o estado do Rio de Janeiro, fazendo com que o zoneamento se reduzisse para 11 zonas.

Essas 11 zonas, bem como as respectivas zonas correspondentes da divisão feita anteriormente, são citadas no

Quadro (IV.1).

1975		1968
Regiões Administrativas		Zonas correspondentes
I	Portuária	05, 33
II	Centro	01, 02, 03, 04
III	Rio Comprido	06, 07
IV	Botafogo	09, 10, 11, 12
V	Copacabana	13, 14, 15
VI	Lagoa	16, 17, 18, 19
VII	São Cristovão	32, 34
VIII	Tijuca	20, 22
IX	Vila Isabel	21, 23, 24
XII	Méier e	25, 26, 27, 28, 29, 30, 31
XIII	Engenho Novo	
XXIII	Santa Teresa	08

Quadro IV.1

Em nosso estudo adotaremos a mesma numeração de 1 a 34, para o ano de 1968 e para 1975 será adotada a seguinte numeração e regiões administrativas correspondentes:

1. Portuária
2. Centro
3. Rio Comprido
4. Botafogo
5. Copacabana
6. Lagoa
7. São Cristovão

8. Tijuca
9. Vila Isabel
10. Méier e Engenho Novo
11. Santa Teresa

IV.2.2 - Matrizes de Viagens

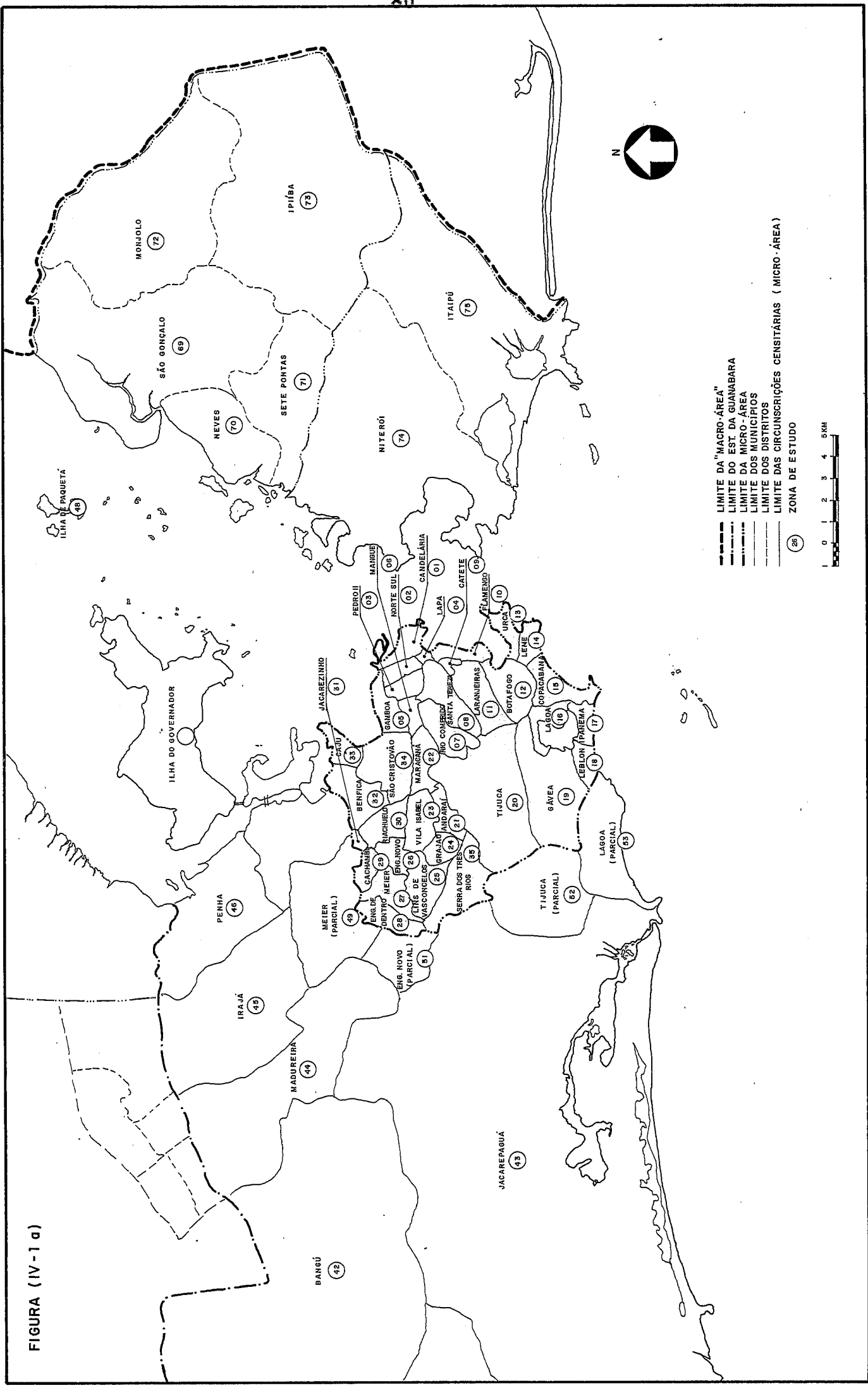
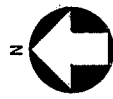
Consideraremos no nosso estudo o tráfego total diário para a microárea do Rio de Janeiro.

Em 1968, a distribuição do tráfego entre as 34 zonas é dada pelas matrizes do quadro (IV.2).

O total de viagens geradas e atraídas, por zona era aquele dado no quadro (IV.3).

Em 1975, a distribuição do tráfego entre as 11 zonas era aquela dada no quadro (IV.4).

Tanto a distribuição para 1968, como para 1975 foram obtidas por pesquisas de origem e destino, levadas a efeito pela Cia. do Metropolitano do Rio de Janeiro.

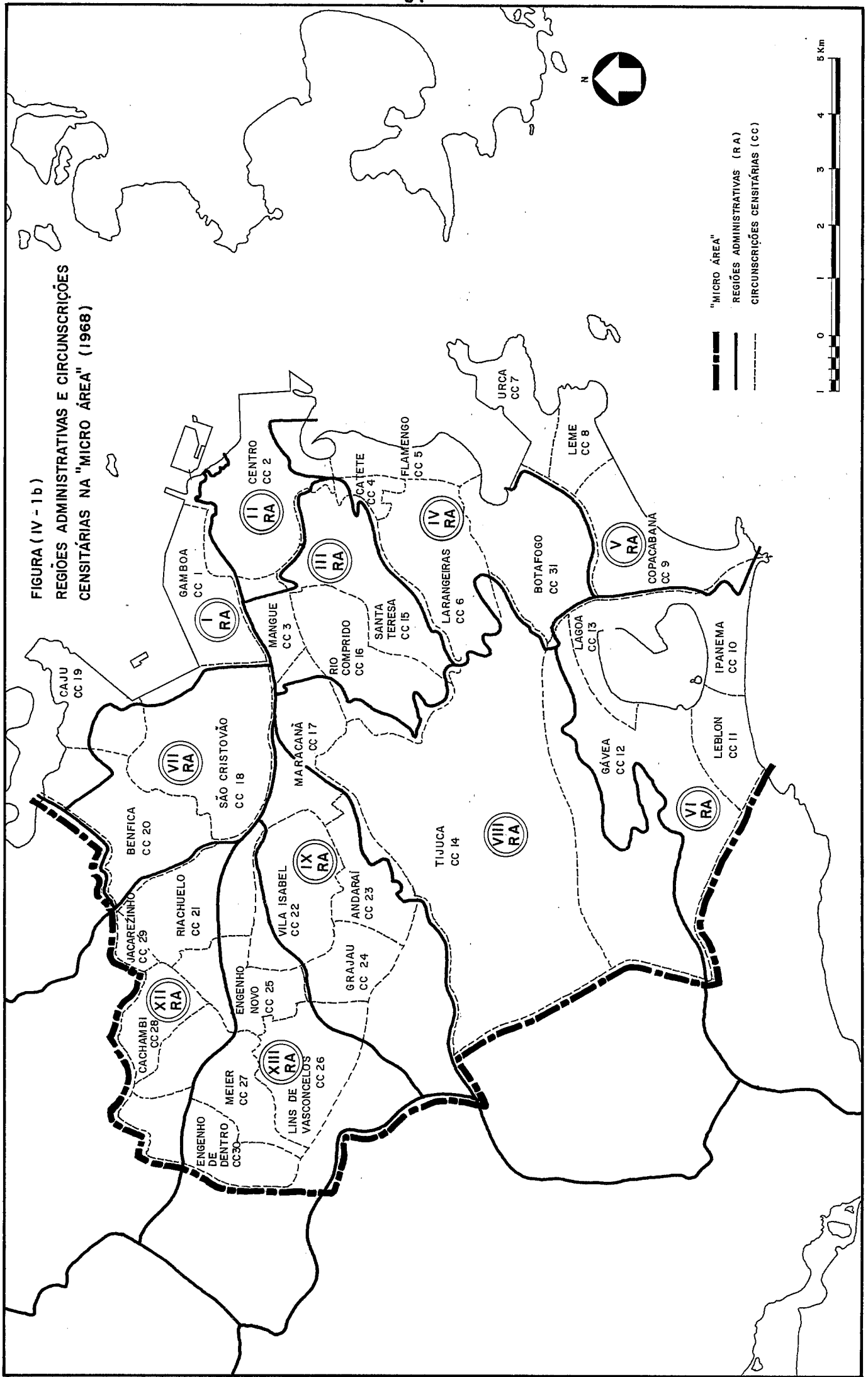


- LIMITE DA "MACRO-ÁREA"
- LIMITE DO EST. DA GUANABARA
- LIMITE DA MICRO-ÁREA
- LIMITE DOS MUNICÍPIOS
- LIMITE DOS DISTRITOS
- LIMITE DAS CIRCUNSCRIÇÕES CENSITÁRIAS (MICRO-ÁREA)



FIGURA (IV-1 a)

FIGURA (IV - 1b)
 REGIÕES ADMINISTRATIVAS E CIRCUNSCRIÇÕES
 CENSITÁRIAS NA "MICRO ÁREA" (1968)



NUMERO DE VIAGENS DE I PARA J EM 1968

I \ J	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2885	3086	5130	1285	1643	1242	3923	5664	5279
2	3486	1402	3028	1815	694	1983	3949	7979	3877
3	4858	2717	0	1429	1514	261	1842	1432	1100
4	2160	1488	1112	80	195	129	181	245	887
5	1822	1044	1420	274	243	4	138	637	103
6	1653	1882	65	129	4	203	325	51	102
7	4104	4627	1581	181	138	390	2801	902	400
8	7557	7868	1397	245	843	104	918	2582	1516
9	6220	3396	702	568	5	102	271	967	309
10	8923	6371	3111	852	134	247	529	677	1851
11	11098	9710	2463	459	934	1032	645	1910	2195
12	13945	9132	2613	962	1641	235	1323	1623	2065
13	663	324	484	7	0	0	291	167	101
14	3395	1402	647	141	119	86	2	0	238
15	24606	16549	3228	259	638	1376	1567	2128	2669
16	702	919	166	28	236	155	269	107	208
17	6920	2632	905	13	327	277	1466	104	549
18	4084	1866	750	50	62	3	291	181	113
19	4114	2438	704	100	549	183	381	282	308
20	8348	9325	3728	336	632	142	5781	1310	439
21	3555	2584	1016	126	1166	140	780	0	63
22	6621	6992	3412	294	587	1186	3937	486	719
23	4668	2465	1940	0	76	74	1103	555	0
24	4154	2238	949	0	482	479	456	0	0
25	1566	2131	292	10	0	323	205	199	0
26	3702	2522	1288	87	387	156	540	51	0
27	4852	2323	911	391	359	555	271	0	71
28	3629	2888	642	0	397	153	270	0	120
29	3488	1260	827	0	0	377	487	386	197
30	3537	1881	1781	0	459	232	266	360	185
31	161	328	161	0	500	170	0	0	0
32	1266	522	910	2	4	199	218	51	0
33	844	244	65	0	0	16	162	0	2
34	2577	5239	798	90	556	929	506	234	371

Quadro IV.2.a

NUMERO DE VIAGENS DE I PARA J EM 1968

I \ J	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	7789	11479	12792	717	2756	23581	702	6818	3615
2	7041	8613	9737	531	2029	17937	871	3354	2075
3	3288	1899	2871	32	491	3148	273	1298	580
4	851	658	1180	7	141	335	28	13	50
5	134	754	1080	0	0	1262	236	257	62
6	325	1067	162	0	100	1274	253	277	173
7	352	371	1322	163	86	1855	269	1210	629
8	806	2041	1905	167	0	1591	107	325	321
9	1181	2094	1763	101	118	2985	208	723	356
10	2087	3951	11959	900	577	6725	1310	1771	822
11	4030	11350	5408	391	121	5557	256	1731	2532
12	12770	6514	12336	1286	2636	20062	4374	4777	4800
13	527	731	1216	0	351	2116	25	542	110
14	400	79	2469	351	0	4039	743	837	140
15	6720	5473	20369	1987	4379	25389	1183	10865	4768
16	891	333	5271	25	610	1258	243	1174	1625
17	2236	1665	5356	365	837	10315	1415	2970	3199
18	697	2032	5038	166	309	4885	1309	2429	845
19	2295	1944	7424	297	560	5278	1207	3582	3859
20	467	1036	1739	321	128	4309	109	338	227
21	249	228	885	245	0	515	0	0	24
22	1385	994	1894	0	468	2262	233	200	201
23	345	583	195	0	149	677	0	345	10
24	0	161	252	314	0	749	0	141	0
25	0	1	302	0	100	104	0	0	0
26	58	0	513	86	57	538	0	92	56
27	268	220	543	0	0	1048	3	0	704
28	115	0	124	0	244	244	3	147	125
29	0	234	295	0	0	603	0	1	0
30	116	1101	638	167	0	480	7	229	0
31	0	159	0	0	115	335	0	0	182
32	101	207	252	6	0	376	0	3	0
33	0	233	0	0	143	243	0	0	0
34	736	1150	946	307	539	2948	0	742	0

Quadro IV.2.b

NUMERO DE VIAGENS DE I PAFA J EM 1968

J->	19	20	21	22	23	24	25	26	27
I									
V									
1	3389	8147	3664	5540	3772	3996	1166	3368	4453
2	3020	9568	2876	7015	3846	2503	1595	2606	2799
3	588	3375	1006	4037	2082	819	393	1029	878
4	100	198	126	373	0	0	10	87	391
5	401	767	1089	979	76	172	0	302	221
6	331	179	506	1169	1	324	424	242	414
7	381	5312	512	3682	957	327	205	713	271
8	193	806	62	611	405	51	298	136	0
9	545	372	63	450	0	0	0	0	71
10	1946	535	361	1459	470	0	0	58	242
11	1442	956	779	630	696	161	101	0	69
12	7660	2442	365	1382	806	252	102	502	488
13	297	445	245	278	0	314	0	86	116
14	560	9	0	588	149	0	100	0	0
15	5566	5041	753	2311	694	660	104	341	704
16	846	242	0	233	0	0	0	0	3
17	3522	339	0	89	225	141	0	271	0
18	4594	510	194	201	154	0	0	0	704
19	4441	1320	177	815	1	0	0	0	0
20	1040	20878	6813	12159	4610	2047	536	2738	1979
21	177	6072	1600	4848	340	693	601	851	417
22	745	12349	5133	6497	2838	1162	1051	2002	2654
23	57	4122	459	3388	1307	636	498	3040	754
24	0	2165	726	1157	801	629	405	1448	634
25	0	337	601	1353	557	405	501	982	1534
26	0	2653	851	2044	2867	1362	982	2030	2932
27	0	2036	397	2150	876	634	1218	3003	5104
28	139	696	145	693	121	704	855	1147	4127
29	0	176	1	486	263	2	193	640	4075
30	0	1570	789	2963	1231	121	669	1582	2344
31	0	516	159	50	3	157	0	320	1053
32	0	253	123	750	688	0	298	230	431
33	0	167	0	50	32	25	8	6	115
34	414	1766	861	1372	863	350	447	2199	1456

Quadro IV.2.c

NUMERO DE VIAGENS DE I PARA J EM 1968

	J-> 28	29	30	31	32	33	34
I							
V							
1	3245	3287	3222	322	782	374	2811
2	3294	820	1575	328	594	244	4947
3	759	824	1177	161	785	201	828
4	0	0	116	0	2	0	90
5	279	0	243	338	81	0	457
6	153	188	116	170	395	16	376
7	390	759	611	0	218	162	673
8	0	386	411	0	51	50	183
9	120	197	227	0	0	110	470
10	115	0	332	0	278	0	529
11	0	256	299	0	362	233	1556
12	277	588	1074	0	127	0	1299
13	0	0	167	0	6	0	199
14	363	0	0	0	0	143	410
15	359	537	501	335	532	243	2912
16	3	0	7	0	0	0	0
17	147	67	229	0	121	0	633
18	125	0	0	182	0	0	0
19	139	0	0	0	0	0	414
20	813	4	1147	516	128	304	2109
21	145	189	1155	159	123	0	752
22	877	675	2713	50	922	50	1834
23	121	140	1369	161	432	32	1157
24	618	190	121	0	0	25	350
25	855	193	553	0	298	8	146
26	1472	583	1739	162	409	6	2247
27	3668	3562	2535	1106	555	115	982
28	896	65	1559	170	226	6	620
29	65	698	586	0	356	102	373
30	1136	586	448	377	256	113	2344
31	170	0	377	0	158	192	1037
32	226	167	24	266	679	100	1841
33	6	102	113	192	100	0	927
34	559	429	2563	878	1914	927	2475

Quadro IV.2.d

TOTAL DE VIAGENS PARA O ANO DE 1968

I	COM ORIGEM EM I	COM DESTINO PARA I
1	152924	166163
2	128031	121795
3	47975	48226
4	11233	10213
5	14875	15524
6	13049	13143
7	36554	36094
8	23936	31270
9	24694	26037
10	59122	58260
11	69362	69355
12	120458	119306
13	9878	8932
14	17410	18044
15	155746	155023
16	15554	15367
17	47335	47191
18	31774	32090
19	42812	42394
20	96526	96319
21	29698	31436
22	73423	71802
23	30858	31731
24	19644	18647
25	13556	12760
26	32472	31959
27	40460	41433
28	21270	21395
29	16171	15502
30	27968	27309
31	6303	5873
32	10193	10890
33	3795	3756
34	38151	37981

Quadro IV.3

NUMERO DE VIAGENS DE I PARA J EM 1975
 POR REGIOES ADMINISTRATIVAS:
 OBSERVADO

I I V	J-->	1	2	3	4	5	6
1		7571	15614	2002	17004	8686	6740
2		24441	88248	24150	90311	47625	35631
3		1745	25968	13991	7863	4867	4411
4		11271	91937	9627	216125	83854	70366
5		8920	67902	6630	80170	128403	78967
6		3239	42676	5195	62470	87300	144627
7		5278	26415	2753	7329	6604	3573
8		5630	48873	16283	14944	9284	10055
9		2792	27902	7816	10453	6782	3843
10		5710	64230	7556	11389	10670	6866
11		1928	8789	1366	5556	4365	1823

I I V	J-->	7	8	9	10	11
1		3476	8308	2314	5322	2173
2		27572	47112	26048	65456	8706
3		4404	20383	4181	9753	2297
4		8686	16757	6863	11971	4054
5		5055	10290	4203	10884	2059
6		3601	7166	4895	6642	1274
7		27142	7840	3733	17362	596
8		6795	115843	42076	30437	2977
9		4528	38278	38001	23136	1207
10		18013	33014	31656	236035	2158
11		810	1498	416	1912	1934

Quadro IV.4

IV.2.3 - Fatores de Crescimento

Os fatores de crescimento utilizados em nosso estudo, para as 34 zonas, são aqueles do quadro (IV.5).

Esses fatores foram obtidos pelo METRÔ (1) pela seguinte equação:

$$f_x = \frac{\bar{R}_{V_x^0} + R_{V_x^D}}{68V_x^0 + 68V_x^D} \quad (\text{IV.1})$$

$$\forall x = 1, 2, 3, \dots, 34$$

onde:

f_x = fator de crescimento da zona "x";

$\bar{R}_{V_x^0}$ = total de viagens com origem em "x" obtidas por análise de regressão para o ano de 1975;

$R_{V_x^D}$ = total de viagens com destino em "x" obtidas por análise de regressão para 1975;

$68V_x^0$ = total de viagens com origem em "x" observadas em 1968;

$68V_x^D$ = total de viagens com destino em "x" observadas em 1968.

Na análise de regressão feita para 1975, as seguintes características das zonas foram consideradas (através de projeções):

- população
- empregos na indústria, comércio e em serviços
- matrículas escolares, estabelecimentos de

ensino médio e superior
- carros particulares

FATORES DE CRESCIMENTO

ZONA	FATOR
1	1.3430
2	1.2890
3	1.3510
4	1.3730
5	1.1290
6	1.2660
7	1.2870
8	1.1960
9	1.4060
10	1.3240
11	1.2690
12	1.3360
13	1.2130
14	1.2220
15	1.3040
16	1.2110
17	1.3140
18	1.3690
19	1.3710
20	1.3950
21	1.2000
22	1.3400
23	1.2870
24	1.2090
25	1.1520
26	1.3850
27	1.3010
28	1.2550
29	1.1970
30	1.1940
31	1.1390
32	1.2340
33	1.2310
34	1.2480

IV.3 - Programa de Computador, para a Realização do Estudo

Para o desenvolvimento do estudo foi elaborado um programa, na linguagem FORTRAN IV, para uso nos computadores Burroughs B6700 e IBM/370.

A listagem completa do programa-fonte encontra-se no Anexo I desta tese.

Apresentaremos a seguir uma breve descrição de funcionamento do programa.

IV.3.1 - Dados de Entrada do Programa

- i) Fatores de crescimento para as 34 zonas.
- ii) Matriz (34x34) da distribuição das viagens para o ano de 1968.
- iii) Matriz (11x11) da distribuição das viagens observadas para 1975 pela pesquisa levada a efeito pelo METRÔ.
- iv) Nomes dos quatro métodos a serem usados (UNIF, FMED, DETR, FRAT).

Todos esses dados são fornecidos ao programa, perfurados em cartão, para leitura.

IV.3.2 - Saídas do Programa

- Total de viagens geradas e atraídas pelas 34 zonas em 1968.

- Matrizes da distribuição das viagens entre as 34 zonas e entre as 11 zonas, para 1975, obtidas pela aplicação dos quatro métodos.

- Quadro geral do processo iterativo de calibração dos métodos do Fator Médio, Detroit e Fratar.

- Matrizes (11x11) dos erros "relativo" e "absoluto" entre o número de viagens calculado e o observado, para cada um dos quatro métodos em 1975.

- Erro máximo relativo, média aritmética dos erros relativos e o desvio padrão das observações dos erros relativos, para cada um dos quatro métodos.

IV.3.3 - Descrição do Programa

O programa é composto de uma rotina principal e cinco subrotinas (UNIF, OUTROS, CALCER, TABELA e ESCREV).

A rotina principal executa as seguintes funções:

i) Leitura e impressão dos dados de entrada.

ii) Cálculo das viagens geradas e atraídas pelas 34 zonas em 1968.

iii) Fornecimento dos dados de entrada para as cinco subrotinas.

iv) Controle da execução dos quatro métodos.

A subrotina UNIF calcula a matriz de viagens (34x34) para 1975 pelo método do Fator Uniforme. A subrotina OUTROS calcula a matriz de viagens (34x34) para 1975 e o quadro geral do processo iterativo de calibração, para os métodos do

Fator Médio, Detroit e Fratar.

A subrotina CALCER tem as seguintes funções:

i) Transformar a matriz de viagens (34x34), para 1975, em uma matriz (11x11), conforme a correspondência de zonas do quadro (IV.1), para cada um dos métodos.

ii) Calcular as matrizes dos erros "relativo" e "absoluto" entre as viagens observadas em 1975 pelo Metrô e as calculadas para 1975, para cada um dos quatro métodos.

iii) Calcular a média aritmética dos erros relativos, o desvio padrão dos erros relativos e o erro máximo relativo, para cada um dos quatro métodos.

As subrotinas TABELA e ESCREV são utilizadas, respectivamente, para a impressão em formato previamente definido, de todas as matrizes (34x34) e (11x11) do programa.

IV.4 - Metodologia Adotada e Resultados Obtidos

Apresentaremos, a seguir, toda a formulação e conceituação adotada no estudo, bem como os resultados obtidos pelo programa desenvolvido (seção IV.3), sempre com base nos fundamentos anteriormente citados na seção IV.2.

IV.4.1 - Matrizes de Viagens e Calibração dos Métodos

Veremos, nesta subseção, o cálculo das matrizes de viagens para o ano de 1975 pelos quatro métodos, bem como

os processos iterativos de calibração para os métodos do fator Médio, Detroit e Fratar.

- Método do fator Uniforme

Para o presente método foi usada a seguinte equação:

$${}^{75}V_{ij} = {}^{68}V_{ij} \cdot f \quad (\text{IV.2})$$

$$\forall i, j = 1, 2, \dots, 34$$

onde:

${}^{75}V_{ij}$ = número de viagens diárias entre as zonas i e j para 1975, pelo método do fator Uniforme;

${}^{68}V_{ij}$ = idem acima, para 1968, obtidas pelo METRÔ em pesquisa de tráfego;

f = fator de crescimento médio da microárea do Rio de Janeiro,

$$f = \frac{\sum_{x=1}^{34} f_x}{34} \quad (\text{IV.3})$$

onde os " f_x " são os fatores de crescimento das zonas, dados pela fórmula (IV.1). O valor obtido para f por esta fórmula foi 1,275.

As matrizes (34x34) e (11x11) de viagens, para 1975, dadas pelos cálculos na equação (IV.2) estão mostradas nos quadros (IV.6) e (IV.7) respectivamente.

O método do fator Uniforme, devido a sua fórmula -

ção, não é ajustado por nenhum processo de calibração.

- Método do fator Médio

Neste método adotou-se o seguinte algoritmo para cálculo da matriz de viagens e calibração:

Passo 1: Cálculo inicial das viagens interzonais pelo método

Faça:

$${}^{75}V_{ij} = {}^{68}V_{ij} \cdot \left(\frac{f_i + f_j}{2} \right) \quad (\text{IV.4})$$

$$\forall i, j = 1, 2, \dots, 34$$

onde:

${}^{75}V_{ij}$ = número de viagens diárias para 1975, entre i e j , obtidas pelo método;

${}^{68}V_{ij}$ = idem acima, para 1968, obtidas pelo METRÔ;

f_i, f_j = fatores de crescimento das zonas i e j , respectivamente, dados pela equação (IV.1).

Passo 2: Cálculo das viagens geradas e atraídas pelas zonas, pelo método.

Faça:

$${}^{75}V_i^O = \sum_{x=1}^{34} {}^{75}V_{ix} \quad (\text{IV.5})$$

e

$${}^{75}V_j^D = \sum_{x=1}^{34} {}^{75}V_{xj} \quad (\text{IV.6})$$

$$\forall i, j = 1, 2, \dots, 34$$

onde:

METODO DO FATOR UNIFORME

NUMERO DE VIAGENS DE I PARA J EM 1975

J->	1	2	3	4	5	6	7	8	9
I									
V									
1	3678	3935	6541	1638	2095	1584	5002	7222	6731
2	4445	1788	3861	2314	885	2528	5035	10173	4943
3	6194	3464	0	1822	1930	333	2349	1826	1402
4	2754	1897	1418	102	249	164	231	312	1131
5	2323	1331	1810	349	310	5	176	812	131
6	2108	2400	83	164	5	259	414	65	130
7	5233	5899	2016	231	176	497	3571	1150	510
8	9635	10032	1781	312	1075	133	1170	3292	1933
9	7930	4330	895	724	6	130	346	1233	394
10	11377	8123	3967	1086	171	315	674	863	2360
11	14150	12380	3140	585	1191	1316	822	2435	2799
12	17780	11643	3332	1227	2092	300	1687	2069	2633
13	845	413	617	9	0	0	371	213	129
14	4329	1788	825	180	152	110	3	0	303
15	31373	21100	4116	330	813	1754	1998	2713	3403
16	895	1172	212	36	301	198	343	136	265
17	8823	3356	1154	17	417	353	1869	133	700
18	5207	2379	956	64	79	4	371	231	144
19	5245	3108	898	127	700	233	486	360	393
20	10644	11889	4753	428	806	181	7371	1670	560
21	4533	3295	1295	161	1487	178	994	0	80
22	8442	8915	4350	375	748	1512	5020	620	917
23	5952	3143	2473	0	97	94	1406	708	0
24	5296	2853	1210	0	615	611	581	0	0
25	1997	2717	372	13	0	412	261	254	0
26	4720	3216	1642	111	493	199	688	65	0
27	6186	2962	1162	499	458	708	346	0	91
28	4627	3682	819	0	506	195	344	0	153
29	4447	1606	1054	0	0	481	621	492	251
30	4510	2398	2271	0	585	296	339	459	236
31	205	418	205	0	637	217	0	0	0
32	1614	666	1160	3	5	254	278	65	0
33	1076	311	83	0	0	20	207	0	3
34	3286	6680	1017	115	709	1184	645	298	473

Quadro IV.6a

NUMERO DE VIAGENS DE I PARA J EM 1975

J->	10	11	12	13	14	15	16	17	18
I									
V									
1	9931	14636	17585	914	3514	30066	895	8693	4609
2	8977	10982	12415	677	2587	22870	1111	4276	2646
3	4192	2421	3661	41	626	4014	348	1655	739
4	1085	839	1504	9	180	427	36	17	64
5	171	961	1377	0	0	1609	301	328	79
6	414	1360	207	0	127	1624	323	353	221
7	449	473	1686	208	110	2365	343	1543	802
8	1028	2602	2429	213	0	2029	136	414	409
9	1506	2670	2248	129	150	3806	265	922	454
10	2661	5038	15248	1147	736	8574	1670	2258	1048
11	5138	14471	6895	499	154	7085	326	2207	3228
12	16282	8305	15728	1640	3361	25579	5577	6091	6120
13	672	932	1640	0	448	2698	32	691	140
14	510	101	3148	448	0	5150	947	1067	178
15	8568	6978	25970	2533	5583	32371	1508	13853	6079
16	1136	425	6721	32	778	1604	310	1497	2072
17	2851	2123	6829	465	1067	13152	1804	3787	4079
18	889	2591	6423	212	394	6228	1669	3097	1077
19	2926	2479	9466	379	714	6729	1539	4567	4920
20	595	1321	2217	409	163	5494	139	431	289
21	317	291	1128	312	0	657	0	0	31
22	1766	1267	2415	0	597	2884	297	255	256
23	440	743	249	0	190	863	0	440	13
24	0	205	321	400	0	955	0	180	0
25	0	1	385	0	127	133	0	0	0
26	74	0	654	110	73	686	0	117	71
27	342	280	692	0	0	1336	4	0	898
28	147	0	158	0	311	311	4	187	159
29	0	298	376	0	0	769	0	1	0
30	148	1404	813	213	0	612	9	292	0
31	0	203	0	0	147	427	0	0	232
32	129	264	321	8	0	479	0	4	0
33	0	297	0	0	182	310	0	0	0
34	938	1466	1206	391	687	3759	0	946	0

Quadro IV.6b

NUMERO DE VIAGENS DE I PARA J EM 1975

	J-> 19	20	21	22	23	24	25	26	27
I									
J									
V									
1	4321	10387	4672	7063	4809	5095	1487	4294	5678
2	3850	12199	3667	8944	4904	3191	2034	3323	3569
3	750	4203	1283	5147	2655	1044	501	1312	1119
4	127	252	161	476	0	0	13	111	499
5	511	978	1388	1248	97	219	0	385	282
6	422	228	645	1490	1	413	541	309	528
7	486	6773	653	4695	1220	417	261	909	346
8	246	1028	79	779	516	65	380	173	0
9	695	474	80	574	0	0	0	0	91
10	2481	682	460	1860	599	0	0	74	309
11	1839	1219	993	803	887	205	129	0	88
12	9766	3114	465	1762	1028	321	130	640	622
13	379	567	312	354	0	400	0	110	148
14	714	11	0	750	190	0	127	0	0
15	7097	6427	960	2947	885	841	133	435	898
16	1079	309	0	297	0	0	0	0	4
17	4491	432	0	113	287	180	0	346	0
18	5857	650	247	256	196	0	0	0	898
19	5662	1683	226	1039	1	0	0	0	0
20	1326	26619	8687	15503	5878	2610	683	3491	2523
21	226	7742	2040	6181	433	884	766	1085	532
22	950	15745	6545	8284	3618	1482	1340	2553	3384
23	73	5256	585	4320	1666	811	635	3876	961
24	0	2760	926	1475	1021	802	516	1846	808
25	0	430	766	1725	710	516	639	1252	1956
26	0	3383	1085	2606	3655	1737	1252	2588	3738
27	0	2596	506	2741	1117	808	1553	3829	6508
28	177	887	185	884	154	898	1090	1462	5262
29	0	224	1	620	335	3	246	816	5196
30	0	2002	1006	3778	1570	154	853	2017	2989
31	0	658	203	64	4	200	0	408	1343
32	0	323	157	956	877	0	380	293	550
33	0	213	0	64	41	32	10	8	147
34	528	2252	1098	1749	1100	446	570	2804	1856

Quadro IV.6c

NUMERO DE VIAGENS DE I PARA J EM 1975

	J-> 28	29	30	31	32	33	34
I							
V							
1	4137	4191	4108	411	997	477	3584
2	4200	1045	2008	418	757	311	6307
3	968	1051	1501	205	1001	256	1056
4	0	0	148	0	3	0	115
5	356	0	310	431	103	0	583
6	195	240	148	217	504	20	479
7	497	968	779	0	278	207	858
8	0	492	524	0	65	64	233
9	153	251	289	0	0	140	599
10	147	0	423	0	354	0	674
11	0	326	381	0	462	297	1984
12	353	750	1369	0	162	0	1656
13	0	0	213	0	8	0	254
14	463	0	0	0	0	182	523
15	458	685	639	427	678	310	3713
16	4	0	9	0	0	0	0
17	187	85	292	0	154	0	807
18	159	0	0	232	0	0	0
19	177	0	0	0	0	0	528
20	1037	5	1462	658	163	388	2689
21	185	241	1473	203	157	0	959
22	1118	861	3459	64	1176	64	2338
23	154	178	1745	205	551	41	1475
24	788	242	154	0	0	32	446
25	1090	246	705	0	380	10	186
26	1877	743	2217	207	521	8	2865
27	4677	4542	3232	1410	708	147	1252
28	1142	83	1988	217	288	8	790
29	83	890	747	0	454	130	476
30	1448	747	571	481	326	144	2989
31	217	0	481	0	201	245	1322
32	288	213	31	339	866	127	2347
33	8	130	144	245	127	0	1182
34	713	560	3268	1119	2440	1182	3156

NUMERO DE VIAGENS DE I PARA J EM 1975
 POR REGIOES ADMINISTRATIVAS
 ESTIMADO

I I V	J-->	1	2	3	4	5	6
1		310	7283	408	2940	2101	1219
2		6203	45851	17226	102435	65925	34137
3		408	18134	4741	5229	4434	4493
4		3897	102669	5590	104376	52860	44947
5		1457	65925	4236	52354	49231	32685
6		1497	33649	3857	46361	31754	47507
7		2023	14541	2361	4797	5324	1478
8		2006	49796	14084	11058	9547	3943
9		2272	30211	3864	3774	3377	963
10		3371	51839	5107	6706	5255	2151
11		1139	21760	1303	7992	2242	1205

I I V	J-->	7	8	9	10	11
1		1995	2503	1777	2456	812
2		13820	48771	31481	48331	19533
3		2119	13186	3349	5938	1215
4		5891	10488	5038	6525	6600
5		5176	11056	3588	4736	2926
6		1489	4779	1137	2393	860
7		8809	5280	3678	12984	363
8		6366	66151	28820	22638	2290
9		3588	27734	9168	16593	708
10		12758	22598	15613	75038	1270
11		298	1807	660	1569	3292

Quadro IV.7

$75V_i^0$ = total de viagens diárias com origem em i ,
obtidas pelo método;

$75V_j^D$ = idem acima, com destino em j .

Passo 3: Cálculo de novos fatores de crescimento

Faça:

$$f_i^0 = \frac{68V_i^0 \cdot f_i}{75V_i^0} \quad (\text{IV.7})$$

e

$$f_j^D = \frac{68V_j^D \cdot f_j}{75V_j^D} \quad (\text{IV.8})$$

$$\forall i, j = 1, 2, \dots, 34$$

onde:

f_i^0, f_j^D = novos fatores de crescimento para as zonas i e j , respectivamente;

$68V_i^0, 68V_j^D$ = total de viagens com origem em i , e respectivamente destino em j , para 1968 obtidas pelo METRÔ (quadro IV.3);

f_i, f_j = fatores de crescimento das zonas i e j , respectivamente dados pela fórmula (IV.1);

$75V_i^0, 75V_j^D$ = calculados no Passo 2.

Passo 4: Cálculo dos fatores de verificação da convergência do método (erro de fator residual)

Faça:

$$K_i^0 = |1 - f_i^0| \quad (\text{IV.9})$$

e

$$K_j^D = |1 - f_j^D| \quad (\text{IV.10})$$

$$\forall i, j = 1, 2, \dots, 34$$

onde:

$$f_i^0, f_j^D = \text{como no Passo 3}$$

$$K_i^0, K_j^D = \text{erros de fator residual}$$

Passo 5: Cálculo da percentagem de zonas com erros de fator residual iguais ou próximos de zero.

Sejam inicialmente, $P(1), P(2), \dots, P(7)$ iguais a zero.

Acrescente 1 a:

$$P(1) \text{ se } K_i^0 = 0 \text{ ou } K_j^D = 0$$

$$P(2) \text{ se } K_i^0 \leq 0,001 \text{ ou } K_j^D \leq 0,001$$

$$P(3) \text{ se } K_i^0 < 0,002 \text{ ou } K_j^D < 0,002$$

$$P(4) \text{ se } K_i^0 < 0,003 \text{ ou } K_j^D < 0,003$$

$$P(5) \text{ se } K_i^0 < 0,005 \text{ ou } K_j^D < 0,005$$

$$P(6) \text{ se } K_i^0 < 0,01 \text{ ou } K_j^D < 0,01$$

$$P(7) \text{ se } K_i^0 \geq 0,01 \text{ ou } K_j^D \geq 0,01$$

para cada $i = 1, 2, \dots, 34$ e $j = 1, 2, \dots, 34$.

Para todo $x = 1, 2, \dots, 7$ faça:

$$N(x) = \frac{P(x) \cdot 100}{68^{(*)}} \quad (\text{IV.11})$$

(*) $68 = 2 \times z$, onde $z = \text{número de zonas de tráfego} = 34$

Acrescente 1 ao contador de iterações.

Passo 6: Testes de parada do algoritmo (convergência do método de calibração).

Se o número de iterações é maior ou igual a 40, vá para o passo 8.

Se $N(2) \geq 99\%$, vá para o passo 8.

Passo 7: Cálculo das viagens pelo método calibrado (Noves " ${}^{75}V_{ij}$ ").

Faça:

$${}^{75}V_{ij}^* = {}^{75}V_{ij} \cdot \left(\frac{f_i^0 + f_j^D}{2} \right) \quad (\text{IV.12})$$

$$\forall i, j = 1, 2, \dots, 34$$

onde:

${}^{75}V_{ij}^*$ = número de viagens diárias para 1975, entre i e j , obtidas pelo método (já calibrado).

${}^{75}V_{ij}$ = " ${}^{75}V_{ij}$ " anteriormente calculados, ou no passo 1 (inicialmente), ou neste passo (segunda iteração em diante).

f_i^0, f_j^D = como nas equações (IV.7) e (IV.8), respectivamente, no passo 3.

Retorne ao passo 2.

Passo 8: Fim do algoritmo.

Sobre o algoritmo podemos dizer que:

i) os passos 2, 3, 4, 5 e 7 se referem à cali -

bração do método.

ii) o passo 1 calcula o movimento interzonal pela fórmula clássica do método.

iii) o passo 6 serve de teste de convergência para o processo de calibração.

A segunda regra, arbitrariamente escolhida, diz que o método convergiu, quando 99% ou mais dos fatores de crescimento do passo 3 estiverem entre 0,999 e 1,001.

iv) a convergência absoluta do método se daria, quando no passo 3, equações (IV.7) e (IV.8), tivéssemos, para todo i, j iguais a $1, 2, \dots, 34$, os fatores f_i^0 e f_j^D iguais a 1. Pois então, se:

$$f_i^0 = 1 \text{ e } f_j^D = 1 \quad \forall i, j = 1, 2, \dots, 34$$

teríamos:

$$1 = \frac{{}^{68}V_i^0 \cdot f_i}{{}^{75}V_i^0} \quad \text{e} \quad 1 = \frac{{}^{68}V_j^D \cdot f_j}{{}^{75}V_j^D}$$

$$\forall i, j = 1, 2, \dots, 34$$

ou seja:

$${}^{75}V_i^0 = {}^{68}V_i^0 \cdot f_i \quad \text{e} \quad {}^{75}V_j^D = {}^{68}V_j^D \cdot f_j$$

$$\forall i, j = 1, 2, \dots, 34$$

As matrizes (34x34) e (11x11) de viagens, para 1975, dadas pelos cálculos, utilizando o algoritmo acima, estão mostradas nos quadros (IV.8) e (IV.9), respectivamente. O quadro (IV.10) nos dá, a cada iteração, a convergência do algoritmo. Nesse quadro IT se refere ao número da iteração. $N(1), N(2), \dots, N(7)$ são as porcentagens calculadas no passo 4 do algoritmo a partir de $P(1), P(2), \dots, P(7)$.

Na seção IV.5 o quadro (IV.10) será explicado e analisado com mais alguns detalhes.

- Método de Detroit

Neste método utilizou-se um algoritmo análogo ao do fator Médio, apenas se fazendo naquele as adaptações e alterações necessárias. As mudanças feitas foram:

i) No passo 1 a fórmula de cálculo utilizada foi:

$${}^{75}V_{ij} = {}^{68}V_{ij} \cdot \left(\frac{f_i \cdot f_j}{f} \right) \quad (\text{IV.13})$$

$$\forall i, j = 1, 2, \dots, 34$$

onde os parâmetros são os mesmos daquele algoritmo, com exceção, apenas, de f que é dado pela equação (IV.3).

ii) O passo 2 é análogo, só que calcularemos, além das viagens geradas e atraídas, o total de viagens realizadas na área em 1975, ou seja:

$${}^{75}V_T = \sum_{i=1}^{34} {}^{75}V_i^0 \quad (\text{IV.14})$$

É bom lembrar que todos esses valores calculados são provenientes do método de Detroit.

iii) No passo 7, a fórmula de cálculo utilizada foi outra:

NUMERO DE VIAGENS DE I PARA J EM 1975

J->	1	2	3	4	5	6	7	8	9
I									
V									
1	4034	4147	7209	1808	1943	1647	5186	7037	7659
2	4678	1807	4084	2452	786	2522	5007	9497	5401
3	6819	3665	0	2019	1798	348	2445	1786	1602
4	3033	2008	1569	113	232	172	240	306	1292
5	2142	1177	1679	325	239	4	153	661	126
6	2188	2393	86	172	4	255	406	60	140
7	5432	5881	2103	241	154	489	3502	1059	550
8	9373	9363	1742	306	879	122	1075	2832	1954
9	9003	4726	1021	827	6	140	371	1246	464
10	12134	8324	4252	1166	154	319	680	817	2612
11	14578	12248	3252	607	1034	1285	800	2224	2994
12	19247	12111	3625	1336	1915	308	1726	1990	2958
13	834	391	612	9	0	0	346	186	132
14	4278	1695	819	179	126	103	2	0	312
15	33046	21249	4357	350	723	1752	1989	2536	3721
16	872	1095	207	35	246	182	315	118	268
17	9358	3419	1230	18	374	355	1874	125	771
18	5743	2522	1060	71	74	4	387	226	165
19	5781	3293	994	141	653	244	506	352	449
20	11964	12849	5370	485	768	193	7838	1670	652
21	4404	3071	1265	157	1214	164	912	0	81
22	9170	9306	4750	410	688	1558	5155	598	1033
23	6163	3126	2575	0	85	93	1376	650	0
24	5180	2678	1190	0	505	565	537	0	0
25	1885	2460	353	12	0	368	233	212	0
26	5341	3498	1868	126	473	214	737	65	0
27	6608	3039	1247	536	413	717	349	0	100
28	4745	3626	844	0	437	190	333	0	163
29	4316	1496	1029	0	0	442	569	422	253
30	4389	2240	2222	0	479	273	312	395	239
31	194	379	195	0	504	193	0	0	0
32	1634	647	1180	3	4	243	266	58	0
33	1093	303	85	0	0	20	198	0	3
34	3376	6589	1051	119	614	1153	626	272	505

Quadro IV.8a

106
 NUMERO DE VIAGENS DE I PARA J EM 1975

	J-> 10	11	12	13	14	15	16	17	18
I									
V									
1	10583	15069	19031	903	3475	31675	873	9222	5093
2	9179	10842	12892	641	2452	23112	1038	4352	2806
3	4485	2503	3977	40	622	4245	341	1763	820
4	1161	868	1635	9	179	452	35	18	71
5	153	820	1253	0	0	1423	245	292	74
6	418	1325	212	0	119	1619	297	355	231
7	453	461	1726	194	102	2357	316	1549	839
8	971	2371	2331	186	0	1893	118	390	401
9	1662	2848	2518	132	154	4152	268	1013	519
10	2757	5043	16048	1102	707	8783	1584	2329	1126
11	5142	13982	7009	462	143	7008	299	2199	3352
12	17127	8440	16802	1599	3280	26599	5369	6378	6676
13	644	862	1596	0	397	2554	28	659	140
14	489	93	3069	397	0	4884	830	1019	178
15	8768	6897	26994	2402	5297	32745	1412	14112	6453
16	1075	388	6459	28	681	1499	267	1409	2035
17	2938	2113	7147	444	1020	13396	1701	3884	4359
18	952	2683	6991	210	392	6600	1638	3305	1197
19	3134	2566	10296	376	710	7127	1510	4870	5464
20	651	1395	2460	415	166	5935	139	469	328
21	300	265	1082	272	0	612	0	0	30
22	1864	1292	2589	0	584	3010	287	268	281
23	443	722	254	0	177	858	0	440	13
24	0	188	310	352	0	896	0	170	0
25	0	1	359	0	108	120	0	0	0
26	81	0	730	112	74	746	0	128	81
27	355	281	730	0	0	1371	4	0	966
28	146	0	160	0	287	306	3	186	165
29	0	271	360	0	0	716	0	1	0
30	140	1280	781	186	0	572	8	275	0
31	0	179	0	0	124	387	0	0	221
32	127	250	321	7	0	466	0	4	0
33	0	283	0	0	167	302	0	0	0
34	937	1412	1223	362	635	3707	0	940	0

Quadro IV.8b

NUMERO DE VIAGENS DE I PARA J EM 1975

	J-> 19	20	21	22	23	24	25	26	27
I									
V									
1	4754	11659	4527	7681	4978	4975	1408	4859	6071
2	4066	13146	3405	9333	4868	2986	1845	3610	3661
3	828	4848	1248	5619	2758	1024	477	1490	1202
4	141	284	156	519	0	0	12	126	535
5	473	925	1124	1141	84	179	0	367	253
6	440	243	591	1535	1	381	483	331	534
7	506	7199	598	4832	1195	385	234	974	350
8	240	1024	68	751	473	56	317	174	0
9	791	551	81	646	0	0	0	0	100
10	2655	745	423	1967	603	0	0	81	321
11	1901	1286	902	821	862	188	114	0	88
12	10607	3450	445	1891	1050	310	122	715	657
13	375	574	271	347	0	350	0	112	142
14	708	12	0	735	177	0	108	0	0
15	7500	6931	892	3077	879	788	120	473	922
16	1055	308	0	287	0	0	0	0	4
17	4778	469	0	119	287	170	0	378	0
18	6480	734	241	280	204	0	0	0	965
19	6260	1898	220	1136	1	0	0	0	0
20	1495	30612	8639	17280	6239	2615	665	4048	2767
21	220	7708	1743	5954	397	761	639	1089	503
22	1035	17506	6281	8923	3710	1433	1257	2861	3584
23	76	5573	535	4435	1628	746	567	4144	970
24	0	2766	797	1430	941	696	434	1865	770
25	0	416	635	1614	631	432	517	1221	1798
26	0	3916	1086	2924	3906	1752	1226	3021	4126
27	0	2839	477	2903	1126	768	1431	4221	6776
28	182	932	167	898	149	818	962	1549	5259
29	0	223	1	596	307	2	205	818	4912
30	0	1997	861	3646	1439	133	713	2028	2833
31	0	637	168	60	3	167	0	398	1234
32	0	334	140	560	837	0	331	307	542
33	0	222	0	64	39	29	9	8	145
34	544	2370	994	1782	1066	407	504	2975	1859

NUMERO DE VIAGENS DE I PARA J EM 1975

	J-> 28	29	30	31	32	33	34
I							
V							
1	4229	4077	4000	385	1013	484	3668
2	4116	974	1873	376	737	303	6190
3	993	1026	1467	193	1021	261	1085
4	0	0	145	0	3	0	118
5	305	0	252	337	88	0	499
6	189	220	136	192	484	20	464
7	481	889	717	0	267	198	830
8	0	423	451	0	58	57	211
9	162	253	292	0	0	147	636
10	146	0	401	0	350	0	671
11	0	298	348	0	440	283	1905
12	356	720	1216	0	162	0	1673
13	0	0	186	0	7	0	233
14	425	0	0	0	0	166	481
15	449	639	597	384	661	302	3647
16	3	0	8	0	0	0	0
17	185	80	275	0	151	0	798
18	164	0	0	219	0	0	0
19	182	0	0	0	0	0	543
20	1087	5	1462	634	170	403	2823
21	167	207	1265	168	141	0	867
22	1132	829	3336	59	1183	64	2371
23	149	164	1602	181	528	39	1424
24	717	209	133	0	0	29	406
25	956	205	587	0	331	9	163
26	1981	747	2231	200	547	8	3028
27	4653	4298	3062	1287	699	145	1247
28	1090	75	1805	190	273	7	756
29	75	763	641	0	407	116	430
30	1311	642	491	398	293	129	2707
31	190	0	400	0	175	213	1160
32	271	191	27	292	810	119	2213
33	7	117	130	212	120	0	1119
34	681	509	2973	981	2318	1121	3021

NUMERO DE VIAGENS DE I PARA J EM 1975
 "POR REGIOES ADMINISTRATIVAS"
 ESTIMADO

I I V	J-->	1	2	3	4	5	6
1		239	6804	375	2648	1892	1084
2		5807	49445	17567	108179	67805	36221
3		376	18496	4652	5285	4391	4533
4		3539	108457	5629	108406	54121	47066
5		1317	67919	4192	53577	48676	33414
6		1347	35839	3867	48395	32483	50212
7		1858	14599	2288	4775	5177	1488
8		1923	54304	14744	11936	10110	4302
9		1872	29809	3647	3645	3167	949
10		2923	52648	4930	6609	5109	2220
11		936	20784	1197	7627	2079	1149

I I V	J-->	7	8	9	10	11
1		1826	2352	1455	2142	661
2		13825	53089	30925	49150	18626
3		2045	13809	3151	5730	1119
4		5837	11357	4874	6490	6277
5		5029	11676	3357	4557	2722
6		1492	5231	1123	2463	821
7		8362	5446	3444	12443	330
8		6547	74321	28917	23726	2268
9		3366	27866	8244	15943	650
10		12216	23601	15028	73526	1094
11		269	1775	597	1365	2832

IT	N°(1)	N°(2)	N°(3)	N°(4)	N°(5)	N°(6)	N°(7)
1	0.0	2.94	2.94	5.88	11.76	20.59	79.41
2	0.0	5.88	10.29	14.71	19.12	55.88	44.12
3	0.0	7.35	17.65	32.35	50.00	72.06	27.94
4	0.0	23.53	39.71	52.94	70.59	100.00	0.0
5	0.0	33.82	61.76	77.94	100.00	100.00	0.0
6	0.0	55.88	92.65	100.00	100.00	100.00	0.0
7	0.0	82.35	100.00	100.00	100.00	100.00	0.0
8	0.0	98.53	100.00	100.00	100.00	100.00	0.0
9	1.47	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	0.0

Quadro IV.10

$${}^{75}V_{ij}^* = {}^{75}V_{ij} \cdot \left(\frac{f_i^0 \cdot f_j^D}{{}^{75}V / {}^{75}V^T} \right) \quad (\text{IV.15})$$

$$\forall i, j = 1, 2, \dots, 34$$

onde:

${}^{75}V_{ij}^*$, ${}^{75}V_{ij}$, f_i^0 e f_j^D são os mesmos parâmetros do algoritmo anterior.

${}^{75}V^T$ é dado pela equação (IV.14).

${}^{75}V$ = total de viagens realizadas na área em 1975, calculadas a partir dos dados do METRÔ, ou seja:

$${}^{75}V = \sum_{i=1}^{34} {}^{68}V_i^0 \cdot f_i \quad (\text{IV.16})$$

onde os ${}^{68}V_i^0$ são os totais de viagens, para 1968, com origem em i obtidas pelo METRÔ (quadro IV.3) e os f_i vêm da equação (IV.1).

Os passos 3, 4, 5, 6 e 8 são idênticos ao daquele algoritmo.

As mesmas observações feitas ao algoritmo anterior, podem ser aplicadas a este método.

As matrizes (34x34) e (11x11) de viagens, para 1975, estão mostradas nos quadros (IV.11) e (IV.12), respectivamente.

As observações, quanto a convergência do algo-

ritmo, aqui também se aplicam e o quadro (IV.13) nos dá, a cada iteração, a convergência do algoritmo, que será melhor apreciada na seção (IV.5).

- Método de Fratar

O algoritmo para obtenção da matriz de viagens e calibração do método, neste modelo, difere um pouco dos demais, embora a sua estrutura seja praticamente a mesma.

Passo 1: Cálculo das viagens interzonais pelo método.

$${}^{75}V_{ij} = {}^{68}V_{ij} \cdot f_i \cdot f_j \cdot \left(\frac{L0_i + LD_j}{2} \right) \quad (\text{IV.17})$$

$$\forall i, j = 1, 2, \dots, 34$$

onde:

${}^{75}V_{ij}$ = número de viagens, diárias, para 1975, entre i e j, pelo método de Fratar;

${}^{68}V_{ij}$ = idem acima, para 1968, obtidas pelo METRÔ (quadro IV.2);

f_i, f_j = fatores de crescimento das zonas i e j, respectivamente, dados pela equação (IV.1).

NUMERO DE VIAGENS DE I PARA J EM 1975

J->	1	2	3	4	5	6	7	8	9
I									
V									
1	4040	4150	7219	1810	1941	1648	5188	7033	7670
2	4682	1808	4087	2452	786	2523	5009	9502	5403
3	6828	3668	0	2020	1795	348	2445	1785	1604
4	3035	2008	1570	113	231	172	240	305	1293
5	2140	1178	1676	324	241	4	153	663	126
6	2189	2394	87	172	4	255	406	60	140
7	5434	5884	2103	241	154	489	3502	1059	549
8	9367	9367	1740	305	881	122	1075	2838	1950
9	9014	4727	1022	828	6	140	371	1243	465
10	12143	8327	4254	1166	154	318	680	817	2614
11	14584	12255	3252	607	1035	1285	800	2226	2993
12	19271	12120	3629	1337	1913	308	1727	1989	2961
13	834	392	612	9	0	0	346	186	132
14	4278	1697	819	179	126	103	2	0	311
15	33069	21361	4360	350	723	1752	1989	2536	3722
16	872	1097	207	35	247	182	316	118	268
17	9366	3422	1231	18	373	355	1874	125	771
18	5750	2523	1061	71	74	4	387	226	165
19	5789	3295	995	142	652	244	506	352	450
20	11977	12850	5375	485	765	193	7833	1667	654
21	4402	3073	1264	157	1218	164	912	0	81
22	9178	9309	4753	410	686	1558	5154	597	1034
23	6164	3126	2574	0	85	93	1375	650	0
24	5177	2679	1188	0	507	566	537	0	0
25	1882	2459	353	12	0	368	233	212	0
26	5348	3499	1870	126	472	214	737	65	0
27	6611	3040	1247	536	413	716	349	0	100
28	4744	3626	843	0	438	189	333	0	163
29	4311	1496	1027	0	0	442	568	423	253
30	4386	2240	2219	0	480	273	311	396	238
31	193	378	194	0	507	193	0	0	0
32	1633	647	1180	3	4	243	266	58	0
33	1093	303	85	0	0	20	198	0	3
34	3376	6591	1050	119	614	1153	626	272	504

Quadro IV.11a

NUMERO DE VIAGENS DE I PARA J EM 1975

J->	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	10591	15076	19054	904	3475	31697	873	9231	5100
2	9183	10849	12902	642	2453	23125	1039	4355	2808
3	4487	2503	3981	40	621	4247	341	1764	821
4	1161	867	1636	9	178	452	35	18	71
5	153	831	1251	0	0	1423	246	292	73
6	418	1325	212	0	119	1620	298	355	231
7	453	461	1727	194	103	2358	316	1549	839
8	970	2373	2330	186	0	1893	118	390	401
9	1662	2846	2521	132	154	4153	268	1013	520
10	2758	5043	16056	1102	707	8785	1584	2330	1127
11	5142	13989	7011	462	143	7010	299	2199	3352
12	17136	8443	16818	1599	3280	26613	5371	6382	6683
13	644	863	1596	0	398	2556	28	659	139
14	489	92	3069	398	0	4885	832	1020	178
15	8770	6899	27008	2403	5299	32755	1413	14118	6456
16	1075	388	6461	28	682	1500	268	1410	2034
17	2939	2114	7152	445	1020	13402	1702	3887	4362
18	953	2683	6998	210	392	6602	1638	3306	1199
19	3136	2566	10306	376	709	7129	1509	4873	5471
20	651	1394	2462	414	165	5935	139	469	328
21	299	265	1081	273	0	612	0	0	30
22	1864	1292	2590	0	584	3010	287	268	281
23	442	722	254	0	177	858	0	440	13
24	0	188	310	352	0	896	0	170	0
25	0	1	358	0	108	120	0	0	0
26	81	0	731	112	74	746	0	129	82
27	355	281	730	0	0	1371	4	0	966
28	146	0	160	0	287	306	3	186	165
29	0	271	360	0	0	715	0	1	0
30	140	1280	780	186	0	571	8	275	0
31	0	179	0	0	124	386	0	0	220
32	127	250	321	7	0	466	0	4	0
33	0	283	0	0	167	302	0	0	0
34	936	1413	1223	362	636	3707	0	940	0

NUMERO DE VIAGENS DE I PARA J EM 1975

J->	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	4759	11670	4525	7687	4978	4971	1406	4866	6074
2	4068	13145	3407	9336	4868	2987	1845	3611	3662
3	829	4852	1247	5622	2758	1023	476	1492	1202
4	141	285	156	519	0	0	12	126	535
5	472	921	1128	1139	84	179	0	366	253
6	440	242	591	1534	1	381	484	331	534
7	506	7194	598	4831	1194	385	234	974	350
8	240	1022	68	751	473	56	318	174	0
9	792	551	81	646	0	0	0	0	100
10	2656	745	433	1967	603	0	0	81	321
11	1900	1285	903	820	862	188	114	0	88
12	10616	3452	445	1893	1050	309	121	716	657
13	375	573	272	347	0	351	0	112	142
14	708	12	0	734	177	0	108	0	0
15	7502	6930	892	3078	879	788	120	473	922
16	1054	308	0	287	0	0	0	0	4
17	4781	469	0	119	287	170	0	378	0
18	6487	735	241	280	204	0	0	0	966
19	6267	1900	220	1136	1	0	0	0	0
20	1496	30641	8621	17287	6234	2609	662	4053	2766
21	220	7690	1747	5948	397	762	641	1087	503
22	1036	17510	6275	8924	3708	1431	1254	2863	3584
23	75	5567	535	4433	1627	746	566	4141	970
24	0	2760	798	1429	941	696	435	1862	770
25	0	414	637	1611	631	432	518	1217	1796
26	0	3921	1084	2926	3904	1748	1222	3026	4126
27	0	2828	477	2903	1125	767	1429	4221	6774
28	182	921	167	898	149	818	962	1547	5255
29	0	223	1	595	306	2	205	816	4907
30	0	1991	863	3641	1439	133	714	2024	2831
31	0	634	168	60	3	168	0	397	1232
32	0	324	140	959	836	0	331	306	542
33	0	221	0	64	39	29	9	8	145
34	544	2366	995	1781	1065	407	504	2972	1858

NUMERO DE VIAGENS DE I PARA J EM 1975

	J-> 28	29	30	31	32	33	34
I							
V							
1	4227	4072	3997	385	1012	484	3668
2	4116	974	1874	376	738	303	6192
3	992	1025	1465	193	1020	261	1085
4	0	0	144	0	3	0	118
5	305	0	253	339	88	0	500
6	189	220	136	192	484	20	464
7	480	889	717	0	267	198	830
8	0	423	451	0	58	57	211
9	162	252	291	0	0	147	635
10	146	0	400	0	350	0	671
11	0	298	348	0	440	283	1906
12	356	719	1315	0	162	0	1673
13	0	0	186	0	7	0	233
14	426	0	0	0	0	166	481
15	449	639	596	384	661	302	3647
16	3	0	8	0	0	0	0
17	185	80	275	0	151	0	798
18	164	0	0	219	0	0	0
19	182	0	0	0	0	0	543
20	1085	5	1458	631	170	403	2820
21	167	207	1267	168	141	0	868
22	1131	828	3321	59	1182	64	2369
23	149	164	1601	181	527	39	1424
24	717	210	134	0	0	29	406
25	956	205	589	0	331	9	164
26	1978	745	2226	200	546	8	3025
27	4649	4294	3060	1285	699	145	1247
28	1090	75	1805	190	273	7	755
29	75	763	642	0	407	116	430
30	1310	643	492	399	293	129	2709
31	190	0	401	0	175	213	1161
32	271	191	27	293	810	119	2213
33	7	117	130	212	120	0	1119
34	681	509	2974	981	2318	1121	3021

NUMERO DE VIAGENS DE I PARA J EM 1975
 POR REGIOES ADMINISTRATIVAS
 ESTIMADO

I	J-->	1	2	3	4	5	6
1		241	6799	375	2647	1892	1083
2		5801	49490	17573	108260	67843	36253
3		376	18504	4652	5285	4394	4534
4		3538	108536	5629	108458	54140	47092
5		1317	67960	4192	53596	48694	33428
6		1346	35874	3868	48425	32495	50248
7		1858	14599	2288	4774	5178	1488
8		1918	54337	14738	11941	10108	4304
9		1878	29804	3647	3642	3168	948
10		2937	52640	4926	6607	5106	2221
11		938	20779	1197	7623	2079	1149

I	J-->	7	8	9	10	11
1		1827	2345	1459	2144	663
2		13836	53116	30920	49147	18625
3		2045	13801	3150	5730	1119
4		5837	11359	4874	6486	6275
5		5029	11674	3360	4557	2722
6		1492	5234	1123	2464	821
7		8362	5440	3443	12440	330
8		6541	74362	28878	23710	2264
9		3366	27827	8249	15940	650
10		12215	23586	15022	73481	1096
11		269	1773	597	1366	2838

METODO DE DETRUIT

IT	N(1)	N(2)	N(3)	N(4)	N(5)	N(6)	N(7)
1	0.0	1.47	1.47	1.47	4.41	16.18	83.82
2	0.0	27.94	42.65	61.76	75.00	100.00	0.0*
3	0.0	42.65	83.82	98.53	100.00	100.00	0.0
4	0.0	73.53	100.00	100.00	100.00	100.00	0.0
5	0.0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	0.0

Quadro IV.13

$$LO_i = \frac{\sum_{x=1}^{34} {}^{68}V_{ix}}{\sum_{x=1}^{34} f_x {}^{68}V_{ix}} \quad (IV.18)$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, 34$$

$$LD_j = \frac{\sum_{x=1}^{34} {}^{68}V_{xj}}{\sum_{x=1}^{34} f_x {}^{68}V_{xj}} \quad (IV.19)$$

$$\forall j = 1, 2, \dots, 34$$

Passos 2, 3, 4, 5 e 6:

Idênticos aos passos 2, 3, 4, 5 e 6, respectivamente, do algoritmo do método do fator Médio.

Passo 7: Cálculo dos novos " ${}^{75}V_{ij}$ " por calibração.

$${}^{75}V_{ij}^* = {}^{75}V_{ij} \cdot f_i^0 \cdot f_j^D \cdot \left(\frac{LO_i^* + LD_j^*}{2} \right) \quad (IV.20)$$

$$\forall i, j = 1, 2, \dots, 34$$

onde:

${}^{75}V_{ij}^*$ = número de viagens diárias para 1975, entre i e j , obtidas pelo método calibrado.

${}^{75}V_{ij}$ = " ${}^{75}V_{ij}$ " anteriormente calculados, ou no passo 1 (inicialmente), ou neste passo (segunda ite

ração em diante).

f_i^0, f_j^D = como nas equações (IV.7) e (IV.8), respectivamente.

$$LO_i^* = \frac{\sum_{x=1}^{34} 75 V_{ix}}{\sum_{x=1}^{34} f_i^D \cdot 75 V_{ix}} \quad (IV.21)$$

$\forall i = 1, 2, \dots, 34$

$$LD_j^* = \frac{\sum_{x=1}^{34} 75 V_{xj}}{\sum_{x=1}^{34} f_j^0 \cdot 75 V_{xj}} \quad (IV.22)$$

$\forall j = 1, 2, \dots, 34$

Retorne ao passo 2.

Passo 8:

Fim do algoritmo.

As observações feitas para os algoritmos anteriores (métodos do fator Médio e Detroit), bem como aquelas para as suas convergências, também se aplicam ao presente algoritmo.

Nos quadros (IV.14) e (IV.15) temos, respectivamente, as matrizes (34x34) e (11x11) de viagens para 1975, utilizando-se o algoritmo acima para os seus cálculos.

O quadro (IV.16) nos dá a cada iteração, a convergência do algoritmo que será melhor apreciada em IV.5.

NUMERO DE VIAGENS DE I PARA J EM 1975

J=>	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4038	4149	7216	1809	1940	1647	5187	7030	7667
2	4680	1808	4085	2451	786	2523	5008	9499	5400
3	6825	3666	0	2020	1795	348	2445	1784	1604
4	3034	2007	1570	113	231	172	240	305	1293
5	2139	1177	1676	324	241	4	153	662	125
6	2189	2393	86	172	4	255	406	60	140
7	5432	5883	2103	241	154	489	3502	1059	549
8	9365	9365	1740	305	881	122	1075	2838	1949
9	9011	4725	1022	828	6	140	371	1242	464
10	12137	8323	4253	1166	154	318	680	817	2612
11	14577	12250	3251	606	1035	1285	800	2225	2992
12	19260	12114	3627	1336	1912	308	1726	1988	2959
13	834	391	612	9	0	0	346	186	132
14	4276	1696	819	179	126	103	2	0	311
15	33054	21352	4358	350	723	1752	1988	2535	3720
16	872	1096	207	35	247	182	316	118	268
17	9361	3420	1230	18	373	355	1873	125	771
18	5747	2522	1061	71	74	4	387	226	165
19	5785	3293	995	141	651	244	506	352	449
20	11975	12848	5375	485	765	193	7833	1667	653
21	4401	3073	1264	157	1218	164	912	0	81
22	9176	9308	4753	410	686	1558	5154	597	1034
23	6163	3126	2574	0	85	93	1376	650	0
24	5176	2679	1189	0	507	566	537	0	0
25	1882	2460	353	12	0	368	233	212	0
26	5348	3499	1870	126	472	214	737	65	0
27	6611	3040	1247	536	413	717	349	0	100
28	4744	3626	843	0	438	190	333	0	163
29	4312	1496	1027	0	0	442	569	423	253
30	4385	2240	2219	0	480	273	312	366	238
31	193	378	194	0	507	194	0	0	0
32	1633	647	1180	2	4	243	266	58	0
33	1093	303	85	0	0	20	198	0	3
34	3375	6590	1050	119	614	1153	626	272	504

NUMERO DE VIAGENS DE I PARA J EM 1975

	J=> 10	11	12	13	14	15	16	17	18
I V									
1	10586	15069	19043	902	3472	21682	872	9226	5097
2	9178	10844	12895	641	2452	22115	1039	4252	2806
3	4486	2502	3979	40	621	4246	341	1762	821
4	1161	867	1635	9	178	452	35	18	71
5	153	830	1251	0	0	1422	246	292	73
6	418	1325	212	0	119	1619	298	255	221
7	452	461	1726	194	102	2357	316	1548	829
8	970	2372	2329	186	0	1893	118	289	401
9	1661	2845	2520	132	154	4151	268	1012	520
10	2756	5040	16047	1102	707	8781	1582	2229	1126
11	5140	13982	7007	462	142	7007	299	2198	2250
12	17126	8438	16807	1598	3278	26598	5367	6278	6678
13	643	862	1595	0	397	2554	28	659	129
14	489	93	3067	398	0	4883	831	1019	178
15	8765	6895	26992	2402	5296	22738	1412	14110	6452
16	1074	388	6456	28	682	1499	268	1409	2022
17	2937	2112	7147	444	1019	12394	1700	2884	4259
18	952	2682	6993	210	391	8598	1636	2204	1198
19	3134	2564	10299	376	709	7125	1508	4870	5467
20	650	1394	2461	414	165	5933	129	469	228
21	299	265	1081	272	0	612	0	0	20
22	1864	1292	2590	0	584	2009	287	268	281
23	442	722	254	0	177	858	0	440	12
24	0	188	210	252	0	896	0	170	0
25	0	1	358	0	108	120	0	0	0
26	81	0	731	112	74	746	0	128	81
27	355	281	730	0	0	1371	4	0	966
28	146	0	160	0	287	306	2	186	165
29	0	271	360	0	0	716	0	1	0
30	140	1280	780	186	0	571	8	274	0
31	0	179	0	0	124	386	0	0	220
32	127	250	221	7	0	466	0	4	0
33	0	283	0	0	167	302	0	0	0
34	936	1413	1222	362	426	2706	0	940	0

NUMERO DE VIAGENS DE I PARA J FM 1975

J->	19	20	21	22	23	24	25	26	27
I									
V									
1	4757	11668	4524	7686	4978	4971	1406	4866	6075
2	4066	13143	3406	9336	4868	2986	1845	2611	3662
3	828	4852	1247	5622	2758	1023	476	1492	1202
4	141	285	156	510	0	0	12	126	535
5	472	921	1128	1130	84	179	0	266	253
6	439	243	591	1534	1	381	484	231	534
7	506	7195	598	4831	1104	385	234	974	250
8	240	1022	68	751	473	56	218	174	0
9	792	551	81	644	0	0	0	0	100
10	2654	745	433	1967	603	0	0	81	221
11	1890	1285	903	820	862	188	114	0	88
12	10609	3451	445	1892	1050	309	121	716	657
13	375	573	272	347	0	351	0	112	142
14	707	12	0	734	177	0	108	0	0
15	7498	6929	892	3077	870	788	120	472	922
16	1053	307	0	287	0	0	0	0	4
17	4778	469	0	119	287	170	0	378	0
18	6482	734	241	280	204	0	0	0	966
19	6262	1899	220	1136	1	0	0	0	0
20	1406	30645	8622	17290	6235	2610	662	4054	2767
21	220	7692	1748	5940	297	763	641	1087	503
22	1035	17513	6276	8926	3709	1431	1255	2864	3585
23	75	5569	535	4434	1627	746	566	4143	970
24	0	2761	798	1420	041	697	435	1862	770
25	0	414	637	1612	621	433	519	1218	1797
26	0	3922	1085	2927	3905	1749	1222	3027	4128
27	0	2839	477	2904	1125	768	1430	4223	6778
28	182	931	167	808	149	818	063	1548	5258
29	0	223	1	596	307	2	206	817	4909
30	0	1992	863	3642	1430	133	715	2025	2833
31	0	634	169	60	3	168	0	397	1233
32	0	334	140	950	837	0	331	306	542
33	0	221	0	64	39	29	0	8	145
34	544	2367	995	1781	1066	407	504	2972	1859

NUMERO DE VIAGENS DE I PARA J EM 1975

I \ V	J=> 28	29	30	31	32	33	34
1	4227	4072	3996	385	1012	483	2668
2	4116	974	1874	376	737	303	6191
3	993	1025	1465	193	1020	261	1084
4	0	0	144	0	3	0	118
5	305	0	253	339	88	0	500
6	189	220	136	192	484	20	464
7	481	889	717	0	267	198	830
8	0	423	451	0	58	57	211
9	162	253	291	0	0	147	635
10	146	0	400	0	350	0	671
11	0	298	348	0	440	283	1905
12	356	719	1315	0	162	0	1672
13	0	0	186	0	7	0	233
14	426	0	0	0	0	166	481
15	449	639	596	384	661	302	2647
16	3	0	8	0	0	0	0
17	185	80	275	0	151	0	758
18	164	0	0	219	0	0	0
19	182	0	0	0	0	0	543
20	1086	5	1458	632	170	403	2820
21	167	207	1267	168	141	0	868
22	1131	828	3332	59	1182	64	2370
23	149	164	1602	181	528	39	1424
24	717	210	134	0	0	29	407
25	956	205	589	0	331	9	164
26	1979	746	2226	200	546	8	3026
27	4652	4296	3061	1286	699	145	1247
28	1090	75	1806	190	273	7	756
29	75	764	642	0	407	116	430
30	1311	643	492	399	294	129	2709
31	190	0	401	0	176	213	1161
32	271	191	27	293	810	119	2214
33	7	117	130	212	120	0	1119
34	681	509	2975	581	2318	1121	3022

N MERC DE VIAGENS DE I PARA J EM 1975
 POR REGIÕES ADMINISTRATIVAS
 ESTIMADO

I I V	J-->	1	2	3	4	5	6
1		241	6795	275	2645	1891	1083
2		5797	49460	17565	108182	67797	36227
3		376	18495	4651	5282	4390	4531
4		3537	108460	5627	108373	54098	47054
5		1316	87914	4190	52554	48858	33399
6		1345	35844	3866	48380	32469	50199
7		1858	14594	2288	4771	5175	1487
8		1918	54315	14735	11934	10104	4303
9		1878	29795	3647	3642	3168	948
10		2937	52629	4927	6606	5105	2218
11		938	20768	1196	7619	2078	1148

I I V	J-->	7	8	9	10	11
1		1827	2245	1459	2144	663
2		13831	52100	20911	49136	18615
3		2045	12799	3150	5729	1119
4		3825	11355	4873	6484	6269
5		5028	11669	2359	4555	2721
6		1492	5231	1122	2462	821
7		8362	5440	3445	12440	330
8		6541	74257	28877	23712	2263
9		3366	27827	8249	15941	650
10		12215	23586	15023	73500	1096
11		269	1772	597	1366	2837

METODO DE FRATAR

IT	N(1)	N(2)	N(3)	N(4)	N(5)	N(6)	N(7)
1	0.0	16.18	30.88	51.47	83.82	100.00	0.0
2	0.0	94.12	100.00	100.00	100.00	100.00	0.0
3	0.0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	0.0

Quadro IV.16

IV.4.2 - Cálculo dos Erros Absolutos e Relativos
(Comparação previsto x observado)

Na presente seção trataremos de como foram feitas as comparações entre os valores observados pelo METRÔ e aqueles previstos pelos presentes métodos. Para os quatro modelos foi adotada a mesma metodologia de cálculo de erros, que será agora apresentada. Na seção (IV.5) estes erros serão analisados.

- Matrizes de erros absolutos

Uma comparação entre a matriz de viagens observadas (METRÔ) e previstas (quatro métodos) foi feita. Desse procedimento foram calculadas quatro matrizes de erros absolutos, onde cada elemento dessas novas matrizes é dado pela equação:

$$EA_{ij} = {}^{75}V_{ij}^P - {}^{75}V_{ij}^{OB} \quad (IV.23)$$

$$\forall i, j = 1, 2, \dots, 11$$

onde:

EA_{ij} = erro absoluto das viagens entre i e j ; previstas versus observadas.

${}^{75}V_{ij}^P$ e ${}^{75}V_{ij}^{OB}$ são como na equação (IV.24), página 131.

Nos quadros (IV.17), (IV.18), (IV.19) e (IV.20) estão as matrizes de erros absolutos para os métodos do fator Uniforme, Médio, Detroit e Fratar, respectivamente.

NUMERO DE VIAGENS DE I PARA J EM 1975
 POR REGIOES ADMINISTRATIVAS
 ERRO ABSOLUTO

I	J-->	1	2	3	4	5	6
1		-7260	-8330	-1593	-14063	-6584	-5520
2		-18237	-42396	-6923	12124	18300	-1493
3		-1336	-7833	-9249	-2633	-432	82
4		-7373	10732	-4036	-111748	-30993	-25418
5		-7462	-1976	-2393	-27815	-79171	-46281
6		-1741	-9026	-1337	-16108	-55545	-97119
7		-3254	-11873	-391	-2531	-1279	-2094
8		-3623	923	-2198	-3885	263	-6111
9		-519	2309	-3951	-6678	-3404	-2879
10		-2338	-12490	-2448	-4682	-5414	-4714
11		-788	12971	-62	2436	-2122	-617

I	J-->	7	8	9	10	11
1		-1480	-5804	-536	-2865	-1360
2		-13751	1659	5433	-17124	10827
3		-2284	-7156	-831	-3814	-1081
4		-2794	-6268	-1824	-5445	2546
5		121	766	-614	-6147	867
6		-2111	-2386	-3757	-4248	-413
7		-18332	-2559	-54	-4377	-232
8		-428	-49691	-13255	-7798	-686
9		-939	-10543	-28832	-6542	-498
10		-5254	-10415	-16042	-160996	-887
11		-511	309	244	-342	1358

Quadro IV.17

NUMERO DE VIAGENS DE I PARA J EM 1975
 POR REGIOES ADMINISTRATIVAS
 ERRO ABSOLUTO

I I V	J-->	1	2	3	4	5	6
1		-7331	-8809	-1626	-14355	-6793	-5655
2		-18633	-38802	-6582	17868	20180	590
3		-1368	-7471	-9338	-2577	-475	122
4		-7731	16520	-3997	-107718	-29732	-23299
5		-7602	17	-2437	-26592	-79726	-45552
6		-1891	-6836	-1327	-14074	-54816	-94414
7		-3419	-11815	-464	-2553	-1426	-2084
8		-3706	5431	-1538	-3007	826	-5752
9		-919	1907	-4168	-6807	-3614	-2893
10		-2776	-11681	-2625	-4779	-5560	-4645
11		-991	11995	-168	2071	-2285	-673

I I V	J-->	7	8	9	10	11
1		-1649	-5955	-858	-3179	-1511
2		-13736	5977	4877	-16305	9920
3		-2358	-6573	-1029	-4022	-1177
4		-2848	-5399	-1988	-5480	2223
5		-25	1386	-845	-6326	663
6		-2108	-1934	-3771	-4178	-452
7		-18779	-2393	-288	-4918	-265
8		-247	-41521	-13158	-6710	-708
9		-1161	-10411	-29756	-7192	-556
10		-5796	-9412	-16627	-162508	-1063
11		-540	277	181	-546	898

NUMERO DE VIAGENS DE I PARA J EM 1975
 POR REGIOES ADMINISTRATIVAS:
 ERRO ABSOLUTO

I I V	J-->	1	2	3	4	5	6
1		-7329	-8814	-1626	-14356	-6793	-5656
2		-18639	-38757	-6576	17949	20218	622
3		-1368	-7463	-9338	-2577	-472	123
4		-7732	16599	-3997	-107666	-29713	-23273
5		-7602	58	-2437	-26573	-79708	-45538
6		-1892	-6801	-1326	-14044	-54804	-94378
7		-3419	-11815	-464	-2554	-1425	-2084
8		-3711	5464	-1544	-3002	824	-5750
9		-912	1902	-4168	-6810	-3613	-2894
10		-2772	-11689	-2629	-4781	-5563	-4644
11		-989	11990	-168	2067	-2285	-673

I I V	J-->	7	8	9	10	11
1		-1648	-5962	-854	-3177	-1509
2		-13735	6004	4872	-16308	9919
3		-2358	-6581	-1030	-4022	-1177
4		-2848	-5397	-1988	-5484	2221
5		-25	1384	-842	-6326	663
6		-2108	-1931	-3771	-4177	-452
7		-18779	-2399	-289	-4921	-265
8		-252	-41480	-13197	-6726	-712
9		-1161	-10450	-29751	-7195	-556
10		-5797	-9427	-16633	-162553	-1061
11		-540	275	181	-545	904

NUMERO DE VIAGENS DE I PARA J EM 1975
 POR REGIOES ADMINISTRATIVAS
 ERRO ABSOLUTO

I	J-->	1	2	3	4	5	6
1	1						
1	2	-7329	-8818	-1626	-14358	-6794	-5656
2	1	-18642	-38787	-6584	17871	20172	596
3	1	-1368	-7472	-9239	-2580	-476	120
4	1	-7722	16523	-3999	-107751	-29755	-23311
5	1	-7602	12	-2439	-26615	-79744	-45567
6	1	-1893	-6831	-1328	-14089	-54830	-94427
7	1	-3419	-11820	-464	-2557	-1428	-2085
8	1	-3711	5442	-1547	-3009	820	-5751
9	1	-913	1893	-4168	-6810	-3613	-2894
10	1	-2772	-11700	-2628	-4782	-5564	-4647
11	1	-989	11979	-169	2062	-2286	-674

I	J-->	7	8	9	10	11
1	1					
1	7	-1648	-5962	-854	-3177	-1509
2	7	-15740	5988	4863	-16319	9909
3	7	-2358	-6583	-1030	-4023	-1177
4	7	-2850	-5401	-1989	-5486	2215
5	7	-26	1379	-843	-6328	662
6	7	-2108	-1934	-3772	-4179	-452
7	7	-18779	-2399	-287	-4921	-265
8	7	-252	-41485	-13198	-6724	-713
9	7	-1161	-10450	-29751	-7194	-556
10	7	-5797	-9427	-16632	-162534	-1061
11	7	-540	274	181	-545	903

- Matrizes de erros relativos

Foram calculadas quatro matrizes (11x11) de erros relativos, onde essas matrizes foram obtidas a partir da comparação entre aquela observada pelo METRÔ (quadro IV.4) para 1975, e aquelas obtidas pelos quatro métodos (quadros IV.7, IV.9, IV.12, IV.15) também para 1975.

Os elementos dessas novas matrizes de erros foram calculados pela fórmula abaixo:

$$ER_{ij} = \frac{({}^{75}V_{ij}^P - {}^{75}V_{ij}^{OB})}{{}^{75}V_{ij}^{OB}} \cdot 100 \quad (IV.24)$$

$$\forall i, j = 1, 2, \dots, 11$$

onde:

ER_{ij} = erro relativo percentual, das viagens entre i e j ; viagens previstas versus observadas.

${}^{75}V_{ij}^P$ = número de viagens diárias em 1975, entre i e j , obtido por um dos quatro métodos (previstas).

${}^{75}V_{ij}^{OB}$ = idem acima, obtidas pelo METRÔ (observadas).

As quatro matrizes de erros relativos percentuais para os métodos do fator Uniforme, Médio, Detroit e Fratar, estão nos quadros (IV.21), (IV.22), (IV.23) e (IV.24) respectivamente.

NUMERO DE VIAGENS DE I PARA J EM 1975
 °POR REGIOES ADMINISTRATIVAS:
 ERRO RELATIVO

I I V	J-->	1	2	3	4	5	6
1		-95	-52	-79	-82	-75	-81
2		-74	-47	-28	13	38	-3
3		-76	-29	-65	-32	-8	2
4		-64	12	-41	-51	-36	-35
5		-83	-2	-35	-34	-61	-58
6		-53	-20	-25	-25	-63	-66
7		-61	-44	-13	-34	-18	-58
8		-63	2	-13	-25	3	-60
9		-18	8	-50	-63	-49	-74
10		-40	-18	-31	-40	-50	-68
11		-40	148	-4	44	-48	-33

I I V	J-->	7	8	9	10	11
1		-42	-69	-22	-53	-62
2		-49	4	21	-25	124
3		-51	-34	-19	-38	-46
4		-31	-36	-26	-44	63
5		2	7	-14	-55	42
6		-58	-32	-76	-63	-31
7		-67	-32	0	-24	-38
8		-5	-42	-31	-25	-22
9		-20	-27	-75	-27	-40
10		-28	-31	-50	-67	-40
11		-62	21	59	-17	70

NUMERO DE VIAGENS DE I PARA J EM 1975
 POR REGIOES ADMINISTRATIVAS
 ERRO RELATIVO

I I V	J-->	1	2	3	4	5	6
1		-96	-55	-80	-83	-77	-83
2		-75	-43	-26	20	42	2
3		-77	-28	-66	-32	-9	3
4		-68	18	-41	-49	-34	-32
5		-84	0	-36	-32	-61	-57
6		-57	-15	-25	-22	-62	-64
7		-64	-44	-16	-34	-21	-57
8		-65	11	-8	-19	9	-56
9		-32	7	-52	-64	-52	-74
10		-48	-17	-34	-41	-51	-67
11		-50	136	-11	37	-51	-36

I I V	J-->	7	8	9	10	11
1		-46	-71	-36	-59	-69
2		-49	13	19	-24	114
3		-53	-31	-24	-40	-50
4		-32	-31	-28	-45	55
5		0	13	-19	-57	32
6		-58	-26	-76	-62	-35
7		-68	-30	-7	-27	-44
8		-3	-35	-30	-21	-23
9		-25	-26	-77	-30	-45
10		-31	-28	-52	-68	-48
11		-66	18	44	-28	46

NUMERO DE VIAGENS DE I PARA J EM 1975
 POR REGIOES ADMINISTRATIVAS
 ERRO RELATIVO

I	J-->	1	2	3	4	5	6
I							
V							
1		-96	-55	-80	-83	-77	-83
2		-75	-43	-26	20	42	2
3		-77	-28	-66	-32	-9	3
4		-68	18	-41	-49	-34	-32
5		-84	0	-36	-32	-61	-57
6		-57	-15	-25	-21	-62	-64
7		-64	-44	-16	-34	-21	-57
8		-65	11	-8	-19	9	-56
9		-32	7	-52	-64	-52	-74
10		-48	-17	-34	-41	-51	-67
11		-50	136	-11	37	-51	-36

I	J-->	7	8	9	10	11
I						
V						
1		-46	-71	-36	-59	-68
2		-49	13	19	-24	114
3		-53	-31	-24	-40	-50
4		-32	-31	-28	-45	55
5		0	13	-19	-57	32
6		-58	-26	-76	-62	-35
7		-68	-30	-7	-27	-44
8		-3	-35	-30	-21	-23
9		-25	-26	-77	-30	-45
10		-31	-28	-52	-68	-48
11		-66	18	44	-28	47

Quadro IV.23

NUMERO DE VIAGENS DE I PARA J EM 1975
 POR REGIOES ADMINISTRATIVAS -
 ERRO RELATIVO

I	J-->	1	2	3	4	5	6
1	V						
1		-96	-55	-80	-83	-77	-83
2		-75	-43	-26	20	42	2
3		-77	-28	-66	-32	-9	3
4		-68	18	-41	-49	-34	-32
5		-84	0	-36	-32	-61	-57
6		-57	-15	-25	-22	-62	-64
7		-64	-44	-16	-34	-21	-57
8		-65	11	-9	-19	9	-56
9		-32	7	-52	-64	-52	-74
10		-48	-17	-34	-41	-51	-67
11		-50	136	-11	37	-51	-36

I	J-->	7	8	9	10	11
1	V					
1		-46	-71	-36	-59	-68
2		-49	13	19	-24	114
3		-53	-31	-24	-40	-50
4		-22	-31	-28	-45	55
5		0	13	-19	-57	32
6		-58	-26	-76	-62	-35
7		-68	-30	-7	-27	-44
8		-3	-35	-30	-21	-23
9		-25	-26	-77	-30	-45
10		-31	-28	-52	-68	-48
11		-66	18	44	-28	47

- Média dos erros relativos

A média aritmética dos erros relativos percentuais, componentes de cada uma das quatro matrizes foi calculada pela equação abaixo:

$$MER = \frac{\sum_{i=1}^{11} \sum_{j=1}^{11} ER_{ij}}{121} \quad (IV.25)$$

onde:

MER = média dos erros relativos percentuais.

ER_{ij} = \bar{e} como na fórmula (IV.23).

Os valores destas médias, para os quatro métodos serão fornecidos na seção seguinte a esta (IV.5), onde os mesmos serão comentados.

- Desvio padrão

Foram calculados os desvios padrões das quatro séries de erros relativos percentuais (elementos das matrizes (11x11) de erros relativos), pela equação abaixo:

$$DP = \left(\frac{\sum_{i=1}^{11} \sum_{j=1}^{11} (ER_{ij} - MER)^2}{120} \right)^{1/2} \quad (IV.26)$$

onde:

DP = desvio padrão.

ER_{ij} como na fórmula (IV.23) e MER como em (IV.25).

Os desvios padrões obtidos para cada uma das quatro séries serão vistos e comentados na seção seguinte a esta (seção IV.5).

IV.5 - Análise dos Resultados - Comparação entre os Métodos

Procuraremos na presente seção fazer, quantitativamente, uma análise comparativa entre os quatro métodos, através dos resultados obtidos.

IV.5.1 - Tempo de Máquina

Os tempos de CPU e de execução, em computador IBM/370, para os quatro métodos, são mostrados no quadro abaixo.

Método	Tempo de CPU	Tempo de Execução
fator Uniforme	0 min. 11:21 seg.	2:98 min.
fator Médio	0 min. 11:54 seg.	1:89 min.
Detroit	0 min. 11:05 seg.	6:15 min.
Fratar	1 min. 16:49 seg.	6:37 min.

Algumas observações podem aqui ser feitas:

i) Os três primeiros métodos, segundo o quadro acima, gastaram, praticamente, o mesmo tempo de CPU.

ii) O método de Fratar gastou um tempo bem maior de CPU em relação aos outros. Isso se deve ao fato de sua formulação de cálculo ser bem mais complexa.

iii) Os tempos de execução não podem ser levados muito em conta, pois diversos fatores externos podem e influenciam na sua contagem, mas, de qualquer forma, fica, aqui, o registro dos mesmos, como informação adicional.

IV.5.2 - Convergência dos Métodos

Abordaremos, aqui, os quadros (IV.10), (IV.13) e (IV.16) referentes à convergência dos métodos respectivos de calibração.

Pelos números da coluna IT podemos saber quantas iterações foram necessárias à convergência, ou seja, quantas vezes foram necessárias para que se atingisse uma das duas condições de convergência impostas ao processo iterativo (vide passos 6 dos algoritmos). A segunda condição impunha $N(2) \geq 99\%$. Nota-se que nos três casos o valor de $N(2)$ foi de 100% na última iteração. Além disso vemos que o método do fator Médio convergiu em 9 iterações, o de Detroit em 5 e o de Fratar em 3. Daí conclui-se que o método de Fratar converge mais rapidamente, notando-se, também, a sua quase convergência em apenas duas iterações.

IV.5.3 - Erros Relativos Percentuais

Faremos uma análise das matrizes (11x11) de erros relativos percentuais para os quatro métodos. Elas encontram-se nos quadros (IV.17), (IV.18), (IV.19) e (IV.20).

O que a equação (IV.23) nos dá é a percentagem que a diferença entre o número de viagens previstas ("método") e o número de viagens observadas (METRÔ) representam do número de viagens observadas (METRÔ).

O quadro (IV.25) nos dá qual a frequência de ocorrências dos erros relativos por método, nas diversas faixas escolhidas.

QUADRO IV.25

FAIXAS (%)	MÉTODOS			
	F. UNIFORME	F. MÉDIO	DETROIT	FRATAR
- 100/ - 91	1	1	1	1
- 90/ - 81	3	3	3	3
- 80/ - 71	7	8	8	8
- 70/ - 61	15	14	14	14
- 60/ - 51	10	14	13	14
- 50/ - 41	13	14	15	14
- 40/ - 31	23	17	17	17
- 30/ - 21	14	19	19	19
- 20/ - 10	10	6	6	6
- 10/ - 6	1	3	3	3
- 5/ - 1	4	1	1	1
0	1	2	2	2
1/ 5	5	2	2	2
6/ 10	2	2	2	2
11/ 20	2	7	7	7
21/ 30	2			
31/ 40	1	2	2	2
41/ 50	2	3	3	3
51/ 60	1	1	1	1
61/ 70	2			
71/ 80				
81/ 90				
91/ 100				
101/ 110				
111/ 120		1	1	1
121/ 130	1			
136		1	1	1
148	1			

Uma primeira análise do quadro (IV.25) poderia ser feita através do quadro resumo abaixo.

Faixa (%)	Número de Ocorrências			
	F. Uniforme	F. Médio	Detroit	Fratar
0	1	2	2	2
- 5 a + 5	10	5	5	5
- 10 a + 10	13	10	10	10
- 20 a + 20	25	23	23	23
- 30 a + 30	41	42	42	42
- 40 a + 40	65	61	61	61

Para situarmos melhor destacaremos que:

- i) 5 ocorrências equivalem a aproximadamente 4% do total das 121 ocorrências.
- ii) 42 ocorrências equivalem a aproximadamente 35% do total das 121 ocorrências.
- iii) 61 ocorrências equivalem a aproximadamente 50% do total das 121 ocorrências.

Da análise acima, tiramos algumas conclusões quanto a esses números:

- i) Menos de 2% do total de valores atingiu o resultado ideal de que o previsto fosse igual ao observado.
- ii) cerca de 50% do total de valores ficaram na faixa de -40% a +40% de erro relativo percentual, significando que metade dos valores encontrados para os números de viagens interzonais estão relativamente distantes daqueles ob-

servados pelo METRÔ.

iii) Na faixa de -5% a +5% o método de melhor comportamento foi o do fator Uniforme, embora as 10 observações nessa faixa só representem 8% do total.

Os erros máximos relativos percentuais para os quatro métodos aconteceram para as viagens entre a zona 11 (Santa Teresa) e a zona 2 (Centro da cidade), isto é, o tráfego foi bastante super-estimado, chegando-se a mais de 100% esse erro.

Pelo quadro (IV.25) podemos destacar, também, que no método do fator Uniforme o maior número de observações ocorreu na faixa de erro de -40% a -31%, com 23 observações, que representam cerca de 19% do total; no método do fator Médio e de Detroit na faixa de -30% a -21% tivemos 19 observações (16% do total); e no de Fratar, na faixa de -30% a -21% com 18 observações (15% do total).

A média aritmética dos erros relativos percentuais para cada um dos métodos foi, praticamente, a mesma. No do fator Uniforme foi de -31,014%, no do fator Médio foi de -32,441%, no de Detroit -32,434% e no de Fratar de -32,444%.

O Desvio Padrão dos erros relativos percentuais, também para cada um dos quatro métodos, foi praticamente o mesmo. No método do fator Uniforme foi de 38,498%, do fator Médio 37,463%, de Detroit 37,466% e no de Fratar 37,456%.

IV.5.4 - Erros Absolutos

Pela análise das matrizes de erros absolutos, dados (IV.21), (IV.22), (IV.23) e (IV.24), observamos que em todos os quatro métodos a maioria dos valores estimados deram abaixo daqueles observados (METRÔ). Em números aproximados, isso representa 83% do tráfego interzonal (cerca de 100 observações no total de 121 observações), ou seja, a grande maioria do tráfego previsto ficou abaixo do observado.

IV.6 - Conclusões Gerais

Abordaremos, agora, fatos de grande relevo na pesquisa e estudo feitos.

Inicialmente constatamos que houve uma certa discrepância entre os estudos do Metrô dos anos de 1968 e 1975, tendo em vista esse último ter feito uma grande amostragem, sendo, inclusive, a maior pesquisa sobre transportes feita até hoje no Rio de Janeiro.

Em relação aos dados utilizados em nossa pesquisa, podem surgir dúvidas quanto à confiabilidade da precisão dos mesmos, devido ao longo processo por que passaram até serem usados neste trabalho.

Reiteramos a importância da área de estudo escolhida - "microárea" do Rio de Janeiro -, por seu destaque sô-

cio-econômico.

A não utilização pelo METRÔ do modelo de Gravidade, que se justificou por dispêndio de tempo e cálculos técnicos que o estudo não comportava, levou-nos, também, a escolher métodos baseados em fatores de crescimento. Salientamos, no entanto, que, pelo nosso objetivo, não se utilizou, apenas, um único método, mas quatro, possibilitando uma maior profundidade na análise do processo de distribuição de viagens.

Embora se pudesse pensar na superestimação do tráfego pela previsão feita pelo estudo de viabilidade do METRÔ em 1968, observou-se que ela não ocorreu. Na verdade os quatro métodos utilizados (incluído o do fator Médio, que foi o usado pelo METRÔ) subestimam o movimento interzonal.

A escolha, por nós feita, do tráfego total diário permite uma visão de todo o movimento mas, ao mesmo tempo, a não divisão das viagens em diversas categorias influi bastante no sucesso dos resultados obtidos.

Quanto aos métodos em si, pode-se notar que, em certos casos, alguns tiveram um comportamento bem diferente dos demais, por exemplo, quanto à convergência. Em outros aspectos no entanto, como por exemplo, em relação aos erros relativos percentuais, todos tiveram quase o mesmo comportamento. Também tivemos situações de dois ou três métodos apresentarem o mesmo comportamento. Dos fatos acima enumerados conclui-se, então, que não houve, de modo geral, um método que

se destacasse dos demais em todos aspectos de comparação abordados.

Como observações mais particulares destacamos:

i) O método de Fratar apresenta um grande inter-relacionamento entre todos os fatores de crescimento das zonas em sua formulação de cálculo dos movimentos interzonais.

ii) Será que se ao observarmos todos os métodos, o do fator uniforme não teria sido o melhor entre eles? Melhor, no sentido de exigir uma formulação mais simples e apresentar, na maior parte das comparações feitas, os mesmos resultados dos demais. Mas, aí também, poder-se-ia interrogar sobre o fato de a área escolhida ser bastante uniforme, ou seja, todas as zonas dessa região possuírem quase que as mesmas características sócio-econômicas consideradas.

iii) A grande diferença entre o número de viagens previstas e as observadas para o tráfego entre Santa Teresa e o centro da cidade mereceria uma análise mais profunda. Pois a mesma poderia ter sido ocasionada por simples erros ocasionais sem maiores motivos, como também poderia apresentar causas mais profundas e que, logicamente, nos levariam a tirar conclusões gerais sobre o fato.

Quanto à grande diferença do tráfego previsto para o observado, acontecida nos quatro métodos, já poderíamos destacar algumas causas. Uma delas seria quanto ao número de zonas consideradas, que foram inicialmente de apenas 34 e depois menos ainda, 11, o que influenciaria bastante na precisão dos métodos. Outra seria quanto à grande evolução do uso do

solo nos sete ou oito anos que marcam o início e o fim da nossa pesquisa. A terceira seria a alteração na infra-estrutura de vias e de transportes, fato este nitidamente comprovado por: grande aumento no número de linhas de coletivos, como também no próprio número de coletivos; criação de novas opções de transportes (vide "ônibus com ar refrigerado"); inauguração de vias expressas de tráfego (viadutos e pontes); profundas mudanças nas direções do fluxo de tráfego da região por nós considerada. Como uma quarta causa, poderíamos mencionar a grande ênfase dada à indústria automobilística no período estudado, possibilitando em muito, o aumento do número de possuidores de automóveis, principalmente, se levarmos em consideração as facilidades de crédito oferecidas, na compra de veículos automotores. Finalmente, é importante mencionar que em 1968 houve uma mudança bastante acentuada no ritmo de crescimento da economia como um todo. Dessa forma, as previsões baseadas em comportamentos de anos anteriores ficou bastante prejudicada, precisamente no sentido da subestimação dos resultados.

CAPÍTULO VCONCLUSÃO

Os capítulos II e III têm uma grande importância pelo fato de terem sido feitos um levantamento e estudo bastante amplos da teoria e aplicações sobre os modelos existentes de Distribuição de viagens. Pelo exposto pôde-se, de uma maneira bem geral, observar uma maior difusão do Modelo de Gravidade.

Por outro lado, o capítulo IV possibilitou a aplicação e crítica a quatro métodos, daqueles mencionados anteriormente, a um caso da realidade brasileira, precisamente na cidade do Rio de Janeiro. Podemos aqui ressaltar como, talvez, a mais importante conclusão da pesquisa feita o fato de o movimento interzonal ter sido subestimado nas previsões feitas para 1975, tanto pelo Metrô como pelos métodos por nós utilizados.

Como sugestões e recomendações para pesquisas futuras em que se utilizem métodos baseados em fatores de crescimento, poderíamos destacar:

i) fazer um zoneamento bastante amplo da área de estudo;

ii) estratificar as viagens por propósitos, e com isso obter-se fatores de crescimentos que levem em conta as

características sócio-econômicas pertinentes a esses propósitos.

Um primeiro grande entrave para o bom uso de modelos matemáticos de distribuição de viagens está na disponibilidade e confiabilidade dos dados existentes, assim como na obtenção de outros que precisassem ser eventualmente levantados. As pesquisas de Origem e Destino são, deste modo, de importância vital.

Os principais itens de um estudo de distribuição de viagens que devem ser inicialmente definidos são: o seu porte e objetivos. Uma vez definidos estes, saberemos que zoneamento fazer, quais os propósitos de viagens e meios de transportes a serem considerados e, enfim, que tipo de modelo utilizar ou desenvolver. Devemos, portanto, fazer uma análise custo/benefício a partir destas definições, pois, por exemplo, num estudo tão amplo como o de viabilidade do Metrô, concluiu-se pela não utilização do Modelo de Gravidade, uma vez que traria dispêndio de tempo e cálculos técnicos que o trabalho não comportava. Enquanto no modelo do DNER (aplicação e) de III.8.4) para o estudo de ligações intermunicipais, um modelo complexo, derivado do de Gravidade, foi desenvolvido, pois o mesmo exigia.

Ao encerrar, poderíamos fazê-lo com uma conclusão filosófica. Observando-se os erros, desvantagens e falhas apresentadas por todos modelos afirmamos: não existe um modelo perfeito e a obtenção do mesmo é um ideal utópico, em

outras palavras, feliz ou infelizmente, o comportamento humano não pode ser analisado completamente pela previsão estatística matemática.

ANEXO 1

PROGRAMA EM FORTRAN IV DO CAPÍTULO IV

151

```

SUBROUTINE TABELA(V,N,K1,K2)
DIMENSION V(34,34)
INTEGER MV(34,34),ME(11,11)
DO 9 I=1,34
DO 9 J=1,34
MV(I,J)=IFIX(V(I,J)+.4999)
9 CONTINUE
PRINT 1,N
1 FORMAT(17X,'NUMERO DE VIAGENS DE I PARA J EM',I5,/)
PRINT 2,(I,I=K1,K2)
2 FORMAT(11X,'J->',9(I2,5X),/)

PRINT 3
3 FORMAT(9X,'I')
PRINT 4
4 FORMAT(9X,'I')
PRINT 5
5 FORMAT(9X,'V',/)
DO 6 I=1,34
6 PRINT 7,I,(MV(I,J),J=K1,K2)
7 FORMAT(I10,9I7)
PRINT 8
8 FORMAT('1')
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE ESCREV(M,ITIP01,ITIP02,ITIP03,ITIP04)
DIMENSION M(11,11)
PRINT 1
1 FORMAT('1',/)
PRINT 2
2 FORMAT(20X,'NUMERO DE VIAGENS DE I PARA J EM 1975',/,24X,'(POR REG
*IDES ADMINISTRATIVAS)')
PRINT 3,ITIP01,ITIP02,ITIP03,ITIP04
3 FORMAT(33X,4A4)
PRINT 4
4 FORMAT(////)
PRINT 5,(I,I=1,6)
5 FORMAT(11X,'I' J-->',5X,I2,5I8)
PRINT 6
6 FORMAT(11X,'I',/, 'V',/)
DO 7 I=1,11
7 PRINT 8,I,(M(I,J),J=1,6)
8 FORMAT(I12,8X,6I8)
PRINT 4
PRINT 5,(I,I=7,11)
PRINT 6
DO 9 I=1,11
9 PRINT 8,I,(M(I,J),J=7,11)
PRINT 10
10 FORMAT('1')
RETURN
END

```

```

SJBROJTINE CALOER(VAR,ME)
REAL EN(11,11),EME(11,11),ER(11,11),EAB(11,11),MEDIA,ABSOL,EMR,SIG
*MA,VAR(34,34)
INTEGER MV(34,34),N(11,34),N(11,11),ME(11,11)
DO 13 I=1,11
DO 13 J=1,11
N(I,J)=0
13 CONTINUE
DO 14 I=1,11
DO 14 J=1,34
M(I,J)=0

14 CONTINUE
EMR=0.
MEDIA=0.
SIGMA=0.
DO 11 I=1,34
DO 11 J=1,34
MV(I,J)=IFIX(VAR(I,J)+0.4999)
11 CONTINUE
DO 1 J=1,34
M(1,J)=M(1,J)+MV(5,J)+MV(33,J)
M(2,J)=M(2,J)+MV(1,J)+MV(2,J)+MV(3,J)+MV(4,J)
M(3,J)=M(3,J)+MV(6,J)+MV(7,J)
M(4,J)=M(4,J)+MV(9,J)+MV(10,J)+MV(11,J)+MV(12,J)
M(5,J)=M(5,J)+MV(13,J)+MV(14,J)+MV(15,J)
M(6,J)=M(6,J)+MV(16,J)+MV(17,J)+MV(18,J)+MV(19,J)
M(7,J)=M(7,J)+MV(32,J)+MV(34,J)
M(8,J)=M(8,J)+MV(20,J)+MV(22,J)
M(9,J)=M(9,J)+MV(21,J)+MV(23,J)+MV(24,J)
DO 2 I=25,31
2 M(10,J)=M(10,J)+MV(I,J)
M(11,J)=M(11,J)+MV(8,J)
1 CONTINUE
DO 3 I=1,11
N(I,1)=N(I,1)+M(I,5)+M(I,33)
N(I,2)=N(I,2)+M(I,1)+M(I,2)+M(I,3)+M(I,4)
N(I,3)=N(I,3)+M(I,6)+M(I,7)
N(I,4)=N(I,4)+M(I,9)+M(I,10)+M(I,11)+M(I,12)
N(I,5)=N(I,5)+M(I,13)+M(I,14)+M(I,15)
DO 4 J=16,19
4 N(I,6)=N(I,6)+M(I,J)
N(I,7)=N(I,7)+M(I,32)+M(I,34)
N(I,8)=N(I,8)+M(I,20)+M(I,22)
N(I,9)=N(I,9)+M(I,21)+M(I,23)+M(I,24)
DO 5 J=25,31
5 N(I,10)=N(I,10)+M(I,J)
N(I,11)=N(I,11)+M(I,8)
3 CONTINUE
CALL ESCREV(N,'ESTI','MADO',,,' ')
DO 6 I=1,11

```

```

DO 6 J=1,11
EN(I,J)=FLOAT(N(I,J))
EME(I,J)=FLOAT(ME(I,J))
ER(I,J)=((EN(I,J)/EME(I,J))-1.)*100.
ABSOL=ABS(ER(I,J))
IF(ABSOL.GT.EMR)EMR=ER(I,J)
EAB(I,J)=EN(I,J)-EME(I,J)
MEDIA=MEDIA+ER(I,J)
SIGMA=SIGMA+(ER(I,J)**2)
6 CONTINUE
MEDIA=MEDIA/121.
SIGMA=SQRT((SIGMA/120.)-((121./120.)*(MEDIA**2)))
DO 7 I=1,11
DO 7 J=1,11
N(I,J)=IFIX(ER(I,J)+0.4999)
7 CONTINUE
CALL ESCREV(N,'ERRO',' REL','ATIV','O  ')
DO 8 I=1,11
DO 8 J=1,11
N(I,J)=IFIX(EAB(I,J)+0.4999)
8 CONTINUE
CALL ESCREV(N,'ERRO',' ABS','OLUT','O  ')
PRINT 9
9 FORMAT(//)
PRINT 10,MEDIA,SIGMA,EMR
10 FORMAT(10X,'MEDIA=',F7.3,10X,'SIGMA=',F7.3,10X,'EMR=',F7.3)
RETURN
END

```

```

SUBROJTINE UNIF(V,ME)
DIMENSION VAR(34,34)
INTEGER V(34,34),ME(11,11)
PRINT 1
1 FORMAT(//////////,'1',10X,'METODO DO FATOR UNIFORME',//)
DO 2 I=1,34
DO 2 J=1,34
V75=FLOAT(V(I,J))
V75=V75*1.275
VAR(I,J)=V75
2 CONTINUE
CALL TABELA(VAR,1975,1,9)
CALL TABELA(VAR,1975,10,18)
CALL TABELA(VAR,1975,19,27)
CALL TABELA(VAR,1975,28,34)
CALL CALCER(VAR,ME)
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE OUTROS(K,V,DVR,DVR,VVR,ME,METODO)
REAL X,LI,LJ,NUM1,NUM2,KJ,KD,KDD,KDD,N
INTEGER X,V(34,34),DVR(34),DVR(34),ME(11,11)
DIMENSION K(34),VAR(34,34),LI(34),LJ(34),DV(34),KD(34),KDD(3
* 4),N(7),KDD(34),KDD(34),ALIM(6)
DATA K0,KD/68*D.7,I=ME,IDET,IFRA/'FMED','DETR','FRAT'/
IF(METODO.EQ.IFME) PRINT 1
1 FORMAT(//////////,'1',10X,'METODO DO FATOR MEDIO',//)
IF(METODO.EQ.IDET) PRINT 2
2 FORMAT(//////////,'1',10X,'METODO DE DETROIT',//)
IF(METODO.EQ.IFRA) PRINT 3
3 FORMAT(//////////,'1',10X,'METODO DE FRATAR',//)
PRINT 5726,(IJ,IJ=1,7)
5726 FORMAT(//////////,4X,'IT',7(' N(',I1,')'),//)
II=1
IF(METODO.NE.IFRA) GO TO 4
DO 5 I=1,34
NUM1=0.
NUM2=0.
DEN1=0.
DEN2=0.
DO 6 X=1,34
NUM1=NUM1+V(I,X)
DEN1=DEN1+K(X)*V(I,X)

NUM2=NUM2+V(X,I)
DEN2=DEN2+K(X)*V(X,I)
5 CONTINUE
LI(I)=NUM1/DEN1
LJ(I)=NUM2/DEN2
5 4 CONTINUE
DO 7 I=1,34
DO 7 J=1,34
IF(METODO.NE.IFME) GO TO 27
V75=FLOAT(V(I,J))
V75=V75*(K(I)+K(J))/2.
GO TO 29
27 IF(METODO.NE.IDET) GO TO 28
V75=FLOAT(V(I,J))
V75=V75*(K(I)*K(J))/1.275
GO TO 29
28 IF(METODO.NE.IFRA) GO TO 29
V75=FLOAT(V(I,J))
V75=V75*K(I)*K(J)*(LI(I)+LJ(J))/2.
29 VAR(I,J)=V75
7 CONTINUE
DO 8 I=1,34
SOL=0.
SOC=0.
DO 9 X=1,34
SOL=SOL+VAR(I,X)

```



```

SDC=SDC+VAR(X,I)
9 CONTINUE
DV(I)=SDL
VV=VV+SDL
DV(I)=SDC
8 CONTINUE
ALIM(1)=0.
ALIM(2)=0.001
ALIM(3)=0.002
ALIM(4)=0.003
ALIM(5)=0.005
ALIM(6)=0.01
DO 21 I=1,7
21 N(I)=0.
DO 10 X=1,34
IF(KD(X).NE.1.) KD(X)=(K(X)*DVR(X))/DV(X)
IF(KD(X).NE.1.) KD(X)=(K(X)*DVR(X))/DV(X)
KDD(X)=ABS(KD(X)-1.)
KDD(X)=ABS(KD(X)-1.)
IF(KDD(X).EQ.ALIM(1)) N(1)=N(1)+1.
IF(KDD(X).LE.ALIM(2)) N(2)=N(2)+1.
DO 11 I=3,6
11 IF(KDD(X).LT.ALIM(I)) N(I)=N(I)+1.
IF(KDD(X).GE.ALIM(6)) N(7)=N(7)+1.
IF(KDD(X).EQ.ALIM(1)) N(1)=N(1)+1.
IF(KDD(X).LE.ALIM(2)) N(2)=N(2)+1.
DO 12 I=3,6
12 IF(KDD(X).LT.ALIM(I)) N(I)=N(I)+1.
IF(KDD(X).GE.ALIM(6)) N(7)=N(7)+1.
10 CONTINUE
DO 13 X=1,7
N(X)=N(X)*100./68.
13 CONTINUE
PRINT 14,IT,((N(I)),I=1,Z)
14 FORMAT(16,2X,7(F5.2,2X),/)
IF(N(2).GE.99.) GO TO 15
IF(IT.EQ.40) GO TO 15
IT=IT+1
DO 16 I=1,34
DO 16 J=1,34
IF(METODD.NE.IFME) GO TO 17
XX=(VAR(I,J))*(KJ(I)+KD(J))/2.
VAR(I,J)=XX
GO TO 16
17 IF(METODD.NE.IDET) GO TO 18
XX=(VAR(I,J))*(KJ(I)*KD(J))/(VVR/VV)
VAR(I,J)=XX
GO TO 16
18 DO 19 II=1,34
NUM1=0.

```

```

NUM2=0.
DEN1=0.
DEN2=0.
DO 200 X=1,34
NUM1=NUM1+VAR(II,X)
DEN1=DEN1+KO(X)*VAR(II,X)
NUM2=NUM2+VAR(X,II)
DEN2=DEN2+KO(X)*VAR(X,II)
200 CONTINUE
LI(II)=NUM1/DEN1
LJ(II)=NUM2/DEN2
19 CONTINUE
XX=(VAR(I,J))*KO(I)*KO(J)*(LI(I)+LJ(J))/2.
VAR(I,J)=XX
15 CONTINUE
VV=0.
GO TO 20
15 PRINT 9873
9873 FORMAT('1')
CALL TABFLA(VAR,1975,1,9)
CALL TABFLA(VAR,1975,10,18)
CALL TABFLA(VAR,1975,19,27)
CALL TABFLA(VAR,1975,28,34)
CALL CALCEP(VAR,4E)

RETURN
END

```

```

REAL K(34),VVV(34,34)
INTEGER X,V68(34,34),DVR(34),DVR(34),SOMAL,SOMAC,ME(11,11)
DATA IFME,DETR,IFRA,IUNI,IFIN/'FRED','DETR','FRAT','UNIF','FINA'/'
READ 1,(K(I),I=1,34)
1 FORMAT(1X,7F10.0)
READ 2,((V68(I,J),J=1,34),I=1,34)
2 FORMAT(17,6I10)
VVR=0.
DO 24 I=1,34
SOMAL=0
SOMAC=0
DO 25 X=1,34
SOMAL=SOMAL+V68(I,X)
SOMAC=SOMAC+V68(X,I)
25 CONTINUE
DVR(I)=SOMAL
VVR=VVR+(K(I)*DVR(I))
DVR(I)=SOMAC
24 CONTINUE
PRINT 4
4 FORMAT(12X,'FACTORES DE CRESCIMENTO',//,12X,'ZONA',13X,'FACTOR',/)
PRINT 5,((I,K(I)),I=1,34)
5 FORMAT(10X,15,10X,F8.4)
PRINT 12
12 FORMAT('1')
DO 78 I=1,34
DO 78 J=1,34
78 VVV(I,J)=FLDAT(V68(I,J))
CALL TABELA(VVV,1968,1,9)
CALL TABELA(VVV,1968,10,18)
CALL TABELA(VVV,1968,19,27)
CALL TABELA(VVV,1968,28,34)
PRINT 8
8 FORMAT(11,6X,1 TOTAL DE VIAGENS PARA O ANO DE 1968 //,
*7X,'I',7X,'COM ORIGEM EM I COM DESTINO PARA I',//)
PRINT 9,((I,DVR(I),DVR(I)),I=1,34)
9 FORMAT(18,12X,110,12X,111)
READ 13,((ME(I,J),J=1,11),I=1,11)
13 FORMAT(8I10)
CALL ESCREV(ME,'BSE','RVAD','O ',' ')
10 READ 11,METODO
11 FORMAT(A4)
IF(METODO.EQ.IFIN) STOP
IF(METODO.EQ.IUNI) CALL UNIF(V68,ME)
IF(METODO.NE.IUNI) CALL OUTROS(K,V68,DVR,DVR,VVR,ME,METODO)
GO TO 10
END

```

BIBLIOGRAFIA

1. BLUNDEN, W. R. - The Land-Use/Transport System, New York, Pergamon Press, 1971.
2. BOUCHARD, R. J. & PYERS, C. E. - Use of Gravity Model for Describing Urban Travel. Highway Research Record, Washington, (88) 1965.
3. BROKKE, G. E. & MERTZ, W. L. - Evaluating Trip Forecasting Methods with an Electronic Computer. Highway Research Board Bulletin, Washington, (203): 78, 1958.
4. BROWN, H. JAMES & GINN, J. ROYCE & JAMES, FRANKLIN J. & KAIN, JOHN F. & STRASZHEIM, MAHLON R. - Empirical Models of Urban Land Use: Suggestions on Research Objectives and Organization, New York, National Bureau of Economic Research, 1972. 98p.
5. BRUTON, M. J. - Introduction to Transportation Planning, London, Hutchinson Technical Education, 1970. 232p.
6. CALVETE, F. JAVIER VALERO - Transportes Urbanos, Madrid, Editorial Dossat, S. A., 1970.
7. CECCARELLI P. & GABRIELLI, B. & ROZZI E. e outros - Las Incognitas del Trafico Urbano, Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 1968, 382p.
8. EDENS, H. J. - Analysis of a Modified Gravity Model. Transportation Research, London, 4(1): 51-62, Abr., 1970.
9. FANG, Isu - Estudos de Tráfego. I Simpósio Brasileiro

de Pesquisa Operacional, 1968.

10. FINNEY, Nigel D. - Trip Distribution Models. New Perspectives in Urban Transportation Research, Massachusetts Catanese Anthony Jr., 1972. Cap.3, p.63-146.
11. FRATAR, T.J., Forecasting Distribution of Interzonal Vehicular Trips by Successive Approximations. Highway Research Board Proceedings, Washington, (33): 376-84, 1954.
12. GOMES, Luiz Eugênio Dias - Transporte Rodoviário de Passageiros. Revista do Clube de Engenharia, Rio de Janeiro, (393): 4-11, 1974.
13. HANSEN, W. G. - Evaluation of Gravity Model Trip Distribution Procedures. Highway Research Board Bulletin, Washington, (347): 67-76, 1962.
14. LYNCH, J.T. & BROKKE, G. E. & VOORHEES, A. M. & SCHNEIDER, M. - Panel Discussion on Inter-Area Travel Formulas. Highway Research Board Bulletin, Washington, (253): 128-38, 1960.
15. MARTIN, Brian V. & MEMMOTT, Frederick W. & BONE, Alexander J. - Principles and Techniques of Predicting Future Demand for Urban Area Transportation, Massachusetts, The M. I. T. Press, 1965.
16. MELLO, José Carlos - Planejamento dos Transportes, São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1975, 190p.
17. MENEZES, Umberto Rafael de - Introdução ao Planejamento de Transportes Urbanos, Recife, SUDENE, Dep. Transp., 1971. 69p.
18. RIO DE JANEIRO, Cia. do Metropolitano - Estudo de Viabili-

dade Técnica e Econômica do Metropolitano do Rio de Janeiro, 1968.

19. RIO DE JANEIRO, Cia. do Metropolitano/PIT - Matrizes de Viagens Atuais na Área de Estudo. Relatório 14, 1976.
20. RIO DE JANEIRO, Cia. do Metropolitano/PIT - Zoneamento do Município do Rio de Janeiro para Estudo de Transporte, 1976.
21. ROLDAN, Antonio Valdes Gonzalez - Ingénieria de Trafico, Madrid, Editorial Dossat, 1971, 880p.
22. TOMAZINIS, A. R. - A New Method of Trip Distribution in an Urban Area. Highway Research Board Bulletin, Washington (347): 77-99, 1962.