

O MODELO DE OPORTUNIDADE PARA DISTRIBUIÇÃO
DE VIAGENS : UM ESTUDO E UMA APLICAÇÃO

-1977-

por: Francisco Luiz Parente Neiva Santos

SUMÁRIO

O presente trabalho trata da Distribuição de Viagens numa rede urbana. É feito um estudo de alguns dos modelos mais usuais dando ênfase ao Modelo de Oportunidade de caráter probabilístico. No final é feita uma aplicação deste modelo, tendo sido escolhida a cidade de São Bernardo do Campo como área de estudo.

ÍNDICE

CAPÍTULO I

Introdução -----	01
------------------	----

CAPÍTULO II

A Distribuição de Viagens -----	05
---------------------------------	----

2.1- Conceitos e Definições -----	05
-----------------------------------	----

2.2- O porque da distribuição de viagens -----	11
---	----

CAPÍTULO III

Modelos de Fator de Crescimento -----	
---------------------------------------	--

3.1- Descrição dos Modelos de Fator de Crescimento -----	18
---	----

3.2- Fator Médio -----	24
------------------------	----

3.3- Detroit -----	25
--------------------	----

3.4- Fratar -----	25
-------------------	----

3.5- Furness -----	26
--------------------	----

3.6- Relação entre os Fatores de Distribuição e os Fatores de Expansão -----	28
--	----

CAPÍTULO IV

O Modelo de Oportunidade -----	
--------------------------------	--

4.1- Considerações -----	30
--------------------------	----

4.2- Hipóteses Básicas e Formulação Matemática -----	31
---	----

4.3- O Modelo Revisado -----	34
------------------------------	----

4.4- Notação -----	36
4.5- O Modelo Irrestrito -----	37
4.6- O Modelo de Oportunidades Sa- tisfazendo a Restrição de Produção -----	42
4.7- O Modelo de Oportunidades Sa- tisfazendo a Restrição de Atração -----	44
4.8- O Modelo de Oportunidade com Dupla Restrição -----	46
4.8.1- O Método do BPR -----	47
4.8.2- O Método do BPR modi- ficado -----	48
4.8.3- O Método Furness -----	49
4.9- Os Parâmetros L_i -----	50
4.9.1- Natureza dos Parâme- tros L_i -----	51
4.9.2- Relacionando L_i com os Parâmetros de Via- gem -----	59
4.10- Métodos de Calibração -----	61
4.10.1- Método Iterativo de Calibração (MIC) -----	62
4.10.2- Método Empírico de Calibração (MEC) -----	66

CAPÍTULO V

Programa e Área de Estudo -----	
5.1- Os Programas -----	69
5.2- Área de Estudo -----	71

5.2.1- Área de Pesquisa -----	71
5.2.2- Zonas e Centróides -----	71
5.2.3- Sistema de Transportes e Rede Viária Básica -----	72
5.2.4- As Viagens -----	74

CAPÍTULO VI

Aplicação e Conclusões -----	
6.1- Considerações de Aplicação do Modelo de Oportunidade -----	78
6.1.1- O Método Iterativo de Ca- libração-----	78
6.1.2- O Método Empírico de Ca- libração -----	81
6.1.3- Graus de Aproximação ---	82
6.1.3.1- Raiz do Erro Mé- dio Quadrático-----	82
6.1.3.2- Coeficiente de Correlação Ma- tricial -----	82
6.1.3.3- Restrições de Atração e Produ- ção -----	83
6.1.3.4- Tempos médios - de viagem-----	83
6.1.3.5- Frequência de Comprimento de Viagem -----	84
6.2- Considerações sobre a Área de Estudo -----	86

6.2- Resultados e Conclusões -----	86
APÊNDICE A - Considerações sobre os modelos de fator de crescimento -----	92
APÊNDICE C - Localização das Zonas Externas -----	102
APÊNDICE D - Listagem de Programas e Subrotina -----	103
APÊNDICE E - Resultados Obtidos -----	123
BIBLIOGRAFIA -----	135

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A importância, para os diversos setores da economia de um sistema de transportes eficiente em prover mobilidade e acessibilidade, tem causado um grande esforço no desenvolvimento de metodologias de planejamento¹ que possibilitem uma utilização mais racional dos recursos a serem aplicados no setor de transportes. Inúmeros fatores interferem nesta decisão de investir, tais como considerações de ordem tecnológica, política, financeira e econômica. Devido às complexas interações entre estes fatores tem sido utilizadas técnicas diferentes de análise, considerando os diferentes pontos de vista, conforme um ou outro aspecto seja tomado como preponderante. Como consequência tem sido formuladas diversas metodologias para analisar as políticas alternativas e para avaliar as possibilidades de investimento. Apesar de algumas técnicas terem encontrado muitos adeptos não existe um consenso metodológico. Embora não existindo tal consenso, tem aparecido um acordo com respeito à definição das funções que devem ser realizadas durante o processo. Entre elas são mais importantes as seguintes:

1 - ESTUDO ECONÔMICO BÁSICO

com o propósito de determinar como a demanda de transportes afetará os demais setores da economia.

1

O intuito desta introdução não é o de apresentar com rigorismo conceitual noções de planejamento de transportes mas sim o de situar o presente trabalho numa área de estudos. Aqueles que estiverem interessados em se aprofundar no assunto podem consultar entre outros "ACTA POLYTECHNICA SCANDINAVICA" (1966).

2 - GERAÇÃO DE VIAGENS

determinação dos totais de viagens futuras, atraídas e produzidas em cada uma das zonas geográficas em que foi subdividida a área de pesquisa.

3 - DISTRIBUIÇÃO DE VIAGENS

determinação dos destinos específicos das viagens originadas em cada zona geográfica.

4 - DIVISÃO MODAL

distribuição das viagens entre os diversos modos de transportes considerados (ônibus, táxi, auto particular...).

5 - ATRIBUIÇÃO DE TRÁFEGO

determinação da rota utilizada pelo viajante entre a origem e o seu destino.

6 - AVALIAÇÃO DE PROPOSTAS E DO DESEMPENHO DO SISTEMA DE TRANSPORTE

determinação das propostas para o sistema de transportes futuro e análise do seu desempenho.

O processo começa com a coleta de dados que constitui a base para o desenvolvimento de relações estatísticas entre os dados sócio-econômicos e os dados de viagens. Sendo consideradas como causa, as variáveis sócio-econômicas são projetadas para o futuro, consistindo no que é chamado de determinação do futuro uso do solo. Em outras palavras, procuram-se obter indicadores das futuras atividades econômicas e de futuras características da rede e da população tais como número de empregos, de fábricas, de lojas, densidade populacional, taxa de motorização e renda familiar entre outras.

Em seguida à determinação do futuro uso do solo e como mostra a figura 1.1, são determinados os futuros fluxos de tráfego com a realização sequencial das etapas de Geração, Distribuição, Divisão Modal e Atribuição de tráfego.

Este trabalho visa, dentro do consenso metodológico existente quanto a realização de funções, o estudo da Distribuição de Viagens. Para se efetuar a distribuição de viagens são introduzidos modelos que melhor interpretam as causas sobre as mesmas. Não sendo mais do que representações matemáticas de fatores físicos e sociólogos observados, os diversos modelos de distribuição de viagens consistem em tentativas de identificar e quantificar as variáveis que interferem nas viagens. Portanto, seria imprudência afirmar que um determinado modelo é melhor que um outro sem fixar uma base comum de aplicação. Podemos afirmar se um modelo interpreta, ou não, de modo satisfatório o comportamento dos usuários numa determinada rede urbana. Isto nos motivou a realizar este estudo que visa determinar entre os modelos mais usuais, aqueles que interpretam de modo satisfatório o deslocamento de pessoas e cargas numa determinada cidade de médio porte. O objetivo central é comparação de alguns modelos de distribuição segundo uma mesma base empírica de aná-

lise. Entendemos que sem esta base comum sô seria possível - uma análise isolada das hipóteses admitidas por cada um dos modelos. A cidade de São Bernardo do Campo foi escolhida como área de aplicação, mais pelo fato de dispor dos dados necessários do que por quaisquer outros motivos. Será dada maior ênfase ao Modelo de Oportunidades, de caráter probabilístico e em menor escala aos modelos de fator de crescimento.

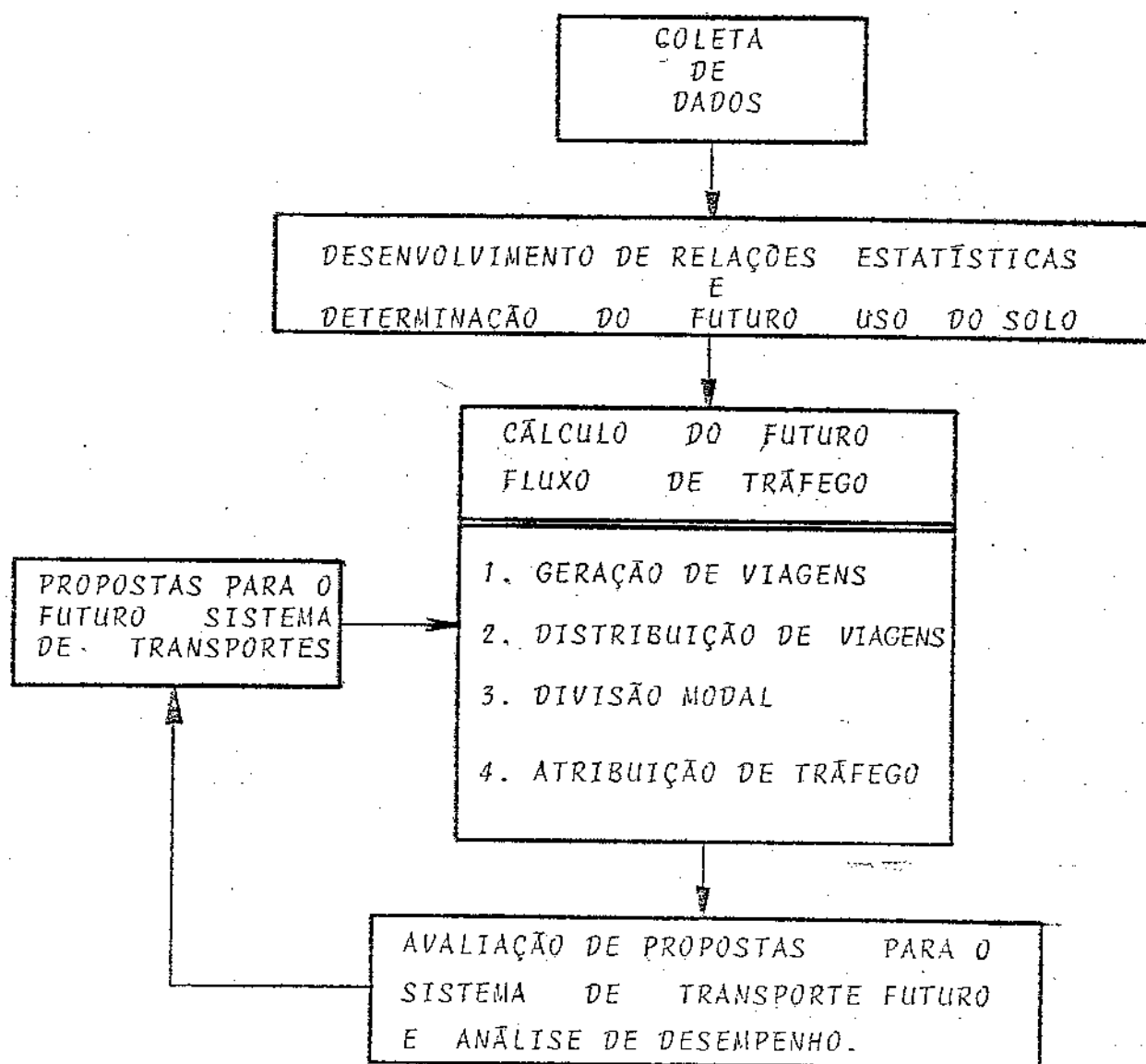


Figura 1.1- Esquema de Metodologia de Planejamento de Transportes

CAPÍTULO II

A DISTRIBUIÇÃO DE VIAGENS

Neste capítulo abordaremos de uma maneira geral o processo de distribuição de viagens, tecendo algumas considerações individuais sobre os modelos, que serão amplamente discutidos em capítulos subsequentes. De início deve-se ressaltar que uma característica comum no desenvolvimento da maioria dos modelos de distribuição de viagens é a utilização de conceitos¹ da teoria dos grafos aplicada a redes de transportes. Utilizaremos rede de transportes ou sistema de transportes indiferentemente, entendendo-se como um conjunto de vias, com cruzamentos e terminais que são utilizadas por carros, ônibus, caminhões, trens e metrô.

2.1 - CONCEITOS E DEFINIÇÕES

De um modo geral a aplicação da teoria dos grafos a problemas de modelamento matemático de sistemas de transportes deriva da facilidade em se associar as partes do sistema físico (real) com elementos que definem um grafo².

¹ As definições e conceitos são colocadas no texto com a finalidade de se ter uma sequência suave da descrição, não com o intuito de descrever as teorias correspondentes. Aqueles que estiverem interessados em se aprofundar nos estudos ou ter mais rigorismo conceitual nas definições de teoria dos grafos ou análise de redes, podem consultar entre outros Deo (1974), Roy (1969), Morlok (1970) e Henley e Williams (1973).

2

Um grafo pode ser visualizado como uma configuração espacial constituída de pontos (nós e vértices) interligados por um sistema de linhas (ramos ou ligações). Essa coleção de pontos e linhas pode estar situada num único plano ou no espaço tridimensional, daí termos grafos geométricos planos ou espaciais (não planos).

As partes do sistema de transportes, ou seja, trechos de vias, ao longo dos quais ocorrem os deslocamentos de carga ou passageiros, são referidos como RAMOS. Os pontos onde os ramos se conectam são chamados de NÓS. Associado a cada ramo há uma IMPEDÂNCIA correspondente a resistência ao deslocamento dos veículos, a qual pode ser expressa em termos de distância, tempo, custo ou de uma combinação delas. Para o estudo prático de uma rede de transportes, se delimita uma certa região ou área geográfica, que chamaremos de ÁREA-DE ESTUDO e no nosso caso deve abranger todo o aglomerado urbano. Portanto sua linha limitrofe deve se localizar na periferia do aglomerado onde a urbanização deixa de existir, devendo ser cortada apenas pelas vias que ligam esta área às regiões vizinhas. No entanto é numa área menor que a área de estudo onde se fará o levantamento de dados através de amostras representativas, sendo chamada de ÁREA DE PESQUISA. Nella estão concentrados os grandes fluxos de tráfego, sendo seu contorno imaginário chamado de LINHA DE CONTORNO.

Para a análise da distribuição de viagem ainda interessam os seguintes elementos que são ilustrados na figura 2.1:

i - ZONA

Com a finalidade de analisar os movimentos internos, a área de pesquisa é usualmente subdividida em zonas de tráfego. Na delimitação das mesmas é usual se procurar seguir os limites censitários, administrativos e políticos para posteriores subdivisões em zonas menores tentando ainda abranger um todo o mais homogêneo possível, respeitando se possível as barreiras naturais

ou artificiais (rios, linhas férreas, etc.)

ii - CENTRÓIDE

Delimitadas as zonas, são pesquisados e analisados dados sobre as mesmas. Esses dados tais como os totais de viagens atraídas ou produzidas pela zona, são usualmente supostos se concentrarem num local da mesma, que é denominado de centróide. Pode-se afirmar portanto que o centróide é a representação pontual da zona devendo preferencialmente se situar no local onde se concentra a maioria das atividades dessa zona. Exemplificando:

Sejam duas zonas, a primeira com características predominantemente residencial e a segunda comercial. É portanto razoável que seus centróides se situem no lugar de maior densidade geográfica e nas proximidades do centro comercial respectivamente.

iii - VIAGEM

Por viagem entende-se o percurso de um veículo entre dois pontos com um propósito específico. Para o nosso trabalho estes pontos são centróides, sendo o ponto de partida chamado de centróide origem e o ponto terminal de centróide destino.

lv - TIPOS DE VIAGEM

Considera-se ao longo desse trabalho três subdivisões diferentes de viagens. A primeira é quanto ao propósito e uma possível subdivisão seria:

- viagens ao trabalho
- viagens às compras
- viagens para recreação
- viagens à escola
- outras viagens

A segunda subdivisão é feita tendo em vista o modo de realização donde poderíamos ter viagens do tipo:

- ônibus
- auto particular
- táxi
- caminhão
- metrô
- outros

A terceira subdivisão diz respeito ao espaço físico em que são realizadas as viagens, mais precisamente à posição relativa da origem e do destino na área de pesquisa. Considera-se três tipos a seguir - exemplificadas:

VIAGENS ATRAVÉS

São aquelas em que seus dois extremos, origem e destino estão fora da área de pesquisa, mas que a atravessam, influenciando portanto a circulação interna.

VIAGENS EXTERNAS

São consideradas aquelas que apenas um dos extremos se localiza no interior da área de pesquisa.

VIAGENS INTERNAS

São aquelas em que tanto a origem como o destino se localizam na área de pesquisa. Serão ditas INTERZONAIS caso a origem e o destino estejam em zonas distintas, em caso contrário serão chamadas INTRAZONAIS.

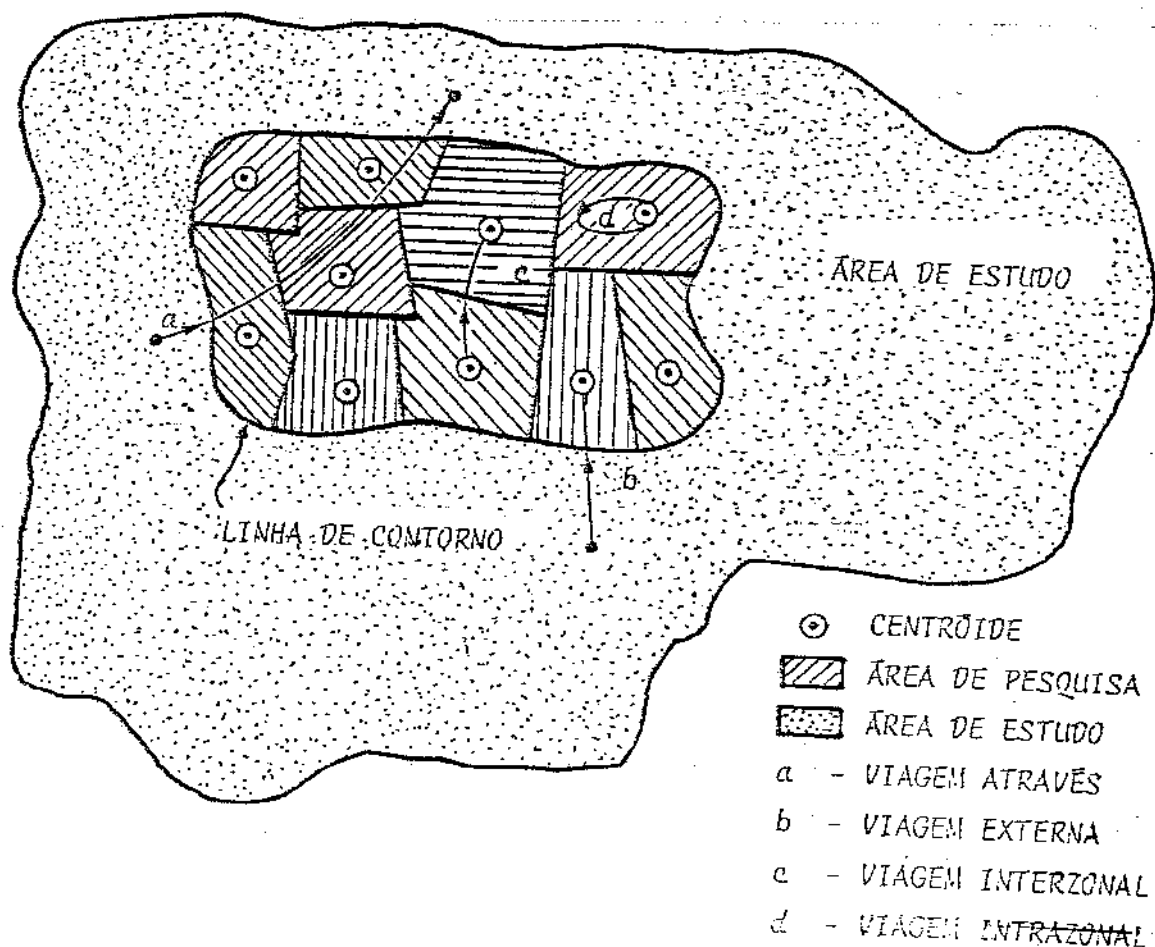


Figura 2.1 - ILUSTRAÇÃO DOS CONCEITOS INTRODUZIDOS

v - MATRIZ ORIGEM-DESTINO, ANO BASE E ANO META

Dada uma rede de transportes, delimitada - sua área de pesquisa, subdividida em N zonas, determinados e numerados seus N centros, chamaremos de matriz origem-destino a matriz $N \times N$ cujo elemento da i -ésima linha e j -ésima coluna corresponde ao número de viagens originadas na i -ésima zona e com destino na j -ésima zona.

Constantemente nos referimos a situação da rede de transportes em dois anos distintos.

O primeiro é chamado de ANO BASE e corresponde ao ano em que é feito o planejamento. O segundo será usualmente citado como ANO META, e corresponde ao ano do futuro para o qual serão feitas as previsões das viagens. Representaremos por $\{t_{ij}\}$ a matriz origem-destino da rede definida para o ano base onde teremos:

t_{ij} = número de viagens originadas na zona i , com destino na zona j e observadas no ano base

$p_i = \sum_{j=1}^N t_{ij}$ = total de viagens produzidas pela zona i no ano base

$a_j = \sum_{i=1}^N t_{ij}$ = total de viagens atraídas pela zona j no ano base

$w = \sum_{i=1}^N p_i = \sum_{j=1}^N a_j$ = total de viagens na rede e observadas no ano base

Para facilitar a descrição poderemos muitas vezes nos referir a matriz origem-destino - definida para o ano base como matriz de viagens observadas ou simplesmente como matriz observada.

A matriz origem-destino da rede definida para o ano meta será representada por $\{T_{ij}\}$, de modo que:

T_{ij} = número de viagens originadas na zona i com destino na zona j e previstas para o ano meta.

P_i = total de viagens que a zona i produzirá no ano meta.

A_j = total de viagens que serão atraídas pela zona j no ano meta.

$W = \sum_{i=1}^N P_i = \sum_{j=1}^N A_j$ = total no ano meta, das viagens na rede.

Com o objetivo de facilitar a descrição, a matriz origem-destino definida para o ano meta poderá ser chamada de matriz de viagens futuras ou simplesmente de matriz de viagens previstas.

2.2 - O PORQUE DA DISTRIBUIÇÃO DE VIAGENS

A distribuição de viagens é um processo de estimação do número de viagens feitas por unidade de tempo no presente, ou para uma data futura, entre cada par de zonas - de uma área de pesquisa. As viagens são usualmente subdivididas

das de acordo com os propósitos com que são realizadas e por tanto são feitas previsões separadas para cada tipo de viagem considerado. De início é usualmente feita a estimação de quantas viagens começarão e terminarão em cada zona estabelecendo-se relações estatísticas no ano base entre os dados de viagens obtidos por levantamentos e variáveis sócio-econômicas das zonas. As variáveis sócio-econômicas envolvidas são projetadas para o ano meta, e utilizando-se das relações estatísticas estabelecidas no ano base, são estimados os totais de viagens originadas e atraídas por cada zona da área de pesquisa, consintindo no já citado processo de Geração de Viagens¹.

O processo é chamado de distribuição de viagens porque o total conhecido das viagens originadas numa determinada zona e determinado pelo processo de Geração de Viagens será repartido entre as zonas destino da área pesquisada. Se o processo de geração de viagens nos fornece os totais de viagens originadas e atraídas por cada uma das N zonas da área de pesquisa, o problema da distribuição de viagens - poderia ser posto matematicamente da seguinte forma:

Determinar numa matriz $\{T_{ij}\}$, $N \times N$ que satisfaça as restrições abaixo

$$(2.1) \quad \sum_{i=1}^N T_{ij} = A_j \quad j = 1, N \quad (N \text{ equações})$$

$$(2.2) \quad \sum_{j=1}^N T_{ij} = P_i \quad i = 1, N \quad (N \text{ equações})$$

¹ Aqueles que estiverem interessados em maiores informações sobre Geração de Viagens podem consultar entre outros, "ACTA POLYTECHNICA SCANDINAVICA" [1966].

onde os A_j e P_i para i e j variando de 1 a N são obtidos do processo de Geração de Viagens.

O objetivo da distribuição de viagens portanto é encontrar N^2 variáveis que correspondam aos números de viagens entre cada par de zonas, ou seja, em determinar a matriz origem-destino definida para o ano meta. Matematicamente portanto o problema não apresenta solução única para $N > 2$ uma vez que dispomos de $2N$ equações e N^2 variáveis a determinar. Procuram-se então modelos que nos calculem a proporção mais correta possível do volume de tráfego que se origina numa zona e se dirige para as zonas da rede.

Os modelos de distribuição de viagens consistem essencialmente em admitir hipóteses básicas que melhor interpretem os motivos das viagens. Em sua grande maioria pode-se notar uma hipótese bem simples:

O número de viagens entre duas zonas cresce quando cresce uma medida de atração de viagens da zona destino e decresce quando cresce uma medida de resistência às viagens entre as duas zonas.

Não sendo mais do que representações matemáticas de fatores físicos e sociólogos observados, os modelos a serem introduzidos admitem a seguinte hipótese:

$$(2.3) \quad T_{ij} = P_i Z_{ij}$$

onde Z_{ij} é chamado de FATOR DE DISTRIBUIÇÃO

Podemos dizer que Z_{ij} representa a atração relativa que a zona j exerce sobre as viagens originadas na zona i , como também a resistência relativa às viagens da zona i para j . Os diversos modelos consistem fundamentalmen-

te em formalizar os fatores de distribuição Z_{ij} , sendo possível classificá-los da seguinte forma:

1. MODELOS DE FATOR DE CRESCIMENTO

2. MODELOS ANALÍTICOS

Os modelos analíticos formalizam diretamente Z_{ij} tentando identificar as variáveis que influenciam no número de viagens e reconhecem que as impedâncias relativas entre as centróides da rede de transportes podem mudar com o decorrer do tempo, sendo por vezes chamados de modelos de impedância dependente. Eles relacionam os dados de viagens obtidos no ano base com alguma função impedância para então utilizar desta relação e determinar a distribuição de viagens futuras, considerando as características do sistema de transportes que são esperadas existir no ano meta. Conhecendo-se a matriz origem-destino definida para a rede de transportes do ano base, podemos determinar os valores dos fatores de distribuição para o citado ano e que satisfazem os dados para todos os pares de zonas:

$$(2.4) \quad z_{ij} = \frac{t_{ij}}{p_i} \quad i \text{ e } j \text{ variando de } 1 \text{ a } N.$$

onde as letras minúsculas correspondem aos valores das variáveis no ano base.

Determinados os valores de z_{ij} que satisfazem os dados atuais, procura-se encontrar uma relação matemática entre os fatores de distribuição com características das zonas e da rede de transportes. Em seguida, utilizando a relação encontrada e as características das zonas e da rede de transportes que são esperadas existir no ano meta, são deter

minados os fatores de distribuição futuros, ou seja, são encontrados os valores de Z_{ij} para todos os pares de zonas. Com os valores de P_i , i variando de 1 a N , determinados pelo Processo de Geração de Viagens e com os valores dos fatores de distribuição determinados para o ano meta, podemos determinar o número de viagens futuras entre todos os pares de zonas utilizando a equação [2,3]. Como exemplo de modelos analíticos podemos citar entre outros, o Modelo de Gravidade e o Modelo de Oportunidade, sendo que este último será amplamente discutido no capítulo 4.

Diferentes métodos tem sido utilizados para achar a forma de z_{ij} , tentando identificar as variáveis que melhor representem o comportamento das viagens. A expressão de z_{ij} em função de variáveis e parâmetros introduzidos deve ser tal que haja uma concordância entre os dados obtidos por levantamentos e os resultados obtidos com a aplicação do modelo para o ano base. Podemos dizer que de uma maneira geral os modelos analíticos consistem em admitir hipóteses que resultarão na definição das variáveis envolvidas e do tipo de equação que relaciona os fatores de distribuição com tais variáveis. Feito isto, é preciso quantificar as variáveis e os parâmetros introduzidos na equação de relacionamento de modo que os resultados obtidos com a aplicação do modelo sejam o mais próximo possível dos dados correspondentes obtidos através dos levantamentos. Isto consiste no que é usualmente chamado de CALIBRAÇÃO do modelo podendo chegar a ser uma das etapas mais exaustivas na utilização dos modelos analíticos. De um modo geral como os modelos não são perfeitamente corretos pois não descrevem exatamente o comportamento humano nem identificam e quantificam todas as causas que interferem nas viagens, é preciso fazer um processo iterativo para que haja uma melhor concordância com os dados levantados.

Nos modelos de fator de crescimento, que serão

introduzidos no capítulo seguinte, os fatores de distribuição Z_{ij} serão implicados por outras hipóteses admitidas.

Na figura 2.2 é mostrado em diagrama de blocos simplificado, como é obtida a matriz origem-destino da rede de transportes definida para o ano meta a partir da matriz origem-destino do ano base e dos resultados do processo de Geração de Viagens. Os modelos de fator de crescimento não requerem ajuste de parâmetros, ou seja, não precisam ser calibrados, e obtêm a matriz de viagens futuras operando iterativamente sobre a matriz origem-destino do ano base. Já os modelos analíticos são mais complexos e necessitam de um processo de calibração para que se determinem os parâmetros ainda desconhecidos. Em seguida é feita uma projeção para o ano meta das variáveis envolvidas, determinando-se os fatores de distribuição futuros. Com os resultados do processo de geração de viagens é obtida uma matriz $\{T_{ij}\}$, que em geral ainda não satisfaz as condições 2.1 e 2.2, sendo feito então um processo iterativo sobre esta matriz para que tais condições sejam satisfeitas.

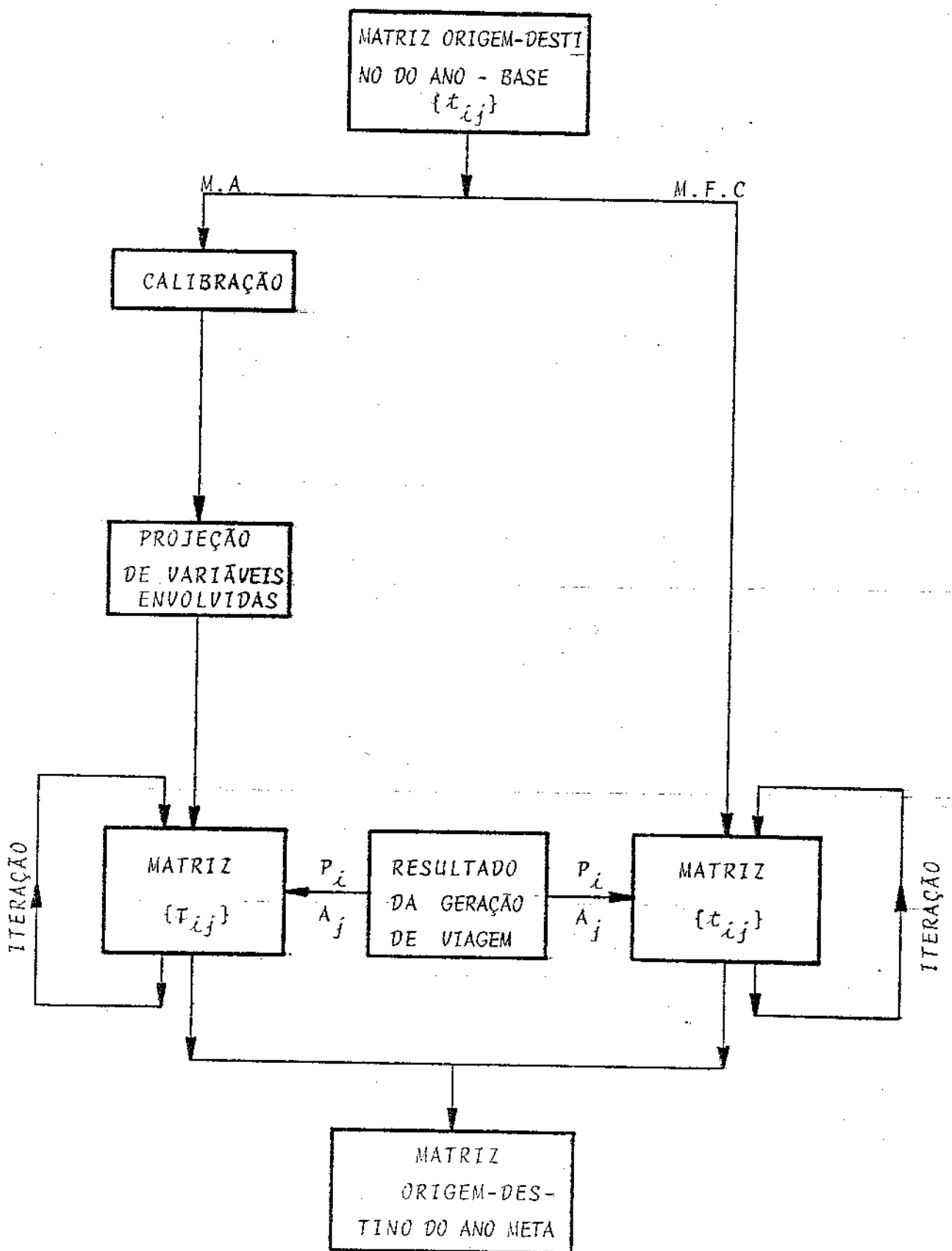


Figura 2.2 - DIAGRAMA DE BLOCOS SIMPLIFICADO DO PROCESSO DE DISTRIBUIÇÃO DE VIAGENS

CAPÍTULO III

MODELOS DE FATOR DE CRESCIMENTO

3.1 - DESCRIÇÃO DOS MODELOS DE FATOR DE CRESCIMENTO

Os primeiros métodos desenvolvidos para estimação de viagens interzonais foram baseados em fatores de crescimento. São relativamente simples e requerem pouco conhecimento das relações básicas sobre o tráfego. Foram utilizados inicialmente quando grandes quantidades de dados de tráfego começaram a ser coletados em levantamentos origem-destino simples, sem entretanto ser pesquisada a natureza complexa dos motivos das viagens, ou seja, os fatores físicos e sócio-econômicos que sobre elas interferem. Os modelos de fator de crescimento tomam como base para a previsão das viagens futuras a matriz origem-destino atual, fazendo-se necessário portanto um levantamento origem-destino de toda a área de pesquisa, para que tal matriz seja obtida.

Se as viagens forem divididas de acordo com o propósito que são realizadas, teremos um conjunto de matrizes, uma para cada propósito, representando as viagens entre cada par de zonas. Consideraremos somente viagens com mesmas finalidades dado que para mais de um propósito o procedimento é repetido tantas vezes quantos forem os tipos de viagens consideradas. Os totais projetados de viagens produzidas $\{P_i\}$ e atraídas $\{A_j\}$ por cada uma das zonas para o ano meta, são determinadas pelos modelos de Geração de Viagens e serão constantemente referidos como os totais desejados de produção e atração respectivamente. O objetivo dos modelos de fator de crescimento é derivar a partir da matriz $\{t_{ij}\}$ de viagens observadas, uma matriz $\{T_{ij}\}$ que satisfaça os totais desejados de atração a produção obtidos pela geração de viagens. Estas matrizes podem ser vistas a seguir:

t_{11}	t_{12}	$\dots$	t_{1N}	p_1
t_{21}	t_{22}	$\dots$	t_{2N}	p_2
$\vdots$	$\vdots$		$\vdots$	
$\vdots$	$\vdots$		$\vdots$	
$\vdots$	$\vdots$		$\vdots$	
t_{N1}	t_{N2}	$\dots$	t_{NN}	p_N
a_1	a_2	$\dots$	a_N	w

T_{11}	T_{12}	$\dots$	T_{1N}	p_1
T_{21}	T_{22}	$\dots$	T_{2N}	p_2
$\vdots$	$\vdots$		$\vdots$	
$\vdots$	$\vdots$		$\vdots$	
$\vdots$	$\vdots$		$\vdots$	
T_{N1}	T_{N2}	$\dots$	T_{NN}	p_N
A_1	A_2	$\dots$	A_N	w

onde

$$\sum_{j=1}^N t_{ij} = p_i$$

$$\sum_{i=1}^N t_{ij} = a_j$$

$$\sum_{i=1}^N p_i = \sum_{j=1}^N a_j = w$$

A matriz $\{T_{ij}\}$ a ser obtida deve ser tal que sa tisfaça as seguintes restrições:

$$(3.1) \quad \sum_{j=1}^N T_{ij} = P_i \quad i = 1, N$$

$$(3.2) \quad \sum_{i=1}^N T_{ij} = A_j \quad j = 1, N$$

As condições 3.1 e 3.2 serão constantemente referidas como as restrições de produção e atração respectivamente. Diversos métodos de derivar a matriz $\{T_{ij}\}$ tem sido propostos, incluindo entre eles os métodos de FATOR MÉDIO, FRATAR, DETROIT e FURNESS, que serão introduzidos. A derivação em todos os métodos de fator de crescimento é feita procurando-se constantes para multiplicar cada elemento da matriz $\{t_{ij}\}$ original, ou seja:

$$(3.3) \quad T_{ij} = E_{ij} t_{ij}$$

onde os E_{ij} são chamados de FATORES DE EXPANSÃO.

No item 3.5 será demonstrado que a hipótese 3.3 recai sobre a hipótese básica admitida de que $T_{ij} = P_i Z_{ij}$.

O problema então pode ser posto da seguinte forma:

dada uma matriz $\{t_{ij}\}$, encontrar uma matriz $\{T_{ij}\}$ tal que,

$$\sum_{j=1}^N T_{ij} = P_i \quad i = 1, N$$

$$\sum_{i=1}^N T_{ij} = A_j \quad j = 1, N$$

$$T_{ij} = E_{ij} t_{ij}$$

Infelizmente não é possível encontrar diretamente valores de E_{ij} , tal que a matriz $\{T_{ij}\}$ satisfaça as restrições de atração e produção de viagens, fazendo-se necessário um processo iterativo. A partir da matriz $\{t_{ij}\}$ será obtida uma sequência de matrizes $\{t_{ij}^{(1)}\}$, $\{t_{ij}^{(2)}\}$, $\{t_{ij}^{(3)}\}$..., da seguinte forma:

$$t_{ij}^{(0)} = t_{ij}$$

$$t_{ij}^{(1)} = e_{ij}^{(1)} \cdot t_{ij}^{(0)}$$

$$t_{ij}^{(n)} = e_{ij}^{(n)} \cdot t_{ij}^{(n-1)}$$

e portanto

$$(3.4) \quad t_{ij}^{(n)} = \left(\prod_{K=1}^n e_{ij}^{(K)} \right) t_{ij}$$

A cada iteração uma nova matriz $\{t_{ij}^{(n)}\}$ é obtida a partir da anterior, $\{t_{ij}^{(n-1)}\}$, multiplicando-se cada elemento por uma constante $e_{ij}^{(n)}$. Cada um dos métodos de fator de crescimento anteriormente citados consiste num modo diferente de obter $e_{ij}^{(n)}$. Todos eles foram usados na prática e observou-se que a sequência de matrizes $\{t_{ij}\}$, $\{t_{ij}^{(1)}\}$, $\{t_{ij}^{(2)}\}$..., usualmente (mas nem sempre) converge, e que as somas das linhas e colunas da matriz limite são iguais aos P_i 's e A_j 's desejados. Se $\{t_{ij}^*\}$ for considerada a matriz limite da sequência, obtida com m iterações devido a uma precisão desejada, teremos:

$$t_{ij}^* \approx t_{ij}^{(m)} = \left(\prod_{K=1}^m e_{ij}^{(K)} \right) t_{ij}$$

com

$$\sum_{i=1}^N t_{ij}^* = A_j \quad j = 1, N$$

$$\sum_{j=1}^N t_{ij}^* = P_i \quad i = 1, N$$

Portanto $\{t_{ij}^*\}$ satisfaz as restrições 3.1 e 3.2, sendo deste modo a matriz $\{T_{ij}\}$ desejada e com :

$$T_{ij} = t_{ij}^* = \left[\prod_{K=1}^m e_{ij}^{[K]} \right] t_{ij}$$

donde

(3.5)

$$E_{ij} = \prod_{K=1}^m e_{ij}^{[K]}$$

A maneira como cada um dos métodos define as constantes multiplicativas $e_{ij}^{[n]}$ será mostrada nos itens subsequentes. No entanto é necessário que se faça a conceituação dos seguintes fatores de crescimento:

$$F_i^{(n)} = \frac{P_i}{p_i^{(n)}} = \text{fator de crescimento de produção de viagens da zona (centroide) } i, \text{ após a } n\text{-ésima iteração}$$

$$F_j^{(n)} = \frac{A_j}{a_j^{(n)}} = \text{fator de crescimento de atração de viagens da zona (ou centroide) } j, \text{ após a } n\text{-ésima iteração.}$$

$$C^{(n)} = \frac{W}{w^{(n)}} = \text{fator de crescimento médio das viagens da rede, após a } n\text{-ésima iteração.}$$

onde

$$p_i^{(n)} = \sum_{j=1}^N t_{ij}^{(n)}$$

$$a_j^{(n)} = \sum_{i=1}^N t_{ij}^{(n)}$$

$$\bar{w}^{(n)} = \sum_{i=1}^N p_i^{(n)} = \sum_{j=1}^N a_j^{(n)}$$

O problema de encontrar a matriz $\{T_{ij}\}$ é algumas vezes posto de modo diferente, admitindo-se que os fatores de expansão que multiplicarão os t_{ij} são da forma $r_i s_j$. Portanto,

$$E_{ij} = r_i s_j$$

(3.6)

$$T_{ij} = r_i s_j t_{ij}$$

e o problema se resume em encontrar, para todo i e j , os r_i e s_j que são usualmente chamados de FATORES DE BALANCEAMENTO. Estes fatores devem ser tais que satisfaçam as condições 3.1 e 3.2, donde:

$$(3.7) \quad r_i \sum_{j=1}^N s_j t_{ij} = P_i \quad \text{para todo } i$$

$$(3.8) \quad s_j \sum_{i=1}^N r_i t_{ij} = A_j \quad \text{para todo } j$$

Infelizmente não tem sido possível resolver as equações 3.7 e 3.8 explicitamente. Contudo Evans, A.W (1970) demonstrou a existência de uma única única matriz -

$\{T_{ij}\}$ solução, desde que todos t_{ij} sejam maiores que zero¹

3.2 FATOR MÉDIO

O fator de expansão para a n -ésima iteração, $e_{ij}^{(n)}$, é dado pela média aritmética, do fator de crescimento de produção do centroide i e do fator de crescimento de atração do centroide destino j , após a $(n-1)$ -ésima iteração.

Portanto teremos:

$$(3.9) \quad e_{ij}^{(n)} = \frac{F_i^{(n-1)} + F_j^{(n-1)}}{2}$$

donde

$$(3.10) \quad t_{ij}^{(n)} = \frac{F_i^{(n-1)} + F_j^{(n-1)}}{2} \times t_{ij}^{(n-1)}$$

Os fatores de crescimento são modificados a cada iteração, e o processo iterativo deve continuar até que estes fatores se aproximem de um valor fixado próximo de 1. Se após a k -ésima iteração tivermos que $F_i^{(K)} \cong F_j^{(K)} \cong 1$, podemos parar o processo pois,

$$F_i^{(K)} = \frac{P_i}{p_i^{(k)}} \cong 1$$

$$F_j^{(K)} = \frac{A_j}{a_j^{(K)}} \cong 1$$

¹ De uma forma diferente da feita por Evans é demonstrado no apêndice A a existência de uma única matriz solução, $\{T_{ij}\}$ quando $E_{ij} = r_i s_j$ e $t_{ij} > 0$.

sendo alcançados portanto os totais desejados de atração e produção de viagens.

3.3 - DETROIT

Desenvolvido num estudo do "Detroit Metropolitan Area Traffic Study", este procedimento iterativo constitui uma tentativa de simplificação levando em consideração o fator de crescimento de toda a área, além dos fatores de crescimento individuais de cada zona. O fator de expansão para a n -ésima iteração é dado por:

$$(3.11) \quad e_{ij}^{(n)} = \frac{F_i^{(n-1)} \cdot F_j^{(n-1)}}{C^{(n-1)}}$$

Portanto

$$(3.12) \quad t_{ij}^{(n)} = \frac{F_i^{(n-1)} \cdot F_j^{(n-1)}}{C^{(n-1)}} \times t_{ij}^{(n-1)}$$

O processo iterativo é repetido até que a matriz $\{t_{ij}^{(n)}\}$ satisfaça aos totais desejados de atração e produção, ou seja, até que os fatores de crescimento, $F_i^{(n)}$ e $F_j^{(n)}$ se aproximem de 1.

3.4 - FRATAR

A idéia de usar num processo iterativo para prever a matriz origem-destino futura foi originada por Thomas J. Fratar (1954) e usada inicialmente em estudos de

tráfego para a cidade de Cleveland, Ohio. A expressão que define o processo iterativo é:

$$(3.13) \quad e_{ij}^{(n)} = \frac{F_j^{(n-1)} \cdot P_i}{\sum_{j=1}^N x_{ij}^{(n-1)} \cdot F_j^{(n-1)}}$$

Portanto

$$(3.14) \quad x_{ij}^{(n)} = \frac{F_j^{(n-1)} \cdot P_i}{\sum_{j=1}^N x_{ij}^{(n-1)} \cdot F_j^{(n-1)}} \times x_{ij}^{(n-1)}$$

Esta última expressão é a que consta na bateria de programas computacionais do Bureau of Public Road (BPR) e como pode ser vista em Federal Highway Administration [1970].

De maneira análoga aos métodos já citados, o processo iterativo deve continuar até que se consigam os totais desejados de atração e produção de viagens, dentro de uma margem de erro aceitável.

3.5 - FURNESS

O método de Furness, ao contrário dos demais métodos não considera simultaneamente numa mesma iteração, os fatores de crescimento de produção e atração de viagens. Consiste de operações alternadas nas linhas e colunas da matriz de viagens, até que a matriz obtida satisfaça aos totais desejados nas linhas e colunas. Evans, [1970, pp.22-32] mostrou que o procedimento iterativo de Furness, quando apli

cado a uma matriz $\{t_{ij}\}$, com elementos $t_{ij} > 0$, resultará - numa única matriz $\{T_{ij}\}$, com elementos da forma, $T_{ij} = r_i \Delta_i t_{ij}$. O processo iterativo pode ser expresso como se segue:

$$t_{ij}^{(0)} = t_{ij}$$

$$t_{ij}^{(1)} = F_i^{(0)} \cdot t_{ij}^{(0)}$$

(3.15)

$$t_{ij}^{(2n)} = F_j^{(2n-1)} \cdot t_{ij}^{(2n-1)} \quad \text{para } n \geq 1$$

(3.16)

$$t_{ij}^{(2n+1)} = F_i^{(2n)} \cdot t_{ij}^{(2n)} \quad \text{para } n \geq 1$$

onde

$$F_i^{(0)} = \frac{P_i}{p_i^{(0)}} = \frac{P_i}{p_i}$$

Este procedimento que começa operando nas linhas da matriz origem-destino do ano base, incrementa as viagens produzidas no controlo de linhas iterações pares, para que as somas nas linhas alcancem os totais desejados $\{P_i\}$. Nas iterações ímpares o procedimento força a satisfação das somas nas colunas e alternadamente o processo continua até que sejam conseguidos simultaneamente os totais desejados - nas linhas e colunas, ou seja, até que os fatores de crescimento fiquem aproximadamente iguais a 1. A primeira itera-ção tanto pode ser nas linhas como nas colunas de matriz o-rigem-destino do ano base, embora possam ser obtidas matri-zes diferentes. Contudo, se para o ano base a matriz origem-destino for composta de elementos t_{ij} maiores que zero , Evans, A.W.

[1970] mostrou que o processo convergirá para uma única matriz, independentemente de onde se operou a primeira iteração. Na demonstração de Evans, a condição de $t_{ij} > 0$ é apenas uma condição de suficiência. Contudo, experiências de estudos no assunto tem demonstrado que na maioria dos casos - os dois procedimentos, correspondentes a operação inicial - nas linhas ou nas colunas, tem convergido para a mesma matriz final, mesmo que a matriz original contenha elementos t_{ij} nulos.

3.6 - RELAÇÃO ENTRE OS FATORES DE DISTRIBUIÇÃO E OS FATORES DE EXPANSÃO

Não é difícil de mostrar que a hipótese admitida nos modelos de fator de crescimento de que $T_{ij} = E_{ij} t_{ij}$ recai na hipótese básica introduzida no Capítulo 2, de que $T_{ij} = P_i Z_{ij}$. Consideraremos que todos os processos iterativos terminam com m iterações de modo que

[3.17]

$$T_{ij} = t_{ij}^{(m)} = E_{ij} t_{ij}$$

Vamos tentar encontrar os fatores de distribuição Z_i , tal que:

[3.18]

$$T_{ij} = P_i Z_{ij}$$

De 3.17 e 3.18 teremos que

$$P_i Z_{ij} = E_{ij} t_{ij}$$

mas $P_i = F_i^{(0)}$. p_i e a equação acima fixará da seguinte forma:

$$z_{ij} = \frac{E_{ij}}{F_i^{(0)}} \times \frac{t_{ij}}{p_i}$$

como os fatores de distribuição do ano base são dados por

$$z_{ij} = \frac{t_{ij}}{p_i} \quad \text{teremos que}$$

(3.19)

$$z_{ij} = \frac{E_{ij}}{F_{ij}^{(0)}} \times z_{ij}$$

Portanto admitir que $T_{ij} = E_{ij} t_{ij}$ e considerar os fatores de distribuição dados pela equação 3.19, recai no fato de que $T_{ij} = P_i z_{ij}$.

CAPÍTULO IV

O MODELO DE OPORTUNIDADES

4.1 - CONSIDERAÇÕES

O modelo de oportunidades foi desenvolvido por Morton Schneider [Ruiter, 1967a, p.1] e possui uma característica que o distingue dos demais que é sua única variável independente chamada de OPORTUNIDADE INTERVENIENTE. Consideremos um ponto de onde partem diversos viajantes com um propósito específico. Nas cercanias deste ponto existem diversos pontos que podem satisfazer o propósito pelo qual um viajante se prontificou a realizar sua viagem, ou seja, existem diversos pontos candidatos a destino de viagem. Cada um destes pontos candidatos constitui uma oportunidade para o viajante terminar sua viagem. Schneider sugere que, à medida que os viajantes se afastam de um ponto, a probabilidade das viagens terminarem é proporcional ao número de viajantes insatisfeitos e ao número de oportunidades já alcançadas. Por viajante insatisfeito é entendido aquele que não aceitou como destino nenhuma oportunidade das que lhe surgiu.

Considerando as oportunidades ordenadas crescentemente segundo impedância crescente a partir da origem, chamando de V o número acumulado já alcançado e representando por Q , a proporção de viajantes que continuam além de V , teremos de acordo com Schneider [Harris, 1964, p.1] que:

(4.1)

$$\frac{dQ}{dV} = -L Q$$

onde L é uma constante positiva

Como para $V = 0$ a proporção de viajantes insatisfeitos é 1 a integração da equação acima nos leva a:

$$(4.2) \quad Q = e^{-LV}$$

Podemos dizer então que o Modelo de Oportunidades distribui ao longo de todos os possíveis destinos, ou seja, de todas as oportunidades, os destinos reais de todas as viagens com uma determinada origem. Do modo como foi proposto por Schneider e como pode ser visto nas equações 4.1 e 4.2, a distribuição de viagens depende sobremaneira do valor atribuído ao parâmetro L . Um valor constante de L requer algumas hipóteses restritivas [Harris, 1964, p.1] e mostradas a seguir:

- i - Todos os viajantes estão igualmente propensos a viajar pelo propósito considerado
- ii - A separação espacial das oportunidades é indiferente para os viajantes
- iii - Todas as oportunidades tem a mesma chance de satisfazerem um dado propósito de viagem
- iiii - Os viajantes percebem todas as oportunidades com a mesma clareza.

4.2 - HIPÓTESES BÁSICAS E FORMULAÇÃO MATEMÁTICA

O modelo de oportunidades está baseado nas seguintes hipóteses como pode ser visto em Ruiter [1967a, p1]

- 1 - O custo total das viagens originadas num

ponto é minimizado sujeito à condição de que cada oportunidade se for considerada tem uma determinada probabilidade de ser aceita como destino.

- 2 - A probabilidade de uma oportunidade ser aceita como destino, se for considerada, é constante independente da ordem na qual são consideradas

A minimização do custo total das viagens fica subentendida à medida que os viajantes tentam encontrar um destino aceitável o "mais perto" possível de sua origem. Contudo desde que as oportunidades próximas da origem não se não aceitas como destino para algumas viagens devido à função de probabilidade que governará a distribuição estas viagens serão então forçadas a terminarem em oportunidades mais distantes.

Se $P[V]$ é a probabilidade de uma viagem terminar entre as V primeiras oportunidades ordenadas segundo impedância crescente a partir da origem então as hipóteses 1 e 2 anteriormente citadas nos levam à seguinte formulação matemática em termos diferenciais:

(4.3)

$$dP = [1 - P[V]] \cdot L \cdot dV$$

onde

dP = probabilidade de uma viagem terminar considerando dV possíveis oportunidades.

V = número de oportunidades já alcança -

das [chamado ainda de volume de oportu-
nidades subtendido]

L = probabilidade constante de uma oportu-
nidade considerada ser aceita como des-
tino

Tendo em vista que $P[0]$ deve ser igual a zero,
a integração da equação 4.3 nos fornece que:

(4.4)

$$P[V] = 1 - e^{-LV} \quad \text{para } V \geq 0$$

Na figura 4.1 podemos ver $P[V]$ em função de V

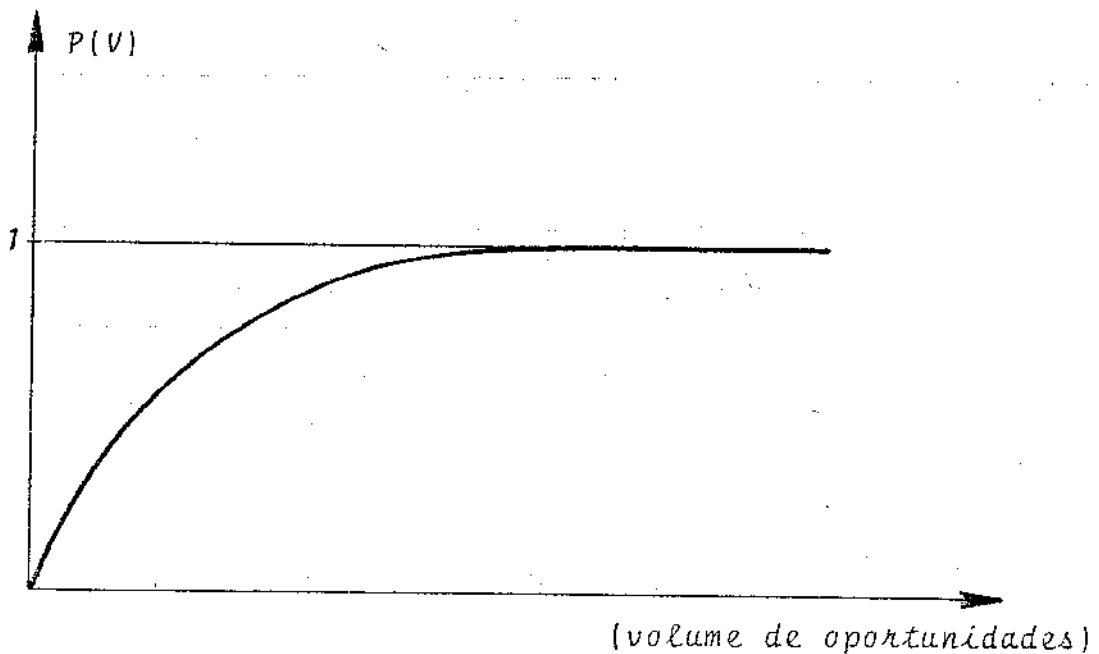


Figura 4.1 - $P(V)$ x V

Podemos observar que a expressão 4.4 está coerente com a equação 4.2 uma vez que $P[V] = 1 - Q$. O número das viagens originadas num ponto considerado que terminam dentro das V primeira oportunidades é dado pelo produto do total - de viagens originadas neste ponto pela probabilidade de uma viagem terminar nas V primeira oportunidades:

$$T[V] = P(1 - e^{-LV})$$

onde P é o total de viagens originadas no ponto considerado.

4.3 - O MODELO REVISADO

A distribuição de probabilidade como formulada anteriormente não garante a distribuição de 100% das viagens produzidas num ponto. Isto pode ser observado tendo em vista que a equação 4.4 se aproxima de 1 somente quando o volume V de oportunidades tende a infinito. Na prática - tem-se observado segundo aplicações já realizadas [Ruiter, 1967b, pp.3] que uns 10% a 20% das viagens produzidas não são consideradas. Tal fato motivou o desenvolvimento de um modelo revisado.

A equação 4.4 nos diz que a probabilidade de um viajante aceitar um destino dentro de um certo volume V_N de oportunidades é dada por

{4.6}

$$P[V_N] = 1 - e^{-LV_N}$$

No entanto, quando é sabido que as viagens produzidas terminam antes de V_N oportunidades serem consideradas, a probabilidade das viagens terminarem antes de V

oportunidades serem consideradas deveria ser condicionada - ao fato acima mencionado. Tal probabilidade condicionada se nã desenvolvida a seguir mas para isto introduziremos as se guintes probabilidades:

$P[V/V_N]$ = probabilidade de uma viagem terminar dentro das V primeiras oportunidades dado que terminam dentro de um volume V_N de oportunidades

$P[V, V_N]$ = probabilidade de uma viagem terminar dentro de um volume V de oportunidades e antes de alcançar V_N oportunidades.

$P[V_N]$ = probabilidade de uma viagem terminar dentro de V_N oportunidades

$P[V/V_N]$ é dada por

(4.7)

$$P[V/V_N] = \frac{P[V, V_N]}{P[V_N]}$$

onde $P[V, V_N]$ é igual a $P[V]$ pelo fato de que todas as V primeiras oportunidades estão incluídas em V_N . Portanto teremos que

(4.8)

$$P[V/V_N] = \frac{P[V]}{P[V_N]}$$

Considerando as equações 4.4 e 4.6 podemos escrever que

(4.9)

$$P[V/V_N] = \frac{1 - e^{-LV}}{1 - e^{-LV_N}} \quad \text{para } 0 \leq V \leq V_N$$

Podemos ver pela equação 4,5 que $P[V/V_N]$ se aproxima de 1 - quando V se aproxima de V_N , o que garante que todas as viagens produzidas sejam distribuídas ao longo das V_N oportunidades.

4.4 - NOTAÇÃO

Dada uma rede de transportes utilizaremos a notação a seguir observando que as variáveis em letra maiúscula se referem aos valores no ano meta e em letras minúsculas ao ano base. Deste modo se C_{ij} representa a impedância às viagens do centroide i para o centroide j no ano meta, c_{ij} representará a impedância às referidas viagens no ano base. O mesmo valerá para todas as variáveis abaixo introduzidas:

T_{ij} = número de viagens do centroide origem i para o centroide destino j .

P_i = total de viagens produzidas pelo centroide i

A_j = total de viagens atraídas pelo centroide j

C_{ij} = impedância às viagens do centroide i para o centroide j

X_{ij} = conjunto de centroides incluindo o centroide de j e todos os centroides k para os quais

$$C_{ik} \leq C_{ij}$$

Y_{ij} = conjunto de centroides incluindo todos os centroides k para os quais $C_{ik} < C_{ij}$, mas excluindo o centroide j .

$U_{ij} = \sum_{k \in X_{ij}} A_k$ = total de viagens atraídas pelas centroides pertencentes ao conjunto X_{ij}

$V_{ij} = \sum_{k \in Y_{ij}} A_k$ = total de viagens atraídas pelos centroides pertencentes ao conjunto Y_{ij}

L_i = probabilidade constante de uma oportunidade, se for considerada, ser aceita como destino para as viagens produzidas pelo centroide i

N = número de centroides da rede.

4.5 - O MODELO IRRESTRITO

O desenvolvimento do modelo descrito por Scheider [1960] e posteriormente por Whitaker e West [1968] começa assumindo que o número de viagens do centroide i para um centróide j é igual ao produto do total de viagens produzidas por i pela probabilidade de que uma viagem produzida pelo centróide i encontre no centróide j um destino aceitável. Esta probabilidade pode ser expressa como a diferença de dois valores da função de probabilidade acumulativa que governa a distribuição, que são a probabilidade-

de que uma viagem produzida por i termine no centróide j ou em qualquer centróide cuja impedância a partir de i é menor que a impedância de i a j e a probabilidade que uma viagem produzida por i termine em algum centróide entre i e j (excluindo j). Usualmente como medida do número de oportunidades de um centróide é considerado o número de viagens atraídas por este centróide e portanto teremos:

$P(U_{ij})$ = probabilidade de que uma viagem produzida pelo centróide i termine em algum centróide do conjunto X_{ij}

$P(V_{ij})$ = probabilidade de que uma viagem produzida pelo centróide i termine em algum centróide do conjunto V_{ij}

Portanto tendo em vista as considerações anteriores, o número de viagens entre o centróide i e o centróide j será dado por:

[4.10]

$$T_{ij} = P_i (P(U_{ij}) + P(V_{ij}))$$

É interessante observar ainda que

[4.11]

$$U_{ij} = V_{ij} + A_j$$

Pelo até agora discorrido podemos ver que a probabilidade de uma viagem, originária de i , terminar num centróide j é uma função do "tamanho" do centróide j (medido pelo total de viagens por ele atraídas), da proximidade-relativa deste centróide j ao centróide origem i e dos "tamanhos" dos centróides mais próximos da origem.

A fim de encontrar os valores de T_{ij} , as funções acumulativas de probabilidade $P[U_{ij}]$ e $P[V_{ij}]$ devem ser determinadas. O modelo irrestrito determina $P[U_{ij}]$ e $P[V_{ij}]$ utilizando 4.4 e considerando um valor de L para cada centroide origem teremos:

[4.12]

$$P[U_{ij}] = 1 - e^{-L_i U_{ij}}$$

[4.13]

$$P[V_{ij}] = 1 - e^{-L_i V_{ij}}$$

Substituindo 4.12 e 4.13 na equação 4.10, o número de viagens entre o centr^oide i e o centr^oide j será dado por:

[4.14]

$$T_{ij} = P_i [e^{-L_i V_{ij}} - e^{-L_i U_{ij}}]$$

Desde que a formulação do modelo requer que os centr^oides sejam considerados em ordem crescente de impedância (acesso) a partir do centr^oide origem, é necessário que um algoritmo de caminho m^{ín}imo seja incorporado ao procedimento para aplicação do modelo. Sem perdas de generalidades podemos supor que os centr^oides estão numerados segundo uma ordem de acesso a partir do centr^oide origem i como mostra a figura 4.2.

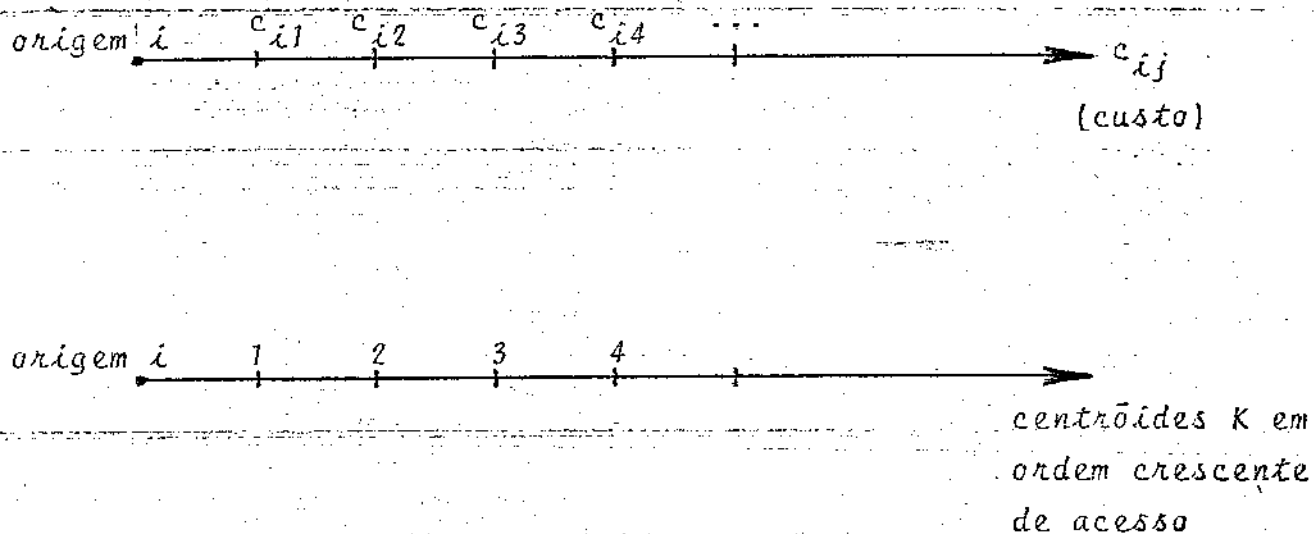


Figura 4.2

Os conjuntos Y_{ij} e X_{ij} ficariam então dados-
por:

$$Y_{i1} = \emptyset$$

$$Y_{i2} = \{1\}$$

$$Y_{i3} = \{1, 2\}$$

$$Y_{i4} = \{1, 2, 3\}$$

.

.

.

$$Y_{iN} = \{1, 2, \dots, [N-1]\}$$

$$X_{i1} = \{1\}$$

$$X_{i2} = \{1, 2\}$$

$$X_{i3} = \{1, 2, 3\}$$

.

.

.

$$X_{in} = \{1, 2, 3, \dots, N\}$$

Considerando como medida do número de oportu

nidades de um centróide o total de viagem por ele atraídas, podemos como mostra a figura 4.3 visualizar os volumes de oportunidades a partir do centróide i :

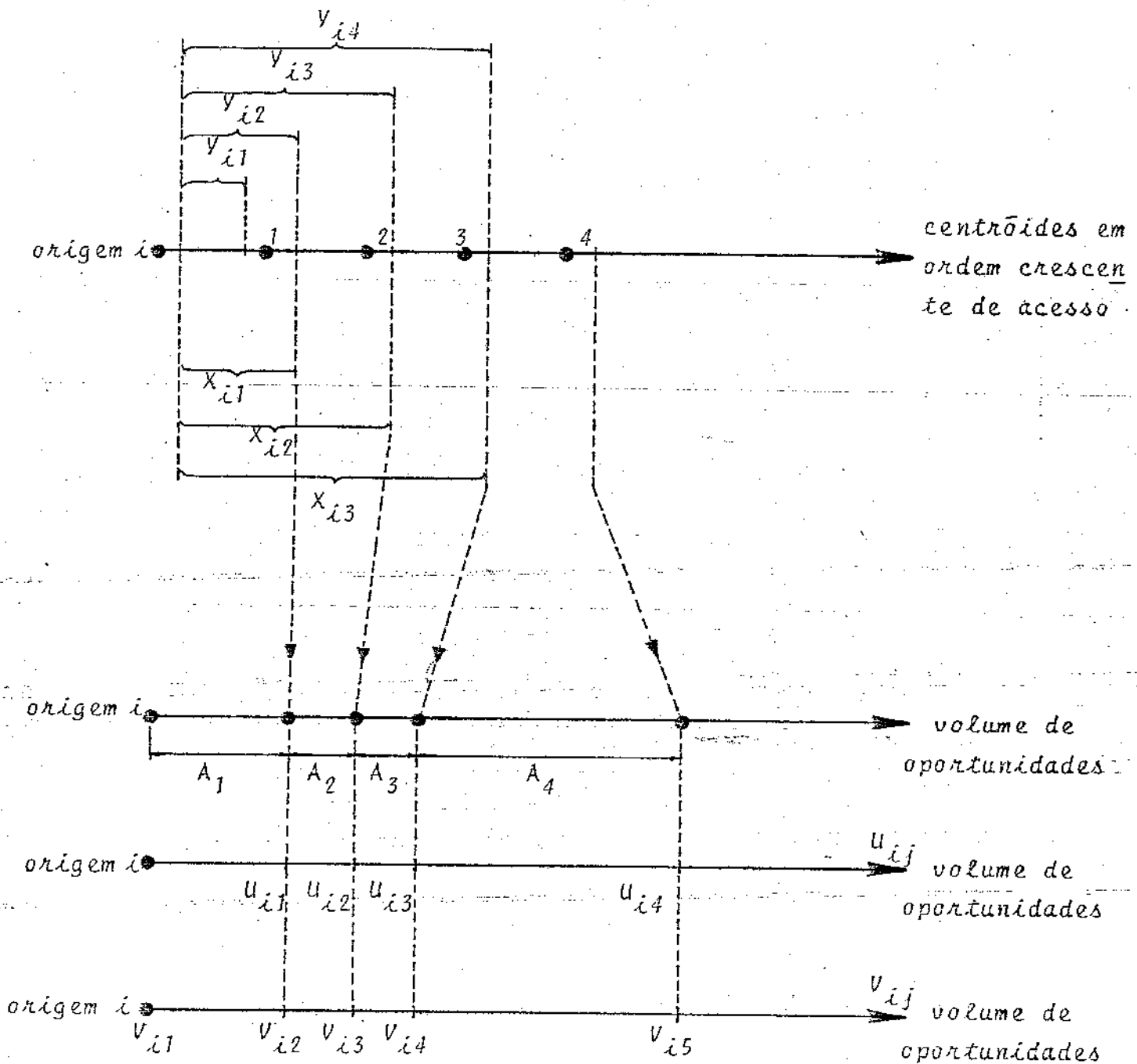


Figura 4.3

4.6 - O MODELO DE OPORTUNIDADES SATISFAZENDO A RESTRIÇÃO DE PRODUÇÃO

Na matriz de viagens resultante da aplicação do modelo irrestrito a soma das viagens originadas no centróide i , ou seja, soma na linha i , pode não necessariamente ser igual a P_i que é o total estimado de viagens produzidas pelo centróide i . Ruiter [1967 b, p.6] sugeriu a versão-revisada do modelo, baseada em probabilidades condicionais e mostrada no Item IV.3, a fim de que as restrições de produção dadas por,

(4.15)

$$\sum_{j=1}^N T_{ij} = P_i \quad \text{para } i = 1, N$$

sejam satisfeitas

A probabilidade $P[U_{ij}/U_{iN}]$, definida como a probabilidade de que uma viagem originada no centróide i termine em algum centróide do conjunto X_{ij} dado que ela termina dentro do conjunto X_{iN} , pode ser escrita a partir da equação 4.9 como se segue:

(4.16)

$$P[U_{ij}/U_{iN}] = \frac{1 - e^{-L_i U_{ij}}}{1 - e^{-L_i U_{iN}}}$$

Analogamente teremos:

(4.17)

$$P[V_{ij}/U_{iN}] = \frac{1 - e^{-L_i V_{ij}}}{1 - e^{-L_i U_{iN}}}$$

Portanto a expressão para calcular o número de viagens de um centróide i para um centróide j , baseada nas probabilidades condicionadas dadas por 4.16 e 4.17 será:

(4.18)

$$T_{ij} = P_i \frac{e^{-L_i V_{ij}} - e^{-L_i U_{ij}}}{1 - e^{-L_i U_{iN}}}$$

Esta expressão anterior pode também ser obtida fazendo-se uma iteração do método de Furness na matriz de viagens obtida com o modelo irrestrito. O total das viagens produzidas por um centróide i e resultante da aplicação do modelo irrestrito é dado por:

(4.19)

$$\sum_{j=1}^N T_{ij} = \sum_{j=1}^N P_i [e^{-L_i V_{ij}} - e^{-L_i U_{ij}}]$$

Sem perdas de generalidades, e como já foi dito anteriormente, podemos assumir que os centróides j estão numerados em ordem crescente de impedância (acesso) a partir da origem i . Portanto a expressão 4.15 se reduz a ,

(4.20)

$$\sum_{j=1}^N T_{ij} = P_i [1 - e^{-L_i U_{iN}}]$$

desde que $V_{i1} = 0$ e $V_{ij} = U_{i(j-1)}$

Fazendo-se uma iteração do método de Furness nas linhas da matriz de viagem, cada elemento T_{ij} deve ser multiplicado pela razão entre P_i , que é a soma desejada dos elementos da linha i , e a soma dos desta linha. Portanto - $T_{ij}^{(1)}$, resultante da aplicação da primeira iteração sobre a

matriz de viagem obtida pelo modelo irrestrito, será dado - por:

$$T_{ij}^{(1)} = T_{ij} \frac{P_i}{\sum_{j=1}^N T_{ij}}$$

Substituindo 4.20 na equação anterior teremos

$$T_{ij}^{(1)} = T_{ij} \frac{P_i}{P_i(1 - e^{-L_i U_{iN}})}$$

donde

$$(4.21) \quad T_{ij}^{(1)} = P_i \frac{e^{-L_i V_{ij}} - e^{-L_i V_{iN}}}{1 - e^{-L_i U_{iN}}}$$

que é a mesma expressão dada por 4.18

4.7 - O MODELO DE OPORTUNIDADE SATISFAZENDO A RESTRIÇÃO DE ATRAÇÃO

A restrição de atração é dada por:

$$(4.22) \quad \sum_{i=1}^N T_{ij} = A_j \quad j = 1, N$$

A expressão para o modelo de oportunidade satisfazendo a restrição de atração pode ser obtida introduzindo um fator de ajuste para cada coluna da matriz de viagens obtida pelo modelo irrestrito. Teremos então,

(4.23)

$$T_{ij} = s_j P_i \left(e^{-L_i V_{ij}} - e^{-L_i U_{ij}} \right)$$

onde s_j é o fator de ajuste para a coluna j . Substituindo a expressão anterior em 4.22 teremos:

$$\sum_{i=1}^N s_j P_i \left(e^{-L_i V_{ij}} - e^{-L_i U_{ij}} \right) = A_j$$

donde

(4.24)

$$s_j = \frac{A_j}{\sum_{i=1}^N P_i \left(e^{-L_i V_{ij}} - e^{-L_i U_{ij}} \right)}$$

e a expressão para T_{ij} ficará da seguinte forma:

(4.25)

$$T_{ij} = P_i A_j \frac{e^{-L_i V_{ij}} - e^{-L_i U_{ij}}}{\sum_{i=1}^N P_i \left(e^{-L_i V_{ij}} - e^{-L_i U_{ij}} \right)}$$

Esta expressão pode ser obtida aplicando-se uma iteração do método de Furness às colunas da matriz de viagens obtida pelo modelo irrestrito. Cada elemento T_{ij} de uma coluna j deve ser multiplicado pela razão entre a soma desejada da coluna e a soma real dos elementos desta coluna. Portanto obtemos uma matriz $\{T_{ij}^{(1)}\}$ cujos elementos são da dos por

$$T_{ij}^{(1)} = T_{ij} \frac{A_j}{\sum_{i=1}^N T_{ij}}$$

onde T_{ij} é obtido pela aplicação do modelo irrestrito, sendo dado por

$$T_{ij} = P_i [e^{-L_i^V} - e^{-L_i^U}]$$

Podemos escrever então que

$$(4.26) \quad T_{ij}^{[1]} = P_i A_j \frac{e^{-L_i^V} - e^{-L_i^U}}{\sum_{i=1}^N P_i [e^{-L_i^V} - e^{-L_i^U}]}$$

Portanto a expressão 4.25, que foi obtida com a introdução dos fatores de ajuste, também pode ser obtida aplicando-se uma iteração do método de Furness à matriz de viagens obtida pelo modelo irrestrito, uma vez que é idêntica à expressão 4.26.

4.8 - O MODELO DE OPORTUNIDADE COM DUPLA RESTRIÇÃO

Embora expressões analíticas possam ser obtidas para o modelo de oportunidade que satisfaça a restrição de atração ou a restrição de produção, a satisfação simultânea destas duas restrições só é possível através de um procedimento iterativo.

Wilson [1967, p.255] sugeriu que o método iterativo de Furness fosse aplicado à matriz de viagens obtida pelo modelo irrestrito a fim de obter uma matriz de viagens que satisfaça as restrições de produção e atração simultaneamente, ou seja, que as somas nas linhas e nas colunas dêem os totais desejados. A fim de fazer ambas as restrições as itera

ções devem ser feitas alternadamente nas linhas e nas colunas até que os totais desejados de viagens, atraídas e produzidas, sejam alcançadas. Entretanto este método sugerido por Wilson não tem sido muito utilizado.

O procedimento iterativo mais utilizado é o que consta na bateria de programas do Bureau of Public Roads (Federal Highway Administration, 1972, p. IV-65) e que será mostrado a seguir

4.8.1 - O MÉTODO DO BPR. (Bureau of Public Roads)

Este procedimento iterativo pode ser descrito do seguinte modo:

$$[4.27] \quad T_{ij}^{(n)} = P_i \left(e^{-L_i V_{ij}^{(n)}} - e^{-L_i U_{ij}^{(n)}} \right)$$

$$[4.28] \quad A_j^{(n)} = \frac{A_j}{\sum_{i=1}^N T_{ij}^{(n-1)}} \cdot A_j^{(n-1)}$$

$$A_j^{(0)} = A_j$$

onde

$T_{ij}^{(n)}$ = número de viagens do centróide i para o centróide j após a n -ésima iteração

$A_j^{(n)}$ = parâmetro de atração do centróide j para a n -ésima iteração

$$u_{ij}^{(n)} = \sum_{K \in X_{ij}} A_K^{(n)} = v_{ij}^{(n)} + A_j^{(n)}$$

$$v_{ij}^{(n)} = \sum_{K \in Y_{ij}} A_K^{(n)}$$

Podemos ver pela equação 4.27 que este procedimento iterativo consiste em aplicações sucessivas do modelo irrestrito. Inicialmente $A_j^{(0)}$ é feito igual a A_j que é o total desejado de viagens atraídas pelo centróide j . A cada iteração os parâmetros de atração são modificados segundo a equação 4.28, são encontrados os novos $u_{ij}^{(n)}$ e $v_{ij}^{(n)}$, para em seguida se determinar $T_{ij}^{(n)}$. O procedimento iterativo continua até que a diferença dada por $|A_j^{(n)} - A_j^{(n-1)}|$ se aproxime de um valor especificado próximo de zero.

4.8.2 - O MÉTODO DO BPR MODIFICADO

O procedimento iterativo de parâmetros de atração do BPR descrito anteriormente não garante que as restrições de produção de viagens sejam satisfeitas, a menos que os termos $L_i u_{ij}$ sejam grandes. Isto provém do fato de que a expressão utilizada para a determinação de $T_{ij}^{(n)}$ é do modelo irrestrito.

Na descrição que se segue, o procedimento do BPR foi modificado para satisfazer as restrições de produção de viagens a cada iteração. Pretende-se verificar se tal fato acelera a convergência do processo iterativo. Para tal, ao invés de usar a expressão do modelo irrestrito, utiliza-se a do modelo revisado, sendo portanto $T_{ij}^{(n)}$ determinado a partir da equação 4.18:

[4.29]

$$T_{ij}^{(n)} = p_i \frac{e^{-L_i V_{ij}^{(n)}} \dots e^{-L_i U_{ij}^{(n)}}}{1 + e^{-L_i U_{iN}}}$$

Os parâmetros de atração $A_j^{(n)}$ continuam sendo modificados segundo a equação 4.28.

4.8.3 - O MÉTODO DE FURNESS

Já descrito anteriormente no capítulo III, o método de Furness foi sugerido por Wilson para ser aplicado à matriz de viagens obtida com o modelo irrestrito, a fim de se obter uma matriz que satisfaça as restrições de atração e produção de viagens.

O procedimento a ser seguido é o mesmo descrito no modelo de fator de crescimento de Furness do capítulo III. No entanto ao invés de se usar a matriz de viagens observadas no ano base, usa-se a matriz obtida pela aplicação do modelo irrestrito. Na figura 4.4 são mostradas duas possibilidades de se obter a matriz de viagens para o ano meta a partir de aplicações do método de Furness: A aplicação direta sobre a matriz observada no ano base - constitui o já citado Modelo de Fator de Crescimento de Furness. A outra possibilidade é a própria sugestão de Wilson.

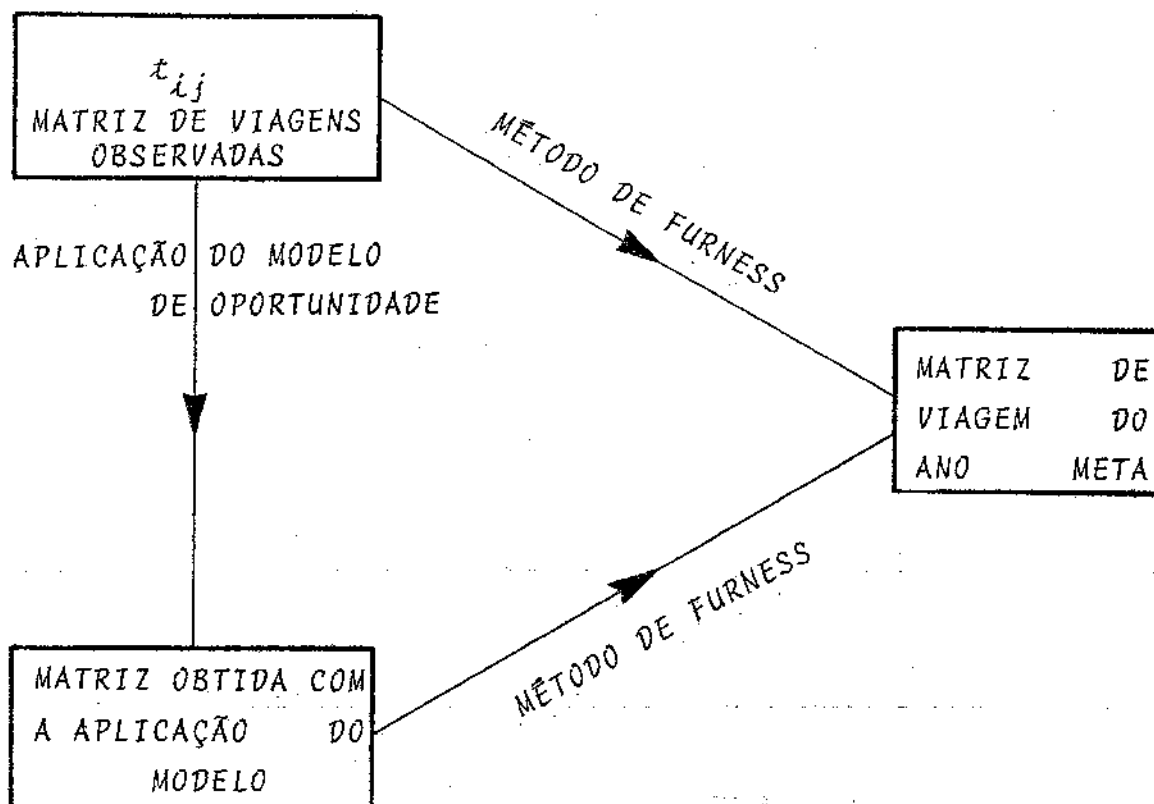


Figura 4.4

Aplicaremos no entanto o método de Furness somente à matriz obtida com o modelo irrestrito uma vez que como demonstrado no Item IV.6 a expressão 4.18 para o modelo satisfazendo a restrição de produção pode ser obtida com uma iteração do método de Furness nas linhas da referida matriz.

4.2 - OS PARÂMETROS L_i

Usualmente o modelo de oportunidade é referido como de "L-único" ou de "L-múltiplo", dependendo se um único valor do parâmetro é aplicado a todos os centróides - ou se pode ter diferentes valores para os diferentes centróides. Geralmente os modelos de L-múltiplo são mais flexíveis.

veis e capazes de representar satisfatoriamente diferentes tipos de configurações de viagens embora a calibração de tais modelos seja mais trabalhosa e exaustiva que a calibração de modelos de L-único. Antes de serem descritos alguns métodos de calibração mais usuais será feita uma discussão dos parâmetros L_i nos itens que se seguem.

4.9.1 - NATUREZA DOS PARÂMETROS L_i

Na apresentação do modelo irrestrito feita anteriormente a probabilidade de uma viagem originada no centróide i terminar dentro de um volume U_{ij} de oportunidades, ou seja, na zona j ou em zonas mais próximas, é dada pela equação 4.12:

$$P(U_{ij}) = 1 - e^{-L_i U_{ij}}$$

Explicitando L_i teremos então:

$$(4.30) \quad L_i = - \frac{\ln (1 - P(U_{ij}))}{U_{ij}}$$

Portanto L_i pode ser interpretado graficamente como a inclinação da reta que teoricamente resultaria ao se plotar $\ln (1 - P(U_{ij}))$ versus U_{ij} (Ruiter, 1967b, p.49).

Duas características do parâmetro L_i podem ser visualizadas a partir da equação 4.30:

- i) será sempre positivo uma vez que:
 $1 - P(U_{ij})$ é sempre menor que um.
- ii) tem a dimensão (1/oportunidade) uma vez -
que o numerador é adimensional.

Experiências empíricas mostraram que os valores de L_i são sempre muito pequenos e menores que um. Este fato e as duas características anteriormente citadas são as razões pelas quais L_i é interpretado como uma probabilidade modificada. Tomando sempre valores entre zero e um, mas no entanto não sendo adimensional é interpretado como uma probabilidade por oportunidade de satisfação do viajante. Entenda-se por viajante satisfeito aquele que aceita como terminada a sua viagem. Tal interpretação está perfeitamente de acordo com as hipóteses do modelo enunciadas por Ruiter (1967a, p.5).

Examinando a expressão que nos dá $P\{U_{ij}\}$, ou seja, a função de probabilidade acumulativa que governará a distribuição, podemos observar que valores grandes de L_i tendem a distribuir uma grande proporção de viagens produzidas pelo centróide i entre destinos mais próximos, enquanto que valores menores tendem a distribuir mais viagens ao longo dos centróides mais distantes. Tentativas foram realizadas com o propósito de determinar o valor de L_i tal que o modelo reproduzisse para o centróide i as proporções exatas do volume de tráfego que se dirigem para os demais centróides. Estas tentativas mostraram-se inadequadas em aplicações para determinadas configurações de viagens interzonais levando Whitaker e West (1968, pp.3-5) a investigarem a razão de tal fato. Eles mostraram que para um dado conjunto de viagens atraídas existirão um máximo calculável de viagens produzidas por um centróide i que poderão se dirigir para outro centróide. Tal máximo não pode ser excedido mesmo fazendo-se novos ajustes no parâmetro L_i . Em outras palavras, podemos dizer que dados P_i e A_j para $j=1, N$, existirão T_{ij} máximo que o modelo pode reproduzir. Isto pode ser demonstrado tomando a primeira e a segunda derivada de T_{ij} , dado por 4.14, em relação a L_i . Nesta equação U_{ij} e V_{ij} serão cons-

tantes e dados por,

$$(4.31) \quad u_{ij} = \sum_{K \in X_{ij}} A_K$$

$$v_{ij} = \sum_{K \in Y_{ij}} A_K$$

como pode ser visto no Item IV.4. Portanto teremos:

(4.32)

$$\frac{dT_{ij}}{dL_i} = P_i (-v_{ij} e^{-L_i v_{ij}} + u_{ij} e^{-L_i u_{ij}})$$

(4.33)

$$\frac{d^2 T_{ij}}{dL_i^2} = P_i (v_{ij}^2 e^{-L_i v_{ij}} - u_{ij}^2 e^{-L_i u_{ij}})$$

Chamando de L_i^0 o valor que anula a primeira derivada teremos:

(4.34)

$$u_{ij} e^{-L_i^0 u_{ij}} = v_{ij} e^{-L_i^0 v_{ij}}$$

donde

$$-L_i^0 u_{ij} - \ln u_{ij} = -L_i^0 v_{ij} + \ln v_{ij}$$

e portanto

(4.35)

$$L_i^0 = \frac{\ln(u_{ij}/v_{ij})}{u_{ij} - v_{ij}}$$

Substituindo o valor de L_i^0 dado pela equação 4.35 na expressão da derivada segunda de T_{ij} dada por 4.33, obtemos que

$$\left. \frac{d^2 T_{ij}}{d L_i^2} \right|_{L_i^0} < 0$$

demonstrando ser L_i^0 um ponto de máximo. Substituindo 4.35 - em 4.14 obtemos o valor máximo de T_{ij} que será dada por:

$$(4.36) \quad (T_{ij})_{\max} = P_i \left[\exp\left(-V_{ij} \frac{\ln(U_{ij}/V_{ij})}{U_{ij} - V_{ij}}\right) - \exp\left(-U_{ij} \frac{\ln(U_{ij}/V_{ij})}{U_{ij} - V_{ij}}\right) \right]$$

donde

$$\frac{(T_{ij})_{\max}}{P_i} = \left(\frac{V_{ij}}{U_{ij}} \right)^{\frac{V_{ij}}{U_{ij} - V_{ij}}} - \left(\frac{V_{ij}}{U_{ij}} \right)^{\frac{U_{ij}}{U_{ij} - V_{ij}}}$$

e portanto

$$(4.37) \quad \frac{(T_{ij})_{\max}}{P_i} = \left(\frac{V_{ij}}{U_{ij}} \right)^{\frac{V_{ij}}{U_{ij} - V_{ij}}} \times \left(1 - \frac{V_{ij}}{U_{ij}} \right)$$

Esta ultima expressão pode ainda ser reduzida tendo em vista que

$$U_{ij} = V_{ij} + A_j$$

e fazendo

$$n_{ij} = V_{ij}/A_j :$$

$$(4.38) \quad \frac{(T_{ij})_{\max}}{P_i} = \frac{(n_{ij})^{n_{ij}}}{(n_{ij}+1)^{n_{ij}+1}}$$

Dados V_{ij} , U_{ij} e P_i fica evidente a partir de equação anterior que existe um valor máximo permissível de T_{ij} que o modelo de oportunidade pode reproduzir.

A figura 4.5 é a representação gráfica da equação 4.14 para alguns valores de V_{ij} e U_{ij} . Observando a curva 1 nota-se que até um valor L_i^0 , a um crescimento de L_i corresponde um crescimento em T_{ij} . Após L_i^0 , a um crescimento de L_i corresponde uma diminuição de T_{ij} . Nota-se que na curva 4, caso de $V_{ij} = 0$, a um crescimento em L_i corresponde sempre a um crescimento em T_{ij} . Este caso no entanto corresponde ao cálculo das viagens intrazonais, ou seja, ao cálculo de T_{ii} . Esta é uma das razões pelas quais se diz que o modelo de oportunidade tende a superestimar as viagens intrazonais.

Na figura 4.6 vemos o gráfico da equação 4.38 onde se pode ver que para uma razão V_{ik}/A_k maior que 1, não mais que 25% das viagens produzidas pelo centróide i podem se dirigir ao centróide K .

A expressão 4.35 pode ainda ser reduzida tendo em vista que $U_{ij} = V_{ij} + A_j$. Obtemos então que:

$$L_i = \frac{1}{A_j} \ln \left(1 + \frac{A_j}{V_{ij}} \right)$$

Por outro lado a expressão 4.38 pode ser reescrita da seguinte forma:

$$(T_{ij})_{\max} = P_i \frac{(A_j/V_{ij})^{A_j/V_{ij}}}{(A_j/V_{ij}+1)^{A_j/V_{ij}+1}}$$

Na figura 4.7 estão plotados os pontos $(L_i^0, (T_{ij})_{\max})$ onde L_i^0 e $(T_{ij})_{\max}$ são obtidos pelas duas expressões anteriores. Em cada uma das curvas onde $A_j = \text{constante}$, variamos V_{ij} a partir de zero e crescendo no sentido indicado.

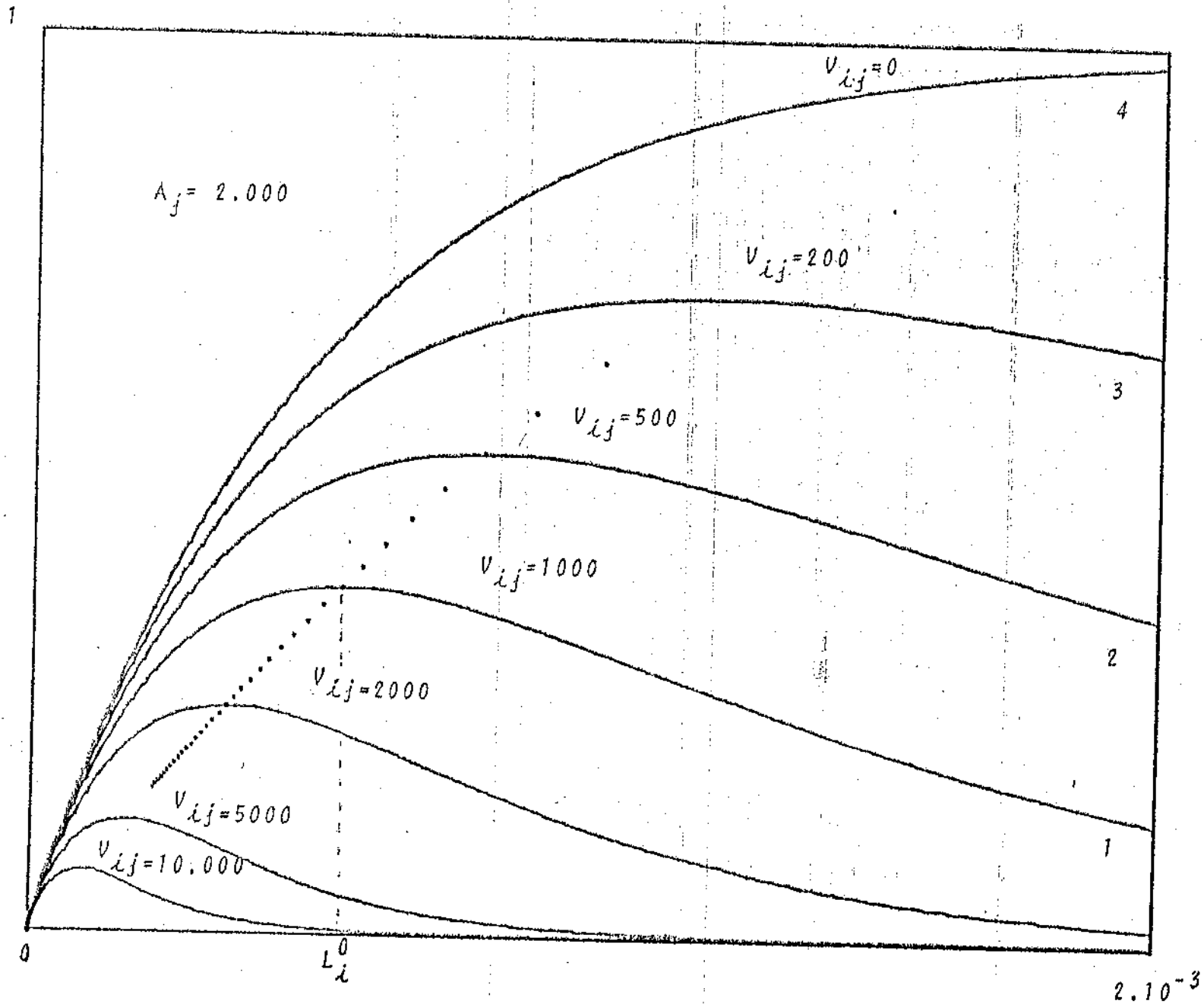


Figura 4.5

$$p_{ij} = e^{-L_i v_{ij}} - e^{-L_i u_{ij}} \times L_i$$

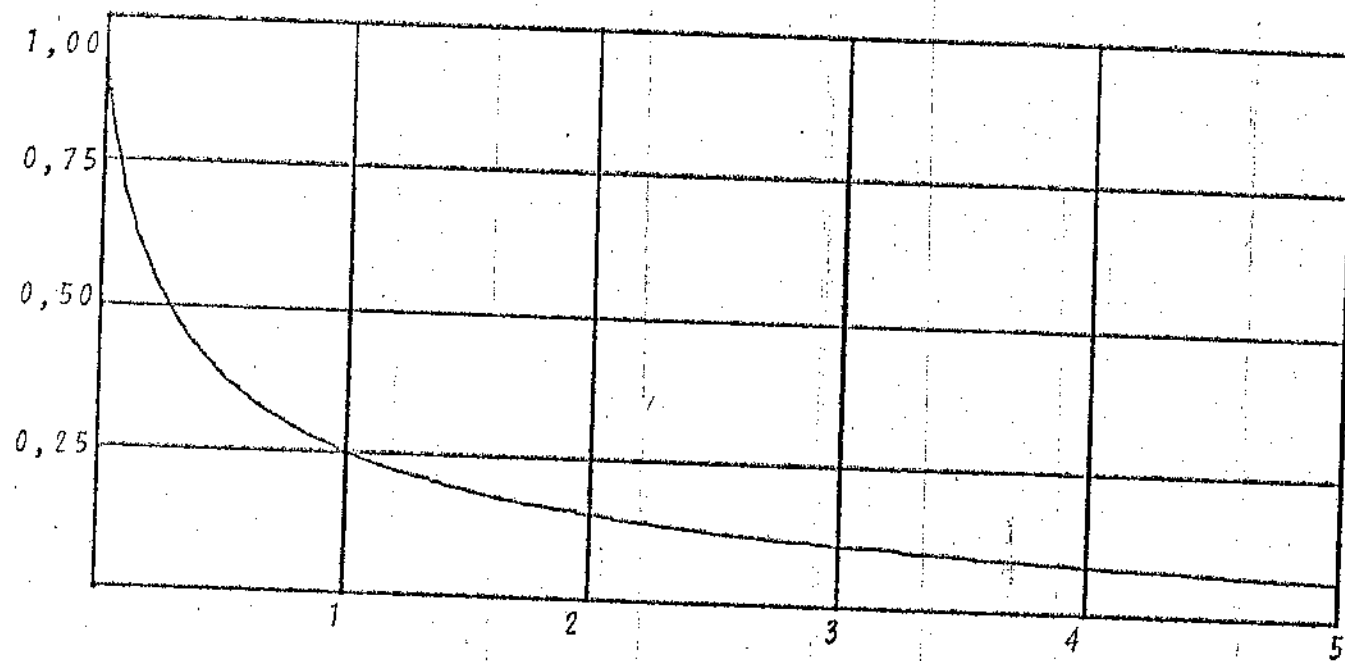


Figura 4.6 - $\frac{(T_{ij})_{max}}{P_i} \times n_{ij}$

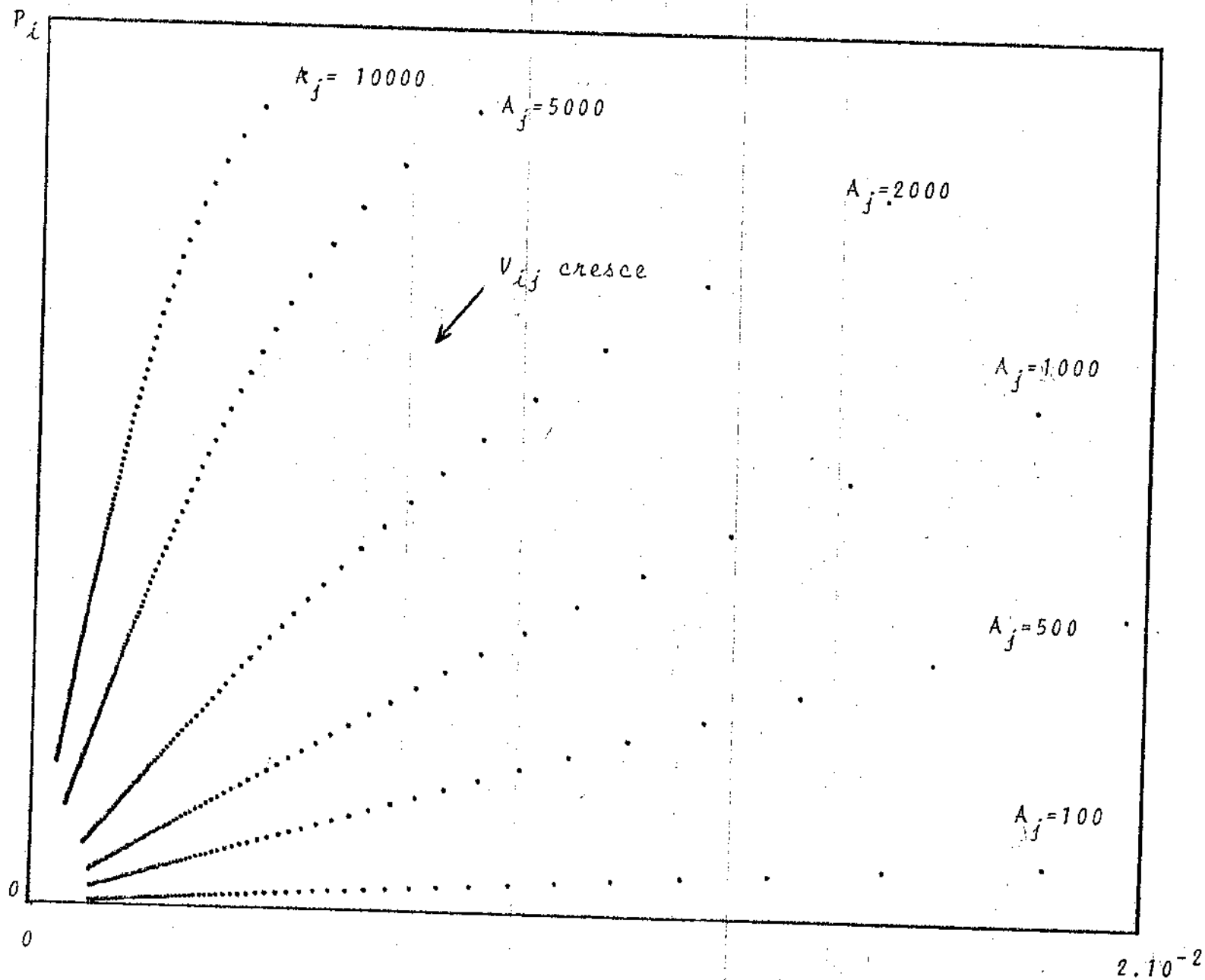


Figura 4.7 Pontos de máximo de $P_i | e^{-L_i v_{ij}} - e^{-L_i u_{ij}} | x_i | t_i$

4.9.2 - RELACIONANDO L_i COM PARÂMETROS DE VIAGEM

Os valores de L_i são interpretados em termos de volume de oportunidades subentendido ou ainda de frações de viagens insatisfeitas. Mesmo que de uma maneira simplificada procura-se relacionar L_i com parâmetros de viagens mais comuns que volume subentendido ou fração de viagens insatisfeitas.

Neste item mostraremos que numa situação extremamente simplificada de densidade de oportunidades constante em toda a área, os parâmetros L_i podem ser expressos em termos dos comprimentos médios de viagens e da densidade média de oportunidades. Embora esta seja uma situação extremamente simplificada, a expressão a ser obtida nos possibilita rá pesquisar a natureza de L_i . (Ruiter, 1967b)

Além da hipótese simplificadora acima descrita é também necessário admitir que a ordenação segundo o critério de acesso estabelecido pode ser trocada, sem perdas de essência, por uma ordenação em distância. Na apresentação do modelo de oportunidade Ruiter (1967a, pp.1-2) diz que:

"O tempo total das viagens originadas num ponto é minimizado sujeito à condição de que cada ponto destino, se for considerado, tem uma determinada probabilidade de ser aceito como destino".

Para tal portanto é feita uma ordenação em tempo de viagem e nesse caso admitir uma ordenação em distância, sem perda de essência, implica em admitir que as velocidades seriam constantes, ou aproximadamente constantes, em toda a área de estudo. Poder-se-ia tentar neste caso um relacionamento dos parâmetros L_i com os tempos médios de viagem.

No entanto isto não é feito na prática tendo em vista que os levantamentos de tempo de viagem são menos realistas que os de distância, uma vez que os primeiros são estimados quase sempre grosseiramente pelos viajantes.

Uma vez que o modelo de oportunidade é de natureza probabilística, o conceito de expectância matemática pode ser utilizado para a determinação dos comprimentos médios de viagens. Admitindo uma densidade de oportunidades constante na área teremos:

(4.39)

$$\bar{R}_i = E(R_i) = \int_a^b R(U_i) dP(U_i)$$

onde

R_i = variável distância [em Km]

$\bar{R}_i$ = valor esperado ou comprimento médio das viagens produzidas pelo centróide i [em Km]

$R_i(U_i)$ = volume subtendido de oportunidades

(4.40)

$$dP(U_i) = d(1 - e^{-L_i U_i}) = L_i e^{-L_i U_i} du_i$$

a, b = limites inferior e superior de U_i

Se ρ é a densidade média de oportunidades, admitida constante, então o volume de oportunidades pode ser dado por:

(4.41)

$$U_i = \rho \pi R_i^2$$

onde ρ tem dimensão de oportunidade/ Km^2 .

Resolvendo 4.41 para R_i teremos:

$$(4.42) \quad R_i = \left(\frac{u_i}{\rho \pi} \right)^{1/2} = R_i(u_i)$$

Substituindo 4.40 e 4.42 em 4.39 e fazendo os limites $a=0$ e $b=\infty$ teremos:

$$(4.43) \quad \bar{R}_i = \int_0^{\infty} \left(\frac{u_i}{\rho \pi} \right)^{1/2} L_i e^{-L_i u_i} \cdot du_i$$

Resolvendo 4.43 teremos:

$$(4.44) \quad \bar{R}_i = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\rho L_i} \right)^{1/2}$$

donde

$$(4.45) \quad L_i = \frac{1}{4\rho \bar{R}_i^2}$$

Embora seja uma aproximação grosseira a equação 4.45 nos mostra que L_i tende a ser inversamente proporcional à densidade de oportunidades e ao quadrado do comprimento médio de viagens. Dimensionalmente a equação 4.45 está de acordo com as hipóteses do modelo uma vez que ρ tem dimensão oportunidade/ Km^2 e $\bar{R}_i$ é dado em Km.

4.10 - MÉTODOS DE CALIBRAÇÃO

A calibração do modelo de oportunidade consiste na determinação dos parâmetros L_i sendo que os métodos a serem introduzidos se referem aos modelos de L-múltiplo.

Se a matriz origem-destino do ano base é conhecida, o modelo poderá ser calibrado para reproduzir uma matriz de viagens a mais próxima possível desta matriz origem-destino. Em geral os valores assim determinados de L_i são aplicados diretamente ao sistema de transportes futuro. Contudo, se os valores determinados a partir do ano base puderem ser relacionados com algumas variáveis, como por exemplo os comprimentos médios de viagens, e se os valores destas variáveis puderem ser estimados para o futuro, então os valores futuros de L_i poderão ser obtidos através de correções dos valores atuais.

Muitos métodos foram sugeridos para se determinar os valores dos parâmetros L_i , mas no entanto não foi desenvolvido um método que possa garantir um bom ajuste do modelo aos dados utilizados na calibração. A escolha do método de calibração a ser aplicado depende mais das informações disponíveis do que de características que o tornem mais vantajoso frente aos demais. Em geral, para os modelos de L-múltiplo, a calibração é completada com a repetição para todos os centróides da rede de um mesmo processo. Em outras palavras, as determinações dos parâmetros L_i são feitas separadamente, centróide após centróide, até que todos os centróides da rede sejam abrangidos.

4.10.1 - MÉTODO ITERATIVO DE CALIBRAÇÃO (MIC)

Sugerido por Ruiter (1967b, pp. 54-55) este método de calibração de modelos de L-múltiplo está baseado no ajuste dos comprimentos médios das viagens originadas em cada centróide. Consiste na determinação de uma relação entre os citados comprimentos médios com os parâmetros L_i , para então se determinar L_i a partir de uma estimação do valor do comprimento médio das viagens originadas no centróide i . Es-

ta determinação de l_i é feita iterativamente por ser impossível explicitar l_i .

No Item IV.2.2 foi utilizado o conceito probabilístico de esperança matemática para a determinação do comprimento médio de viagens, obtendo-se a equação 4.39 e reescrita abaixo.

$$\bar{R}_i = E(R_i) = \int_a^b R_i(u_i) dP(u_i)$$

Consideremos agora a discretização da equação acima:

$$(4.46) \quad \bar{R}_i = \sum_{j=1}^N R_{ij} \times \Delta P_{ij}$$

onde

$\bar{R}_i$ = comprimento médio das viagens produzidas pelo centróide i .

R_{ij} = distância do centróide i ao centróide j .

ΔP_{ij} = probabilidade de uma viagem originada no centróide i terminar no centróide j .

N = número de centróides da rede.

ΔP_{ij} é dado por

$$(4.47) \quad \Delta P_{ij} = P(u_{ij}/u_{in}) - P(v_{ij}/u_{in})$$

e portanto

$$(4.48) \quad \bar{R}_i = \sum_{j=1}^N R_{ij} (P(u_{ij}/u_{in}) - P(v_{ij}/u_{in}))$$

Substituindo $P(u_{ij}/u_{in})$ e $P(v_{ij}/u_{in})$ dados pelas equações 4.16 e 4.17 teremos

$$(4.49) \quad \bar{R}_i = \frac{\sum_{j=1}^N R_{ij} \frac{e^{-L_i V_{ij}} - e^{-L_i U_{ij}}}{1 - e^{-L_i U_{in}}}}{1}$$

A equação 4.49 nos mostra que L_i não pode ser isolado algebricamente num lado da equação. Métodos iterativos para resolver equações não-lineares como a 4.49 são apresentados nos textos de análise numérica tais como Hildebrand, F.B. [1976].

Um método utilizado consiste em se modificar a equação não-linear $f(x)=0$ para a forma $x=F(x)$ e usar a relação de recorrência $x_{k+1} = F(x_k)$. É escolhido um x_0 como aproximação inicial, encontrando-se um $x_1 = F(x_0)$ e continuando o procedimento até que a diferença entre x_k e x_{k-1} seja suficientemente pequena. Hildebrand mostrou que o método seguramente convergirá somente se:

$$(4.50) \quad \left| \frac{dF(x)}{dx} \right|_{x^*} < 1$$

onde x^* é a solução da equação

Aplicando este método à equação 4.49, uma função $F(L_i)$ pode ser determinada multiplicando ambos os lados da referida equação por $L_i / \bar{R}_i$:

$$(4.51) \quad L_i = F(L_i) = \frac{L_i \sum_{j=1}^N R_{ij} (e^{-L_i V_{ij}} - e^{-L_i U_{ij}})}{\bar{R}_i (1 - e^{-L_i U_{in}})}$$

Como $F(L_i)$ depende de um número grande de parâmetros fica difícil uma verificação de convergência para -

casos gerais. Contudo, tendo em vista que a equação 4.44 é aproximadamente verdadeira, Ruiter fez o teste de convergência sobre uma nova função $F(L_i)$ obtida multiplicando-se ambos os lados desta equação por $L_i/\bar{R}_i$. Evidentemente que com tal procedimento não estava demonstrando a convergência para o caso geral, mas simplesmente tentando obter indicadores de que o processo iterativo aplicado à equação 4.51 possa convergir. Obtemos então:

$$(4.52) \quad L_i = F(L_i) = \frac{1}{2\bar{R}_i} \times \left(\frac{L_i}{\rho} \right)^{1/2}$$

Portanto,

$$\frac{dF(L_i)}{dL_i} = \frac{1}{4\bar{R}_i (\rho L_i)^{1/2}}$$

e substituindo L_i dado pela equação 4.45 teremos;

$$\frac{dF(L_i)}{dL_i} = \frac{1}{4\bar{R}_i \left(\rho \frac{1}{4\rho\bar{R}_i^2} \right)^{1/2}}$$

donde

$$\frac{dF(L_i)}{dL_i} = \frac{1}{2}$$

Portanto para este caso particular de aproximação, a condição 4.50 é satisfeita indicando portanto a convergência do processo iterativo aplicado à equação 4.52.

O método iterativo de calibração consiste em resolver para cada um dos centróides i , uma equação do tipo da 4.51. A partir desta equação podemos saber as informações necessárias, que são:

R_{ij} = distância do centróide i ao centróide j .

$\bar{R}_i$ = comprimento médio das viagens originadas no centróide i .

$$V_{ij} = \sum_{K \in X_{ij}} A_K$$

$$U_{ij} = \sum_{K \in Y_{ij}} A_K$$

Utilizando este método, a calibração do modelo para o futuro requer uma estimação dos comprimentos médios de viagens futuras e dos valores de A_j , para todo j , que são obtidos com o processo de geração de viagens. Conhecendo-se a rede viária futura poderão ser determinados os conjuntos X_{ij} e Y_{ij} , possibilitando a determinação dos V_{ij} e U_{ij} para todo i e j . O conhecimento da matriz origem-destino é suficiente para se calibrar o modelo para o presente, tendo em vista que a partir da referida matriz podemos achar os valores dos comprimentos médios de viagens e conhecer os totais de viagens atraídas por cada um dos centróides.

4.10.2 - MÉTODO EMPÍRICO DE CALIBRAÇÃO (MEC)

Na discussão da natureza dos parâmetros L_i - foi demonstrado que,

$$L_i = - \frac{\ln [1 - P(U_{ij})]}{U_{ij}}$$

sendo L_i interpretado graficamente como a inclinação da reta que teoricamente resultaria ao se plotar $\ln [1 - P(U_{ij})]$ versus U_{ij} . Sendo impossível a determinação dos valores reais de $P(U_{ij})$, é feita uma aproximação como se segue:

$$P(U_{ij}) \approx \frac{U_{ij}}{U_{in}}$$

Fixando um centróide origem i e chamando

$$Z_{ij} = -\ln (1 - P(u_{ij}))$$

teremos uma série de pontos do tipo $[u_{ij}, Z_{ij}]$. Este método - empírico consiste em ajustar a melhor reta do tipo $Z = L_i u_i$ - aos pontos $[u_{ij}, Z_{ij}]$ para j variando de 1 a N . O valor do parâmetro L_i é determinado de modo a minimizar a soma dos erros quadráticos da aproximação de maneira que

(4.53)

$$\frac{d\phi(L_i)}{dL_i} = 0$$

onde

(4.54)

$$\phi(L_i) = \sum_{j=1}^N (Z_{ij} - L_i u_{ij})^2$$

Diferenciando $\phi(L_i)$ teremos

$$- \sum_j (Z_{ij} - L_i u_{ij}) u_{ij} = 0$$

donde

(4.55)

$$L_i = \frac{\sum_j Z_{ij} u_{ij}}{\sum_j u_{ij}^2}$$

Substituindo Z_{ij} e $P(u_{ij})$ dado aproximadamente por u_{ij}/u_{in} teremos que

(4.56)

$$L_i = \frac{-\sum_j u_{ij} \ln (1 - u_{ij}/u_{in})}{\sum_j u_{ij}^2}$$

Uma vez sendo conhecidos os U_{ij} , para todo i e para todo j , a equação 4.56 pode ser resolvida, determinando-se com isto um valor de L_i para cada centróide da rede.

CAPÍTULO V

5.1 - OS PROGRAMAS

Foram feitos dois programas em Fortran sendo que o primeiro diz respeito aos Modelos de Fator de Crescimento, mais precisamente, aos métodos de Fratar, Furness e Detroit. Na figura 5.1 podemos ver o seu diagrama de blocos simplificado.

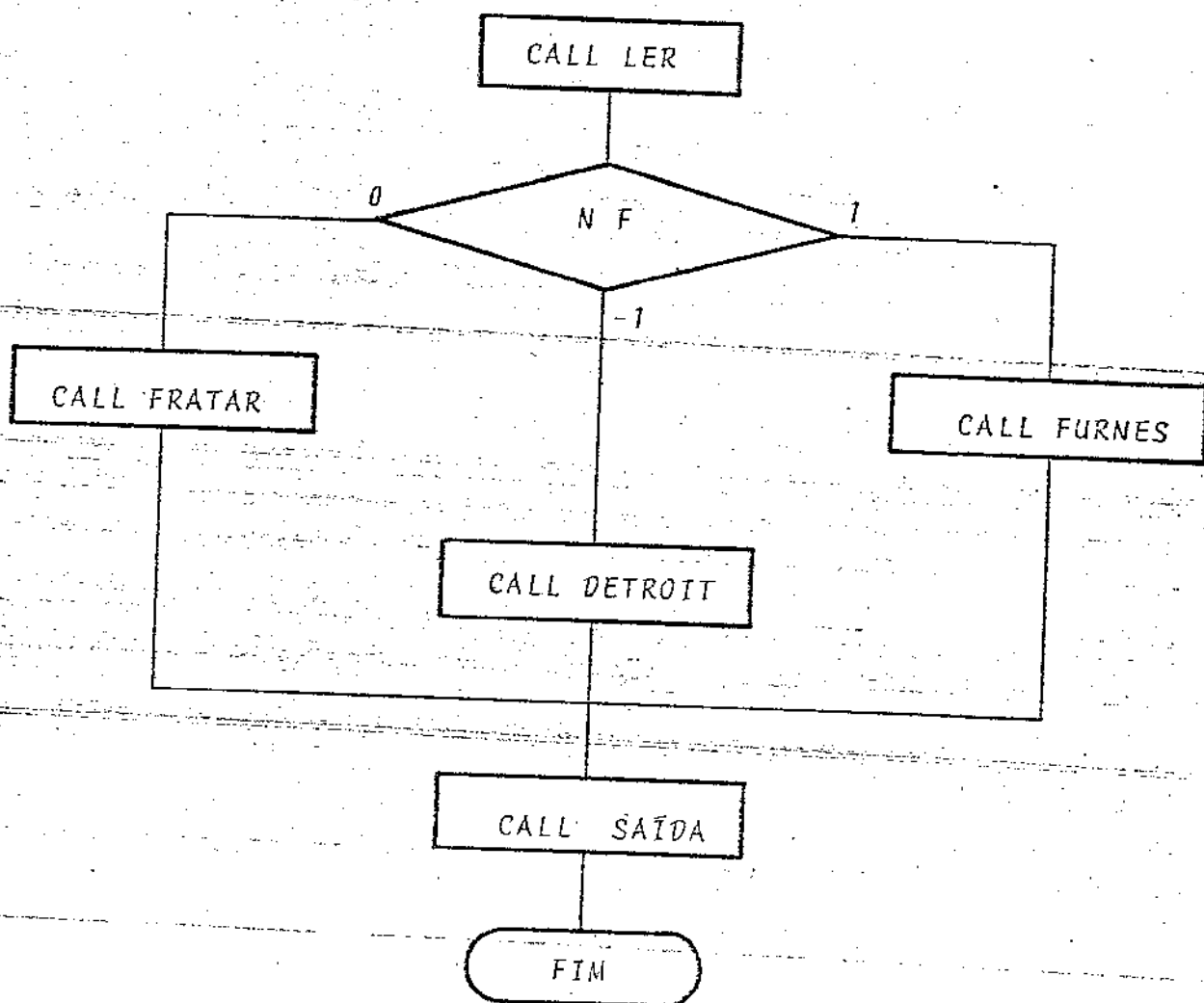


Figura 5.1 - Diagrama de Blocos simplificado do programa para implementar os Modelos de Fator de Crescimento

O segundo programa implementa o modelo de oportunidade e pode ser visto, em diagrama de blocos simplificado, na figura 5.2. No apêndice E estão as listagens dos 2 programas citados como também das subrotinas utilizadas.

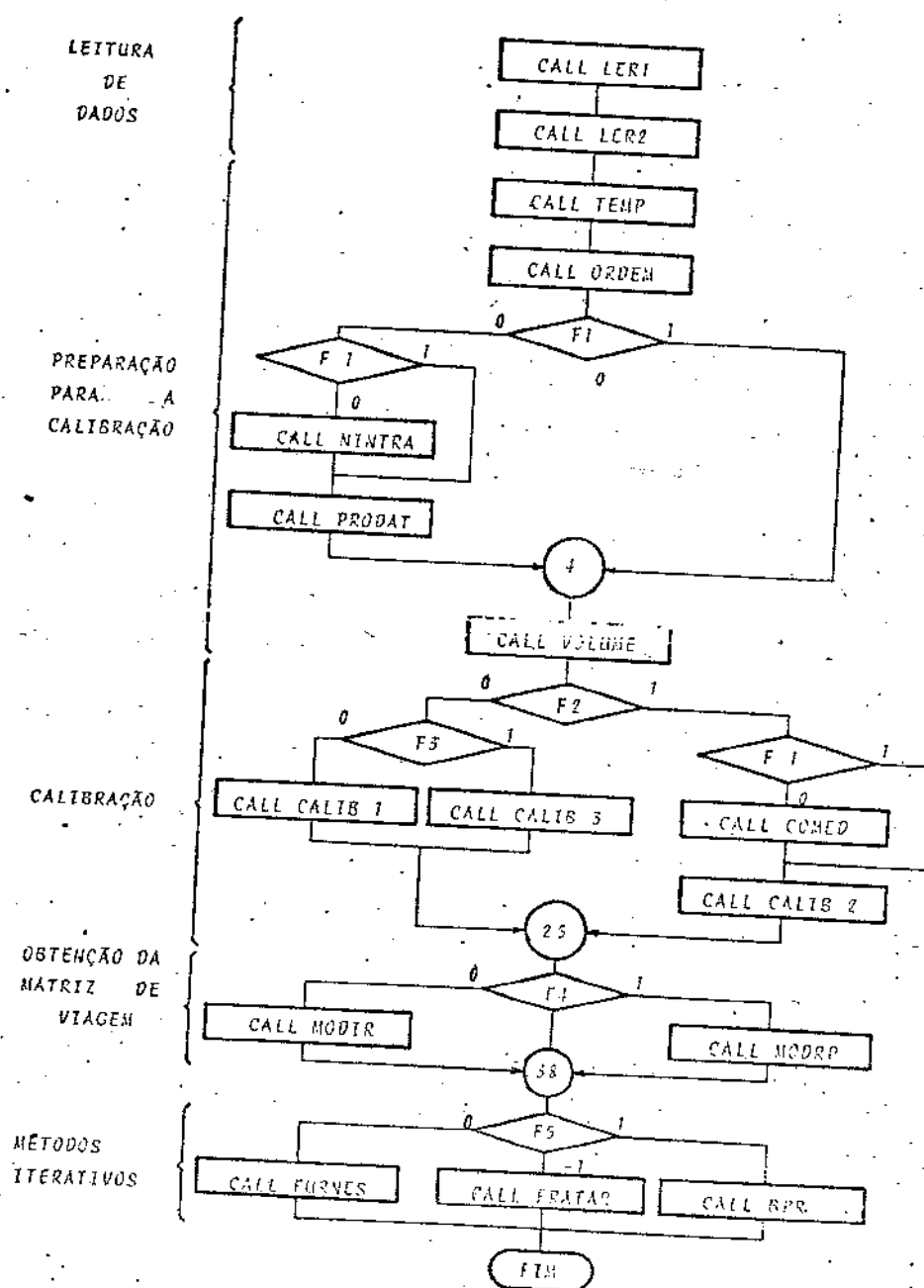


Figura 5.2- Diagrama de blocos simplificado do programa para implementar o Modelo de Oportunidade.

5.2 - ÁREA DE ESTUDO

A Prefeitura do Município de São Bernardo do Campo através da sua Secretaria de Planejamento (SP), elaborou um Plano de Desenvolvimento Integrado do Município (PDIM). Foi nos estudos de Planejamento de Transportes do PDIM - SBC que fomos buscar os dados necessários para a realização deste trabalho.

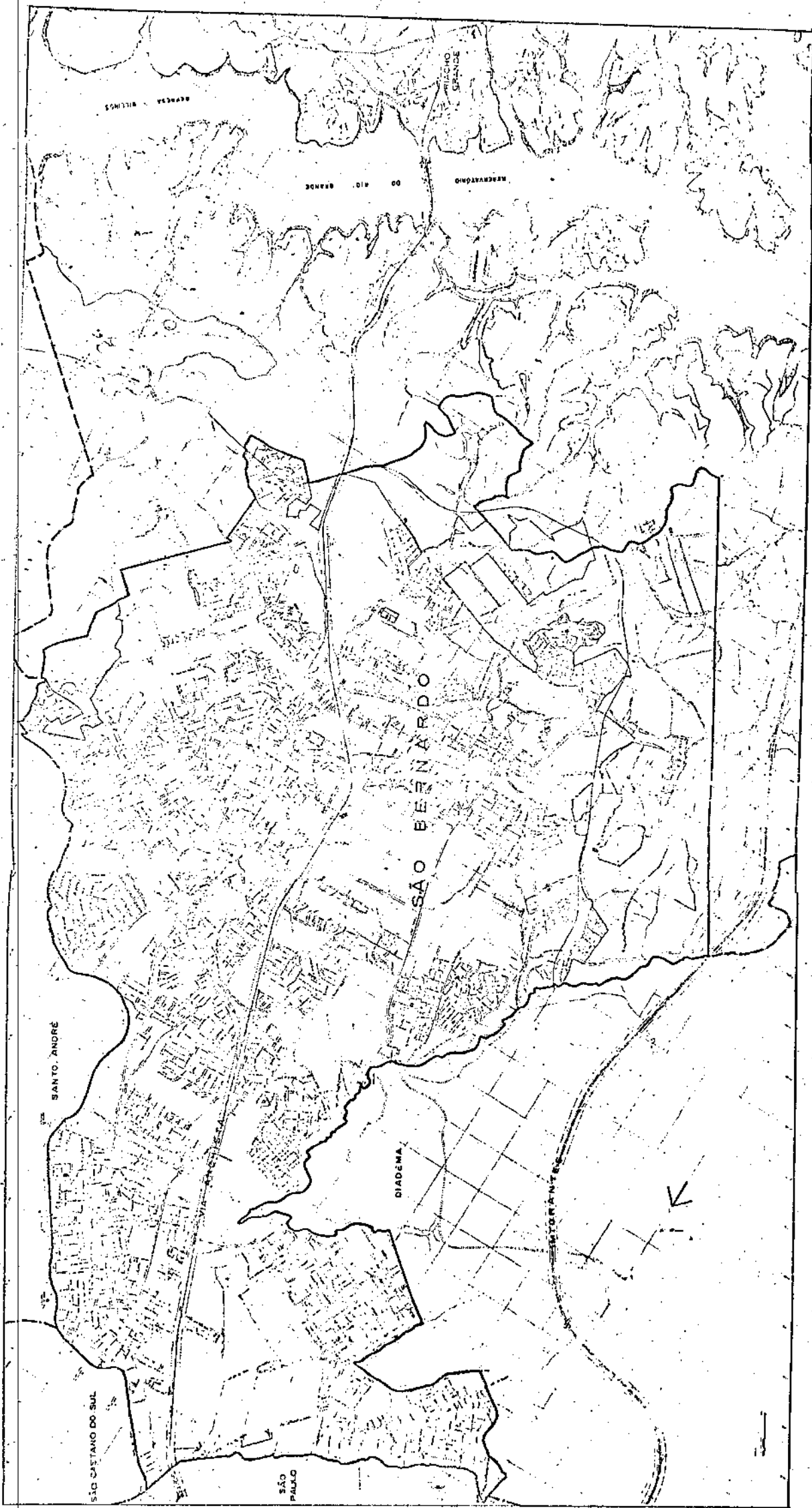
5.2.1 - ÁREA DE PESQUISA

A área de estudo foi considerada como abrangendo todo o Município de São Bernardo do Campo. No interior desta região foi delimitada a área de pesquisa que abrange todo o aglomerado urbano a menos do Distrito de Riacho Grande e como está mostrado no Mapa 1. É nesta área de pesquisa que estão concentrados os grandes fluxos de tráfego da região.

5.2.2 - ZONAS E CENTRÓIDES

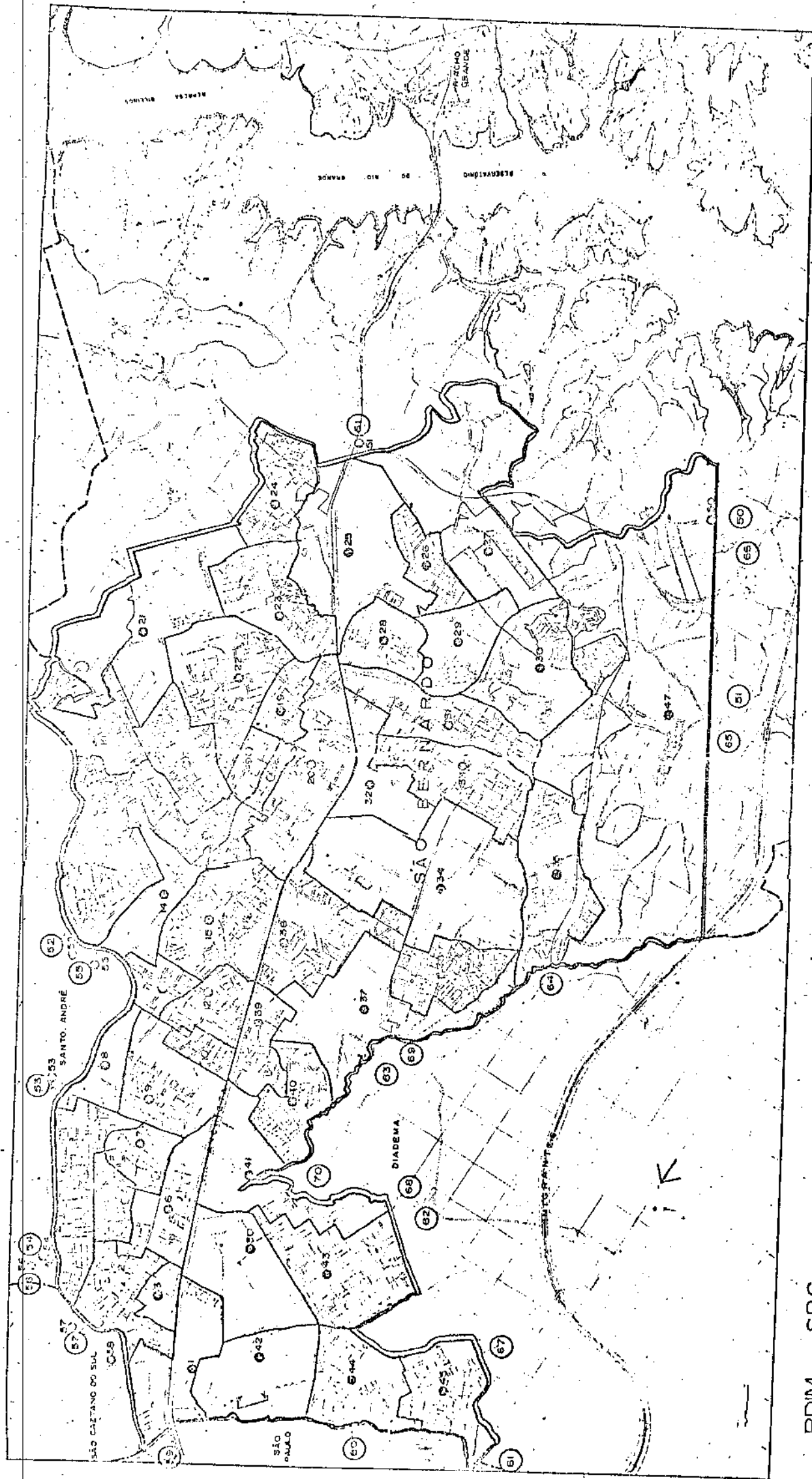
A área de pesquisa foi dividida nos estudos de transportes do PDIM em 50 zonas, procurando delimitar áreas com atividades afins. Devido a uma característica importante de São Bernardo do Campo, que é o grande volume de viagens dos tipos externas e através, foram consideradas ainda 20 zonas externas. Ao todo são 70 zonas, sendo 50 internas à área de pesquisa e 20 externas. No Mapa 2 podemos ver as zonas consideradas e a localização dos seus respectivos centróides. No apêndice C estão assinaladas as 20 zonas externas consideradas.

5.2.3- SISTEMA DE TRANSPORTES E REDE VIÁRIA BÁSICA



--- LIMITE DA ÁREA DE ESTUDO
 - - - LIMITE DA ÁREA DE PESQUISA
 --- LIMITE DE MUNICÍPIOS

PDIM SBC
 ESTUDO DE TRANSPORTES
 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE
 ESTUDO E DE PESQUISA



PDIM - SBC

ESTUDO DE TRANSPORTES
ZONAS DE TRÁFEGO E CENTRÓIDES

- LIMITE DA ÁREA DE ESTUDO
- LIMITE DA ÁREA DE PESQUISA
- LIMITE DE MUNICÍPIOS
- LIMITE DAS ZONAS
- LOCAL E Nº DO CENTRÓIDE EXTERNO
- LOCAL E Nº DO CENTRÓIDE INTERNO

ESCALA



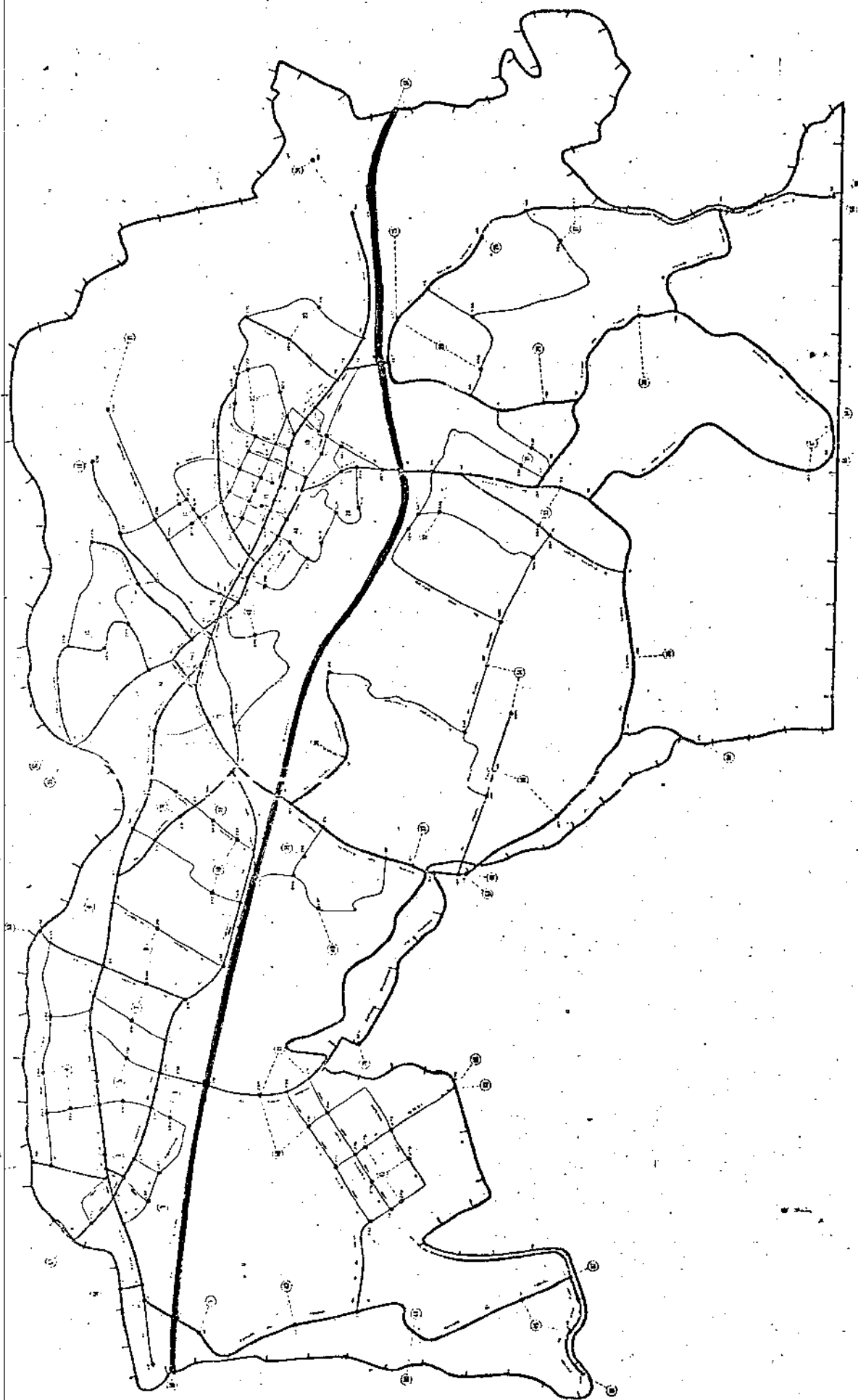
2

Nos estudos do PDIM - SBC não foram consideradas as linhas férreas. Portanto o sistema de transportes ou rede de transportes abrange o conjunto de vias com cruzamentos e terminais que são utilizados por carros, ônibus e caminhões. Nesta rede serão considerados os transportes de passageiros por carros e coletivos. Não analisaremos portanto os deslocamentos de cargas na área de pesquisa.

A rede viária básica considerada pode ser vista no Mapa 3. Ela está composta de 323 nós e 912 arcos, sendo que os 70 primeiros nós são os centróides das zonas consideradas.

5.2.4 - AS VIAGENS

A Secretaria de Planejamento de S.B.C. efetuou em 1974 uma pesquisa O/D de viagens com a finalidade de caracterizar os deslocamentos das pessoas residentes no Município no horário inferior às 10 horas da manhã. Em conjunto também foi efetuada uma pesquisa sócio-econômica da população. A tabela 5.1 obtida com a pesquisa O/D mostra a variação das viagens no período de pico (6-9hs.) de acordo com o modo e o motivo.



PDIM - SBC

ESTUDO DE TRANSPORTES

REDE VIARIA BÁSICA

SETEMBRO 1974

—+— LIMITE DA ÁREA DE PESQUISA

50 Nº DO CENTRÓIDE (ZONA DE TRAFEGO)

• 129 Nº DO NÓ

— MÁO ÚNICA DE DIREÇÃO

ESCALA



3

MOTIVO	MODO				TOTAL %
	A.VEÍC.	PASS.A.	ÔNIBUS	TAXI	
TRABALHO	22,4	6,0	42,5	0,8	78,3
ESCOLA	0,4	0,0	0,9	-	1,5
COMPRAS	0,8	1,0	2,6	-	3,1
NEGÓCIO	0,7	0,4	1,6	-	2,5
RECREAÇÃO	1,6	2,7	2,9	-	3,6
OUTROS	2,5	3,3	6,8	0,2	11,0
TOTAL	31,5	12,2	15,3	1,0	100

Fonte: PDIM - SBC(1974)

Os dados apresentados na tabela 5.1 indicam a conveniência de se considerar um único motivo (trabalho) e uma divisão nos seguintes modos:

- 1 - auto-veículos (motorista)
- 2 - auto-pessoas (motorista + passageiros)
- 3 - ônibus + taxi

Para complementar os dados fornecidos pela pesquisa O/D foi também efetuada pela S.P uma pesquisa de tráfego para determinar a taxa de ocupação dos veículos, volume de tráfego, velocidade nos segmentos de ruas, composição do tráfego e movimentos de conversão nos principais cruzamentos. Convém salientar que as viagens (de pessoas não residentes).

tes) externas com destino na área de pesquisa e as viagens - através não puderam ser estimadas com a pesquisa O/D efetuada. A fonte de dados utilizada neste caso foi o METRO-SP - através das estimativas que o mesmo possuía. Nos estudos do METRO-SP, sua área de estudo abrangia o Município de São Bernardo do Campo dividido em 5 zonas de tráfego.

Nos estudos do PDIM - SBC encontramos as seguintes matrizes elaboradas a partir das considerações anteriores:

1 - auto - veículo - pico

2 - pessoas - pico

Neste trabalho consideraremos apenas a segunda matriz O/D, ou seja, a de pessoas - pico. Isto significa que consideraremos apenas as viagens de pessoas ao trabalho, realizadas por ônibus, taxi ou auto-particular no período de 6 às 9 horas da manhã.

CAPÍTULO VI

6.1 - CONSIDERAÇÕES DE APLICAÇÃO DO MODELO DE OPORTUNIDADE

No Item IV.2 falamos que uma das hipóteses do modelo era que o custo total das viagens originadas num ponto é minimizado. Até então não quisemos particularizar função custo apesar de alguns autores como Ruiter (1967 a. pp. 1-2) e Pyers, C.E. (1966) afirmarem que uma das hipóteses é a minimização do tempo total de viagem. O custo que associamos a cada trecho de rua foi seu tempo de percurso de modo que as ordenações dos centróides foram feitas sempre segundo o tempo de viagem do caminho mínimo. Portanto para efeito de aplicação o custo de uma viagem será seu tempo de duração.

6.1.1 - O MÉTODO ITERATIVO DE CALIBRAÇÃO

O método iterativo utilizado foi baseado no ajuste dos tempos de viagem ao invés do ajuste dos comprimentos médios sugerido por Ruiter, uma vez que foi realizada uma pesquisa de tráfego possibilitando-nos o conhecimento dos tempos de percurso dos trechos de ruas. Deste modo a equação (4.49) pode ser reescrita em termos de tempo médios de viagem:

$$(6.1) \quad \bar{c}_{ip} = \frac{\sum_j c_{ij} [e^{-L_i^V \hat{c}_{ij}} - e^{-L_i^U \hat{c}_{ij}}]}{1 - e^{-L_i^U \hat{c}_{in}}}$$

onde

$\bar{c}_{ip}$ = tempo médio das viagens produzidas pelo centróide de i e previsto pelo modelo.

c_{ij} = tempo de viagem do centróide i para o centróide de j .

O método consiste fundamentalmente em igualar os tempos médios previstos com os observados, ou seja igualar $\bar{c}_{ip}$ com $\bar{c}_{io}$ que é dado por

$$(6.2) \quad \bar{c}_{io} = \frac{\sum_j c_{ij} t_{ij}}{\sum_j t_{ij}}$$

Deste modo a equação a ser resolvida iterativamente passa a ser dada por:

$$(6.3) \quad L_i^{(n)} = F(L_i^{(n-1)}) = \frac{L_i^{(n-1)} \sum_j c_{ij} (e^{-L_i^{(n-1)} V_{ij}} - e^{-L_i^{(n-1)} U_{ij}})}{\bar{c}_{io} (1 - e^{-L_i^{(n-1)} U_{in}})}$$

que pode ainda ser escrita como

$$(6.4) \quad L_i^{(n)} = L_i^{(n-1)} \frac{\bar{c}_{ip}}{\bar{c}_{io}}$$

Suponhamos uma variação de $\bar{c}_{ip}$ com L_i segundo uma curva do tipo da figura 6.1. Podemos ver então que L_i^a e L_i^b seriam duas soluções possíveis. No entanto o método iterativo não tenderá a L_i^b , o que nos induz a chamar o ponto b de uma solução instável. Se o valor inicial de L_i for menor que L_i^b o método fará L_i tender a zero. Se L_i inicial for maior que L_i^b obteremos uma solução que será $L_i = L_i^a$ desde que não haja saltos da região II para a região I. Não pretendemos provar nem garantir a convergência do método iterativo, mas simplesmente tomar algumas atitudes preventivas e de alerta para eventuais surpresas.

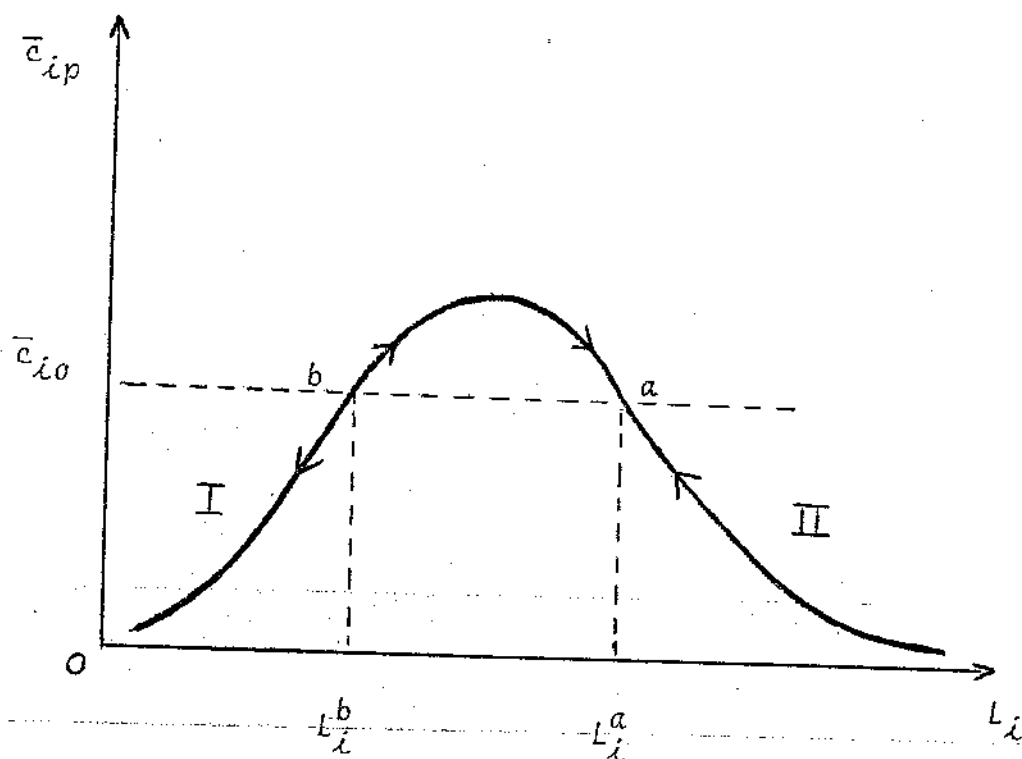


Figura 6.1

Se por acaso $\bar{c}_{ip}$ for sempre menor que $\bar{c}_{io}$, ou seja, ter uma variação com L_i segundo uma curva do tipo da figura 6.2, então o método tenderia a $L_i = 0$

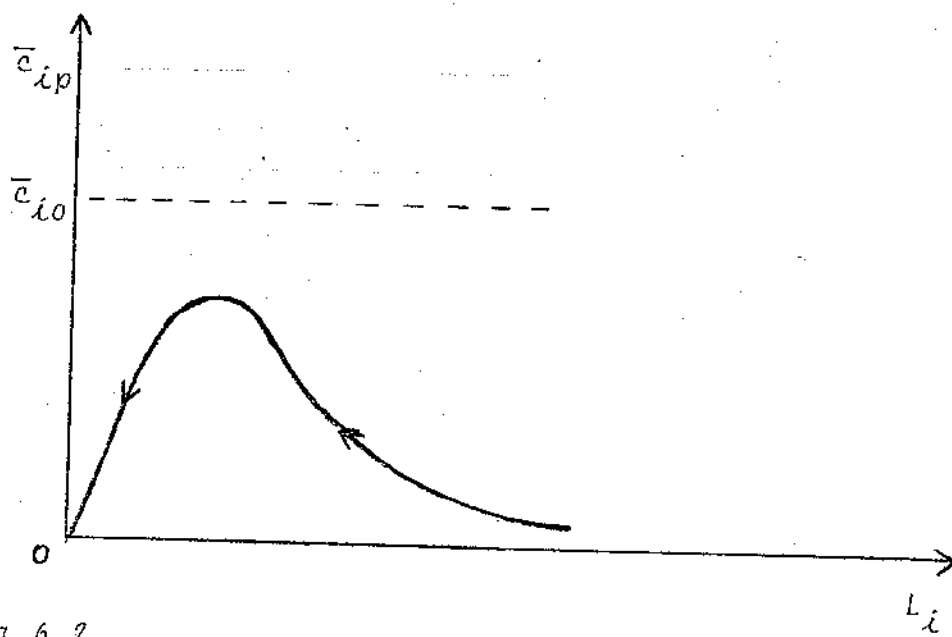


Figura 6.2

A subrotina CALIB2 que tem o propósito de calibrar o modelo segundo este método empírico está dotada das seguintes características tendo em vista as duas penúltimas considerações:

- 1 - inicializar com valores "grandes" de L_i
- 2 - parar o método iterativo caso $\Delta \bar{c}_{ip} < 0$ e $\Delta L_i < 0$ e tomar como solução o penúltimo - valor de L_i encontrado.

6.1.2 - MÉTODO EMPÍRICO DE CALIBRAÇÃO

A subrotina CALIB1 é quem realiza a calibração do modelo segundo este método empírico que consiste em ajustar uma reta a um conjunto de pontos do tipo:

$$(u_{ij}, -\ln[1-P(u_{ij})])$$

Procuramos dotar a subrotina das seguintes características:

- 1 - ajustar a melhor reta que passa pela origem. Neste caso L_i será dado pela equação 4.56 e para tal basta fazer a variável 00 igual a zero.
- 2 - Procurar a melhor reta que se ajuste aos pontos - sem impor que passe pela origem. Neste caso L_i - será dado pela inclinação da reta obtida e para tal basta fazer a variável 00=1.

¹ A idéia é nos prevenir dos dois casos citados. Não significa que sejam únicos. Simplesmente os achamos possíveis.

6.1.3 - GRAUS DE APROXIMAÇÃO

Para comparar tanto os métodos de calibração como os resultados finais obtidos precisamos de medidas do grau de aproximação entre a matriz de viagens obtida e a matriz origem-destino. A seguir mostraremos as diferentes técnicas utilizadas.

6.1.3.1 - RAIZ DO ERRO MÉDIO QUADRÁTICO

Seja $\{b_{ij}\}$ a matriz obtida e $\{t_{ij}\}$ a matriz origem-destino o erro médio quadrático entre os seus elementos será dado por:

$$EMQ = \frac{\sum_i^N \sum_j^N [b_{ij} - t_{ij}]^2}{N^2}$$

E portanto sua raiz será dada por:

$$REMQ = \frac{(\sum_i^N \sum_j^N [b_{ij} - t_{ij}]^2)^{1/2}}{N}$$

6.1.3.2 - COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO MATRICIAL

Dadas as matrizes $\{b_{ij}\}$ e $\{t_{ij}\}$ poderíamos plotar o conjunto de pontos (t_{ij}, b_{ij}) com t_{ij} como variável independente. Um ajuste perfeito resultaria numa reta passando pela origem com inclinação de 45° e um coeficiente de correlação de 1. Ajustes bons resultariam em coeficientes de correlação próximos de 1 enquanto piores ajustes produziam coeficientes próximos de zero. Chamaremos de coeficien

te de correlação matricial ao coeficiente de correlação assim obtido de modo que:

$$CCM = \frac{\sum_i \sum_j (b_{ij} - \bar{b}) (t_{ij} - \bar{t})}{\left(\sum_i \sum_j (t_{ij} - \bar{t})^2 \sum_i \sum_j (b_{ij} - \bar{b})^2 \right)^{1/2}}$$

onde

$$\bar{b} = \frac{\sum_i \sum_j b_{ij}}{N^2} \quad e \quad \bar{t} = \frac{\sum_i \sum_j t_{ij}}{N^2}$$

6.1.3.3 - RESTRIÇÕES DE ATRAÇÃO E PRODUÇÃO

Procuraremos verificar se uma matriz obtida satisfaz ou não as restrições de atração e produção de viagens. No entanto não dedicaremos muita atenção a este fato uma vez que os métodos iterativos utilizados forçarão a que elas sejam satisfeitas. Não será o caso no entanto das matrizes obtidas logo após a calibração.

6.1.3.4 - TEMPOS MÉDIOS DE VIAGEM

Faremos as comparações entre os tempos médios observados para cada centróide i e os previstos pelo modelo. Estas comparações serão em termos de raiz do erro médio quadrático e coeficiente de correlação.

6.1.3.5 - FREQUÊNCIA DE COMPRIMENTO DE VIAGEM

Uma das comparações mais usadas pelos estudiosos do assunto utiliza as curvas de frequência de comprimento de viagem, obtida pelo modelo e através da matriz origem-destino. No nosso caso seria frequência de tempo de viagem. No entanto como o termo é amplamente difundido não o modificaremos, devendo ficar entendido que na nossa aplicação o comprimento de uma viagem será dado em minutos. Foi feita uma divisão do tempo de viagem em intervalos de dois minutos, para em seguida se determinar a frequência de ocorrência de viagens com comprimento no interior de cada intervalo. Deste modo podemos plotar uma curva do tipo da figura 6.3, onde o comprimento de viagem é a variável independente.

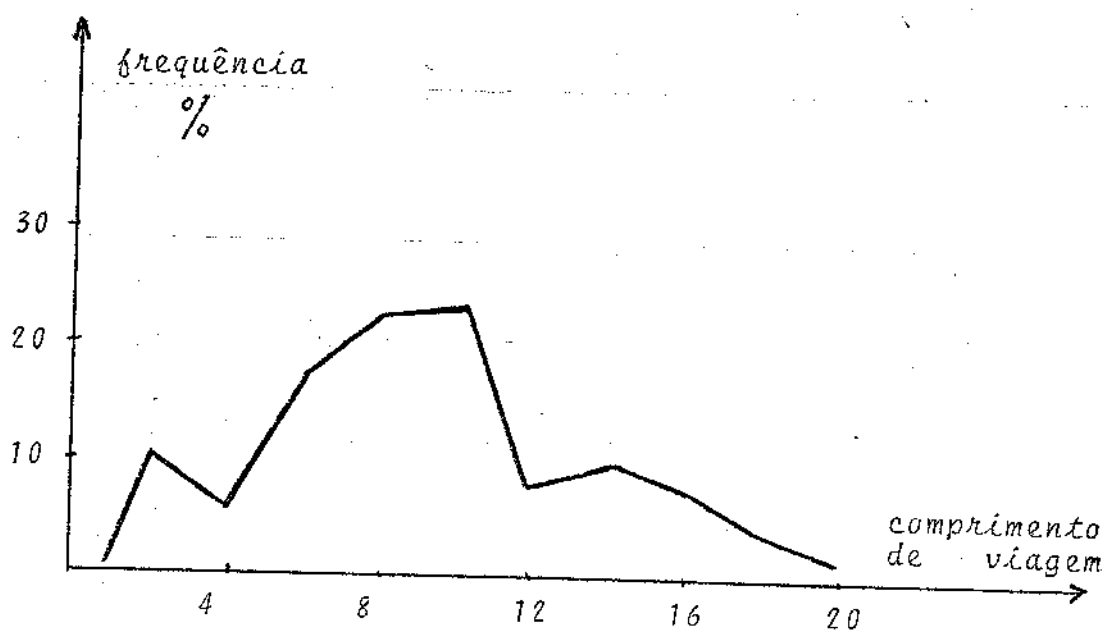


Figura 6.3 - Frequência de Comprimento de Viagem

Para cada caso estudado foram plotados duas curvas de frequência de comprimento de viagem. A primeira é a obtida com a matriz origem-destino e a segunda com a matriz de viagem prevista. Podemos imaginar agora um gráfico entre as frequências previstas pelo modelo e obtidas com a matriz O/D, como mostra a figura 6.4.

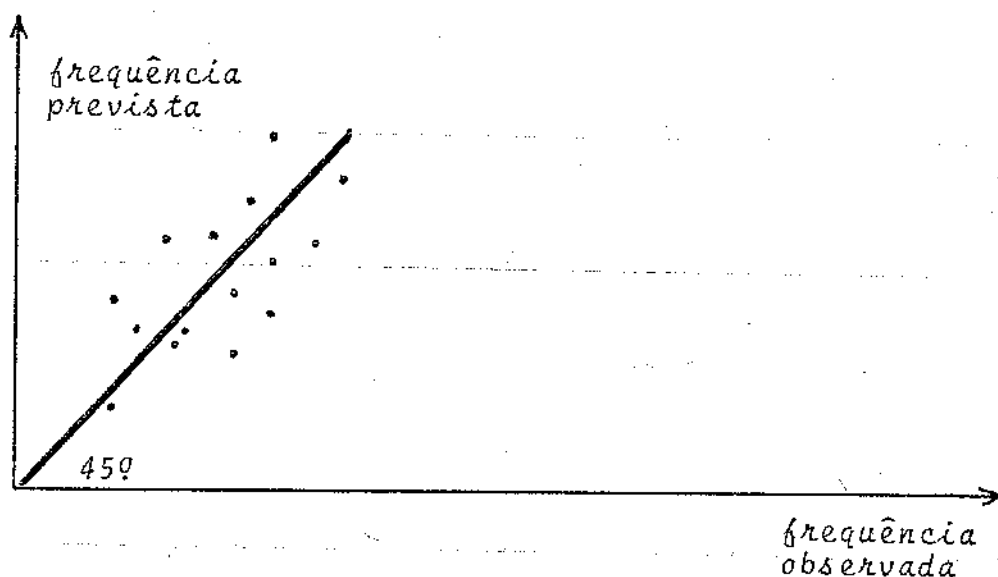


Figura 6.4

Um bom ajuste resultaria num coeficiente de correlação próximo de um e erros médios quadráticos pequenos. O nosso programa determina o coeficiente de correlação entre as citadas frequências e a raiz do erro médio quadrático.

6.2 - CONSIDERAÇÕES SOBRE A ÁREA DE ESTUDO

Não satisfeitos com os resultados das primeiras aplicações, resolvemos investigar mais a fundo a maneira como foram obtidos os dados que utilizávamos. Nestas aplicações estávamos considerando uma matriz O/D de 70 por 70, ou seja, estávamos considerando as viagens dos residentes e dos não residentes na área de estudo. No capítulo 5, item 5.2.4, foi dito que a pesquisa O/D levantou apenas o padrão das viagens dos residentes, sendo que as viagens dos não residentes foram estimadas através de um estudo do METRÔ-SP. Nestes estudos o Município de São Bernardo do Campo estava dividido - em 5 zonas de tráfego e estimava viagens para 1974, ou seja, o ano base deste nosso estudo. As viagens para estas 5 zonas foram então divididas, entre as 50 zonas internas, proporcionalmente ao número de empregos, que cada uma oferecia. Como uma das características de São Bernardo é o grande número de viagens de não residentes¹ e tendo em vista as considerações feitas, resolvemos nos restringir a distribuir apenas as viagens dos residentes, uma vez que o objetivo deste trabalho é investigar os modelos de distribuição de viagens e não o de determinar políticas ou propostas para o sistema de transportes em questão.

6.3 - RESULTADOS E CONCLUSÕES

Os resultados obtidos para as diversas variáveis utilizadas podem ser vistos no apêndice D. Para tal convém fazer as seguintes explicações:

¹ 65,4% - FONTE: PDIM-SBC(1974).

- MIC : Método Iterativo de Calibração
- MEC : Método Empírico de Calibração
- MODIR : Modelo de Oportunidade Irrestrito
- MODRP : Modelo de Oportunidade Satisfazendo a Restrição de Produção (versão revisada)
- BPR : Método do Bureau of Public Roads para fazer o ajuste das restrições de atração e produção de viagens
- FURNES: Método de Furness para fazer o ajuste das restrições de atração e produção
- FRATAR: Método de Fratar para efetuar o ajuste citado acima.

A tabela 6.1 é um sumário dos resultados apresentados no citado apêndice e nela podemos ver que os métodos de FRATAR e FURNESS nos levam a resultados iguais. No apêndice A apresentamos uma série de considerações sobre os métodos de fator de crescimento, demonstrando inclusive que os métodos, logo anteriormente mencionados, convergem para uma mesma solução desde que aplicados sobre uma matriz com posta de elementos positivos.

Podemos dizer que os resultados apresentados são satisfatórios haja visto principalmente os graus de ajuste entre as curvas de frequência de comprimento de viagem, e os valores dos coeficientes de correlação encontrados.

O Método Iterativo de Calibração se mostrou mais eficiente do que o Método Empírico, sem no entanto apresentarem diferenças muito acentuadas. O fato do MEC necessitar apenas dos totais de viagens atraídas, ou seja, dos A_j 's,

	MEC				MIC				
		FRATAR	FURNES	BPR		FRATAR	FURNES	BPR	
RMSE MATRICIAL	18.17	15.76	15.76	17.33	20.64	15.1	15.1		MODIR
C. CORRELAÇÃO MATRICIAL	0.823	0.849	0.849	0.8015	0.819	0.8725	0.8725		
C. CORR. COMP. MEDIO DE VIAGEM	0.897	0.905	0.905	0.875	0.996	0.994	0.994		
RMSE DOS COMP. MEDIO DE VIAGEM	1.66	1.51	1.51	2.43	0.34	0.372	0.372		
C. CORR. FREQ. COMP. VIAGEM	0.955	0.968	0.968	0.888	0.978	0.989	0.989		
RMSE FREQ. COMP. VIAGEM **	6.66	6.1	6.1	9.1	4.6	3.7	3.7		
SATISFAZ RESTRIÇÃO ATRAÇÃO?	não	sim	sim	sim	não	sim	sim		
SATISFAZ REST. PRODUÇÃO ?	não	sim	sim	sim	não	sim	sim		
TEMPO DE CPU	-	27.35	32.67	1:43.38	-	48.97	48.97		
NÚMERO DE ITERAÇÕES	-	2	5	46	-	2	2		
RMSE MATRICIAL	17.37	15.76			15.78	15.1	15.1	15.2	MODRD
C. CORRELAÇÃO MATRICIAL	0.822	0.849			0.8623	0.8725	0.8725	0.872	
C. CORR. COMP. MEDIO DE VIAGEM	0.897	0.905			0.995	0.994	0.944	0.993	
RMSE DOS COMP. MEDIO VIAGEM	1.66	1.51			0.38	0.386	0.386	0.387	
C. CORR. FREQ. DE COMP. VIAGEM	0.9545	0.968			0.985	0.988	0.988	0.988	
RMSE FREQ. COMP. VIAGEM **	6.66	6.1			4.57	3.8	3.8	3.8	
SATISFAZ RESTRIÇÃO ATRAÇÃO ?	não	sim			não	sim	sim	sim	
SATISFAZ RESTRIÇÃO DE PRODUÇÃO ?	sim	sim			sim	sim	sim	sim	
TEMPO DE CPU	-	-			-	45.68	45.40	44.44	
NÚMERO DE ITERAÇÕES	-	2			-	2	5	2	
EXIGE MATRIZ O/D ?			NÃO				SIM		

* -Permitindo até 51 iterações no MEC ou 18 [outros casos 21 iterações]

** -O RMSE se refere às viagens com mesmo comprimento e não às frequências

o favorece para uma previsão uma vez que para o ano meta estes totais são estimados pelos Modelos de Geração de Viagens. Isto no entanto não ocorre com o MIC que além dos A_j 's necessitará de estimativas dos tempos médios de viagem, dados mais difíceis de obter. No entanto não temos condições de julgar se, do ano base ao ano meta, poderão ocorrer variações significativas dos valores de L_i . Dependerá, entre outras coisas, de como crescerá a área de estudo, ou seja de suas futuras atividades sócio-econômicas e da própria rede viária. Por outro lado, se L_i é interpretado como a probabilidade de uma oportunidade ser aceita como destino, é de se esperar que diminua quando cresça o número de oportunidades, o que ocorrerá se aumentar o número de viagens da rede.

O Método do BPR apresentado no Item 4.8.1 - corresponde à variante BPR+MODIR na tabela 6.1. O que foi por nós chamado de Método do BPR modificado corresponde à variante BPR+MODRP. Podemos ver nesta tabela que houve uma redução acentuada no tempo e no número de iterações quando se optou pela versão modificada. Em outras palavras, a satisfação da restrição de produção a cada iteração acelerou o processo iterativo, confirmando nossas expectativas do início do trabalho.

A variante MIC+MODIR+FRATAR foi rodada com um limite de 51 iterações no método de calibração enquanto nas demais, que envolve o MIC, o limite foi 21, ou 1% de convergência, daí a pequena diferença que apresentou em relação à variante MIC+MODRP+FRATAR. Portanto, não se trata de um contra exemplo à afirmação no Item 4.6 de que a expressão do modelo com restrição de produção pode ser obtida com uma iteração do método de Furnes nas linhas da matriz do modelo irrestrito.

Podemos dizer que os melhores resultados fo-

ram conseguidos com o Método Iterativo de Calibração juntamente com os FURNES, FRATAR ou BPR modificado para forçar as restrições de atração e produção de viagens serem satisfeitas. No entanto não podemos esquecer que, a utilização de métodos de fator de crescimento para se fazer o ajuste de restrições, modifica as hipóteses originais do modelo como estão enunciadas no Item 4.2. Podemos ver no entanto que a simples aplicação do MIC e do MODRP nos levou a resultados satisfatórios. Nos estudos de transportes do PDIM-SBC, onde encontramos uma aplicação do Modelo de Gravidade considerando também as viagens de não residentes, deparamos com a tabela 6.2 mostrada a seguir. Esta tabela é semelhante às anexas aos gráficos do apêndice D. Comparando, por exemplo, os coeficientes de correlação, vemos que os nossos resultados são perfeitamente satisfatórios. Finalizando gostaríamos de dizer que para testar o poder de previsão de um modelo de distribuição precisamos de dispor de mais de uma matriz O/D. O ideal seria fazer uma previsão, por exemplo para 1980, e confrontar os resultados obtidos, com a matriz O/D a ser levantada naquele ano. Com os modelos analíticos como o de oportunidade, ainda podemos verificar se as suas hipóteses nos levam a resultados próximos da realidade dispondo de apenas uma matriz O/D. No entanto é impossível um estudo dos modelos de fator de crescimento com estas restrições. Infelizmente não encontramos nenhuma cidade brasileira que dispusesse de matrizes O/D de anos distintos, o que nos impediu efetuar uma avaliação dos modelos como inicialmente pretendíamos.

TABELA 6.2

CALIBRAÇÃO DO MODELO DE GRAVIDADE - PDIM-SBC - MATRIZ, PICU, 1974

COMPARISON OF OBSERVED AND CALCULATED TRIP-LENGTH DISTRIBUTIONS - PURPOSE NO. 1

PAGE 1

TRIP LENGTH FROM TO EXCLUDING	OBSERVED DISTRIBUTION	CALCULATED DISTRIBUTION	SQUARED DIFFERENCE	CHI-SQUARE FACTOR
ZERO	2,50	2,303	5,153E 04	1,977E 01
2,50	4,50	8,214	5,822E 05	7,090E 01
4,50	6,50	12,706	2,797E 07	2,613E 03
6,50	8,50	19,573	1,362E 06	6,998E 01
8,50	10,50	23,659	1,693E 07	7,157E 02
10,50	12,50	14,605	1,067E 06	7,306E 01
12,50	14,50	10,017	8,083E 06	8,069E 02
14,50	16,50	3,705	7,519E 06	2,029E 03
16,50	18,50	8,544	2,753E 07	3,078E 03
18,50	20,50	1,293	5,103E 04	3,957E 01
20,50	22,50	4,211	6,523E 06	1,549E 03
22,50	24,50	77	2,074E 04	2,693E 02
24,50 AND OVER		270	7,290E 04	0,0
TOTAL	107,611	107,611	9,770E 07	1,133E 04
ROOT MEAN SQUARE ERROR	2853,3069			
CHI-SQUARE PROBABILITY	0,0			
ROOT MEAN SQUARE ERROR	31,818008			
COEFFICIENT OF CORRELATION	0,56550574			

FONTE : PDIM-SRC (1974)

APÊNDICE A

CONSIDERAÇÕES SOBRE OS MODELOS DE FATOR DE CRESCIMENTO

Dada uma matriz $\{t_{ij}\}$, $I \times J$ com elementos $t_{ij} > 0$ e dado um conjunto de números positivos P_i e A_j com $\sum_{i=1}^I P_i = \sum_{j=1}^J A_j = W$, vamos propor os seguintes problemas chamados de P1 e P2.

PROBLEMA P1

Encontrar uma matriz $\{T_{ij}\}$ satisfazendo a:

$$A1. \quad \sum_{i=1}^I T_{ij} = A_j \quad j=1, J$$

$$A2. \quad \sum_{j=1}^J T_{ij} = P_i \quad i=1, I$$

$$A3. \quad T_{ij} = r_i s_j t_{ij}$$

onde r_i e s_j são constantes positivas para todo i e j .

PROBLEMA P2

Encontrar uma matriz $\{T_{ij}\}$ que seja ponto estacionário de mínimo da função objetivo abaixo e que satisfaça as condições (A.1), (A.2) e (A.5)

$$A4. \quad F(\{T_{ij}\}) = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J T_{ij} \ln T_{ij} - \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J T_{ij} \ln t_{ij}$$

$$A5. \quad T_{ij} \geq 0 \quad \text{para todo } i \text{ e } j$$

LEMA 1

Toda solução de P1 é solução de P2 e vice-versa

Demonstração do lema 1

As condições [A.1], [A.2] e [A.5] definem uma região de dimensão $[I, J]$ que chamaremos de região factível D . Considerando o problema P2, queremos minimizar a função dada por [A.4] sobre a região factível D . Para tal vamos construir o Lagrangeano:

$$\begin{aligned} A6 \quad L(\{T_{ij}\}, \vec{\alpha}, \vec{\beta}) = & \sum_i \sum_j T_{ij} \ln T_{ij} - \sum_i \sum_j T_{ij} \ln t_{ij} \\ & + \sum_i \alpha_i (\sum_j T_{ij} - P_i) + \sum_j \beta_j (\sum_i T_{ij} - A_j) \end{aligned}$$

Tomando as derivadas parciais de L e igualando-a zero teremos as condições que $\{T_{ij}\}$ deve satisfazer para ser um ponto estacionário:

$$A7 \quad \frac{\delta L}{\delta T_{ij}} = \ln T_{ij} + 1 - \ln t_{ij} + \alpha_i + \beta_j = 0$$

donde

$$\ln T_{ij} = -1 - \alpha_i - \beta_j + \ln t_{ij}$$

$$T_{ij} = e^{-1} \cdot e^{-\alpha_i} \cdot e^{-\beta_j} \cdot t_{ij}$$

Portanto

$$A8 \quad T_{ij} = r_i s_j t_{ij}$$

onde

$$r_i = e^{-(1+\alpha)\hat{c}_i} > 0$$

$$s_j = e^{-\beta_j} > 0$$

Então uma matriz $\{T_{ij}\}$ será um ponto estacionário se satisfazer as condições (A.1), (A.2), (A.5) e (A.8). No entanto as condições (A.8) e (A.3) são idênticas. Portanto - uma matriz que é ponto estacionário de F será solução do problema $P1$, ou seja, toda solução de $P2$ é solução de $P1$.

Seja $\{T_{ij}^*\}$ um ponto estacionário de F . Se $T_{ij}^* > 0$ então a matriz de derivadas segundas de F calculada em $\{T_{ij}^*\}$ é definida positiva com termos $1/T_{ij}^*$ ao longo da diagonal e zero nas demais posições. Portanto $\{T_{ij}^*\}$ é um ponto estacionário de mínimo. Então toda solução de $P1$ é um ponto estacionário de mínimo de F e portanto solução de $P2$.

LEMA 2

A função $F(\{T_{ij}\})$ dada por (A.4) é estritamente convexa ao conjunto D .

Demonstração

O conjunto D é certamente convexo uma vez que é definido por um conjunto de inequações e equações lineares. O

segundo termo da equação (A.4) é linear com T_{ij} . Portanto - será suficiente demonstrar que o primeiro termo que chamaremos de $G(\{T_{ij}\})$ é estritamente convexo. Então:

$$G(\{T_{ij}\}) = \sum_i \sum_j T_{ij} \ln T_{ij}$$

Consideremos agora a função $f(x) = x \ln x$. Evans, S.P[1973] demonstrou que esta função $f(x)$ é estritamente convexa num intervalo $(0, M]$ onde M é positivo. Se D é conjunto limitado, sempre existirão números positivos M_{ij} tais que

$$D \subset \prod_{i,j} [0, M_{ij}]$$

onde o símbolo $\prod$ representa a operação produto cartesiano. Como $G(\{T_{ij}\})$ é uma somatória de funções do tipo $T_{ij} \ln T_{ij}$ segue-se que ela é restritamente convexa na região $\prod_{i,j} [0, M_{ij}]$ e portanto em D .

TEOREMA 1

O problema P2 tem solução única.

Demonstração

Seja $\{T_{ij}^*\}$ um ponto estacionário de F . Se $T_{ij}^* > 0$ então $\{T_{ij}^*\}$ é um ponto de mínimo como foi mostrado no Lema 1. Pelo Lema 2 a função F é estritamente convexa em D . No entanto se uma função estritamente convexa tem um número local, este mínimo é necessariamente o mínimo sobre todo conjunto, ou seja, o mínimo global. Portanto o problema P2 tem solução única.

TEOREMA 2

O problema P1 tem solução única.

DEMONSTRAÇÃO

Pelo Lema 1, os problemas P1 e P2 tem conjuntos soluções iguais. No teorema 1 demonstramos que P2 tem uma única solução. Portanto o problema P1 tem uma única solução.

TEOREMA 3

Se o método iterativo de Furness converge¹ então a matriz limite é a única solução do problema P1.

DEMONSTRAÇÃO

Para facilitar a descrição reescreveremos abaixo o método de Furness.

$$t_{ij}^{(1)} = F_i^{(0)} \cdot t_{ij}$$

$$t_{ij}^{(2n)} = F_j^{(2n-1)} \cdot t_{ij}^{(2n-1)}$$

$$t_{ij}^{(2n+1)} = F_i^{(2n)} \cdot t_{ij}^{(2n)}$$

onde

¹ Aqueles que desejarem uma prova da convergência do método de Furness podem consultar Evans, A.W(1970).

$$A10 \quad F_i^{(2n)} = \frac{P_i}{\sum_j t_{ij}^{(2n)}}$$

$$A11 \quad F_j^{(2n-1)} = \frac{A_j}{\sum_i t_{ij}^{(2n-1)}}$$

O método iterativo devido a sua formulação força a satisfação das restrições de produção de viagens nas iterações ímpares, ou seja, faz com que a soma na linha i da matriz $\{t_{ij}^{(2n+1)}\}$ seja igual a P_i . Analogamente nas iterações pares força a soma das colunas serem iguais aos A_j 's.

Podemos então escrever que:

$$A12 \quad \sum_j t_{ij}^{(2n+1)} = P_i \quad \text{para todo } i$$

$$A13 \quad \sum_i t_{ij}^{(2n)} = A_j \quad \text{para todo } j$$

Seja $\{t_{ij}^{\delta}\}$ a matriz limite. Então será dada por:

$$\{t_{ij}^{\delta}\} = \lim_{m \rightarrow \infty} \{t_{ij}^{(m)}\} = \lim_{n \rightarrow \infty} \{t_{ij}^{(2n)}\} = \lim_{n \rightarrow \infty} \{t_{ij}^{(2n+1)}\}$$

Tendo em vista as condições anteriores ela deve então satisfazer as restrições de atração e produção de viagens, ou seja:

$$A14 \quad \sum_i t_{ij}^{(k)} = A_j \quad \text{para todo } j$$

$$A15 \quad \sum_j t_{ij}^{(k)} = P_i \quad \text{para todo } i$$

Agora observemos que o método de Furness consiste de multiplicações alternadas de linhas e de colunas. Portanto a $(K+2)$ -ésima matriz estará relacionada com a k -ésima por:

$$t_{ij}^{(K+2)} = x_i y_j t_{ij}^{(K)} \quad \text{para todo } i \text{ e } j$$

Portanto se existir uma matriz limite ela será necessariamente da forma

$$A16 \quad t_{ij}^{(k)} = R_i S_j t_{ij}$$

Podemos concluir então que se o método de Furness converge para uma matriz esta deve satisfazer as condições (A.14), (A.15) e (A.16). Estas no entanto são respectivamente iguais às condições do problema P1 ou seja, (A.1), (A.2) e (A.3). Então a matriz $\{t_{ij}^{(k)}\}$ será solução do problema P1 e portanto única.

TEOREMA 4

Os métodos de Furness e Detroit¹ quando aplicados a uma mesma matriz t_{ij} com elementos positivos convergem para uma mesma matriz solução.

¹ A prova de convergência do método de Detroit pode ser vista em EVANS, A.W. (1970)

DEMONSTRAÇÃO

O método iterativo de Detroit é dado por:

$$t_{ij}^{(n)} = \frac{F_i^{(n-1)} \cdot F_j^{(n-1)}}{c^{(n-1)}} \times t_{ij}^{(n-1)}$$

Portanto ele consiste de multiplicações de linhas e colunas, donde se o método tende a um limite ele necessariamente será da forma:

$$t_{ij}^d = r_i s_j t_{ij}$$

satisfazendo a

$$\sum_{i=1}^I t_{ij}^d = A_j$$

$$\sum_{j=1}^J t_{ij}^d = P_i$$

Portanto a matriz $\{t_{ij}^d\}$ será solução do problema P1. Já foi mostrado no teorema 3 que a matriz $\{t_{ij}^f\}$ resultado da aplicação do método de Furness também é solução de P1. Como o problema P1 tem solução única então

$$\{t_{ij}^f\} = \{t_{ij}^d\}$$

TEOREMA 5

Se o método de Fratar converge, ele e o método de Furness tenderão a uma mesma matriz solução quando aplicados a uma matriz $\{t_{ij}\}$ com elementos positivos.

DEMONSTRAÇÃO

O método iterativo de Fratar é definido por

$$t_{ij}^{(n)} = \frac{F_j^{(n-1)} \cdot P_i}{\sum_{j=1}^J t_{ij}^{(n-1)} \cdot F_j^{(n-1)}} \times t_{ij}^{(n-1)}$$

Observemos que o denominador da expressão anterior é uma constante para todos os elementos de uma mesma linha i :

$$\sum_{j=1}^J t_{ij}^{(n-1)} \cdot F_j^{(n-1)} = B_i^{(n-1)}$$

Portanto

$$t_{ij}^{(n)} = \frac{F_j^{(n-1)} \cdot P_i}{B_i^{(n-1)}} t_{ij}^{(n-1)}$$

$$t_{ij}^{(n)} = F_j^{(n-1)} \cdot \bar{F}_i^{(n-1)} \cdot t_{ij}^{(n-1)}$$

onde

$$\bar{F}_i^{(n-1)} = \frac{P_i}{B_i^{(n-1)}}$$

Portanto se o método de Fratar converge a matriz limite será da forma

$$\{t_{ij}^{(n)}\} = r_i s_j t_{ij} \quad \text{para todo } i \text{ e } j$$

satisfazendo a:

$$\sum_{i=1}^I t_{ij}^{(n)} = A_j \quad \text{para todo } j$$

$$\sum_{j=1}^J t_{ij}^{(n)} = P_i \quad \text{para todo } i$$

Deste modo ela será solução do Problema P1.

Tendo em vista que o método de Furness também converge para uma solução do P1 e que este tem solução única então os citados métodos convergem para uma mesma solução.

APÊNDICE C

LOCALIZAÇÃO DAS ZONAS EXTERNAS À ÁREA DE PESQUISA

NÚMERO DA ZONA	LOCALIZAÇÃO
51	Santos e Litoral - Via Anchieta Riacho Grande - Via Anchieta Ribeirão Pires (outros - Via Anchieta)
52	Santo André - (Pereira Barreto) Santo André - (Baeta Neves)
53	Santo André - (Winston Churchill)
54	Santo André - (Rudge Ramos - R. Afonsina)
55	S. Caetano - (S. André - R. Pereira Barreto)
56	S. Caetano - (Rudge Ramos - R. Afonsina)
57	S. Caetano - (Rudge Ramos - R. Gerti)
58	S. Caetano - Estrada das Lágrimas
59	S. Paulo - Via Anchieta (Rudge Ramos)
	S. Paulo - Via Anchieta
60	S. Paulo - Estrada do Cursino
61	S. Paulo - Estrada da Água Funda
62	S. Paulo - Via dos Imigrantes (Diadema MMDC)
63	S. Paulo - (Diadema - Piraporinha)
	S. Paulo - Via Imigrantes (Piraporinha)
64	S. Paulo - Via Imigrantes (Estr. Eldorado)
65	S. Paulo - Via Imigrantes (Estr. Alvarenga)
66	S. Paulo - Via Imigrantes (Estr. Galvão)
67	Diadema - (Taboão)
68	Diadema - (MMDC)
69	Diadema - (Piraporinha)
70	Diadema - (V. Paulicéia)

APÊNDICE D

LISTAGEM DE PROGRAMA E SUBROTINA

ZONA	PARAMETRO L	ERRO MEDIO QUADRATICO	PARAMETRO INDEPENDENTE	F DE CORRELACAO
1	0.00007032716	0.727357	0.000000	-0.50047483400
2	0.00007091410	0.700539	0.000000	-0.57523562900
3	0.00007107619	0.700964	0.000000	-0.57451892400
4	0.00007108205	0.733795	0.000000	-0.61180401600
5	0.00007151155	0.687773	0.000000	-0.63402459300
6	0.00007108270	0.728861	0.000000	-0.57944335000
7	0.00007252194	0.750114	0.000000	-0.64002937000
8	0.00007164311	0.756208	0.000000	-0.66760695000
9	0.0000716459	0.756192	0.000000	-0.66722557400
10	0.00007398419	0.687789	0.000000	-0.67598335000
11	0.00007842826	0.703657	0.000000	-0.65153509400
12	0.00007643500	0.659563	0.000000	-0.66451534400
13	0.00007425727	0.640027	0.000000	-0.60008930000
14	0.00007413742	0.653117	0.000000	-0.59739020000
15	0.00007564092	0.690543	0.000000	-0.61919884400
16	0.00007045300	0.650642	0.000000	-0.54680565100
17	0.00007163717	0.605900	0.000000	-0.52458152200
18	0.00007030866	0.657595	0.000000	-0.52852275200
19	0.00007156317	0.694169	0.000000	-0.52157900500
20	0.00007362725	0.664587	0.000000	-0.55630026000
21	0.00007097916	0.630668	0.000000	-0.53939791000
22	0.00007176456	0.691894	0.000000	-0.52610988200
23	0.00007430929	0.647348	0.000000	-0.59447144700
24	0.00007518759	0.642541	0.000000	-0.60949531900
25	0.00007569447	0.632518	0.000000	-0.61263677000
26	0.00007577893	0.638352	0.000000	-0.62123336700
27	0.00007588427	0.620881	0.000000	-0.62004354300
28	0.00007596872	0.626670	0.000000	-0.63325280800
29	0.00007642143	0.616377	0.000000	-0.66287520500
30	0.00007563307	0.609195	0.000000	-0.67345421000
31	0.00007678575	0.610005	0.000000	-0.66938241000
32	0.00007681569	0.608708	0.000000	-0.65482494200
33	0.00007615967	0.595447	0.000000	-0.67469459000
34	0.00007608816	0.656021	0.000000	-0.69373986100
35	0.00007568148	0.601332	0.000000	-0.66514749100
36	0.00007618343	0.645456	0.000000	-0.67123326700
37	0.00007497388	0.667808	0.000000	-0.67261786000
38	0.00007670950	0.725011	0.000000	-0.67747227000
39	0.00007490058	0.712068	0.000000	-0.65205451100
40	0.00007346291	0.694916	0.000000	-0.66174372300
41	0.00007653567	0.658997	0.000000	-0.56804065400
42	0.00007367205	0.716521	0.000000	-0.54622934800
43	0.00007667552	0.648284	0.000000	-0.60260037500
44	0.00007634902	0.581554	0.000000	-0.62033118700
45	0.00007684932	0.581502	0.000000	-0.60245882000
46	0.00007289182	0.680523	0.000000	-0.51329063000
47	0.00007679975	0.609592	0.000000	-0.66888296000
48	0.00007126489	0.608624	0.000000	-0.51475348300
49	0.00007175642	0.702101	0.000000	-0.60707375300
50	0.0000703746	0.653339	0.000000	-0.59147946000

ZONA	COMPRIMENTO MEDIO		ZONA	COMPRIMENTO MEDIO		ZONA	COMPRIMENTO MEDIO		ZONA	COMPRIMENTO MEDIO	
	REAL	PREVISTO		REAL	PREVISTO		REAL	PREVISTO		REAL	PREVISTO
1	584,00	293,95	1	268,00	204,81	1	98,32	92,52	1	5,17	6,50
2	893,00	1895,78	2	2000,00	1929,70	2	122,71	92,78	2	6,53	6,26
3	162,00	140,70	3	440,00	408,41	3	86,88	92,82	3	9,80	6,46
4	41,00	38,23	4	1827,00	1695,86	4	93,23	92,82	4	8,09	7,04
5	311,00	431,04	5	1098,00	1020,44	5	138,95	92,94	5	7,03	6,27
6	627,00	860,63	6	760,00	705,45	6	137,26	92,82	6	6,04	5,70
7	61,00	70,94	7	945,00	880,70	7	116,30	93,20	7	8,55	7,06
8	519,00	672,23	8	0,00	0,00	8	129,52	100,00	8	0,00	0,00
9	201,00	241,42	9	1275,00	1201,96	9	120,11	94,27	9	8,72	7,62
10	0,00	0,00	10	111,00	103,85	10	100,00	93,55	10	8,88	7,05
11	58,00	85,13	11	720,00	680,64	11	146,73	94,53	11	6,57	6,10
12	160,00	232,77	12	1265,00	1192,54	12	140,22	94,11	12	8,13	6,32
13	599,00	522,10	13	2963,00	2771,13	13	83,82	93,62	13	7,79	7,41
14	794,00	914,25	14	192,00	170,69	14	115,15	93,59	14	6,45	5,69
15	611,00	920,85	15	1392,00	1307,04	15	150,58	93,94	15	7,38	5,57
16	146,00	112,38	16	630,00	583,70	16	76,98	92,65	16	7,47	8,44
17	566,00	597,79	17	1078,00	999,41	17	105,62	92,97	17	5,12	6,50
18	1958,00	2397,02	18	513,00	474,00	18	132,77	92,53	18	7,62	5,13
19	1360,00	1379,81	19	210,00	195,19	19	101,46	92,95	19	11,51	6,31
20	529,00	597,13	20	874,00	816,93	20	112,88	93,17	20	7,41	6,47
21	19,00	8,50	21	0,00	0,00	21	48,83	100,00	21	0,00	0,00
22	645,00	549,80	22	1660,00	1543,83	22	85,24	93,08	22	7,97	7,06
23	476,00	410,59	23	1026,00	961,06	23	86,26	93,78	23	9,09	7,01
24	45,00	21,81	24	364,00	341,56	24	48,47	93,64	24	12,01	11,03
25	1601,00	933,10	25	0,00	0,00	25	58,28	100,00	25	0,00	0,00
26	102,00	133,47	26	988,00	928,42	26	69,51	93,37	26	9,46	9,34
27	153,00	85,61	27	161,00	151,33	27	57,07	93,39	27	11,80	10,24
28	39,00	33,19	28	364,00	342,20	28	85,18	94,01	28	9,13	8,59
29	0,00	0,00	29	19,00	16,04	29	100,00	94,11	29	8,02	10,46
30	85,00	43,99	30	453,00	423,00	30	51,76	94,20	30	16,02	12,94
31	101,00	94,84	31	1034,00	973,93	31	93,90	94,19	31	8,48	8,35
32	426,00	394,01	32	200,00	188,39	32	92,71	94,20	32	11,83	8,28
33	133,00	124,81	33	1284,00	1179,43	33	93,84	94,05	33	10,89	8,54
34	22,00	18,00	34	64,00	60,00	34	85,67	95,00	34	7,32	9,78
35	165,00	117,56	35	1103,00	1033,42	35	71,25	93,95	35	12,97	10,61
36	317,00	385,70	36	2016,00	1896,23	36	12,21	94,06	36	8,78	8,32
37	1088,00	1106,89	37	162,00	151,33	37	104,73	93,79	37	8,52	8,39
38	76,00	72,55	38	1408,00	1331,83	38	95,46	94,59	38	9,02	8,95
39	129,00	138,00	39	643,00	600,13	39	128,54	93,77	39	8,60	7,03
40	0,00	0,00	40	624,00	583,00	40	100,00	93,43	40	10,09	8,49
41	103,00	106,62	41	220,00	202,63	41	103,51	92,18	41	5,68	7,37
42	675,00	322,97	42	0,00	0,00	42	47,85	100,00	42	0,00	0,00
43	394,00	229,14	43	2226,00	2051,33	43	64,73	92,15	43	8,59	8,27
44	303,00	193,81	44	1054,00	970,73	44	50,76	92,10	44	10,33	9,58
45	0,00	0,00	45	550,00	506,59	45	100,00	92,10	45	11,24	11,76
46	2118,00	3049,55	46	189,00	175,34	46	14,98	92,77	46	7,08	5,24
47	384,00	239,92	47	336,00	316,49	47	82,21	94,19	47	9,32	8,89
48	825,00	1025,09	48	216,00	200,60	48	12,28	92,87	48	7,60	5,97
49	834,00	632,63	49	108,00	100,20	49	103,86	92,85	49	8,85	6,09
50	698,00	672,26	50	0,00	0,00	50	90,31	100,00	50	0,00	0,00

ESTUDO DOS COMPRIMENTOS MEDIOS DE VIAGEM

ERRO MEDIO QUADRATICO	RAIZ DO ERRO MEDIO QUADRATICO	FATOR DE CORRELACAO
2,76944	1,66416	0,896843

COEFICIENTE DE CORRELACAO MATRICIAL = 0,822737

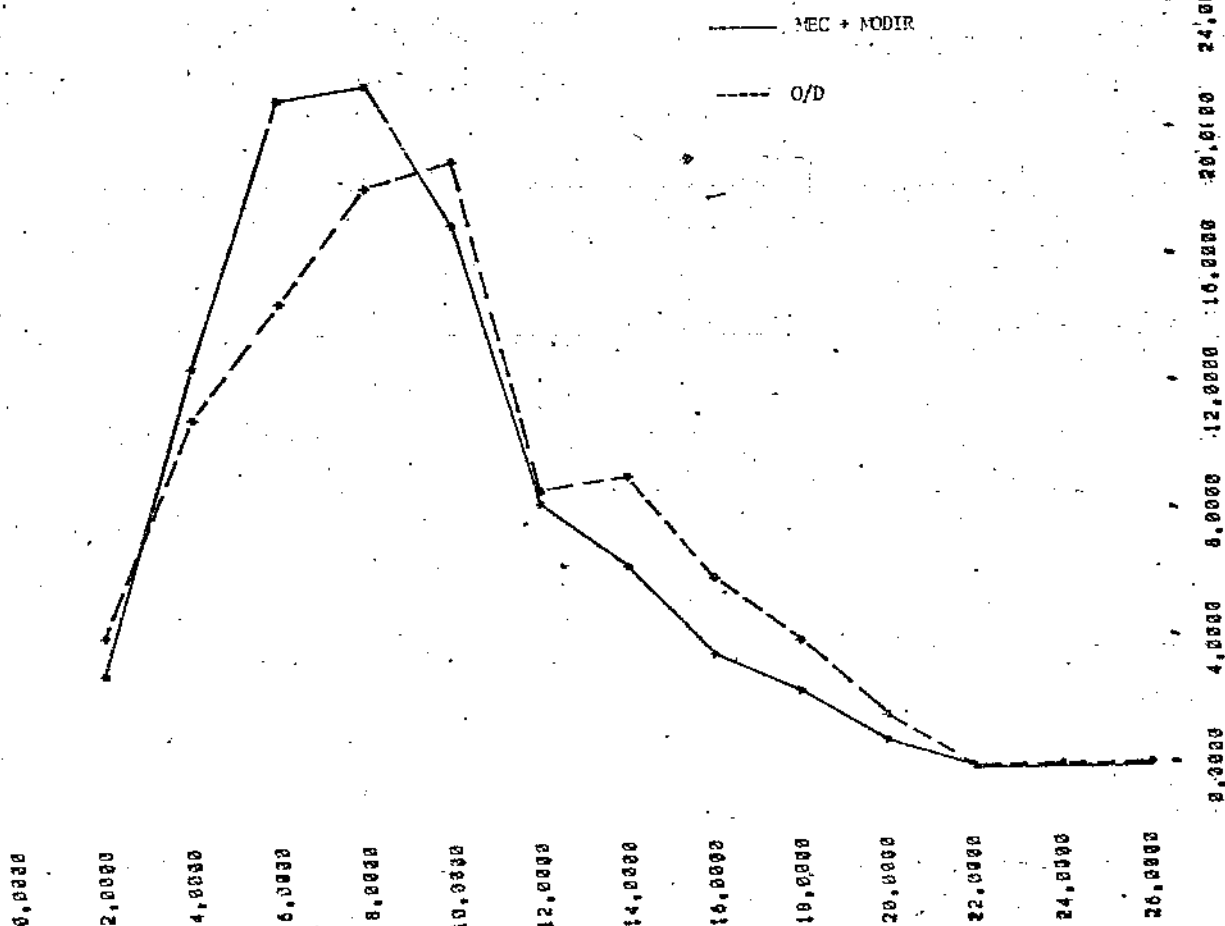
RAIZ DO ERRO MEDIO QUADRATICO 18,16771

FREQUENCIA DE COMPRIMENTO DE VIAGEM

INTERVALO	OBSERVADO	PREVISTO	FREQ. OBS.	FREQ. PREV.
0,0 2,0	1788,0	1133,6	4,6	3,3
2,0 4,0	4174,0	4468,7	11,3	12,9
4,0 6,0	5497,0	7417,8	14,8	21,4
6,0 8,0	6840,0	7523,3	18,6	21,7
8,0 10,0	7164,0	5976,3	19,3	17,3
10,0 12,0	3359,0	3044,6	9,1	8,8
12,0 14,0	3511,0	2316,8	9,8	6,7
14,0 16,0	2311,0	1381,1	6,2	4,0
16,0 18,0	1616,0	842,7	4,4	2,4
18,0 20,0	621,0	313,4	1,7	0,9
20,0 22,0	139,0	136,8	0,4	0,4
22,0 24,0	127,0	42,6	0,3	0,1
24,0 182,0	0,0	38,3	0,0	0,1

RAIZ DO ERRO MEDIO QUADRATICO* 6,636

COEFICIENTE DE CORRELACAO* 0,954992



ZONA	COMPRIMENTO MEDIO REAL	COMPRIMENTO MEDIO PREVISTO
1	5.17	2.96
2	6.53	4.19
3	9.58	4.36
4	9.58	5.87
5	7.33	5.12
6	6.04	4.19
7	8.55	6.48
8	0.00	0.00
9	8.72	0.00
10	8.68	7.44
11	8.57	7.63
12	8.13	6.12
13	7.79	6.25
14	6.45	6.94
15	7.38	8.46
16	7.47	5.53
17	5.12	6.17
18	7.62	6.18
19	11.91	5.21
20	7.41	5.63
21	0.00	5.89
22	7.07	0.20
23	9.09	6.91
24	12.81	8.87
25	0.00	9.00
26	9.46	0.00
27	11.89	7.88
28	9.13	8.72
29	8.02	7.26
30	16.02	9.17
31	8.48	11.51
32	11.83	7.14
33	10.99	7.32
34	7.32	7.33
35	12.97	8.58
36	8.78	8.51
37	9.82	7.88
38	8.89	7.37
39	10.09	6.77
40	5.88	8.13
41	0.00	5.64
42	0.00	0.00
43	0.00	6.16
44	10.33	5.46
45	11.24	5.46
46	7.08	5.30
47	0.32	7.48
48	5.54	7.48
49	5.85	5.71
50	0.00	0.00

ESTUDO DOS COMPRIMENTOS MEDIOS DE VIAGEM

ERRO MEDIO QUADRATICO 5.89773
RAIZ DO ERRO MEDIO QUADRATICO 2.42882
FATOR DE CORRELACAO 0.875154

PREVISTO	REAL	ATRAÇAO	PRODUCAD
499.00	263.00	99.01	99.08
891.71	288.00	99.86	99.60
161.66	440.00	99.79	99.60
40.90	187.00	99.75	99.60
310.57	1093.77	99.86	99.61
620.19	760.00	99.87	99.60
68.88	945.00	99.80	99.64
518.08	0.00	99.82	100.00
230.61	1271.84	99.80	99.75
0.00	110.69	100.00	99.08
37.91	710.38	99.86	99.78
165.71	1261.68	99.83	99.74
597.59	2950.79	99.76	99.69
792.53	191.40	99.81	99.60
619.09	1388.11	99.85	99.72
145.63	627.37	99.72	99.58
587.87	1070.90	99.80	99.62
1952.69	510.78	99.83	99.57
1397.94	209.19	99.85	99.62
588.37	971.14	99.82	99.67
18.92	0.00	99.57	100.00
643.56	1853.73	99.78	99.62
475.17	1022.94	99.83	99.70
44.89	362.99	99.66	99.71
1596.06	0.00	99.69	99.73
191.63	988.00	99.81	99.74
199.69	160.56	99.74	99.73
38.94	363.01	99.84	99.73
0.00	17.98	100.00	99.74
84.78	440.85	99.74	99.75
130.85	1031.36	99.85	99.74
425.16	199.49	99.80	99.75
132.77	1253.64	99.83	99.73
31.94	63.88	99.74	99.81
164.48	1096.94	99.80	99.72
316.30	2010.00	99.78	99.73
1055.00	161.82	99.72	99.71
75.82	1404.00	99.70	99.78
0.00	638.11	99.78	99.78
102.72	621.04	100.00	99.67
669.84	218.93	99.73	99.51
301.99	0.00	99.12	100.00
0.00	2215.31	99.51	99.52
2114.52	1048.57	99.67	99.51
383.53	647.32	100.00	99.51
825.00	180.24	99.84	99.60
834.00	335.14	99.83	99.74
695.94	215.19	99.83	99.61
695.94	107.57	99.82	99.60
0.00	0.00	99.70	100.00

RAIZ DO ERRO 17.33226
MEDIO QUADRATICO

COEFICIENTE DE CORRELACAO MATRICIAL 0.891542

NUMERO DE ITERACOES 46

FREQUENCIA DE COMPRIMENTO DE VIAGEM

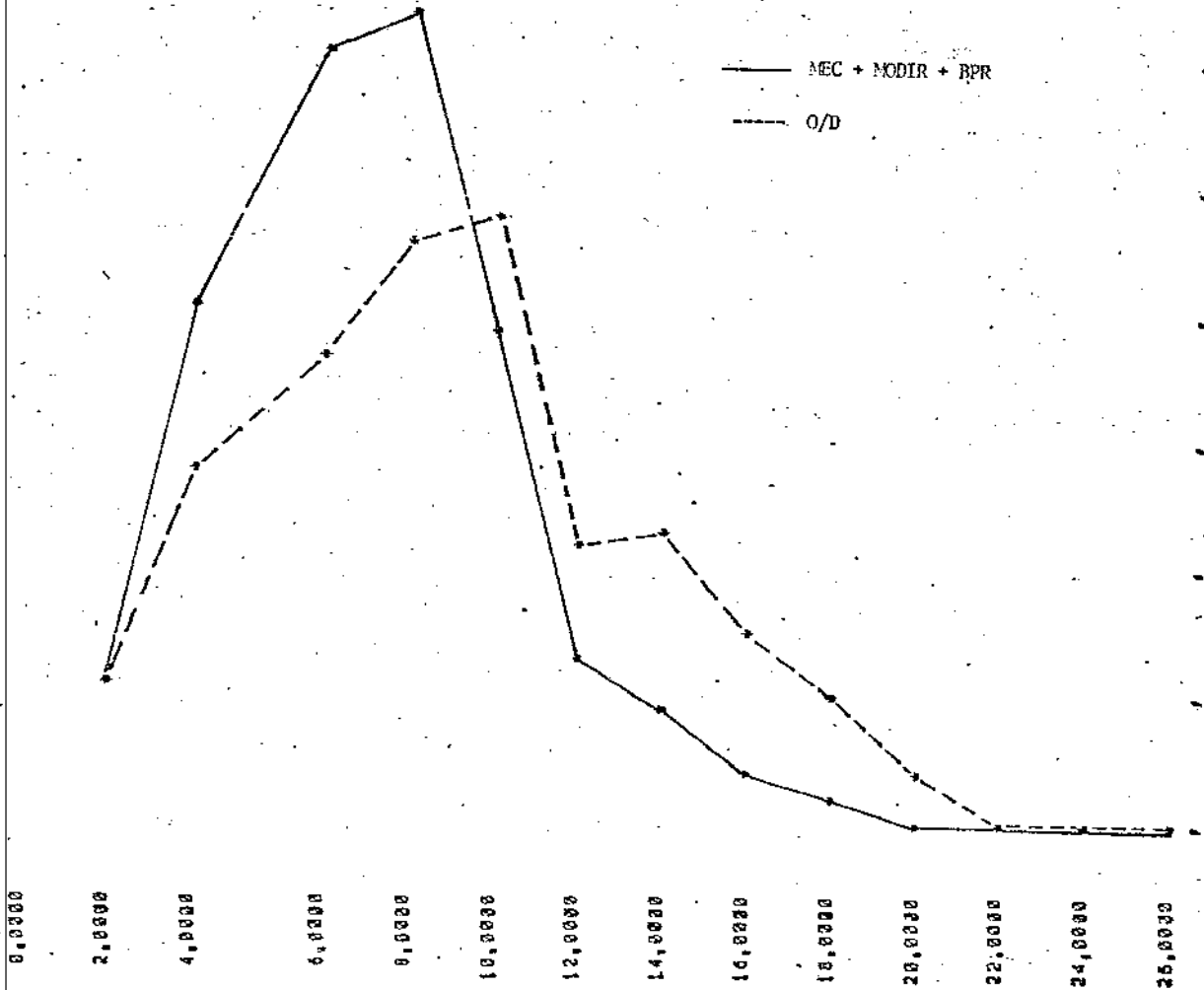
INTERVALO		OBSERVADO	PREVISTO	FREQ. OBS.	FREQ. PREV.
0,0	2,0	1700,0	1630,7	4,6	4,4
2,0	4,0	4174,0	6133,5	11,3	16,6
4,0	6,0	5497,0	9139,4	14,8	24,7
6,0	8,0	6840,0	9591,7	18,8	26,0
8,0	10,0	7164,0	6791,2	19,3	15,7
10,0	12,0	3359,0	2054,0	9,1	5,6
12,0	14,0	3511,0	1465,7	9,8	4,0
14,0	16,0	2311,0	659,5	0,2	1,8
16,0	18,0	1616,0	318,3	4,4	0,9
18,0	20,0	621,0	99,6	1,7	0,3
20,0	22,0	139,0	33,2	0,4	0,1
22,0	24,0	127,0	9,7	0,3	0,0
24,0	182,0	0,0	0,0	0,0	0,0

RAIZ DO ERRO MEDIO QUADRATICO: 9,094

COEFICIENTE DE CORRELACAO: 0,887862

P0	F1	P2	F3	F4	P5
0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0

00 = 0,0 ME = 0



REAL	PREVISTO	REAL	PREVISTO	% ATUALIZACAO	% PRODUCAO	QUANTIDADE MEDIO	CUMPRIMENTO MEDIO
1	534,00	260,00	260,00	99,30	100,00	1	5,17
2	891,00	2080,00	2080,00	99,03	100,00	2	6,53
3	162,00	161,11	440,00	99,45	100,00	3	9,80
4	41,00	1827,00	99,83	99,70	100,00	4	0,89
5	311,00	1098,00	99,70	99,70	100,00	5	7,03
6	627,00	760,00	99,70	99,70	100,00	6	6,04
7	61,00	945,00	99,99	99,99	100,00	7	5,55
8	519,00	0,00	0,00	100,17	100,00	8	0,00
9	201,00	1275,00	1275,00	99,17	100,00	9	8,72
10	0,00	111,00	111,00	100,00	100,00	10	8,80
11	58,00	720,00	720,00	100,33	100,00	11	8,57
12	160,00	1265,00	1265,00	100,36	100,00	12	6,13
13	599,00	2960,00	2960,00	100,69	100,00	13	7,79
14	794,00	192,00	192,00	100,59	100,00	14	6,45
15	611,00	1392,00	1392,00	100,33	100,00	15	7,38
16	146,00	630,00	630,00	100,63	100,00	16	7,47
17	560,00	1075,00	1075,00	100,59	100,00	17	5,12
18	1956,00	513,00	513,00	100,52	100,00	18	7,62
19	1360,00	210,00	210,00	100,44	100,00	19	11,91
20	529,00	874,00	874,00	100,45	100,00	20	7,41
21	19,00	0,00	0,00	100,54	100,00	21	0,00
22	645,00	1660,00	1660,00	100,51	100,00	22	7,97
23	476,00	1026,00	1026,00	100,41	100,00	23	9,89
24	45,00	364,00	364,00	100,32	100,00	24	12,01
25	1601,00	0,00	0,00	100,27	100,00	25	0,00
26	192,00	988,00	988,00	100,27	100,00	26	9,46
27	153,00	161,00	161,00	100,27	100,00	27	11,80
28	39,00	364,00	364,00	100,31	100,00	28	9,13
29	0,00	18,00	18,00	100,00	100,00	29	8,82
30	85,00	450,00	450,00	100,16	100,00	30	16,82
31	101,00	1034,00	1034,00	100,26	100,00	31	12,95
32	426,00	200,00	200,00	100,30	100,00	32	8,43
33	133,00	1254,00	1254,00	100,22	100,00	33	11,83
34	22,00	64,00	64,00	100,84	100,00	34	10,09
35	169,00	1100,00	1100,00	100,08	100,00	35	7,32
36	317,00	2016,00	2016,00	100,39	100,00	36	12,97
37	1083,00	162,00	162,00	100,25	100,00	37	8,78
38	76,00	1400,00	1400,00	100,13	100,00	38	8,62
39	129,00	139,44	139,44	100,34	100,00	39	9,02
40	0,00	624,00	624,00	100,00	100,00	40	8,60
41	103,00	220,00	220,00	99,69	100,00	41	10,00
42	675,00	609,31	609,31	99,16	100,00	42	5,88
43	354,00	351,02	351,02	99,01	100,00	43	0,00
44	303,00	300,01	300,01	99,01	100,00	44	0,59
45	0,00	2226,00	2226,00	99,16	100,00	45	10,33
46	2118,00	189,00	189,00	100,49	100,00	46	11,24
47	304,00	336,00	336,00	100,18	100,00	47	7,88
48	825,00	216,00	216,00	100,50	100,00	48	9,32
49	804,00	108,00	108,00	100,82	100,00	49	7,60
50	698,00	0,00	0,00	99,64	100,00	50	5,85

RAIZ DO ERRO MEDIO QUADRATICO 15,76342

COEFICIENTE DE CORRELACAO MATRICIAL 0,849058

NUMERO DE ITERACOES 5

ESTUDO DOS COMPRIMENTOS MEDIOS DE VIAGEM

ERRO MEDIO QUADRATICO 2,28870

RAIZ DO ERRO MEDIO QUADRATICO 1,51285

FATOR DE CORRELACAO 0,995488

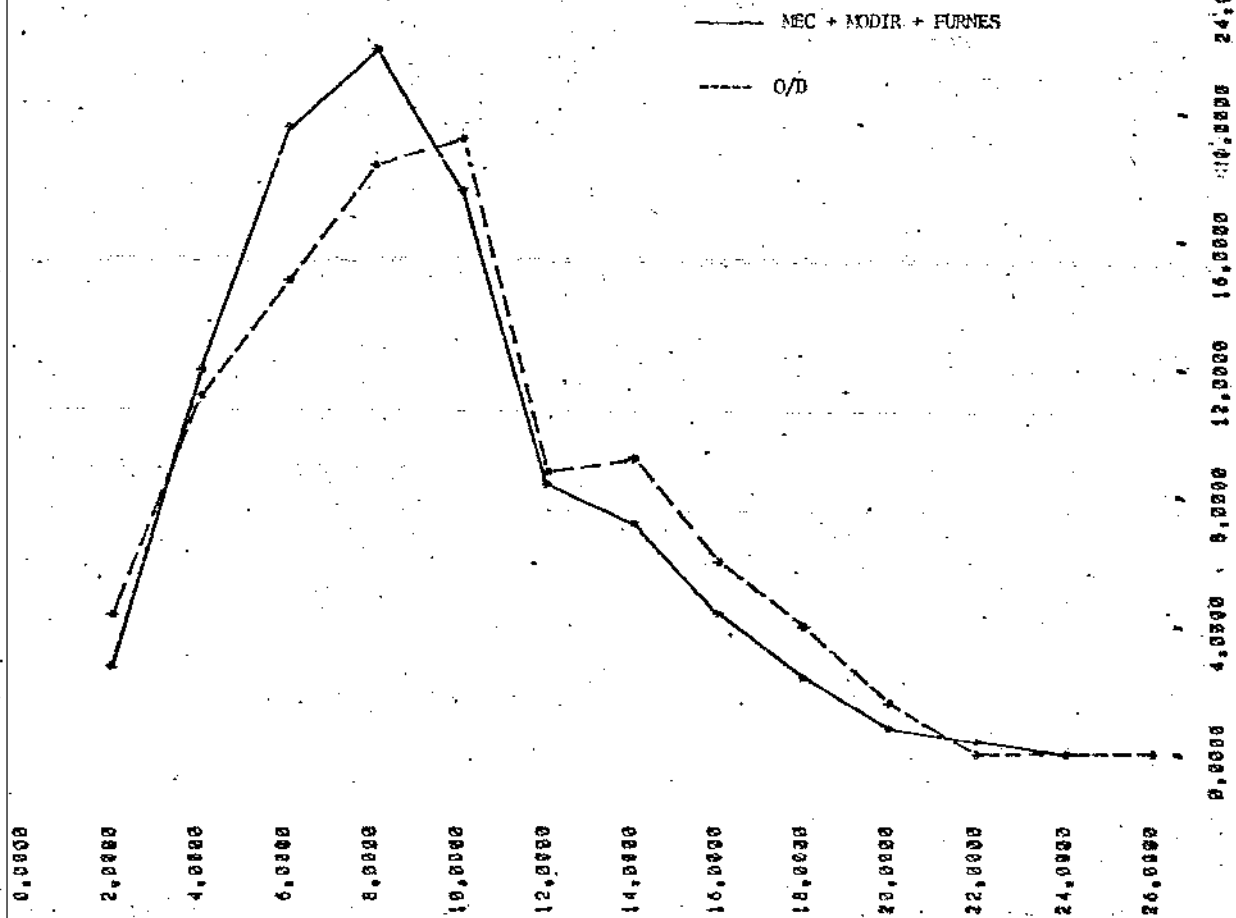
FREQUENCIA DE COMPRIMENTO DE VIAGEM

INTERVALO	OBSERVADO	PREVISTO	FREQ. OBS.	FREQ. PREV.
0,0 2,0	1700,0	1130,3	4,6	3,0
2,0 4,0	4174,0	4457,5	11,3	12,0
4,0 6,0	5497,0	7399,5	14,8	20,0
6,0 8,0	6840,0	8167,9	18,5	22,0
8,0 10,0	7164,0	6543,3	19,3	17,7
10,0 12,0	3359,0	3222,4	9,1	8,7
12,0 14,0	3511,0	2689,2	9,5	7,3
14,0 16,0	2311,0	1735,0	6,2	4,7
16,0 18,0	1616,0	1035,9	4,4	2,8
18,0 20,0	621,0	385,5	1,7	1,0
20,0 22,0	139,0	186,9	0,4	0,5
22,0 24,0	127,0	61,9	0,3	0,2
24,0 26,0	0,0	43,9	0,0	0,1

RAIZ DO ERRO MEDIO QUADRATICO 0,091

COEFICIENTE DE CORRELACAO 0,988899

P0	P1	P2	P3	P4	P5
0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0



	REAL	PREVISTO	REAL	PREVISTO	% ATRACAO	% PRODUAO
1	504,00	500,83	260,00	260,00	99,37	100,00
2	893,00	890,10	2000,00	2000,00	99,08	100,00
3	162,00	161,22	440,00	440,00	99,52	100,00
4	41,00	40,95	1827,00	1827,00	99,87	100,00
5	311,00	310,22	1098,00	1098,00	99,73	100,00
6	627,00	625,46	760,00	760,00	99,75	100,00
7	61,00	61,01	945,00	945,00	100,02	100,00
8	519,00	519,94	0,00	0,00	100,18	100,00
9	291,00	291,37	1275,00	1275,00	100,18	100,00
10	0,00	0,00	111,00	111,00	100,00	100,00
11	58,00	58,19	720,00	720,00	100,33	100,00
12	166,00	166,37	1265,00	1265,00	100,35	100,00
13	599,00	602,95	2960,00	2960,00	100,66	100,00
14	794,00	798,47	192,00	192,00	100,56	100,00
15	611,00	613,55	1392,00	1392,00	100,42	100,00
16	146,00	146,80	630,00	630,00	100,59	100,00
17	566,00	569,14	1075,00	1075,00	100,55	100,00
18	1956,00	1955,54	513,00	513,00	100,49	100,00
19	1360,00	1365,07	210,00	210,00	100,37	100,00
20	529,00	531,08	874,00	874,00	100,30	100,00
21	19,00	19,39	0,00	0,00	100,50	100,00
22	645,00	647,87	1660,00	1660,00	100,45	100,00
23	476,00	477,63	1026,00	1026,00	100,34	100,00
24	45,00	45,12	364,00	364,00	100,26	100,00
25	1601,00	1604,33	0,00	0,00	100,21	100,00
26	192,00	192,38	988,00	988,00	100,20	100,00
27	150,00	150,32	161,00	161,00	100,20	100,00
28	39,00	39,09	364,00	364,00	100,23	100,00
29	0,00	0,00	18,00	18,00	100,00	100,00
30	95,00	95,08	450,00	450,00	100,09	100,00
31	101,00	101,19	1034,00	1034,00	100,10	100,00
32	426,00	426,97	200,00	200,00	100,23	100,00
33	133,00	133,23	1234,00	1234,00	100,15	100,00
34	22,00	22,00	64,00	64,00	99,99	100,00
35	155,00	155,01	1100,00	1100,00	100,01	100,00
36	317,00	318,17	2016,00	2016,00	100,37	100,00
37	1039,00	1060,42	162,00	162,00	100,23	100,00
38	76,00	76,07	1408,00	1408,00	100,10	100,00
39	120,00	129,42	640,00	640,00	100,32	100,00
40	0,00	0,00	624,00	624,00	100,00	100,00
41	131,00	102,72	220,00	0,00	99,73	100,00
42	675,00	609,88	0,00	0,00	99,24	100,00
43	354,00	351,29	2220,00	2220,00	99,23	100,00
44	333,00	330,29	1054,00	1054,00	99,11	100,00
45	3,00	0,00	550,00	550,00	100,00	100,00
46	2118,00	2127,86	189,00	189,00	100,47	100,00
47	304,00	304,32	316,00	316,00	100,10	100,00
48	825,00	828,71	210,00	210,00	100,45	100,00
49	804,00	807,71	108,00	108,00	100,46	100,00
50	698,00	698,79	0,00	0,00	99,18	100,00

RAIZ DO ERRO 15,76187

MEDIO QUADRATICO

COEFICIENTE DE CORRELACAO MATRICIAL 0,849203

NUMERO DE ITERACOES 2

ESTUDO DOS COMPRIMENTOS MEDIOS DE VIAGEM

ERRO MEDIO RAIZ DO ERRO PATOR DE
QUADRATICO MEDIO QUADRATICO CORRELACAO
2,28802 1,51262 0,985478

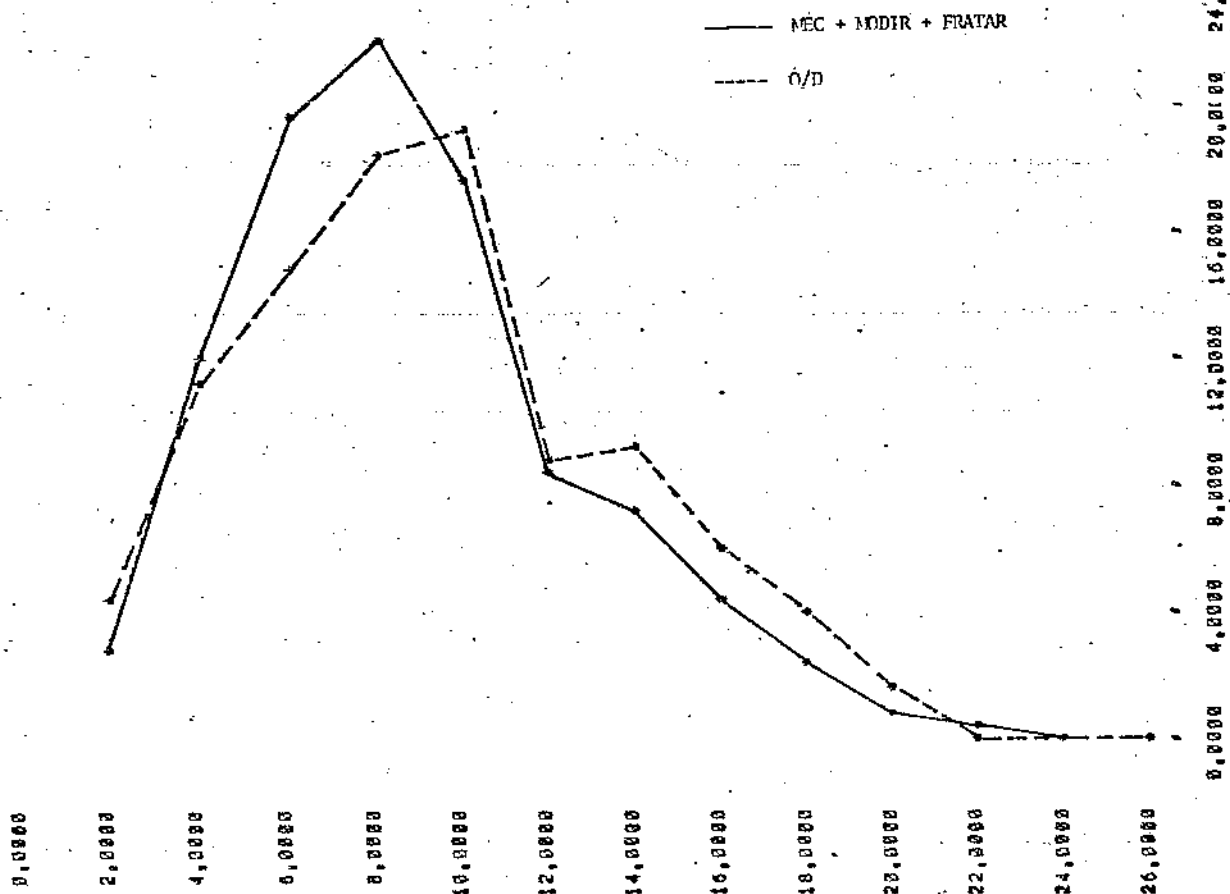
FREQUENCIA DE COMPRIMENTO DE VIAGEM

INTERVALO	OBSERVADO	PREVISTO	FREQ. OBS.	FREQ. PREV.
0,0 2,0	1722,0	1139,1	4,8	3,8
2,0 4,0	4174,0	4457,0	11,3	12,0
4,0 6,0	5497,0	7399,0	14,8	20,0
6,0 8,0	6842,0	8167,7	18,5	22,8
8,0 10,0	7164,0	6543,7	19,3	17,7
10,0 12,0	3359,0	3222,1	9,1	8,7
12,0 14,0	3511,0	2689,4	9,5	7,3
14,0 16,0	2311,0	1735,5	6,2	4,7
16,0 18,0	1616,0	1036,3	4,4	2,8
18,0 20,0	621,0	385,5	1,7	1,0
20,0 22,0	139,0	186,9	0,4	0,5
22,0 24,0	127,0	61,9	0,3	0,2
24,0 26,0	8,0	43,8	0,0	0,1

RAIZ DO ERRO MEDIO QUADRATICO 6,081

COEFICIENTE DE CORRELACAO 0,968117

F0	F1	F2	F3	F4	F5
0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	-1,0



[illegible]

	REAL	PREVISTO	REAL	PREVISTO	ATRAZADO	PRODUCAO	REAL	PREVISTO
1	50158	391,81	200,00	200,00	7,98	100,00	5,17	5,17
2	80359	1078,68	2000,00	2000,00	12,78	100,00	6,53	6,49
3	162399	153,53	400,00	400,00	9,77	100,00	9,88	9,49
4	41288	38,64	10,00	10,00	9,125	100,00	8,49	8,83
5	311788	383,78	1000,00	1000,00	12,44	100,00	7,13	6,81
6	627588	815,15	1000,00	1000,00	13,01	100,00	6,54	6,41
7	61588	66,48	700,00	700,00	10,90	100,00	8,55	8,41
8	519888	504,73	945,00	945,00	10,50	100,00	8,62	8,62
9	201188	218,51	1275,00	1275,00	10,171	100,00	8,73	8,66
10	888	7,98	111,00	111,00	10,00	100,00	8,80	8,86
11	5888	725,1	720,00	720,00	10,58	100,00	8,57	7,82
12	100188	199,78	1205,00	1205,00	10,30	100,00	8,13	7,74
13	58788	567,9	2000,00	2000,00	14,71	100,00	7,79	6,41
14	791888	418,27	197,00	197,00	11,505	100,00	6,45	7,23
15	611888	797,57	1392,00	1392,00	11,054	100,00	7,38	7,43
16	148888	336,73	630,00	630,00	13,05	100,00	7,37	5,11
17	560388	658,38	1875,00	1875,00	11,012	100,00	5,12	7,54
18	195088	232,87	513,00	513,00	12,945	100,00	7,03	9,72
19	138888	1435,48	210,00	210,00	11,529	100,00	7,34	7,34
20	529888	594,89	874,00	874,00	11,240	100,00	6,08	6,08
21	13388	12,62	0,00	0,00	6,42	100,00	7,94	9,84
22	645888	644,66	1600,00	1600,00	10,85	100,00	9,99	11,92
23	438,45	438,45	1026,00	1026,00	9,421	100,00	12,81	8,80
24	45388	29,21	364,00	364,00	0,492	100,00	8,00	9,39
25	1155,27	1155,27	0,00	0,00	12,22	100,00	9,46	11,72
26	192888	154,19	980,00	980,00	8,038	100,00	11,19	9,87
27	158888	135,88	161,00	161,00	11,25	100,00	9,13	7,37
28	39388	36,13	364,00	364,00	12,505	100,00	8,72	15,32
29	888	8,88	18,00	18,00	10,000	100,00	16,42	8,42
30	85188	54,59	450,00	450,00	14,23	100,00	8,48	10,88
31	101888	100,89	1014,00	1014,00	13,490	100,00	11,183	10,01
32	120888	427,36	200,00	200,00	13,032	100,00	10,89	7,38
33	13388	134,75	1254,00	1254,00	13,094	100,00	7,32	12,78
34	22888	21,87	64,00	64,00	10,478	100,00	12,97	8,69
35	165888	133,45	1120,00	1120,00	10,00	100,00	8,78	8,56
36	311888	339,11	2016,00	2016,00	10,00	100,00	8,02	8,56
37	183888	118,46	162,00	162,00	10,571	100,00	9,42	8,21
38	788888	76,45	1400,00	1400,00	10,450	100,00	8,68	9,61
39	129888	146,58	640,00	640,00	11,03	100,00	18,89	5,85
40	888	8,88	624,00	624,00	10,00	100,00	5,88	6,00
41	103888	101,61	225,00	225,00	11,129	100,00	8,88	8,53
42	675888	402,99	0,00	0,00	6,59	100,00	8,59	10,76
43	354888	382,52	2226,00	2226,00	8,429	100,00	17,23	11,019
44	303888	217,15	1054,00	1054,00	7,167	100,00	11,24	7,15
45	888	8,88	550,00	550,00	10,00	100,00	7,88	9,28
46	211888	279,74	189,00	189,00	11,270	100,00	9,32	7,55
47	343888	278,85	336,00	336,00	8,910	100,00	7,08	5,83
48	825888	494,76	216,00	216,00	12,052	100,00	5,85	9,80
49	888888	888,44	108,00	108,00	21,003	100,00	8,88	8,88
50	698888	744,16	0,00	0,00	10,660	100,00	8,88	8,88

ESTUDO DOS COMPLEMENTOS MEDIOS DE VIAGEM

RAIZ DO ERRO	RAIZ DO ERRO	FATOR DE
MEDIO QUADRATICO	MEDIO QUADRATICO	CORRELAÇÃO
9314561	9314561	0,995133

CORFICIENTE DE CORRELAÇÃO MATRICIAL= 0,862793

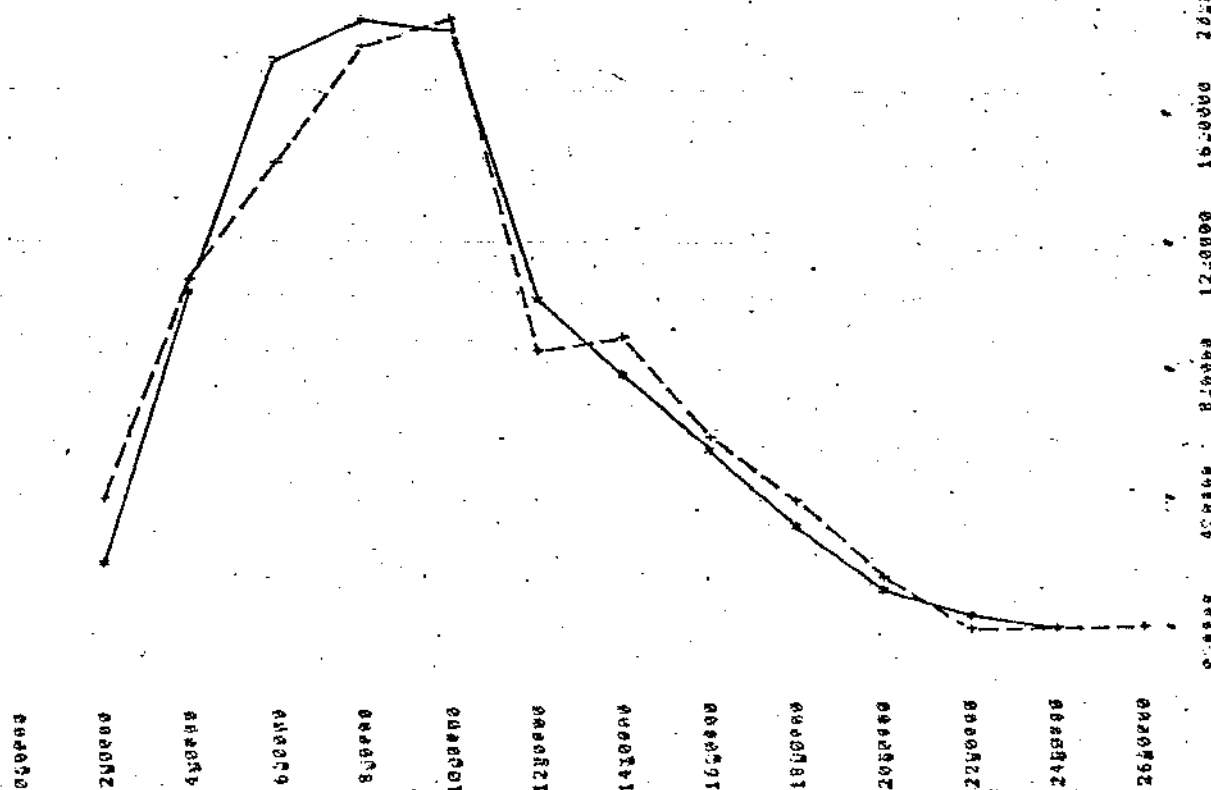
FREQUENCIA DE CUSTO

INTERVALO	OBSERVADO	PREVISTO	FREQ. OBS.	FREQ. PREV.
0,00 2,00	1790,0	940,5	2,5	4,6
2,00 4,00	4174,0	4390,7	11,0	11,3
4,00 6,00	5997,0	6745,1	18,2	14,8
6,00 8,00	6846,0	7129,1	19,2	18,5
8,00 10,00	7164,0	7090,9	19,1	19,3
10,00 12,00	3359,0	3896,3	10,5	9,1
12,00 14,00	3511,0	2990,5	8,1	9,5
14,00 16,00	2311,0	2077,1	5,6	6,2
16,00 18,00	1616,0	1295,8	3,5	4,4
18,00 20,00	621,0	513,2	1,4	1,7
20,00 22,00	139,0	199,0	0,5	0,4
22,00 24,00	127,0	63,6	0,2	0,3
24,00 182,00	0,0	37,2	0,1	0,0

RAIZ DO ERRO MEDIO QUADRATICO= 42567

COEFICIENTE DE CORRELACAO= 0,985453

— MIC + MODRP
--- O/D



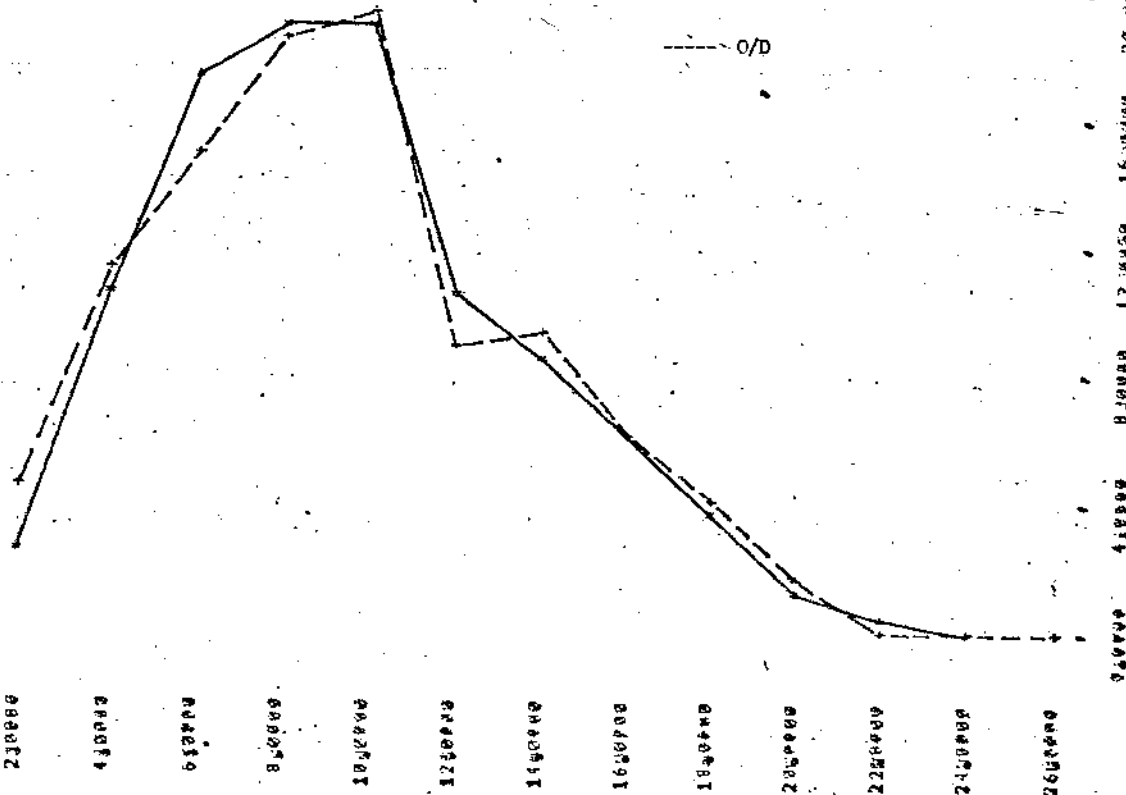
TOTAL ABRILADO				TOTAL PRODUZIDO		% ATACADO		% PRODUCAO		ZONA		CUMPRIMENTO MEDIO		CUMPRIMENTO MEDIO	
REAL		PREVISTO		REAL		PREVISTO		REAL		REAL		PREVISTO		PREVISTO	
1	581,00	582,01	208,00	208,00	208,00	208,00	208,00	208,00	208,00	1	1	5117	4,87	5117	4,87
2	842,00	841,25	208,00	208,00	208,00	208,00	208,00	208,00	208,00	2	2	6,53	6,53	6,53	6,53
3	182,00	181,71	440,00	440,00	440,00	440,00	440,00	440,00	440,00	3	3	9,86	9,86	9,86	9,86
4	41,00	40,96	182,00	182,00	182,00	182,00	182,00	182,00	182,00	4	4	8,09	8,09	8,09	8,09
5	311,00	310,25	182,00	182,00	182,00	182,00	182,00	182,00	182,00	5	5	7,03	7,03	7,03	7,03
6	627,00	626,87	182,00	182,00	182,00	182,00	182,00	182,00	182,00	6	6	6,84	6,84	6,84	6,84
7	61,00	60,97	985,00	985,00	985,00	985,00	985,00	985,00	985,00	7	7	8,55	8,55	8,55	8,55
8	519,00	518,81	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	8	8	8,08	8,08	8,08	8,08
9	241,00	240,96	1275,00	1275,00	1275,00	1275,00	1275,00	1275,00	1275,00	9	9	8,72	8,72	8,72	8,72
10	4,00	4,00	111,00	111,00	111,00	111,00	111,00	111,00	111,00	10	10	8,58	8,58	8,58	8,58
11	58,00	58,00	720,00	720,00	720,00	720,00	720,00	720,00	720,00	11	11	8,57	8,57	8,57	8,57
12	100,00	100,00	1205,00	1205,00	1205,00	1205,00	1205,00	1205,00	1205,00	12	12	8,13	8,13	8,13	8,13
13	597,00	596,16	2960,00	2960,00	2960,00	2960,00	2960,00	2960,00	2960,00	13	13	7,79	7,79	7,79	7,79
14	794,00	793,44	192,00	192,00	192,00	192,00	192,00	192,00	192,00	14	14	6,45	6,45	6,45	6,45
15	611,00	610,35	1392,00	1392,00	1392,00	1392,00	1392,00	1392,00	1392,00	15	15	7,38	7,38	7,38	7,38
16	140,00	139,44	630,00	630,00	630,00	630,00	630,00	630,00	630,00	16	16	7,47	7,47	7,47	7,47
17	569,00	568,28	1075,00	1075,00	1075,00	1075,00	1075,00	1075,00	1075,00	17	17	5,12	5,12	5,12	5,12
18	1950,00	1949,87	513,00	513,00	513,00	513,00	513,00	513,00	513,00	18	18	7,07	7,07	7,07	7,07
19	1369,00	1368,76	210,00	210,00	210,00	210,00	210,00	210,00	210,00	19	19	11,91	11,91	11,91	11,91
20	527,00	526,47	874,00	874,00	874,00	874,00	874,00	874,00	874,00	20	20	7,41	7,41	7,41	7,41
21	17,00	16,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21	21	8,00	8,00	8,00	8,00
22	615,00	614,48	1600,00	1600,00	1600,00	1600,00	1600,00	1600,00	1600,00	22	22	7,97	7,97	7,97	7,97
23	376,00	375,35	1026,00	1026,00	1026,00	1026,00	1026,00	1026,00	1026,00	23	23	9,09	9,09	9,09	9,09
24	450,00	449,66	364,00	364,00	364,00	364,00	364,00	364,00	364,00	24	24	12,41	12,41	12,41	12,41
25	1621,00	1620,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25	25	1,00	1,00	1,00	1,00
26	192,00	191,77	908,00	908,00	908,00	908,00	908,00	908,00	908,00	26	26	9,16	9,16	9,16	9,16
27	157,00	156,68	161,00	161,00	161,00	161,00	161,00	161,00	161,00	27	27	11,00	11,00	11,00	11,00
28	398,00	397,86	304,00	304,00	304,00	304,00	304,00	304,00	304,00	28	28	9,13	9,13	9,13	9,13
29	4,00	4,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	29	29	8,42	8,42	8,42	8,42
30	85,00	84,98	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00	30	30	16,92	16,92	16,92	16,92
31	141,00	140,15	1034,00	1034,00	1034,00	1034,00	1034,00	1034,00	1034,00	31	31	8,48	8,48	8,48	8,48
32	426,00	425,61	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	32	32	11,03	11,03	11,03	11,03
33	133,00	132,16	1254,00	1254,00	1254,00	1254,00	1254,00	1254,00	1254,00	33	33	10,49	10,49	10,49	10,49
34	27,00	26,80	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	34	34	7,33	7,33	7,33	7,33
35	165,00	164,12	1100,00	1100,00	1100,00	1100,00	1100,00	1100,00	1100,00	35	35	12,97	12,97	12,97	12,97
36	317,00	316,17	2016,00	2016,00	2016,00	2016,00	2016,00	2016,00	2016,00	36	36	8,28	8,28	8,28	8,28
37	1458,00	1457,17	162,00	162,00	162,00	162,00	162,00	162,00	162,00	37	37	8,62	8,62	8,62	8,62
38	705,00	704,61	1400,00	1400,00	1400,00	1400,00	1400,00	1400,00	1400,00	38	38	8,71	8,71	8,71	8,71
39	179,00	178,65	640,00	640,00	640,00	640,00	640,00	640,00	640,00	39	39	8,09	8,09	8,09	8,09
40	70,00	69,80	624,00	624,00	624,00	624,00	624,00	624,00	624,00	40	40	12,09	12,09	12,09	12,09
41	143,00	142,85	220,00	220,00	220,00	220,00	220,00	220,00	220,00	41	41	5,88	5,88	5,88	5,88
42	673,00	672,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	42	42	8,40	8,40	8,40	8,40
43	354,00	353,05	2226,00	2226,00	2226,00	2226,00	2226,00	2226,00	2226,00	43	43	8,39	8,39	8,39	8,39
44	393,00	392,14	1054,00	1054,00	1054,00	1054,00	1054,00	1054,00	1054,00	44	44	10,33	10,33	10,33	10,33
45	8,00	8,00	550,00	550,00	550,00	550,00	550,00	550,00	550,00	45	45	11,34	11,34	11,34	11,34
46	2118,00	2117,40	109,00	109,00	109,00	109,00	109,00	109,00	109,00	46	46	7,08	7,08	7,08	7,08
47	344,00	343,36	336,00	336,00	336,00	336,00	336,00	336,00	336,00	47	47	9,32	9,32	9,32	9,32
48	825,00	824,54	216,00	216,00	216,00	216,00	216,00	216,00	216,00	48	48	8,16	8,16	8,16	8,16
49	844,00	843,82	108,00	108,00	108,00	108,00	108,00	108,00	108,00	49	49	5,85	5,85	5,85	5,85
50	698,00	697,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50	50	8,08	8,08	8,08	8,08

ESTUDO DOS CUMPRIMENTOS MEDIOS DE VIACEN

RAIZ DO ERRO	RAIZ DO ERRO	FATOR DE
MEDIO QUADRATICO	MEDIO QUADRATICO	CORRELACAO
15418556	0,14898	0,993584

COEFICIENTE DE CORRELACAO MATRICIAL = 0,872539

NUMERO DE ITERACOES = 2



FREQUENCIA DE CUSTO			
INTERVALO	OBSERVADO	PREVISTO	FREQ. OBS.
0-200	17800	9915	404
200-400	41740	30320	1006
400-600	54970	64150	1703
600-800	64460	72630	1428
800-1000	71640	72190	1805
1000-1200	31500	39140	1903
1200-1400	35130	31630	901
1400-1600	23110	22910	805
1600-1800	16160	14740	602
1800-2000	6210	308	404
2000-2200	1390	5660	105
2200-2400	1270	3370	104
2400-2600	800	810	803
2600-2800	000	480	000

RAIZ DO ERRO MEDIO QUADRATICO = 3.801

COEFICIENTE DE CORRELACAO = 0.988401

F0	F1	F2	F3	F4	F5
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00

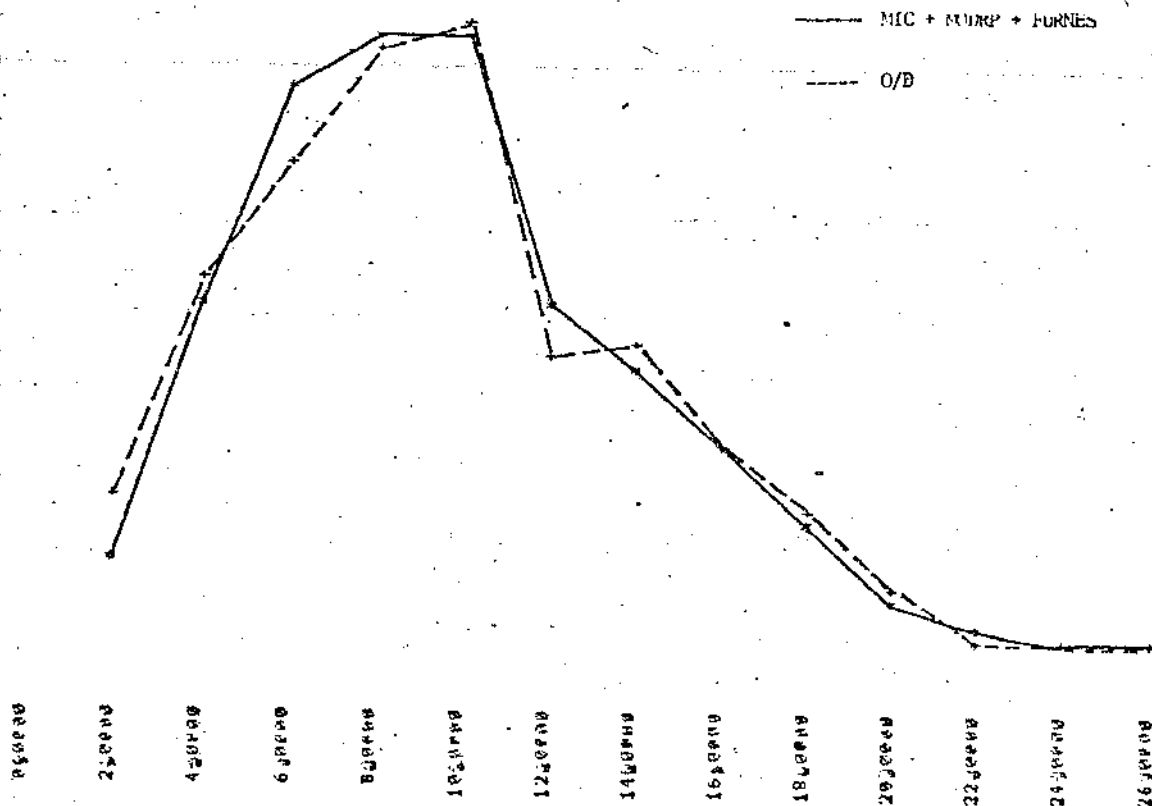
FREQUENCIA DE CUSTO

INTERVALO	OBSERVADO	PREVISTO	FREQ. OBS.	FREQ. PREV.
0,0 2,0	1739,8	401,5	2,4	4,6
2,0 4,0	4174,8	3932,8	10,6	11,3
4,0 6,0	5497,9	6415,4	17,3	14,8
6,0 8,0	6399,8	7063,1	19,1	18,5
8,0 10,0	7164,0	7819,1	18,9	19,3
10,0 12,0	3359,8	3914,5	10,6	9,1
12,0 14,0	3511,8	3163,4	8,5	9,5
14,0 16,0	2711,8	2791,8	6,2	6,2
16,0 18,0	1616,0	1424,1	3,8	4,4
18,0 20,0	621,0	566,0	1,5	1,7
20,0 22,0	139,0	237,0	0,6	0,4
22,0 24,0	127,0	81,0	0,2	0,3
24,0 26,0	0,0	48,3	0,1	0,0

RAIZ DO ERRO MEDIO QUADRATICO= 3,891

COEFICIENTE DE CORRELACAO= 0,988491

F0	F1	F2	F3	F4	F5
0,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0



	REAL	PREVISÃO	REAL	PREVISÃO	% ATRAJADO	% PRODUÇÃO	REAL	PREVISÃO
1	511,00	511,00	200,00	200,00	91,81	100,00	100,00	100,00
2	833,00	893,79	1089,00	2089,00	100,00	100,00	100,00	100,00
3	162,00	161,99	440,00	440,00	91,29	100,00	100,00	100,00
4	41,00	41,01	1827,00	1827,00	100,00	100,00	100,00	100,00
5	311,00	311,00	1098,00	1098,00	100,00	100,00	100,00	100,00
6	627,00	627,25	760,00	760,00	100,00	100,00	100,00	100,00
7	61,00	61,00	945,00	945,00	100,00	100,00	100,00	100,00
8	519,00	519,00	9,00	9,00	100,00	100,00	100,00	100,00
9	201,00	201,12	1275,00	1275,00	100,00	100,00	100,00	100,00
10	58,00	58,00	111,00	111,00	100,00	100,00	100,00	100,00
11	58,00	58,00	720,00	720,00	100,00	100,00	100,00	100,00
12	160,00	160,00	1265,00	1265,00	100,00	100,00	100,00	100,00
13	591,00	591,79	2068,00	2068,00	100,00	100,00	100,00	100,00
14	791,00	791,00	192,00	192,00	100,00	100,00	100,00	100,00
15	611,00	611,00	1392,00	1392,00	100,00	100,00	100,00	100,00
16	140,00	140,00	630,00	630,00	100,00	100,00	100,00	100,00
17	505,00	505,00	1075,00	1075,00	100,00	100,00	100,00	100,00
18	1950,00	1950,00	513,00	513,00	100,00	100,00	100,00	100,00
19	136,00	136,00	216,00	216,00	100,00	100,00	100,00	100,00
20	524,00	524,00	874,00	874,00	100,00	100,00	100,00	100,00
21	13,00	13,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00	100,00
22	635,00	635,00	1600,00	1600,00	100,00	100,00	100,00	100,00
23	476,00	476,00	1026,00	1026,00	100,00	100,00	100,00	100,00
24	45,00	45,00	304,00	304,00	100,00	100,00	100,00	100,00
25	1681,00	1681,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00	100,00
26	192,00	192,00	988,00	988,00	100,00	100,00	100,00	100,00
27	158,00	158,00	161,00	161,00	100,00	100,00	100,00	100,00
28	373,00	373,00	364,00	364,00	100,00	100,00	100,00	100,00
29	8,00	8,00	18,00	18,00	100,00	100,00	100,00	100,00
30	85,00	85,00	450,00	450,00	100,00	100,00	100,00	100,00
31	161,00	161,00	1034,00	1034,00	100,00	100,00	100,00	100,00
32	426,00	426,00	200,00	200,00	100,00	100,00	100,00	100,00
33	133,00	133,00	1254,00	1254,00	100,00	100,00	100,00	100,00
34	72,00	72,00	64,00	64,00	100,00	100,00	100,00	100,00
35	165,00	165,00	1100,00	1100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
36	317,00	317,00	2016,00	2016,00	100,00	100,00	100,00	100,00
37	1550,00	1550,00	162,00	162,00	100,00	100,00	100,00	100,00
38	70,00	70,00	148,00	148,00	100,00	100,00	100,00	100,00
39	12,00	12,00	640,00	640,00	100,00	100,00	100,00	100,00
40	7,00	7,00	624,00	624,00	100,00	100,00	100,00	100,00
41	193,00	193,00	220,00	220,00	100,00	100,00	100,00	100,00
42	67,00	67,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00	100,00
43	353,00	353,00	2226,00	2226,00	100,00	100,00	100,00	100,00
44	383,00	383,00	1054,00	1054,00	100,00	100,00	100,00	100,00
45	8,00	8,00	550,00	550,00	100,00	100,00	100,00	100,00
46	2110,00	2110,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
47	391,00	391,00	336,00	336,00	100,00	100,00	100,00	100,00
48	825,00	825,00	216,00	216,00	100,00	100,00	100,00	100,00
49	891,00	891,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
50	690,00	690,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00	100,00

ESTADO DOS CUMPRIMENTOS MEDIOS DE VIAGEM

RAIZ DO ERRO MEDIO QUADRATICO 0,38688
FATOR DE CORRECAO 0,993657

COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO MATRICIAL= 0,981973

NUMERO DE ITERACOES = 2

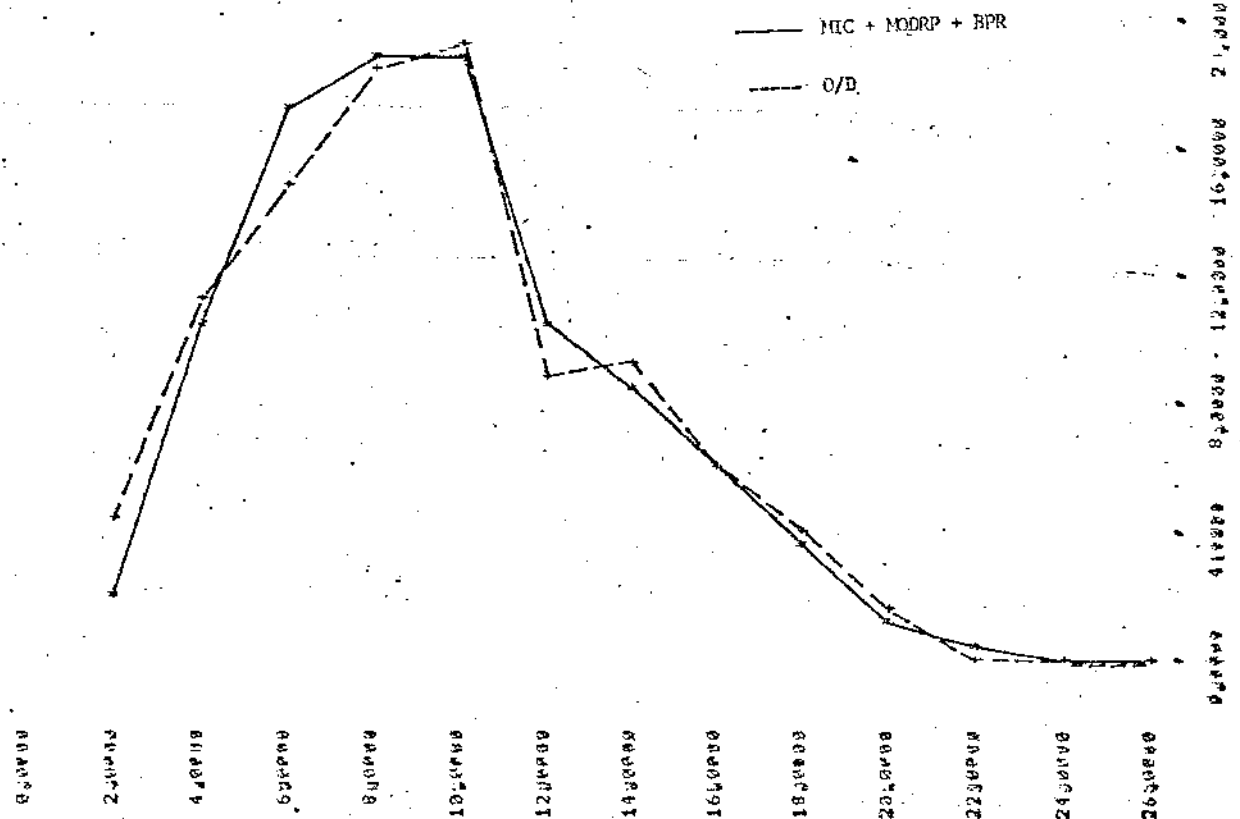
RAIZ DO ERRO 15,16634
MEDIO QUADRATICO

FREQUENCIA DE CUSTO					
INTERVALO		OBSERVADO	PREVISTO	FREQ. OBS.	FREQ. PREV.
0,0	2,0	1700,0	680,0	2,5	4,0
2,0	4,0	4175,0	3879,0	10,5	11,3
4,0	6,0	5497,0	6387,7	17,2	14,8
6,0	8,0	6944,0	7043,0	19,1	18,5
8,0	10,0	7164,0	7255,4	19,0	19,3
10,0	12,0	3359,0	3967,2	10,7	9,1
12,0	14,0	3511,0	3198,8	8,6	9,5
14,0	16,0	2711,0	2269,7	6,2	8,2
16,0	18,0	1616,0	1428,3	3,8	4,4
18,0	20,0	621,0	562,3	1,5	1,7
20,0	22,0	139,0	236,0	0,6	0,4
22,0	24,0	127,0	81,3	0,2	0,3
24,0	182,0	0,0	48,8	0,0	0,0

RAIZ DO ERRO MEDIO QUADRATICO = 3,882

COEFICIENTE DE CORRELACAO = 0,988231

F0	F1	F2	F3	F4	F5
0,0	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0



	TOTAL ATRALDO		TOTAL PRODUZIDO			ZONA		COMPRIMENTO MEDIO		COMPRIMENTO MEDIO	
	REAL	PREVISTO	REAL	PREVISTO	% ATRACAO	% PRODUCAO		REAL	PREVISTO		PREVISTO
1	504,00	316,13	260,00	228,00	62,73	100,00	1	5,17	6,30	6,30	6,30
2	893,00	1179,63	208,00	208,00	131,65	100,00	2	6,33	6,26	6,26	6,26
3	162,00	131,16	448,00	448,00	93,31	100,00	3	9,88	6,46	6,46	6,46
4	41,00	40,99	1827,00	1827,00	99,97	100,00	4	8,09	7,94	7,94	7,94
5	311,00	436,89	1098,00	1098,00	108,29	100,00	5	7,03	6,27	6,27	6,27
6	627,00	922,55	768,00	768,00	147,14	100,00	6	6,44	5,70	5,70	5,70
7	81,00	75,97	945,00	945,00	124,34	100,00	7	6,55	7,05	7,05	7,05
8	319,00	716,92	0,00	0,00	136,32	100,00	8	8,00	8,00	8,00	8,00
9	201,00	208,21	1275,00	1275,00	126,46	100,00	9	8,72	7,62	7,62	7,62
10	0,00	0,00	111,00	111,00	103,00	100,00	10	8,57	7,65	7,65	7,65
11	58,00	98,94	728,00	728,00	156,79	100,00	11	8,57	6,18	6,18	6,18
12	186,00	248,61	1265,00	1265,00	149,76	100,00	12	8,13	6,32	6,32	6,32
13	599,00	535,69	2968,00	2968,00	123,65	100,00	13	7,79	7,41	7,41	7,41
14	794,00	977,05	192,00	192,00	160,85	100,00	14	6,45	5,69	5,69	5,69
15	611,00	982,78	1392,00	1392,00	123,36	100,00	15	7,38	5,67	5,67	5,67
16	146,00	126,25	633,00	633,00	112,97	100,00	16	7,47	5,44	5,44	5,44
17	560,00	638,40	1075,00	1075,00	141,92	100,00	17	5,12	4,52	4,52	4,52
18	1958,00	2779,91	513,00	513,00	100,39	100,00	18	7,62	5,33	5,33	5,33
19	1363,00	1474,13	210,00	210,00	120,53	100,00	19	11,91	6,31	6,31	6,31
20	523,00	607,59	874,00	874,00	48,24	100,00	20	7,41	6,47	6,47	6,47
21	19,00	9,16	0,00	0,00	91,15	100,00	21	0,33	0,30	0,30	0,30
22	645,00	587,95	1668,00	1668,00	92,16	100,00	22	7,97	7,66	7,66	7,66
23	476,00	438,65	1826,00	1826,00	62,24	100,00	23	9,09	7,91	7,91	7,91
24	45,00	23,31	364,00	364,00	90,82	100,00	24	12,31	11,86	11,86	11,86
25	1001,00	985,39	0,00	0,00	74,21	100,00	25	0,00	0,00	0,00	0,00
26	192,00	142,48	980,00	980,00	60,93	100,00	26	9,45	9,34	9,34	9,34
27	152,00	91,42	161,00	161,00	90,82	100,00	27	11,63	10,24	10,24	10,24
28	39,00	35,42	364,00	364,00	100,00	100,00	28	9,13	8,59	8,59	8,59
29	0,00	0,00	18,00	18,00	55,23	100,00	29	8,02	10,46	10,46	10,46
30	89,00	46,94	438,00	438,00	100,17	100,00	30	16,62	12,94	12,94	12,94
31	101,00	101,17	1034,00	1034,00	98,94	100,00	31	8,48	8,35	8,35	8,35
32	420,00	421,48	200,00	200,00	100,12	100,00	32	11,63	8,29	8,29	8,29
33	133,00	113,16	1254,00	1254,00	91,42	100,00	33	10,09	8,54	8,54	8,54
34	22,00	20,11	64,00	64,00	75,98	100,00	34	7,32	9,78	9,78	9,78
35	105,00	129,36	1108,00	1108,00	111,90	100,00	35	12,97	10,61	10,61	10,61
36	317,00	379,83	2016,00	2016,00	101,91	100,00	36	8,78	8,42	8,42	8,42
37	1058,00	1193,94	162,00	162,00	130,88	100,00	37	8,62	8,95	8,95	8,95
38	70,00	77,45	1408,00	1408,00	100,00	100,00	38	9,02	7,03	7,03	7,03
39	129,00	168,83	648,00	648,00	100,00	100,00	39	8,66	8,49	8,49	8,49
40	0,00	0,00	624,00	624,00	110,90	100,00	40	5,88	7,37	7,37	7,37
41	183,00	114,31	228,00	228,00	100,00	100,00	41	8,59	8,00	8,00	8,00
42	673,00	347,80	2220,00	2220,00	69,67	100,00	42	8,59	6,27	6,27	6,27
43	354,00	240,64	1054,00	1054,00	54,74	100,00	43	10,33	9,58	9,58	9,58
44	303,00	105,66	558,00	558,00	100,00	100,00	44	11,24	5,24	5,24	5,24
45	0,00	0,00	189,00	189,00	87,67	100,00	45	9,32	8,89	8,89	8,89
46	2118,00	3208,48	336,00	336,00	132,74	100,00	46	7,32	6,92	6,92	6,92
47	304,00	206,58	216,00	216,00	110,71	100,00	47	5,85	6,29	6,29	6,29
48	825,00	1895,13	180,00	180,00	103,21	100,00	48	0,00	0,00	0,00	0,00
49	804,00	890,11	0,00	0,00			49				
50	690,00	721,10	0,00	0,00			50				

RAIZ DO ERRO 17,36069
MEDIO QUADRATICO

COEFICIENTE DE CORRELACAO MATRICIAL

0,822899

ESTUDO DOS COMPRIMENTOS MEDIOS DE VIAGEM
RAIZ DO ERRO
QUADRATICO
FATOR DE
CORRELACAO

2,76944

1,06416

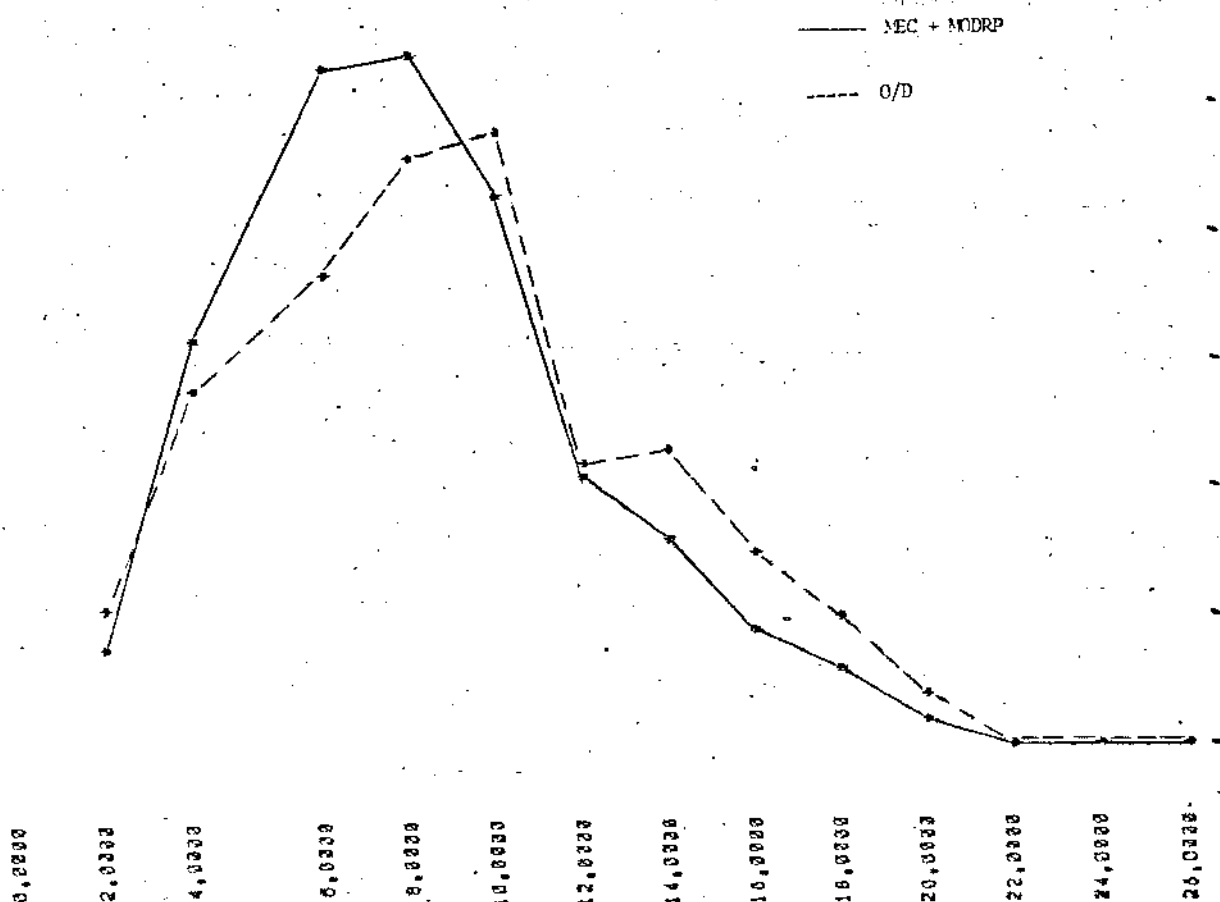
0,896843

FREQUENCIA DE COMPRIMENTO DE VIAGEM

INTERVALO	OBSERVADO	PREVISTO	FREQ. OBS.	FREQ. PREV.
0,0 - 2,0	1780,0	1216,4	4,6	3,3
2,0 - 4,0	4174,0	4781,3	11,3	12,9
4,0 - 6,0	5497,0	7948,5	14,8	21,4
6,0 - 8,0	6840,0	8352,8	18,5	21,7
8,0 - 10,0	7164,0	6381,9	19,3	17,2
10,0 - 12,0	3359,0	3251,5	9,1	8,8
12,0 - 14,0	3511,0	2481,0	9,5	6,7
14,0 - 16,0	2311,0	1478,2	6,2	4,0
16,0 - 18,0	1616,0	983,8	4,4	2,4
18,0 - 20,0	621,0	337,0	1,7	0,9
20,0 - 22,0	139,0	147,9	0,4	0,4
22,0 - 24,0	127,0	46,0	0,3	0,1
24,0 - 182,0	0,0	32,8	0,0	0,1

RAIZ DO ERRO MEDIO QUADRATICO* 6.659

COEFICIENTE DE CORRELACAO* 0,954498



APÊNDICE E

RESULTADOS OBTIDOS

[illegible]

```

15  FORMAT(5X,'ZONAI, JX, IPARAMETRO L',10X,'ERRO MEDIO',12X,
16  *IPARAMETRO',4X,'E DE CORRELACAO')
17  FORMAT(5X,'ZONAI, JX, IPARAMETRO L',10X,'NUMERO DE ITERACOES',1)
18  FORMAT(11,'30X, MATRIZ PREVISTA PELO MODELO IRRESTRITO')
19  FORMAT(11,'30X, MATRIZ PREVISTA PELO MODELO RESTRITO')
20  FORMAT(11,'5X, IZONAI, 6X, COMPRIMENTO MEDIO', 8X,
21  *COMPRIMENTO MEDIO')
22  FORMAT(11,'15X, TOTAL ATRAIDO',10X,'TOTAL PRODUTIVO',
23  *FORMAT(11,'14X, IREAL, 7X, IPREVISTOI, 8X, IREAL, 6X, IPREVISTOI,
24  *2X, IZ ATRACAO', 2X, IZ PRODUCAO')
25  FORMAT(11,'40X, MATRIZ RESULTANTE METODO DE FRATAR')
26  FORMAT(11,'40X, MATRIZ RESULTANTE METODO DE FURNES')
27  FORMAT(11,'10X, NUMERO DE ITERACOES', 1, 2X, 14)
28  FORMAT(11,'10X, IQUADRATICO', 9X, INDEPENDENTE')
29  FORMAT(11,'30X, METODO ITERATIVO DE CALIBRACAO')
30  FORMAT(11,'30X, PRIMEIRO METODO EMPIRICO DE CALIBRACAO')
31  FORMAT(21X, IREAL, 19X, IPREVISTOI)
32  FORMAT(11,'40X, MATRIZ RESULTANTE 1. METODO DO BPR')
33  FORMAT(11,'30X, SEGUNDO METODO EMPIRICO DE CALIBRACAO')
34  STOP
35  END

```

```

SUBROUTINE CORREL
  DIMENSION T(70,70), VP(70,70)
  TM=0.
  VPM=0.
  DO 1 I=1,NI
    DO 1 J=1,NJ
      TM=TM+T(I,J)
      VPM=VPM+VP(I,J)
  CONTINUE
  LL=NI*NJ
  TM=TM/LL
  VPM=VPM/LL
  SDT=0.
  SDVP=0.
  SN=0.
  DO 2 I=1,NI
    DO 2 J=1,NJ
      SN=SN+(T(I,J)-TM)*(VP(I,J)-VPM)
      SDT=SDT+(T(I,J)-TM)**2
      SDVP=SDVP+(VP(I,J)-VPM)**2
  CONTINUE
  DEN=SQRT(SDT*SDVP)
  R=SN/DEN
  WRITE(19,3)R
  FORMAT(19,3)R
  RETURN
  END

```

```

SUBROUTINE BPR(NI,NJ,PPRC,KI,XL,XLP,XLG,U,V,A,P,VP,IT)
  DIMENSION XLP(1),XLG(1)
  DIMENSION KI(70,70),U(70,70),V(70,70),VP(70,70)
  DIMENSION KI(1),A(1),P(1),SI(70),AI(70),AZ(70)
  CALL LER2(53,F1,F2,F3,F4,F5,HE,NJU,NK,NI,NZ,IPN,OO)
  DO 3 J=1,NJ
    AI(J)=A(3)
  CONTINUE
  IT=0
  ITERA=0
  DO 1 J=1,NJ
    SI(J)=0.
    DO 2 I=1,NI
      SI(J)=SI(J)+VP(I,J)
    CONTINUE
    IF(SI(J).EQ.0.)GO TO 33
    AZ(J)=A(J)+AI(J)/SI(J)
    DIP=ABS(AI-AI(J)/AZ(J))*100.
    IF(DIP.GT.PPRC)ITERA=ITERA+1
    AI(J)=AZ(J)
  CONTINUE
  IF(ITERA.EQ.0)GO TO 100
  CALL VOLUME(NI,NJ,AI,KI,F1,U,V)
  IF(F4.EQ.1.)GO TO 5
  CALL MODIRINI,NJ,KI,U,V,XL,XLP,XLG,HE,NJU,P,VP)
  GO TO 6
  CALL MODIRINI,NJ,KI,U,V,XL,XLP,P,VP)
  IF(11)1
  IF(11.GT.100)GO TO 100
  GO TO 10
  RETURN
  END

```

```

*****
SUBROTINA CALIB1
*****

PROPOSITO: CALIBRAR O MODELO DE OPORTUNIDADES, OU SEJA, DE-
TERMINAR O VETOR XL QUE CONTEM OS PARAMETROS L
DE CADA CENTROIDE ORIGEM. O METODO CONSISTE EM
EM FAZER UMA REGRESSAO LINEAR ENTRE U(I,K) E
LOGARITMO DE (1 - P(U(I,K))) PARA TODO O
CENTROIDE I DA REDE. SERA FEITA UMA APROXI-
MACAO DE P(U(I,K)) PARA U(I,K)/U(I,NJ).
XL(I) E DADO PELA INCLINACAO DA RETA OBTIDA. O
SE A VARIÁVEL OO E IGUAL A ZERO, ENTÃO
METODO A MELHOR RETA QUE SE AJUSTA AOS PONTOS
E QUE PASSE PELA ORIGEM.

USO 1 CALL CALIB1(NJ,NJ,NK,NT,NZ,IFIN,OO,U,XL,E,B,R)

DESCRICAO DOS PARAMETROS 1
ENTRADA
NJ= NUMERO DE CENTROIDES ORIGEM
NK= DESTINO
NT= VARIÁVEL QUE DA QUAL A POSICAO NA OR-
DEM DE ACESSO DO PRIMEIRO CENTROIDE
DESTINO: A SER CONSIDERADO NA REGRESSAO
NT= VARIÁVEL QUE DA A POSICAO NA ORDEM DE
ACCESSO DO ULTIMO CENTROIDE DESTINO A
SER CONSIDERADO NA REGRESSAO.
OBSERVACAO: SERAO PORTANTO CONSIDERADOS
(NT-NK+1) CENTROIDES SENDO O
PRIMEIRO O NK-ESIMO MAIS PRO-
XIMO DA ORIGEM E O ULTIMO O
NT-ESIMO.
NT DEVE SER MENOR OU IGUAL A
(NJ-1).
U = MATRIZ (NI X NJ) ONDE U(I,K) DA O VOLUM
ME DE OPORTUNIDADES EXISTENTE ENTRE A
ORIGEM I E O K-ESIMO CENTROIDE DESTINO
INCLUIDO.
OO= VARIÁVEL PARA CONTROLE DA REGRESSAO.
SE OO=2, OBTENEMOS UMA RETA PASSANDO PELA
ORIGEM. SE OO=1, NAO IMPONEMOS QUE A RETA
PASSE PELA ORIGEM.
NZ = 1 SE QUISER INCLUIR O PONTO (2,0) NA RIGRES
IFIN=NUMERO DO ARQUIVO INICIAL PARA A PLOTAGEM

SAIDA=
XL = VETOR (1 X NJ) CONTENDO OS VALORES DOS
PARAMETROS L DE CADA ORIGEM I.
R = VETOR (1 X NJ) QUE DA OS FATORES DE CORRE-
LACAO ENTRE OS DADOS DE CADA ORIGEM
E = VETOR (1 X NJ) CUJO ELEMENTO E(I) DA
ERRO MEDIO QUADRATICO DA REGRESSAO FEITA
PARA O CENTROIDE I.
B = VETOR (1 X NJ) QUE CONTEM OS PARAMETROS
INDEPENDENTES DAS RETAS OBTIDAS PELA RE-
GRESSAO.

*****
SUBROTINAS NECESSARIAS 1 REGLIN
*****

```

SUBROTINA FRATAR

```

SUBROUTINE FRATAR(NI,NJ,PORC,A,P,TI,ITERA,PI,FJ)
  DIMENSION TI(70,70)
  DIMENSION ALI(70)
  DIMENSION A(1),P(1),FI(1),FJ(1)
  DO 1 I=1,NI
    ALI(I)=1.
    FI(I)=1.
  CONTINUE
  DO 2 J=1,NJ

```

FJ(J)=1.

```

  CONTINUE
  ITERA=0

```

```

  DO 3 I=1,NI

```

```

    DO 4 J=1,NJ
      TI(I,J)=TI(I,J)+FJ(J)+ALI(I)

```

```

  CONTINUE

```

```

  IZ=0

```

```

  DO 5 J=1,NJ
    SI=0.

```

```

    DO 4 I=1,NI
      SI=SI+TI(I,J)

```

```

  CONTINUE

```

```

  IF(SI-NE,0.)GO TO 11
  FJ(J)=1.

```

```

  GO TO 15

```

```

  FJ(J)=FJ(J)/SI

```

```

  DJ=ABS(1.-FJ(J))*100.

```

```

  IF(DJ.GT.PORC)IZ=IZ+1

```

```

  CONTINUE

```

```

  DO 6 I=1,NI

```

```

    SI=0.

```

```

    SI=0.

```

```

    DO 6 J=1,NJ
      SI=SI+TI(I,J)+FJ(J)

```

```

  CONTINUE

```

```

  IF(SI-NE,0.)GO TO 20
  FI(I)=1.

```

```

  GO TO 21

```

```

  FI(I)=FI(I)/SI

```

```

  IF(SI-NE,0.)GO TO 30
  ALI(I)=1.

```

```

  GO TO 31

```

```

  ALI(I)=ALI(I)/SI

```

```

  DI=ABS(1.-FI(I))*100.

```

```

  IF(DI.GT.PORC)IZ=IZ+1

```

```

  CONTINUE

```

```

  IF(IZ.EQ.0)GO TO 10
  ITERA=ITERA+1

```

```

  IF(ITERA.GT.100)GO TO 10
  GO TO 7

```

```

  RETURN

```

```

  END

```

SUBROTINA PARA COMPARAR OS COMP. MEDIOS DE VIAGEM

```

SUBROUTINE RMSE(NI,CHEO,TEMPO)
  DIMENSION CMED(1),TEMPO(1)
  WRITE(15,2)
  WRITE(15,3)
  WRITE(15,4)
  SOMA=0.
  DO 1 I=1,NI
    SOMA=SOMA+(CHEO(I)-TEMPO(I))**2.
  CONTINUE

```

END=SOMA/NI

REM=SQR(TEMO)

CALL REQIN(CHEO,TEMPO,I,NI,I,A,B,E,R)

WRITE(15,5)EMG,REMG,R

FORMAT(/,14X,'TESTUDO DOS COMPRIMENTOS MEDIOS DE VIAGEM')

FORMAT(/,11X,'ERRO MEDIO',5X,RAIZ DO ERRO(8X,'FATOR DE')

FORMAT(/,11X,'QUADRATICO',5X,'MEDIO QUADRATICO',6X,'CORRELACAO')

FORMAT(/,2X,F14.5,X,F14.5,X,F10.6)

RETURN

END

SUBROTINA MODIR

```

SUBROUTINE MODIR(NI,NJ,XI,U,V,XL,XLP,XLG,ME,NJU,PI,VPMI)
  DIMENSION XL(1),XLP(1)
  DIMENSION KI(70,70),U(70,70),V(70,70),XL(1),PI(1),VPMI(70,70)
  DO 1 I=1,NI
    DO 1 K=1,NJ
      IF(HE,0.)GO TO 2
      IF(K.GT.NJU)GO TO 3
      XL(I)=XLP(I)
      GO TO 2
      XL(I)=XLG(I)
      VPMI(I,KI(I,K))=PI(I)*(EXP(-XL(I)*V(I,K)))-EXP(-XL(I)*U(I,K))
      CONTINUE
      RETURN
      END

```

```

*****
SUBROTINA DIJSTR
*****
SUBROUTINE DIJSTR(NN,NA,NO,ND,CUSTO,R,IR,MA)
DIMENSION CUSTO(1),NO(1),ND(1),MA(1),MT(1000),J1(1000)
DIMENSION NS(1000),IR(1),JRT(1000),MCAN(1000)
REAL MA,MT,MARKA,MCAN
INTEGER R
DO 10 J1=1,NN
NS(I)=0
DO 2 J2=1,NA
I=NO(J)
NS(I)=NS(I)+1
JRT(I)=1
DO 3 I=1,NN
J1(I)=J1(I)+NS(I)
DO 4 I=1,NN
MA(I)=J30000.
MT(I)=J30000.
IR(I)=0
MARKA(I)=0.
N=0
L1=J1(N)
L2=J1(N)-1
IF(L1.GT.L2)GO TO 11
DO 5 L=L1,L2
KD=NO(L)
NS(J30000.)GO TO 6
IF(MARKA.)NS(J30000.)GO TO 6
MARKA=MA(N)+CUSTO(I)
IF(MARKA.GE.MT(KD))GO TO 6
MT(KD)=MARKA
IR(KD)=N
CONTINUE
LL=1
MARKA=MT(I)
DO 6 I=1,NN
IF(MT(I).GE.MARKA)GO TO 6
MARKA=MT(I)
LL=I
CONTINUE
IF(ALL.EQ.1)AND.(MARKA.EQ.J30000.))GO TO 60
IR(LL)=IR(LL)
MA(LL)=MARKA
MT(LL)=J30000.
N=LL
GO TO 7
RETURN
END

```

CCCCCCCCCCCCCCCCCCCC

1

CG

CCCC

CG

CG

```

*****
SUBROUTINA NINTRA
*****
PROPOSITO: EXCLUIR DA MATRIZ DE VIAGENS AS VIAGENS INTRAZONAIS
USO: 1 CALL NINTRA(NI,NJ,T)
DESCRICAO DOS PARAMETROS:
ENTRADA: NI= NUMERO DE CENTROIDES ORIGEM
NJ= NUMERO DE CENTROIDES DESTINO
T= MATRIZ DE VIAGENS
SAIDA: T= MATRIZ DE VIAGENS
*****
SUBROUTINE NINTRA(NI,NJ,T)
DIMENSION T(70,70)
DO 1 I=1,NI
CONTINUE
T(I,I)=0.
RETURN
END
*****
SUBROTINA ORDEM
*****
SUBROUTINE ORDEM(NI,NN,NA,NO,ND,CUSTO,KI,CIMP)
DIMENSION NO(1),ND(1),CUSTO(1),IR(1000),CT(1000)
DIMENSION IAR(100)
DIMENSION KI(70,70),CIMP(70,70)
DO 90 I=1,NI
CALL DIJSTR(NN,NA,NO,ND,CUSTO,I,IR,CT)
DO 90 J=1,NJ
CIMP(I,J)=CT(J)
CONTINUE
CALL ACCESSO(I,CT,NJ,IAR)
DO 80 K=1,NJ
KI(I,K)=IAR(K)
CONTINUE
CONTINUE
RETURN
END

```

```

*****
SUBROTINA TEMP
*****
PROPOSITO: ENCONTRAR OS TEMPOS DE PERCURSO DE CADA UM DOS
ARCOS DO GRAFO REPRESENTATIVO DA REDE.
DESCRICAO DE PARAMETROS:
ENTRADA= NAI NUMERO DE ARCOS DA REDE
DIST: VETOR (1 X NA) CONTENDO O TAMANHO
EM KM, DE CADA ARCO
TEMPO: VETOR (1 X NA) ONDE O X-ESIMO ELEMENTO
DA A VELOCIDADE MEDIA NO ARCO K
SAIDA= TEMPO1 TEMPO DE PERCURSO DO ARCO EM MINUTOS
*****
SUBROUTINE TEMP(NA,DIST,TEMPO)
DIMENSION DIST(1),TEMPO(1)
DO 1 K=1,NA
IF(DIST(K))2,2,3
TEMPO(K)=58203.
GO TO 1
CONTINUE
TEMPO(K)=50.*DIST(K)/TEMPO(K)
RETURN
END
*****
SUBROTINA CONED
SUBROUTINE CONED(NI,NJ,VI,RIMP,RHED)
DIMENSION VI(70,70),RIMP(70,70),RHED(1)
DO 1 I=1,NI
SOMA1=0.
SOMA2=0.
DO 2 J=1,NJ
SOMA1=SOMA1+RIMP(I,J)+VI(I,J)
SOMA2=SOMA2+VI(I,J)
CONTINUE
IF(SOMA2.EQ.0.)SOMA2=1.
RHEO(1)=SOMA1/SOMA2
CONTINUE
RETURN
END
*****
SUBROTINA PRODUT
SUBROUTINE PRODUT(NI,NJ,TAA,P)
DIMENSION T(70,70),A(1),P(1)
DO 1 J=1,NJ
A(J)=0.
DO 1 I=1,NI
A(J)=A(J)+T(I,J)
CONTINUE
P(1)=0.
DO 2 J=1,NJ
P(1)=P(1)+T(1,J)
CONTINUE
RETURN
END
*****
SUBROUTINA VOLUME
F1=1. SE CONSIDERAR AS VIAGENS INTRAZONAIS
F1=0. SE NAO CONSIDERAR AS VIAGENS INTRAZONAIS
SUBROUTINE VOLUME(NI,NJ,AI,KI,F1,U,V)
DIMENSION KI(70,70),AI(1),U(70,70),V(70,70)
DO 1 I=1,NI
V(I,1)=0.
U(I,1)=A(KI(I))
DO 2 K=2,NJ
U(I,K)=U(I,K-1)+AI(KI(I,K))
V(I,K)=V(I,K-1)
CONTINUE
RETURN
END
*****
SUBROTINA MODRRP
SUBROUTINE MODRRP(NI,NJ,KI,U,V,XL,PI,VPHRP)
DIMENSION XL(1)
DIMENSION U(70,70),V(70,70),KI(70,70),PI(1),VPHRP(70,70)
DO 1 I=1,NI
DO 1 K=1,NJ
VPHRP(I,KI(I,K))=PI(I)+(EXP(-XL(I)+V(I,K)))*EXP(-XL(I)+U(I,K))
VPHRP(I,KI(I,K))=VPHRP(I,KI(I,K))/(1.-EXP(-XL(I)+U(I,K)))
CONTINUE
RETURN
END
*****

```

CCCCC

```

1 KMAX=FLOAT(NB/50)+1
2 DO 2 K=3,KMAX,2
3   WRITE(15,5)
4   WRITE(15,6)
5   DO 2 I=1,50
6     WRITE(15,7)NO(50+K+1),NO(50+K+1),DIST(50+K+1),TEMPO(50+K+1)
7     *NO(50+K+1)+1,NO(50+K+1+1),DIST(50+K+1+1),TEMPO(50+K+1+1)
8     CONTINUE
9     FORMAT(2I8X,I3,9X,I3,9X,F6.2)
10    KK=(KMAX+1)*80
11    WRITE(15,6)
12    WRITE(15,7)
13    DO 4 I=KK,MA
14      WRITE(15,5)NO(I),NO(I),DIST(I),TEMPO(I)
15      CONTINUE
16      FORMAT(9X,I3,9X,I3,9X,F6.2,3X,F6.2)
17      *TEMPO(I)
18      FORMAT(11,/,2(5X,NO ORIGEM,3X,NO DESTINO,3X,DIST,NCIA,3X,
19      *TEMPO)
20      RETURN
21      END

```

```

1 SUBROUTINE SAIDA4(NI,A,B,C,D)
2 DIMENSION AA(70),CC(70),A(1),B(1),C(1),D(1)
3 DO 1 I=1,NI
4   IF(A(I).NE.B.)GO TO 3
5   AA(I)=100
6   GO TO 4
7   AA(I)=100+B(I)/A(I)
8   IF(C(I).NE.D.)GO TO 5
9   CC(I)=100
10  GO TO 6
11  CC(I)=100+D(I)/C(I)
12  WRITE(15,2)I,A(I),B(I),C(I),D(I),AA(I),CC(I)
13 CONTINUE
14 FORMAT(3X,I3,3X,F6.2,4X,F9.2,3X,F9.2,3X,F6.2,7X,F6.2,7X,F6.2)
15 RETURN
16 END

```

SUBROTINA SAIDA8

```

1 PROPOSITO: ESCREVER AS MATRIZES CIMP E KI EM FOR21.DAT
2
3 SUBROUTINE SAIDA8(NI,NJ,XI,CIMP)
4 DIMENSION CIMP(70,70),KI(70,70)
5 DO 1 I=1,NI
6   WRITE(21,3)(CIMP(I,J),J=1,NJ)
7   CONTINUE
8   DO 2 J=1,NJ
9     WRITE(23,4)(KI(I,J),J=1,NJ)
10    CONTINUE
11    FORMAT(10(1X,F6.2))
12    FORMAT(10(1X,I3))
13    RETURN
14    END

```

```

1 SUBROUTINE SAIDA7(NI,XL,M,NX)
2 DIMENSION XL(1),M(1),NX(1)
3 DO 1 I=1,NI
4   WRITE(15,2)I,XL(I),M(I),NX(I)
5   CONTINUE
6   FORMAT(3X,I3,10X,F14.11,12X,I5,15X,I2)
7   RETURN
8   END

```

```

1 SUBROUTINE SAIDA6(NI,XL,E(B,R))
2 DIMENSION XL(1),B(1),E(1),R(1)
3 DO 1 I=1,NI
4   WRITE(15,2)I,XL(I),E(I),B(I),R(I)
5   CONTINUE
6   FORMAT(5X,I3,3X,F14.11,6X,F14.6,6X,F14.6,6X,F14.11)
7   RETURN
8   END

```

```

C
C
C
SUBROUTINE LER1(NI,NJ,NN,NA,ND,NCUSTO,VELOC,VIOB,A,P,CMED)
DIMENSION A(1),P(1),CMED(1),VELOC(1)
DIMENSION NO(1),ND(1),CUSTO(1),VIOB(78,78)
FORMAT(40)
FORMAT(40)
READ(32,1)NI,NJ,NN,NA
DO 11 I=1,NA
  READ(32,2)NO(I),ND(1),CUSTO(1),VELOC(1)
CONTINUE
DO 15 I=1,NI
  DO 19 J=1,NJ
    VIOB(I,J)=0.
CONTINUE
  READ(33,2)NI,N2,X
  IF(NI,LT,0)GO TO 13
  VIOB(N1,N2)=X
  GO TO 12
DO 6 I=1,NI
  P(I)=0.
  CMED(I)=0.
CONTINUE
DO 6 J=1,NJ
  A(J)=0.
CONTINUE
  READ(34,1)NI,X,Y,V
  IF(NI,LT,0)GO TO 20
  P(NI)=X
  A(NI)=Y
  CMED(NI)=V
  GO TO 17
RETURN
END

```

```

C
C
C
SUBROUTINE SAID2(NI,NJ,KH)
DIMENSION KH(78,78)
KHAX=FLOAT(NI-10)/10.
L=0
DO 1 I=1,NI
  L=L+1
  WRITE(15,4)I
  WRITE(15,5)
  DO 2 K=0,KHAX
    KK=K*10
    CONTINUE
    WRITE(15,3)KK,(KH(I,KK+J),J=1,10)
    KK=KK+10
    IF(NJ,EG,KK)GO TO 10
    WRITE(15,3)KK,(KH(I,KK+J),J=1,(NJ-KK))
    IF(L,LT,3)GO TO 1
    L=L+1
    WRITE(15,6)
CONTINUE
  FORMAT(//,47X,I1,I3)
  FORMAT(//,16X,I1,9X,I2,9X,I3,9X,I4,9X,I5,9X,I6,9X
    *,17,9X,I7,9X,I8,9X,I9,9X,I10)
  FORMAT(//,9X,I3,10(7X,I3))
  FORMAT(11/)
  RETURN
END

```

```

C
C
C
SUBROUTINE LER2(F2,F1,F2,F3,F4,F5,NE,NJU,NK,NT,NZ,IFN,CO)
READ(35,1)F2,F1,F2,F3,F4,F5,NE,NJU,NK,NT,NZ,IFN,CO)
FORMAT(30)
READ(36,2)NK,NT,NZ,IFN,CO
FORMAT(50)
RETURN
END

```

```

C
C
C
SUBROUTINE SAID5(NI,CMED,TEMPO)
DIMENSION CMED(1),TEMPO(1)
DO 1 I=1,NI
  WRITE(15,2)I,CMED(I),TEMPO(I)
CONTINUE
  FORMAT(5X,I3,10X,F10.2,15X,F10.2)
  RETURN
END

```

```

C
C
SUBROUTINE ACCESSO
SUBROUTINE ACCESSO(KR,CT,NJ,IKR)
DIMENSION CT(1),IKR(1)
DO 100 K=1,NJ
L=1
CMIN=CT(1)
DO 10 J=2,NJ
IF(CMIN.LT. CT(J))GO TO 10
CMIN=CT(J)
L=J
CONTINUE
IKR(K)=L
CT(L)=CT(L)+1000.
CONTINUE
RETURN
END
100
10
C
C
SUBROUTINE CALIB2
SUBROUTINE CALIB2(NJ,NJ,CIMP,CMED,U,V,XI,DEL,XL,M,KK)
DIMENSION XI(70,70),V(70,70),U(70,70),CIMP(70,70),CMED(1)
DIMENSION KK(1),XL(1),H(1)
DO 60 I=1,NJ
XL(I)=0./U(I,NJ)
KK(I)=0
H(I)=0
80YA=0
80YB=0
M(I)=H(I)+1
NM=NJ-1
DO 50 K=1,NJ
90YA=90YA+CIMP(I,KK(I))* (EXP(-XL(I)+V(I,KJ))-EXP(-XL(I)+U(I,K)))
CONTINUE
TYPE 20,I,90YA
FORMAT(9A,/,13,150NA=1,F12.0)
X932=90YA/(1.-EXP(-XL(I)+U(I,NJ)))
IF(CMED(I).EQ.0.)GO TO 30
XL2=XL(I)+(X932/CMED(I))
IF(M(I).LT.2)GO TO 70
DEL1=X932-X931
DEL2=XL(I)-XL1
DEL3=DEL1+DEL2
IF(DEL3.(E.0.)GO TO 70
KK(I)=1
GO TO 30
DIF=ABS(1.-XL(I)/XL2)*100.
XL1=XL(I)
X931=X932
XL(I)=XL2
IF(M(I).GT.50)GO TO 30
IF(V(I).DEL)GO TO 40
CONTINUE
CONTINUE
RETURN
END
70
30
60
C
C
SUBROUTINE SAIDA
SUBROUTINE SAIDA(NI,NJ,T)
DIMENSION T(70,70)
KMAX=FLOAT(NJ-10)/10.
L=0
DO 1 I=1,NI
L=L+1
WRITE(15,4)I
WRITE(15,5)
DO 2 K=0,KMAX
KK=K+10
WRITE(15,3)KK,(T(I,KK+J),J=1,10)
CONTINUE
KK=KK+10
IF(NJ.EQ. KK)GO TO 10
WRITE(15,3)KK,(T(I,KK+J),J=1,(NJ-KK))
IF(L.LT.3)GO TO 1
L=0
CONTINUE
WRITE(15,6)
FORMAT(//,4X,11#1,13)
FORMAT(//,10X,11,9X,12,9X,13,9X,14,9X,15,9X,16,9X
*,17,9X,18,9X,19,9X,10,10)
FORMAT(//,8X,13,2X,10(F10.2))
FORMAT(11)
RETURN
END
C
C
SUBROUTINE LERSJ
SUBROUTINE LERSJ(NI,NJ,CIMP,KI)
DIMENSION CIMP(70,70),KI(70,70)
DO 1 I=1,NI
READ(21,3)(CIMP(I,J),J=1,NJ)
CONTINUE
DO 2 I=1,NI
READ(23,4)(KI(I,J),J=1,NJ)
CONTINUE
FORMAT(10(1X,F6.2))
FORMAT(10(1X,I3))
RETURN
END
1
2
3
4

```

```

SUBROUTINE FURNES(NI,NJ,TA,A,P,PORC,ITERA2)
DIMENSION A(1),P(1),T(70,70),TA(70,70)

ICONT=3
DO 4 I=1,NI
DO 4 J=1,NJ
TF(I,J)=TA(I,J)
ICONT=ICONT+1
ITERA=1
CONTINUE
ITER=2
ITERA=2
IREST=IT/2
REST=10,*(FLOAT(IT)/2)-10,*(FLOAT(IREST)
KF=NJ
IF(REST.EQ.0) GO TO 8
DO 7 I=1,NI
DO 7 J=1,NJ
TF(I,J)=(P(I)/80MA)*TA(I,J)
CONTINUE
GO TO 11
KF=NI
DO 10 J=1,NJ
DO 10 I=1,NI
SOMA=0.
DO 9 K=1,KF
SOMA=SOMA+TA(K,J)
IF(SOMA.EQ.0.)SOMA=1.
DO 10 I=1,NI
TF(I,J)=(K(J)/80MA)*TA(I,J)
CONTINUE
ITER=3
DO 120 J=1,NJ
DO 120 I=1,NI
SOMA=0.
DO 119 J=1,NJ
TA(I,J)=TF(I,J)
SOMA=SOMA+TF(I,J)
IF(SOMA.EQ.0.)GO TO 122
DIF=ABS(1.-P(I)/SOMA)*100
DIF=ABS(1.-P(I)/SOMA)*100
IF(DIF.GT.PORC)ITER=1
CONTINUE
DO 122 J=1,NJ
SOMA=0.
DO 121 I=1,NI
SOMA=SOMA+TF(I,J)
IF(SOMA.EQ.0.)GO TO 122
DIF=ABS(1.-A(J)/SOMA)*100
IF(DIF.GT.PORC)ITER=1
CONTINUE
WRITE(11,21)
FORMAT(//)
DO 123 K=1,NI
WRITE(11,10)(TF(KIN,KIM),KIM=1,NJ)
CONTINUE
FORMAT(10(X,P0.1))

```

```

FORMAT(15I5)
  IF(ITER.EQ.8) GO TO 130
  ITER=ITER+1
  IF(ITER.GT.100) GO TO 130
  GO TO 5
DO 90 I=1,N1
  DO 90 J=1,NJ
    TA(I,J)=TF(I,J)
CONTINUE
RETURN
END

```

SUBROTHA. REGLIN

[illegible]


```

SUBROUTINE FREQ(NJ,CIMP,T,VP,F1,FJ,SOMA1,SOMA2,FRE1,NF1)
  DIMENSION PL(70),T(70,70),VP(70,70),CIMP(70,70)
  DIMENSION SOMA1(1),SOMA2(1),F1(1),FJ(1),FRE1(1),FRE2(70)
  XL1=2,
  XL2=0,
  L=1,
  XL1=XL1+2,
  XL2=XL2+2,
  F1(L)=XU1,
  FJ(L)=XL2,
  SOMA1(L)=0,
  SOMA2(L)=3,
  DO 1 I=1,NJ
    DO 1 J=1,NJ
      IF(CIMP(I,J),LT,XL1,OR,CIMP(I,J),GE,XL2)GO TO 1
      SOMA1(L)=SOMA1(L)+VP(I,J)
      SOMA2(L)=SOMA2(L)+T(I,J)
    CONTINUE
    IF(L,LE,11)GO TO 10
    XL2=100,
    IF(L,GE,12)GO TO 10
    S1=0,
    S2=0,
    DO 2 K=1,L
      S1=S1+SOMA1(K)
      S2=S2+SOMA2(K)
    CONTINUE
    DO 3 K=1,L
      FRE1(K)=100+SOMA1(K)/S1
      FRE2(K)=100+SOMA2(K)/S2
    CONTINUE
    WRITE(15,4)
    WRITE(15,5)
    DO 7 K=1,L
      WRITE(15,6)F1(K),FJ(K),SOMA2(K),SOMA1(K),FRE2(K),
      *FRE1(K)
    CONTINUE
    CALL REGLIN(SOMA1,SOMA2,1,L,1,AA,BB,RR)
    ENDSUB/L
    REM=SQRT(EM2)
    WRITE(13,8)REM
    WRITE(15,9)RR
    FJ(L)=20,
    PL(1)=0,
    PL(15)=40,
    PL(29)=40,
    DO 11 K=1,L
      PL(K+1)=FJ(K)
      PL(K+2)=FRE1(K)
      PL(K+3)=L*PL)*FRE2(K)
    CONTINUE
    KL=L+1
    CALL PLOT(1,PL,KL,3,93,0,NF1)
    FORMAT(11,10X,1FREQUENCIA DE COMPRIMENTO DE VIAGEM)
    FORMAT(11,6X,1INTERVALO,14X,1OBSERVADO,13X,1PREVISTO,13X,
    +1FREQ, 083,13X,1FREQ, PREV,11,3)
  END

```

```

10
11
4
5
7
11

```

```

SUBROUTINE ERRO(NJ,NJ,T,VP)
  DIMENSION T(70,70),VP(70,70)
  WRITE(15,6)
  WRITE(15,5)
  SOMA=0,
  DO 1 I=1,NJ
    S1=0,
    DO 2 J=1,NJ
      XX=T(1,J)=VP(I,J)
      IF(XX,LT,1)XX=0,
      S1=S1+XX**2,
    CONTINUE
    SOMA=SOMA+S1
    S1=S1/NJ
    S1=SQRT(S1)
    WRITE(15,4)I,S1
  CONTINUE
  K=NJ+1
  SOMA=SOMA/K
  WRITE(15,7)SOMA
  FORMAT(11,1,7,3X,(COMPARACAO DE MATRIZES))
  FORMAT(15,7)SOMA
  FORMAT(15,13,6X(F14,5)
  FORMAT(15,13,6X(F14,5)
  FORMAT(15,13,6X(F14,5)
  FORMAT(15,13,6X(F14,5)
  RETURN
  END

```

```

1
2
3
4
5
6
7
8

```

```

SUBROUTINE DIFER(NJ,NJ,T,VP,DO)
  DIMENSION T(70,70),VP(70,70),DO(70,70)
  DO 1 I=1,NJ
    DO 1 J=1,NJ
      DO(1,J)=VP(I,J)-T(1,J)
    CONTINUE
  RETURN
  END

```

```

SUBROUTINE PARA OBTEN A MATRIZ DIFERENCA
  SUBROUTINE DIFER(NJ,NJ,T,VP,DO)
  DIMENSION T(70,70),VP(70,70),DO(70,70)
  DO 1 I=1,NJ
    DO 1 J=1,NJ
      DO(1,J)=VP(I,J)-T(1,J)
    CONTINUE
  RETURN
  END

```

```

1
2
3
4
5
6
7
8

```

BIBLIOGRAFIA

"Acta Polytechnica Scandinavica" (1966) - Civil Engineering and Building Construction Series, n° 37.K. R. Overgaard, Copenhagen.

Cesario, F.J. (1973): "Note on the Entropy Model of Trip Distribution", Transportation Research, Vol. 8, pp. 105-122.

Crilly, M.L. (1974): "A perspective of the Functions and criticisms of Trip Distribution Models". Operational Research Quarterly, Vol. 25, n° 1, pp. 111-121.

Deo, N. (1974): "Graph Theory with Applications to Engineering and Computer Science". Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J.

Evans, A.W. (1970): "Some Properties of Trip Distribution Methods". Transportation Research, Vol. 4, n° 1, pp. 19-36.

Evans, S.P. (1973): "A Relationship between the Gravity Model for Trip Distribution Problem in Linear Programming". Transportation Research, V. 7, pp. 39 - 61

Evans, S.P. e Kirby, H. (1974): "A Three-dimensional Furness procedure for Calibrating Gravity Models". Transportation Research, Vol. 8, pp. 105-122.

Federal Highway Administration (1972): "Urban Transportation-Planning General Information and Introduction to System 360". U.S. Department of Transportation, Washington, D.C.

Harris, B. (1964): "A Note on the Probability of Interaction at a Distance" Journal of Regional Science, Vol. 5, n° 2, pp. 31-35.

Heanne, K.E. e Pyers, C.E. (1966): "A Comparative Evaluation of Trip Distribution Procedures". Origin Destination: Methods and Evaluation, Record n°114 Highway Research Board, Washington, D.C., pp. 20-37.

Henley, E.J. e Williams, R.A. (1973): "Graph Theory in Modern Engineering". Academic Press, New York.

Hildebrand, F.B. (1956): "Introduction to Numerical Analysis" Mc Graw-Hill, pp. 443

Howe, R.T. (1963): "A Critical Analysis of an Origin - Destination Survey". Highway Research Record, n° 41, pp. 79-98.

Merlok, E.K. (1970): "An Analysis of Transport Technology and Network Structure". Northwestern University-Printing, Evanston, Illinois.

Pyers, C.E. (1966): "Evaluation of Intervening Opportunities-Trip Distribution Model". Highway Research Record, n° 114, pp. 71-98.

Robillard, P. e Stewart, N.F. (1974): "Iterative Numerical Methods for Trip Distribution Problems". Transportation Research, Vol. 8, pp. 575-582.

Roy, B. (1969): "Algèbre Moderne et Théorie des Graphes". Dunod, Paris

Ruiter, E.R. (1967a): "Improvements in Understanding, Calibrating and Applying the Opportunity Model".

Ruiter, E.R. (1967b): "Toward a Better Understanding of the Intervening Opportunities Model". Transportation Research, Vol. 1 pp. 47-56.

Salemus, A.G. (1972): "An Intervening Opportunities Trip Distribution Model with Competing Tripmakers". Transportation Research, Vol. 6, pp. 169-185

Schneider, M. (1959): "Gravity Models and Trip Distribution - Theory". Regional Science Association, Vol. 5

Schneider, Morton (1960): Contribution to "Panel Discussion - on Inter-Area Travel Formulas", moderated by John T. Lynch. Traffic Origin and Destination Studies, Bulletin n° 253, Highway Research Board, Washington, D.C., pp. 134-138.

Whitaker, R.W. e West, K.E. (1968): "The Intervening Opportunities Model: A Theoretical Consideration". Highway Research Record, n° 250, pp. 1-7

Wilson, A.G. (1967): "A Statistical Theory of Spatial Distribution Models". Transportation Research, Vol. 1 pp. 253-269.

Wilson, A.G. (1970): "Advances and Problems in Distribution Modeling". Transportation Research, Vol. 4, pp. 1-18.