

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS

ANÁLISE DA REDE VIÁRIA, UTILIZANDO TÉCNICAS DE
SENSORIAMENTO REMOTO, VISANDO O PLANEJAMENTO DA REDE DE
TRANSPORTE URBANO POR ÔNIBUS: UM ESTUDO DE CASO

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA A UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA
CATARINA PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA

FRANCISCA ELIZABETH FERREIRA

FLORIANÓPOLIS
SANTA CATARINA

ANÁLISE DA REDE VIÁRIA, UTILIZANDO TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO
REMOTO, VISANDO O PLANEJAMENTO DA REDE DE TRANSPORTE URBANO
POR ÔNIBUS: UM ESTUDO DE CASO

FRANCISCA ELIZABETH FERREIRA

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE

MESTRE EM ENGENHARIA

ESPECIALIDADE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E APROVADA EM SUA FORMA
FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

Carlos Loch

CARLOS LOCH, DR. - ORIENTADOR

Neri dos Santos

NERI DOS SANTOS, DR. - COORDENADOR DO CURSO

BANCA EXAMINADORA:

Carlos Loch

CARLOS LOCH, DR. - PRESIDENTE

Harendra S. Teotia

HARENDRA S. TEOTIA, DR.

Sergio Fernando Mayerle

SERGIO FERNANDO MAYERLE, MSC.

AOS MEUS PAIS,

DOMINGOS LASARO FERREIRA

HELOISA CLEMENTINO FERREIRA

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Carlos Loch, pela orientação e pelo estímulo à execução deste trabalho.

Ao Prof. Sérgio Fernando Mayerle, pela valiosa colaboração na elaboração deste trabalho.

Ao colega Jorge Alcides Cruz, pelas sugestões.

A colega Lucilene Antunes Correia Marques de Sá, atenção e sugestões apresentadas.

Aos colegas Ruth Emilia N. Loch, Francisca Alves dos Santos, Lúcia de Fatima S. Reis, Lúcia A. Lima, José de Jesus Vaz de Souza, João Da Cruz M. Chaves, Lúcia F. Lima, Maria José F. Damasceno Oliveira, Sônia Medeiros de Oliveira, Francisco Vécio de Araújo grandes incentivadores na elaboração deste trabalho.

Coord. de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES

Prefeitura Municipal de Teresina

INTERPI - Instituto de Terras do Piauí.

R E S U M O

O propósito desta dissertação é desenvolver uma metodologia para análise de rede viária urbana visando o planejamento da rede de transporte coletivo, para a cidade de Teresina.

Para o conhecimento da estrutura urbana se desenvolveu o processo de monitoramento, utilizando técnicas de Sensoriamento Remoto, no que concerne a interpretação de fotografias aéreas e de imagem orbital.

Após o estudo da demanda por viagem na área urbana, desenvolveu-se o modelo matemático aplicado a rede de transporte coletivo, a fim de obter as rotas possíveis para serem operacionalizadas, de modo a atender as necessidades de locomoção dos usuários do sistema entre as diversas zonas de origem-destino.

O trabalho está distribuído da seguinte forma: a parte inicial, apresenta um conjunto de conceitos que visam melhorar o nível de compreensão do assunto abordado. Na segunda parte está caracterizada a área de estudo e em seguida é descrita a metodologia aplicada à rede de transporte Coletivo.

Na conclusão discutem-se os resultados obtidos com a aplicação da metodologia e apresenta-se recomendações para futuros trabalhos.

ABSTRACT

The object of this research is to develop a methodology to analyse an urban network for Teresina city, aiming its plan by bus.

It is developed the monitoring process with remote sensing technics about air photographs and image orbital interpretation to know the urban structure.

After studying the travel in urban area, the mathematical model applied to network was developed to get the possible operative routes to attend users into the system among the several origin and destination zones.

The first part shows a concept set that improves the comprehension level of the subject. The second one describes the area of studing and the methodology of the network application.

In conclusion, results are showed and recomendations are proposed for further research.

S U M A R I O

	página
LISTAS DE FIGURAS	xi
LISTAS DE QUADROS	xii
LISTA DE SIGLAS	xiii
CAPITULO 1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Origem do trabalho	1
1.2. Objetivos do Trabalho	4
1.3. Importância do Trabalho	5
1.4. Limitações do Trabalho.....	6
1.5 Estrutura do Trabalho	7
CAPITULO 2. REVISÃO DE LITERATURA	8
2.1. Aspectos do Planejamento dos Transportes	8
2.1.1. Uso do Solo	12
2.1.2. Rede Viária	14
2.2. Monitoramento.....	18

2.2.1. Técnicas e Desempenho de interpretação de Imagens....	21
2.2.2. Imagem Aérea	23
2.3. Modelos no Processo de Planejamento.....	25
2.3.1. Classificação dos Modelos	26
2.3.2. Modelos de Previsão de Viagem: Análise de Distribuição de viagens	29
2.4. Nivel de Serviço,.....	31
2.5. Conclusão	34
CAPITULO 3. AREA DE ESTUDO	35
3.1. Localização da Área de Estudo no Mapa do Estado do Piauí	37
3.2. Formação do Sítio Urbano	38
3.3. Aspectos Fisiográficos	39
3.3.1. Clima	39
3.3.2. Vegetação	41
3.3.3. Relevo	41
3.3.4. Geomorfologia	42
3.3.5. Hidrografia	42
3.4. Características Sócio - Econômicas.....	43
3.5. Infra - Estrutura Viária Regional	44
3.6. Demografia	44
3.7. Conclusão	46

CAPITULO 4. MATERIAL E METODOS	47
4.1. Material	47
4.1.1. Material Cartográfico	47
4.1.2. Material Bibliográfico Especifico da Area de Estudo..	49
4.2. Metodologia	49
4.2.1. Monitoramento	49
4.2.2. Estudo da demanda por Transporte Coletivo	52
4.2.3. Propostas de Rotas para o Transporte Seletivo	55
4.2.3.1. Escolha de Rotas Diretas e Alocação da Demanda	57
4.2.3.2. Escolha de Rotas Circulares e Alocação da Demanda...	58
4.2.3.3. Formulação do Modelo de Fluxo	59
CAPITULO 5. RESULTADOS	61
5.1. Monitoramento da expansão Urbana no Período de 1958 à 1990	61
5.1.1. Análise das Alterações da Estrutura urbana, até 1958.	61
5.1.2. Análise das Alterações da Estrutura Urbana, no Período de 1958 à 1968	66
5.1.3. Análise das Alterações na Estrutura Urbana, no Período de 1968 à 1983.....	69
5.1.4. Análise da Expansão da Rede Viária Urbana, no Período de 1983 à 1990.....	80
5.2. Análise da Rede de Transportes Urbanos	82
5.3. Resultado do Processo de Escolha de Rotas Diretas	86

	x
5.4. Resultados do Processo de Escolha de Rotas Circulares ..	88
CAPITULO 6. CONCLUSÕES	98
ANEXO 1: Fator de Crescimento da população por Macrozonas de de tráfego	101
ANEXO 2: Matriz de Viagens por Macrozonas de Tráfego	106
ANEXO 3: Matriz Rota/Arco	107
ANEXO 4: Formulação do Modelo de Fluxo	111
ANEXO 5: Itinerário das Rotas Circulares	117
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	119

LISTA DE FIGURAS E MAPAS

Figura 1: O Processo de Planejamento dos Transportes.....	11
Figura 2: Planta esquemática da ocupação do veículo padrão com as características do nível de serviço	33
Figura 3: Macrozonas de Tráfego	53
Mapa de Localização da Área de Estudo	36
Mapa da Estrutura Urbana de Teresina - 1958	66
Mapa da Estrutura Urbana de Teresina - 1968	69
Mapa da Estrutura Urbana de Teresina - 1983	80
Mapa da Estrutura Urbana de Teresina - 1990	83

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 01: Características dos níveis de Serviço	33
Quadro 02: Evolução Demográfica de Teresina (1940/1980).....	44
Quadro 03: Projectão de Crescimento da População Urbana de Teresina	44
Quadro 04: Rotas Diretas	86
Quadro 05: Rotas Circulares	92
Tabela 01: Fator de Crescimento da População por Macrozonas de Tráfego	101

LISTA DE SIGLAS

AIAM: Associação Internacional de Administradores Municipais;

DNER: Departamento Nacional de Estradas de Rodagem;

ERDAS: Earth Resources Data Analysis System);

GEIPOT: Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes;

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;

INPE: Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais;

PDDU: Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano;

PDTU: Plano Diretor de Transportes Urbanos;

SITIM: Sistema de Tratamento de Imagens;

SIG: Sistema de Informação Geográfica;

TM: Thematic Mapper;

TTC: Trânsito, Transportes Coletivos e Comunicações;

CAPITULO 1. INTRODUÇÃO

1.1. Origem do Trabalho

O intenso processo de urbanização e os diversos setores que interferem no desenvolvimento das cidades, e nas funções urbanas sejam no âmbito social, econômico, político ou físico espacial são situações que reforçam a reformulação e constante revisão dos sistemas de transportes.

O monitoramento das mudanças das facilidades de transportes urbanos e outras atividades associadas pode fornecer informações para regularização e programas de controle das atividades exercidas no solo.

Atualmente, vem crescendo as necessidades por parte dos governantes e planejadores de conhecer as alterações no meio-ambiente, no que se refere a identificação das atividades exercidas no solo, onde e como ocorre, rapidamente, as mudanças dessas atividades.

As técnicas de Sensoriamento Remoto estão sendo empregadas com crescente freqüência no processo de monitoramento, uma vez que, as imagens orbitais e as fotografias aéreas são capazes de proporcionar uma visão ampla e/ou detalhada da superfície da terra com maior grau de correlação entre os fatores que a compõe, fornecendo as mais variadas informações à custos reduzidos se comparados aos levantamentos convencionais, (LOCH, 1988).

A crescente diferenciação nos padrões de uso do solo representa um parâmetro de importância fundamental para a análise do crescimento das viagens urbanas. À medida que surgem novas atividades, são gerados novos movimentos que dão origem a demanda por transportes. Isto exige instalações de transportes, resultando na oferta de transportes e na posterior necessidade de aprimoramento da sua capacidade e nível de serviço.

Na maioria das cidades brasileiras não existe um planejamento adequado dos sistemas de transportes. De acordo com o crescimento dos problemas de locomoção de pessoas, é que vão surgindo as interferências na rede viária urbana de forma a acomodar o transporte coletivo, (VASCONCELOS, 1991).

O ônibus urbano de linha regular é o principal componente do sistema de transporte coletivo das cidades de grande e médio porte e por ele é efetuado a maioria das viagens habituais, apesar da qualidade do serviço ser bastante deficiente.

O ônibus apresenta como vantagens: a grande facilidade de deslocamento, podendo operar isoladamente em vias com prioridades de escoamento ou como coletoras e distribuidoras de fluxos das rotas de alta densidade, atendidas por outras modalidades de transportes (trem suburbano, metrô e/ou bonde); os custos de implantação das linhas são relativamente baixos; e apresenta condições operacionais mais favoráveis para fluxos de menor densidade.

Por outro lado, a sua operacionalização torna-se deficiente e desvantajosa devido os fatores tais como: a baixa velocidade de operação, por dividir a rede viária com outros veículos, ocasionando longos tempos de viagem; pontualidade insatisfatória; e insegurança dos passageiros provocado pelas acelerações e frenagens.

O nível de serviço oferecido é agravado pela falta de um planejamento adequado na implantação das linhas de ônibus. As linhas na sua grande maioria, são implantadas sem nenhuma preocupação com as reais necessidades da coletividade e sem levar em consideração a demanda efetiva de passageiros.

Este fato acarreta sérios problemas, como é o caso dos chamados "Corredores de Transportes" servidos por inúmeras linhas, operadas por diversas empresas. Nestes corredores observam-se itinerários sobrepostos na maior parte de sua extensão total. O resultado disso é a baixa taxa de ocupação dos veículos pelo aumento acima do necessário de sua frequência como

forma de reunir o maior número de passageiros.

Numa situação ideal, o planejamento das linhas devem levar em conta as formas de distribuição das atividades do uso do solo, favorecendo o deslocamento da população residente com os demais centros de atividades urbana.

As técnicas de programação matemática através do uso de modelos de fluxos em redes vem se desenvolvendo no campo da pesquisa operacional, de forma a atender as necessidades de planejamento das redes de transportes. Isto se deve a simplicidade básica dos conceitos de redes e a facilidade para implantação computacional, (OLIVER E POTTS, 1972).

1.2. Objetivo

O trabalho tem por objetivo desenvolver uma metodologia para a análise da rede viária urbana, visando o planejamento da rede de transporte coletivo urbano por ônibus, a fim de possibilitar a mobilidade dos usuários do sistema entre os demais setores urbano, minimizando os custos de operação das rotas possíveis para implantação.

Para tanto foram desenvolvidos as seguintes atividades:

- a) Monitorar a expansão urbana, utilizando técnicas de sensoria-
mento remoto;
- b) Analisar a demanda de passageiros transportados, e a forma

como esta demanda é atendida pela oferta atual de facilidades de transporte; e

c) Desenvolver modelo matemático para determinar as rotas possíveis para implantação, de acordo com a frequência que as mesmas podem ocorrer.

1.3. Importância do Trabalho

Na medida que cresce a área urbanizada, surgem novas atividades e ~~aumentam as diferentes formas~~ de usá-las, a quantidade de pessoas e as distâncias entre os diversos setores urbanos. Com isto, as relações de trocas se tornam mais complexas e há necessidade de rever e ampliar as facilidades de transportes.

De modo a fornecer uma ferramenta para os órgãos gestores de Transportes Urbanos, apresentou-se a uma metodologia para o planejamento da rede de transporte coletivo por ônibus.

Esta metodologia deverá atender as necessidades de planejamento da rede de transportes. Quando através do processo de ~~monitoramento~~ se permite identificar as alterações na estrutura urbana, ~~e como se comportam as formas de~~ distribuição do uso do solo. E a partir daí identificar-se as necessidades de deslocamento entre os diversos setores urbanos.

A aplicação do modelo de rede permite a entrada dos dados de acordo com a mudança dinâmica da estrutura urbana, quando possibilita o planejamento da rede de transporte para os diferentes períodos, conforme a variação temporal da demanda por viagens. Com esta aplicação obtém-se as rotas viáveis para serem operacionalizadas de forma a atender a locomoção dos usuários numa frequência em nível desejado.

1.4. Limitações do Trabalho

No decorrer da elaboração deste trabalho, algumas limitações foram identificadas. Uma delas, refere-se à disponibilidade de produtos cartográficos que cobrem a área de estudo, numa escala adequada para o desempenho da técnica de monitoramento da estrutura urbana. Outra dificuldade, foi a aquisição de dados atualizados para testar a metodologia desenvolvida de modo que, refletisse a realidade.

Este problema poderia ser solucionado, com o apoio dos órgãos de interesse no assunto, por exemplo, a Secretaria Municipal de Transportes Urbanos que deveria viabilizar a coleta de dados adequados, para definir os parâmetros necessários à sua atualização.

1.5. Estrutura do Trabalho

O trabalho está apresentado em seis capítulos.

De forma a facilitar o nível de compreensão do trabalho foram introduzidos no capítulo 2, alguns conceitos importantes, extraídos de diversas referências bibliográficas. Este capítulo está dividido em três partes: a primeira, apresenta os aspectos referentes ao Planejamento de Transportes; a segunda apresenta a utilização do Sensoriamento Remoto no processo de monitoramento; e a terceira, apresenta o papel da modelagem no processo do planejamento.

O capítulo 3, apresenta a caracterização da área de estudo.

No capítulo 4, na primeira parte está relacionado o material utilizado e na segunda, está descrita a metodologia aplicada a área de estudo.

O capítulo 5, apresenta os resultados da metodologia aplicada.

O capítulo 6, apresenta as conclusões.

CAPITULO 2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Aspectos do Planejamento dos Transportes

O objetivo geral do processo de planejamento é promover o bem estar do habitante da comunidade de forma a criar um ambiente cada vez melhor, mais saudável, conveniente e seguro. Dentro deste ponto de vista a cidade deve ser encarada sob os aspectos físico, social e econômico; que constitui um organismo único, cujos aspectos e atividades são todos correlatos e interdependentes.

Portanto, o planejamento urbano se constitui no instrumento para coordenar e harmonizar as atividades relacionadas com o controle ou direcionamento da cidade, através dos planos que abrange os demais setores urbanos, (AIAM, 1969).

BLUDEN (1979), diz que se faz necessário distinguir plano e planejamento. O plano de modo geral se refere a uma estratégia ou política, para desempenhar ou governar uma situação

de crescimento ou método de ação, ao passo que o planejamento é o processo metodológico que dirige o plano.

Os planos urbanos, de acordo com VASCONCELOS (1991), normalmente abrangem a regulamentação do uso do solo, da ordenação do espaço urbano e a criação da infra-estrutura geral como habitação, sistema viário e transportes, dentre outros.

Uma das partes mais importante do plano urbano é a que trata do disciplinamento das formas de uso do solo. A localização das áreas industriais, comerciais, residenciais e de lazer, muito influirá no tempo a ser despendido pelos residentes da cidade em transporte.

De acordo com GRAY & HOEL (1979), o transporte é o maior componente dinâmico dos sistemas de decisão e dos órgãos de planejamento. As facilidades de transportes são implementadas na medida que surgem novas edificações e como resultado disso o problema de transporte tem se tornado um dos mais conhecidos problemas do planejamento da cidade moderna.

Conforme HAY (1977), o transporte compreende duas formas de utilidade: utilidade de espaço e utilidade de tempo, que em termos econômicos significa ter coisas onde e quando são necessárias, funções essenciais que podem também ser aplicada para movimento de pessoas. O movimento de pessoas representa uma necessidade vital do serviço de transporte que trata do uso das vias, ônibus, automóvel e outras modalidades utilizadas de forma eficiente.

LAPATRA (1980), diz que os problemas de transporte são normalmente interligados às dificuldades de espaço, de investimentos, e do empenho geralmente para conhecer as necessidades e aspirações de moradia na cidade. Como exemplo, o congestionamento é a principal imagem de problemas de transportes.

No processo de planejamento de transportes, de acordo com BARAT (1978), deve ser considerada a evolução da rede de transporte existente, com sua história específica e o papel desempenhado pelas diversas modalidades de transportes, nas diferentes etapas do desenvolvimento regional. É de grande importância a análise das alterações estruturais verificadas no sistema econômico, de seus efeitos sobre a demanda de transportes e das características próprias de cada modalidade.

BLUDEN (1973), cita três metodologias básicas do planejamento:

- a) o projetivo - obtido pela extrapolação dos dados existentes;
- b) o dedutivo - obtido através de uma síntese dos dados; e
- c) o objetivo - obtido através das técnicas de programação.

De acordo com BRUTON (1979), o planejamento de transporte para ser efetivo deve ser compreendido e coordenado com os demais aspectos geral do planejamento, como destaca na figura 1.

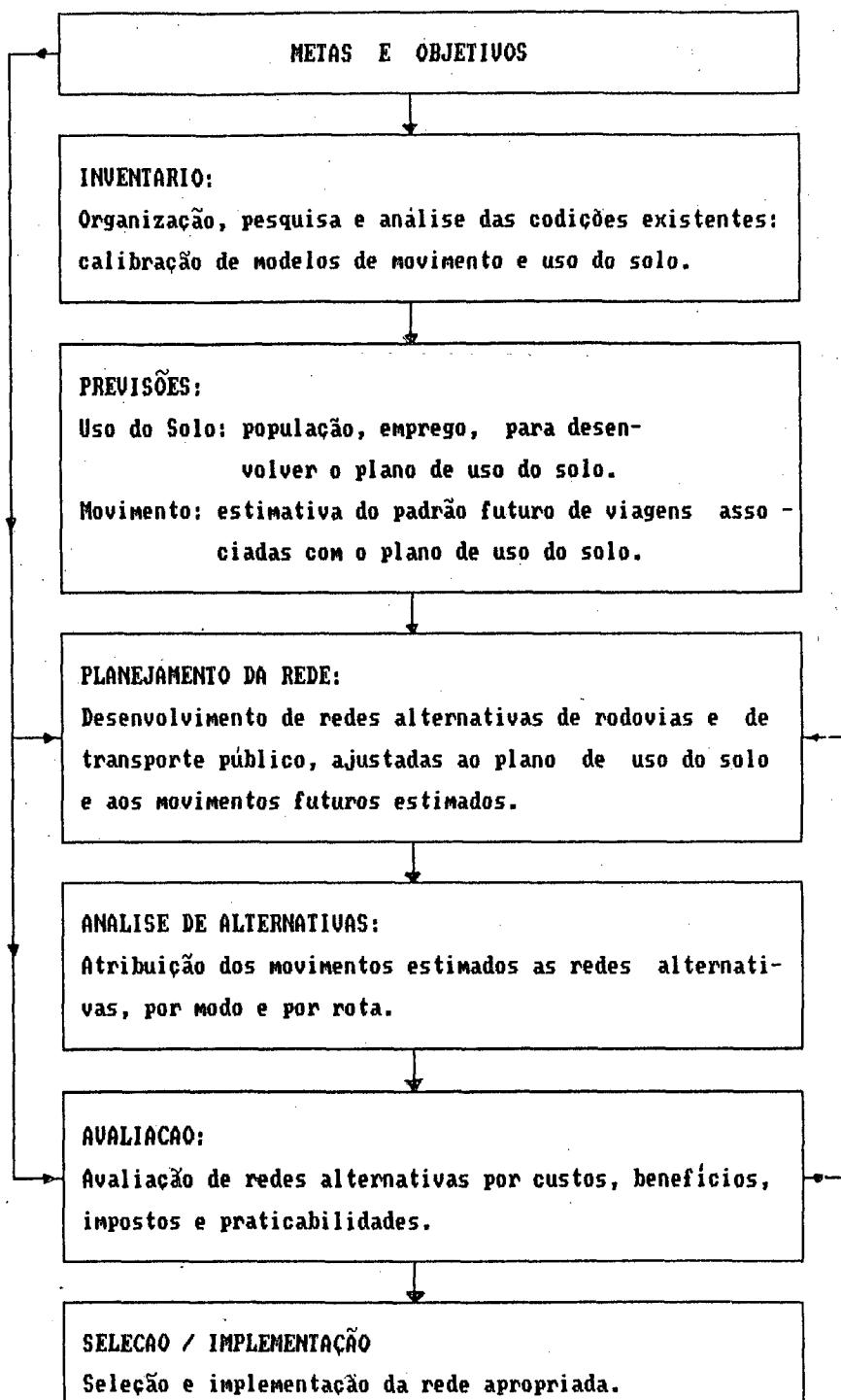


Figura 1: O Processo de Planejamento dos Transportes

Fonte: BRUTON (1979)

2.1.1. Uso do Solo

Conforme FERRARI (1984), o uso do solo deve ser definido segundo a atividade predominante de seus equipamentos, e genericamente podem ser classificados como:

- a) Usos residenciais;
- b) Usos Industriais;
- c) Usos Comerciais;
- d) Usos Institucionais (públicos ou privados);
- e) Área de Circulação;
- f) Áreas livres (públicas ou privadas: adequadas ou não ao uso urbano).

Os diversos usos preenchem todo o espaço urbano em diferentes proporções de área. Essas proporções variam no tempo e no espaço e de conformidade com a função predominante da cidade.

De acordo com o DNER (1974), o sistema de transporte além de servir como meio de circulação, exerce um papel fundamental ao influir no padrão de desenvolvimento do uso do solo. Por outro lado, o uso do solo é um fator importante na classificação funcional das vias, uma vez que, determina em grande parte os volumes e composição do tráfego, as origens e os destinos das viagens.

A relação entre transporte e o ordenamento da cidade tem sido considerada nos estudos de transportes urbanos. De acordo com LAPATRA (1980), a integração dos dados proveniente de estudos de uso do solo e tráfego originou quatro grandes contribuições:

a) Transporte é visto como um conjunto compreensivo de atividades interrelacionadas;

b) Uso do solo, características demográficas e sociais, onde preferências do consumidor são consideradas como maiores determinantes para necessidade de transportes;

c) Tomou-se consciência da influência do próprio sistema de transporte no desenvolvimento das áreas urbanas; e

d) Uma aceitação do fato que planejamento de área metropolitana, desenvolvimento e controle do sistema de transportes é necessário num ambiente onde o cidadão possa se locomover livremente.

Conforme HAY (1977), a quantidade de tráfego gerado depende do tipo e intensidade de uso do solo. Como exemplo, áreas residenciais podem gerar um percentual de 40 a 50% de todas viagens, mas áreas de trabalho, comercial, escolas hospitais também geram atividades e por conseguinte tráfego.

MARBLE AND PEUQUET (1983), afirma que a integração de sensores remotos fornecem banco de dados espaciais para o planejamento em grande escala de uso do solo e, especificamente,

para seleção de áreas para expansão urbana.

A função do sistema de classificação de uso do solo conforme JENSEN (1983), é fornecer uma estrutura de forma a organizar e categorizar a informação. Considerando que o sistema de classificação é um componente necessário para o efetivo planejamento e gerência de uso do solo, é importante frisar que não existe um sistema de classificação ideal e único, com aceitabilidade universal, isto é, as classes de uso do solo são definidas de acordo com o material disponível e o estudo de interesse.

Segundo NOVO (1979), os mapas de uso do solo generalizados podem ser obtidos de imagens de satélites com precisão variando de 82% no caso de usos industriais e comerciais, e 97% em áreas irrigadas.

2.1.2. Rede Viária

HUTCHINSON (1979), diz que o papel do planejamento de transporte e uso do solo é estabelecer uma estrutura urbana adequada às atividades que venha se desenvolver na área urbana. Num plano estrutural urbano a configuração da rede de transporte é de vital importância, uma vez que engloba os demais componentes da estrutura urbana.

De acordo com FERRARI (1988), o sistema viário em geral se enquadra em dois tipos de estruturas principais. São eles: ortogonal (tabuleiro de xadrez e grade) e rádio-concêntrico, ou nas combinações de ambos, (hexagonal, linear, ortogonal radial, misto, etc).

A estrutura ortogonal consiste de duas ruas que se cruzam em ângulo reto formando quadras (tabuleiro de xadrez) ou retângulos (grelhas ou grade). Esse tipo de estrutura simplifica o processo de desmembramento ou loteamento; facilita a localização das vias, divisão das quadras em lotes. Por outro lado, conflita com a topografia irregular; aumenta os percursos devido a inexistência de diagonais; as ruas retas oferecem desvantagens quanto a possibilidades de canalizarem os ventos e quanto ao ofuscamento provocado nos motoristas pela incidência da luz solar.

A estrutura rádio-concêntrico tem como característica um conjunto de vias que surgem de um mesmo ponto central (radiais) e se interliga por outras vias circulares com centro no ponto central (perimetrais ou periféricos). Essa estrutura apresenta facilidade no processo de zoneamento, e favorece a circulação entre dois pontos quaisquer. Porém, possibilita congestionamentos nas áreas centrais em face das convergências das vias radiais para o centro, dificultando a circulação do automóvel e dando maior prioridade para o transporte rápido de massa.

Conforme BRUNA (1983), através do processo de ordenação do espaço físico é possível prever as tendências de crescimento das áreas urbanas, a implantação de equipamentos públicos e do sistema viário, bem como a preservação da paisagem.

Segundo o DNER (1974), o planejamento da rede de transporte deve tomar por base as demandas de viagens estimada a partir do uso do solo planejado e seguido da elaboração de programas de forma a atender essas necessidades.

De acordo com BRUTON (1979), o estágio de planejamento de rede viária envolve o desenvolvimento de redes alternativas, incluindo-se redes tanto para o transporte coletivo como para o veículo individual. Nesta etapa são considerados os fatores tais como densidades de viagens produzidas e atraídas para uma determinada área, comprimento das viagens, característica de uso do solo, critérios operacionais da rede e custos de investimentos. Porém, a forma como esses fatores são considerados e a influência por eles exercida no planejamento das redes variam de acordo com a finalidade do estudo.

Conforme GUIMARÃES et al, In: LOCH (1988), para se efetuar um bom planejamento das vias de transportes, é necessário analisar a região em termos globais, podendo ser usada como ferramenta a imagem aérea na consideração da definição dos acessos aos centros de atividades.

MINTZER (1983), diz que grande quantidade de dados necessário para o planejamento de rodovias pode ser obtido por técnicas de sensoriamento remoto. Fotografias aéreas de media e grande escala desempenham um importante papel na aquisição de dados para análise de condições referentes ao planejamento e posterior decisão de implantação de estradas. A viabilidade do uso de imagem de satélite tem proporcionado ferramenta adicional no comportamento das várias funções do planejamento de rodovias.

Com o crescimento dos problemas de tráfego nas cidades de grande porte, a Fotogrametria surge como uma ferramenta que pode oferecer excelentes resultados para estudo de característica de tráfego e para determinação de seus parâmetros mais importantes, como velocidade, espaçamento, e estudos de origem e destino.

De acordo com BLAUCHT (1979), as fotografias aéreas verticais de grande escala, fornecem uma visão detalhada e simultânea, das condições de tráfego, como a distribuição e densidade, facilitando a identificação de medidas alternativas no transporte. Por exemplo, no momento em que a fotografia é tirada, há possibilidade de contagem dos carros, permitindo distinguir os carros em movimentos dos parados e até mesmo contar os pedestres. Tirando-se uma série dessas fotografias em determinados intervalos de tempo, será possível obter-se uma série completa de dados que, por outros métodos, só poderiam ser aproximados.

2.2. Monitoramento

Segundo BOTTERILL & BOWYER (1988), para o entendimento das interações entre sistemas de transportes e características demográficas espaciais têm sido usadas duas linhas de pesquisa complementares:

- a) Monitoramento de mudanças espaciais urbanas - sistemas demográficos; e,
- b) modelagem destes sistemas, com particular ênfase sobre interações de transportes - uso do solo.

Conforme NASAR (1990), mapas evolutivos, constituem-se num instrumento para os planejadores. O estudo da evolução da cidade fornece os efeitos da estrutura e o significado histórico, ou seja, os acontecimentos qualitativos, fornecem uma memória evolutiva. Com informações monitoradas os planejadores podem estudar problemas específicos da cidade, e com isto melhorar a qualidade de vida urbana.

De acordo com NEVES & VITORELLO, In: LOCH (1988), para o desenvolvimento da tarefa do monitoramento é necessário um sistema de coleta de informações que possa identificar os elementos de interesse, e avaliar a área em estudo de forma econômica e repetitiva. Dentro deste contexto, as técnicas de Sensoriamento Remoto por satélites apresentam a periodicidade adequada.

De acordo com SIMONETT (1983), o termo Sensoriamento Remoto usualmente refere-se a reunião e processamento das informações, à respeito da superfície terrestre, e dos dados relacionados adquiridos de uma aeronave ou satélite.

O Sensoriamento Remoto é uma técnica que está em pleno desenvolvimento. Conforme LOCH (1982), vários tipos de sensores remotos como imagens de satélite, imagens de radar e fotografias aéreas convencionais, tem vasto campo de aplicação técnico-científico como na Meteorologia, Agronomia, Geologia, Geografia, Cartografia, Pedologia, Hidrografia e Oceanografia.

O INPE (1980), diz que uma das formas de sensoriamento remoto mais tradicional é a Fotografia Aérea. Com o desenvolvimento de aeronaves estáveis e o aperfeiçoamento dos sistemas fotográficos, as fotografias aéreas alcançaram um estágio altamente sofisticado, tendo sua aplicação intensificada em áreas civis e militares.

Com o aperfeiçoamento cada vez maior das técnicas de fotointerpretação e com a melhoria da qualidade das fotografias aéreas, muito mais informações sobre as feições da superfície terrestre têm sido obtidas.

Para aplicação adequada da técnica de Sensoriamento Remoto, é de grande importância a escolha do sensor para obtenção

dos dados necessários, com o máximo aproveitamento do seu potencial.

As diferentes respostas espectrais de cada imagem e a escala adequada para o trabalho, determinam qual o sensor que deve ser utilizado para um dado estudo. Os produtos de sensores que podem ser utilizados no levantamento de uso do solo são as imagens de satélite, os mosaicos de radar e as fotografias aéreas, que variam de grande à pequena escala, (LOCH, 1988).

Na análise da rede viária, um parâmetro que precisa ser bem definido é a resolução. NOVO (1989), define resolução como uma medida da habilidade que um sistema sensor possui para distinguir entre respostas que são semelhantes espectralmente ou próximas espacialmente. São caracterizadas na forma de resolução espacial, àquela que mede a menor separação angular ou linear entre dois objetos; e a resolução espectral é representada pela medida da largura das faixas espectrais e depende da sensibilidade do sistema sensor em distinguir entre dois níveis de intensidade de retorno.

Para o monitoramento, um fator importante é a resolução temporal. De acordo com BERNSTEIN (1983), resolução temporal é um fator determinante nas características de resolução de um sistema de sensor de forma adequada para monitorar mudanças dos aspectos da natureza através do tempo. Por exemplo, um método de análise visual para identificar e discriminar diferenças entre tipos de eventos e outras mudanças de feições sazonais é o emprego da

coleta de imagens num determinado intervalo de tempo durante o ano.

2.2.1. Técnicas e Desempenho de Interpretação de Imagens

MOREIRA E ASSUNÇÃO (1984), afirmam que a análise visual pode ser empregada como auxiliar na análise digital. Para o bom desempenho da análise digital é necessário a utilização de áreas amostrais, que são analisadas visualmente e checadas no campo, a fim de servirem como verdades terrestres.

De acordo com ESTES, JONH, HAJIC, TINNER (1983), o processo de análise de imagem se refere essencialmente a detecção e identificação de importantes objetos. Esses objetos podem então ser medidos manualmente ou com auxílio de instrumentos fotogramétricos. A identificação dos objetos pode ser seguida levando em consideração a percepção do intérprete, e do conhecimento de campo dentro de um contexto de resolução de um problema. O intérprete deverá ser hábil para relacionar a sua percepção dos objetos com significado dos mesmos.

Segundo NOVO (1989), os elementos básicos de análises de imagens são semelhantes entre técnicas digitais ou técnicas visuais de interpretação, os quais podem ser classificados como: tonalidade, cor, tamanho, forma textura, padrão, altura, sombreamento, localização e contexto.

A interpretação Digital tem várias vantagens sobre a interpretação visual, de acordo com SNOOK (1987), pois permite transformações matemáticas e ampliação da imagem, e ainda pode reduzir as divergências e inconsistências entre fotointérpretes devido as diferenças nos níveis de habilidade. Por outro lado, na análise visual o fotointérprete pode integrar outros fatores como tom, textura, cor e feições espaciais da imagem, proporcionando uma análise mais precisa do tema de interesse.

Pode-se citar dentre os softwares utilizados para análise digital de imagens o SITIM e o ERDAS.

O SITIM, sistema de tratamento de imagens, é um sistema destinado à extração de informação a partir de dados de sensoriamento remoto, obtidos principalmente por satélites. Esta extração de informação pode se dar de forma qualitativa, através da observação de imagens realçadas pelo sistema, ou de forma quantitativa, através da utilização de procedimentos de classificação de imagens, (ENGESPAÇO, 1988a).

O ERDAS (Earth Resources Data Analysis System), desenvolve análise de dados de Sensoriamento Remoto, tais como de imagens do Satélite LANDSAT ou SPOT; e dados de imagem digitalizada, como fotografias aéreas, (ERDAS, 1985).

De acordo com MARBLE AND PEUQUET (1983), o sistema de Sensoriamento Remoto tem como principal característica a produção de grande volume de dados espaciais. A utilização desses dados

requer um eficiente manuseio geográfico e um sistema de processamento que possa transformar estes dados em informações úteis. A ferramenta mais indicada quando se trabalha com dados georeferenciados está sendo o Sistema de Informação Geográfica.

DUEKER (1987), define um Sistema de Informação geográfica - SIG como sendo um tipo especial de sistema de informação, no qual os dados base consistem:

- a) observações sobre feições distribuídas espacialmente, atividades ou eventos, os quais são definidos espacialmente como, pontos linhas ou áreas; e
- b) procedimentos para coletar, armazenar, reaver analisar informações e dispor como dados geográfico.

MARBLE AND PEUQUET (1982), são várias as áreas que utilizam técnicas operacionais do SIG, como exemplo uso do solo, planejamento de tráfego, planejamento militar dentre outros usos.

A interação do SIG com dados extraídos de fotografias aéreas de várias datas e com outros dados extraídos de mapas geológico e topográfico tem sido usado, de forma satisfatória, na análise de alterações dinâmicas do uso do solo, isto, se deve a capacidade da técnica aplicada em detectar as mudanças no uso do solo e avaliar o impacto destas mudanças no meio ambiente, (SHIPMAN, 1990).

2.2.2. Imagem Aérea

De acordo com LOCH E LAPOLLI (1989), as fotografias aéreas convencionais têm permitido a obtenção de imagem da superfície terrestre com alta resolução espacial. Além disso, o fato das fotografias serem obtidas na região visível do espectro e suas proximidades, torna o conteúdo mais facilmente interpretável, pois apresenta uma aparência natural, com relação à forma, tamanho, cor, etc., dos objetos fotografados.

Segundo GARCIA (1982), o filme mais utilizado no Brasil é o pancromático que resultam em fotografias branco e preto e nos diferentes tom de cinza.

Apresentam como principais vantagens:

- a) facilidade de manuseio e processamento;
- b) custo relativamente baixo; e
- c) são menos suscetíveis a fungos.

Como desvantagens:

- a) os objetos são registrados somente em tons de cinza; e
- b) ausência de limite de cores, diminuindo a percepção.

Conforme ANDERSON (1980), as fotografias aéreas permitem imageamentos permanentes, registram uma situação num espaço físico qualquer em determinada época: assim possuem valor histórico. Quando se tem uma série de fotografias de diferentes épocas de uma região, pode-se detectar as transformações da região com o decorrer do tempo.

JENSEN (1990), diz que as fotografias aéreas tem sido a principal fonte de informação para as áreas urbanas, são superiores as imagens de satélites em termos de resolução espacial. Porém, possuem a desvantagem do custo, que é muito alto por unidade de área.

LO & WUC (1984), afirmam que, se pode utilizar uma seqüência de fotografias aéreas em intervalos regulares para monitorar o uso do solo urbano, apresentando bons resultados. Os mapas produzidos apresentam precisão adequada, permitem observar as características do desenvolvimento e a extensão das mudanças da estrutura urbana. Inclusive, com a análise da evolução da rede de transporte.

De acordo com HERNANDES FILHO (1988), as imagens orbitais correspondentes a região do visível, como o canal 3 do LANDSAT-TM e àquelas do infravermelho médio correspondentes aos canais 5 e 7, tem se caracterizado por apresentar dados relevantes para o traçado das redes de drenagem e viária, em áreas urbanas.

2.3. Os Modelos no Processo de Planejamento

De acordo com NOVAES (1981), "um modelo é a representação de um sistema ou de seus componentes. Tal

representação pode ser realizada através de vários tipos de linguagens matemática, lógica, gráfica e física (modelo reduzido)."

Um modelo, geralmente, pode ser expresso matematicamente como:

$$V = f(x_i, y_j)$$

onde:

V = representa o conjunto de resultados;

x_i = representa um conjunto de variáveis sujeitas a controle;

y_j = representa um conjunto de fatores, variáveis ou constantes, que não estão sujeitas a controle; e

f = é a relação funcional entre as variáveis independentes e constantes, x_i e y_j e a variável dependente V .

As vantagens da aplicação de modelos no processo de planejamento, conforme WOODRHEES (1959), são:

a) Proporcionar o entendimento dos fatores que influenciam o desenvolvimento do solo e padrões de tráfego;

b) proporcionar uma melhor base real para os planos;

c) avaliar e testar planos alternativos; e

d) desenvolver planos mais realísticos.

2.3.1. Classificação dos Modelos no Processo de Planejamento

De acordo com LOWRY (1969) os modelos classificam-se segundo sua finalidade e seu uso, em :

a) Modelos descritivos: aqueles que tem por objetivo o entendimento da estrutura do sistema, limitando-se a reproduzir as variáveis relevantes de um ambiente urbano ou de um processo de mudança urbana já ocorrido; e

b) Modelos preditivos: apresentam como principal a projeção de alguns fatores básicos como por exemplo: população, número de empregos, rendas, etc., de um determinado período de tempo, com posterior comparação dos valores reais com os previstos.

De acordo com as técnicas utilizadas na solução do modelo, pode-se utilizar, segundo LOWRY (1969), os seguintes métodos:

a) Métodos analíticos: aplicados somente a modelos que apresentam estruturas lógicas compactas e cujas relações funcionais internas são simples;

b) Métodos iterativos: aplicado aos modelos cujas estruturas estão sobrecarregadas com relações matemáticas inconvenientes;

c) Métodos de simulação: são utilizados na solução de modelos mais complexos, cuja aplicação dos métodos analíticos e

iterativos não apresentam soluções eficazes. Este método pode ser dividido em:

- simulação pelo computador, no qual o processo é programado no computador, sem interferências intermediárias do homem; e
- simulação pelo computador e pelo homem, nesse caso o processo pode ser interrompido pelo homem, analisados seus resultados parciais e introduzido novos parâmetros.

Nas últimas décadas, planejadores de transporte tem desenvolvido modelos de redes, para prever impactos de mudanças proposta no sistema de transporte e nas formas de distribuição do solo urbano.

Segundo OLIVER & POTTS (1972), o uso de modelos de redes tem contribuído, consideravelmente, com o desenvolvimento da pesquisa operacional. Isto se deve, a simplicidade básica e generalidade de conceitos de redes, e a facilidade de cálculos para computação digital. Pode-se dizer que as redes tem fornecido condições ideais para modelagem matemática nas diversas aplicações da ciência e engenharia. O uso de modelos de redes tem se tornado universal em planejamento de transportes, no que se refere a caracterização e quantificação do fluxo de veículos.

Redes de Transporte podem ser representadas por um grafo, composta por uma coleção ou conjuntos de arcos individuais, não necessariamente todos do mesmo tipo, os quais são conectados entre si para formar um sistema semelhante ao movimento de pessoas e mercadorias dentro de uma área.

De acordo com LANDIS AND LEVINE (1989), a utilização do SIG no processo de modelagem de dados iterativo, operações nas quais dados não são simplesmente recuperado, mais usado para simular ou para prever vários fenômenos de ordem natural, é uma ferramenta que muito pode contribuir na análise de rede de transporte.

2.3.2. Modelos de Previsão de Viagem: Análise de Distribuição de Viagem

O processo de planejamento de transporte geralmente engloba dois passos básicos, de acordo com HAY (1977):

- a) estabelece a demanda para um dado nível e qualidade de serviço; e
- b) desenvolve um plano de ação que possa satisfazer o atendimento daquela demanda.

A demanda por transportes é determinada pela característica da população, uso do solo e a quantidade de atividades geradas destes dois elementos.

Na fase de estudo da demanda por transporte os dados são coletados para estabelecer a demanda de transporte existente e para fornecer uma base para previsão da demanda futura.

BRUTON (1979), classifica os procedimentos matemáticos para distribuição de demandas futuras entre várias zonas em dois grupos:

- a) Método do Fator de Crescimento; e
- b) Modelos Sintéticos.

Os métodos de fatores de crescimento de distribuição de viagens, foram desenvolvidos com base na hipótese de que o padrão atual viagens pode ser projetado no futuro, utilizando-se valores previstos da taxa de crescimento por zonas. Esses métodos em linhas gerais podem ser representados pela seguinte fórmula:

$$T_{i-j} = t_{i-j} E$$

onde:

T_{i-j} = número de viagens futuras da zona i para a zona j;

t_{i-j} = número de viagens existentes da zona i para zona j; e

E = fator de crescimento.

Estes métodos podem ser usados, apresentando bons resultados, quando aplicados para previsões a curto prazo em áreas onde não há alterações no uso do solo.

Os modelos sintéticos procuram entender a relação causal associada aos movimentos, considerando-os como sendo similares a certas leis de comportamento físico. Os modelos se baseiam no seguinte princípio: as viagens entre dois pontos

crecem, à medida que aumenta a atração para a viagem, mas decrescem à medida que aumenta a resistência a esta viagem.

Dentre os modelos sintéticos, conforme PIGNATARO (1973), o modelo gravitacional é o mais utilizado para estimar a distribuição de viagens. Este método se baseia na hipótese de que as viagens entre zonas são diretamente proporcionais à atração de cada zona e inversamente proporcionais a função de separação espacial entre zonas. De um modo geral, a formulação do modelo gravitacional toma a seguinte forma:

$$T_{ij} = P \frac{A_j / (D_{ij})^x}{\sum_{j=1}^n A_j / (D_{ij})^x}$$

onde:

T_{ij} = viagens da zona i para zona j;

P_i = Total de viagens originadas na zona i;

A_j = Força de atração na zona j (por exemplo, se t_{ij} são viagens de trabalho, A_j , será representada pelo número de empregos localizados na zona j);

D_{ij} = Impedância de viagem entre zonas i e j (isto pode ser representado pelo tempo e ou pelo custo da viagem); e

x = expoente de impedância de viagem.

2.4. Nivel de Serviço

Nivel de serviço refere-se a disponibilidade de transportes para atender uma determinada demanda por viagens, de forma a proporcionar um certo grau de conforto e segurança aos viajantes. Isto pode ser quantificado de acordo com a quantidade máxima de passageiros transportados em cada viagem, ou seja sua lotação.

Os níveis de serviços (NS) seguem uma classificação representada pelas letras de A até F, e a nível teórico por F1 a F4, conforme mostra a figura 2. Como exemplo, pode-se considerar que sejam transportados apenas passageiros sentados, o que corresponde ao NS A, como ocorre nas linhas de transporte seletivo ou naquelas que requerem um elevado tempo de percurso.

De acordo com CRUZ (1991), considerando que a lotação do veículo padrão é no mínimo igual a quantidade de assentos, o grau de conforto referente aos demais níveis pode ser expresso em quantidade de passageiros em pé, considerando fixa a área útil, ou seja:

$$lt = ast + pp$$

onde:

lt = lotação do veículo-padrão a um dado nível de serviço;

ast = lotação mínima, que corresponde a quantidade de assentos disponíveis do veículo padrão (passageiros); e

pp = quantidade máxima de passageiros admitida para o transporte de passageiros em pé.

Portanto, como a quantidade de passageiros em pé depende da área útil do veículo, pode-se definir uma densidade de ocupação, como sendo a quantidade máxima de passageiros possíveis de transporte em pé por metro quadrado. Desta forma obtém-se:

$$lt = ast + d * a$$

onde:

d = densidade de passageiros em pé(m²).

O Quadro 01, apresenta as densidades médias da ocupação adotada por FREITAS (1985) e pelo TTC (1986), e a resultante da regressão linear pelo método dos mínimos quadrados determinada por CRUZ (1991), a partir destas duas fontes, bem como das simulações das respectivas lotações, considerando o veículo-padrão com 38 assentos e 5,30m² de área útil, representada na figura 2, e considerando, ainda, a qualidade de serviço, adaptada do TTC (1986).

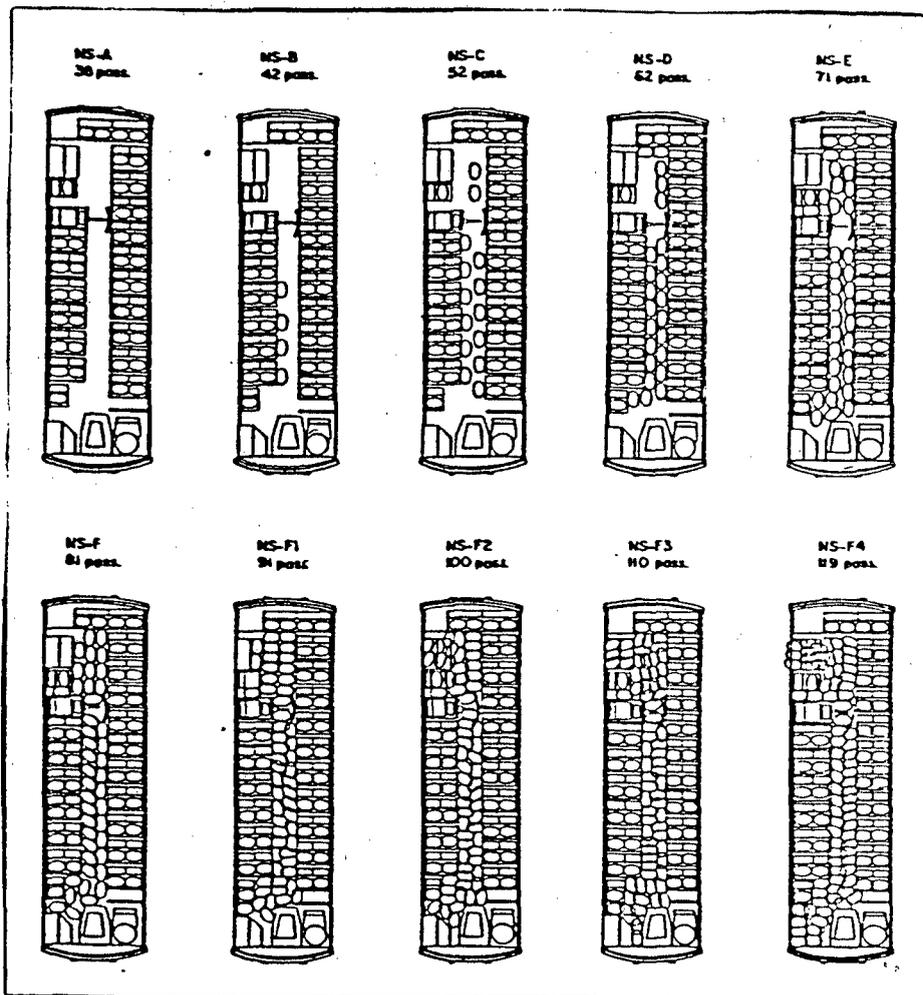


Figura 2. Planta Esquemática da Ocupação do Veículo - Padrão de acordo com o Nível de serviço.

Fonte: FREITAS (1985).

Quadro 01. Características dos níveis de serviços.

NS	Qualidade do Serviço	Densidade de Ocupação (pass/m ²)			Lotação (passageiro)		
		(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
A	excelente	0,8	0,8	0,8	38	38	38
B	ótimo	0,75	0,75	1,48	42	42	46
C	bom	2,64	2,25	2,97	52	58	54
D	regular	4,53	3,75	4,45	62	58	62
E	ruim	6,23	5,25	5,94	71	66	69
F	pequeno	8,11	6,75	7,42	81	74	77
F ₁	lotado	10,00	8,25	8,91	91	82	85
F ₂	superlotado	11,70	10,00	10,39	100	91	93

Fonte: (1) Freitas (1985), (2) TTC (1988), (3) Cruz (1991)

2.5. Conclusão

O enfoque apresentado neste capítulo foi referente a análise de conceitos básicos do processo de planejamento de transportes urbanos, destacando a importância do monitoramento através da utilização das técnicas de Sensoriamento Remoto. O próximo capítulo apresenta a caracterização da área de estudo.

CAPITULO 3. AREA DE ESTUDO

3.1. Localização da Area de Estudo no Mapa do Estado do Piauí

O município de Teresina localiza-se na zona fisiográfica do Médio Parnaíba, a sua área urbana compreende as seguintes coordenadas geográficas, conforme mostra a planta de situação em anexo.

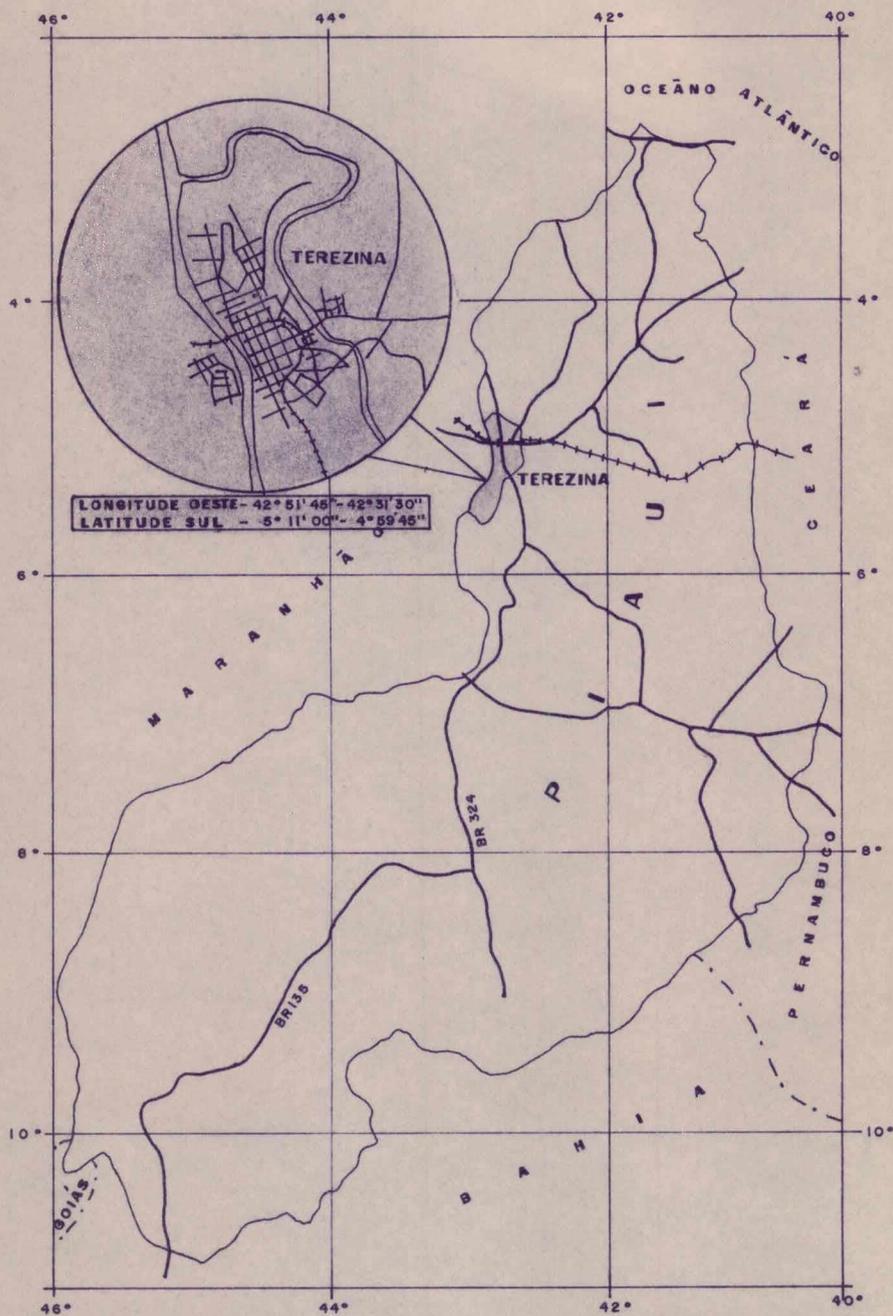
Latitude: 5° 11' 40" e 4° 59' 45" S

Longitude: 42° 51' 45" e 42° 41' 43" W

Os municípios confrontantes de Teresina são:

- a) Ao Norte: o município de União;
- b) Ao Sul: os municípios de Demerval Lobão e Palmeirais;
- c) Ao Leste: o município de Altos;
- d) Ao oeste: com o rio Parnaíba.

PLANTA DE SITUAÇÃO



3.2. Formação do Sítio Urbano

No início do século XIX, o Estado do Piauí tinha como sede do governo a cidade de Oeiras, situada numa planície entre morros de solo úmido, caracterizado na época como único núcleo urbano de relativa importância, que articulava-se com as fazendas de gado, base da atividade econômica, que mais tarde foi perdendo o vínculo com o litoral leste (Pernambuco e Bahia), se voltando para o litoral norte (Maranhão). A partir daí, iniciou uma fase de decadência em função da sua localização desfavorável a comunicação com outros estados vizinhos, quando surgem as primeiras manifestações de transferência da capital da província para o norte, tendo como opção uma área às margens do rio Parnaíba que apresentava condições mais favorável ao intercâmbio comercial.

Em 1852, o presidente da Província, Conselheiro José Antônio Saraiva, através da Lei nº 315 elevou a vila do Poti, localizada num recanto agreste denominado Chapada do Corisco, à categoria de cidade, com o nome de Teresina. Transferindo a então sede do governo para às margens do rio Parnaíba, a fim de facilitar o transporte fluvial. A primeira providência tomada para o assentamento da nova capital, foi no sentido de ordenar a forma de ocupação urbana. Nesta oportunidade foi proposto o primeiro modelo de ocupação espacial para a cidade, sob forma de um "Tabuleiro de Xadrez", que compreendia uma área de 43km², tendo como centro uma praça, na qual se localizaria a igreja

Matriz de N.Sra. do Amparo cercada por quarteirões que deveriam se estender por 3 km de norte a sul. A oeste se limitaria com o rio Parnaíba e a leste com o rio Poti. Teresina teve, seu Primeiro Plano Urbanístico no qual se definiram a estruturação do sistema viário e o zoneamento urbano baseado na localização das instituições públicas, dos padrões residenciais, das atividades de comércio e dos serviços de caráter especial como asilo, cemitério, cadeia pública, etc.

O primeiro modelo de ocupação que previa o desenvolvimento da cidade no sentido leste-oeste não foi seguido, a localização centralizada da igreja Matriz (concluída em 1854) e a construção na zona centro norte, do Mercado Público e do cemitério São José, como também as relações de comércio dos moradores da antiga Vila do Poti condicionaram o crescimento da cidade na direção norte-sul. Fato esse, fortalecido mais tarde com a conclusão da Igreja N.Sra das Dores em 1886, originando o Primeiro Modelo de Administração Pública, no qual cada Paróquia era a própria região administrativa.

A integração da cidade com outros centros era efetuada através do transporte via Rio Parnaíba. Com a fundação da Companhia de navegação do Parnaíba, Teresina tornou-se um porto fluvial ativo e conseqüentemente centro comercial de toda a província. O rio Parnaíba adquiriu tal importância para a cidade que se transformou, já no presente século, em local de pouso de hidroaviões.

A partir da década de 50, a cidade passou a adquirir modernos aspectos de urbanização, com a pavimentação e ampliação do sistema viário, e se encaminhava para um crescimento populacional significativo. Na década de 70 já se constatava a explosão do crescimento urbano, surgindo a necessidade de elaboração de estudo e planos para ordenar a expansão urbana, (PDDU, 1983).

3.3. Aspectos Fisiográficos

A área geográfica do município de Teresina é formada pela bacia do rio Parnaíba que abrange praticamente todo estado do Piauí e a região leste do Estado do Maranhão. As principais características fisiográficas regionais são determinadas por uma faixa de transição entre a mata das guianas, início da floresta amazônica a oeste, o sertão árido nordestino à leste, e ao sul a região dos cerrados. Desta forma, a região distingue-se nitidamente por sua paisagem de transição, com a interpenetração dos caracteres norte úmido do centro-oeste e os períodos alternadamente secos e sub-úmido do nordeste.

3.3.1. Clima

As características acima citada ocasionam uma temperatura em nível elevado, precisamente na área de Teresina, estando sua média mensal acima de 25° C. A estação seca se estende de Junho a Dezembro, ocorrendo a maior incidência de chuvas no período de janeiro a maio.

3.3.2. Vegetação

A vegetação do município é caracterizada pela ocorrência de cocais (babaçu, carnaúba, tucum, etc), permeada pela formação de caatingas.

3.3.3. Relevo

Teresina está situada em uma área sedimentada, com solo apresentando relevo plano, com pequenas ondulações. As funções topográficas mais frequentes são as colinas, com topos achatados, as chapadas de superfície planas e os vales pouco entalhados. Observa-se três áreas de declividade acentuada superior a 15%:

a) a maior delas encontra-se na zona sul da área urbana, às margens do rio Poti, e compreende os bairros: Redenção, Lourival Parente e Bela Vista, com concentrações esparsas, formando um retângulo de aproximadamente 500ha;

b) uma outra área constitui-se de faixas alongadas a leste do bairro cidade satélite; e

c) a última localiza-se na zona norte da cidade, às margens do rio Poti, limite dos bairros Primavera e Água Mineral.

3.3.4. Geomorfologia

O município de Teresina está encravado na parte central da Bacia Sedimentar Paleozóica do Maranhão-Piauí. A cidade situa-se nas áreas de sedimentos das formações Pedra de Fogo, apresentando atitude horizontal e formação de taludes estáveis; e Piauí com solos argilosos que ocupam as áreas próximas as margens dos rios.

O quaternário é representado por sedimentos de origem fluvial, formando aluviões e terraços nos rios Poti e Parnaíba.

Teresina é beneficiada pela ausência de solo rochoso desfavoráveis à implantação de edificações. As áreas de sedimentação da Formação Pedra de Fogo apresentam ótimas características para fundação, devido à sua constituição e textura, e as áreas onde ocorrem aluviões são mais indicadas para construções leves em função da sua menor capacidade de carga.

3.3.5. Hidrografia

Teresina é banhada por dois rios perenes, o Poti e o Parnaíba, que propicia condições de utilização para irrigações, explorações agrícolas e abastecimento público.

A cidade está situada em área sedimentar com grande percentagem de arenito de excelente permeabilidade, permitindo ótimas condições de aproveitamento para o fornecimento de água de boa qualidade. Verifica-se, nas proximidades das margens dos rios, a existência de baixadas, que nos períodos chuvosos, dão origem a formação de lagoas.

FONTE: PDDU (1983).

3.4. Características Sócio - Econômicas

De acordo com o IBGE (1972), Teresina como capital do Estado, tem influência política-administrativa sobre os 115 municípios do Estado do Piauí. Caracteriza-se como centro de desenvolvimento regional, exercendo influência mais significativa em 73 municípios do Estado do Piauí e 26 estados do Maranhão, articulando-se com os seguintes centros sub-regionais: Campo Maior(PI), Caxias(MA), Codó(MA), Parnaíba(PI) e Picos(PI), e a nível superior com o centro macrorregional de Fortaleza.

3.5. Infra-estrutura Viária Regional

Teresina está interligada com os centros macrorregionais de Recife, Belém e Salvador e demais capitais do País, através das Rodovias BR-343/316 integrantes da rede Rodoviária Nacional. Essa integração se estende, ainda, por via férrea com a interligação de São Luis, Fortaleza e com a cidade de Parnaíba(PI). As rodovias estaduais PI-113, PI-112 e PI-130 servem de ligação com as principais município de Estado. (PDTU-MT-GEIPOT, 1983).

3.6. Demografia

Teresina vem mantendo uma taxa geométrica de crescimento populacional em torno de 6% ao ano nas últimas décadas, não existindo atualmente nenhuma indicação de reversão desta tendência, conforme mostra o quadro 02. O ritmo elevado deste crescimento é decorrência da localização regional estratégica da cidade. Sendo um importante entrocamento rodo-ferroviário e a única capital da Região Nordeste instalada no interior, Teresina recebe um fluxo migratório muito elevado, apresentado as mais altas taxas de crescimento demográfico entre as cidades de porte médio da Região Nordeste, (Teresina em Revista, 1990).

Os Quadros 02 e 03, apresentam a evolução demográfica da cidade de Teresina respectivamente no período de 1940 à 1980 e 1980 à 2010.

Quadro 02. Evolução Demográfica de Teresina 1940/1980

CENSO	POPULAÇÃO		TAXA DE CRESCIMENTO
	Total(hab.)	Urbana(hab.)	Geométrico(%)
1940	34.695		
1950	90.723	51.417	4,0
1960	142.691	38.329	6,7
1970	220.487	181.062	6,3
1980	377.774	339.042	6,5

Fonte: Teresina em Revista (1990).

Quadro 03. Projeção de Crescimento da população Urbana de Teresina

1980	339.042
1990	616.926
1995	832.190
2000	1.112.567
2005	1.514.265
2010	2.042.638

Fonte: Teresina em Revista (1990).

3.7. Conclusão

Neste capítulo foi apresentado os principais aspectos que caracterizam a área de estudo, bem como as informações de interesse para o conhecimento do desenvolvimento urbano e os fatores que impulsionaram para este fato. O próximo capítulo descreve a metodologia aplicada a área de estudo.

CAPITULO 4. MATERIAL E METODOS

4.1. Material

4.1.1. Material Cartográfico

Imagens de Satélite

Foram utilizadas para o desenvolvimento desta metodologia uma imagem orbital do LANDSAT-TMS referente a órbita 219 ponto 64 quadrante C, banda 3, obtida em 17 de agosto de 1990, na escala 1:50.000.

Fotografias Aéreas

Foram utilizadas fotografias aéreas verticais, na escala nominal 1:25.000 da data de 1958, pertencente ao Instituto de Terras do Piauí; na escala nominal 1:60.000 da data de 1968, pertencente ao 2º Batalhão de Engenharia de Construção, e na escala nominal 1:15.000 de 1989 cedida pela Prefeitura Municipal de Teresina.

Das fotografias aéreas datadas de 1983, foram escolhidas com base no processo de amostragem controlada, onde foram selecionadas as fotos correspondentes as áreas que tiveram maiores alterações no uso do solo e por conseguinte na rede viária, que resultou nos seguintes pares : (043,044 e 045), (049 e 050), (076,077 e 078), (166 e 167), (188 e 189), (190,191 e 192), (192 e 193), (194 e 195), (225 e 226), (229,230 e 231) e (250, 251 e 252).

Das fotografias aéreas de 1968 foram selecionadas as que cobriam a área urbana e área de influência, correspondente aos seguintes pares: (51880 e 51881), (51882 e 51883), (51884 ,51885 e 51886). Este mesmo processo foi utilizado para a seleção das fotos de 1958, que resultou nos seguintes pares: (8702 e 8703), (8704 e 8705), (8706 e 8707), (9033 e 9034) e (9035,9036 e 9037).

Das fotografias aéreas da data de 1958 foram escolhidas aquelas que abrangiam a área urbana do município e vizinhança correspondente aos seguintes pares: (8702 e 8703), (8704 e 8705), (8706 e 8707), (9033 e 9034), (9035, 9036 e 9037).

Cartas e Mapas

- Carta da DSG - escala 1:100 000, datada de 1966
(Folha SB.23-X-D-II-MI-886),
- Mapa da Cidade de Teresina, escala 1:20 000 de 1985,
- Mapa de Uso do Solo Urbano, escala 1:20 000 de 1988;

- Mapa do Sistema viário, escala 1:20 000 de 1988;
- Mapa do Itinerário de Transporte Coletivo, escala 1:20 000.

Estereoscópio

Para a interpretação das fotografias aéreas foi utilizado a estereoscópio de espelho.

4.1.2. Material Bibliográfico Específico da Área de Estudo.

- Plano de Desenvolvimento Local Integrado - PDLI de 1969;
- Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano - PDDU de 1983;
- Plano Diretor de Transporte Urbano - MT-GEIPOT;
- Travessia Ferroviária de Teresina - Implantação do Trem Urbano 1990;
- Relatório da Secretaria Municipal de Transportes - SEMTRAM 1990;
- Teresina em Revista ano 1 - 1990;
- Lei nº 1591. Dispõe sobre o parcelamento uso e ocupação do solo urbano, no município de Teresina;
- Lei nº 1932 de Agosto de 1988. Dispõe sobre a implantação do II Plano Estrutural de Teresina e dá outras providências.

4.2. Metodologia

O desenvolvimento da dissertação teve como base as seguintes etapas:

- a) Monitoramento da Expansão Urbana;
- b) Estudo da Demanda por Transporte Coletivo;
- c) Proposta de Rotas para o Transporte Seletivo; e
- e) Formulação do Modelo de Fluxo.

4.2.1. Monitoramento

Essa etapa foi desenvolvida com base em estudo bibliográficos e posterior interpretação das fotografias aéreas e imagem orbital.

O processo de interpretação das fotografias aéreas teve como objetivo a geração de mapas das épocas correspondentes, de forma que fosse possível verificar como ocorreu a evolução da estrutura urbana, e se desenvolveu tomando por base as seguintes etapas:

A primeira etapa foi referente a análise das fotos aéreas de várias datas, para tanto foram seguidos os itens abaixo:

- a) o primeiro passo foi referente a escolha das fotografias, de

acordo com as áreas de interesse para o referido estudo;

b) o segundo passo foi referente ao reconhecimento e identificação dos elementos que definem a estrutura urbana como, sistema viário, uso e ocupação do solo, relevo e hidrografia. Para tanto foram tomados como referência os parâmetros como, tonalidade, textura, forma, tamanho e sombra.

Justifica-se o uso destes elementos visto que os mesmos têm grande importância no estudo das características do uso do solo.

Numa fotografia branco e preto, a tonalidade varia do complemento branco até o preto, passando pelas nuances de cinza (claro, médio e escuro). Os diferentes tons de cinza permitem identificar as diferentes classes de uso do solo, como as áreas edificadas, cobertas pela vegetação, terraplenadas, etc.

A textura auxilia na identificação dos diferentes tipos de uso do solo e nos limites das propriedades imobiliárias.

O tamanho e a forma do alvo observado são aspectos que devem ser considerados na interpretação de imagens. De um modo geral, é através destes elementos que podem ser identificadas as delimitações de propriedades imobiliárias, por exemplo.

A sombra de um objeto fotografado é outro fator relevante para fotointerpretação, podendo indicar a altura do alvo em estudo e contribuir para sua identificação.

c) O terceiro passo foi referente ao processo integral da fotointerpretação dos elementos identificados, dentro do contexto urbano. Nessa fase foi analisado a importância de cada elemento no processo de expansão da cidade;

d) O último passo foi referente à descrição dos elementos analisados. Essa descrição foi representada pelo mapa da estrutura urbana onde foram destacados os seguintes elementos:

- Áreas Institucionais;
- Áreas de Lazer;
- Rede viária urbana; e
- Rede viária regional.

Estes elementos foram definidos com base no reconhecimento da área de estudo, nos mapas de uso do solo e do sistema viário.

O processo de fotointerpretação teve início pela fotografias da data de 1983, baseado no fato de que esta época representava as alterações mais significativas na estrutura viária, este processo se desenvolveu com o auxílio de equipamentos como estereoscópio e lupa.

A segunda etapa foi referente a análise visual da imagem orbital. Essa etapa teve com finalidade identificar a expansão urbana da área de estudo, o que possibilitou verificar a situação atual da cidade, uma vez que a imagem é o elemento mais recente da análise. Esta análise foi desenvolvida com o

apoio das fotografias aéreas de 1983 e com base no mapa de uso solo de 1988.

4.2.2. Estudo da Demanda por Transporte Coletivo

Define-se a demanda de passageiros, de uma determinada modalidade de transporte, como sendo a quantidade de pessoas que dele se utilizam em um dado período de tempo (anual, mensal, semanal, diário ou horário).

Com a finalidade de testar a metodologia proposta tomou-se por base a atualização da matriz de viagens por macrozona de tráfego, modo ônibus, todos motivos, referente ao horário de Pico da Manhã (6:30h às 7:30h). Essa matriz foi levantada, pelo GEIPOT (1983), para cidade de Teresina, através do método de entrevista domiciliar.

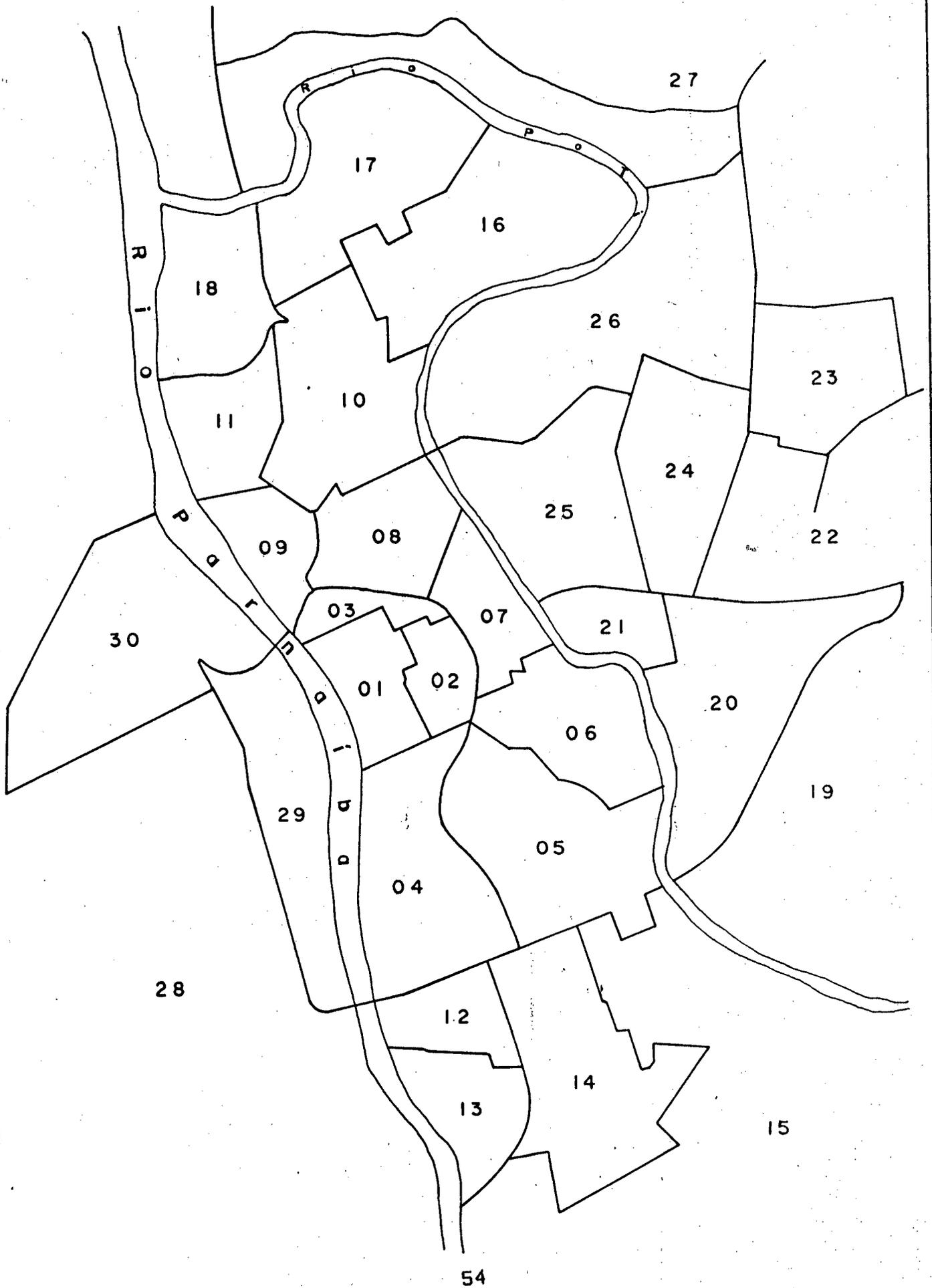
O processo de atualização foi abrangente às 27 zonas de tráfego de interesse para o referido trabalho, de um total de 30 zonas levantadas, conforme mostra a figura 3.

Para tanto, levou-se em consideração o fator de crescimento populacional, determinado com base na estimativa da população por bairro (1990/2000), definida pela Secretaria Municipal de Planejamento, conforme se apresenta nos resultados do anexo 1. O fator de crescimento foi calculado de acordo com a seguinte fórmula matemática:

MACROZONAS DE TRÁFEGO

Fonte - MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES - GEIPOP

ESC. APROX. 1 / 75.000



$$a = e^{\frac{(\ln P_1 - \ln P_0)}{10}}$$

onde:

a = fator de crescimento populacional;

P1= população futura; e

P0= população atual.

Este fator foi utilizado para determinar os movimentos futuros entre as macrozonas de tráfego, através do método do fator médio de crescimento. De acordo com BRUTON (1979), este método pode ser expresso matematicamente da seguinte forma:

$$T_{i-j} = t_{i-j} \frac{(E_i + E_j)}{2}$$

onde:

T_{i-j} = número de viagens futuras da zona i para zona j;

t_{i-j} = viagens existentes da zona i para zona j;

E_i, E_j = fatores de crescimento para as zonas i e j;

Os resultados da aplicação desse método estão apresentados no anexo 2.

Vale ressaltar que, embora não seja o método ideal para se alcançar um nível de atualização desejado, pois o fator de crescimento populacional não reflete, na mesma proporção, o crescimento dos movimento interzonais, a expressão acima pode ser

considerada uma boa aproximação para um horizonte de previsão de curto prazo. Um outro fator que deve ser considerado, é a atratividade, determinada pelas características do uso do solo. Este fator influencia na decisão de viagem tomada pelos usuários do sistema de transporte. Os métodos mais complexos utilizam este fator para análise de previsão e distribuição de viagens.

4.2.3. Propostas de Rotas para o Transporte Seletivo

De posse do estudo efetuado com o monitoramento, identificou-se as formas de distribuição do uso do solo, bem como suas tendências de crescimento. A partir daí, foram projetadas as rotas sobre o mapa de uso do solo urbano de acordo com a lei nº1937 de 16 de agosto de 1988, que "define as diretrizes para o uso do solo e dá outras providências". As rotas foram projetadas de forma a promover a integração dos demais polos geradores de tráfego, com as zonas residenciais, bem como as ligações destas com os corredores de comércio.

Os Polos Geradores Especiais de Demanda de Transporte Coletivo definidos pelo PDTU/TERESINA, correspondem a área central, Centro Administrativo e Setor Comercial da Av. Barão de Gurguêia, Setor comercial da Piçarra, Setor Hospitalar, Fundação Universidade Federal do Piauí, Distrito Industrial e Setor Cívico.

De forma a assegurar a redução dos custos e satisfazer

a locomoção da população, levou-se em consideração os seguintes fatores para as rotas propostas:

- a) menores percursos;
- b) evitar as áreas congestionadas;
- c) evitar os pontos de transferência passando pelo centro cidade;
- d) observar os pontos obrigatórios de passagem, como por exemplo, as pontes sobre o rio Poti e Parnaíba.

Portanto, para a rede de transporte coletivo por ônibus foram propostas:

- a) Rotas Diretas, ou Seletivas; e
- b) Rotas Circulares.

4.2.3.1. Escolha de Rotas Diretas e Alocação da Demanda

Estas rotas foram propostas tomando por base o estudo da demanda de passageiro entre os diversos pares de origem e destino. Verificou-se, na matriz de viagem por macrozonas de tráfego os pares O-D, que apresentaram uma demanda de passageiro muito elevada no período de pico. Então, para estes pares, foram definidas rotas diretas com o objetivo de possibilitar a locomoção da população em menos tempo de viagem.

Para o processo de alocação da demanda de passageiro da rede de transporte Seletivo, foi considerado para se obter um nível de Serviço, adequado, que a lotação, máxima do

ônibus não deveria ultrapassar a 62 passageiros. De acordo com a classificação de nível de Serviço, determinada por FREITAS (1985), essa lotação corresponde ao nível de Serviço, "D", qualificado como um serviço regular.

Tomando por base este parâmetro, os pares da matriz O-D que apresentaram uma demanda maior ou igual a 372 passageiros (o que corresponde a 6 viagens com a lotação de 62 passageiros com uma frequência de 10 minutos no intervalo de uma hora), tiveram alocadas rotas diretas, conforme se apresenta nos resultados do quadro 04, com frequência horária definida por:

$$F_{Hi-j} = \frac{D_{ij}}{62} \quad \text{para todo, } D_{ij} \geq 372 \text{ pass/h.}$$

Esta demanda, por sua vez é desconsiderada da matriz O-D, para o processo de alocação das rotas circulares.

4.2.3.2. Escolhas de Rotas Circulares e Alocação da Demanda.

As rotas circulares foram propostas tomando por base a distribuição do uso do solo. Desta análise identificou-se a localização das atividades econômicas e por conseguinte a

necessidade de locomoção da população. Estas rotas foram projetadas de forma que proporcionasse a interligação dos diversos setores da estrutura urbana.

Para o dimensionamento da oferta de transporte coletivo, que atenda a demanda remanescente, da alocação apresentada em 4.3.2.1, foi utilizada uma representação da rede através da matriz Rota/Arco, definida por:

$$\delta_{r,a} = \begin{cases} 1 & \text{se a rota } r \text{ contiver o arco } a; \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Cada uma das demandas remanescentes da matriz O-D é alocada, segundo rotas que apresentam condições de receber o tráfego dos ônibus e que correspondem a caminhos ideais para deslocamento entre as respectivas origem e destino. Assim, o fluxo de passageiro sobre um determinado arco "a", foi obtido pela soma das demandas associadas às rotas que atravessam este arco, conforme se apresenta nos resultados do anexo 3.

4.2.3.3. Formulação do Modelo de Fluxo

Ainda com base na representação de rede, pela matriz Rota/arco, foi construído o modelo de fluxo, abaixo, com o objetivo de determinar a frequência horária com que cada rota

proposta deverá ser implantada:

$$\text{Min } \sum_{r=1}^r CR_r * FH_r \quad (1a)$$

Sujeito a:

$$\sum_{r,a} \delta_{r,a} * FH_r \geq \frac{f_a}{62} \quad (1b)$$

onde:

CR_r = é o custo de realização de uma viagem segundo a rota r ;

FH_r = é a frequência horária da rota r ;

f_a = fluxo total do arco a .

Este modelo tem como função objetiva a ser minimizada, a equação (1a), que representa o custo horário do sistema. A inequação (1b), é formulada para garantir que a frequência horária das rotas, que atendem a um arco "a" em particular, seja suficiente para assegurar o fluxo no arco com o nível de serviço pretendido. A formulação deste modelo, aplicado a rede de transporte coletivo da cidade de Teresina, está apresentada no anexo 4.

A solução deste modelo de fluxo foi obtida através do Pacote LINDO (Linear Interactive And Discrete Optimizer), resolve problemas de programação linear, inteira e quadrática, apresentados numa forma natural de entrada de dados.

Para a solução do problema foram efetuadas várias iterações até alcançar uma solução próxima da solução ótima. Foi

iterações até alcançar uma solução próxima da solução ótima. Foi adotada como uma rota ótima aquela que apresentasse uma frequência maior ou igual a 4(quatro) viagens no intervalo de uma hora.

Com o objetivo de evitar que rotas sejam implantadas com frequência menor que, digamos, 4 viagens por hora, foi adotado o seguinte procedimento: a partir da solução do modelo linear foram eliminadas todas as rotas que apresentaram uma frequência inferior a 1(um); obtendo-se então, uma nova solução para o modelo; o próximo passo foi eliminar as rotas com frequência menor que 2(dois) e, assim sucessivamente até eliminar as rotas com frequência menor que 4(quatro).

Com isto obteve-se um resultado parcial do problema. Após a análise desse resultado apresentou-se como solução ótima as rotas que atendem o deslocamento entre os diversos pares O-D, e em função da escolha das rotas, que representasse um ganho de tempo para o usuário, conforme se apresenta nos resultados do quadro 05. O itinerário dessas rotas estão representados no anexo 5

CAPITULO 5. RESULTADOS

5.1. Monitoramento da Expansão Urbana no Período de 1958 à 1990

5.1.1. Análise das Alterações da Estrutura Urbana, até 1958

As fotografias aéreas da data de 1958, mostram a estrutura urbana bem definida na área compreendida entre o anel circular da estrada de ferro e o rio Parnaíba, seguindo o modelo original em xadrez implantado na época da fundação da cidade. Observa-se que nesta data a expansão urbana se dava com maior intensidade e de forma mais ordenada no sentido norte, isto fica caracterizado pelo o arruamento que surge a partir da estrada que liga a área central ao Poti Velho, vila que antecedeu a fundação da cidade; e ao mesmo tempo se constituiu no principal acesso do aeroporto Santos Dumont. A topografia plana favorece o tracado do arruamento em tabuleiro xadrez, bem como a sua integração com o núcleo central.

O núcleo central urbano, com o tracado rígido das quadras e ruas estreitas, se apresentava de forma adensada com

características de uso do solo misto, onde as atividades de comércio e os serviços públicos se localizavam a partir das margens do rio Parnaíba, e no entorno da Praça Marechal Deodoro da Fonseca, como é o caso do Mercado Público, da Fábrica de Tecelagem, e da Prefeitura Municipal de Teresina, dentre outros.

As áreas residenciais tomam lugar no entorno da igreja N. Sra. das Dores e São Benedito, que aparece em fase de construção; se desenvolveu no sentido norte a partir do cemitério São José, apresentando um tímido crescimento na direção leste, o qual foi influenciado por dois fatores: primeiro pelo traçado da linha férrea que dificultou a continuidade do arruamento e o outro fator, talvez o mais importante, é a passagem do rio Poti que deixa uma grande faixa de terra alagadiça no seu entorno. Esses fatores fizeram com que o avanço da ocupação do solo fosse retardado nesse sentido.

A rede viária básica da época era caracterizada pela avenida Getúlio Vargas, que aparece em fase de construção, denominada mais tarde de Av. Frei Serafim, que se constituiu no principal eixo de ligação do centro da cidade com a zona leste, ao tempo que divide a cidade em duas zonas norte e sul. Pelo anel da estrada de ferro da EFSLT, que corta o município de Teresina passando pelo centro da cidade e se prolonga no sentido sul, a partir do qual surgem as ramificações provocando um crescimento espontâneo e desordenado, como exemplo o Bairro Piçarra que aparece com índices representativo de ocupação sem obedecer um modelo de planejamento. Pela rua Rui Barbosa que se constitui na

principal via de ligação entre o centro e a zona norte e a partir do cruzamento desta com o anel ferroviário, surge a estrada de acesso ao Aeroporto Santos Dumont denominada, mais tarde avenida Santos Dumont. O prolongamento da rua Rui Barbosa na direção sul, quando passa a denominar-se de av. Barão de Gurguéia, contribuiu para a valorização do solo desta zona e por conseguinte indicando a mesma como forte vetor de expansão urbana para as décadas futuras, onde nessa área se verificava as iniciativas de parcelamento do solo com arruamento definido e alguns focos de ocupação nas quadras próxima a Igreja N. Sra. de Lourdes, que nessa época aparece em fase de construção. Pela avenida José dos Santos e Silva que se apresentava como principal via de ligação entre o centro e o Bairro Piçarra, com seu traçado em diagonal quebra a monotonia do modelo original em de ruas retas. Pela avenida Joaquim Ribeiro, que permite a comunicação no sentido leste-oeste da zona sul da cidade e a partir desta o traçado das quadras vai perdendo sua forma original passando a ter quadras no formato retangular menos rígido, proporcionando, os parcelamentos com lotes de dimensões mais regulares.

Observa-se a integração da rede viária urbana com a rede Rodoviária Nacional, através da ligação da BR-343 com a avenida Frei Serafim, que nessa época parecem recém construída, facilitada pela ponte sobre o rio Poti. A BR-343 liga Teresina a Fortaleza, e se integra a PI-112 que liga Teresina ao município de União(PI).

Nessa época o uso do solo já tomam espaço além do rio Poti, estimulado pelo acesso de BR-343, quando a partir desta aparece a iniciativa de parcelamento do solo, no entorno do Hipódromo-Jockey Clube, localizado a partir da BR-343. Verifica-se também, do lado direito da PI-112 uma área ocupada com característica de uso agrícola, identificada como sendo a Fazenda Morros.

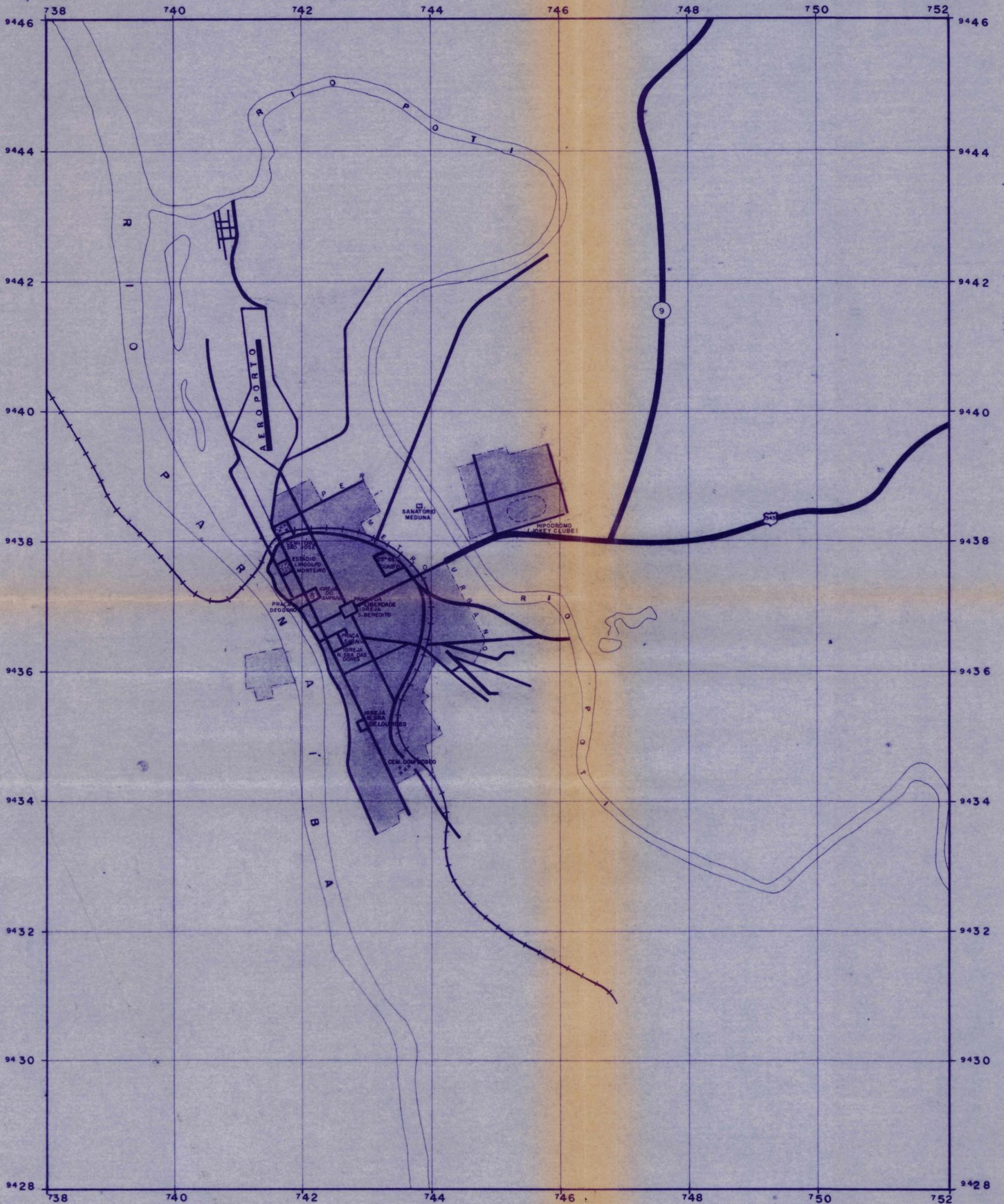
A integração inter-estadual se estende através da Estrada de Ferro São Luis-Teresina (EFSLT), Central do Piauí e o trecho da Rede Ferroviária do Ceará, entre as cidades de Altos(PI) e Cratêus(CE). Esta rede favorece a ligação de Teresina com a cidade de Parnaíba, ao norte do Estado e Fortaleza. Esta integração se completa através do transporte de barcos via rio Parnaíba, que na época respondia pela parte das viagens entre Teresina-Timon(MA).

Conclui-se que nessa época como a ocupação se desenvolvia de forma mais intensa no entorno da área central, os deslocamentos se davam em pequenas distâncias por meio de bicicleta ou a pé, e de animal ou automóvel nos deslocamentos em maiores distâncias. O mapa da estrutura urbana da época esta apresentado em anexo, obtido do resultado da fotointerpretação das fotografias aéreas da referida época.

T E R R E S I N A

MAPA DA ESTRUTURA URBANA 1958

ESC. 1/50000



5.1.2. Análise das alterações na Estrutura Urbana, no Período de 1958 à 1968

Na análise das fotos aéreas da data de 1968, se observa mudanças significativas na estrutura urbana. A zona norte aparece com uma infra-estrutura de bairro mais definida e a ocupação se expande no entorno do Aeroporto. A zona Sul se concretizou como uma área de expansão urbana, quando a partir da avenida Barão de Gurquêia se intensifica as formas de parcelamento do solo. Outro fator importante que influenciou a expansão no sentido sul, foi a implantação de uma via de acesso que aparece na foto em fase de construção seguindo o leito da estrada de Ferro e se prolonga até encontrar a BR-316, também em fase de construção. Nessa época o trecho da estrada de Ferro aparece desativado e se reduz ao trecho que corta em nível, a av. Frei Serafim e segue na direção Sudeste passando sobre o rio Poti, apresentando-se com um traçado mais regular.

A ocupação no sentido Sudeste nessa época já estava evidenciada com o assentamento de forma desordenada influenciando pelo antigo anel da estrada de ferro como é o caso dos Bairros Piçarra, Monte Castelo e Macaúba.

Aparece na foto uma área em processo de terraplenagem desintegrada das áreas ocupadas onde seria mais tarde implantado o Estádio Albertão.

A ocupação além do Rio Parnaíba se mostra mais

efetiva, quando as áreas loteadas se desenvolvem no entorno do Jockey Clube e a partir da avenida Presidente Kennedy (antigo trecho da PI-112).

Percebe-se que nessa época as áreas residenciais que se localizavam no núcleo urbano central, começam a se deslocar no sentido dos bairros, para dar lugar a expansão do setor comercial. As classes da população de maior poder aquisitivo se deslocaram no sentido da zona leste, passando ocupar os loteamentos implantados a partir da BR-343 e no entorno do Jockey-Clube. Enquanto que, as classes de média e baixa renda se deslocaram na direção da zona norte-sul. Um exemplo forte dessa situação é a implantação na zona sul do primeiro Conjunto Habitacional, Parque Piauí, desintegrado totalmente da área urbanizada tendo como principal acesso a BR-316. Na áreas vizinha a este, conjunto aparece uma iniciativa de arruamento do Bairro Lourival Parente que conta com um colégio da rede estadual, Colégio Lourival Parente.

O avanço da ocupação do solo no sentido norte-sul, faz com que cresçam os percursos entre o comércio e os serviços públicos, que são concentrados no centro da cidade, e os bairros localizados nessas zonas.

Nessa época começam a surgir os problemas com relação às necessidades de deslocamentos, em função das distâncias geradas pela distribuição dos padrões do uso do solo. Quando já se faz necessário a orientação das formas de ocupação de solo. A estrutura urbana da época está representada no mapa em anexo.

5.1.3. Análise das Alterações na Estrutura Urbana no Período de 1968 à 1983

Verificou-se que nesse período houve a grande explosão do crescimento urbano época em que a cidade recebia o contingente populacional vindo do interior do estado do Piauí e Maranhão, à procura de melhores condições de vida na cidade.

Como forma de atender a demanda por moradia foram implantadas grandes conjuntos habitacionais como foi o caso do Parque Piauí, Bela Vista, Saci, e o conjunto Promorar, que nessa época aparece em fase de construção, localizados na zona Sul. Os conjuntos habitacionais João Francisco de A. Neto e Acarape, que aparecem em fase de construção, localizados na zona Norte.

Com padrão de construção do tipo unifamiliar, esses conjuntos habitacionais ofereciam condições de moradia, tanto para a população de baixa renda como para a população de renda média, pois se dividiam em vários padrões de construção, ou seja, casa de um quarto, dois quartos e três quartos encravada em terreno com a área média de 220.00m², exceto o conjunto Promorar, que tem um modelo de casas geminadas e tinha como meta abrigar a população de mais baixa renda.

A implantação destes conjuntos habitacionais nas áreas distanciadas dos espaços urbanizados fez com que surgissem os vazios urbanos gerando os problemas de infra-estrutura viária e

de transporte.

Por outro lado, estimulou a expansão urbana para as citadas zonas, quando a partir da implantação desses conjuntos habitacionais surgiram os loteamentos e desmembramentos nos vazios urbanos influenciando o modelo de crescimento do tipo horizontal.

Com relação à 1968 a rede viária se desenvolveu em função da expansão do uso do solo. As vias de acesso que nesta época apareciam sem pavimentação deram origem as vias principais com cobertura asfáltica e as vias secundárias em pavimentação poliédrica (pedras poliédricas de formato irregular).

A zona norte já contava com infra-estrutura viária definida, contornada pela avenida Miguel Rosa, que acompanha o anel da rede ferroviária e estabelece a ligação dessa zona com os bairros da zona sul da cidade.

O anel da estrada de Ferro nessa área estabelecia um obstáculo na comunicação entre centro-zona-norte, onde essa comunicação era feita através das ruas: João Cabral, Rui Barbosa, Gabriel Ferreira e Magalhães Filho que cruza em nível a via Férrea, oferecendo perigo de acidentes entre o transporte rodoviário, ferroviário e pedestre.

A ocupação do solo nesta zona se estende às áreas alagadiças, próxima ao Rio Parnaíba onde estão localizadas as edificações de grande porte como, o Centro de Treinamento da

Conjunto Habitacional Acarape, que aparece em fase de construção.

Esta expansão se desenvolve no entorno do Aeroporto, onde a presença desse equipamento já se torna inconveniente para as pessoas que ali moram, nas proximidade do rio Poti, com a implantação do conjunto Habitacional João F.A. Neto, numa área sujeita a inundações.

A avenida Santos Dumont aparece nessa época com cobertura asfáltica recente e se integra a av. Centenário (antiga estrada de terra) que contorna a área do aeroporto. A partir desta surgiram, a av. União que permite a ligação entre os bairros desta zona; a av. Petrônio Portela que favorece o acesso à Universidade Federal do Piauí, através da segunda ponte sobre o rio Poti; a av. Duque de Caxias (antiga estrada) se constituiu numa via importante de escoamento de tráfego.

A área central, que antes tinha a característica de uso misto, neste período em função do crescimento da cidade, se mostra como uma área de transição onde as atividades de serviços e comércio se ampliam e passa tomar o espaço das áreas residenciais. Época que a população de maior poder aquisitivo se transfere para os loteamentos na zona leste da cidade para dar lugar as instalações públicas, privadas e ao comércio, que se desenvolvem no entorno do eixo principal da cidade - av. Frei Serafim - e segue na direção do Bairro Picarra, que já tem a estrutura de um segundo núcleo de serviços, com um comércio ativo e as instalações de bancos, escolas, hospitais, dentre outros equipamentos urbanos.

Em função do adensamento das atividades no centro da cidade, começam os problemas de congestionamentos das principais vias de acesso, onde se observa que av. Frei Serafim registra um índice alto de congestionamento nos seguintes pontos: no cruzamento desta com a av. Miquel Rosa, e com a estrada de Ferro apresentando constantes colisões com veículos rodoviários e trem, e na ponte sobre o rio Poti, que recebe o maior volume de tráfego na proveniente dos bairros das zonas leste e sudeste. Outro ponto de conflito está na av. Miquel Rosa no trecho entre as avenidas Leônidas Melo e Frei Serafim.

A zona sul teve neste período um grande avanço na expansão urbana, influenciada pela infra-estrutura viária disponível composta pelas vias radiais Miquel Rosa, Barão de Gurquêia, Pedro Freitas, Maranhão, Barão de Castelo Branco e as transversais Gil Martins e Walter Alencar. A avenida Miquel Rosa, com relação à 1968, aparece com pavimentação asfáltica e se prolonga até encontrar a BR-316. Esta via, se comporta como um corredor de transporte, quando recebe um grande volume de tráfego proveniente tanto do transporte coletivo como privado.

A demanda de tráfego dessa zona é gerada pelo adensamento ocupacional dos bairros Vermelha, Macaúba e Monte Castelo de característica predominantemente residencial.

Percebe-se que ao longo da av. Miquel Rosa o uso do solo já aparece com característica de uso misto, as casas de

peças, oficinas de carro e as serrarias se localizam em meio as residências.

A av. Barão de Gurguêia nessa época teve seu percurso prolongado até encontrar a rótula, contorno rodoviário que dá acesso ao estado do Maranhão, através da ponte Engenheiro Antônio Noronha, facilitando o escoamento de tráfego inter-municipal e inter-estadual. Época em que esta avenida servia de rota principal para o acesso do terminal Rodoviário de passageiro que se localizava nas proximidades do centro da cidade. Além de servir para o escoamento de transporte coletivo e dos veículos privado, funciona como corredor do transporte de cargas proveniente do interior do Estado do Piauí e do Maranhão com direção ao centro comercial. Isso é verificado em função das características de uso do solo no seu entorno do tipo armazéns, garagens e oficinas mecânicas e do comércio atacadista.

O prolongamento do traçado da avenida Barão de Gurguêia prossegue na direção Sul, até encontrar a PI-130, onde este trecho tem sua faixa ampliada e passa a denominar-se av. Henry Wall de Carvalho que se integra ao contorno rodoviário, BR-343, ao Distrito Industrial, a CEASA, como também, permite acesso aos bairros Parque Piauí e Saci.

A avenida Industrial Gil Martins aparece recém construída, permite o acesso ao Estádio Albertão fazendo a integração no sentido transversal, onde se integra à av. Barão Castelo Branco, que se constituiu no principal eixo de deslocamentos da população dos bairros Três Andares, Redenção,

Cidade Nova, Cristo Rei, Monte Castelo e Ilhota, de característica residencial, além de servir como meio de articulação deste com a zona norte; quando esta se integra à avenida Petrônio Portela, que dá acesso a Universidade Federal do Piauí, através da terceira ponte sobre o rio Poti.

A avenida Pedro Freitas, que em 1968, se apresentava como uma configuração de caminho, aparece pavimentada e se prolonga até encontrar a av. Walter Alencar.

A avenida Walter Alencar tem seu tracado a partir da av. Pedro Freitas até encontrar a av. Barão de Castelo Branco, permitindo o escoamento do tráfego no sentido transversal (leste-oeste). Percebe-se que a ocupação no seu entorno está em processo de expansão, onde ainda aparecem grandes quadras coberta pela vegetação, sem arruamento definido. Por outro lado, a Localização da TV Rádio Clube, dos serviços como hospital e escolas, centro social, dentre outros; contribuiu para a valorização desta área, completada com a implantação do Estádio Albertão, que influenciam na expansão urbana nesse sentido.

A avenida Maranhão recém construída ao longo do rio Parnaíba, facilita o acesso ao centro administrativo, que se constituiu numa iniciativa de descentralização dos serviços públicos da área central, contribuindo para valorização do solo desta zona, como também se estabelece como mais uma alternativa de ligação dos conjuntos habitacionais da zona Sul com o centro da cidade.

A zona Leste, nessa época, se consolida como vetor de expansão urbana. Esta expansão se deu através dos loteamentos estimulados pela implantação de infra-estrutura viária e dos equipamentos e serviços urbanos. Isto fica caracterizado pelo desenvolvimento dos bairros Jockey Clube, São Cristóvão e o surgimento dos bairros Noivos e São João, a partir da av. João XXIII, av. Presidente Kennedy (antiga PI-112) e da av. N.Sra. de Fátima e se estabelece como principal via de escoamento de tráfego gerado pelos bairros Jockey Clube, Fátima e Planalto Ininga, onde está localizada a Universidade Federal do Piauí, que se estabeleceu como um grande polo de atração de viagens tanto pelo transporte público, como pelo veículo particular, e influenciando de forma significativa na valorização do solo.

Com a implantação no entorno da av. João XXIII das edificações de grande porte como o Banco do Estado do Piauí, galpões tipo armazém do prédio do DNER, cemitério São Judas Tadeu, sub-estação da CEPISA e a Associação do Banco do Brasil, além das atividades escolares e de comércio, supermercados, shopping center, que também se estendem no entorno da av. N. Sra. de Fátima, verifica-se, com isto, que há um deslocamento dos serviços do centro da cidade de forma a atender a estes bairros, ao mesmo tempo em que estes serviços influenciam na valorização do solo.

E importante notar que, a implantação desses serviços além de promover a valorização do solo dessas área, tem a função

de reduzir o número de deslocamentos dos moradores desses bairros no sentido do centro da cidade.

Observa-se que as formas de ocupação do solo desses bairros proporcionado pelos loteamentos e desmembramentos do solo, onde as formas de traçado do arruamento não obedecem a um modelo, há uma diversidade de formas de parcelamento, contribuindo para a desarticulação das ruas, por exemplo a fotografia mostra uma área a partir da av. Presidente Kennedy do lado direito em traçado rádio-concêntrico, tendo como centro a praça 16 de agosto, uma área vizinha a esta aparece no formato triangular, do lado esquerdo da mesma avenida uma área loteada em forma retangular. Portanto, não há um planejamento adequado no parcelamento do solo dessas áreas; o traçado do arruamento quando não obedece uma forma planejada, além de não haver aproveitamento racional dos lotes, dificulta a articulação das ruas, bem como o transporte.

O contorno Rodoviário implantado neste período completa o sistema viário urbano, permitindo a integração da rede viária urbana com sistema de rodovias regional e nacional, isto pode ser verificado, através do traçado da BR-343, facilitado pela construção da terceira ponte sobre o rio Poti, que dá acesso ao terminal Rodoviário de Passageiro, que aparece nesta data em fase de acabamento e estabelece a ligação com a BR-316, a av. Miguel Rosa e a av. Getúlio Vargas, através da rótula, proporcionando o escoamento do transporte de cargas e passageiro entre as capitais Fortaleza, Teresina, Salvador e São Luis. A estrutura urbana da

época está representada no mapa em anexo.

E, portanto com o avanço da expansão urbana se faz necessário a orientação das formas de ocupação e uso do solo. Para tanto, surgem as primeiras intervenções no ordenamento do uso do solo, e por conseguinte na rede de transporte, afim de facilitar os deslocamentos. A primeira intervenção é registrada em 1969, através do Plano Desenvolvimento Local Integrado-PDLI, elaborado pela COPLAN, empresa sediada em Salvador - BA, sob a avaliação do SERFAU - Serviço Federal de Habitação e Urbanismo. Neste plano procurou-se identificar as causas mais significativas do estrangulamento do desenvolvimento local, como também encontrar os fatores decisivos para a programação do crescimento racional da cidade. E a partir daí foi apresentada estratégia para o desenvolvimento local, que seria responsável pela mudança, como também os programas de ação correspondentes.

Apesar do bom nível de abordagem o plano não foi devidamente implementado devido a falta de instrumentos de efetivação, principalmente no legislativo. Dentre os programas apresentados, apenas foi implantado o traçado básico do sistema viário, em parte na primeira metade da década de 70, e o anel de circulação rodoviária.

Entre 1977 e 1979, foram elaborados estudos setoriais relativos ao desenvolvimento do sistema viário e a melhoria das condições de tráfego em Teresina. A partir das iniciativas da Secretaria Municipal de Serviços Urbanos e da Secretaria Municipal de Planejamento, desenvolveu-se uma série de ações

através do Departamento de Transporte que deram origem aos seguintes planos:

- o Plano de Transporte de Teresina, elaborado em 1978 pela CONTECNICA LTDA - Consultoria de Planejamento, foi desenvolvido de forma a estabelecer alternativas de intervenção no sistema de transporte, que pudessem atender às necessidades do setor até o ano 2000. A falta de integração dos técnicos da Prefeitura e DETRAN-PI, com os técnicos da consultoria contratada durante a elaboração do plano, veio a contribuir para não implementação das ações propostas;

- o Plano de Ação Imediata de Transporte e Tráfego - PAITT, elaborado em 1980 por técnicos do GEIPOT, DETRAN, PMT, resultou em um conjunto de intervenções na área central, no que diz respeito à circulação de pedestres, veículos e a retificação de itinerários do transporte coletivo. O plano foi implementado em sua totalidade, resultando melhores condições funcionais de operação de todo sistema; e

- o Plano de Desenvolvimento de Transportes Urbano, elaborado pelo GEIPOT - MT em 1983, que tinha como objetivo elaborar diretrizes de Transportes Urbanos a longo prazo, abrangendo todas as modalidades de Transportes.

5.1.4. Análise das Alterações na Estrutura Urbana no período de 1983 à 1990.

Da análise visual da imagem TM, correspondente ao canal 3, identificou-se a rede viária principal, e esta se manteve inalterada com relação à 1983. As áreas mais adensadas como o núcleo central se apresentaram com uma mancha branca.

A imagem mostra a expansão nas zonas Sul e Sudeste através das áreas parceladas que surgiram a partir dos conjuntos habitacionais, Promorar e Bela Vista .

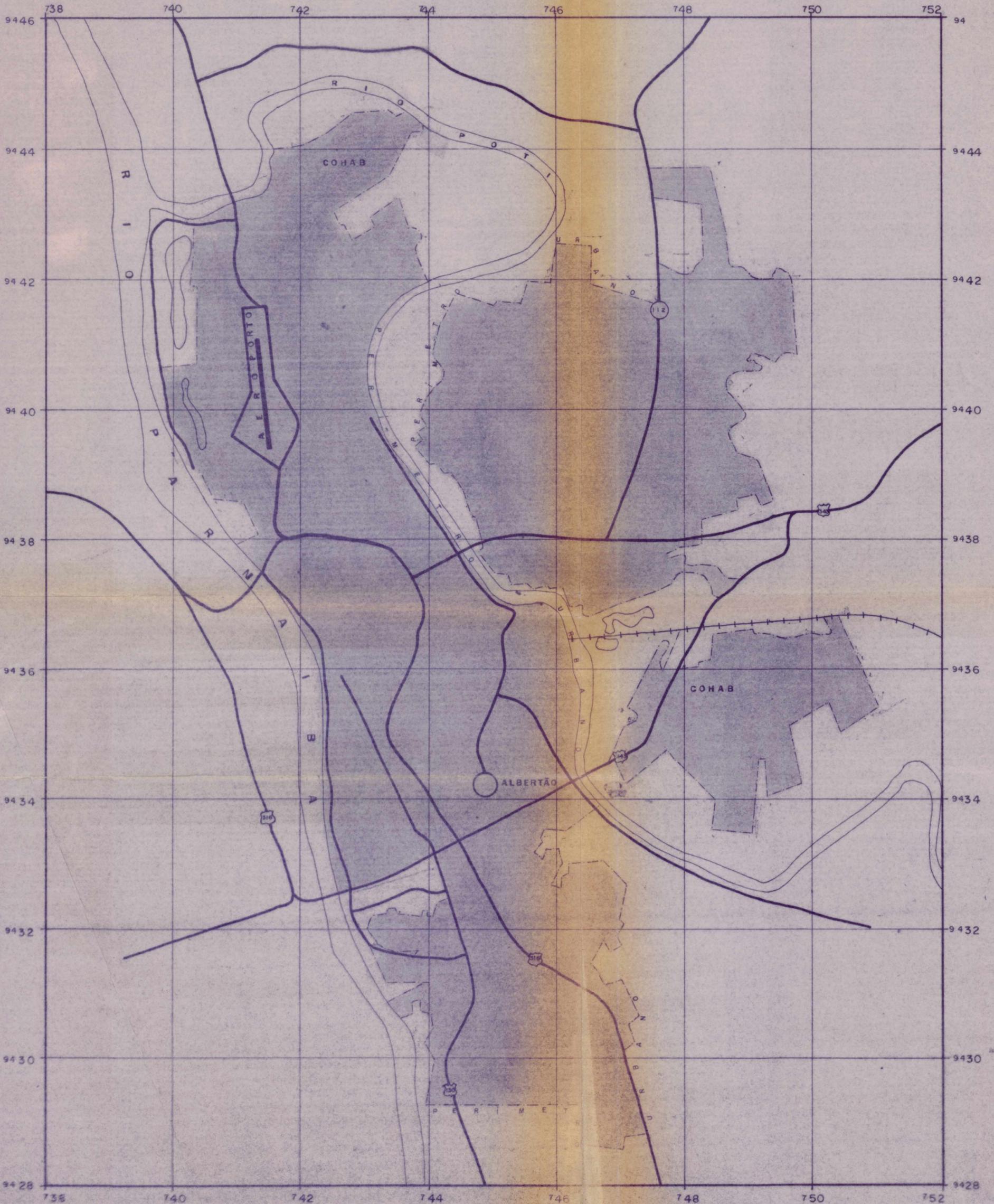
A rede viária foi identificada com melhor nitidez nas áreas em que a ocupação é menos densa, isto pode ser verificado na zona Norte e zona Sul, onde os lotes se apresentam em grande profundidade com parte coberta pela vegetação. A zona Leste a estrutura viária aparece também definida pelas formas de parcelamento, com lotes com dimensão média de 320.00m² .

Vale ressaltar que a resolução de 30m que a imagem apresenta, não permite identificar informações detalhadas do crescimento urbano. O que conclui-se com relação à 1983, é que houve um preenchimento dos vazios urbanos, isso pode ser verificado nos bairros da zona Sul e através da ocupação dos loteamentos da zona Leste. Os resultados da referida análise estão apresentados no mapa em anexo.

T E R R E S I N A

MAPA DA ESTRUTURA URBANA 1990

ESC.1/50.000



5.1.5. Análise da Rede Viária de Transporte Urbano

O modelo de expansão urbana da cidade de Teresina é do tipo horizontal, caracterizado por edificações do tipo unifamiliar. Esta forma de ocupação torna mais dispersa a concentração de moradia da população e influencia diretamente nos padrões de viagens urbana, aumentando o comprimento das viagens e a necessidade maior de disponibilidade de infraestrutura viária para atender a locomoção das pessoas entre as diversas localidades:

O modelo da rede da rede viária de Teresina é do tipo radial isso é um fator que gera um nível de congestionamento muito grande, pois todas as linhas tem como ponto final ou ponto de transferência o centro da cidade. A área central, por sua vez, vem diminuindo a sua capacidade de receber os volumes de tráfego, uma vez que é crescente o número de viagens tanto do transporte coletivo como dos veículos particulares e, essa dificuldade é agravada pelo modelo em xadrez de quadras quadradas e as ruas estreitas.

A falta de área disponível para estacionamento no centro da cidade é outro fator que dificulta a fluidez do tráfego, pois as ruas estreitas além de servir para o escoamento de tráfego são utilizadas para estacionamento reduzindo a sua capacidade.

O tracado em xadrez das ruas, no centro da cidade, dificultam o fluxo livre dos ônibus no centro da cidade devido a dificuldade de manobra deste veículo.

Alqumas intervenções na rede viária para melhorar o escoamento de transporte coletivo são registradas, por exemplo, ao longo da avenida Frei Serafim através da implantação da faixa exclusiva sequeada por tachões, e como também, na rua Areolino de Abreu, no trecho entre a rua Arlindo Noqueira e Av. Maranhão, que funciona como via exclusiva para ônibus na direção do núcleo central. Nas demais vias o ônibus disputa as ruas estreitas com o veículo particular, com o ciclista e com o pedestre.

Outro fato observado, é o tumulto nos pontos de parada na área central, onde as ruas de calçadas estreitas não comportam o volume de passageiros nos pontos de paradas, o que é agravado com o longo tempo de espera dos passageiros. Além dos problemas citados, soma-se a má distribuição dos pontos de paradas, no que se refere à proximidade destes e a quantidades de linhas por pontos, e ainda as calçadas são disputadas pelas bancas de mercadorias dos camelôs.

A rede de transporte coletivo é operada por nove empresas com uma frota total de 300 ônibus. A configuração é do tipo pendular, que implica a uma grande quantidade de empresas operando no mesmo itinerário. Isto pode ser verificado nos principais corredores, onde é possível se observar itinerários sobrepostos em quase toda a rede. Como resultado disto, ocorre

uma baixa taxa de ocupação dos veículos fora do horário de pico, enquanto que nos horários de pico a frequência não atende a demanda de passageiros.

A bicicleta é outro meio de transporte, que responde por cerca de 30% do deslocamento da população urbana, e está em constante conflito com os demais veículos. Apesar de algumas alternativas de tratamento das vias para facilitar a locomoção do ciclista, são crescente os problemas de acidentes, devido ao uso inadequado das ciclovias.

Dentre as vias que receberam tratamento para acomodar o ciclista, pode-se citar a avenida Miquel Rosa, que conta com uma ciclovia localizada no canteiro central, no trecho compreendido entre a rua Magalhães Filho e av. Presidente Getúlio Vargas. A avenida Henry Wall de Carvalho, que serve a macrozona de tráfego 13 e 14. A avenida Maranhão, que serve a macrozona 4 e a avenida Duque de Caxias que atende a macrozona 16.

Atualmente, o conflito entre o veículo ferroviário e rodoviário provocado pelo cruzamento em nível da estrada de ferro e ruas, foi solucionado, com a implantação do sistema denominado Travessia Ferroviária de Teresina, com o objetivo de eliminar os conflitos de cruzamento em nível e de propor mais uma alternativa para o transporte de massa. Para tanto, foi feito o rebaixamento da calha ferroviária tornando-a subterrânea em alguns trechos, e em elevação em outros trechos. O sistema está sendo executado com a linha 01, com extensão de 15,4km, atendendo

basicamente a macrozona 19 no sentido da zona central correspondente a três subtrechos, a qual oferece capacidade de transportar 15.000 pass/dia.

A rede viária apresenta os seguintes pontos de conflito, em função do desenvolvimento das formas de distribuição do uso do solo são: a avenida Miquel Rosa, apresenta uma tendência de congestionamento, principalmente, nos trechos onde existe uma grande concentração de edificações do tipo comercial, como casas de peças, oficinas mecânica, revendedoras de automóveis, madeireira, etc. Isto se agrava a localização inadequadas dos pontos de paradas, quando não existe intervenção física nas vias, afim de facilitar a parada do ônibus e dá melhor escoamento ao trânsito.

O cruzamento da avenida Miquel Rosa com Frei Serafim e na ponte sobre o rio Poti, que faz a ligação da zona leste com o centro da cidade, recebe um grande volume de tráfego nos horários de pico sendo a ponte a principal ligação com o centro da cidade, o que provoca grandes congestionamentos.

Outro ponto de conflito pode ser verificado no trecho da BR-343 que dá acesso ao terminal rodoviário, com o desenvolvimento dos bairros naquelas proximidades, aumentou o movimento de passageiros e pedestres, este problema se agrava na travessia da BR-343, que neste trecho passou a ter função urbana. Torna-se evidente a necessidade de uma passarela, ou de uma outra alternativa, que possibilite ao pedestre deslocar-se com segurança.

A integração das BR-343 e BR-316, que dão acesso aos conjuntos habitacionais Parque Piauí, Bela Vista e Morada Nova, forma uma área de congestionamento, provocado pelo tráfego misto de entrada e saída da cidade e o tráfego local de acesso aos bairros.

5.3. Resultado do Processo de Escolha de Rotas Diretas

O Quadro 04 mostra os resultados da escolha de rotas diretas obtidas, através do processo de alocação da demanda desenvolvido no item 4.2.3.1

Quadro 04. Rotas Diretas

Rota	O-D	Demanda pass/h	Frequencia viagens/h
RD1	4-1-4	1526	25
RD2	5-1-5	1367	22
RD3	6-1-6	1508	25
RD4	7-1-7	398	6
RD5	8-1-8	829	13
RD6	11-9-1-9-11	762	9
RD7	18-3-1-3-18	647	10
RD8	13-12-12-13	2898	33
RD9	14-1-14	3187	51
RD10	16-1-16	806	14

Quadro 04. Rotas Diretas

Rota	O-D	Demanda pass/h	Frequencia viagens/h
RD11	17-3-1-3-17	2199	35
RD12	10-11-1-11-10	705	11
RD13	19-1-19	1634	26
RD14	20-1-20	987	15
RD15	22-1-22	511	8
RD16	23-1-23	512	8
RD17	24-2-1-2-24	430	7
RD18	25-2-1-2-25	639	10
RD19	5-2-5	420	7
RD20	4-4-4	403	25
RD21	8-2-8	374	6
RD22	14-2-14	605	11
RD23	14-4-14	1260	20
RD24	1-2-26-2-1	753	12
RD25	24-2-1-2-24	430	7
RD26	14-1-14	1260	20
RD27	13-4-26-13	524	8
RD28	17-10-8-10-17	719	12

5.4. Resultado do Processo de Escolha das Rotas Circulares.

O resultado abaixo se refere a solução parcial obtida, através da resolução linear do modelo de fluxo, de acordo com a formulação apresentada no item 4.2.3.3.

WARNING, SOLUTION MAY BE NONOPTIMAL/NONFEASIBLE

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 2985.30000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
R1	.000000	.000000
R2	4.000000	.000000
R3	.000000	.000000
R4	11.000000	.000000
R5	6.000000	.000000
R6	2.000000	.000000
R8	6.000000	.000000
R9	.000000	.000000
R10	.000000	.000000
R11	.000000	.000000
R12	6.000000	.000000
R13	7.000000	.000000
R14	6.000000	.000000

R15	5.000000	.000000
R16	6.000000	.000000
R17	10.000000	.000000
R18	.000000	.000000
R19	.000000	.000000
R20	2.000000	.000000
R21	2.000000	.000000
R22	8.000000	.000000
R23	5.000000	.000000
R24	4.000000	.000000
R25	.000000	.000000
R26	.000000	.000000
R27	4.000000	.000000
R28	8.000000	.000000
R29	7.000000	.000000
R30	.000000	.000000
R31	4.000000	.000000
R32	4.000000	.000000
R33	7.000000	.000000
R34	.000000	.000000
R35	5.000000	.000000
R36	2.000000	.000000
R37	5.000000	.000000
R38	2.000000	.000000
R39	11.000000	.000000
R40	.000000	.000000
R41	7.000000	.000000

R42	8.000000	.000000
R43	5.000000	.000000
R7	6.000000	.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
RESTR1)	2.000000	.000000
RESTR2)	1.000000	.000000
RESTR3)	2.000000	.000000
RESTR4)	3.000000	.000000
RESTR5)	5.000000	.000000
RESTR6)	.000000	.000000
RESTR7)	8.000000	.000000
RESTR8)	.000000	.000000
RESTR9)	5.000000	.000000
RESTR10)	1.000000	.000000
RESTR11)	1.000000	.000000
RESTR12)	.000000	.000000
RESTR13)	5.000000	.000000
RESTR14)	7.000000	.000000
RESTR15)	9.000000	.000000
RESTR16)	14.000000	.000000
RESTR17)	10.000000	.000000
RESTR18)	3.000000	.000000
RESTR19)	1.000000	.000000
RESTR20)	.000000	.000000
RESTR21)	8.000000	.000000
RESTR22)	8.000000	.000000

RESTR23)	11.000000	.000000
RESTR24)	13.000000	.000000
RESTR25)	.000000	.000000
RESTR26)	6.000000	.000000
RESTR27)	7.000000	.000000
RESTR28)	5.000000	.000000
RESTR29)	16.000000	.000000
RESTR30)	4.000000	.000000
RESTR31)	15.000000	.000000
RESTR32)	7.000000	.000000
RESTR33)	1.000000	.000000
RESTR34)	.000000	.000000
RESTR35)	4.000000	.000000
RESTR36)	.000000	.000000
RESTR37)	.000000	.000000
RESTR38)	.000000	.000000
RESTR39)	.000000	.000000
RESTR40)	2.000000	.000000
RESTR41)	.000000	.000000
RESTR42)	.000000	-1.000000
RESTR43)	3.000000	.000000
RESTR44)	3.000000	.000000
RESTR45)	3.000000	.000000
RESTR46)	3.000000	.000000
RESTR47)	2.000000	.000000
RESTR48)	6.000000	.000000
RESTR49)	.000000	.000000
RESTR50)	2.000000	.000000

RESTR51)	2.000000	.000000
RESTR52)	.000000	.000000
RESTR53)	.000000	.000000
RESTR54)	.000000	.000000
RESTR55)	.000000	.000000
RESTR56)	.000000	-1.000000
RESTR57)	14.000000	.000000
RESTR58)	.000000	.000000
RESTR53)	.000000	.000000
RESTR60)	.000000	.000000
RESTR61)	2.000000	.000000
RESTR62)	2.000000	.000000
RESTR63)	.000000	.000000
RESTR64)	1.000000	.000000
RESTR65)	2.000000	.000000
RESTR66)	.000000	.000000
RESTR67)	6.000000	.000000
RESTR68)	7.000000	.000000
RESTR69)	3.000000	.000000
RESTR70)	5.000000	.000000
RESTR71)	.000000	.000000
RESTR72)	.000000	.000000
RESTR73)	.000000	-1.000000
RESTR74)	4.000000	.000000
RESTR75)	4.000000	.000000
RESTR76)	3.000000	.000000

RESTR77)	7.000000	.000000
RESTR78)	1.000000	.000000
RESTR79)	6.000000	.000000
RESTR80)	5.000000	.000000
RESTR81)	.000000	.000000
RESTR82)	1.000000	.000000
RESTR83)	.000000	.000000
RESTR84)	17.000000	.000000
RESTR85)	1.000000	.000000
RESTR86)	11.000000	.000000
RESTR87)	15.000000	.000000
RESTR88)	.000000	.000000
RESTR89)	9.000000	.000000
RESTR90)	.000000	.000000
RESTR91)	11.000000	.000000
RESTR92)	12.000000	.000000
RESTR93)	4.000000	.000000
RESTR94)	7.000000	.000000
RESTR95)	.000000	.000000
RESTR96)	2.000000	.000000
RESTR97)	7.000000	.000000
RESTR98)	4.000000	.000000
RESTR93)	2.000000	.000000
RESTR100)	.000000	.000000
RESTR101)	10.000000	.000000
RESTR102)	4.000000	.000000
RESTR109)	4.000000	.000000
RESTR104)	.000000	.000000

RESTR105)	.000000	.000000
RESTR106)	.000000	.000000
RESTR107)	11.000000	.000000
RESTR108)	4.000000	.000000
RESTR109)	4.000000	.000000
RESTR110)	4.000000	.000000
RESTR111)	8.000000	.000000
RESTR112)	.000000	.000000
RESTR113)	.000000	.000000
RESTR114)	2.000000	.000000
RESTR115)	.000000	.000000
RESTR116)	.000000	-1.000000
RESTR117)	1.000000	.000000
RESTR118)	3.000000	.000000
RESTR119)	.000000	.000000
RESTR120)	6.000000	.000000
RESTR121)	.000000	-1.000000
RESTR122)	7.000000	.000000
RESTR123)	.000000	.000000
RESTR124)	.000000	.000000
RESTR125)	2.000000	.000000
RESTR126)	6.000000	.000000
RESTR127)	10.000000	.000000
RESTR128)	10.000000	.000000
RESTR129)	2.000000	.000000
RESTR130)	2.000000	.000000

NO. ITERATIONS= 0

O Quadro 05, abaixo, estão apresentados as rotas viáveis para serem operacionalizadas, obtidas a partir da análise da solução do problema linear.

Quadro 05: Rotas Circulares

Rota	O-D	Frequencia viagens/h
R2	3-21-3	4
R4	4-3-4	11
R5	4-6-7-4	11
R12	6-25-26-6	6
R13	5-6-13-5	7
R14	7-5-6-7	6
R15	8-7-6-8	5
R16	8-26-25-28	6
R17	11-9-2-11	10
R22	14-3-14	6

Quadro 05: Rotas Circulares

Rota	O-D	Frequencia viagens/h
R23	14-5-6-14	5
R24	14-7-14	4
R28	16-10-8-16	8
R31	17-9-17	7
R32	18-8-10-18	4
R35	19-4-19	5
R41	22-26-22	7
R42	23-6-7-23	8
R43	4-1-24	5

CAPITULO 6. CONCLUSÕES

Verifica-se neste trabalho a importância de interpretação das imagens aéreas convencionais e orbitais, como forma de se estabelecer o monitoramento espacial do espaço urbano.

A interpretação das fotografias aéreas mostra toda uma tendência quanto a direção em que a cidade mais se expandiu, possibilitando ao planejador, verificar quais os elementos que impulsionaram este crescimento.

Todo e qualquer investimento em forma de infraestrutura urbana deve ter uma vida útil, o que exige a priori, um conhecimento da realidade, suas origens e tendência para um futuro.

No que se refere ao potencial das imagens orbitais, para o estudo expansão urbana, neste trabalho percebeu-se a importância das fotografias aéreas convencionais para delinear toda evolução da expansão urbana, enquanto que a imagem orbital, por si só pouco somariam sem o conhecimento prévio da fotos da área urbana.

área urbana.

De certa forma é fundamental que se conheça a utilização das imagens convencionais e orbitais para a solução da análise, do planejamento dos serviços urbanos.

Da análise da expansão conclui-se que a cidade de Teresina tem um crescimento do tipo horizontal. Esse modelo de crescimento foi induzido pelo sistema de vias radiais, onde a ocupação se expandiu acompanhando ao longo dessas vias.

No sentido de reduzir o nível de congestionamento gerado pelo modelo da rede viária, no núcleo central a legislação de uso do solo proporcionou a localização das atividades públicas e/ou privadas para os bairros, bem como as atividades de comércio no entorno das vias principais, formando os chamados corredores de comércio. Esta solução favoreceu a redução dos deslocamentos para o centro da cidade. Por outro lado, gerou uma demanda por transporte inter-bairros.

Na medida que foram criadas soluções para a descentralização das atividades, não ocorreu em paralelo o planejamento das linhas de transporte, a fim de possibilitar as ligações entre os centros de atividades e as áreas residenciais. As linhas de ônibus em quase sua totalidade atende as ligações bairros centros. Esse tipo de linha faz com que, para as pessoas se deslocarem em direção a outros bairros tenha como ponto de transferências o centro da cidade. Este fato, estimula o congestionamento na área central pela a quantidade de linhas de

Ônibus, e a necessidade de pontos de paradas para acomodá-las. Nas distâncias menos longa, a população tem como alternativa o deslocamento a pé, por falta de opção para chegar ao destino desejado.

A topografia plana que a área apresenta facilita esta alternativa de deslocamento. Por outro lado, o clima quente-úmido desfavorece esse modo de locomoção, o que representa um desgaste físico nas distâncias superiores a 500m.

A metodologia que se apresenta estabelece alternativas de deslocamento entre as diversas zonas de origem e destino, reduzindo os deslocamentos a pé, além de propor rotas viáveis para serem operacionalizadas, dentro de um nível de atendimento regular, o que representa um ganho de tempo e conforto para população.

Para outros trabalhos nesta linha apresenta-se como sugestões, uma coleta de dados mais completa com relação aos tempos de viagens, volume de tráfego e capacidade do sistema viário. Outro ponto, seria estender a pesquisa no sentido de verificar a viabilidade econômica de utilização de outra modalidade de transporte, com maior capacidade de lotação. O ônibus urbano de linha normal, já se torna insuficiente para atender as macrozonas que apresentam uma demanda alta. O que incorre no aumento da frota de veículos para este atendimento, e isso tem como agravante a saturação da capacidade das vias, bem como o aumento nos custos de transportes.

**ANEXO 1: Fator de Crescimento da População
por Macrozonas de Tráfego.**

Tabela 01 - Fator de crescimento da populacao por macrozonas

Macrozonas	Bairros	Populacao 1990 - 2000	Totais por Macrozonas 1990 - 2000	Fator de Crescimento
01, 02 e 03	Nucleo Central	30815 - 30205	30815 - 30205	- 1
04	Verwelha	12994 - 14953	36170 - 44120	1.02
	Sao Pedro	12241 - 15555		
	Pio XII	4832 - 5732		
	Tabuleta	6183 - 7888		
05	Redencao	2579 - 3631	51358 - 58289	1.01
	Cidade Nova	6936 - 8408		
	M. Castelo	19042 - 21020		
	Macauba	10731 - 12097		
	Tres Andares	12070 - 13138		
06	Cristo Rei	12256 - 16104	27072 - 32292	1.02
	Picarra	6083 - 8135		
	Ilhotas	9733 - 11901		
07	Porenquanto	4844 - 6101	20360 - 26067	1.02
	Cabral	5783 - 7065		
	Frei Serafim	9733 - 11901		
08	U. Operaria	5509 - 6740	20477 - 23868	1.02
	M. Esperanca	6286 - 6786		
	Marques P.	8682 - 10342		

Tabela 01 - Fator de crescimento da populacao por macrozonas

Macrozonas	Bairros	Populacao 1990 - 2000	Totais por Macrozonas 1990 - 2000	Fator de Crescimento
09	Acarape	5243 - 5773	16683 - 19137	1.02
	Piraja	5200 - 5800		
	Matinha	6240 - 7564		
10	Itaperu	3289 - 3690	34057 - 42772	1.02
	Primavera	10985 - 13916		
	Aeroporto	7269 - 8802		
	Real Copagri	5677 - 8124		
	Memorare	6837 - 8240		
11	Matadouro	3685 - 5155	10095 - 12262	1.02
	Alvorada	6410 - 7107		
12	Santa Luzia	697 - 3515	1395 - 6156	1.16
	P. Sao Joao	698 - 2641		
13	Conj. Saci	16260 - 16642	16260 - 38302	1.08
	D.Industrial	00 - 21660		
14	L.Parente	23741 - 27837		
	P.Piaui	17937 - 18883		
	Bela Vista	8430 - 42120		
	Promorar	7505 - 9288		
	Morada Nova	1070 26784		

Tabela 01 - Fator de crescimento da população por macrozonas

Macrozonas	Bairros	População 1990 - 2000	Totais por Macrozonas 1990 - 2000	Fator de Crescimento
14	Catarina	1070 - 26784	85912 - 154963	1.06
	Triunfo	2105 - 2260		
15	S. Antonio	5350 - 10000	6363 - 60040	1.27
	Angelim	321 - 2160		
	Angelim Sul	- - 2160		
	Esplanada	50 - 45360		
	Brasilar	321 - 2160		
	P. Juliana	- - 2160		
P. Jacinta	321 - 3240			
16	Buenos Aires	8023 - 11366	19143 - 24152	1.02
	Água mineral	11120 - 24152		
17	Bom Jesus	5511 - 5794	36431 - 44836	1.02
	Mocambinho	21560 - 20039		
	Alto alegre	3796 - 4201		
	S. Francisco	5564 - 6002		
18	Olarias	835 - 1203	18797 - 21026	1.01
	N. Brasília	5032 - 5521		
	Mafrense	8650 - 9632		
	Poti Velho	4280 - 4670		

Tabela 01 - Fator de crescimento da população por macrozonas

Macrozonas	Bairros	População 1990 - 2000	Totais por Macrozonas 1990 - 2000	Fator de Crescimento
19	Comprida	2140 - 8986	75305 - 13762	1.06
	extrema	2140 - 8986		
	Parque Ideal	685 - 4526		
	Parque Poti	685 - 4526		
	Redonda	107 - 3348		
	S.Sebastiao	2140 - 10800		
	T.Santos	5350 - 19958		
	Itarare	43102 - 2160		
	N. Horizonte	7223 - 10800		
	Renascenca	8025 - 13180		
	T. Neves	4286 - 6868		
20	Livramento	- - 1620	4284 - 21774	1.17
	R. Palmeiras	21560 - 28839		
	Beira Rio	3796 - 4201		
	S. Joao	5564 - 6002		
	S. Raimundo	835 - 1203		
21	Noivos	5032 - 5521	1402 - 7205	1.17
22	Morada do Sol	8650 - 9632		
	Campestre	4280 - 4670		

Tabela 01 - Fator de crescimento da população por macrozonas

Macrozonas	Bairros	População 1998 - 2008	Totais por Macrozonas 1998 - 2008	Fator de Crescimento
22	Sta. Luzia	3210 - 10800	12052 - 46048	1.14
	Uruguai	1926 - 8057		
	Novo Uruguai	2807 - 5724		
	Santa Isabel	1391 - 7560		
23	Picarreira	4885 - 6260	18027 - 58110	1.12
	C. Satelite	9182 - 12976		
	Samapi	- - 12960		
	P. do Centro	1980 - 12960		
	Morros	1980 - 12960		
24	Esplanada	1866 - 7847	16658 - 32938	1.07
	Planalto	4787 - 9664		
	Sao Critovao	10005 - 15417		
25	Joquey	4421 - 17483	15972 - 36934	1.09
	B.Fatima	11551 - 19451		
26	Universidade	1617 - 10560	1778 - 12180	1.24
	Zoobotanico	161 - 1620		
27	Aroeiras	- - 2160	4120 - 29348	1.22
	Pedra Mole	1980 - 12960		
	Tabajaras	2140 - 14228		

ANEXO 2: Matriz de viagens por Macrozonas de Tráfego.

MATRIZ DE VIAGENS POR MACROZONAS DE TRÁFEGO

MODO ONIBUS - TODOS HORARIOS - PICO DA MANHA

OND	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	TOTAL		
1	68	41	9	127	68	56	41	38	29	58	34	34	11	29	126	21	58	114	39	26	39	43	213	436	1283	2986	48	47787		
2	122	74	185	22	78	7	15	12	6	6	6	34	11	29	126	21	58	114	39	26	39	43	213	436	1283	2986	48	47787		
3	1526	207	184	483	98	89	137	96	96	32	17	25	17	17	32	27	14	81	58	14	14	14	14	12	32	368	36	3968		
4	1367	428	168	175	129	188	55	49	49	49	24	32	154	154	44	27	22	41	41	15	11	11	12	12	78	138	78	3831		
5	1508	235	98	161	106	216	68	15	35	43	35	88	58	58	44	44	38	7	44	15	7	15	43	43	85	78	2849	778		
6	398	18	18	158	95	19	284	64	26	105	105	186	7	7	175	149	38	7	7	15	51	41	213	436	1283	2986	48	47787		
7	829	374	106	38	64	37	37	386	36	113	186	44	44	44	144	32	144	32	117	117	139	139	139	139	139	139	139	139	139	
8	572	238	245	41	39	39	48	48	48	48	48	186	44	44	144	32	144	32	117	117	139	139	139	139	139	139	139	139	139	
9	198	48	198	198	91	91	48	48	48	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	
10	1898	281	28	685	65	65	65	32	32	32	32	65	138	138	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	
11	3187	685	245	1268	167	144	258	129	117	32	32	77	232	232	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	
12	388	38	38	181	181	93	93	186	121	93	93	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	
13	886	47	199	93	48	88	186	186	121	168	37	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48
14	2088	328	199	159	159	159	88	199	121	168	37	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48
15	515	37	37	288	158	349	88	37	67	37	37	199	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	
16	1634	326	196	288	158	349	196	43	67	39	39	199	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39
17	987	289	242	43	82	96	43	43	39	39	39	199	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39
18	48	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
19	611	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37
20	512	78	7	37	7	13	57	56	54	7	7	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
21	24	368	7	37	7	13	57	56	54	7	7	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
22	485	154	28	38	38	16	9	9	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
23	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147
24	58	436	1785	4155	1171	1652	1518	1341	678	882	73	245	487	1411	175	149	198	95	1817	288	682	439	213	436	1283	2986	48	47787		

ANEXO 3: Matriz Rota/Arco

Anexo 4: Formulação do Modelo de Fluxo.

Min 13.0 r1 + 11.0 r2 + 15.0 r3 + 15.0 r4 +
 28.0 r5 + 22.5 r6 + 18.2 r8 + 16.8 r9 +
 20.5 r10 + 15.6 r11 + 14.0 r12 + 18.2 r13 +
 18.0 r14 + 13.5 r15 + 13.0 r16 + 13.0 r17 +
 16.6 r18 + 17.0 r19 + 19.4 r20 + 19.8 r21 +
 19.8 r22 + 17.8 r23 + 20.2 r24 + 18.0 r25 +
 23.0 r26 + 17.2 r27 + 14.2 r28 + 18.8 r29 +
 24.9 r30 + 15.6 r31 + 15.4 r32 + 22.3 r33 +
 22.1 r34 + 20.3 r35 + 26.2 r36 + 20.6 r37 +
 27.2 r38 + 17.2 r39 + 18.4 r40 + 18.2 r41 +
 23.4 r42 + 16.6 r43

SUBJECT TO

Restr1) $r_{25} + r_{26} + r_{27} + r_{28} \geq 10$

Restr2) $r_{29} + r_{30} + r_{31} \geq 10$

Restr3) $r_{32} \geq 2$

Restr4) $r_{28} \geq 5$

Restr5) $r_{28} + r_{32} \geq 7$

Restr6) $r_6 + r_{31} + r_{26} \geq 6$

Restr7) $r_{10} + r_7 + r_{25} + r_{26} + r_{27} + r_{28} + r_{29} +$
 $r_{30} + r_{31} \geq 21$

Restr8) $r_6 + r_{10} + r_{25} + r_{28} + r_{29} + r_{30} \geq 17$

Restr9) $r_6 + r_{10} + r_{26} + r_{27} + r_{28} + r_{31} + r_{32} \geq 17$

Restr10) $r_1 + r_6 + r_{10} + r_{15} + r_{16} + r_{25} + r_{28} + r_{29} +$
 $r_{30} \geq 27$

- Restr11) $r_1 + r_{16} + r_{27} \geq 9$
- Restr12) $r_1 + r_{16} \geq 6$
- Restr13) $r_{17} \geq 5$
- Restr14) $r_{15} + r_{27} + r_{28} + r_{32} \geq 14$
- Restr15) $r_1 + r_2 + r_4 + r_{22} \geq 12$
- Restr16) $r_2 + r_{16} + r_{17} + r_{22} + r_{27} \geq 16$
- Restr17) $r_2 + r_{15} + r_{16} + r_{28} + r_{31} + r_{32} \geq 21$
- Restr18) $r_1 + r_6 + r_{10} + r_{15} + r_{16} + r_{25} + r_{26} + r_{28} + r_{29} + r_{30} + r_{31} + r_{32} \geq 33$
- Restr19) $r_2 + r_{15} + r_{16} + r_{27} + r_{32} \geq 22$
- Restr20) $r_1 + r_2 + r_6 + r_{15} + r_{29} \geq 18$
- Restr21) $r_5 + r_{28} + r_{37} + r_{26} \geq 11$
- Restr22) $r_1 + r_2 + r_4 + r_8 + r_{22} + r_{34} \geq 19$
- Restr23) $r_4 + r_8 \geq 6$
- Restr24) $r_2 + r_3 + r_5 + r_6 + r_8 + r_{11} + r_{14} + r_{17} + r_{18} + r_{22} + r_{32} + r_{34} + r_{39} + r_{40} + r_{42} \geq 50$
- Restr25) $r_3 + r_4 + r_{25} + r_{40} + r_{43} \geq 16$
- Restr26) $r_4 + r_8 + r_{11} + r_{14} + r_{18} + r_{26} + r_{30} + r_{39} + r_{40} \geq 28$
- Restr27) $r_{10} + r_{15} + r_{17} + r_{29} \geq 15$
- Restr28) $r_{17} + r_{43} \geq 10$
- Restr29) $r_2 + r_{17} + r_{20} + r_{32} + r_{34} + r_{39} + r_{40} + r_{42} + r_{43} \geq 28$
- Restr30) $r_{11} + r_{29} + r_{39} \geq 14$
- Restr31) $r_4 + r_{10} + r_{15} + r_{17} + r_{25} + r_{29} \geq 18$
- Restr32) $r_5 + r_6 + r_8 + r_{17} + r_{18} + r_{20} + r_{37} \geq 24$

- Restr33) $r_1 + r_5 + r_{14} + r_{16} + r_{24} + r_{37} \geq 26$
- Restr34) $r_2 + r_{16} + r_{34} + r_{39} + r_{40} + r_{43} \geq 26$
- Restr35) $r_{12} + r_{16} + r_{43} \geq 13$
- Restr36) $r_{12} + r_{19} \geq 6$
- Restr37) $r_{41} + r_{19} \geq 7$
- Restr38) $r_{19} + r_{41} + r_{43} \geq 12$
- Restr39) $r_{19} + r_{41} \geq 7$
- Restr40) $r_{17} + r_{19} \geq 8$
- Restr41) $r_{19} + r_{38} + r_{42} \geq 10$
- Restr42) $r_{38} \geq 2$
- Restr43) $r_{38} + r_{42} \geq 7$
- Restr44) $r_{41} \geq 4$
- Restr45) $r_{41} \geq 4$
- Restr46) $r_{41} \geq 4$
- Restr47) $r_8 \geq 4$
- Restr48) $r_2 + r_{39} + r_{40} + r_{42} \geq 17$
- Restr49) $r_{38} \geq 2$
- Restr50) $r_{38} + r_{39} + r_{40} \geq 11$
- Restr51) $r_{38} + r_{39} + r_{40} \geq 11$
- Restr52) $r_{21} + r_{34} + r_{35} + r_{37} + r_{38} \geq 14$
- Restr53) $r_{21} \geq 2$
- Restr54) $r_{13} + r_{18} + r_{20} \geq 9$
- Restr55) $r_{13} + r_{18} + r_{20} \geq 9$
- Restr56) $r_6 \geq 2$
- Restr57) $r_3 + r_4 + r_5 + r_6 + r_{13} + r_{18} + r_{20} + r_{22} + r_{33}$
 ≥ 27
- Restr58) $r_3 + r_{13} + r_{18} + r_{22} \geq 13$

Restr99) $r_8 + r_{10} \geq 6$
 Restr60) $r_{10} + r_{37} \geq 5$
 Restr51) $r_8 + r_{10} + r_{37} \geq 3$
 Restr62) $r_8 \geq 4$
 Restr83) $r_5 + r_{26} + r_{30} + r_{35} \geq 11$
 Restr64) $r_{30} + r_{33} + r_{35} \geq 11$
 Restr65) $r_6 + r_{33} \geq 7$
 Restr66) $r_5 + r_{30} + r_{33} + r_{26} \geq 13$
 Restr67) $r_7 + r_{33} \geq 7$
 Restr68) $r_{26} + r_{29} + r_{33} \geq 11$
 Restr65) $r_3 + r_4 + r_{18} + r_{22} + r_{24} + r_{36} \geq 20$
 Restr70) $r_{13} + r_{23} + r_{36} \geq 9$
 Restr71) $r_9 + r_{10} + r_{13} + r_{23} + r_{37} \geq 17$
 Restr72) $r_9 + r_{10} + r_{15} + r_{13} + r_{20} \geq 14$
 REstr73) $r_{36} \geq 2$
 Restr74) $r_9 + r_{14} + r_{13} + r_{23} \geq 14$
 Restr75) $r_9 + r_{14} + r_{13} + r_{23} \geq 14$
 Restr76) $r_1 + r_2 + r_4 + r_{40} \geq 12$
 Restr77) $r_1 + r_4 + r_{16} + r_{22} + r_{40} \geq 16$
 Restr78) $r_{27} \geq 3$
 Restr79) $r_3 + r_4 + r_{16} + r_{22} + r_{30} + r_{33} + r_{40} \geq 24$
 Restr80) $r_{28} + r_{32} \geq 7$
 Restr81) $r_{27} + r_{29} + r_{30} \geq 11$
 Restr82) $r_{37} + r_{43} \geq 9$
 Restr83) $r_{33} + r_{34} + r_{35} + r_{36} \geq 14$
 Restr84) $r_4 + r_5 + r_6 + r_7 + r_{20} \geq 10$
 Restr85) $r_{30} + r_{33} + r_{35} \geq 11$

- Restr86) $r_5 + r_7 + r_{30} + r_{35} \geq 6$
- Restr87) $r_4 + r_6 + r_7 + r_{35} \geq 9$
- Restr88) $r_7 + r_{23} + r_{35} \geq 16$
- Restr89) $r_{15} + r_{16} + r_{18} + r_{36} \geq 10$
- Restr90) $r_5 + r_9 + r_{14} + r_{20} + r_{37} \geq 19$
- Restr91) $r_5 + r_{15} + r_{16} + r_{24} + r_{37} \geq 15$
- Restr92) $r_2 + r_5 + r_{14} + r_{15} + r_{16} + r_{24} + r_{37} +$
 $r_{39} + r_{40} + r_{43} \geq 40$
- Restr93) $r_3 + r_4 + r_6 + r_{18} + r_{22} + r_{24} \geq 19$
- Restr94) $r_5 + r_7 \geq 5$
- Restr95) $r_{19} + r_{39} + r_{40} \geq 11$
- Restr96) $r_1 + r_{39} + r_{40} + r_{42} \geq 17$
- Restr97) $r_7 + r_{18} + r_{13} + r_{22} + r_{23} + r_{24} \geq 21$
- Restr98) $r_7 \geq 2$
- Restr99) $r_8 \geq 4$
- Restr100) $r_{26} + r_{35} \geq 5$
- Restr101) $r_3 + r_4 + r_{14} + r_{18} + r_{26} + r_{29} + r_{30} + r_{33}$
 ≥ 21
- Restr102) $r_5 + r_{12} + r_{19} \geq 8$
- Restr103) $r_5 + r_{15} + r_9 + r_{20} + r_{12} + r_{37} \geq 20$
- Restr104) $r_9 + r_{14} + r_{15} + r_{23} + r_{36} \geq 18$
- Restr105) $r_2 \geq 4$
- REstr108) $r_{24} + r_{32} + r_{36} \geq 10$
- Restr107) $r_{34} + r_{28} + r_7 + r_{14} + r_{24} \geq 13$
- Restr108) $r_7 \geq 2$
- REstr109) $r_{18} + r_{13} + r_{20} + r_{22} \geq 11$
- Restr110) $r_7 \geq 2$

Restr111) $r_{29} + r_{99} \geq 10$
Restr112) $r_{24} \geq 4$
Restr113) $r_{24} \geq 4$
Restr114) $r_{22} \geq 4$
Restr115) $r_{23} + r_{24} \geq 9$
Restr116) $r_{21} \geq 2$
Restr117) $r_1 + r_{41} \geq 6$
Restr118) $r_{41} \geq 4$
Restr119) $r_3 + r_6 + r_{17} + r_{22} + r_{23} + r_{25} \geq 23$
Restr120) $r_{39} \geq 5$
Restr121) $r_{20} \geq 2$
Restr122) $r_{39} \geq 4$
Restr123) $r_6 \geq 2$
Restr124) $r_{25} + r_{33} \geq 7$
Restr125) $r_8 \geq 4$
Restr126) $r_{17} \geq 4$
Restr127) $r_{17} + r_7 \geq 6$
Restr128) $r_{17} + r_7 \geq 6$
Restr129) $r_{33} \geq 5$
Restr130) $r_{33} \geq 5$
end.

ANEXO 5: Itinerário das Rotas Circulares.

Itinerário das Rotas Circulares

- R2: 20A - 20B - 25A - 7C - 7A - 7F - 3A - 3B - 3C - 3D - 3E
- 8A - 8C - 8E - 7D - 7C - 25A - 20 B - 20A;
- R4: 14B - 4A - 4B - 4C - 4H - 5F - 6B - 6E - 7E - 3A - 3B - 3C
- 3D - 3C - 3A - 2E - 2B - 5E - 4H - 4I - 4F - 4D - 4B - 4A
-14B;
- R5: 12A - 4B - 4D - 4E - 4G - 4I - 4H - 5F - 6B - 6A - 6C - 6D
7F - 7G - 7C - 7D - 7B - 7A - 3A - 7A - 7F - 7E - 6E - 6B
5F - 4H - 4I - 4J - 4G - 4F - 4D;
- R12: 6B - 6A - 6C - 6D - 7F - 7G - 25A - 25B - 26B - 26A - 25C
25B - 25A - 7C - 7H - 7F - 3A - DH - GB;
- R13: 13A - 13B - 12A - 4B - 4A - 4C - 5B - 5C - 5E - 6A - 6B -
5E - 6A - 6B - 5E - 5C;
- R15: 8J - 9A - 7D - 8C - 6H - 8F - 26A - 25C - 25B - 25A - 7C
7C - 8E - 8G - 8J ;

- R22: 14A - 14B - 4A - 4C - 4H - 5F - 7F - 3A - 3C - 3D - BE -
3A - 2F - 5F - 4H - 4C - 4A - 14B - 14A;
- R23: 14A - 14B - 4A - 4C - 5B - 5E - 6A - 6B - 5E - 5B - 5A -
4C - 4A - 14B - 14A;
- R24: 14A - 14B - 4A - 4C - 4H - 5F - 6E - 7E - 7G - 7C - 7D -
7A - 7F - 5F - 4H - 4C - 14A - 14B;
- R28: 16A - 16B - 10B - 10C - 10D - 10A - 8J - 9A - 8F - 3E -
8A - 8C - 8H - 10A - 10B - 16B - 16A;
- R91: 17A - 16C - 16B - 10F - 10D - 10E - 8J - 9A - 9B - 11A
11B - 11C - 17B - 17C - 17D;
- R32: 18A - 11B - 11A - 9B - 9A - 8E - 8G - 8H - 8E - 10B - 16B
10F - 10C - 10D - 10E - 8J - 9A.
- R35: 19A - 19B - 19C - 14B - 4A - 4C - 4D - 4F - 4G - 4J - 1B
- 1C - 1E - 1D - 1A - 4E - 4F - 4D - 4B - 1A - 4E - 4F -
4D - 4B - 4A - 14B;
- R41: 22A - 24D - 24E - 25B - 25C - 26B - 26A - 26B - 25C - 24J
24E - 24C - 24B - 24D - 22A;
- R42: 23C - 23A - 23B - 24B - 24A - 25A - 7C - 7A - 7F - 6B - 6C
6D 7F - 7C - 25A - 24B - 23C.
- R43: 24F - 24G - 24 H - 24I - 25A - 7C - 7H - 7F - 2E - 2G - 3B
-1F -1G -1H -1I -1E -1D -1J -1L - 2C -7E - 7F - 25A ... 25B
- 24E.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDERSON, Paul S. FUNDAMENTOS PARA FOTOINTERPRETAÇÃO. SBC. Brasília, 1980.
2. ASSOCIAÇÃO INTERNACIONAL DE ADMINISTRADORES MUNICIPAIS AIAM. PLANEJAMENTO URBANO. Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 1969.
3. BARAT, Josef. A EVOLUÇÃO DOS TRANSPORTES NO BRASIL. IBGE-IPEA, Rio de Janeiro, 1978.
4. BERNSTEIN, Ralph. IMAGE GEOMETRY AND RECTIFICATION. Manual Remote Sensing, vol. II, EUA, 1982. p.843-986.
5. BLACHUT, T. J. URBAN SURVEYING and MAPPING. New York, Springer Verlag, 1979. 371p.
6. BLUNDEN, W. R. THE LAND-USE/TRANSPORTATION. University of New South Wales, Australia, 1973.
7. BOTTERILL; BOWYER. MONITORING URBAN SPATIAL DYNAMICS TRANSPORTATION. Kluwer Academic Publishers, Holanda, 1988. p.345-355.
8. BRUNA, Gilda Collet. QUESTÕES DE ORGANIZAÇÃO DO ESPAÇO REGIONAL. Editora Nobel, São Paulo, 1983.

9. BRUTON, Michael J. INTRODUÇÃO AO PLANEJAMENTO DOS TRANSPORTES.
Tradução de João Bosco F. Arruda, Carlos Braune e César Cals,
de O. Neto. Editora Universidade de São Paulo, 1979.
10. CREIGHTON, Roger L. URBAN TRANSPORTATION PLANNING. University
of Illinois, USA, 1970.
11. CRUZ, Alcides. MODELO DE DEMANDA VARIÁVEL PARA DETERMINAÇÃO
DA OFERTA DE TRANSPORTE COLETIVO URBANO POR ONIBUS.
Dissertação de Mestrado, UFSC, Florianópolis, 1991.
12. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM - DNER.
PROGRAMA ESPECIAL DE VIAS URBANAS. Rio de Janeiro, outubro
de 1974.
13. DUEKER, Kenneth A. GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS AND
COMPUTER AIDED MAPPING. JAPA Journal of the American
Planning Association. Summer 1987, vol. 53, number 3.
p.383 - 390.
14. ENGESPACO INDUSTRIA E COMERCIO LTDA, SITIM -150, SENSORIA-
MENTO REMOTO, Manual do usuário versão 2.2, São José dos
Campos, 1988a.
15. ERDAS USERS GUIDE. ERDAS SOFTWARE FOR SYSTEMS. VERSION 7.2
COPYRIGHT (C) 1985 ERDAS, INC.
16. ESTES, Jonh E.; HAJIC, Earl; TINNER, Larry R. FUNDAMENTALS
OF IMAGE ANALYSIS: OF VISIBLE AND TERMAL INFRARED DATA.
Manual of Remote Sensing, vol.I, 2 edição, 1983. p.987-
1118.
17. FERRARI, Celson. CURSO DE PLANEJAMENTO MUNICIPAL INTEGRADO:
URBANISMO. Editora Pioneira, São Paulo, 1988.

18. FREITAS, Lúcia H. Walendy. ANALISE E DIMENSIONAMENTO DA OFERTA DE TRANSPORTES POR ONIBUS: metodologia. São Paulo:CET, 1985. 72p. (série Boletim Técnico da CET - n.35).
19. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. DIVISÃO DO BRASIL EM REGIÕES FUNCIONAIS URBANAS. IBGE, 1972.
20. GONZALEZ, Hector. PLANEJAMENTO E PARTICIPAÇÃO. Revista Espaço Urbano, Pesquisa e Planejamento.
21. GRAY; HOEL. PUBLIC TRANSPORTATION: PLANNING, OPERATIONS AND MANAGEMENT. Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1979.
22. HAY, Willian. AN INTRODUCTION TO TRANSPORTATION ENGINEERING. William W. Hay. University of Illinois, Urbana Campus. New York 1977.
23. HERNANDES FILHO, Pedro. METODOLOGIA DE ANÁLISE VISUAL DE DADOS DE SENSORES REMOTOS - VEGETAÇÃO. INPE, São José dos Campos, 1988.
24. HUTCHINSON, B.G. PRINCIPIOS DE PLANEJAMENTO DOS SISTEMAS DE TRANSPORTES URBANOS. Tradução de Henrique D. M. Gomes, Editora Guanabara.
25. INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. CURSO DE TREINAMENTO: APLICAÇÕES DE SENSORIAMENTO REMOTO, COM ÊNFASE EM IMAGENS LANDSAT, NO LEVANTAMENTO DE RECURSOS NATURAIS. INPE, São José dos Campos, 1980.
26. JENSEN, John. KNOWLEDGE BASED CLASSIFITON OF AN URBAN AREA USING TEXTURE AND CONTEXT INFORMATION IN LANDSAT-TM IMAGE. Photgrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol.56, número 6, 1990. p.899-904.

27. _____. URBAN/SUBURBAN LAND USE ANALYSIS. Manual of Remote Sensing, vol. II, 2 edição, 1983. p.1571-1660.
28. LANDIS AND LEVINE. GEOGRAFIC SYSTEM FOR LOCAL PLANNING. Jonathan Levine and Jonh D. Landis. Journal the American Planning Association. Spring 1989. Vol.55, number 2. p. 209-219
29. LAPATRA, Jack. APPLYNG THE SYSTEMS APPROACH TO URBAN DEVELOPMENT. University of California, USA, 1980.
30. LEI No 1932, DE 16 DE AGOSTO DE 1988. Dispõe sobre a implantação do II Plano Estrutural de Teresina e dá outras providências.
31. LEI No 1937, DE 16 DE AGOSTO DE 1988. Define as Diretrizes para uso do solo urbano de Teresina e dá outras providências.
32. LO, C.P.; WU, C.Y.M. NEW TOWN MONITORING FROM SEQUENTIAL AERIAL PHOTOGRAPHS, PE&RS, Vol. 50, n.8, EUA, 1984. p.1145-1158.
33. LOCH, Carlos. ANÁLISE DE DIVERSOS SENSORES (LANDSAT, RADAR E FOTOS AÉREAS, BEM COMO ESTUDO DE SUAS POTENCIALIDADES APLICADAS A INTERPRETAÇÃO GEOLOGICA. Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação para obtenção do Grau de Mestre em Ciências pela Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1982.
34. _____. MONITORAMENTO GLOBAL E INTEGRADO DE PROPRIEDADE-DE RURAIS A NIVEL MUNICIPAL, UTILIZANDO AS TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO. Tese de Doutorado, UFPR, Curitiba, 1988.
35. LOCH, Carlos e LAPOLLI, E. M. ELEMENTOS BASICOS DE

FOTOGRAMETRIA E SUA UTILIZAÇÃO PRÁTICA. 2ª Edição UFSC.
Florianópolis - SC. 1989. 87p.

36. LOWRY, I.S. A SHORT COURSE IN MODEL DESIGN, Journal of the American Institute of Planners, 31(2), pp. 158-166, 1965.
37. MARBLE, Duane F.; PEUQUET, Donna J. GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS AND REMOTE SENSING. Manual of Remote Sensing, vol. I, 2 edição, 1982 p. 923-957.
38. MINTZER, Olin. ENGINEERING APPLICATIONS. Manual of Remote Sensing, 2. edição, EUA, 1983. p.1955-2100.
39. MOREIRA & ASSUNÇÃO, G.V. PRINCÍPIOS BÁSICOS METODOLOGIAS E APLICAÇÕES NA AGRICULTURA. INPE, São José dos Campos, 1984.
40. NASAR, Jack L. THE EVALUATIVE IMAGE OF THE CITY. JAPA JOURNAL, 41 winter, EUA, 1990.
41. NOVAIS, Antônio Galvão. MÉTODOS DE OTIMIZAÇÃO: APLICAÇÕES AOS TRANSPORTES. Editora Edgard Blucher, São Paulo, 1978.
42. _____. MODELOS EM PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL E DE TRANSPORTES. Editora Edgard Blucher, São Paulo, 1981.
43. NOVO, Evelyn. SENSORIAMENTO REMOTO PRINCÍPIOS E APLICAÇÕES. Editora Edgar Blucher Ltda, São Paulo, 1989.
44. _____. PROJETO UTUAP- ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE FOTOGRAFIAS AERÉAS CONVENCIONAIS E IMAGENS DO LANDSAT PARA FINS DE LEVANTAMENTO DO USO DA TERRA. INPE, São José dos Campos, 1979.
45. OLIVER E POTTS. FLOWS IN TRANSPORTATION NETWORKS, Renfrey B. Potts, Robert M. Oliver. Copyright, 1972, by Academic Press. Inc. New York and London.

46. PIGNATARO, Louis. TRAFFIC ENGINEERING THEORY AND PRACTICE. Pretence Hall, Inc., Inglaterra, 1973.
47. PLANO DE DESENVOLVIMENTO LOCAL INTEGRADO - PDLI. Elaborado pela COPLAN sob a supervisão do SERFAU - Serviço Federal de Habitação e Urbanismo. Teresina, 1969.
48. PLANO DIRETOR DE DESENVOLVIMENTO URBANO DE TERESINA. Prefeitura Municipal de Teresina, 1983.
49. PLANO DIRETOR DE TRANSPORTES URBANO DE TERESINA. Ministério dos Transportes - GEIPOT. 1983.
50. RELATÓRIO DA SECRETARIA MUNICIPAL DE TRANSPORTES - SEMTRAN 1990.
51. SHIPMAN, Robert AND LO.C.P. A GIS APPROACH TO LAND-USE CHANGE DYNAMICS DETECTION. Photoqrammetric Engineering & Remote Sensing. Vol. LVI, N.11. November 1990, pp. 1421-1586.
52. SIMONETT, David. THE DEVELOPMENT AND PRINCIPLES. Manual of Remote Sensing, vol. I, 2 edição, 1983. p.01-35.
53. SNOOK, Paul. COMPARISON BETWEEN DIGITAL AND MANUAL INTERPRETATION OF HIGH ALTITUDE AERIAL PHOTOGRAPHS. photoqrammetric Engineering and Remote Sensing, vol. 53, number 5, 1987. p.531-534.
54. TERESINA EM REVISTA, Prefeitura Municipal de Teresina, ano 1, n.1, 1990.
55. TRAVESSIA FERROVIARIA DE TERESINA - Implantação do Trem Urbano. Rede Ferroviária Federal, Teresina, 1990.
56. TTC - Trânsito, Transportes Coletivos e Comunicações. ACOMPANHAMENTO ECONOMICO E ADMINISTRATIVO TARIFARIO. Brasília, EBTU, 1986.

57. VASCONCELOS, Eduardo Alcântara. AVALIAÇÃO DE POLITICOS DE CIRCULAÇÃO URBANA. Revista dos Transportes Públicos, ANTP, ano 14, número 53, 1991.
58. VOORHEES, A.M. THE NATURE AND USES OF MODELS IN CITY PLANING, Journal of the American Institute of Planners 25(2), 1959. p. 57-60.