

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**LOCALIZAÇÃO DE POSTOS DE COLETA PARA APOIO AO**  
**ESCOAMENTO DE PRODUTOS EXTRATIVISTAS - UM ESTUDO DE**  
**CASO APLICADO AO BABAÇU.**

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

**ONEIDA BARROS BEZERRA**



0.239.865-7

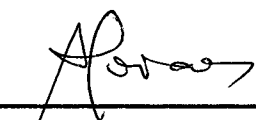
UFSC-BU

**FLORIANÓPOLIS**  
**SANTA CATARINA - BRASIL**  
**AGOSTO - 1995**

**LOCALIZAÇÃO DE POSTOS DE COLETA PARA APOIO AO  
ESCOAMENTO DE PRODUTOS EXTRATIVISTAS - UM ESTUDO DE  
CASO APLICADO AO BABAÇU.**

**ONEIDA BARROS BEZERRA**

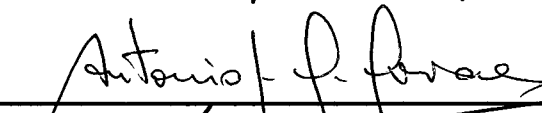
**ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE  
“ MESTRE EM ENGENHARIA ”  
ESPECIALIDADE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E APROVADA EM SUA FORMA  
FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.**

  
\_\_\_\_\_  
PI PROF. OSMAR POSSAMAI, DR.  
COORDENADOR DO CURSO

**BANCA EXAMINADORA:**

  
\_\_\_\_\_  
PROF. SÉRGIO FERNANDO MAYERLE, M. ENG.  
ORIENTADOR

  
\_\_\_\_\_  
PROF<sup>A</sup> ÉDIS MAFRA LAPOLLI, DR.

  
\_\_\_\_\_  
PROF. ANTONIO GALVÃO NOVAES, DR.

  
\_\_\_\_\_  
PROF. AMIR MATTAR VALENTE, DR.

Dedico este Trabalho

a meus pais

**Pedro Damiano de Barros e  
Maria Bezerra Barros**, pela  
formação moral e espiritual  
recebida; a meus irmãos *Enoi,  
Graça, José Antonio, Tita e  
Francisco*, pelo bom convívio.

***“ O CORAÇÃO DO HOMEM PLANEJA O SEU CAMINHO,  
MAS É O SENHOR QUEM DIRIGE SEUS PASSOS ”***

***PROVÉRBIOS 16, 9***

## AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela vida e por todos os benefícios recebidos.

Agradeço com especial apreço ao professor Sérgio Fernando Mayerle pela eficiente orientação, pelos ensinamentos transmitidos, tanto os acadêmicos quanto aqueles relacionados com sua filosofia profissional e de conduta.

A professora Édis Mafra Lapolli, pelo ótimo trabalho de co-orientação, pelo apoio e incentivo nos momentos difíceis.

Aos professores, membros da banca examinadora, pelas valiosas contribuições.

A professora Lia Caetano Bastos, pelas sugestões e colaborações prestadas a este trabalho.

Ao Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Piauí, especialmente aos professores, Rômulo Gaioso Castello Branco e Wilson Martins de Sousa, pelo apoio e incentivo, sem os quais, não teria realizado este curso.

A Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da UFPI, especialmente a professora Ana Zélia e funcionários da Coordenadoria de Capacitação de Docentes, pela atenção e apoio prestado.

Em particular, agradeço ao professor Afrânio Piauiense de Sousa, pela sugestão do tema desta dissertação, o incentivo e apoio.

Ao colega Engº Rogério Veras, do Departamento de Transportes da UFPI, agradeço o apoio prestado durante deste trabalho.

A Maria Teresa Peressoni Ribeiro, pelo companheirismo durante todo o transcorrer do curso, pelo apoio nos momentos tristes, e principalmente, pelo aconchego familiar recebido durante estes anos; meus sinceros agradecimentos a você, Deleo e Elisza.

Agradeço também, a D. Teresa, pelos saborosos pratos e o seu bom humor contagiante.

Aos professoras do Departamento de Letras da UFPI, Antonia Dilamar e Maria do P. Socorro Cosmo, pelo empenho na revisão do texto.

Ao Vítor, a beleza e as alegrias de um bom convívio. Obrigada pelas correções, sugestões e apoio.

Ao INTERPI ( Instituto de Terras do Piauí), pelo empréstimo das fotografias aéreas.

Ao Sr. Gervásio Costa Filho, Prefeito do Município de União-Piauí e ao Engenheiro Químico João Costa Filho, da usina GECOSA S.A, pela boa vontade em fornecer as informações solicitadas.

Ao Laboratório Associado de Sensoriamento Remoto de Santa Catarina - LARS, pelo apoio logístico.

A Universidade de Santa Catarina, especialmente ao Curso de Mestrado em Engenharia de Produção. E a todos os colegas e amigos que participaram direta ou indiretamente na elaboração deste trabalho, por sua amizade ou companheirismo.

## RESUMO

Neste trabalho apresenta-se uma metodologia aplicada sobre o extrativismo do babaçu, numa região do nordeste, para localização de postos de apoio ao escoamento da produção, visando racionalizar o trabalho de transporte entre o local de coleta e o local de processamento. Uma hipótese importante, considerada neste processo, é que através de fotografias aéreas é possível localizar e delinear as áreas de produção de babaçu e a sua distribuição ao longo da rede viária. Para a otimização do problema foram utilizados 3 (três) algoritmos: o algoritmo de Floyd para determinar as distâncias mínimas entre cada nó que compõem a rede viária, o algoritmo das p-medianas para localização dos postos de coleta, e um algoritmo genético para encontrar as distâncias e o roteiro para os problemas do caixeiro viajante. Para avaliar as soluções obtidas neste problema de implantação dos postos de coleta, foi feito uma análise de viabilidade econômica. Pelos resultados obtidos justifica-se a sua implantação.

## ABSTRACT

The present work carries out a research on the babaçu tree extrativism in a northeast region of Brazil in order to locate collecting places to the outlet of its production. This work aims to rationalize the transportation work between the collecting place and the processing place. As an important hypothesis considered in this process is that it is possible, through the aerial pictures, to locate and to delineate the area of production of babaçu tree and its distribution through out the road system. In order to solve the problem, three (3) algorithms are used: **Floyd's algorithm** which determines the minimum distances between every node that constitutes the road system; **The p-median algorithm** which locates the collecting places, and **the genetic algorithm** which finds out the distances and the route of the traveling salesman's problems. To evaluate the obtained results concerning the problem of implanting the collecting places, an analysis of economic viability is done. The implantation of the collecting places is suggested and such implantation is justified by the results obtained in this work.



**SUMÁRIO**

SUMÁRIO DE FIGURAS	xii
SUMÁRIO DE QUADROS	xiii
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1 Origem do Trabalho	1
1.2 Objetivos do Trabalho	2
1.3 Justificativa e Importância do Trabalho	3
1.4 Estrutura do Trabalho	3
<b>2 SENSORIAMENTO REMOTO</b>	<b>5</b>
2.1 Considerações Iniciais	5
2.2 Definições	5
2.3 Sensores Remotos	6
2.4 Métodos de Análise	7
2.5 Aplicações	11
2.6 Considerações Finais	12
<b>3 PROBLEMA DE LOCALIZAÇÃO DE FACILIDADES</b>	<b>13</b>
3.1 Introdução	13
3.2 Algoritmo de Busca de Caminhos Mínimos em Grafos	13
3.2.1 Algoritmo de Dijkstra	14
3.2.2 Algoritmo de Floyd	14
3.3 O Problema de Localização Propriamente Dito	16
3.3.1 Definição do Problema	16

		X
3.3.2	Algoritmo das p-medianas de TEIZT E BART	18
3.4	Problema do Caixeiro Viajante ( PCV)	20
3.4.1	Descrição do Problema	20
3.4.2	Métodos Exatos	21
3.4.3	Métodos Heurísticos	21
3.4.4	Um Algoritmo Genético para Solução do PCV	22
3.5	Considerações Finais	25
4	<b>EXTRATIVISMO DO BABAÇU</b>	26
4.1	Considerações Iniciais	26
4.2	Localização	26
4.3	Utilização	29
4.4	Importância Econômico-Social	30
4.5	Ciclo de Vida	34
4.6	Sistemática de Comercialização	35
4.7	Considerações Finais	36
5	<b><u>ESTUDO DE CASO: LOCALIZAÇÃO DE POSTOS DE COLETA DE BABAÇU</u></b>	
	<b>NO MUNICÍPIO DE UNIÃO-PIAUI</b>	38
5.1	Definição da Área de Estudo	38
5.2	Levantamento e Análise dos Dados Utilizando Técnica de Sensoriamento Remoto	38
5.2.1	Materiais Utilizados	38
5.2.2	Metodologia Utilizada	41
5.2.3	Identificação da Rede Viária	43
5.2.4	Estimativa da Produção de Babaçu	44
5.3.	Localização de Postos de Coleta do Babaçu	46

5.3.1	Deferminação das Distâncias Mínimas entre Nós do Grafo	46
5.3.2	Resolução do Problema das p-Medianas	48
5.3.3	Resolução do Problema do Caixeiro Viajante (PCV)	49
5.4	Análise de Viabilidade	50
5.4.1	Enfoque da Análise	50
5.4.2	Parâmetros de Custos de Implantação e Operação do Sistema de Coleta	51
5.4.3	Parâmetros para o Cálculo da Redução do Custo de Transporte do Extrativista	53
5.4.4	Planilha de Custos	54
5.4.5	Resultadis Obtidos	58
6	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b>	61
6.1	Conclusões	61
6.2	Recomendações	62
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	64
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	70
ANEXO 1	- Definições sobre Teoria dos Grafos	74
APÊNDICE 1	- Dados sobre as Áreas das Manchas Mapeadas	81
APÊNDICE 2	- Matriz de Distâncias Mínimas	89
	- Distâncias entre os Nós da Rede Viária (Arcos)	94
APÊNDICE 3	- Dados sobre o Nó 33 (Centro)	96

**SUMÁRIO DE FIGURAS**

Figura 4.1	Árvore dos Principais Produtos do Coco de Babaçu - Fracionamento Completo	31
Figura 5.1	Localização da Área de Estudo no Mapa do Estado do Piauí	39
Figura 5.2	Rede Viária com a Identificação dos Nós	43
Figura 5.3	Lay-out Proposto para o Posto de Coleta	52
Figura 5.4	Custo do Projeto x Número de Postos de Coleta	59
Figura A1.1	Grafo Direcionado	75
Figura A1.2	Grafo Não-Direcionado	76
Figura A1.3	Grafo Misto	76
Figura A1.4	Laço	76

**SUMÁRIO DE QUADROS**

Quadro 4.1	Estimativa das Áreas de Ocorrência de Babaçuais nos Estados do Brasil	28
Quadro 4.2	Evolução da Produção de Amêndoas de Babaçu do Estado do Piauí	28
Quadro 4.3	Produção de Amêndoas no Município de União-Piauí	29
Quadro 4.4	Potencial Eergético do Coco de Babaçu	33
Quadro 4.5	Período de Safra do Babaçu	34
Quadro 5.1	Área por Nó com Diferentes Tipos de Associações (km <sup>2</sup> )	47
Quadro 5.2	Solução dos Problemas das p-Medianas	48
Quadro 5.3	Solução dos Problemas do Caixeiro Viajante	50
Quadro 5.4	Planilha de Custos	57

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Origem do Trabalho

O melhor aproveitamento de recursos naturais próprios tornou-se um imperativo para países em fase de industrialização e desenvolvimento como o Brasil. De acordo com LONGO in [PROJETO..., 1980], mesmo considerando tecnologias que, aparentemente, não signifiquem grande dependência externa para o País, muitas vezes é necessário considerá-las sob o ponto de vista das vantagens para o desenvolvimento regional.

Segundo (PROJETO..., 1980), os desequilíbrios regionais existentes no Brasil destacam a importância dessa preocupação e sugerem que qualquer política de desenvolvimento econômico e social deve levar em conta as disponibilidades e potencialidades regionais.

O babaçu é matéria prima tipicamente nacional, considerado um dos principais produtos extrativos do Brasil, contribuindo de maneira significativa para a economia de alguns estados da Federação, com disponibilidade avaliada em cerca de 13 milhões de toneladas anuais [ver PROJETO..., (1980)], que se presta a múltiplas aplicações e cuja ocorrência principal é a região Norte-Nordeste.

A falta de incentivo para a comercialização do produto tem provocado o desmatamento dos babaçuais para dar lugar a outras culturas, prejudicando assim aqueles trabalhadores rurais que tem na produção do babaçu a sua principal fonte de renda.

Com a idéia básica de proporcionar incentivo às populações rurais que tem na produção do babaçu a sua principal fonte de renda, e propor um melhor escoamento, de forma a racionalizar o trabalho de transporte, desenvolveu-se este trabalho.

## 1.2 Objetivos do Trabalho

Este trabalho tem como objetivo geral, estudar e racionalizar o escoamento de produtos do extrativismo, utilizando ferramentas matemáticas que permitam realizar estas operações e a utilização de técnicas de Sensoriamento Remoto para obtenção dos dados. Considerando o potencial das imagens aéreas, sejam convencionais ou orbitais é possível localizar e delinear as áreas de produção e sua distribuição espacial.

Como objetivo específico têm-se:

. apresentar uma sistemática para localização de postos de coleta para apoio ao escoamento de produtos extrativistas, minimizando os custos de transportes envolvidos, observando os seguintes fatores:

- . a distribuição espacial das manchas de produção;
- . a localização das indústrias de processamento;
- . o sistema viário existente;
- . os custos de transporte envolvidos desde o processo de coleta até o recebimento pela indústria de processamento.

### **1.3 Justificativa e Importância do Trabalho**

O Estado do Piauí, tendo uma produção significativa de babaçu. Abrangendo uma área de aproximadamente 19.800 km<sup>2</sup> e compreendendo um total de 33 municípios, o problema de escoamento do babaçu deve ser analisado dentro da conjuntura econômica do Estado.

A exploração desta palmeira, considerada a mais importante do extrativismo vegetal piauiense, apresenta uma dimensão social, caracterizada pela criação de diferenciais de renda às populações rurais das regiões onde está inserida.

Atualmente, no Município de União, Estado do Piauí, a presença de intermediário entre o extrativista do babaçu e a usina de processamento da amêndoa GECOSA (Indústrias Integradas Gervásio Costa S.A), situada no referido município, têm retraído significativamente as atividades de extração do produto.

Com a aplicação da metodologia proposta neste trabalho, entre os benefícios a serem obtidos, podem-se destacar, para o extrativista, a oportunidade para comercializar o produto dentro do preço de mercado, bem como, contribuir para a fixação do homem no campo aumentando a produção e gerando emprego; para o usineiro é obtido um benefício pela agilização do escoamento até os centros de industrialização.

### **1.4 Estrutura do Trabalho**

O presente trabalho encontra-se estruturado em seis capítulos.



Neste capítulo descreve-se a origem, os objetivos e a importância do trabalho desenvolvido.

O segundo capítulo apresenta algumas definições e aplicações sobre Sensoriamento Remoto, utilizadas na obtenção dos dados relevantes ao trabalho.

No terceiro capítulo apresenta o papel da modelagem no processo do Problema de Localização de Facilidades, onde apresentam-se alguns algoritmos para solução do problema de busca em grafos.

No terceiro capítulo, apresentam-se a localização e utilização da palmeira babaçu, assim como a importância econômico-social dentro do extrativismo vegetal piauiense, como também as potencialidades energéticas apresentadas por esta matéria prima, para posteriormente formular o problema de escoamento do babaçu.

O quinto capítulo, está dividido em três partes: a primeira, apresenta a caracterização da área de estudo; a segunda apresenta o desenvolvimento da metodologia aplicada sobre o extrativismo do babaçu e a terceira, apresenta o procedimento para a otimização do problema de localização de postos.

O sexto e último capítulo, apresenta as conclusões obtidas em decorrência do desenvolvimento e da aplicação da metodologia proposta, e as recomendações para futuros trabalhos.

## **2. SENSORIAMENTO REMOTO**

### **2.1 Considerações Iniciais**

Neste capítulo, serão apresentadas algumas definições e aplicações sobre Sensoriamento Remoto relevantes ao trabalho, e que serão úteis no desenvolvimento do quinto capítulo.

### **2.2 Definições**

De acordo com STEFFEN et al [in FRANZONI (1993)], Sensoriamento Remoto é um conjunto de atividades onde o objetivo é caracterizar as propriedades de alvos naturais, através da detecção, registro e análise do fluxo de energia radiante, por eles refletido ou emitido. A metodologia do Sensoriamento Remoto pode ser dividida em duas fases: Aquisição e Análise. A fase de aquisição, está relacionada com o processo de detecção e registro da informação e a da análise é constituída do tratamento e da interpretação dos dados obtidos.

Segundo NOVO (1989), o Sensoriamento Remoto é a utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados, aeronaves, espaçonaves etc., com o objetivo de estudo o ambiente terrestre, através do registro e análise das interações eletromagnéticas e as substâncias componentes do planeta Terra em suas mais diversas manifestações.

Para AMARAL (1990), Sensoriamento Remoto é definido como a aplicação de dispositivos que, colocados em aeronaves ou satélites, permitem obter informações sobre objetos ou fenômenos na superfície da terra.

### 2.3 Sensores Remotos

Os sensores remotos estão classificados quanto à fonte de energia, em duas categorias: os ativos e os passivos. Os sensores ativos são os que produzem sua própria energia e os passivos são os que dependem de uma fonte externa de energia. Como exemplo de produtos obtidos por sensores passivos, pode-se citar as fotografias aéreas e as imagens de satélites e, como exemplo de produtos obtidos por sensores ativos, pode-se citar as imagens de radar.

Os sensores remotos estão classificados quanto ao tipo de produto, em não-imageadores e imageadores. Cita-se como exemplo de sensores não-imageadores os radiômetros de banda e os espectrorradiômetros. Os sensores imageadores, dividem-se em sensores fotográficos e não fotográficos.

As fotografias aéreas são exemplos de produtos obtidos a partir de um sensor fotográfico e podem ser adquiridas através de filmes pancromático, infravermelho preto e branco, colorido, infravermelho colorido (falsa cor).

O filme pancromático registra em variações de níveis de cinza, a maioria das cores do espectro visível.

O filme infravermelho preto e branco juntamente com um filtro vermelho escuro, é projetado para registrar somente os raios de luz infravermelhos.

Os filmes coloridos são encontrados em positivos e negativos. Os filmes positivos são aqueles que após o processamento, permitem produzir transparências que reproduzem a cena com a mesma aparência que possuem, ao serem observadas sob a luz do sol. Os filmes negativos permitem a reprodução de cópias positivas em papel.

Os filmes infravermelhos coloridos reproduzem os objetos da natureza com cores diferentes das que possuem (falsa cor).

As imagens de satélites, como por exemplo, dos satélites LANDSAT (Land Satellite) e SPOT (Système Probatoire d'Observation de la Terre), são produtos gerados pelos sensores não-fotográficos.

## **2.4 Métodos de Análise**

Os produtos obtidos por Sensoriamento Remoto orbital podem ser encontrados sob a forma de transparências positivas, papel fotográfico e, ainda fitas compatíveis com computador. As informações extraídas desses produtos podem ser obtidas através de informações analógicas e digitais.

O processo de interpretação de imagens baseiam-se em princípios de análise, que incluem métodos para detectar, identificar e medir objetos observados a partir de uma perspectiva.

As técnicas de análise digital de imagens classificam-se em : técnicas de pré-processamento, técnicas de realce e técnicas de classificação.

As técnicas de pré-processamento consistem na realização de operações sobre as imagens , para corrigir as distorções existentes ou melhorar o desempenho de algoritmos computacionais que deverão ser usados em fases posteriores. Entre as operações de pré-processamento, tem-se a eliminação de ruídos, a correção atmosférica e o registro (LAPOLLI, 1994).

Para o autor acima mencionado, as técnicas de realce de imagens constituem-se em transformações sobre os níveis de cinza da imagem visando melhorar a sua qualidade. Entre as técnicas mais utilizadas, pode-se citar: Manipulação de contraste, filtragem espacial e transformação IHS (Intensidade, Matiz e Saturação).

As técnicas de classificação consistem em atribuir cada pixel da imagem a uma das possíveis classes, através de uma regra de decisão, sendo cada um dos pixels representados por um vetor, cujos elementos correspondem aos valores dos níveis de cinza de cada banda. As classes podem ser previamente determinadas, o que se denomina classificação supervisionada, ou podem ser determinadas a partir do próprio conjunto de dados, sendo, então, chamadas de classificação não supervisionada (LAPOLLI, 1994).

De acordo com NOVO (1989), os elementos básicos de análise de imagens são semelhantes entre técnicas digitais ou técnicas visuais de interpretação. De acordo com diversos autores, entre os quais pode-se citar NOVO (1989), SANTOS (1986), PEREIRA,

KURKDJIAN e FORESTI (1989), os principais elementos utilizados são: forma, tamanho, sombra, tonalidade, padrão, textura, localização e relação de aspectos.

NOVO e LIMA [in LOCH (1991)], fazem a distinção dos dois métodos utilizados atualmente para análise de dados de Sensoriamento Remoto, salientam que no processo visual, o principal "equipamento" de interpretação é o ser humano, que se utiliza de princípios de análise, incluindo métodos para detectar, identificar e medir os objetos observados.

No processamento digital, os sistemas eletrônicos auxiliam o intérprete na extração das informações contidas nas imagens, as quais são tratadas adequadamente de forma a realçar os detalhes requeridos ao objetivo.

A utilização de fotografias aéreas para levantamentos do uso do solo é de fundamental importância, segundo LOCH e LAPOLLI(1989), FRANZONI et al(1992), LAPOLLI et at(1991 a). Através dos elementos de reconhecimento são identificadas as várias classes de uso do solo.

PEREIRA, KURKDJIAN e FORESTI (1989), recomendam que, se tratando do uso de fotografias aéreas em levantamentos do uso do solo, deve-se selecionar a escala dessas fotos na fase do planejamento do trabalho, pois a escala depende do objetivo deste e dos recursos disponíveis.

Segundo FRANZONI (1993), as fotografias aéreas tem sido usadas intensivamente como um dos produtos de sensores remotos na identificação e mapeamento dos recursos naturais e uso da terra. A mesma autora, conclui em seu trabalho que o emprego das tecnologias de Sensoriamento Remoto para a coleta de informações para a determinação dos tipos de uso do solo é considerado adequado.

De acordo com ORTIZ et al [in FRANZONI (1993)], para que uma microbacia seja usada criteriosamente, faz-se necessário, um minucioso levantamento de suas características físicas. Com o uso das técnicas do Sensoriamento Remoto, aumenta o rendimento desses levantamentos, podendo-se usar desde fotografias aéreas até imagens orbitais, conforme o grau de exigências do projeto.

SILVA (1989), comenta que o Sensoriamento Remoto é uma abordagem adequada às características das bacias hidrográficas, cujos dados são espaciais por natureza, uma vez que é uma técnica que lida com a variabilidade espacial.

JACOBS, MAXIMIANO e IHLENFELD (1993), realizaram uma composição colorida (bandas 3,4 e 5, TM/LANDSAT), utilizando a técnica de manipulação de contraste. Concluíram que essa técnica melhorou a qualidade da imagem, apresentando as classes temáticas bem definidas.

Para LAPOLLI, ALVES e BARCIA (1993), embora a automatização do processo de classificação de imagens seja desejável, a precisão depende, fundamentalmente, das amostras fornecidas, sendo muito importante o papel do analista dentro do processo.

GONG e HOWARTH (1992), desenvolveram um método de classificação contextual com o objetivo de obter informação sobre o uso do solo. O classificador desenvolvido mostrou-se eficiente, em termos computacionais.

Em um trabalho, LAPOLLI, ALVES, BASTOS e LAPOLLI (1991 b), concluíram que as técnicas usuais de classificação de imagens digitais funcionam de forma adequada para pixels que sejam bem representativos de cada uma das classes, podendo ocorrer

distorções quando tratar-se pixels mistos. Para a identificação desses pixels, os autores propõem o uso de conjuntos difusos e redes neurais.

## 2.5 Aplicações

ROSA (1987) comenta que as fotografias aéreas em escalas de 1/25.000 são muito convenientes para o levantar dados à nível de município ou região, por proporcionar uma visão de conjunto dos aspectos morfológicos e humanos. Aerofotos em escalas menores, como por exemplo 1/60.000, podem ser utilizadas em análises menos minuciosas, mas podem até ser substituídas por imagens de satélites, que atualmente apresentam resolução da ordem de 79 metros no caso do MSS/LANDSAT (satélite Americano), de 30 metros no caso do TM/LANDSAT, de 20 a 10 metros no SPOT (satélite Francês) e de 5 metros nas imagens do "Soyuz" (satélite Russo).

Segundo NOVO (1989), as fotografias aéreas, tradicionalmente, tem sido utilizadas nos levantamentos de solos através dos critérios de análise do relevo, drenagem e análise de padrões tonais. Mais recentemente, dados de imagens de satélites tem sido utilizados no levantamento de solos a nível de reconhecimento. Ainda para o mesmo autor, as aplicações de Sensoriamento Remoto na área de agricultura, estão relacionadas às atividades de levantamento e caracterização dos solos ou de identificação e mapeamento de culturas.

KOFFER et al [in NOVO (1989)], realizaram em 1978, um inventário canavieiro com auxílio de fotografias aéreas, interpretadas através de amostragem sistemática por grade de pontos, de toda a região canavieira de Piracicaba-SP, onde se verificou que 27% dos solos encontravam-se ocupados pela cana-de-açúcar.



Outro campo de aplicação de dados de Sensoriamento Remoto no Brasil é o monitoramento da vegetação. Em 1974, segundo NOVO (1989), a SUDAM (Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia), financiou um programa de pesquisa, visando testar a utilização de dados orbitais LANDSAT para o monitoramento da cobertura vegetal da Amazônia, onde foram levantados 350.000 km<sup>2</sup> na região do Mato Grosso, através da inspeção visual de imagens MSS - LANDSAT na escala de 1/1.000.000 e 1/250.000. Foi levantado também neste trabalho, com base em análise visual de imagens nos canais 5 e 7, um inventário da cobertura vegetal natural, o sistema viário e hidrográfico da região.

Utilizando imagens SPOT multiespectral e pancromática, TREITZ, HOWARTH e GONG [in LAPOLLI (1994)], realizaram um estudo da franja rural - urbana na cidade de Toronto, Canadá. Os dados da imagem pancromática foram reamostrados para 20m e registrados com a imagem multiespectral.

## **2.6 Considerações Finais**

O enfoque apresentado neste capítulo foi referente a definições e aplicações de técnicas de Sensoriamento Remoto, que serão aplicadas no quinto capítulo, na obtenção dos dados referentes a rede viária e a localização das manchas de babaçu dentro da região em estudo.

O próximo capítulo, apresenta a caracterização do problema de localização de facilidades, necessário à seqüência deste trabalho.

### **3. PROBLEMA DE LOCALIZAÇÃO DE FACILIDADES**

#### **3.1 Introdução**

Os problemas de localização de facilidades, tem como objetivo, a localização de facilidades ao longo de um sistema viário definido por um grafo, e estão divididos em 2 subproblemas conhecidos na literatura como, problema dos centros e problema das medianas.

Para dimensionar serviços de facilidades ao longo de um sistema viário é necessário a obtenção de caminhos mínimos entre os nós da rede e a localização adequada ao serviço. Para obtenção da solução de problemas desta natureza, os algoritmos mais utilizados são descritos a seguir. As definições básicas sobre Teoria dos Grafos podem ser encontradas no Anexo 1.

#### **3.2 Algoritmos de Busca de Caminhos Mínimos em Grafos**

Existem diversos algoritmos disponíveis na literatura para obtenção de caminhos mínimos entre pares de nós de um grafo, entre os quais pode-se destacar, o algoritmo de Dijkstra e o algoritmo de Floyd, apresentados nas seções subsequentes.

### 3.2.1 Algoritmo de Dijkstra

O algoritmo de Dijkstra foi desenvolvido originalmente para grafos finitos com custos não-negativos, podendo ser transformado para trabalhar com custos negativos, caso em que diminui sua eficiência.

O algoritmo consiste em expandir nós (gerar seus sucessores) começando pelo nó inicial, selecionando sempre aqueles ainda não escolhidos e que tiver o menor custo acumulado desde a origem.

Este algoritmo termina ao se atingir um nó terminal ou quando não existir nós para serem expandidos. Nesta última hipótese o algoritmo fracassa (COLVARA, in LAPOLLI, 1988).

### 3.2.2 Algoritmos de Floyd

Este algoritmo está baseado na modificação iterativa de matrizes formadas a partir da matriz de custo associada a um grafo, na qual se indicam custos infinitos para os arcos inexistentes e custo zero para os laços. Cada matriz gerada possui custos menores ou no máximo iguais aos seus correspondentes anteriores. Sendo assim, o algoritmo pesquisa novos caminhos, comparando-os com os já analisados.

Este processo inicia com uma matriz  $C^0 = [c_{ij}^0]$ , associada a um grafo ponderado  $G(V,E)$ , (ver definição no anexo 1) definida como:

$$c_{ij}^0 = \begin{cases} 0 & \text{para todo } v_i, v_j \in V, \text{ com } i = j \\ \infty & \text{se } (v_i, v_j) \notin E \\ c_{ij} & \text{se } (v_i, v_j) \in E, \text{ onde } c_{ij} \text{ é o custo associado ao arco} \end{cases}$$

O algoritmo constrói sucessivamente,  $n$  matrizes a partir da matriz  $C^0$ , através de modificações efetuadas de acordo com a seguinte expressão:

$$c_{ij}^k = \min\{c_{ij}^{k-1}, (c_{ik}^{k-1} + c_{kj}^{k-1})\}$$

onde se varrem  $i, j$  e  $k$ , nesta ordem.

A matriz  $\theta = [\theta_{ij}]$ , que permite encontrar as rotas associadas, geralmente chamada "matriz de roteamento", é uma forma conveniente de apresentação de todos os caminhos obtidos, (também denominada matriz de uniroteamento, uma vez que só permite a descrição de um caminho para cada par de vértices).

Esta matriz, define o vértice antecessor do vértice  $v_j$  no caminho mínimo entre  $v_i$  e  $v_j$ , e será inicialmente construída de forma que  $\theta_{ij} = v_i, \forall i, j$ . A atualização desta matriz ao longo da aplicação do algoritmo se dá através da seguinte operação:

$$\theta_{ij} = \begin{cases} \theta_{kj} & \text{se } (c_{ik}^{k-1} + c_{kj}^{k-1}) < c_{ij}^{k-1} \\ \theta_{ij} & \text{se } (c_{ik}^{k-1} + c_{kj}^{k-1}) \geq c_{ij}^{k-1} \end{cases}$$

Adaptando-se o Algoritmo de Floyd apresentado em (CHRISTOFIDES, 1975), obtém-se, para o caso de grafos com custos não-negativos, o seguinte algoritmo:

## Descrição do Algoritmo de Floyd

**Passo 1** Inicialização. Faça  $k = 0$ , monte as matrizes  $C^0 = [c_{ij}^0]$  e  $\theta = [\theta_{ij}]$ ;

**Passo 2** Faça  $k = k + 1$ ;

**Passo 3** Para todo  $i \neq k$  tal que  $c_{ik}^{k-1} \neq \infty$  e  $j \neq k$  tal que  $c_{kj}^{k-1} \neq \infty$  realize a operação:

$$c_{ij}^k = \min\left\{c_{ij}^{k-1}, \left(c_{ik}^{k-1} + c_{kj}^{k-1}\right)\right\} \quad \text{e} \quad \theta_{ij} = \begin{cases} \theta_{kj} & \text{se } \left(c_{ik}^{k-1} + c_{kj}^{k-1}\right) < c_{ij}^{k-1} \\ \theta_{ij} & \text{se } \left(c_{ik}^{k-1} + c_{kj}^{k-1}\right) \geq c_{ij}^{k-1} \end{cases}$$

**Passo 4** Se  $k = n$  pare. Em caso contrário, volte ao passo 2.

Este algoritmo é de fácil implantação e apresenta uma maior eficiência em relação ao Algoritmo de Dijkstra, para os casos em que a distância mínima entre todos os pares de vértices é necessária, razão pela qual utilizou-se o mesmo no desenvolvimento do trabalho.

### 3.3 O Problema de Localização Propriamente Dito

#### 3.3.1 Descrição do problema

Na literatura, problemas de localização são tratados pela teoria dos grafos. Tais problemas conhecidos como problema dos centros e problemas das medianas. Em ambos os casos, o objetivo é a localização de facilidades ao longo de uma rede viária definida por

um grafo. De acordo com o objetivo desta localização, caracteriza-se o problema como sendo um problema de locação de centros ou de medianas.

No problema dos centros, o objetivo é minimizar a distância até o ponto mais crítico a ser atendido. No problema das medianas, o objetivo é minimizar a soma da distância de cada um dos vértices à facilidade mais próxima, ponderada por um fator de demanda. A esta localização ótima chama-se de *mediana do grafo*.

Problemas de locação aparecem freqüentemente na prática em uma variedade de aplicações, como por exemplo: a localização do centro de comutação numa rede telefônica, armazéns de suprimentos numa rede de distribuição e a locação de centros de triagens de cartas. Ao contrário destes casos, que se caracterizam como problemas de localização de mínima soma, os problemas de localização de facilidades de atendimento à emergências, tais como: postos policiais, emergências de hospitais e postos de bombeiros, caracterizam-se como problemas de localização de centros.

Para resolução do problema das medianas, acima mencionado, encontra-se na literatura alguns métodos de solução. Para problemas de pequeno porte, a solução pode ser encontrada por formas exatas, tais como: programação inteira e enumeração exaustiva (ou busca em árvore). Este último método foi usado por HAKIMI (1985) para encontrar as 3-medianas de um grafo com 10 vértices. Existem, também, os métodos aproximados, usados por vários autores, como MARANZANA (1964), TEITZ e BART(1968), os quais se aplicam a problemas de maior porte.

Abaixo segue um teorema fundamental para a localização de  $p$ -medianas. (Veja nomenclatura no anexo 1).

### Teorema [CHRISTOFIDES, 1975 ]

Existe pelo menos um sub-conjunto  $V_p \subset V$  contendo  $p$  vértices, para o qual  $\sigma(V_p) \leq \sigma(Y_p)$ , para qualquer conjunto  $Y_p$  arbitrário de  $p$  pontos nas ligações ou nos vértices do grafo  $G(V,E)$ .

A partir deste teorema, cuja prova para o caso de  $p=1$  encontra-se em Christofides (1975), e que pode ser generalizada para  $p$  qualquer, conclui-se que a solução ótima para o problema das  $p$ -medianas encontra-se em um sub-conjunto de vértices de  $V$ . Assim, não será necessário considerar a possibilidade de implantação de uma ou mais facilidades ao longo dos arcos, o que reduz significativamente a complexidade do problema.

#### 3.3.2 Algoritmo das $p$ -medianas de TEITZ e BART

O algoritmo das  $p$ -medianas proposto por Teitz e Bart é um método aproximado, baseado na substituição de vértices.

Escolhe-se, inicialmente,  $p$  vértices para formar um conjunto  $S$  inicial, o qual é considerado uma aproximação do conjunto  $\bar{V}_p$  das  $p$ -medianas. Sendo  $V$  o conjunto de todos os vértices do grafo, testa-se, se qualquer vértice  $v_i \in V - S$  pode substituir um vértice  $v_j \in S$  e produzir um novo conjunto  $S'$ , onde:

$$S' = S \cup \{v_i\} - \{v_j\}$$

para o qual o número de transmissão  $\sigma(S') < \sigma(S)$ . Se isto for possível, é feita a substituição de  $v_j$  por  $v_i$  e  $S'$  é uma nova aproximação para o conjunto  $\bar{V}_p$ . O processo

continua até obter-se um conjunto  $\bar{S}$ , onde nenhuma substituição de vértice de  $\bar{S}$  por outro em  $V - \bar{S}$  produz um número de transmissão menor.

### Descrição do Algoritmo de TEITZ E BART

**Passo 1** Selecione um conjunto  $S$ , com  $|S| = p$  para formar uma aproximação inicial para as  $p$ -medianas;

**Passo 2** Rotule todos os vértices  $v_i \notin S$  como “não analisados”;

**Passo 3** Enquanto existirem vértices “não analisados” em  $V - S$  Faça:

a) Selecione um vértice  $v_i \in V - S$ , “não analisado”, e calcule a redução  $\Delta_{ij}$  do número de transmissão, para todo  $v_j \in S$ :

$$\Delta_{ij} = \sigma(S) - \sigma(S \cup \{v_i\} - \{v_j\})$$

b) Faça  $\Delta_{ijo} = \max_{v_j \in S} [\Delta_{ij}]$ ;

c) Se  $\Delta_{ijo} > 0$  faça  $S \leftarrow S \cup \{v_i\} - \{v_{jo}\}$  e rotule  $v_{jo}$  como “analisado”.

d) Se  $\Delta_{ijo} \leq 0$  rotule  $v_i$  “analisado”.

**Passo 4** Se durante a execução do P3 houver algumas modificações no conjunto  $S$ , volte ao P2. Em caso contrário PARE, e apresente o conjunto  $S$  como uma aproximação para a solução do problema das  $p$ -medianas.



Apesar deste algoritmo não garantir a obtenção da solução ótima, a sua utilização deu-se em função da facilidade de implantação, bem como da existência de outros casos mais significativos nos processos de obtenção de dados.

### **3.4 Problema do Caixeiro Viajante ( PCV )**

#### **3.4.1 Descrição do problema**

O PCV é de grande importância prática, e consiste na determinação da rota de menor custo para uma pessoa que parte de uma cidade e deva visitar diversas outras, passando uma vez em cada cidade e retornando ao ponto de partida ao fim da viagem. O nome dado ao problema deve-se a associação que se faz a um mercador que deve visitar seus clientes, que situam-se distribuídos em uma região. Apesar desta associação, o PCV é aplicado na solução de diversos problemas práticos relacionados com a programação da produção, no seqüenciamento de atividades, entre outros. Em outras palavras, o PCV, consiste em encontrar o circuito hamiltoniano de mínimo comprimento em um grafo  $G(X, E)$ .

Se o mercador deseja visitar um conjunto  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  de cidades, passando uma vez em cada cidade, retornando ao ponto de partida ao fim da viagem, é plausível supor que uma ordem deva ser estabelecida. Assumindo que ele conhece o custo da viagem entre cada par de cidades, dado por  $w(x_i, x_j), \forall x_i, x_j \in X$ , então ele dispõe de todas as informações necessárias para obtenção do roteiro de mínimo custo.

O problema do caixeiro viajante pode ser solucionado através dos métodos exatos e dos métodos heurísticos disponíveis na literatura.

### 3.4.2 Métodos exatos

De acordo com WEBER [in GRACIOLLI (1994)], em termos de métodos exatos para a solução do PCV e seus problemas descendentes, existem essencialmente, três abordagens: a programação inteira mista, a programação dinâmica e *branch and bound*.

A classificação de algoritmos em termos de complexidade é feita utilizando-se o conceito de limitação polinomial. Algoritmos polinomiais (ou pertencentes à Classe-P), são aqueles em que o número de operações elementares necessárias para a obtenção da solução ótima de um dado problema é limitado, no pior caso, por uma função polinomial do tamanho do problema. Os problemas para os quais não se conhecem algoritmos polinomiais capazes de obter a solução exata para os mesmos, são classificados como NP-Completo (ou NP-Hard), e são considerados complexos e de difícil tratamento. O PCV é um exemplo típico de problema NP-Completo. Portanto, os algoritmos exatos são usados apenas em soluções de problema de pequeno porte. Para problemas de maior porte, utilizam-se métodos heurísticos.

### 3.4.3 Métodos heurísticos

Segundo PAPADIMITRIOU e STEIGLITZ [in GRACIOLLI (1994)], o problema do caixeiro viajante é não-polinomial, justificando portanto, as muitas pesquisas voltadas ao desenvolvimento de heurísticas para o PCV. Dentre muitas disponíveis na literatura, pode-se destacar os de Procedimento de Construção de Rotas (Vizinho mais próximo, Método de inserção e Vizinho mais distante), e os de Procedimentos de Melhorias de Rotas (2-opt, 3-opt e 4-opt). Maiores informações a este respeito, podem ser encontradas na referência citada acima.

Outra forma de resolver o problema do caixeiro viajante, adotada na aplicação deste trabalho, é com a utilização de algoritmos genéticos.

#### 3.4.4 Um Algoritmo Genético Para Solução do PCV (MAYERLE, 1994)

*“ Os algoritmos genéticos foram inventados por John Holland, no início da década de 70, com o objetivo de imitar o processo de evolução observado na natureza [DAV91]. Apesar deste processo não ser totalmente conhecido pelos biólogos, alguns aspectos são bem aceitos. Em primeiro lugar, a evolução se processa por meio de cromossomos, que são dispositivos biológicos armazenadores das características de cada indivíduo. Através de um processo de seleção natural, os cromossomos que apresentam uma estrutura que melhor se adapta ao meio ambiente (fitness) se reproduzem com maior freqüência. A reprodução é o ponto no qual a evolução se processa. Através da combinação dos materiais genéticos dos ancestrais, novos cromossomos são produzidos. Através de um processo de mutação, os descendentes poderão vir a apresentar características diferentes de seus ancestrais, com um eventual aumento na capacidade de adaptação ao meio. Dentro desta perspectiva, os aspectos fundamentais são: a estrutura do cromossomo, a avaliação do fitness e os processos de seleção natural, reprodução e mutação. Também no desenvolvimento dos algoritmos genéticos, estes serão os aspectos considerados.*

##### a) Estrutura do cromossomo

*Para cada vértice de um circuito hamiltoniano existe um sucessor. No algoritmo genético desenvolvido, cada cromossomo  $r_i = (s_{i1}, s_{i2}, \dots, s_{ij}, \dots, s_{in})$  representa um circuito, onde o gene  $s_{ij}$  é o vértice sucessor do vértice  $x_j$  no  $i$ -ésimo circuito. No processo de geração de uma população inicial de cromossomos aleatórios, a probabilidade de um*

vértice suceder outro foi adotada como sendo inversamente proporcional ao quadrado da distância entre os vértices.

#### b) Avaliação do fitness

O fitness de um cromossomo representa a sua capacidade de adaptação ao meio ambiente. Neste algoritmo adotou-se um fitness igual ao custo do circuito, isto é:

$$C_i = \text{Fitness}(r_i) = \sum_{j=1}^n w(x_j, s_{ij})$$

onde  $w(x_j, s_{ij})$ , é o custo associado ao deslocamento de  $x_j$  a  $s_{ij}$ .

Assim, na avaliação de um roteiro, (cromossomo), quanto maior o fitness calculado, menor sua capacidade de adequação e vice-versa.

#### c) Processo de seleção natural

Considerando a ordenação estabelecida na população, na qual  $C_1 \leq C_2 \leq \dots \leq C_n$ , a escolha de um cromossomo para a realização de um cruzamento é feita considerando uma distribuição de probabilidade inversamente proporcional ao índice dos cromossomos na população. Em outras palavras, quanto menor o índice do cromossomo, maior é a probabilidade de escolha. De acordo com esta distribuição, a função de seleção é a seguinte:

$$\text{Select}(R) = \left\{ r_j \in R \mid j = \left\lceil \frac{-1 + \sqrt{1 + 4 \cdot \text{rnd} \cdot (n^2 + n)}}{2} \right\rceil \right\}$$

onde  $rnd \in [0,1)$  é um número aleatório uniformemente distribuído, e  $\lceil b \rceil$  é o menor inteiro maior do que  $b$ .

#### d) Processo de reprodução

O cruzamento entre cromossomos é realizado pela operação de crossover. Neste procedimento, o mais próximo dos sucessores de cada vértice nos cromossomos ancestrais (gene dominante) é herdado pelo cromossomo filho. Esta operação é definida pela seguinte função:

$$r_n = \text{Crossover}(r_i, r_j) \equiv s_{nk} = \begin{cases} s_{ik} & \text{se } w(x_k, s_{ik}) \leq w(x_k, s_{jk}) \\ s_{jk} & \text{em caso contrario} \end{cases}$$

#### e) Processo de mutação

Ao ser criado um cromossomo filho, é possível que o mesmo não represente um roteiro viável, por não ser um circuito hamiltoniano. Nestes casos, é interessante efetuar modificações na estrutura do cromossomo, a fim de torná-lo viável. A operação Mutate, que é responsável por esta modificação, escolhe um vértice aleatório, e realiza a montagem do circuito, sempre com a adição do sucessor do último vértice acrescentado. Se a adição de um vértice fecha o circuito, antes da inclusão de todos os vértices, então um novo vértice é sorteado, entre os vértices ainda não incluídos, considerando uma distribuição de probabilidade inversamente proporcional ao quadrado da distância entre os vértices.

### Descrição do Algoritmo Genético para o PCV

- P1. *Inicialização: gere uma lista  $R = (r_1, r_2, \dots, r_n)$ , com  $n$  cromossomos aleatórios representando roteiros hamiltonianos, e calcule os custos  $C_i = \text{Fitness}(r_i)$ ,  $\forall r_i \in R$ ; ordene a lista  $R$  de modo que  $C_1 \leq C_2 \leq \dots \leq C_n$ ; faça  $k = 0$ , defina o erro  $\varepsilon$  e o número máximo de iterações  $k_{max}$ ;*
- P2. *Teste: se  $C_n - C_1 \leq \varepsilon$  ou  $k \geq k_{max}$ , então PARE e apresente o cromossomo  $r_1$ ;*
- P3. *Seleção natural: elimine da lista  $R$ , o pior cromossomo (último elemento da lista  $R$ ) e selecione dois cromossomos,  $r_i = \text{Select}(R)$  e  $r_j = \text{Select}(R)$ , com  $r_i \neq r_j$ ;*
- P4. *Reprodução: faça  $r_n = \text{Crossover}(r_i, r_j)$ ;*
- P5. *Mutação: se o cromossomo  $r_n$  não representa um circuito hamiltoniano, então faça  $r_n = \text{Mutate}(r_n)$ ;*
- P6. *Calcule  $C_n = \text{Fitness}(r_n)$ ; insira o cromossomo  $r_n$  na lista  $R$ , mantendo a ordem crescente dos custos; faça  $k = k + 1$ , e volte ao P2. "*

### 3.5 Considerações Finais

Neste capítulo, foram apresentados alguns algoritmos relacionados com a estrutura de um grafo, necessários para modelagem do problema de localização de postos de coleta, que será abordado no quinto capítulo.

No capítulo seguinte, serão vistos aspectos da palmeira babaçu e a sua importância dentro do extrativismo piauiense, necessários à seqüência deste trabalho.

## 4. EXTRATIVISMO DO BABAÇU

### 4.1 Considerações Iniciais

Em conformidade com os objetivos deste trabalho, escolheu-se o babaçu como a matéria prima a ser escoada devido a sua importância na economia do Piauí. A exploração desta palmeira, considerada a mais importante do extrativismo vegetal piauiense, apresenta uma dimensão social, caracterizada pela criação de diferenciais de renda às populações rurais das regiões onde está inserida.

O babaçu é uma palmeira do gênero *orbignya*. Sua classificação botânica está dividida em duas espécies, *palmae orbignya oleifera* (babaçu do cerrado) e *palmae orbignya martiana* (babaçu da floresta), (PROJETO...,1980).

A palmeira de babaçu legítima tem um traço inconfundível: suas palmas formam ângulos maiores que 25° com o horizonte, permitindo uma distinção *sui-generis* com as outras palmeiras, e tem as mais variadas aplicações, que incluem o aproveitamento do estipe, folhas e frutos. A bela palmeira, muito aita e copada, recebeu dos indígenas da fala tupi, o nome *uauaçu*. O fruto do coco de babaçu, é uma noz que atinge cerca de 6 a 13 cm de comprimento.

### 4.2. Localização

O babaçu em sua ampla área brasileira ocorre sobre variadas unidades de solo, consorciando-se ou alternando-se com cobertura florestais primitivas ou derivadas, tais como mata, cerrado, capoeira, pastagem e lavouras; e está submetido a climas com ampla

como mata, cerrado, capoeira, pastagem e lavouras; e está submetido a climas com ampla variação de pluviosidade anual, ocorrendo em climas que vão do tipo semi-árido tropical ao tropical úmido com ligeiro déficit hídrico.

O gênero *orbignya* ocorre em outros países das Américas, do México para o sul. Vale destacar os babaçuais da Bolívia presentes de Santa Cruz de La Sierra às fronteiras com os estados brasileiros do Acre e Rondônia (EMBRAPA, 1984).

Os babaçuais brasileiros concentram-se na região Nordeste, Norte e Centro Oeste, merecendo maior destaque a região Nordeste que detém, atualmente, a maior produção de amêndoas e a maior área ocupada com cocais. Minas Gerais, na região Sudeste, merece citação por ser o único estado fora das regiões citadas que possui área expressiva coberta com babaçu (EMBRAPA, 1984).

As estimativas da área ocupada por babaçuais em cada estado e a participação percentual sobre o total brasileiro pode ser visto no quadro 4.1 a seguir. Essas estimativas foram feitas em relação a área geográfica de ocorrência, pois a área real ocupada com babaçu é sempre menor devido à descontinuidade dos cocais (EMBRAPA, 1984).

No Estado do Piauí, o babaçu ocorre de forma contínua, ao longo do médio e baixo Parnaíba, numa área de 1.977.600 ha, onde estão incluídos 33 (trinta e três) municípios.

Dos 33 (trinta e três) municípios piauienses, 8 (oito) se destacam sobretudo na produção de amêndoas, conforme mostra o quadro 4.2 a seguir.



Quadro 4.1 - Estimativa das áreas de ocorrência de babaçuais nos Estados do Brasil

Brasil e Estados	Área estimada em 1.000 ha				Média aproximada das estimativa	
	1	2	3	4	Área(1.000 ha)	%
Brasil	17.400	11.450	13.925	13.925	14.175	100,0
Amazonas	-	-	50	200	125	0,88
Maranhão	12.000	8.500	8.665	8.665	9.455	66,70
Piauí	1.200	1.200	300	300	750	5,29
Ceará	-	-	30	30	30	0,21
Bahia	-	-	-	50	50	0,35
Mato Grosso	1.500	800	2.000	2.000	1.575	11,11
Goiás	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	7,05
Minas Gerais	1.000	-	1.000	1.000	1.000	7,05
Outros	700	40	280	480	375	2,64

Fonte: estimativa 1 - Kono, Akira  
 estimativa 2 - Braga, H.C. & Dias D.C.  
 estimativa 3 - Peixoto, Ariosto  
 estimativa 4 - TOBASA - Tocantins Óleo de Babaçu S.A.

Quadro 4.2 - Evolução da produção de amêndoas de babaçu do Estado do Piauí

Municípios	Área	Produção					Produção (%) 1982	Produção (kg/km <sup>2</sup> ) 1982
		1975	1978	1980	1981	1982		
Teresina	1.809	2.412	2.400	2.363	2.612	2.534	18,5	1.400
União	1.251	1.876	1.886	1.930	2.062	1.180	8,6	943
Barras	2.894	1.300	1.300	1.307	1.200	1.080	7,9	373
Miguel Alves	1.334	2.783	2.292	3.210	2.816	1.068	7,8	800
Matias Olímpio	360	820	387	1.107	980	920	6,7	2.555
Luzilândia	1.205	640	480	1.030	950	890	6,5	739
Esperantina	1.038	800	680	1.332	963	887	6,4	855
Palmeirais	1.516	770	820	823	626	839	6,1	553

Fonte: IBGE - 1975/1982.

Segundo o IBGE(1975/1982), a produção ( kg/km<sup>2</sup>), representada no quadro 4.2, não representa produtividade, e sim, a produção correspondente à área do município.

Como mostra o quadro 4.3 abaixo, o Município de União-Pi possui uma produção significativa dentro do estado. De acordo com a publicação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o quadro 4.3, mostra a produção do município nos 10 (dez) últimos anos.

**Quadro 4.3. - Produção de amêndoas no município de União - Piauí .**

Ano	1980	1981	1982	1985	1986	1987	1988	1989	1991	1992
Amêndoas (Ton.)	1.930	2.062	1.180	989	910	728	1.698	1.700	1.668	1.671

Fonte: IBGE - Produção Extrativista Vegetal.

Em União, no povoado Novo Nilo, a GECOSA - Indústrias Integradas Gervásio Costa, (usina de processamento de amêndoas do babaçu), processa 10.285 ton/ano. O Município de União fornece 12,5% (doze e meio por cento) da capacidade da usina, enquanto que os outros 87,5% (oitenta e sete e meio por cento) vem de outros municípios piauienses e do estado do Maranhão [ ver GECOSA (1993)].

Pelo total de área coberta por babaçuais dentro do município, esta porcentagem fornecida, não corresponde a sua produtividade. Atribui-se esta pequena produção, à falta de incentivo ao extrativista para uma justa comercialização.

### **4.3 Utilização**

De acordo com KONO [in EMBRAPA (1984)], a composição física do fruto indica quatro partes aproveitáveis: epicarpo (11%), mesocarpo (23%), endocarpo (59%) e amêndoas (7%). A casca (93%), conjunto formado pelo epicarpo, mesocarpo e endocarpo, é normalmente desperdiçado nos processos de quebra manual.

A principal utilidade atual do babaçu, consiste na produção de óleo, para fins culinários e industriais, a partir das amêndoas que representam apenas de 6% a 7% do peso total do fruto. As demais partes do fruto oferecem perspectivas animadoras para a produção de carvão, alcatrão, gás combustível e álcool, para fins energéticos, ou de amido, de elevado valor alimentício e industrial.

Hoje, torna-se cada vez mais comum o uso da casca na fabricação de carvão em caldeiras rústicas, tanto para fins domésticos como industriais.

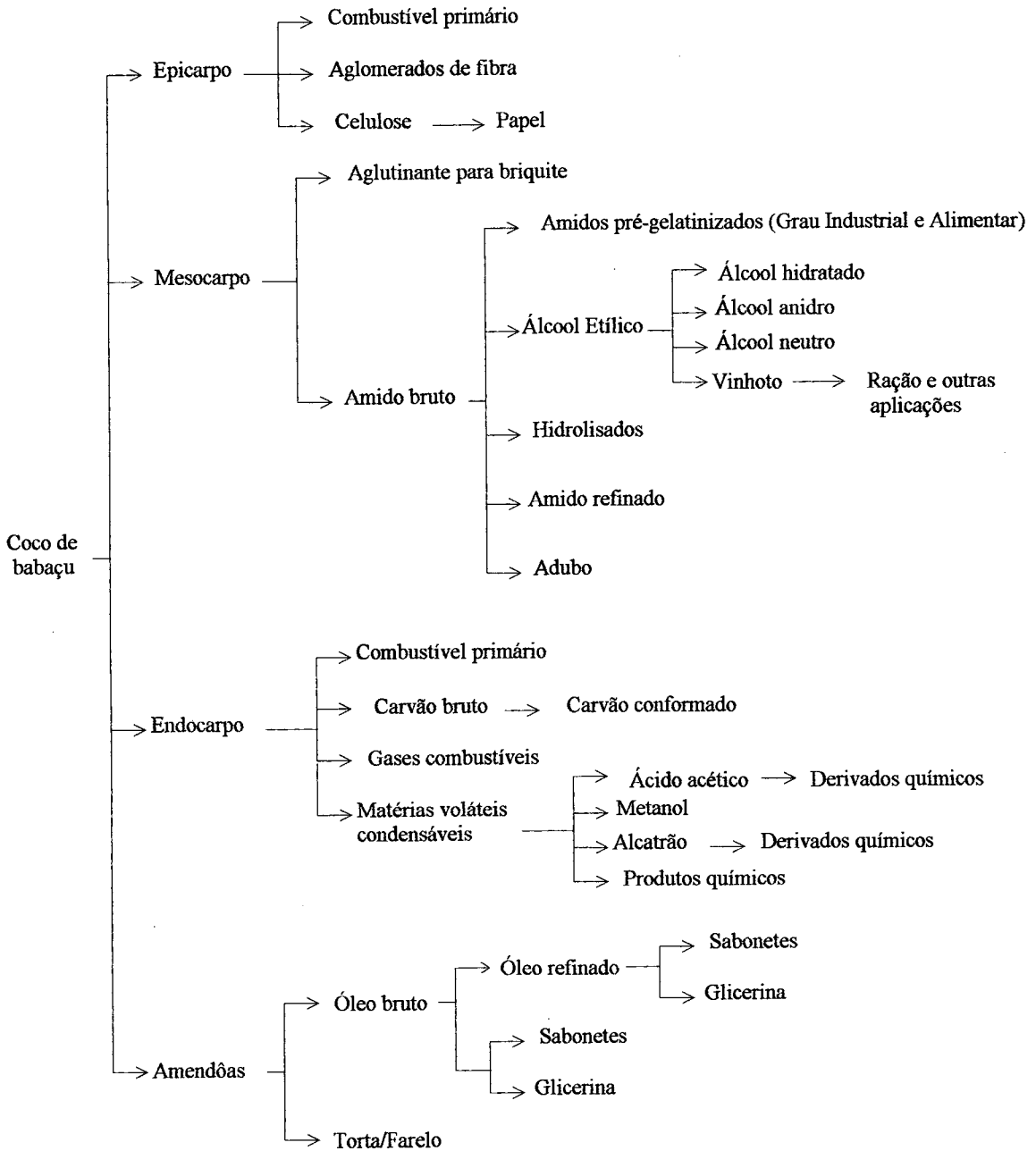
O carvão industrial é aproveitado na fabricação de filtros de cigarros. Como exemplo, podemos citar uma indústria na cidade de Mafra no estado de Santa Catarina, onde efetuam a carbonização da casca de babaçu, proveniente do estado de Goiás (RIZZINI et al, 1976).

De acordo com LONGO (1981), a figura 4.1 mostra o aproveitamento integral do coco de babaçu, com seu desdobramento em todas as frações primárias (epicarpo, mesocarpo, endocarpo e amêndoas) veja a figura 4.1 a seguir.

#### **4.4 Importância Econômico-Social**

O babaçu é considerado o maior recurso oleífero nativo do mundo, e um dos principais produtos extrativos do Brasil, contribuindo de maneira significativa para a economia de alguns Estados da Federação (ALVES, 1984).

**Figura 4.1 - Árvore dos principais produtos do coco de babaçu - fracionamento completo ( LONGO, 1981).**



O babaçu apresenta alta importância ecológica, social e política na qualidade de produto extrativo, envolvendo centenas de milhares de famílias nos estados do Maranhão, Piauí e Goiás, estados de maior produção. Sua importância social aumenta ainda mais, porque a exploração do produto ocorre no período de entressafra das principais culturas regionais, concorrendo, portanto, para a manutenção dessas famílias, e contribuindo para conter o êxodo rural, além de exercer um papel fundamental na manutenção da fertilidade do solo.

De acordo com a Revista Atualidades do Conselho Nacional do Petróleo, o babaçu foi sempre considerado uma das maiores riquezas do País, com existência quantificada em “bilhões” de palmeiras, produzindo “milhões” de toneladas de coco (COCO..., 1983). O babaçu desponta hoje como uma das melhores alternativas para acelerar nossa independência energética em termos de petróleo e carvão, comenta ainda a mesma revista. Isto poderá ser conseguido num prazo não muito longo, através de um plano integrado, visando o seu aproveitamento total.

Em alguns estados por exemplo, estudos neste sentido estão sendo realizados, como é o caso do estado do Piauí, onde a COMDEP - Companhia de Desenvolvimento Econômico do Piauí, investiga as possibilidades de aproveitamento integral do babaçu, do qual o estado é o segundo produtor; no estado do Maranhão a empresa AGRIMA - Companhia Agrícola do Maranhão, com apoio do Banco Mundial, investe milhões de dólares, para encontrar fontes alternativas de energia, através da utilização do coque e do álcool, derivados do babaçu (BABAÇU..., 1980).

A Secretaria de Tecnologia Industrial do Ministério da Indústria e Comércio, estimou a produção brasileira de coco babaçu em 12,4 milhões de toneladas por ano. Esse total, se industrializado integralmente, poderia gerar um bilhão de litros de álcool, dois milhões de

toneladas de coque siderúrgico, meio milhão de toneladas de óleo, dois bilhões de metros cúbicos de gás combustível e um e meio milhão de toneladas de epicarpo (combustível primário) ( EMBRAPA, 1984).

Um resultado imediato da industrialização integral de coco pode ser avaliado através da energia contida nesses produtos acima mencionados, cujo potencial energético global poderá atingir cerca de quarenta bilhões de megacalorias por ano, o que equivale a uma potência instalada de, aproximadamente, cinco mil megawatts, operando 24 horas por dia, durante todo o ano (COCO, 1983).

Não obstante os dados acima apresentados, a amêndoa do babaçu representou no triênio de 1975 a 1977, entre 28,9% e 30,7% do valor da produção de extrativo no país, exceto a madeira. O alcance da contribuição que o babaçu poderá dar a Nação, somente através de seus produtos energéticos derivados, é sem dúvida inestimável ( EMBRAPA, 1984).

De acordo com MAIA (1981), o quadro 4.4, expressa o potencial energético do coco de babaçu.

**Quadro 4.4 - Potencial energético do coco de babaçu.**

<b>Produto</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Total de Matéria-Prima ( kcal x 10<sup>3</sup> )</b>
Álcool	80 litros	409,6
Carvão	145kg	1.058,5
Gás	174 m <sup>3</sup>	696,0
Óleo	40 kg	344,0
Epicarpo	120 kg	451,8
<b>Total</b>		<b>2.959,9</b>

#### 4.5. Ciclo de Vida

As zonas de maiores concentrações da palmeira babaçu, são denominadas "manchas", e ocorrem principalmente em vales.

A palmeira atinge cerca de 17 a 20 metros de altura, e começa a frutificar entre o 7º e 8º ano de vida, alcançando plena produção aos 15, e tem uma vida média de 35 anos. Produz de 3 a 6 cachos de frutos por ano, cada cacho possui cerca de 150 a 300 cocos, e cada coco possui em média, 3 amêndoas no interior.

A palmeira babaçu possui três estágios de crescimento. O primeiro constituído pelas pindovas, onde a palmeira apresenta até três folhas definitivas. O segundo denominado palmiteiro, pode ser identificado pelo palmito, quase ao nível do solo. No terceiro, o caule já se encontra formado, correspondendo à fase anterior a adulta.

A época e a intensidade da safra variam com a região considerada e de acordo com a localização dos babaçuais, populações existentes e condições meteorológicas vigente. O quadro 4.5 abaixo, mostra o período de safra do babaçu nos estados que tem a maior produção.

**Quadro 4.5 - Período de safra do babaçu**

Estados	Época de Coleta	Ponto Máximo de Safra
Maranhão (1)	Julho - Dezembro	Setembro - Novembro
Piauí (2)	Agosto - Fevereiro	Novembro - Dezembro
Goiás (3)	Junho - Dezembro	Agosto - Setembro

Fonte: 1 - Secretaria de Agricultura do Estado do Maranhão - 1976  
 2 - Comissão Estadual de Planejamento Agrícola do Piauí - 1976  
 3 - TOBASA - Tocantins Óleo de Babaçu S.A. - 1976

O babaçu normalmente não recebe tratos culturais. Os diversos estágios de crescimento da palmeira, ocorrem em capoeiras, e a penetração de trabalhadores fica difícil, devido ao amaranhado da vegetação.

Segundo RIZZINI et al (1976), não se cuidou, até agora, do seu cultivo, dada a enorme abundância em estado silvestre. Tal abundância, na realidade, tende a crescer, pois a palmeira babaçu está entre as primeiras plantas que despontam como vegetação sucessória; depois de derrubada ou queimada a mata, para fins agrícolas, o babaçu rebrota vigorosamente em enorme quantidade e dá origem a um densíssimo pindobaí, no qual poucas plantas chegarão ao estado adulto (isto é, tornar-se-ão "palmeiras", segundo se diz na região). Tal peculiaridade leva muitos a encarar o babaçu como uma "praga", pois facilmente se instala e é difícil de exterminar, o que desencoraja o estabelecimento de outras culturas.

De acordo com a publicação da revista Atualidades do Conselho Nacional do Petróleo, (COCO, 1983), não se conhece com precisão os períodos de floração, frutificação, maturação e queda dos frutos. Sabe-se apenas, que o período de queda mais intensa dos frutos, acontece no segundo semestre do ano.

O coco de babaçu cai espontaneamente da palmeira, e é colhido pelo catador e, algumas vezes, transportado para sua casa em cestas de palha, onde será efetuada a quebra; mas geralmente ela é feita no mato, ao pé da palmeira.

#### **4.6. Sistemática de Comercialização**

No relacionamento proprietário/quebrador é comum a venda da amêndoa ao proprietário da terra, que oferece preço de 10 (dez) a 20% (vinte por cento) inferior ao



vigente na região. Como segunda opção, o quebrador troca a amêndoa por mantimentos no “quitandeiro” (comprador intermediário), que a estoca, para o proprietário posteriormente comercializá-la junto à indústria. Isto deve-se em parte a dificuldade do quebrador comercializar diretamente seu produto no mercado.

A população rural dos municípios produtores de babaçu, vivem principalmente, da agricultura, comércio e extrativismo da amêndoa, que constitui uma atividade exercida geralmente por mulheres e crianças, visando a complementação da renda familiar.

A presença de intermediário entre o extrativista do babaçu e a indústria de processamento do produto no Município de União, tem como consequência imediata uma redução drástica da receita do extrativista, que vende o produto a um preço inferior ao efetivamente pago pelas usinas.

Desta maneira a falta de incentivo para a comercialização do produto tem provocado o desmatamento dos babaçuais para dar lugar a outras culturas, prejudicando assim, aqueles trabalhadores rurais que sustentam suas famílias através da colheita e venda dos frutos de babaçu, e para as indústrias oleaginosas que beneficiam as amêndoas.

#### **4.7 Considerações Finais**

Diante da importância do babaçu na renda familiar destas comunidades rurais, é que se propõe neste trabalho, a implantação de postos de coletas, para dar ao extrativista a oportunidade de comercializar o seu produto a um preço justo, próximo ao local de extração, sem que haja a existência do intermediário.

O número e localização dos postos, deverão ser definidos de forma a racionalizar o trabalho de coleta e transporte. Esta definição, portanto, deve levar em conta, basicamente, os seguintes dados:

- a distribuição espacial das zonas de produção;
- a localização das indústrias de processamento;
- o sistema viário existente;
- o custo de transporte envolvidos deste o processo de coleta até o recebimento pela indústria de processamento.

## **5 - ESTUDO DE CASO: LOCALIZAÇÃO DE POSTOS DE COLETA DE BABAÇU NO MUNICÍPIO DE UNIÃO-PIAUI**

### **5.1 Definição da Área de Estudo**

A área escolhida foi o Município de União, por ser um dos municípios piauienses que mais se destacam na produção de amêndoas.

O município de União está localizado no Norte do Estado do Piauí, na microregião de Teresina, a 60 (sessenta) km da Capital, seguindo pela PI -112. Está situado entre os pontos de coordenadas geográficas  $04^{\circ} 06' 35''$  e  $05^{\circ} 02' 07''$  de Latitude Sul, e  $42^{\circ} 22' 12''$  e  $43^{\circ} 00' 00''$  de Longitude Oeste. Veja Figura 5.1 a seguir.

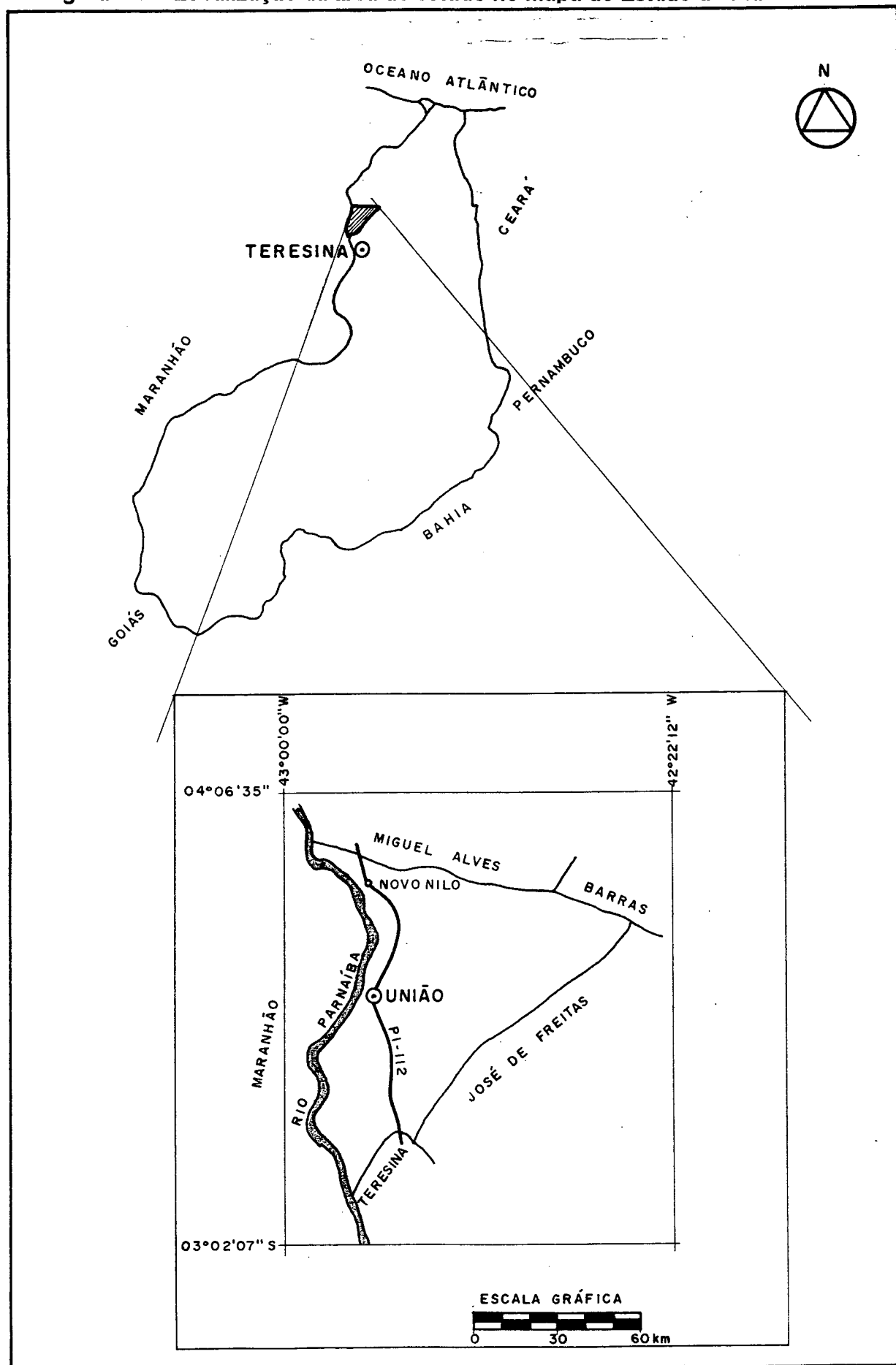
A área do município, segundo a Fundação CEPRO, Anuário Estatístico do Piauí, 1986/87, é de  $1.251 \text{ km}^2$ , incluindo o Município de Lagoa Alegre. (Convém ressaltar que o município de Lagoa Alegre está incluído na nossa área de estudo, devido o seu desmembramento só ter acontecido no ano de 1993, época em que já se tinha realizado a análise das fotografias aéreas).

### **5.2 Levantamento e Análise dos Dados Utilizando Técnicas de Sensoriamento Remoto**

#### **5.2.1 Materiais utilizados**

No presente trabalho foram utilizados produtos de Sensoriamento Remoto (fotografias aéreas), Documentos Cartográficos e Equipamentos.

Figura 5.1 - Localização da área de estudo no mapa do Estado do Piauí.



A obtenção de documentos relevante sobre o Município de União, foi feita tanto em Empresa Particular, no caso, a Usina GECOSA, que está localizada na área de estudo; como também em Empresas Públicas, como: INTERPI ( Instituto de Terras do Piauí), CEPRO (Fundação Centro de Pesquisas Econômicas e Sociais do Piauí), Prefeitura Municipal de União-Pi, SEPLAN (Secretaria de Planejamento), DER-PI (Departamento de Estradas e Rodagem), IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), e Secretaria da Indústria e Comércio do Estado do Piauí.

As fotografias aéreas utilizadas, referem-se ao Recobrimento Fotogramétrico do Estado do Piauí, na escala aproximada de 1/32.000, executado no ano de 1983 pelo Serviço Aerofotogramétrico TerraFoto S.A. (cedidas pelo INTERPI).

A documentação cartográfica utilizada como apoio a identificação e interpretação dos alvos observados nas fotos aéreas foram :

- Mapa Político - Viário - Hidroviário do Estado do Piauí, escala 1/2.000.000, de 1986 - Elaborado pelo IBGE;

- Mapa Rodoviário do Estado do Piauí, escala 1/100.000 de 1992. (Planejamento Cartográfico-Temático, preparo para impressão, executado do relevo e impresso pela AeroFoto Cruzeiro S.A. - RJ);

- Mapa Geográfico de União-PI, escala 1/100.000, com base nas cartas topográficas Barras, Campo Maior, José de Freitas e Miguel Alves, executado à partir de aerofotos de 1978; revisto em Março/80 -Liberado/88, atualizado em Abril/90 e Elaborado pelo DIMAM;

- Atlas - Estado do Piauí / CEPRO / IBGE, 1990;

- Cartas Topográficas - Folhas:

José de Freitas - Piauí/Maranhão-SB.23-X-B-V e Miguel Alves - Piauí/Maranhão-SB.23-X-B-II, escala 1/100.000, de 1978, Elaborado pelo DSG/ME.

Nos trabalhos de fotointerpretação utilizou-se os seguintes equipamentos:

- Estereoscópio de espelho marca Zeiss para a interpretação das fotografias aéreas;

- Lentes de aumento para a interpretação das fotografias, transparências, canetas coloridas, lápis dermatográfico, mesa de luz, papel milimetrado para o cálculo da área das manchas de babaçu e curvímeter para medir as distâncias entre os nós da rede rodoviária.

### **5.2.2 Metodologia utilizada**

Antes de se iniciar a interpretação das fotografias aéreas, foi feita a averiguação de campo, onde foram visitadas quase todas as localidades rurais do município referente a área de estudo. Feito o reconhecimento preliminar de campo, no qual identificou-se as várias formas de ocorrência e distribuição da palmeira babaçu, passou-se para as seguintes etapas:

a) escolha de fotografias aleatórias de diferentes locais da área de estudo;

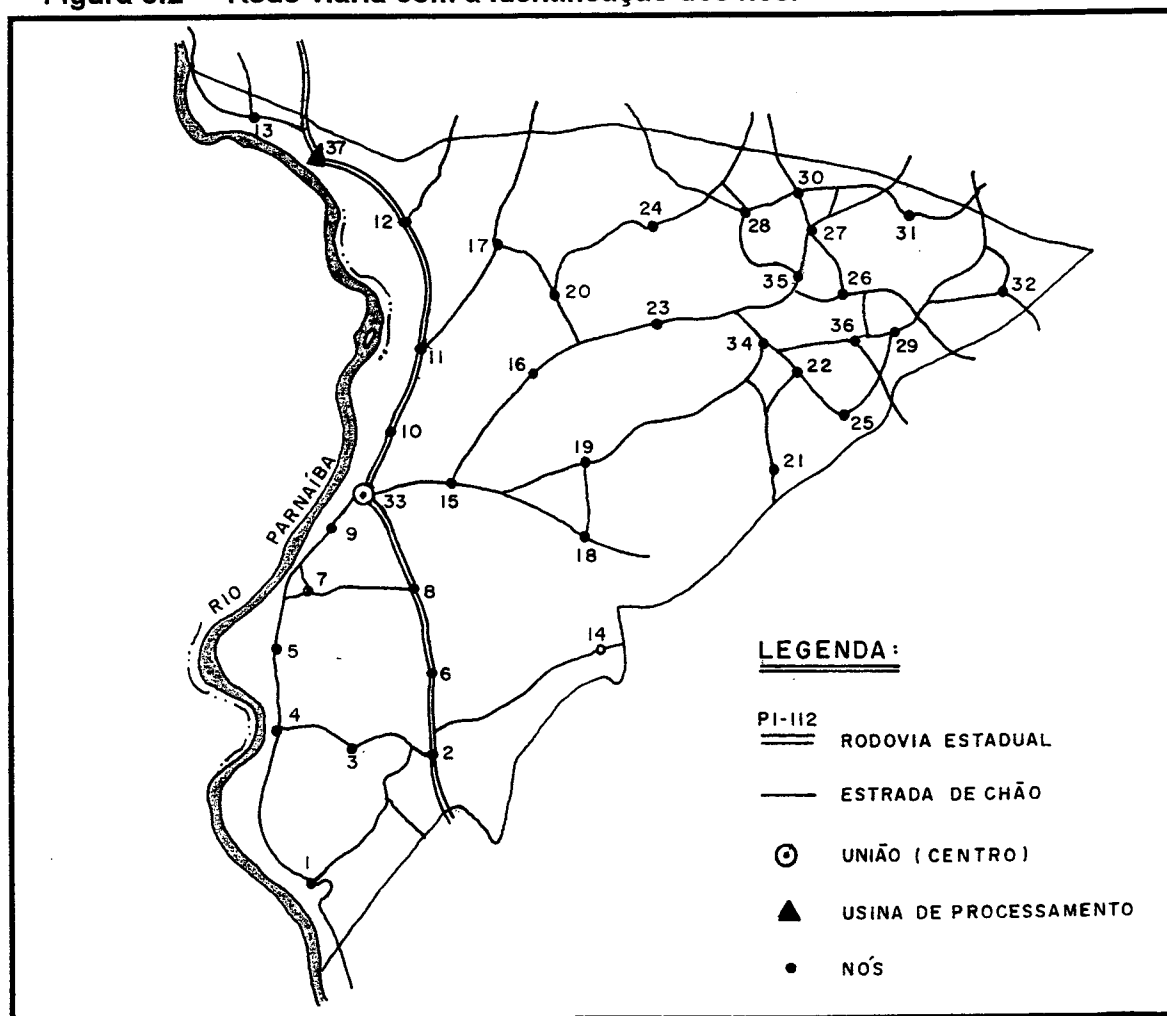
b) marcação de pontos bem destacados sobre as fotos, como por exemplo, cruzamento de estradas e /ou sede de fazendas;

- c) cruzamento das informações com as cartas topográficas da região (identificação de algumas áreas onde se registravam ocorrência das palmeiras e alguns pontos marcantes da rede viária);
- d) verificou-se em campo a veracidade das informações extraídas das cartas, confirmando (ou não) a existência da palmeira nos locais indicados, a forma de distribuição e o adensamento da mesma, com vistas a definição de padrões de ocorrência. Quanto a rede viária, checkou-se os pontos marcados nas fotos e obteve-se uma melhor visão das estradas do município. Nesta etapa de verificação foram realizadas entrevistas com moradores locais, o que contribuiu para um maior conhecimento dos aspectos econômicos e sociais da região, como também na interpretação das fotos, no que diz respeito aos alvos observados;
- e) para a identificação das manchas de babaçu; as fotografias foram interpretadas aos pares, com auxílio de visão estereoscópica e com base nos elementos convencionais de reconhecimento como: tonalidade, textura, forma, sombra, tamanho, padrão, localização e relação de aspectos; combinada com trabalho de campo nas áreas que apresentaram dúvidas. Procedeu-se a medição das manchas identificadas nas fotografias, calculando-se para cada uma a área em  $m^2$ , que posteriormente foi transformada em  $km^2$ . O cálculo desta área foi realizado utilizando o método da quadrícula, e um resumo dos resultados é apresentado no Apêndice 1;
- f) mapa preliminar: com os resultados da interpretação das fotografias aéreas em preto e branco, escala aproximada de 1/32.000 do ano de 1983, obteve-se um esboço preliminar do mapa do município de União, contendo: a rede viária e a hidrográfica, (elementos utilizados como registro para a referida montagem), e as áreas onde o babaçu está inserido.

### 5.2.3 Identificação da rede viária

No processo de identificação da rede viária, pode-se observar, que a mesma é formada por uma via asfáltica que corta o município no sentido norte-sul, além de estradas de chão batido, caminhos carroçaveis ou trilhas, interligando vilas, povoados e fazendas. Após esta etapa, determinou-se em mapa, o número de nós (isto é, de pontos de confluência entre as vias da rede viária), resultando num total de 37 (trinta e sete) nós. Para a determinação dos nós, considerou-se apenas as confluências nas estradas de chão batido e na via asfaltada, desconsiderando-se as trilhas e caminhos rudimentares que não permitem transporte motorizado. O resultado desta etapa é apresentado na figura 5.2 a seguir.

Figura 5.2 - Rede viária com a identificação dos nós.





#### 5.2.4 Estimativa da produção de babaçu

No processo de interpretação das manchas de babaçu, dado as fotografias aéreas utilizadas não fornecerem uma resposta padrão identificatória para o babaçu, mapeou-se a área onde a referida palmeira está inserida, em diversas unidades de vegetação e /ou associações vegetais tais como: mata, parque, cerrado, caatinga, capoeira e até mesmo lavoura.

Na área de estudo, segundo o trabalho realizado pela Fundação Centro de Pesquisas Econômicas e Sociais do Piauí - CEPRO (1980), o babaçu em sua maioria, se insere em alternância de parque.

Considerando-se a localização da área mapeada, e comparando-se à nomenclatura já existente, pode-se determinar a cada mancha mapeada o tipo de associação na qual está inserida. As associações predominantes foram 5 (cinco):  $CB_m^3$  (capoeira e babaçual),  $CBS_{mp}^1$  (alternância de capoeira, babaçual e parque),  $SBC_{pm}^1$  (alternância de parque, babaçual e capoeira),  $SBS_{pm}^1$  (alternância de parque, babaçual e cerrado), e  $CB_r^4$  (capoeira com babaçu), conforme mostra o Apêndice 1.

Tendo em vista a impossibilidade de se detectar a nível visual, uma resposta padrão específica para o babaçu, não se calculou a produção correspondente a cada mancha mapeada através da interpretação das fotografias aéreas. Para este fim, adotou-se a classificação de produtividade publicada por FONTELES (1981), na qual a produtividade é relacionada com o tipo de associação na qual a palmeira está inserida. No referido trabalho, FONTELES apresenta um mapeamento das ocorrências em todo o Estado do Piauí.

Para calcular a produção (peso) das manchas de babaçu, procedeu-se da seguinte forma:

- a) reduziu-se o Mapa de Divisão Política do Município de União da escala 1:100.000 para a escala 1:250.000. Colocou-se o mapa assim obtido sobre o Mapa de Ocorrência do Babaçu no Estado do Piauí (CEPRO, 1980), também na escala 1:250.000, para verificar a distribuição das manchas e a relação com a situação dos nós da rede. Em seguida, fez-se a correlação com o mapa de classes de produtividade apresentado por FONTELES (1981);
- b) ampliou-se o Mapa de Classes de Produtividade escala 1:2.500.000 para a escala 1:250.000 e comparou-se com o Mapa de Ocorrência do Babaçu juntamente com o Mapa de Divisão Municipal, processo que se chamou de sobreposição;
- c) feito a correlação e sobreposição dos mapas, constatou-se que a 1ª e a 2ª classe de produtividade apresentadas por FONTELES (1981), são as que melhor representam as associações inseridas na área de estudo, e correspondem as seguintes faixas de produtividade, respectivamente: menor que 1.000 kg/ha, e entre 1.001 a 1.600 kg/ha;
- d) levou-se em consideração a distribuição física das manchas de babaçu em relação a rede viária, associando-se cada uma das manchas ao nó mais próximo, conforme mostrado no Apêndice 1;
- e) somou-se as áreas em  $\text{km}^2$  dos diferentes tipos de associações correspondente a cada nó, e obteve-se a área total por nó, conforme mostra o quadro 5.1 a seguir. Atribuiu-se para cada tipo de associação um valor de produtividade, correspondente as faixas

apresentadas por FONTELES (1981), e de acordo com a escala de adensamento apresentada no Mapa de Ocorrência do Babaçu (CEPRO, 1980).

O quadro 5.1, mostra a área total por nó com uma estimativa de produção em kg, posteriormente transformada em toneladas.

Observando-se no quadro 5.1, o valor 4.351.100 kg, representa o total de amêndoas estimado nos nós considerando a produção de toda área mapeada no município. O valor 1.285.000 kg, é a quantidade de amêndoas que o município fornece a usina por ano (12,5% da sua capacidade de processamento). Observa-se que, a quantidade comprada pela usina, corresponde aproximadamente 30% (trinta por cento) do potencial estimado no município, sendo que o restante desta produção, ou seja, 70% (setenta por cento), ou é vendida a comerciantes de outros municípios (que pagam melhor preço), ou não está sendo extraída. Deve-se considerar, também, a existência de grandes áreas de babaçuais mais distantes, e de difícil acesso aos centros de comercialização, contribuindo desta forma, para um elevado percentual de amêndoas que está sendo desperdiçadas.

### **5.3 Localização de Postos de Coleta do Babaçu**

#### **5.3.1 Determinação das distâncias mínimas entre nós do grafo**

Na figura 5.2, foi mostrada a rede viária com a localização dos nós. Usou-se o curvímeter para encontrar as distâncias de cada arco da rede, as quais estão apresentadas no Apêndice 2.

**Quadro 5.1 - Área por nó com os diferentes tipos de associação ( km<sup>2</sup> )**

Nó	CBS <sub>mp</sub>	SCB <sub>p</sub> m	CB <sub>m</sub>	CB <sub>r</sub>	SBS <sub>om</sub>	T.Á.por Nó	Produção (kg)	Peso (Ton)
1	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00
2	-	-	0,43	1,19	-	1,62	128300,00	128,30
3	-	-	-	1,9	-	1,90	95000,00	95,00
4	-	-	-	1,53	-	1,53	76500,00	76,50
5	-	-	0,39	1,79	-	2,18	151900,00	151,90
6	-	-	1,32	1,45	-	2,77	283700,00	283,70
7	-	-	1,40	-	-	1,40	224000,00	224,00
8	0,63	-	1,21	0,49	-	2,33	293700,00	293,70
9	-	-	1,11	-	-	1,11	177600,00	177,60
10	0,42	-	1,26	-	-	1,68	252000,00	252,00
11	1,01	-	0,25	-	-	1,26	161200,00	161,20
12	-	-	0,90	-	-	0,90	144000,00	144,00
13	-	-	0,74	-	-	0,74	118400,00	118,40
14	-	-	0,99	-	-	0,99	158400,00	158,40
15	1,03	-	0,45	-	-	1,48	195600,00	195,60
16	-	-	1,03	-	-	1,03	164800,00	164,80
17	1,74	-	-	-	-	1,74	208800,00	208,80
18	-	1,36	1,49	-	-	2,85	347200,00	347,20
19	-	0,41	-	-	-	0,41	32800,00	32,80
20	-	-	1,99	-	-	1,99	318400,00	318,40
21	-	-	-	-	1,53	1,53	107100,00	107,10
22	-	1,16	-	-	-	1,16	92800,00	92,80
23	-	1,77	-	-	-	1,77	141600,00	141,60
24	-	1,88	-	-	-	1,88	150400,00	150,40
25	-	-	-	-	4,67	4,67	326900,00	326,90
26	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00
27	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00
28	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00
29	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00
30	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00
31	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00
32	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00
33	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00
34	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00
35	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00
36	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00
37	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00
Produtividade (kg/km <sup>2</sup> )	120.000	80.000	160.000	50.000	70.000		4.351.100	
Q. fornecida à Usina							1.285.000	

Neste trabalho, utilizou-se o Algoritmo de Floyd apresentado no capítulo 3, dado a necessidade de se obter as distâncias mínimas entre todos os pares de vértices. A matriz de distâncias mínimas entre todos os pares de nós que compõem a rede, pode ser encontrada no Apêndice 2.

### 5.3.2 Resolução do problema das p-medianas

Com o objetivo de determinar a localização de postos de coleta, e considerando a rede viária e a localização dos nós mostrado na figura 5.2, aplicou-se o algoritmo das p-medianas de TEITZ e BART, apresentado no terceiro capítulo, para diversos valores de p, conforme se encontra apresentado no quadro 5.2 a seguir.

**Quadro 5.2 - Solução dos problemas das p-medianas**

N <sup>o</sup> Medianas	Nós Escolhidos	Sílgmas (ton.km/ano)
05	18,20,8,11,25	30.007.4
06	20,18,11,7,6,25	23.640.6
08	18,14,20,33,5,6,12,25	17.937.5
10	25,15,14,12,5,6,20,8,18,10	14.103.7
12	17,20,15,14,3,6,7,8,25,10,18,12	10.687.0
15	16,2,18,17,5,6,7,8,21,10,25,12,20,14,15	6.799.8
18	25,2,21,20,5,6,7,8,24,10,11,12,23,14,15,16,17,18	3.410.6
20	21,2,24,23,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,25,20	1.533.5
21	25,2,3,24,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,23,20,21	1.011.0
22	23,2,3,25,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,24,20,21,22	537.8
23	24,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,25,20,21,22,23	147.6
25	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	0

Na determinação da solução para 6 (seis) medianas, por exemplo, ter-se-ia a instalação dos postos de coletas nos nós 20, 18, 11, 7, 6 e 25, aos quais está associado um valor se Sigma igual a 23.640,6 toneladas.km/ano. Este valor representa o momento de transporte anual de amêndoas dentro do Município de União-Pi, expresso em toneladas.km, relativo ao transporte entre os diversos nós da rede e os pontos de coleta. Neste momento de transporte não é considerado o deslocamento realizado sobre as trilhas e caminhos carroçáveis. Também não está considerado o momento de transporte correspondente ao deslocamento dos postos de coleta a usina de beneficiamento.

### **5.3.3 Resolução do problema do caixeiro viajante (PCV)**

Dado a necessidade de se determinar a rota de menor custo para efetuar o transporte das amêndoas, dos postos de coleta até a usina de processamento, foi utilizado o algoritmo genético para solução do caixeiro viajante proposto por MAYERLE, apresentado no terceiro capítulo.

As distâncias para os problemas do caixeiro viajante foram obtidas com a aplicação de 5(cinco) simulações do algoritmo citado acima, considerando uma população de 150 cromossomos. A solução obtida com a aplicação deste algoritmo, é uma boa aproximação para a solução do problema do caixeiro viajante.

No quadro 5.3 a seguir, são apresentados os roteiros, com as respectivas distâncias, para os diversos valores de  $p$  (nº de medianas). Cada roteiro tem início e término no nó 37, que corresponde a usina de processamento.

**Quadro 5.3 - Solução dos problemas do caixeiro viajante**

Nº Medianas	Roteiro de Coleta	Distância (km)
05	37-20-25-18-08-11-37	127,60
06	37-7-6-18-25-20-11-37	149,00
08	37-20-25-18-5-14-6-33-12-37	189,60
10	37-12-10-8-6-14-5-15-18-25-20-37	189,60
12	37-10-7-3-14-6-8-15-18-25-20-17-12-37	191,60
15	37-10-7-5-2-14-6-8-15-18-21-25-16-20-17-12-37	216,10
18	37-10-7-5-2-14-6-8-15-18-21-25-23-16-20-24-17-11-12-37	229,60
20	37-13-10-9-7-5-2-14-6-8-15-18-21-25-23-16-20-24-17-11-12-37	237,60
21	37-13-17-24-20-16-23-25-21-18-15-8-6-14-2-3-5-7-9-10-11-12-37	237,60
22	37-13-10-9-7-5-3-2-14-6-8-15-18-21-22-25-23-16-20-24-17-11-12-37	237,60
23	37-13-17-20-24-16-23-22-25-21-18-15-8-6-14-2-3-4-5-7-9-10-11-12-37	238,10
25	37-13-17-20-24-23-22-25-21-19-18-15-16-8-6-14-2-1-3-4-5-7-9-10-11-12-37	263,10

37 (usina de processamento)

## 5.4 Análise de Viabilidade

### 5.4.1 Enfoque da análise

Para avaliar o projeto, montou-se uma planilha na qual são considerados os custos de implantação e operação do sistema, e os benefícios que este sistema proporciona. (redução dos custos de movimento do catador de amêndoas).

Entre os custos de operação, são considerados os custos de manutenção, mão de obra e transporte entre os postos de coleta e a usina de processamento. Entre os custos de implantação são considerados a depreciação e os encargos financeiros do capital empregado. Do ponto de vista dos benefícios, avaliam-se os ganhos que se tem com a redução da distância de viagem por parte das pessoas que fornecem a amêndoa (o extrativista). Uma descrição mais detalhada destes custos é apresentada a seguir.

#### 5.4.2 Parâmetros de custos de implantação e operação do sistema de coleta

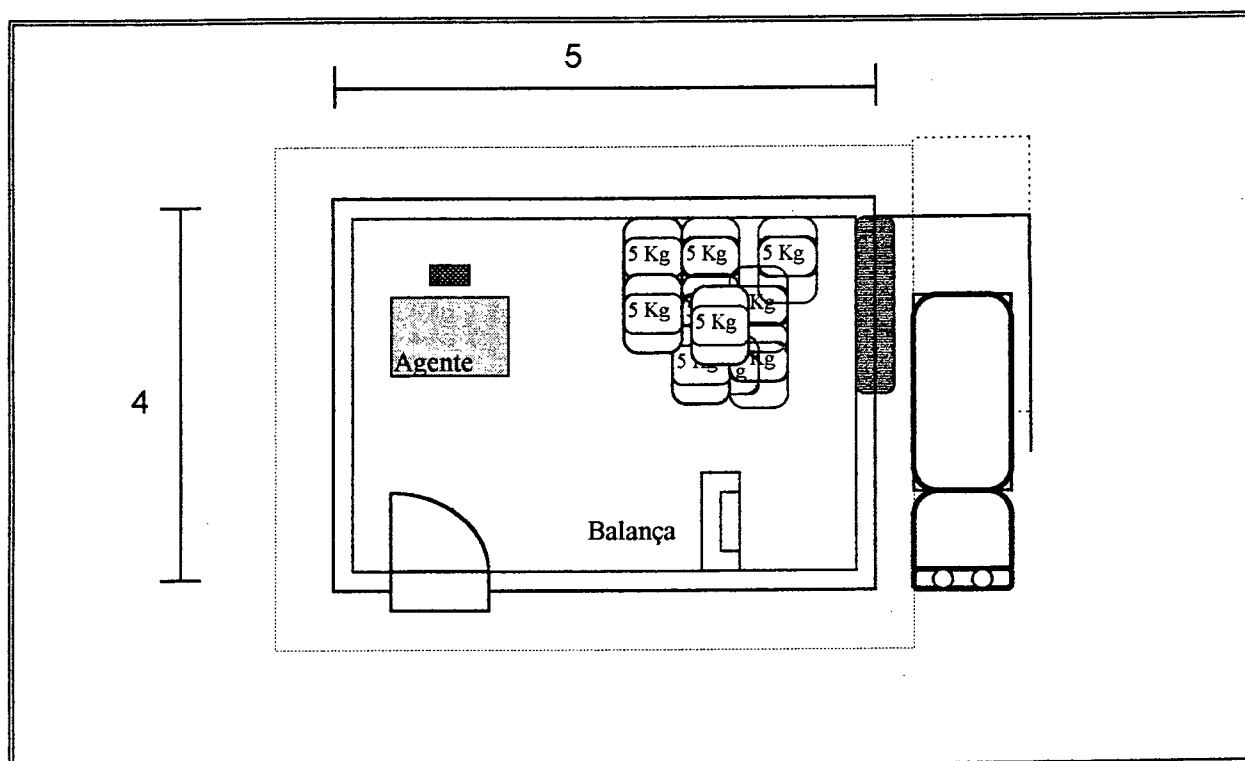
Na composição do custo anual do sistema de coleta, são adotados os seguintes parâmetros como referência:

- a) juros: representam a remuneração do capital investido no projeto. Adotou-se a taxa de juros de 10% ao ano, por ser um investimento de alcance social. Este valor é aproximadamente igual aos valores praticados em projetos de investimento de caráter social, como por exemplo no financiamento de habitação popular, saneamento básico, entre outros;
- b) salário básico: é considerado a necessidade de remuneração de um agente para cada posto de coleta implantado. Estimou-se esta remuneração em dois salários mínimos, o que é condizente com a realidade da região em estudo;
- c) encargos sociais: sobre a remuneração dos agentes, incidem diversas despesas, referentes a férias, 13º salário, INSS, fundo de garantia, despesas estas que corresponde a um percentual aproximado de 60,9% dos valores pagos diretamente aos agentes;
- d) custo anual de mão-de-obra: este custo é referente ao pagamento anual de um agente, acrescido dos encargos sociais. É obtido pelo produto do salário básico com o número de meses, acrescido dos encargos sociais, isto é:  $12 \times 200 (1 + 0,609) = \text{R\$ } 3.861,60$ ;
- e) área construída: é uma estimativa da área a ser construída, necessária para instalação de um posto de coleta; para comportar um local de recebimento das amêndoas e



armazenar o resultado de um dia de coleta, idealizou-se uma construção com aproximadamente 20 m<sup>2</sup>. Na figura 5.3 a seguir, apresenta-se o layout proposto para implantação dos postos de coleta.

Figura 5.3 - Layout proposto para o posto de coleta



- f) custo unitário por m<sup>2</sup>: o custo de construção dos postos de coleta, é estimado em R\$ 157,95 por m<sup>2</sup>. Este valor foi obtido da tabela de custos unitários de edificações - construção industrial - galpão médio (REVISTA CONSTRUÇÃO, jan/1995);
- g) tempo projeto (anos): considerou-se, como vida útil do projeto, um período de 10 anos. Em outras palavras, neste período deverá ser amortizado o investimento de construção dos postos de coleta;

- h) taxa de manutenção: foi considerado, com o objetivo de cobrir despesas com luz, água, e manutenção das instalações dos postos, um valor anual da ordem de 10% sobre o investimento de construção;
- i) custo unitário de transporte: para transportar a amêndoa coletada diariamente pelos postos até a usina de processamento, foi considerado a necessidade de um caminhão com capacidade de 8 ton. O valor do custo unitário de transporte é R\$ 0,33/km, e foi obtido na tabela de custos de transporte da REVISTA CONSTRUÇÃO, jan/1995.

#### **5.4.3 Parâmetros para o cálculo de redução do custo de transporte do extrativista.**

Na composição dos benefícios obtidos com a implantação do sistema de coleta, são adotados os seguintes parâmetros como referência:

- a) carga por viagem (qcv): estima-se em 20kg o peso em amêndoas que um indivíduo transporta a pé, em cada viagem do babaçual até o posto de coleta. No caso do transporte ser feito no lombo do animal, este peso poderá ser ligeiramente maior;
- b) velocidade (v): velocidade média de caminhada de um indivíduo que transporta a amêndoa do babaçual até o posto de coleta, é estimada em 5km/h;
- c) valor do dia de trabalho (vdt): preço pago pelo dia de serviço no babaçual é da ordem de R\$ 4,00 (segundo informações colhidas na região);
- d) custo da tonelada quilômetro transportada ( $C \ t/k_t$ ): é calculado a partir dos dados anteriores. Para o indivíduo que faz a extração, transportar uma tonelada na distância

de um quilômetro, e retornar ao ponto de partida custa aproximadamente R\$ 10,00 / ton.km, calculado pela seguinte expressão;

$$(C \text{ t/k}_t) = \text{vdt} \left[ \frac{1000}{\text{qcv}} \right] \div \left[ v \frac{\text{htd}}{2} \right]$$

onde:

vdt = valor pago pelo dia de trabalho no babaçual.

qcv = carga transportada por viagem (kg).

v = velocidade do km/h do indivíduo que faz o transporte a pé, do local de extração (babaçual) até o posto de coleta.

htd = horas trabalhadas por dia.

#### 5.4.4 Planilha de custos

Observa-se na planilha de custos, quadro 5.4 a seguir, que cada coluna corresponde a um número de 1 a 11. Em seqüência será mostrado como foi calculada cada coluna e o que representa cada uma delas.

coluna (1): número de medianas implantadas, calculado no problema das p-medianas, os quais foram transportados do quadro 5.2;

Coluna (2): é o capital investido na implantação dos postos. Para implantar um posto de coleta o capital investido é em torno de R\$ 3.159,00, e corresponde ao produto entre a

área construída de um posto de coleta e o custo unitário de construção. O capital investido aumenta conforme o número de postos implantados. O cálculo é obtido pelo produto do número  $p$  ( nº de medianas) pelo custo de construção de um posto. Como por exemplo, no caso de implantar cinco postos, o capital investido é:

$$5 \times \text{R\$ } 3.159,00 = \text{R\$ } 15.795,00;$$

Coluna (3): é o pagamento anual equivalente ao investimento inicial, considerando um período de pagamento de 10 anos e uma taxa anual de juros de 10%. É o custo anual do investimento que está sendo feito, calculado pela equação:

$$A = P \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

onde:

$P$  = capital investido na implantação para os diversos valores de  $p$ -medianas;

$i$  = taxa anual de juros;

$n$  = número de períodos.

Coluna (4): custo anual de manutenção para os postos implantados, variando sucessivamente de acordo com o número  $p$  ( nº de medianas). É obtido pelo produto da taxa de manutenção 10% pelo capital investido;

Coluna (5): custo anual de mão de obra para os postos implantados, obtido pelo produto do custo de mão-de-obra pelo número  $p$  ( nº de medianas). Por exemplo para cinco postos implantados tem-se:

$$\text{R\$ } 3.861,60 \times 5 = \text{R\$ } 19.308,00;$$

Coluna (6): distância diária a ser percorrida por um veículo que efetua o transporte das amêndoas entre os postos de coleta e a usina de processamento. Este valor varia de acordo com o número de medianas implantadas ( $p$ ), e é obtida pela solução do problema do caixeiro viajante. Os valores mostrados na referida coluna, foram transportados do quadro 5.3;

Coluna (7): custo de transporte anual para os postos implantados, variando sucessivamente de acordo com a distância percorrida diariamente para os diferentes valores de  $p$  ( nº de medianas), obtido pelo produto entre o número anual de coletas efetuadas nos dias úteis da semana, pela distância diária percorrida e pelo custo unitário de transporte. Como por exemplo, no caso de implantar cinco postos , o custo anual de transporte é R\$ 10.978,16 calculado a seguir:

$$[5 \times (365 / 7)] \times 127,6 \times \text{R\$ } 0,33 = \text{R\$ } 10.978,16;$$

Considera-se neste cálculo que o volume diário de coleta é possível ser transportado por um caminhão com capacidade de 10 toneladas.

Quadro 5.4 - Planilha de Custos

Medianas (1)	Investimento		Manutenção R\$/Ano (4)	Custo de Operação		Custo Anual do Projeto R\$/Ano (8)	Custo Social		TOTAL ANUAL DO SISTEMA R\$/Ano (11)
	Capital (2)	R\$/Ano (3)		MDO R\$/Ano (5)	Transporte Dist. (6)		Sigma (9)	R\$/Ano (10)	
Centro	0,00	0,00	0,60	0,00	49,0	4.215,75	806.866,10	8.068.661,00	8.072.876,75
5	15.795,00	2.570,56	1.579,50	19.308,00	127,6	34.436,22	30.007,40	300.074,00	334.510,22
6	18.954,00	3.084,68	1.895,48	23.169,60	149,0	40.969,60	23.640,60	236.406,00	277.375,00
8	25.272,00	4.112,90	2.527,20	30.892,60	169,6	53.845,27	17.937,50	179.375,00	233.220,27
10	31.590,00	5.141,13	3.159,00	38.616,00	189,6	60.228,50	14.103,70	141.037,00	204.266,50
12	37.908,00	6.169,35	3.790,80	46.339,20	191,6	72.763,80	10.387,00	106.870,00	179.653,80
15	47.385,00	7.711,69	4.738,50	57.924,00	216,1	88.966,51	6.799,69	67.998,00	156.964,51
18	56.862,00	9.254,03	5.686,20	69.508,80	229,6	104.202,83	3.410,60	34.106,00	138.308,83
20	63.180,00	10.282,25	6.318,00	77.232,00	237,6	114.274,34	1.533,50	15.335,00	129.609,34
21	66.339,00	10.796,37	6.633,90	81.093,60	237,6	118.965,95	1.011,00	10.110,00	129.075,95
22	69.498,60	11.310,48	6.949,80	84.955,20	237,6	123.657,57	537,80	5.378,00	129.035,57
23	72.657,00	11.824,69	7.265,70	88.816,80	238,1	128.392,20	147,60	1.476,00	129.868,20
25	78.975,60	12.852,82	7.897,50	96.540,00	263,1	139.926,31	0,00	0,00	139.926,31

Coluna (8): custo anual do projeto. É o somatório dos custos anuais de transporte, mão de obra, manutenção e amortização e juros do investimento, referentes ao número de postos implantados;

Coluna (9): sigma (ton/km/ano). É a parcela do momento anual de transporte de amêndoas dentro do município de União-Pi, expresso em toneladas.km, relativa ao transporte efetuado pelo extrativista do local de extração até o posto de coleta, desconsiderando-se os deslocamentos sobre trilhas e caminhos carroçáveis. Estes valores foram transportados do quadro 5.2;

Coluna (10): "custo social" do projeto. Representa a perda de rendimento do extrativista pelo transporte do babaçu até o local de venda. Este custo é expresso em R\$/ano, e pode ser calculado pelo produto do custo da tonelada quilômetro transportada pelo momento de transporte associado, obtido da coluna (9);

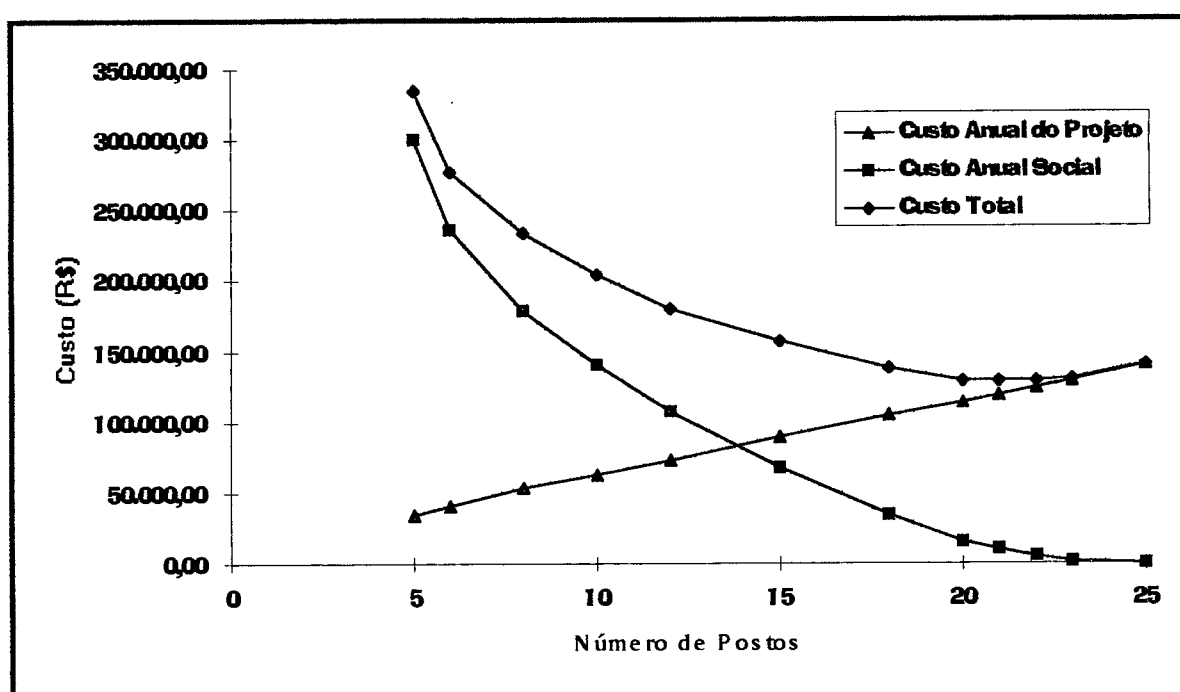
Coluna (11): custo anual total do sistema, expresso em R\$/ano. Representa o custo total do projeto, calculado pela soma dos custos da coluna (8) com os custos da coluna (10).

#### 5.4.5 Resultados obtidos

Observando-se na planilha (quadro 5.4), os valores do custo anual do sistema, e analisando os resultados obtidos, verifica-se que a melhor solução encontrada corresponde a 22 medianas. Na implantação dos 22 (vinte e dois) postos de coleta, os nós escolhidos foram: 23, 2, 3, 25, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 24, 20, 21 e 22, e o roteiro percorrido diariamente pelo caminhão para efetuar o transporte das amêndoas entre

os postos de coleta e a usina de processamento é, 37-13-10-9-7-5-3-2-14-6-8-15-18-21-22-25-23-16-20-24-17-11-12-37, perfazendo uma distância de 237,6 km, conforme mostra os quadros, 5.2 e 5.3 respectivamente. Uma melhor visualização dos resultados desta planilha, pode ser obtida pela figura 5.4 a seguir, que apresenta as curvas de custo total, custo anual social e custo anual do projeto em função do número de medianas.

Figura 5.4 - Custo do projeto x número de postos de coleta



Na planilha de custos, a primeira linha representa uma simulação que corresponde a situação na qual o extrativista necessita deslocar-se até o centro da cidade para poder vender o seu produto, dado que esta é a única alternativa disponível. Os dados referentes a simulação (centro), colunas (6) e (9), foram obtidos da matriz de distâncias mínimas e correspondem, respectivamente, a distância de transporte entre usina-centro-usina (igual a 49 km), e o momento de transporte anual de amêndoas dentro do Município de União



(  $\sigma = 806.866,10$ ). A quantidade significativa do  $\sigma$  foi obtido pelo produto dos elementos da coluna correspondente ao nó 33 (centro) da matriz de distâncias mínimas pelo peso de cada nó, como mostra no Apêndice 3.

Pode-se observar que o custo total neste caso é bastante elevado, estando muito acima dos custos encontrados para a situação proposta. O valor estimado na ordem de R\$ 8.072.876,75 dividido pela população do município que é de 41.328 hab. ( IBGE, 1991 - publicação nº 10 - Piauí ), daria uma variação em torno de aproximadamente R\$ 195,00 que seria um ganho per capita que o meio (as pessoas) teriam com a adoção do sistema proposto. A diferença existente, apesar de poder ser questionada a precisão dos parâmetros utilizados, mostra perfeitamente que a estratégia de implantação de postos de coleta é viável.

## 6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 6.1 Conclusões

Verificou-se, neste trabalho, a importância da utilização de produtos de sensores remoto, no que diz respeito a obtenção dos dados levantados. FRANZONI (1993), conclui em seu trabalho, que o emprego das tecnologias de sensoriamento remoto, para a coleta de informações e a determinação dos tipos de uso do solo, é considerado adequado.

Neste trabalho utilizou-se um procedimento para obter a localização de postos de coleta para apoio no escoamento de produtos extrativistas no Município de União no Estado do Piauí. O procedimento utiliza três algoritmos de otimização. O primeiro deles, o algoritmo de Floyd, é utilizado para determinar as distâncias mínimas entre os nós do grafo, e é o ponto de partida para aplicação do algoritmo das p-medianas, o qual foi utilizado para a localização dos postos de coleta. O terceiro algoritmo, utilizado para resolver o problema do caixeiro viajante, permite determinar o roteiro de mínima distância, a ser seguido no transporte das amêndoas dos diversos postos de coleta até a usina de processamento.

Uma aplicação do procedimento proposto, mostrou dentro da perspectiva do trabalho, que a implantação dos postos pode representar uma redução considerável dos custos, para a população que vai se beneficiar do sistema na medida em que seu trabalho pode ser melhor aproveitado, bem como, contribuir para a fixação do homem no campo, aumentando a produção e gerando emprego. Para o usineiro, representa a agilização do

escoamento até os centros de industrialização, evitando com isso a compra de matéria prima em outros estados, o que representa também, uma redução de custos. Para o Estado, permite dar subsídios quando ao volume da produção existente na região, elemento básico para o Governo ou Empresas privadas projetarem indústrias para o aproveitamento desta matéria prima.

A metodologia definida para o escoamento do babaçu, no município em questão, pode ser aplicada, com as devidas adaptações, para outros tipos de produtos extrativistas e culturas agrícolas, em outras regiões com problemas idênticos.

Deste modo, espera-se que esta proposta de ação, venha despertar novas alternativas de investimentos, seja por parte do poder público ou através de cooperativas formadas pelos extrativistas.

## **6.2 Recomendações para Futuros Trabalhos**

No decorrer deste trabalho foram observados alguns aspectos que merecem ser destacadas. Explorando estes aspectos, faz-se algumas sugestões para objeto de estudo em trabalhos futuros, tais como:

- Utilização de fotografias aéreas em escala adequadas ao grau de exigências dos alvos observados;

- Utilizar de imagens digitais e técnicas de processamento digital, com o uso de Sistemas de Informações Geográficas, permitindo recuperar e combinar informações e

efetuar os mais diversos tipos de análise sobre os dados; e

- Estudar o aspecto da implantação dos postos de coleta em relação às questões legais, políticas, e sociais inerentes ao caso.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, Eliseu Roberto de Andrade. Apresentação. In: EMBRAPA. Departamento de Orientação e Apoio à Programação de Pesquisa. Babaçu : programa nacional de pesquisa. Brasília, 1984. p. 3 - 4;
- AMARAL, Gilberto. Princípios de Sensoriamento Remoto. Anais do Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento. São Paulo. 23 - 25 de maio de 1990. p. 27 - 36;
- BABAÇU do Álcool ao Coque Siderúrgico. Planejamento e Desenvolvimento. Brasília, v.7, n.80, p. 20 - 21, setembro/outubro. 1980;
- BINFARÉ NETO, J. Método para Localização de uma Sede Móvel na Realização de Inventário Florestal. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 1993;
- BOAVENTURA NETTO, Paulo O. Teoria e Modelos de Grafos. São Paulo, Ed. Edgard Blucher, 1979;
- CEPRO - Fundação Centro de Pesquisas Econômicas e Sociais do Piauí. Zoneamento Ecológico do Babaçu no Estado do Piauí. Convênio Sudene / SIC. Teresina, 1980;
- CHAVEZ, Jorge R. B. Uma Metodologia para o Problema do Carteiro Chinês em Redes Mistas. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 1985;

CHRISTOFIDES, Nicos. Graph Theory - An Algorithmic Approach; Academic Press; London; 1975;

COCO de babaçu: Matéria Prima para Produção de Álcool e Carvão. Atualidades do Conselho Nacional do Petróleo. Brasília. v.9, n.85, p. 29 - 49, novembro/desembro. 1983;

CONSTRUÇÃO, Revista. Editora Pini - Janeiro de 1995. p. 20;

EMBRAPA. Departamento de Orientação e Apoio à Programação de Pesquisa. Babaçu : programa nacional de pesquisa. Brasília, 1984;

FONTELES, Maria Margarida. O Babaçu no Piauí: Ocorrência, Produtividade e Produção. In: Carta CEPRO. Teresina v.7 n.1 p.57-64 janeiro / junho , 1981;

FRANZONI, A.M. B. Aplicação do Sensoriamento Remoto no Monitoramento de Áreas Sujeitas à Degradação Ambiental: O Caso da Bacia Hidrográfica do Sungão - SC. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 1993;

FRANZONI, Ana Maria Benciveni. et al. Evolução da Área Urbana do Município de Criciúma - SC. In: Anais do Simpósio Latino Americano de Agrimensura, Foz do Iguaçu - PR;

GECOSA - INDÚSTRIA INTEGRADAS GERVÁSIO COSTA S.A. [ Dados referentes a quantidade processada, preço pago e modalidade de compra da amêndoa dentro do

Município de União - PI]. Novo Nilo [ distrito de União] Pi, 15 dez. 1993. Fax emitido por João Pessoa G. Costa Filho;

GONG, Peng e HOWARTH, Philip J. Frequency-Based Contextual Classification and Gray-Level Vector Reduction for Land-Use Identification. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. v. 58, n. 4, abril 1992. p. 423-437;

GRACIOLLI, Odacir D. Otimização de Roteiros de Veículos Coletores de Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 1994;

HAKIMI, S. L. Optimum Distribution of Switching Centers in a Communication Network and Some Related Graph. Theoretic Problems, Operations Research, 13, p. 462, 1985;

IGBE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1991. Publicação nº 10 - Piauí;

JACOBS, G.A.; MAXIMIANO, G.A. e IHLENFELD, R.G.K. Identificação do Uso Atual do Solo através de Imagens de Satélites para Subsidiar Ações de Âmbito Fundiário do Paraná. Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Curitiba, 10 - 14 maio 1993. V.1, p. 068 - 074;

LAPOLLI, Édis Mafra et al. Metodologia para Integração de Elementos do Meio Ambiente Utilizando-se o Sistema de Informações Geográficas - SGI, in: Anais do XV Congresso Brasileiro de Cartografia, Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, (1991 a). V. 3, p. 575 - 577;

LAPOLLI, É. M.; ALVES, Alceu R.; BASTOS, Lia C. e LAPOLLI, Flávio R. Clasificación de Imágenes Digitales: Técnicas Usuales y Nuevas Perspectivas. Memórias del 5to Simpósio Latinoamericano de Percepción Remota. Cuzco, Peru, 28 outubro - 01 novembro (1991 b). p. 589 - 595;

LAPOLLI, É. M. Escolha de Rotas em Centrais de Informações de Fretes. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 1988;

LAPOLLI, É. M. Processamento de Imagens Digitais: Uma Abordagem Utilizando Conjuntos Difusos. Tese de Doutorado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 1994;

LAPOLLI, É. M.; ALVES, A. R. e BARCIA, R. M. Classificação de Imagens Digitais: Comparação entre Vários Métodos. In: Anais do VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba, 10 - 14 maio 1993. V.II, p. 373 - 380;

LOCH, Carlos e LAPOLLI, É. M. Elementos Básicos da Fotogrametria e sua Utilização Prática, Ed. da UFSC, Florianópolis, SC. 1989. 2ª edição. 87 p;

LOCH, Ruth E. N. Influência Carbonífera nas Atividades Agrícolas e no Desenvolvimento Global de Criciúma. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-graduação em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 1991;

LONGO, Valdimir P. Estado da Arte do Aproveitamento Integral do Babaçu. In: ENCONTRO DO BABAÇU, 1, 1981, Teresina. Anais... Teresina: Governo do Estado do Piauí, [1981] p. 13 - 26;



- MAIA, J. L. Martins. Matéria Prima. In Encontro do Babaçu, 1, 1981, Teresina. Anais...  
Teresina: Governo do Estado do Piauí, [1981] p. 27 - 30;
- MARANZANA, F. E. On the of Supplu Points to Minimize Transport Costs, Opi. Res.  
Quart., 15, p. 261, 1964;
- MAYERLE, Sérgio Fernando. Um Algoritmo Genético Para o Problema do Caixeiro  
Viajante; Artigo de circulação interna do Departamento de Engenharia de Produção e  
Sistemas da UFSC, 1994;
- NOVO, Evlyn M. L. de Moraes. Sensoriamento Remoto - Princípios e Aplicações. São  
Paulo, Ed. Edgard Blucher, 1989;
- PEREIRA, M. N. KURKDJIAN, M. de L. N. O. e FORESTI, C. Cobertura e Uso da Terra  
Através de Sensoriamento Remoto, São José dos Campos - SP, 1989. (INPE 5032 -  
MD/ 042) 126 p;
- PROJETO Babaçu Integral. São Paulo: CNPq, FTI / INT , IPT, 1980;
- RABUSKE, M. A. Introdução dos Grafos. Florianópolis, Editora da UFSC, 1992.
- RIZZINI, Carlos Toledo et al. Botânica Econômica Brasileira. São Paulo: EPU, 1976. p. 18 -  
20;
- ROSA, Flávio S. Metrópole e Representação Cartográfica: o sistema cartográfica  
metropolitano de São Paulo. Tese de Doutorado. Curso de Pós-Graduação em  
Geografia. São Paulo, 1987;

- SANTOS, A. P. et al. Metodologia de Interpretação de dados de Sensoriamento Remoto e Aplicações no uso da Terra, São José dos Campos - SP, 1989. ( INPE - 2261 - MD / 016);
- SANTOS, M. E. de L. Avaliação dos Sistemas de Manejo, com Base em Levantamento do Uso da Terra através de Técnicas de Sensoriamento Remoto. Dissertação de Mestrado. 187 p;
- SILVA, M. R. L. da,. Unidade de Solo : Determinação Através de Sensoriamento Remoto, in: Anais do XIV Congresso Brasileiro de Cartografia, Gramado - RS, 1989. V. 2, p. 307 - 315;
- TEITZ, M. B. and BART, P. Heuristic Methods for Estimating the Generalized Vertex Median of a Weighted Graph, Operations Research, vol. 16, 1968, p. 955 - 961.

## BIBLIOGRAFIA

- ANDERSON, Paul S. Fundamentos para Fotointerpretação. SBC. Brasília, 1980;
- APROVEITAMENTO Integral do Babaçu. Atualização do Conselho Nacional do Petróleo. Brasília, V.9, n. 54, p. 7 - 11. mai / jun. 1977;
- BALINSKI, M. L. The Traveling Salesman Problem: A Survey, Operations Research, Vol. 16, 1968, p. 338 - 358;
- BELLMORE, M. e MOLENE, J. C. Pathology of Traveling-Salesman Subtour-Elimination Algorithms, Operations Research, Vol. 19, 1971, p. 278 - 307;
- BRASIL. Governo do Estado do Piauí. Secretaria de Obras e Serviços Públicos- Departamento de Estradas e Rodagem do Estado do Piauí - DER. Programa de Desenvolvimento Rodoviário do Piauí. Reprogramação nº 01/92. Abril/1992;
- CANASSA, E. M. Planejamento de Roteiros dos Veículos Coletores de Resíduos Sólidos Urbanos. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 1992;
- DRESEN, Bernd. et al. Devastação dos Babaçuais Piauiense - causas e efeitos. In: Carta CEPRO Teresina V. 12, n. 1, p. 7 - 14, jan / jul. 1987;
- FERREIRA, Francisca E. Análise da Rede Viária, Utilizando Técnicas de Sensoriamento Remoto, visando o Planejamento da Rede de Transporte Urbano por Ônibus. Um

Estudo de Caso. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 1992;

FILHO, Homero Chaib. Um Modelo para Análise do Escoamento de Produtos Agropecuários. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 1993;

FREITAS, J. C. de Almeida. O Potencial e a Industrialização Atual do Babaçu. In: ENCONTRO DO BABAÇU, 1, 1981, Teresina. Anais ... Teresina: Governo do Estado do Piauí, [1981] p. 31 - 33;

GALVÃO, Roberto D. et al. Roteamento Baseado em Sistemas de Informação Geográfica. In: Anais do XXVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Florianópolis, 30 nov. 1 e 2 de dezembro de 1994. p. 708 - 713;

GONÇALVES, Mirian Buss.; NOVAES, Antonio Galvão N. e ALBINO, Jean C. de Campos. Modelos para Localização de Serviços de Emergenciais em Rodovias. In: Anais do XXVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Florianópolis, 30/nov . 1 e 2 de dezembro de 1994. p. 591 - 595;

LARSON, R. C. e ODONI, A. R. Urban Operations Research. Prentice-Hall. New Jersey, 1981;

LOCH, Carlos. Monitoramento Global Integrado de Propriedades Rurais a Nível Municipal utilizando Técnicas de Sensoriamento Remoto. Tese de Doutorado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 1988;

- LOCH, C. e RIRCHNER, F. F. Sensoriamento Remoto Aplicado ao Planejamento Regional. Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba - Pr, 1989. 67 p;
- LOCH, Carlos. Sensoriamento Remoto Aplicado ao Planejamento da rede Viária do Município de Florianópolis. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 15, 1991, S. Paulo. Anais ..., São Paulo: SBC, 1991 V. 01, p. 22- 28;
- MATION, H. Caminhos Eulerianos de Mínimo Custo em Grafos Orientados. In: Anais do Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 1982. p. 483 - 492;
- NARULA, S. C. et al. An Algorithm for the p-Median Problem. Operations Research, Vol.25, 1977. p. 709 - 713;
- NOVAES, Antonio Galvão. Pesquisa Operacional em Transportes. São Paulo. Editora LTC. (1978 a) ;
- NOVAES, Antonio Galvão. Métodos de Otimização: Aplicações aos Transportes. São Paulo, Editora Edgard Blucher, (1978 b);
- NOVAES, Antonio Galvão. Sistemas Logísticos: Transporte, Armazenagem e Distribuição Física de Produtos. São Paulo. Ed. Edgard Blucher, 1989;
- SOUZA, J. C. e NOVAES, A. G. Dimencionamento, Localização e Escalonamento Temporal de Serviços de Emergência. In: Anais do XXVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Florianópolis, 30/nov. 1 e 2 de dezembro de 1994. p. 332 - 337;

- PIZZOLATO, N. D. and BONN, E. M. Comparação entre Duas Heurísticas para o Problema da P-Mediana. In: Anais do XXV SBPO, Campinas, Nov. 16 a 19, 1993. p. 504 - 508;
- TOREGA, C. et al. The Location of Emergency Service Facilities: Operations Research 19 : 1363 - 1373. 1971;
- VALENTE, Amir Mattar. Um Sistema de Apoio a Decisão para o Planejamento de Fretes e Programação de Frotas no Transporte Rodoviário de Cargas. Tese de Doutorado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 1994;
- VALVERDE, O. Geografia Econômica e Social do Babaçu no Meio-Norte. In: Revista Brasileira de Geografia. Rio de Janeiro, V. 19, n. 4, p. 381 - 420, outubro / dezembro. 1957;

## ANEXO 1

- Definições sobre Teoria dos Grafos

## Grafo

Um grafo  $G$  é definido como sendo um par ordenado  $(V, E)$ , onde  $V$  é um conjunto de pontos  $v_1, v_2, \dots, v_n$  (chamados vértices ou nós) e  $E$  um conjunto de linhas  $e_1, e_2, \dots, e_m$ , chamados arcos ou arestas, que ligam todos ou alguns destes pontos (CHRISTOFIDES, 1975).

### Arcos ou Arestas

Quando as linhas  $e_i$  possuem orientação, são denominadas arcos; em caso contrário, são denominadas arestas (CHRISTOFIDES, 1975).

### Vértices adjacentes

Dois vértices são adjacentes, se eles estão ligados por uma aresta (RABUSKE, 1992).

### Grafos direcionados, não direcionados e mistos

Assim são chamados os grafos cujas linhas  $e_i$  sejam arcos, arestas, ou contenham ambas, respectivamente (NÉTO, 1993). (Figura 2.1, Figura 2.2 e Figura 2.3).

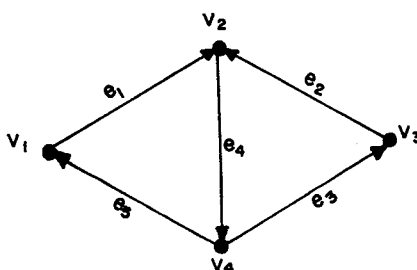


Figura A1.1 - grafo direcionado



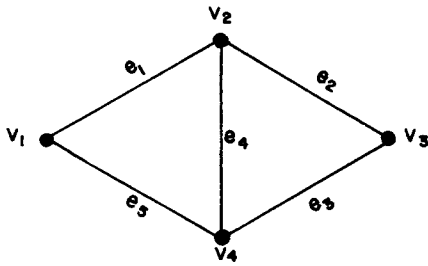


Figura A1. 2 - grafo não-direcionado

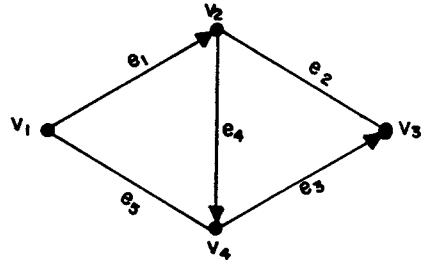


Figura A1. 3 - grafo misto

### Laço

Laço é um arco cujo vértice inicial coincide com o vértice final (LAPOLLI, 1988).

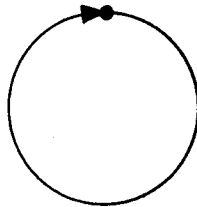


Figura A1. 4 - laço

### Rede

Rede é um grafo  $G(V,E)$  que não contém ramos do tipo  $(v_i, v_i)$ , ou seja, laços (LAPOLLI, 1988).

### Incidência

Diz-se que um arco (ou aresta), é incidente em um vértice, quando ele for um dos vértices desse arco (ou aresta) (CHAVEZ, 1985).

### Grau de um vértice

Grau de um vértice  $v_i$  qualquer, é o número de arcos nele incidente ( CHAVEZ, 1985).

### Grau de entrada e de saída de um vértice

Num grafo orientado, define-se como grau de entrada e grau de saída de um vértice  $v_i$  qualquer, ao número total de arcos que tem o vértice  $v_i$ , como seu vértice final e inicial, respectivamente ( CHAVEZ, 1985).

### Caminhos e cadeias

Num grafo direcionado, caminho é qualquer sequência de arcos, onde o vértice final de um arco é o vértice inicial do próximo arco. Analogamente, definimos cadeia para um grafo não direcionado, ou seja, a extremidade de uma aresta coincide com a extremidade de outra aresta ( NETO, 1993). Na Figura 2.1, a sequência  $(e_1, e_4, e_3)$  é um caminho. Na Figura 2.2, a sequência  $(e_1, e_2, e_3)$ , é uma cadeia.

### Circuito e ciclos

Circuito é um caminho fechado, onde o vértice inicial coincide com o final. Ciclo é uma cadeia fechada, onde os vértices inicial e final coincidem. Na Figura 2.1, o caminho  $(e_1, e_4, e_3)$ , é um circuito. Na Figura 2.2, a cadeia  $(e_1, e_2, e_3, e_5)$  é um ciclo ( NÉTO, 1993).

### Sucessores e antecessores ( LAPOLLI, 1988).

Dado um arco qualquer, que une os nós  $v_i$  e  $v_j$ , pode-se denominar:

$v_i$  = nó antecessor de  $v_j$ , onde inicia o arco;

$v_j$  = nó sucessor de  $v_i$ , onde termina o arco.

### Grafo conexo

Um grafo  $G(V,E)$  é conexo quando todo par de vértices está ligado por ao menos uma cadeia (BOAVENTURA NETTO, 1979).

### Grafo ponderado

Um grafo  $G(V,E)$  é dito ponderado, quando pode-se atribuir valores aos seus vértices e/ou arcos ( LAPOLLI, 1988).

### Sub-grafo

Sub-grafo de  $G(V,E)$  é o grafo  $G(N,E_N)$ , onde  $N \subset V$  e  $E_N$  é a família de arcos de  $E$  que é definida pelo produto cartesiano  $N \times N$  (CHAVEZ, 1985).

### Grafo parcial

Um grafo parcial de  $G(V,E)$ , é o grafo  $G(V,E')$ , onde  $E' \subset E$  (CHAVEZ, 1985).

### Sub-grafo parcial

Um sub-grafo parcial de  $G(V,E)$ , é um grafo parcial de um subgrafo de  $G(V,E)$  (CHAVEZ, 1985).

### Número de transmissão

Para um grafo  $G(V,E)$ , define-se número de out-transmissão e in-transmissão, para cada vértice  $v_i \in V$ , como sendo:

$$\sigma_o(v_i) = \sum_{v_j \in V} w_j \cdot d(v_i, v_j)$$

$$\sigma_i(v_i) = \sum_{v_j \in V} w_j \cdot d(v_j, v_i)$$

onde  $d(v_i, v_j)$  é a menor distância entre o vértice  $v_i$  e  $v_j$ , e  $w_j$  é o peso associado ao vértice  $v_j$ . Os vértices  $\bar{v}_o$  e  $\bar{v}_i$  que satisfazem as condições abaixo, são chamados, respectivamente, de out-mediana e in-mediana: (CHRISTOFIDES, 1975)

$$\sigma_o(\bar{v}_o) = \min_{v_i \in V} [\sigma_o(v_i)]$$

$$\sigma_i(\bar{v}_i) = \min_{v_i \in V} [\sigma_i(v_i)]$$

Os conceitos acima de out-transmissão e in-transmissão podem ser generalizados para o caso de p-medianas. Considere  $V_p$  como sendo um sub-conjunto do conjunto de vértices  $V$  do grafo  $G(V,E)$ , e que  $|V_p| = p$ . Considere ainda que:

$$d(V_p, v_j) = \min_{v_i \in V_p} [d(v_i, v_j)] \quad \text{e} \quad d(v_j, V_p) = \min_{v_i \in V_p} [d(v_j, v_i)]$$

Os números de transmissão para o conjunto  $V_p$  de vértices são definidos de maneira análoga às feitas para um único vértice, como segue:

$$\sigma_o(V_p) = \sum_{v_j \in V} w_j \cdot d(V_p, v_j)$$

$$\sigma_i(V_p) = \sum_{v_j \in V} w_j \cdot d(v_j, V_p)$$

onde  $\sigma_o(V_p)$  e  $\sigma_i(V_p)$  são a out-transmissão e in-transmissão para o conjunto de vértices  $V_p$ .

O conjunto  $\bar{V}_{po}$  para o qual:

$$\sigma_o(\bar{V}_{po}) = \min_{V_p \subset V} [\sigma_o(V_p)]$$

é chamado de p-out-mediana do grafo  $G$ , e analogamente acontece para a p-in-mediana (CHRISTOFIDES, 1975). Nos casos de grafos não orientados (e que é o caso particular neste trabalho), é indiferente considerar a p-in-mediana ou a p-out-mediana, o que simplifica a notação adotada.

APÊNDICE 1

- Dados sobre a Área das Manchas Mapeadas

Área das Manchas Mapeadas				
Manchas	Nó	m <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>	Associação
1	4	239.216	0,24	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
2	4	84.992	0,08	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
3	4	120.832	0,12	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
4	4	33.792	0,03	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
5	4	197.632	0,20	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
6	4	160.768	0,16	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
7	4	103.424	0,10	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
8	4	155.648	0,15	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
9	4	153.600	0,15	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
10	4	46.080	0,05	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
11	5	157.696	0,16	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
12	5	111.616	0,11	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
13	5	32.768	0,03	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
14	5	56.320	0,06	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
15	5	43.008	0,04	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
16	5	78.848	0,08	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
17	5	266.240	0,27	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
18	5	100.352	0,10	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
19	5	89.088	0,09	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
20	5	96.256	0,10	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
21	5	67.584	0,07	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
22	7	70.656	0,07	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
23	7	115.712	0,11	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
24	5	67.584	0,07	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
25	5	78.848	0,08	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
26	5	114.688	0,11	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
27	5	60.416	0,06	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
28	3	77.824	0,08	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
29	3	47.104	0,05	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
30	3	67.584	0,07	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
31	3	95.232	0,09	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
32	3	51.200	0,05	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
33	3	50.176	0,05	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
34	3	95.232	0,09	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
35	3	110.592	0,11	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
36	3	49.152	0,05	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
37	3	66.560	0,07	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
38	3	61.440	0,06	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
39	3	47.104	0,05	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
40	4	75.776	0,07	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
41	4	16.384	0,02	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>

Area das manchas mapeadas				
Manchas	Nó	m2	km2	Associação
42	4	48.128	0,05	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
43	4	34.816	0,03	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
44	4	83.968	0,08	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
45	3	22.528	0,02	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
46	3	19.456	0,02	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
47	3	117.760	0,12	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
48	3	31.744	0,03	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
49	3	43.008	0,04	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
50	3	137.216	0,14	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
51	3	64.512	0,06	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
52	3	78.848	0,08	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
53	3	93.184	0,09	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
54	3	253.952	0,25	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
55	3	231.424	0,23	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
56	5	194.560	0,19	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
57	5	120.832	0,12	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
58	5	219.136	0,22	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
59	5	55.296	0,05	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
60	7	132.096	0,13	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
61	7	28.672	0,03	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
62	7	22.528	0,02	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
63	7	226.304	0,23	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
64	7	63.488	0,06	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
65	7	58.368	0,06	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
66	7	167.936	0,17	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
67	7	52.224	0,05	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
68	7	43.008	0,04	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
69	7	196.608	0,20	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
70	7	71.680	0,07	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
71	7	156.672	0,16	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
72	9	104.448	0,10	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
73	9	69.632	0,07	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
74	9	80.896	0,08	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
75	9	53.248	0,05	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
76	9	107.520	0,11	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
77	9	105.472	0,10	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
78	9	526.336	0,53	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
79	9	73.728	0,07	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
80	2	67.584	0,07	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
81	2	47.104	0,05	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
82	2	66.560	0,07	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
83	2	39.936	0,04	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
84	2	21.504	0,02	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
85	2	13.312	0,01	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>



Área das manchas mapeadas				Associação
Manchas	Nó	m2	km2	
86	2	95.232	0,09	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
87	2	53.248	0,05	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
88	2	66.560	0,07	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
89	2	34.816	0,03	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
90	2	30.720	0,03	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
91	2	29.696	0,03	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
92	2	66.560	0,07	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
93	2	41.984	0,04	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
94	2	52.224	0,05	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
95	2	43.008	0,04	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
96	2	40.960	0,04	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
97	2	15.360	0,01	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
98	2	139.264	0,14	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
99	2	19.456	0,02	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
100	2	24.576	0,02	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
101	2	72.704	0,07	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
102	2	38.912	0,04	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
103	2	28.672	0,03	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
104	2	55.296	0,05	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
105	2	24.576	0,02	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
106	2	179.200	0,18	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
107	2	41.984	0,04	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
108	2	18.432	0,02	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
109	6	75.776	0,07	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
110	6	120.832	0,12	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
111	6	599.040	0,60	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
112	6	46.080	0,05	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
113	6	49.152	0,05	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
114	6	39.936	0,04	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
115	6	90.112	0,09	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
116	6	20.480	0,02	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
117	6	26.624	0,03	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
118	6	34.816	0,03	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
119	6	143.360	0,14	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
120	6	468.992	0,47	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
121	6	230.400	0,23	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
122	6	106.496	0,11	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
123	6	57.344	0,06	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
124	6	368.640	0,37	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
125	6	52.224	0,05	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
126	6	193.536	0,19	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
127	6	50.176	0,05	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
128	8	389.120	0,39	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>

Area das manchas mapeadas				
Manchas	Nó	m2	km2	Associação
129	8	104.448	0,10	CB <sup>4</sup> <sub>r</sub>
130	8	201.728	0,20	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
131	8	126.976	0,13	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
132	8	104.448	0,10	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
133	8	138.240	0,14	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
134	8	46.080	0,05	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
135	8	287.744	0,29	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
136	8	65.536	0,06	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
137	8	48.128	0,05	CBS <sup>1</sup> <sub>mp</sub>
138	8	82.944	0,08	CBS <sup>1</sup> <sub>mp</sub>
139	8	186.368	0,19	CBS <sup>1</sup> <sub>mp</sub>
140	8	256.000	0,26	CBS <sup>1</sup> <sub>mp</sub>
141	8	53.248	0,05	CBS <sup>1</sup> <sub>mp</sub>
142	8	59.392	0,06	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
143	8	30.720	0,03	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
144	8	49.152	0,05	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
145	8	47.104	0,05	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
146	8	54.272	0,05	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
147	10	84.992	0,08	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
148	10	37.888	0,04	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
149	10	221.184	0,22	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
150	10	100.352	0,10	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
151	10	50.176	0,05	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
152	10	251.904	0,25	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
153	10	14.336	0,01	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
154	10	248.832	0,25	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
155	10	37.888	0,04	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
156	10	29.696	0,03	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
157	10	16.384	0,02	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
158	10	171.008	0,17	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
159	10	158.720	0,16	CBS <sup>1</sup> <sub>mp</sub>
160	10	131.072	0,13	CBS <sup>1</sup> <sub>mp</sub>
161	10	70.656	0,07	CBS <sup>1</sup> <sub>mp</sub>
162	10	65.536	0,06	CBS <sup>1</sup> <sub>mp</sub>
163	11	188.415	0,19	CBS <sup>1</sup> <sub>mp</sub>
164	11	41.984	0,04	CBS <sup>1</sup> <sub>mp</sub>
165	11	60.416	0,06	CBS <sup>1</sup> <sub>mp</sub>
166	11	51.200	0,05	CBS <sup>1</sup> <sub>mp</sub>
167	11	55.296	0,05	CBS <sup>1</sup> <sub>mp</sub>
168	11	196.608	0,20	CBS <sup>1</sup> <sub>mp</sub>
169	11	275.456	0,27	CBS <sup>1</sup> <sub>mp</sub>
170	11	66.560	0,07	CBS <sup>1</sup> <sub>mp</sub>
171	11	82.944	0,08	CBS <sup>1</sup> <sub>mp</sub>

Area das manchas mapeadas				
Manchas	Nó	m2	km2	Associação
172	12	65.536	0,06	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
173	12	72.704	0,07	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
174	11	150.528	0,15	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
175	12	43.008	0,04	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
176	12	220.160	0,22	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
177	12	29.696	0,03	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
178	12	86.016	0,09	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
179	12	27.648	0,03	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
180	14	94.208	0,09	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
181	14	912.384	0,90	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
182	15	147.456	0,15	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
183	15	304.128	0,30	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
184	15	410.624	0,41	CBS <sup>1</sup> <sub>mp</sub>
185	15	337.920	0,34	CBS <sup>1</sup> <sub>mp</sub>
186	15	125.952	0,12	CBS <sup>1</sup> <sub>mp</sub>
187	15	163.840	0,16	CBS <sup>1</sup> <sub>mp</sub>
188	16	958.464	0,96	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
189	16	72.704	0,07	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
190	17	205.824	0,20	CBS <sup>1</sup> <sub>mp</sub>
191	17	69.632	0,07	CBS <sup>1</sup> <sub>mp</sub>
192	17	282.624	0,28	CBS <sup>1</sup> <sub>mp</sub>
193	17	100.352	0,10	CBS <sup>1</sup> <sub>mp</sub>
194	17	69.632	0,07	CBS <sup>1</sup> <sub>mp</sub>
195	17	74.752	0,07	CBS <sup>1</sup> <sub>mp</sub>
196	17	118.784	0,12	CBS <sup>1</sup> <sub>mp</sub>
197	17	490.496	0,49	CBS <sup>1</sup> <sub>mp</sub>
198	17	64.512	0,06	CBS <sup>1</sup> <sub>mp</sub>
199	17	271.360	0,27	CBS <sup>1</sup> <sub>mp</sub>
200	11	99.328	0,10	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
201	18	209.920	0,21	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
202	18	448.512	0,45	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
203	18	68.608	0,07	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
204	18	267.264	0,27	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
205	18	214.016	0,21	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
206	18	284.672	0,28	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
207	18	258.048	0,26	SBC <sup>1</sup> <sub>pm</sub>
208	18	114.688	0,11	SBC <sup>1</sup> <sub>pm</sub>
209	18	203.776	0,20	SBC <sup>1</sup> <sub>pm</sub>
210	18	205.824	0,20	SBC <sup>1</sup> <sub>pm</sub>
211	18	186.368	0,19	SBC <sup>1</sup> <sub>pm</sub>
212	18	403.456	0,40	SBC <sup>1</sup> <sub>pm</sub>
213	19	406.528	0,41	SBC <sup>1</sup> <sub>pm</sub>
214	23	202.752	0,20	SBC <sup>1</sup> <sub>pm</sub>

Área das manchas mapeadas				
Manchas	Nó	m2	km2	Associação
215	23	865.280	0,86	SBC <sup>1</sup> <sub>pm</sub>
216	23	224.256	0,22	SBC <sup>1</sup> <sub>pm</sub>
217	23	96.256	0,10	SBC <sup>1</sup> <sub>pm</sub>
218	23	118.784	0,12	SBC <sup>1</sup> <sub>pm</sub>
219	23	162.816	0,16	SBC <sup>1</sup> <sub>pm</sub>
220	23	115.712	0,11	SBC <sup>1</sup> <sub>pm</sub>
221	20	86.016	0,09	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
222	20	293.888	0,29	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
223	20	238.592	0,24	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
224	20	776.192	0,78	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
225	20	595.968	0,59	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
226	24	138.240	0,14	SBC <sup>1</sup> <sub>pm</sub>
227	24	246.784	0,25	SBC <sup>1</sup> <sub>pm</sub>
228	24	1.202.176	1,20	SBC <sup>1</sup> <sub>pm</sub>
229	24	156.672	0,16	SBC <sup>1</sup> <sub>pm</sub>
230	24	126.976	0,13	SBC <sup>1</sup> <sub>pm</sub>
231	21	1.313.792	1,31	SBS <sup>1</sup> <sub>mp</sub>
232	21	218.112	0,22	SBS <sup>1</sup> <sub>mp</sub>
233	25	1.169.408	1,17	SBS <sup>1</sup> <sub>mp</sub>
234	22	1.157.120	1,16	SBS <sup>1</sup> <sub>mp</sub>
235	25	1.257.472	1,26	SBS <sup>1</sup> <sub>mp</sub>
236	25	45.056	0,04	SBS <sup>1</sup> <sub>mp</sub>
237	25	2.187.264	2,19	SBS <sup>1</sup> <sub>mp</sub>
238	13	61.440	0,06	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
239	13	93.304	0,09	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
240	13	114.688	0,11	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
241	13	24.576	0,02	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
242	13	18.432	0,02	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
243	13	49.152	0,05	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
244	13	148.480	0,15	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
245	13	34.816	0,03	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
246	13	67.584	0,07	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
247	13	82.944	0,08	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
248	13	59.392	0,06	CB <sup>3</sup> <sub>m</sub>
<b>TOTAL</b>		<b>40383207</b>	<b>40,19</b>	



- Matriz de Distâncias Mínimas

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.0	13.5	16.0	15.0	20.1	20.4	27.1	26.4	32.1	38.9
2	13.5	0.0	5.5	12.4	17.5	6.9	20.9	12.9	24.3	25.4
3	16.0	5.5	0.0	6.9	12.0	12.4	19.0	18.4	24.0	30.9
4	15.0	12.4	6.9	0.0	5.1	19.3	12.1	20.1	17.1	24.0
5	20.1	17.5	12.0	5.1	0.0	21.0	7.0	15.0	12.0	18.9
6	20.4	6.9	12.4	19.3	21.0	0.0	14.0	6.0	17.4	18.5
7	27.1	20.9	19.0	12.1	7.0	14.0	0.0	8.0	7.0	13.9
8	26.4	12.9	18.4	20.1	15.0	6.0	8.0	0.0	11.4	12.5
9	32.1	24.3	24.0	17.1	12.0	17.4	7.0	11.4	0.0	6.9
10	38.9	25.4	30.9	24.0	18.9	18.5	13.9	12.5	6.9	0.0
11	46.9	33.4	38.9	32.0	26.9	26.5	21.9	20.5	14.9	8.0
12	54.4	40.9	46.4	39.5	34.4	34.0	29.4	28.0	22.4	15.5
13	63.4	49.9	55.4	48.5	43.4	43.0	38.4	37.0	31.4	24.5
14	28.6	15.1	20.6	27.5	32.6	17.0	31.0	23.0	34.4	35.5
15	41.9	28.4	33.9	27.0	21.9	21.5	16.9	15.5	9.9	11.0
16	48.9	35.4	40.9	34.0	28.9	28.5	23.9	22.5	16.9	18.0
17	53.9	40.4	45.9	39.0	33.9	33.5	28.9	27.5	21.9	15.0
18	53.4	39.9	45.4	38.5	33.4	33.0	28.4	27.0	21.4	22.5
19	53.9	40.4	45.9	39.0	33.9	33.5	28.9	27.5	21.9	23.0
20	56.9	43.4	48.9	42.0	36.9	36.5	31.9	30.5	24.9	22.9
21	68.9	55.4	60.9	54.0	48.9	48.5	43.9	42.5	36.9	38.0
22	65.4	51.9	57.4	50.5	45.4	45.0	40.4	39.0	33.4	34.5
23	62.4	48.9	54.4	47.5	42.4	42.0	37.4	36.0	30.4	30.9
24	64.4	50.9	56.4	49.5	44.4	44.0	39.4	38.0	32.4	28.9
25	70.5	57.0	62.5	55.6	50.5	50.1	45.5	44.1	38.5	39.6
26	70.5	57.0	62.5	55.6	50.5	50.1	45.5	44.1	38.5	39.6
27	71.4	57.9	63.4	56.5	51.4	51.0	46.4	45.0	39.4	40.4
28	69.4	55.9	61.4	54.5	49.4	49.0	44.4	43.0	37.4	33.9
29	73.5	60.0	65.5	58.6	53.5	53.1	48.5	47.1	41.5	42.6
30	73.4	59.9	65.4	58.5	53.4	53.0	48.4	47.0	41.4	37.9
31	79.4	65.9	71.4	64.5	59.4	59.0	54.4	53.0	47.4	44.4
32	82.0	68.5	74.0	67.1	62.0	61.6	57.0	55.6	50.0	51.1
33	34.9	21.4	26.9	20.0	14.9	14.5	9.9	8.5	2.9	4.0
34	63.4	49.9	55.4	48.5	43.4	43.0	38.4	37.0	31.4	32.5
35	68.4	54.9	60.4	53.5	48.4	48.0	43.4	42.0	36.4	37.4
36	71.5	58.0	63.5	56.6	51.5	51.1	46.5	45.1	39.5	40.6
37	59.4	45.9	51.4	44.5	39.4	39.0	34.4	33.0	27.4	20.5

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	46.9	54.4	63.4	28.6	41.9	48.9	53.9	53.4	53.9	56.9
2	33.4	40.9	49.9	15.1	28.4	35.4	40.4	39.9	40.4	43.4
3	38.9	46.4	55.4	20.6	33.9	40.9	45.9	45.4	45.9	48.9
4	32.0	39.5	48.5	27.5	27.0	34.0	39.0	38.5	39.0	42.0
5	26.9	34.4	43.4	32.6	21.9	28.9	33.9	33.4	33.9	36.9
6	26.5	34.0	43.0	17.0	21.5	28.5	33.5	33.0	33.5	36.5
7	21.9	29.4	38.4	31.0	16.9	23.9	28.9	28.4	28.9	31.9
8	20.5	28.0	37.0	23.0	15.5	22.5	27.5	27.0	27.5	30.5
9	14.9	22.4	31.4	34.4	9.9	16.9	21.9	21.4	21.9	24.9
10	8.0	15.5	24.5	35.5	11.0	18.0	15.0	22.5	23.0	22.9
11	0.0	7.5	16.5	43.5	19.0	22.9	7.0	30.5	31.0	14.9
12	7.5	0.0	9.0	51.0	26.5	30.4	14.5	38.0	38.5	22.4
13	16.5	9.0	0.0	60.0	35.5	39.4	23.5	47.0	47.5	31.4
14	43.5	51.0	60.0	0.0	38.5	45.5	50.5	50.0	50.5	53.5
15	19.0	26.5	35.5	38.5	0.0	7.0	22.9	11.5	12.0	15.0
16	22.9	30.4	39.4	45.5	7.0	0.0	15.9	18.5	19.0	8.0
17	7.0	14.5	23.5	50.5	22.9	15.9	0.0	33.9	29.4	7.9
18	30.5	38.0	47.0	50.0	11.5	18.5	33.9	0.0	4.5	26.0
19	31.0	38.5	47.5	50.5	12.0	19.0	29.4	4.5	0.0	21.5
20	14.9	22.4	31.4	53.5	15.0	8.0	7.9	26.0	21.5	0.0
21	34.9	42.4	51.4	65.5	27.0	25.5	27.9	19.5	15.0	20.0
22	28.9	36.4	45.4	62.0	23.5	19.5	21.9	16.0	11.5	14.0
23	22.9	30.4	39.4	59.0	20.5	13.5	15.9	18.0	13.5	8.0
24	20.9	28.4	37.4	61.0	22.5	15.5	13.9	32.5	28.0	7.5
25	34.0	41.5	50.5	67.1	28.6	24.6	27.0	21.1	16.6	19.1
26	31.9	39.4	48.4	67.1	28.6	22.5	24.9	21.1	16.6	17.0
27	32.4	39.9	48.9	68.0	29.5	23.0	25.4	22.0	17.5	17.5
28	25.9	33.4	42.4	66.0	27.5	20.5	18.9	27.5	23.0	12.5
29	36.0	43.5	52.5	70.1	31.6	26.6	29.0	24.1	19.6	21.1
30	29.9	37.4	46.4	70.0	31.5	24.5	22.9	26.0	21.5	16.5
31	36.4	43.9	52.9	76.0	37.5	31.0	29.4	30.0	25.5	23.0
32	43.9	51.4	60.4	78.6	40.1	34.5	36.9	32.6	28.1	29.0
33	12.0	19.5	28.5	31.5	7.0	14.0	19.0	18.5	19.0	22.0
34	26.9	34.4	43.4	60.0	21.5	17.5	19.9	14.0	9.5	12.0
35	29.4	36.9	45.9	65.0	26.5	20.0	22.4	19.0	14.5	14.5
36	35.0	42.5	51.5	68.1	29.6	25.6	28.0	22.1	17.6	20.1
37	12.5	5.0	4.0	56.0	31.5	35.4	19.5	43.0	43.5	27.4



	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	68.9	65.4	62.4	64.4	70.5	70.5	71.4	69.4	73.5	73.4
2	55.4	51.9	48.9	50.9	57.0	57.0	57.9	55.9	60.0	59.9
3	60.9	57.4	54.4	56.4	62.5	62.5	63.4	61.4	65.5	65.4
4	54.0	50.5	47.5	49.5	55.6	55.6	56.5	54.5	58.6	58.5
5	48.9	45.4	42.4	44.4	50.5	50.5	51.4	49.4	53.5	53.4
6	48.5	45.0	42.0	44.0	50.1	50.1	51.0	49.0	53.1	53.0
7	43.9	40.4	37.4	39.4	45.5	45.5	46.4	44.4	48.5	48.4
8	42.5	39.0	36.0	38.0	44.1	44.1	45.0	43.0	47.1	47.0
9	36.9	33.4	30.4	32.4	38.5	38.5	39.4	37.4	41.5	41.4
10	38.0	34.5	30.9	28.9	39.6	39.6	40.4	33.9	42.6	37.9
11	34.9	28.9	22.9	20.9	34.0	31.9	32.4	25.9	36.0	29.9
12	42.4	36.4	30.4	28.4	41.5	39.4	39.9	33.4	43.5	37.4
13	51.4	45.4	39.4	37.4	50.5	48.4	48.9	42.4	52.5	46.4
14	65.5	62.0	59.0	61.0	67.1	67.1	68.0	66.0	70.1	70.0
15	27.0	23.5	20.5	22.5	28.6	28.6	29.5	27.5	31.6	31.5
16	25.5	19.5	13.5	15.5	24.6	22.5	23.0	20.5	26.6	24.5
17	27.9	21.9	15.9	13.9	27.0	24.9	25.4	18.9	29.0	22.9
18	19.5	16.0	18.0	32.5	21.1	21.1	22.0	27.5	24.1	26.0
19	15.0	11.5	13.5	28.0	16.6	16.6	17.5	23.0	19.6	21.5
20	20.0	14.0	8.0	7.5	19.1	17.0	17.5	12.5	21.1	16.5
21	0.0	7.5	12.0	26.5	12.6	15.1	16.0	21.5	16.5	20.0
22	7.5	0.0	6.0	20.5	5.1	9.1	10.0	15.5	9.0	14.0
23	12.0	6.0	0.0	15.5	11.1	9.0	9.5	15.0	13.1	13.5
24	26.5	20.5	15.5	0.0	25.6	16.0	13.0	5.0	20.1	9.0
25	12.6	5.1	11.1	25.6	0.0	10.6	13.6	20.6	6.5	17.6
26	15.1	9.1	9.0	16.0	10.6	0.0	3.0	11.0	4.1	7.0
27	16.0	10.0	9.5	13.0	13.6	3.0	0.0	8.0	7.1	4.0
28	21.5	15.5	15.0	5.0	20.6	11.0	8.0	0.0	15.1	4.0
29	16.5	9.0	13.1	20.1	6.5	4.1	7.1	15.1	0.0	11.1
30	20.0	14.0	13.5	9.0	17.6	7.0	4.0	4.0	11.1	0.0
31	24.0	18.0	17.5	15.5	21.6	11.0	8.0	10.5	15.1	6.5
32	25.0	17.5	21.0	28.0	15.0	12.0	15.0	23.0	8.5	19.0
33	34.0	30.5	27.5	29.5	35.6	35.6	36.5	34.5	38.6	38.5
34	8.0	2.0	4.0	18.5	7.1	7.1	8.0	13.5	10.1	12.0
35	13.0	7.0	6.5	13.5	12.1	4.9	3.0	8.5	9.0	7.0
36	14.5	7.0	12.1	20.5	7.0	4.5	7.5	15.5	2.0	11.5
37	47.4	41.4	35.4	33.4	46.5	44.4	44.9	38.4	48.5	42.4

	31	32	33	34	35	36	37
1	79.4	82.0	34.9	63.4	68.4	71.5	59.4
2	65.9	68.5	21.4	49.9	54.9	58.0	45.9
3	71.4	74.0	26.9	55.4	60.4	63.5	51.4
4	64.5	67.1	20.0	48.5	53.5	56.6	44.5
5	59.4	62.0	14.9	43.4	48.4	51.5	39.4
6	59.0	61.6	14.5	43.0	48.0	51.1	39.0
7	54.4	57.0	9.9	38.4	43.4	46.5	34.4
8	53.0	55.6	8.5	37.0	42.0	45.1	33.0
9	47.4	50.0	2.9	31.4	36.4	39.5	27.4
10	44.4	51.1	4.0	32.5	37.4	40.6	20.5
11	36.4	43.9	12.0	26.9	29.4	35.0	12.5
12	43.9	51.4	19.5	34.4	36.9	42.5	5.0
13	52.9	60.4	28.5	43.4	45.9	51.5	4.0
14	76.0	78.6	31.5	60.0	65.0	68.1	56.0
15	37.5	40.1	7.0	21.5	26.5	29.6	31.5
16	31.0	34.5	14.0	17.5	20.0	25.6	35.4
17	29.4	36.9	19.0	19.9	22.4	28.0	19.5
18	30.0	32.6	18.5	14.0	19.0	22.1	43.0
19	25.5	28.1	19.0	9.5	14.5	17.6	43.5
20	23.0	29.0	22.0	12.0	14.5	20.1	27.4
21	24.0	25.0	34.0	8.0	13.0	14.5	47.4
22	18.0	17.5	30.5	2.0	7.0	7.0	41.4
23	17.5	21.0	27.5	4.0	6.5	12.1	35.4
24	15.5	28.0	29.5	18.5	13.5	20.5	33.4
25	21.6	15.0	35.6	7.1	12.1	7.0	46.5
26	11.0	12.0	35.6	7.1	4.9	4.5	44.4
27	8.0	15.0	36.5	8.0	3.0	7.5	44.9
28	10.5	23.0	34.5	13.5	8.5	15.5	38.4
29	15.1	8.5	38.6	10.1	9.0	2.0	48.5
30	6.5	19.0	38.5	12.0	7.0	11.5	42.4
31	0.0	23.0	44.5	16.0	11.0	15.5	48.9
32	23.0	0.0	47.1	18.6	16.9	10.5	56.4
33	44.5	47.1	0.0	28.5	33.5	36.6	24.5
34	16.0	18.6	28.5	0.0	5.0	8.1	39.4
35	11.0	16.9	33.5	5.0	0.0	9.4	41.9
36	15.5	10.5	36.6	8.1	9.4	0.0	47.5
37	48.9	56.4	24.5	39.4	41.9	47.5	0.0

- Distância entre os Nós da Rede Viária (Arcos)

Nó Origem	Nó Destino	Distância km
1	2	13,5
1	3	16,0
1	4	15,0
2	3	5,5
2	6	6,9
2	14	15,1
3	4	6,9
4	5	5,1
5	7	7,0
5	9	12,0
6	8	6,0
7	9	7,0
8	7	8,0
8	33	8,5
9	33	2,9
33	10	4,0
33	15	7,0
10	11	8,0
11	12	7,5
11	17	7,0
12	37	5,0
37	13	4,0
14	6	17,0
15	16	7,0
15	18	11,5
15	19	12,0
16	20	8,0
16	23	13,5
17	20	7,9
17	24	13,9
18	19	4,5
19	21	15,0
19	22	12,1

Nó Origem	Nó Destino	Distância km
19	34	9,5
20	23	8,0
20	24	7,5
21	22	7,5
21	34	8,0
22	25	5,1
22	34	2,0
22	36	7,0
23	34	4,0
23	35	6,5
23	26	9,0
24	28	5,0
34	35	5,0
34	36	8,1
34	26	7,1
25	36	7,0
25	29	6,5
35	26	4,9
35	27	3,0
35	28	8,5
26	27	3,0
26	29	4,1
26	32	12,0
26	36	4,5
27	30	4,0
27	31	8,0
28	30	4,0
36	29	2,0
36	32	14,0
29	32	8,5
30	31	6,5

APÊNDICE 3

- Dados sobre o Nó 33 (centro)

Nó de Origem ( O )	Distância de (O) ao Nó 33 (km)	Peso (ton)
1	34,9	0,00
2	21,4	128,30
3	26,9	95,00
4	20,0	76,50
5	14,9	151,90
6	14,5	283,70
7	9,9	224,00
8	8,5	293,70
9	2,9	177,60
10	4,0	252,00
11	12,0	161,20
12	19,5	144,00
13	28,5	118,40
14	31,5	158,40
15	7,0	195,60
16	14,0	164,80
17	19,0	208,80
18	18,5	347,20
19	19,0	32,80
20	22,0	318,40
21	34,0	107,10
22	30,5	92,80
23	27,5	141,60
24	29,5	150,40
25	35,6	326,90
26	35,6	0,00
27	36,5	0,00
28	34,5	0,00
29	38,6	0,00
30	38,5	0,00
31	44,5	0,00
32	47,1	0,00
33	0,0	0,00
34	28,5	0,00
35	33,5	0,00
36	36,6	0,00
37	24,5	0,00
	SOMA	806866,10