

USO DO GEOPROCESSAMENTO COMO APOIO NA GESTÃO DO MUNICÍPIO: PETRÓPOLIS,
UM ESTUDO DE CASO

Lauro Luiz Francisco Filho

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Mestrado em Geografia

Orientador: Prof.º Dr. Jorge Xavier da Silva

Rio de Janeiro

1999

O USO DO GEOPROCESSAMENTO COMO APOIO NA
GESTÃO DO MUNICÍPIO: PETRÓPOLIS, UM ESTUDO
DE CASO

Lauro Luiz Francisco Filho

Dissertação submetida ao corpo docente do Departamento de Pós-graduação em geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre.

Aprovada por:

Prof. _____ - Orientador

Prof. Dr. Jorge Xavier da Silva

Prof. _____

Prof. Dra. Josilda Rodrigues da S. Moura

Prof. _____

Prof. Dr. Mauro Sérgio S. Argento

Rio de Janeiro

1999

Ficha Catalográfica

Francisco Filho, Lauro Luiz

O Uso do geoprocessamento como apoio na gestão do município:
Petrópolis, um estudo de caso/ Lauro Luiz Francisco Filho. Rio de
Janeiro: UFRJ/LAGEOP/1999

xi, 147p. il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro,
IGEO/LAGEOP, 1999.

1. Fundamento e Metodologia – Tese . 2. **Avaliação por
geoprocessamento de situações problemáticas.** – Tese. I. Título. II.
Tese (Mestrado – UFRJ/IGEO/LAGEOP).

DEDICATÓRIA

Esse trabalho é dedicado a um rosto, que habitante dos meus sonhos, representa todos os rostos que um dia viveram, vivem, ou viverão em minha vida.

Ao meu filho Marcos André, pelas horas que se privou de minha companhia para que esse trabalho pudesse ser realizado

Resumo

FRANCISCO FILHO, Lauro Luiz. **O Uso do Geoprocessamento como Apoio na gestão do município: Petrópolis, um estudo de caso.** Orientador: Jorge Xavier da Silva. Rio de Janeiro : UFRJ/LAGEOP, 1999. Dissertação (Mestrado em Geoprocessamento)

O uso de tecnologias baseadas no geoprocessamento tem se mostrado um elemento valioso na gestão de problemas que envolvam o território, na esfera governamental ou não.

Este trabalho tem como objetivo estabelecer uma metodologia que permita o uso dessa tecnologia pelos municípios, partindo de soluções que promovam uma mudança no processo cultural de gestão do espaço municipal.

A intenção não é propor um sistema fechado e definitivo, mas procedimentos que visam à absorção gradual do geoprocessamento através do uso de um conjunto de técnicas na análise de situações problemáticas, vividas pelos municípios em suas várias escalas, gerando soluções imediatas como forma de persuasão e familiarização do administrador, do corpo administrativo e técnico do município, no uso dessa tecnologia. Na proposição do trabalho foi usado como exemplo o município de Petrópolis, observando-se suas características físicas, sociais e econômicas.

Foi selecionada uma área representativa do município como piloto para as aplicações em pequena escala, e todo o município como proposta geral.

O trabalho propõe uma metodologia de abordagem em captação, processamento e geração de dados que possam ser usados como apoio à gestão do município, dividindo as ações na avaliação de três situações problemáticas, em escalas que vão do detalhe urbano ao território como um todo. Cada situação é detalhada na sua proposta e comentada nos seus resultados.

Finalmente, há uma avaliação dos resultados obtidos e uma série de sugestões para que haja prosseguimento do trabalho num nível mais elevado.

Abstract

FRANCISCO FILHO, Lauro Luiz. **O Uso do Geoprocessamento como Apoio na gestão do município: Petrópolis, um estudo de caso.** Orientador: Jorge Xavier da Silva. Rio de Janeiro : UFRJ/LAGEOP, 1999. Dissertação (Mestrado em Geoprocessamento)

The use of technologies based on GIS has demonstrated a valuable element in the management of problems that involve the territory, inside and outside the governmental sphere. This work has the goal of establishing a methodology that permits the uses of this technology by municipalities, departing from solutions that promote a change in the cultural process of the management of municipal space.

The intention isn't to suggest a close and definitive system, but procedures that look at the gradual absorption of the GIS, through the use of a set of techniques in the analyses of on-going problematic situations by the municipalities in several scales, producing immediate solutions as a form of persuasion and familiarization of the administrator, administrative body and municipal technician in the use of this technology.

This methodology was applied at Petrópolis municipal district, from a representative area test, considering its social, economic and physical characteristics according to the purpose of the work.

This work suggests a methodology in the acquisition, process and generation of data, that can be used as a base for the municipal management, sharing the actions in the evaluations of three problematic situations that range from small scales, like an urban detail, to a whole territory. Each situation is showed in detail and the results are discussed.

Finally, the results are analyzed and some suggestions are made for further work.

SUMÁRIO

	p.	
1	INTRODUÇÃO	01
2	OBJETIVO	03
Parte I – FUNDAMENTO E METODOLOGIA		05
1	A REALIDADE DO MUNICÍPIO NO BRASIL	05
2	OS RECURSOS HUMANOS	10
3	O ESPAÇO COMPARTILHADO DO MUNICÍPIO	14
4	O ESPAÇO URBANO	15
5	O ESPAÇO POLÍTICO NO MUNICÍPIO	18
6	METODOLOGIA	20
6.1	Metodologia Técnica	22
6.2	Metodologia de Entrada e Tratamento de dados	32
7	DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	36
7.1	Localização	37
7.2	Aspectos Históricos	38
7.3	Aspectos Fisiográficos do Município	42
7.3.1	Relevo, Estrutura Geológica e Hidrografia	42
7.4	Área Piloto	45

8	A ESTRUTURAÇÃO DOS DADOS DISPONÍVEIS	50
8.1	Definição dos <i>Softwares</i> para Tratamento dos Dados no Município de Petrópolis	51
8.1.1	<i>Softwares</i> para Geração da Base de Dados Gráfica (BDG)	51
8.1.2	Modelagem Cartográfica	53
8.1.3	<i>Softwares</i> para Geração da Base de Dados não Gráfica (BDC)	58
	Parte II – AVALIAÇÃO POR GEOPROCESSAMENTO DE SITUAÇÕES PROBLEMÁTICAS	59
9	COMPONENTE POLÍTICO X COMPONENTE TÉCNICO	59
10	DEFINIÇÃO DE UMA SITUAÇÃO PROBLEMÁTICA	60
10.1	Modelagem Cartográfica da Situação Problemática X Condição Desejada	62
10.2	Elaboração dos Planos de Informação	64
10.3	Manipulação dos Planos Vetoriais e Conversão em Imagens	68
10.4	Obtenção dos Valores em m ² de Ocupação Dentro das Faixas de Domínio	79
10.5	Considerações Sobre a Avaliação do Problema	81
11	SEGUNDA SITUAÇÃO PROBLEMÁTICA	85
11.1	Modelagem Cartográfica para Obtenção dos Planos Básicos	86
11.2	Modelagem dos Planos de Dados Atuais	88
11.3	Modelagem dos Planos de Dados Antigos	93
11.3.1	Metodologia para a Vetorização dos Planos	97
11.4	Processamento dos Planos de Informação	98
11.4.1	Considerações Sobre os Planos de Informação	103
11.5	Avaliação da Situação Problemática Segundo os Planos de	106

	Informação	
11.6	Planos de Informação Complementares	114
11.7	Considerações Sobre a Situação Problemática 2	118
12	APLICAÇÃO EM UMA SITUAÇÃO QUE TENHA COMO ABRANGÊNCIA TODA A ÁREA DO MUNICÍPIO - SITUAÇÃO PROBLEMÁTICA 3	119
13	CONCLUSÕES	127
14	RECOMENDAÇÕES	131
15	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	136
16	ANEXOS	138

1 - INTRODUÇÃO

A constituição brasileira estabelece, no seu Art. 182, que o controle do uso do solo é responsabilidade dos municípios, cabendo a eles todo o processo de elaboração, detalhamento e aplicação de legislação específica através das Leis de zoneamento que ordenam a ocupação adequada do território. Esses instrumentos ordenadores do crescimento deveriam assegurar um desenvolvimento racional do processo urbano do município, o que não tem ocorrido na maioria absoluta dos casos.

Uma análise superficial dos problemas que envolvem a ocupação do território definido pelo município já demonstra uma total ruptura entre a realidade observada e a estabelecida nas intenções das legislações. Questões como falta de um quadro qualificado de pessoal, escassez de recursos e o não uso de tecnologias apropriadas para o processo administrativo geram um quadro caótico que tem assolado boa parte dos municípios brasileiros.

A incapacidade administrativa dos municípios, uma das seqüelas mais comuns, tem sua gênese na estrutura política vigente no país, em que a figura do clientelismo, arraigada culturalmente na sociedade brasileira, permite a ocupação desordenada de funções-chaves nos quadros administrativos por pessoas sem a mínima qualificação, emperrando todo o processo deles dependente.

O setor mais sensível é aquele que envolve a administração do território, seja através da gestão das questões ambientais, seja pelo uso inadequado do solo, caracterizado por uma política de zoneamento muitas vezes medíocre, nascida de avaliações superficiais de uma realidade que traz em sua essência questões muito mais amplas sob o ponto de vista social, econômico, cultural e ambiental.

Avaliar em profundidade essas questões, para que se faça uma gestão adequada do município, é uma tarefa complexa para o administrador imerso nessa realidade, pois a quantidade de dados disponíveis não oferece consistência, seja pela quantidade reduzida seja pela falta de um instrumento adequado de estruturação dessa massa, que transforme os dados em informações coerentes, imprescindíveis ao processo de gestão.

Por conseguinte, temos um movimento entre as informações meramente tabulares – estatísticas – e as gráficas, representadas pelas entidades espaciais que compõem a

realidade ambiental. Fazer uma relação de causa e efeito dessas informações é uma tarefa complexa, dado o número de variáveis envolvidas, mas de extrema importância para que se tenha um instrumento adequado de apoio a decisões.

Na maioria dos casos esse procedimento é feito pelo sentimento que o administrador tem da realidade, limitado à sua experiência de vida, nem sempre abrangente. É de vital importância, portanto, que o processo de gestão esteja apoiado numa ampla e consistente base de informações, visto que as tomadas de decisões se desdobram com conseqüências nem sempre favoráveis ao administrador, à sociedade e ao meio-ambiente.

O desenvolvimento tecnológico tem provido a sociedade moderna de uma série de recursos destinados ao bem estar do homem, seja enquanto indivíduo, seja enquanto comunidade. A ciência da informação é, por excelência, o grande pilar onde se apoiam os tomadores de decisão. O advento e o desenvolvimento dos computadores vem fornecendo uma poderosa ferramenta para que uma vasta massa de dados possa ser tratada de forma sistemática, cruzando informações oriundas de diferentes níveis e dando uma expressão geográfica a esses, permitindo a elaboração de uma realidade em que as decisões possam ser ensaiadas em cenários virtuais, corrigindo possíveis erros, minimizando os impactos indesejáveis e maximizando os recursos disponíveis. Essa *metodologia* de trabalho, sem dúvida, permite ao gestor tomadas de decisão bem mais coerentes, seguras e objetivas, resultando em benefícios que se distribuem para toda a sociedade.

O uso desses processos, porém, exige recursos nem sempre disponíveis pelo administrador, ora pelos entraves financeiros – tecnologia cara – ora pelo desconhecimento das potencialidades – falta de pessoal qualificado. No primeiro caso, a questão é mais séria, visto que os municípios sofrem de uma crônica falta de recursos oriunda de um sistema tributário que privilegia a federação. No segundo, porém, a causa primária reside principalmente na estrutura política do município, onde o recurso humano não obtém o devido *status*, em detrimento do clientelismo político eleitoreiro, que inibe o acesso a um corpo qualificado de profissionais.

No campo da tecnologia de processamento, os custos envolvidos na aquisição de equipamentos estão hoje ao alcance de qualquer prefeitura. Apesar do baixo custo, a

capacidade dos computadores está cada vez maior, permitindo que análises exaustivas possam ser executadas de forma rápida e confiável.

O desenvolvimento do Geoprocessamento coloca nas mãos dos administradores um ferramental de enorme valor como auxiliar da gestão, seja de uma companhia, uma concessionária de serviços, seja de órgãos governamentais.

A dificuldade reside em definir com clareza os campos de atuação e a metodologia envolvida para que o processo logre os objetivos almejados o que, em se tratando da área municipal, é uma tarefa árdua.

2 - OBJETIVO

Baseado nas características próprias dos municípios, que os tornam peculiares diante da estrutura administrativa brasileira, é que este trabalho foi desenvolvido. O objetivo é buscar e ordenar esses caminhos, criando condições para que o município adote, implante e se utilize do Geoprocessamento como uma ferramenta auxiliar na gestão, colocando nas mãos do Prefeito um instrumentos adequado para que a tomada de decisão seja feita da maneira mais segura e objetiva. Para tanto, foi adotada a metodologia que busca observar os aspectos políticos envolvidos na gestão, sem a qual não seria possível o desenvolvimento de qualquer processo que visasse a uma mudança na estrutura administrativa.

O primeiro passo é a busca do conhecimento sobre a realidade municipal no Brasil, para que dela se possa extrair os parâmetros que nortearão o processo de implantação e uso do Geoprocessamento como instrumento auxiliar na gestão. O segundo passo será a definição da metodologia utilizada, buscando sempre sua adequação à realidade do município e estabelecendo uma relação de *causa e efeito*, onde cada etapa desenvolvida possa ter uma aplicação imediata em problemas reais como instrumento de aceitação do processo.

Este trabalho não busca soluções prontas, grandes esquemas, com início, meio e fim, mas estabelecer os passos necessários para que a adoção do Geoprocessamento no ambiente municipal seja feita de forma adequada e gradual, baseada em soluções simples e amigáveis, de fácil absorção pela equipe responsável pela montagem e

manipulação do sistema, bem como pelo administrador, responsável pela gestão dos recursos de que o município dispõe.

As grandes empresas, públicas e privadas, e os laboratórios vinculados a institutos de pesquisa, têm gerado uma infinidade de sistemas geográficos de informação voltados para o gerenciamento de dados territoriais e, junto com a popularização da informática, permitido que o uso dessas ferramentas esteja cada vez mais presente na vida de quem tem como ofício a tomada de decisões.

Os municípios vêm aos poucos acordando para essa realidade, movidos, entre outras coisas, pelo barateamento dos equipamentos de processamento. Mas o uso adequado dessa tecnologia passa por uma adaptação de ambas as partes: do município, na mudança de seu *processo cultural administrativo*, e das *softhouses*¹, que lançam produtos cada vez mais acessíveis e amigáveis à realidade municipal.

Este trabalho visa a buscar, na sua metodologia, a forma mais adequada do uso dos vários *softwares* existentes no mercado e criar uma forma de integração entre eles para que seja gerado um produto final útil para a administração dos municípios na gestão do seu território. Para tanto serão definidas as formas de entrada e tratamento dos dados necessárias à resolução de problemas reais enfrentados pelos municípios, bem como a forma com que os problemas serão abordados pelo analista ou equipe responsável pela avaliação da situação problemática.

O desenvolvimento do trabalho será baseado na busca, estruturação e aplicação do Geoprocessamento em situações problemáticas, conforme sua complexibilidade e escala de abrangência, que será dividido em três níveis:

- Aplicação em uma situação limitada territorialmente ao ambiente urbano;
- Aplicação em uma situação mais complexa, envolvendo avaliações temporais e uma área de abrangência que contenha o maior número possível de características presentes no território do município;
- Aplicação em uma situação que tenha como abrangência toda a área do município.

Finalmente, será feita uma avaliação crítica da metodologia adotada, dos processos desenvolvidos e de sua validade dentro da realidade municipal.

¹ Empresas especializadas na produção de programas para computadores, ou *softwares*

Parte I – FUNDAMENTO E METODOLOGIA

1. A REALIDADE DO MUNICÍPIO NO BRASIL

A implantação de qualquer procedimento na área municipal, principalmente aquele oriundo de modernas tecnologias, passa por uma avaliação da realidade dos municípios dentro do contexto político do país. A estruturação do estado brasileiro estabelece uma hierarquia de poderes que têm em seu topo a federação e em sua base os municípios. O fluxo de recursos toma sempre o caminho do topo, ou seja, concentra-se mais na área federal, que promove a distribuição a todas as unidades do território (estados e municípios).

Essa estrutura tem mantido os pequenos e médios municípios em constante estado de “*inanição*” financeira, com seus recursos destinados basicamente a pagamento de funcionários. Isso, no entanto, não garante que a qualidade dos recursos humanos seja boa, muito pelo contrário. Acometidos por uma cultura “doméstica” dominada pelo fisiologismo, os municípios enterram seus recursos na manutenção de um sistema que não privilegia a qualificação dos seus quadros. Conseqüentemente, as ações de governo, na sua maioria, não contemplam a muitos dos problemas que acometem o município, e esses problemas não são pequenos, pois fenômenos como urbanização e degeneração ambiental têm sua gênese no município e se espalham por regiões geográficas mais amplas.

Na década de 70 houve uma preocupação acentuada dos governos federal e estadual com essa questão, surgindo as chamadas “Regiões Metropolitanas”, com o objetivo de tratar as questões de gestão que extrapolavam o território do município e abarcavam uma área muito maior.

Esse fenômeno ocorre em regiões de grande concentração urbana, como as capitais de estados com produção econômica significativa e áreas de acentuada produção econômica (ABC paulista, Triângulo Mineiro, etc.). Nesses casos, a estrutura administrativa municipal revelou-se incapaz de tratar problemas que abrangiam uma extensão territorial além de suas fronteiras, mas que mantinham as mesmas características.

Como conseqüência, essas “ilhas” sofreram atenção especial e foram procuradas

soluções que levassem em conta a totalidade territorial abrangida pelos fenômenos, e não a simples fronteira política do município, nem sempre definida por critérios técnicos adequados.

Uma das principais conseqüências advindas dessa *filosofia* foi a criação dos Institutos de Planejamento, que concentraram esforços significativos no sentido de fornecer soluções técnicas adequadas a problemas oriundos basicamente do processo urbano.

Institutos de Planejamento como o IPLAN Rio, do município do Rio de Janeiro, o IPUC, de Curitiba ou o IPUF de Florianópolis, partiram para soluções integradas de planejamento que contemplaram uma gama de informações extensas, com forte expressão territorial, onde cada fenômeno estava interligado a uma série de ações, nem sempre óbvios à uma primeira avaliação superficial.

A realidade nacional, no entanto, tem demonstrado que a situação dos municípios expressa uma extensa base de pobreza que, salvo exceções, traça um retrato amargo e preocupante do país.

O sistema tributário brasileiro não beneficia os municípios, visto que direciona os recursos mais polpudos para a área federal, baseado numa premissa de que é necessário centralizar para depois fazer uma distribuição equânime dos recursos. Essa estrutura fortaleceu a União e deixou os municípios à deriva dos interesses políticos regionais, possuidor de um *staff* político mais preocupado com seus *feudos* do que com o bem-estar da população.

As grandes e médias cidades, que possuem uma forte estrutura produtiva baseada na indústria, conseguem um pouco mais de força devido à inversão de recursos oriundos da produção que envolve indústria, comércio e prestação de serviços. As pequenas, no entanto, contam basicamente com a arrecadação gerada pelo Imposto Territorial e Urbano (IPTU) e o repasse do Fundo de Participação dos Municípios (FPM), na sua maioria insuficientes para que haja uma gestão adequada de todos os problemas enfrentados. Junte-se a isso uma *indústria* de favores que propicia o inchamento do quadro funcional em patamares não suportados pela realidade econômica dos municípios.

A constituição estabelece que não pode haver comprometimento superior a 60% dos recursos do município com o pagamento de funcionários, o que coloca em cheque uma significativa parcela dos municípios brasileiros, na maioria, pobres.

Uma avaliação na relação entre a distribuição dos municípios no território nacional, sua população e níveis de riqueza, avaliados pela Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios de 1990 revela que 70,1% dos municípios brasileiros contam com população até 20.000 habitantes e 20% entre 20.000 e 50.000 habitantes. A distribuição de famílias indigentes² nesses municípios mostra que aqueles até 50 mil habitantes apresentam as mais elevadas percentagens de indigência, sendo 36,8% nos municípios até 20 mil habitantes e 37,7% nos municípios entre 20 e 50 mil habitantes (PELICANO, 1983). Por esses dados podemos perceber que 74,5% dos municípios brasileiros encontram-se em situação de penúria, com uma realidade econômica nada favorável a sua manutenção e desenvolvimento. Outro dado preocupante diz respeito a perda de população dos pequenos municípios, verificada com mais ênfase no período de 1960 a 1970. Segundo (BREAMAEKER, 1990) a maior parcela dos municípios que perderam população está na faixa de 5mil a 10 mil habitantes, perfazendo um total de 36,2%, seguido por aqueles entre 10 mil e 20mil habitantes, que representam 26,4% dos municípios. Essa avaliação demonstra claramente que quanto menor o município mais está sujeito a sofrer os efeitos da migração.

Essa situação certamente tem sua gênese numa estrutura problemática onde há um excesso de municípios, por um lado, e uma economia estratificada, por outro, em que os recursos ficam concentrados basicamente em bolsões representados pelas áreas industriais ou com forte produção agrícola.

Podemos, então, dividir os municípios brasileiros em três classes básicas: os ricos, os remediados e os pobres. Os ricos estão restritos às grandes cidades e às áreas com forte produção industrial, concentrados na Região Sul e Sudeste do país, principalmente em São Paulo e Minas Gerais. Os remediados se distribuem por uma vasta área do território brasileiro, estando inseridos ou ao redor das áreas de média produção.

Os municípios pobres ocorrem em todas as regiões do país, mas se concentram basicamente na região Norte e Nordeste. Excetuando os municípios das RM's e das capitais, as maiores concentrações de indigência familiar se localizam na região Nordeste. Da relação dos 50 municípios nacionais com maior número de famílias indigentes, 30 deles correspondem ao Nordeste, sendo que, em todos, as percentagens

² Famílias cuja renda familiar corresponde, no máximo, ao valor de aquisição da cesta básica de alimentos que atendam os requerimentos nutricionais recomendados pela FAO/OMS/UNU, para a família como um todo.

de famílias indigentes são elevadas, variando entre 34,5%, em Itabuna-BA e 67,9% em Itapipoca-CE (PELICANO, 1993).

Essa realidade tem sua origem numa segmentação territorial baseada em critérios políticos que não levam em conta a capacitação econômica para sustentação do município. Mesmo áreas que produzem determinadas riquezas, e por isso alcançam logo sua autonomia, sofrem com a mudança do eixo econômico ao longo do tempo ou do território. O exemplo mais marcante pode ser visto em campos de produção de determinados minerais, como é o caso do ouro, ou regiões extrativistas, caso de florestas nativas, que exaurem seus recursos depois de algumas décadas e deixam, quase sempre, municípios devastados e empobrecidos pela súbita queda da produção de riquezas. Nesse caso, não há solução, ficando os mesmos à deriva dos recursos oriundos do governo federal e estadual, nem sempre suficientes.

Durante o Brasil-Colônia, a principal formadora de núcleos populacionais era a junção do espírito extrativista do mineiro, que se concentrava nas regiões ricas em minério, com a Coroa Portuguesa, que acorria a esses lugares para estruturação do poder político, assegurando com isso a tributação.

Essa filosofia tem sido a tônica formadora dos municípios brasileiros. No sul do país cidades que nasceram baseadas na produção carbonífera tiveram uma lenta evolução e, recentemente, quando da quebra do monopólio da exclusividade do carvão brasileiro, permitindo a importação de carvão de qualidade superior por preços menores, toda a região carbonífera entrou em colapso, deixando vários municípios à mingua. A madeira, outra riqueza da região, foi paulatinamente exaurida a partir do século passado, condenando à ruína povoados inteiros após a derrubada da última árvore, mais evidente no planalto paranaense. O eixo migratório voltou-se para a região Centro-Oeste do país, com a ocupação de vastas áreas para pecuária, ou Norte, com a continuidade extrativista e expansão da fronteira agrícola.

Nos Vales férteis, nas regiões adequadas ao cultivo, aos poucos surgiram cidades, conseqüência da prosperidade sazonal. O empobrecimento das terras quase sempre decretava decadência de regiões e quase nunca a substituição da monocultura (MARTORANO, 1983).

Diante do quadro caótico vivido pela realidade municipal no Brasil, a constituição de 1988 procurou disciplinar o “instituto” da criação de novos municípios através de normas que garantam a consulta popular para a incorporação, a fusão e o desmembramento de municípios. Paralelamente, garantiu expressamente a autonomia municipal, concedendo ao município um vasto campo de atuação no poder local, inclusive com a participação da comunidade. (SERRA, 1997)

O texto constitucional trata com clareza a questão da autonomia do município, onde define em seus artigos o seguinte:

Art. 18 – O município integra a estrutura federativa do país, toda ela autônoma;

Art. 29 – O município se autogoverna através de sua lei orgânica;

Art. 30; II; III e VII – O município tem competência tributária, participação ativa na renda tributária do país;

Art. 29, I – O município elege seu Prefeito, Vice-Prefeito e Vereadores através de pleito direto;

O município, no entanto, sofre limitações internas através dos tribunais de contas do estado ou pelos conselhos dos municípios ou externos, exercido pelos vereadores sobre a prestação de contas e os atos do Prefeito. (SERRA, 1997)

Sob essa ótica o município é um ente federado autônomo, mas não soberano, o que constituem duas coisas diferentes:

“A autonomia, diferente da soberania, não é um poder originário, mas derivado, no sentido de que é um poder decorrente da Soberania Nacional, concedido pela Constituição e nos termos dela.

Autonomia municipal – repitamos – é a faculdade que o município tem, assegurada pela constituição do Brasil, de auto-organizar-se, de ter garantia da escolha, por eleição, de seus mandatários políticos, sem nomeações por outros poderes, de gerir seus próprios negócios, ou seja, os pertinentes ao seu peculiar interesse, legislando livremente sobre eles e adotando os comportamentos e normas que lhe convenham, respeitadas a discriminação constitucional das competências e as restrições que a mesma Constituição lhe impõe”.(AGUIAR, 1993)

Essa autonomia, se por um lado tem limitações, como é o caso da atuação tributária, que tem que se submeter a princípios regidos pela própria constituição, por outro lado delega uma grande responsabilidade quanto ao destino de seu território, no que tange ao seu desenvolvimento urbano/social. A exigência de planos diretores para municípios com população igual ou superior a 25 mil habitantes é uma demonstração dessa responsabilidade, em que pese a grande maioria estar abaixo dessa média, pois 70,1% possuem população até 20 mil habitantes. O plano diretor deve tratar com especial atenção a terra urbana, exigindo que ela cumpra sua função social, ou seja, que a finalidade urbana da terra atenda aos interesses da atividade urbana. Essa idéia carrega um enorme compromisso com o planejamento, pois é aí que o município define o seu modelo de desenvolvimento econômico e social, observadas suas características.

Para implementação das diretrizes traçadas pelo Plano Diretor, o município não pode prescindir de um conhecimento adequado de seu território baseado num levantamento e mapeamento consistente de suas áreas, da percepção de seus problemas, no sentido de melhorar a qualidade de vida do cidadão, reduzindo a pobreza e permitindo a integração dos setores desfavorecidos.

2 – OS RECURSOS HUMANOS

Um planejamento adequado passa, necessariamente, por pessoas que tenham a capacidade de promover uma percepção consistente da realidade do município e de trata-la de forma a alcançar os objetivos estabelecidos. Cada município possui uma determinada característica: uns são voltados para a indústria, outros possuem uma vocação agrícola, outros são turísticos, ou ainda voltados para o comércio. O planejamento deverá contemplar essas vocações e a população deverá decidir os rumos que deverá tomar seu município, mantendo, mudando ou estimulando essas tendências. Certamente por trás deverá haver uma equipe trabalhando para que isso seja realidade, o que nem sempre acontece.

A questão dos recursos humanos de qualquer instituição está relacionada diretamente com sua situação financeira; quando sua “saúde” vai bem , há a possibilidade de se

possuir um corpo de bons profissionais. Essa, porém, não é a única regra que impera para se ter um corpo técnico qualificado, existem outros fatores que determinam a estruturação dessa “base”, principalmente quando se trata da área municipal.

Diferente da aquisição de equipamentos ou *softwares*, a incorporação de pessoal qualificado pelos municípios nem sempre ocorre de maneira fácil e, quando ocorre, quase nunca é da forma adequada. Dois caminhos deverão ser percorridos para alcançar tal objetivo, o primeiro deles é a contratação, um processo complicado que esbarra em legislação e condição financeira da grande maioria dos municípios, sempre afogados com um quadro de pessoal além de suas necessidades. O outro é a reciclagem e treinamento de pessoal próprio, pertencente aos seus quadros, um processo igualmente difícil devido à baixa qualificação e ao “moral baixo” de seu corpo técnico.

O treinamento de um técnico de nível médio para que possa exercer funções limitadas na operação de um sistema baseado em Geoprocessamento demanda aproximadamente 6 meses e parte-se do pressuposto de que alguém deverá definir qual treinamento e a que nível o mesmo deverá ser executado, ou seja, o município terá que possuir um elemento que dê a partida no processo, o que nem sempre acontece.

A realidade tem mostrado que as iniciativas de se dotar as prefeituras com algum sistema de informação geográfico tem partido da área cadastral, impelida pela necessidade de aumento da arrecadação de impostos baseados no IPTU. Normalmente esse fato ocorre quando da contratação de uma nova base cartográfica, elaborada atualmente quase que na sua totalidade por processos digitais. Esse fato introduz um elemento externo que é a empresa responsável pelo levantamento e confecção da mesma, trazendo para dentro da administração a idéia, ainda que superficial, do Geoprocessamento.

Num primeiro momento, a adoção da cartografia digital, em substituição aos velhos métodos analógicos, estabelece um “*break point*” na cultura dos mapas de papel, trazendo uma nova realidade em que o computador - já presente na grande maioria das prefeituras - assume um novo papel nesse processo. Num segundo momento, há a necessidade da implantação do cadastro técnico imobiliário, que determina a adoção de um incipiente método de Geoprocessamento.

Nessa fase sempre há o envolvimento do corpo técnico com a nova realidade, tornando-se o momento ideal para que haja a formação de uma equipe voltada para a implantação

de uma plataforma mais consistente que extrapole as questões do cadastro técnico e aborde o município como um todo, voltado para uma gestão em que a informação de caráter territorial tenham uma expressão mais consistente perante o gestor (Prefeito) e a comunidade.

Uma vez estabelecida a necessidade e dada a partida, há que se alcançar uma “massa crítica” em que o processo se torne irreversível, pois só assim a implantação do Geoprocessamento pode prosseguir sem os riscos típicos da interrupção por flutuações políticas, comuns às prefeituras.

Essa “massa crítica” é conseguida justamente com a formação de uma equipe própria composta por técnicos dos vários setores da administração que respondem pelo controle do território, normalmente os departamentos de planejamento urbano, secretaria de obras e setores tributários da secretaria de fazenda.

Os governos municipais, no entanto, não têm primado pela qualificação adequada de seus recursos humanos. A Declaração Universal da Autonomia Municipal define em seu art.V, parágrafo II, o seguinte:

As condições de emprego e as oportunidades de capacitação e aperfeiçoamento para os funcionários municipais serão tais que possam oferecer possibilidades atrativas de carreira. O Governo Central deve estimular e facilitar a introdução de sistemas de carreira e mérito na administração municipal.³

A realidade mostra que esse preceito só ocorre muito raramente nos municípios, estando restrito às grandes capitais e algumas cidades que dispõem de uma condição socioeconômica privilegiada. Na absoluta maioria, o corpo técnico municipal é precário e, às vezes, inexistente, dificultando o ingresso de sistemas de auxílio à gestão através do Geoprocessamento.

As modernas tecnologias baseadas na computação foram, por algum tempo, domínio das grandes estruturas corporativas, baseadas em plataformas caras e complexas, que necessitavam de uma equipe altamente qualificada. Os chamados *mainframes* foram o ponto de referência na década de 70, quando o assunto era computação de alto nível.

³ DECLARAÇÃO UNIVERSAL DA AUTONOMIA MUNICIPAL – Confederação Nacional dos Municípios – 27º Congresso Mundial de Municípios – Rio de Janeiro – setembro de 1985.

Com a evolução recente da computação, houve a disponibilização de uma tecnologia descentralizada baseada nos microcomputadores pessoais, os famosos PC, que a partir da década de 80 ocasionou uma mudança no paradigma da informática. O que era restrito às grandes empresas estava agora ao alcance de todos, principalmente das prefeituras, os eternos entes pobres da União.

O rápido desenvolvimento da tecnologia computacional, tanto no que diz respeito as máquinas como aos programas, não foi acompanhado na mesma proporção pelo desenvolvimento dos recursos humanos necessários à lida com essa nova realidade. Nos municípios, principalmente os pequenos, a adoção de alguma tecnologia de processamento se limitou à aquisição de computadores em substituição às velhas máquinas de escrever. Essa inércia se deve a fatores puramente humanos, uma vez que aquisição e manutenção de uma plataforma destinada a processamento de informações de origem geográfica é, hoje, acessível a qualquer prefeitura. A aquisição ou capacitação de recursos humanos para isso, no entanto, é mais difícil.

Nas Prefeituras de porte médio/grande, a entrada do processamento digital e, por conseguinte, do Geoprocessamento, se deu através da necessidade do gerenciamento das informações oriundas do cadastro técnico, necessárias à arrecadação do IPTU, vital para a maioria dos municípios. Os funcionários envolvidos com essa problemática já detinham um razoável conhecimento das informações de caráter geográfico, facilitando a adoção de uma nova ferramenta baseada no Geoprocessamento. A adoção de uma nova tecnologia, no entanto, significa uma mudança na estrutura organizacional: novas e diferentes habilidades se tornam mais importantes, baseando procedimentos que se destacam nas unidades organizacionais, exigindo um treinamento prévio do pessoal envolvido, tornando-o mais importante que o pessoal mais antigo. (SUSSMAN, SUSAN, 1995)

Certamente esse é um dos aspectos que dificultam a implantação de qualquer nova metodologia que envolva avanço tecnológico, pois há sempre o medo da perda do *status quo*, da quebra dos “feudos” estabelecidos e tão profundamente arraigados nas prefeituras, principalmente àquelas de pequeno e médio porte. Há, portanto, que se lidar com essa realidade quando da implementação do Geoprocessamento na área municipal. Por outro lado, o município também tem suas peculiaridades que exigem um conhecimento e atenção por parte da equipe responsável pela implantação de um

Sistema Geográfico de Informação. Segundo (FERRARI, 1997), essas características que devem ser consideradas envolvem:

- *Grande quantidade de objetos em espaços relativamente pequenos;*
- *Mudanças rápidas, com a ampliação de casas, novos loteamentos, ruas que mudam de mãos;*
- *Muitos agentes atuando no mesmo espaço (correios, concessionárias de serviços públicos; empresas de transportes, construtoras);*
- *Objetos com muitos atributos, como é o caso das edificações cadastradas para o IPTU;*
- *Exigência do uso de escalas grandes: normalmente em torno de 1:2000;*
- *Identificação de entidades que exigem forte evolução, tais como lotes, quadras, ruas, edificações e postes, que coexistem em pequenos espaços.*

Visto isso, deduz-se que a estratégia de implantação de Geoprocessamento nas prefeituras não pode prescindir de uma metodologia que observe essas características, envolvendo desde cedo toda a equipe e direcionando-a para essa realidade. Cada etapa deverá servir de patamar para diversificações, pois não existem soluções prontas e globais que contemplem toda a gama de problemas vividos pelas prefeituras brasileiras. Cada caso, certamente, será um caso diferente, e exigirá uma resposta igualmente diferente.

3 - O Espaço Compartilhado do Município

Uma característica típica dos municípios está no uso do seu espaço geográfico por diversos órgãos que têm como finalidade a prestação de algum tipo de serviço à comunidade. Normalmente, a chamada administração direta se encarrega do planejamento e controle do uso do solo, da construção e manutenção de vias e logradouros, da limpeza urbana e dos serviços de saúde e educação básica. Nesse mesmo espaço, porém, convivem empresas de “economia mista”, privadas e concessionárias de serviços que atuam no território do município, possuindo regras e metodologia própria de ação, nem sempre integrada com a prefeitura. Dois exemplos

mais notórios são as empresas de águas e esgotos e as concessionárias de energia elétrica, que possuem um forte caráter espacial de suas atividades e, não raro, entram em conflito com as ações da própria prefeitura. É muito comum a quebra de uma rua recém-asfaltada para conserto ou substituição de tubulações pela companhia de águas e esgotos, ou a colocação de postes e cabos de alimentação elétrica pela concessionária de energia em áreas onde o município implementou um trabalho de melhoria da programação visual.

Certamente esse ambiente dificulta a implantação do Geoprocessamento, uma vez que as ações não estão sujeitas a um comando central e, por conseguinte, trabalham em bases diferentes. Sem uma coordenação que vise ao compartilhamento adequado dos dados ambientais, qualquer esforço no sentido de implantar um sistema geográfico de informação consistente entrará em choque com uma enormidade de dados redundantes e incongruentes.

O que se pode deduzir disso é que os serviços e as empresas podem ter vários objetivos, mas o território é o mesmo e a base de referência também deverá ser a mesma. Segundo (FERRARI, 1997) isso leva ao compartilhamento de serviços e, por conseguinte, a uma redução de custos, uma vez que a elaboração da base cartográfica e a geração de determinados níveis de informação podem servir a vários usuários e ter seus custos também compartilhados. Estabelecida essa relação entre os vários interessados, tem-se a construção de uma teia, uma rede onde os dados fluem de maneira harmoniosa entre os vários setores envolvidos no trato com o território.

A complexidade do espaço municipal, no entanto, exige cuidados com a elaboração da metodologia que será adotada. Há que se ter em mente que não apenas temos nos municípios um ambiente físico dos mais diversos, mas uma identidade cultural local que se reflete na forma de gerir os recursos destinados à manutenção e desenvolvimento em benefício dos munícipes.

4 – O Espaço Urbano

Um dos principais fatores que dão identidade aos municípios é sua estrutura urbana, visto que as cidades são, por excelência, entes municipais. A própria Constituição, ao delegar para o município a prerrogativa de ordenar o uso e parcelamento de seu solo,

nada mais fez do que reconhecer essa tendência natural; afinal, os processos de ocupação do território e a formação das cidades ocorrem no espaço limitado por uma identidade social, cultural e física, que define o município. Nesse contexto o espaço urbano assume importância devido a sua capacidade polarizadora e centralizadora da dinâmica municipal. Para ele convergem os recursos oriundos da produção e emanam todos os atos administrativos responsáveis pela gestão de todo o território.

O espaço urbano, porém, possui características que o definem como tal em qualquer lugar do planeta, sempre carregado de problemas devido ao adensamento humano, e de serviços em espaços que se sobrepõem. O que diferencia esses espaços complexos é justamente sua identidade cultural e a forma com que se adaptam ao meio físico onde se desenvolveram.

O conhecimento dessa realidade, portanto, é condição básica para que se faça uma gestão apropriada de seu território e, para tanto, é necessária uma identidade com esse meio, um conhecimento prévio do território e dos aspectos socioculturais que se desenvolvem sobre ele. O município busca justamente essa identidade, pois seus administradores vivem imersos nessa dinâmica, são pessoas que conhecem seus aspectos culturais, sua realidade econômica e, acima de tudo, seu meio físico. O espaço urbano, porém, está “atuhlado” de entidades que estão interrelacionadas entre si, estabelecendo uma rede, um “tecido” que necessita de ser gerido de forma integrada. Essa gestão está a cargo da prefeitura, que busca tratar cada entidade dessas, independente de sua escala, com o mesmo rigor que trata o espaço, como um todo. Não é raro haver grandes debates sobre essa ou aquela praça, se deve ou não construir-se determinado chafariz, se essa ou aquela rua deve ser pavimentada, se há ou não liberação para a construção de determinado prédio. Esse detalhamento é que define a identidade do espaço urbano municipal e o torna complexo perante o administrador.

As modernas ferramentas apoiadas no Geoprocessamento tem buscado uma solução para esses problemas, pois tenta abstrair a realidade e trazê-la para o meio “virtual” onde o gerenciamento de todas as entidades que compõem o espaço, juntamente com seus atributos, permite ao gestor obter um domínio de suas ações, equilibrando e direcionando os recursos disponíveis de forma a obter o máximo rendimento.

Alguns municípios, no entanto, têm um crescimento acentuado de sua área urbana e, não raro, estão conurbadas com outras áreas urbanas pertencentes a outro (ou outros)

municípios. Esse fenômeno é perceptível em regiões com forte produção industrial, como as capitais dos estados da Região Sul e Sudeste. Para esses casos foi criada na década de 70/80 a figura das “Regiões Metropolitanas” onde se procurava dar uma identidade ao espaço contínuo das cidades conurbadas, mas fracionadas no que diz respeito à administração. Esses grandes espaços urbanos têm oferecido um enorme desafio aos gestores, uma vez que possuem uma estratificação administrativa composta pelas várias esferas de governo que se sobrepõem e, onde não raro, há conflitos quanto às competências. Nesse aspecto a chamada “*Competência Remanescente*” é a maior geradora de conflitos, pois meandra por várias esferas sem que haja uma definição clara de suas atribuições.

“Competência remanescente é a que resta, que não foi enumerada, que não foi prevista pela Constituição nem para a União nem para os Municípios, seja explícita ou implicitamente.

O poder remanescente foi deferido aos estados. Somente os estados poderão exercê-lo. À União e aos Municípios a Constituição não conferiu competência remanescente. Efetivamente, segundo preceitua o &1º do art. 25 da Constituição, são reservados aos estados as competências que não lhes sejam vedadas pela Constituição. Desta sorte, os poderes que não foram conferidos, nem expressa nem tacitamente, à União e aos Municípios, pertencem ao Estado-membro (e, é claro, também ao Distrito Federal, porque a este são atribuídas as competências legislativas reservadas aos estados e Municípios.” (AGUIAR, 1993, p.32)

Isso faz com que municípios que possuem extensa área urbana ou que estejam inseridos dentro de áreas especiais, sofram intervenção de várias esferas de governo, dificultando à gestão do território por parte do Município. Essa “faceta” do espaço urbano cria um outro espaço, não menos conflitante, que se sobrepõe a esse: *O Espaço Político*.

5 – O Espaço Político no Município

A cidade se caracteriza como um campo de contradições, o sentido de espaciosidade⁴ se confunde, na cidade, com o sentido de lugar. A espaciosidade se sente com a percepção do movimento, é o domínio das distâncias, do sentir, do poder ir e vir, da liberdade oferecida pela possibilidade de deslocar-se por um conjunto enorme de pontos espalhados pelo território. (Tuan, 1930) define o espaço como um símbolo de liberdade no mundo ocidental, “*O espaço permanece aberto; sugere futuro e convida à ação*”.(TUAN, *op. cit.*, p.61)

O que diferencia o *espaço* de *lugar* é a humanização do primeiro. Segundo ainda Tuan:

“O espaço fechado e humanizado é lugar. Comparado com o espaço, o lugar é um centro calmo de valores estabelecidos. Os seres humanos necessitam de espaço e de lugar”.(TUAN, *op.cit.*, p.61)

Tem-se claro que a espaciosidade tem a ver com o espaço geográfico, e que esse adquire uma característica própria, quando o homem interfere nesse sentido de amplitude e cria o *lugar*, ou o “*Espaço Humano*”. Esse espaço assume um caráter “virtual”, visto que é fruto da nossa percepção de estarmos imersos num espaço compartilhado por outros seres humanos, onde a locomoção por pontos definidos no território dá lugar a regras estabelecidas pela humanização desse. Temos, então, a definição do espaço político.

As ações humanas no território, no sentido de transformar o espaço em lugar, são, acima de tudo, ações políticas, pois trabalham os interesses de pessoas ou grupos que se relacionam nesse espaço e são, quase sempre, conflitantes.

Definir, então, o espaço político municipal torna-se importante na medida em que a implementação de qualquer ação no território do município passa pelos interesses estabelecidos por esse “espaço político”, que tem como um de seus principais componentes a luta pelo poder. No município essa “*teia*” começa pelo Prefeito, passa pela câmara de vereadores e estende-se até o barraco miserável localizado nos confins do território municipal. O que caracteriza o espaço político do município, portanto, é a proximidade com que os nós dessa teia se encontram uns com os outros. O Prefeito não

⁴ Segundo (Tuan, 1930), espaciosidade está intimamente associada com a sensação de estar livre.

é, para a comunidade, um ente virtual, enclausurado em palácios distantes e inacessíveis, pelo contrário, está muito próximo, ao alcance de qualquer cidadão. Essa proximidade estabelece uma “*relação rápida*” entre as decisões do gestor e suas conseqüências na vida do cidadão, expostas na forma de benefícios ou malefícios facilmente quantificáveis por ambas as partes e que, por conseguinte, obtêm respostas também muito rápidas dessas ações. Por conta disso, o gestor procura se acercar de certos cuidados para que seu espaço político, e, como conseqüência, seu poder, não sejam abalados por suas ações.

As tomadas de decisões na esfera federal estão voltadas para ações macroterritoriais, dotadas de uma inércia muito grande, que não geram reflexos imediatos na vida do cidadão comum e, quando ocorrem, a resposta desse não encontra um canal eficiente e rápido que possa levar suas insatisfações ao centro do poder. Tal ação não ocorre no município, pois a politização do indivíduo, por menor que seja, se transforma num eco que rapidamente alcança o gestor, nesse caso, o Prefeito.

Uma das formas mais corriqueiras de organização política do cidadão, para exercer pressão e obter poder de negociação perante a administração municipal, está centrado na figura das “Associações de Moradores”, que buscam canalizar para a comunidade que representam a maior participação possível nos recursos disponíveis pelo município. Outras entidades, como as ONGs (Organizações Não Governamentais), também exercem grande pressão sobre a administração municipal para que seus interesses sejam contemplados.

Há ainda outro foco de disputa pelo poder dentro do espaço político municipal, centrado na Câmara de Vereadores, um órgão legislativo que, não raro, confunde suas atribuições com aquelas estabelecidas para o poder executivo, representado pelo Prefeito. Ocorre que os atos do executivo estão sujeitos a todas essas variáveis estabelecidas pelas várias “*esferas de pressão*”, e deverão constituir-se num fator determinante em qualquer estratégia que tenha por objetivo a implantação de ações voltadas para à gestão do território.

A adoção do Geoprocessamento como instrumento de apoio à gestão deve observar essas características, pois dificilmente haverá possibilidade para que todo o sistema seja implementado. Os resultados obtidos com a implantação do Geoprocessamento costumam a aparecer, dependem de fases iniciais custosas, principalmente ligada a geração de uma

base de dados consistente. Ao Prefeito o que interessa são os resultados imediatos, para que haja uma justificativa perante a comunidade quanto a aplicação dos recursos na implantação do sistema. Num primeiro momento é natural que haja uma desconfiança quanto à eficácia de algo que pode ter sido apresentado como a panacéia para todos os problemas administrativos e se essa expectativa não se realizar, certamente a implantação do sistema completo estará comprometido.

O Espaço Político, portanto, revela-se muito mais dinâmico do que o *Espaço Geográfico* no que diz respeito às definições das ações adotadas. O Prefeito é o polo, mas tem que observar as várias forças que compõem esse espaço e promover o equilíbrio entre elas, para que haja uma harmonia, mesmo que precária, e uma sustentação para seus atos administrativos.

6 – Metodologia

Se desejamos criar e implantar qualquer rotina de trabalho, certamente necessitamos de um método para que isso ocorra. A moderna ciência está baseada numa estrutura que privilegia a metodologia do experimento através do racionalismo. Não existe ciência se não há a possibilidade do experimento, e não existe experimento válido se o mesmo não for estabelecido sobre uma base racional consistente. Para (Bachelard, 1968, p.13) *“Qualquer que seja o ponto de partida da atividade científica, esta atividade não pode convencer plenamente senão deixando o domínio de base: se ela experimenta, é preciso raciocinar; se ela raciocina, é preciso experimentar”*.

A ciência, já há algum tempo, deixou seu patamar mítico do domínio filosófico e se entremeou na vida do cidadão. No entanto, seus ditames continuam válidos para a mais banal das aplicações oriunda do processo científico, principalmente numa época em que a ciência tem gerado um turbilhão de resultados que se cristalizam em subprodutos presentes na vida cotidiana de cada cidadão. A tecnologia é a materialização do sonho científico, é a transformação dos *conceitos* em produtos palpáveis voltados para uso do homem. Seu uso, no entanto, pode prescindir da mesma metodologia racional presente na gênese de seu desenvolvimento.

A adoção de uma nova metodologia de ação parte do princípio de que aquilo que se adotava como verdade de vida não é mais válido e necessita de ser revisto, ser

reavaliado em detrimento de algo que, a princípio, apresenta-se mais eficiente. Para que se mude algo já cristalizado há que se quebrar uma inércia estabelecida pela cultura do que “*deu certo até agora não precisa ser mudado*”. Assim acontece na nossa vida cotidiana; somos reticentes a aceitar qualquer mudança de nossos hábitos, porque existe o medo do novo, há sempre a pergunta: será que tal mudança vai realmente ser boa? Para que possamos assumir uma nova realidade por inteiro, sempre procuramos experimentar por partes aquilo que se constitui como um todo.

Esse conceito permeia nossa existência, seja ela como cidadãos, seja como gestor de um espaço mais amplo, composto por um conjunto de cidadãos. Certamente essa dúvida deve passar pela cabeça do Prefeito, quando há uma proposta para adoção de um novo método de gerir seu espaço, seja ele político, seja geográfico, em detrimento de algo que ele conhece (ou pensa que conhece) e que lhe dá segurança. Propor uma nova metodologia, portanto, necessita de que isso seja observado com rigor pelo responsável, caso contrário, seu objetivo entrará em choque com os métodos já estabelecidos e aceitos como verdades pelo gestor.

A adoção do Geoprocessamento como instrumento de apoio à gestão do município pelo Prefeito enquadra-se perfeitamente nessa realidade descrita. Como ferramenta oriunda do desenvolvimento tecnológico da computação, seus atributos estão fortemente arraigados aos métodos científicos que lhe deram origem, permeados de conceitos lógicos e racionais que, num primeiro momento, estão longe da realidade cotidiana de quem vive a administração de um *espaço real*.

Baseados nisso, podemos deduzir que seria lógico não estabelecermos um padrão de implantação de tal ferramenta para o conjunto dos municípios brasileiros, uma vez que as variáveis envolvidas fazem com que cada um tenha sua identidade própria e, portanto, soluções também próprias. Isso é uma verdade a ser admitida, mas não de forma absoluta, uma vez que existe um limite, uma fronteira onde as ações valem para todos, sejam eles pequenas cidades do interior nordestino ou as grandes regiões metropolitanas das capitais do Sul/Sudeste. Portanto, a adoção de uma metodologia deve levar em consideração essa realidade, identificando com clareza o que está em cada lado da fronteira e, uma vez estabelecida essa dualidade, desenvolve-las segundo sua realidade para que se possa lograr sucesso na implantação.

Baseado nessa premissa será adotado neste trabalho uma metodologia que divide o

“campo de atuação” do Geoprocessamento em dois outros campos, um técnico e outro político, cada um adotando metodologias já consagradas.

No primeiro campo temos a metodologia técnica, aquela responsável pela adoção dos procedimentos para entrada e tratamento dos dados, sejam eles gráficos ou tabulares, representados pelo conjunto de *softwares*, equipamentos e pessoas envolvidas. No segundo campo temos a metodologia política, responsável pela viabilização dos métodos desenvolvidos na primeira.

6.1 – Metodologia Técnica

Uma metodologia que tenha por objetivo o uso do Geoprocessamento como ferramenta de pesquisa ambiental e apoio na gestão do município, deverá possuir algumas características específicas para que esse intento seja conseguido. A primeira delas está relacionada à flexibilidade no uso de vários *softwares*, sem a escravização a um sistema fechado que dificulte o uso de outros aplicativos. A segunda está relacionada ao uso de equipamentos simples, acessíveis à maioria das prefeituras, e não em estações de trabalho caras, mas deverá ser tão flexível que permita, também, o uso de plataformas mais sofisticadas. A terceira está relacionada à facilidade e a amistosidade de operação, visto que os técnicos de prefeituras, exceto os das grandes capitais, não possuem qualificações muito acentuadas.

Todos esses aspectos estão voltados para a realidade municipal, onde temos, desde pequenos municípios, com poucos recursos, até as grandes regiões metropolitanas, que detêm melhores condições financeiras e um quadro técnico mais bem qualificado. Os procedimentos adotados deverão se adequar a essa realidade sem que haja perda da qualidade dos resultados que se quer alcançar. Certamente os recursos disponíveis por uma pequena prefeitura serão também compatíveis com suas necessidades em termos de avaliação e planejamento, mas os procedimentos só deverão variar em escala, não em qualidade, pois é mister que não se atrele a metodologia a um *software* específico, mas que seja observado um conjunto de procedimentos que poderá ser aplicado em qualquer ambiente onde venha a ser desenvolvido. Para tanto, será adotada a metodologia proposta por (XAVIER DA SILVA, 1993) onde é estabelecida uma série de procedimentos que vão desde o levantamento e entrada de dados, até processamento e

geração de informações consistentes que auxiliem na tomada de decisão do gestor.

A proposta será adequada aos objetivos da realidade municipal, uma vez que a mesma se apresenta com um conjunto de procedimentos extensos que abrangem todo um processo de extração de informação, desde os diagnósticos iniciais, passando pelas avaliações ambientais, estabelecendo simulações e criando cenários, até culminar no apoio ao Plano Diretor final. Esses procedimentos estão especificados na fig. 1, onde se pode observar o encadeamento dos processos em dois grandes blocos: os procedimentos diagnósticos e os procedimentos prognósticos.

Os procedimentos diagnósticos englobam os levantamentos ambientais e as prospecções ambientais. No primeiro caso estão estabelecidas as etapas de inventários, planimetrias, assinaturas e monitorias e no segundo as avaliações ambientais diretas e as complexas.

Os inventários se constituem numa etapa delicada para a implantação de qualquer sistema de Geoprocessamento, pois aí reside a elaboração das bases de dados gráficos e tabulares, envolvendo custos elevados por parte do município. A base de dados gráficos (B.D.G) é representada pela cartografia, onde todas as entidades geográficas deverão estar representadas e georreferenciadas. Essas entidades deverão agregar os dados ambientais básicos, relativos aos componentes físicos, bióticos e sócio-econômicos (XAVIER DA SILVA, 1993, p.611).

A maioria dos municípios não dispõe de cartografia digital, estando suas bases em mapas analógicos de papel, necessitando de que se proceda à digitalização destes para que seja possível sua manipulação pelos *softwares* de Geoprocessamento. Uma metodologia consistente deverá permitir que essa entrada de dados se faça de várias formas, seja por levantamentos aerofotogramétricos sofisticados ou métodos mais simples, como a captura através de *scanners*.

A base de dados tabular, ou BDC, já é mais conhecida pelos municípios, uma vez que o IPTU se constitui numa fonte de arrecadação expressiva e, por conta disso, todo município mantém um banco de dados com informações acerca dos contribuintes e, mesmo que não seja digital, se constitui numa base tabular de grande importância, sendo facilmente agregada a qualquer sistema de Geoprocessamento que se venha a adotar.

Os levantamentos ambientais voltados ao município, no entanto, deverão tratar com algumas peculiaridades específicas a estes, onde se pode ressaltar a grande quantidade

de objetos que coexistem em espaços relativamente pequenos. Como exemplo podemos citar o caso de Goiânia, onde estão computados 300.000 lotes, 45.000 segmentos de logradouros e 80.000 postes em um espaço de 430 km². (FERRARI, 1997, p.193)

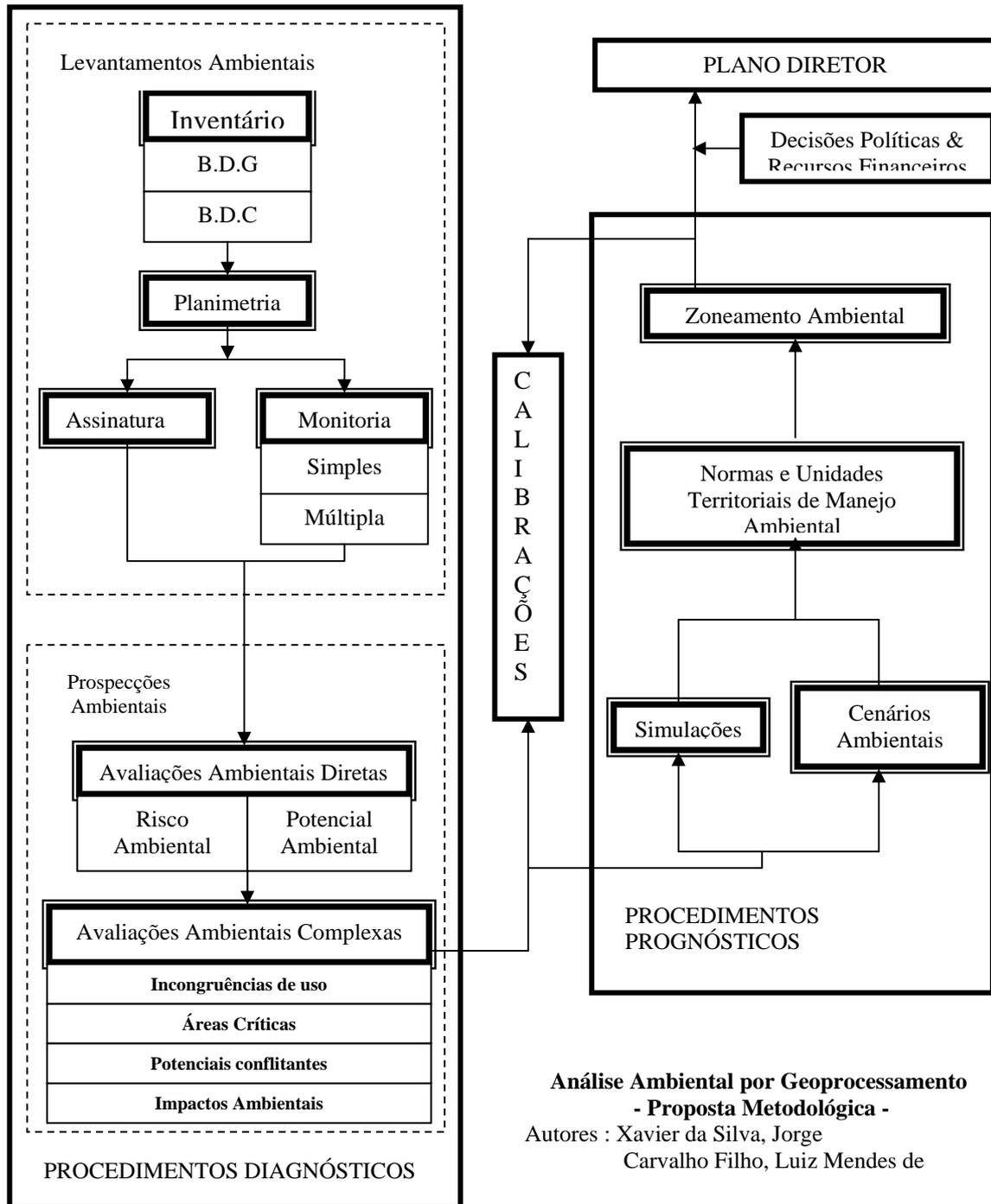


Fig. 1 – Proposta Metodológica para Análise por Geoprocessamento

Outro fator determinante está na velocidade com que as mudanças ocorrem no espaço do município, pois casas são construídas todos os dias, lotes são desmembrados e áreas

desmatadas para dar lugar a novas construções. Soma-se a isso a atuação de muitos agentes no mesmo espaço e escalas de trabalho grandes, normalmente da ordem de 1:2000, para permitir o trato com a entidade urbana.

Seguindo a metodologia proposta por (XAVIER DA SILVA, 1993), temos o módulo relativo às prospeções ambientais, que difere dos levantamentos porque são incorporados dados que permitem avaliações ambientais diretas e complexas numa extrapolação territorial baseada nas assinaturas, monitorias e no conhecimento da realidade ambiental do município.

No município, boa parte do esforço administrativo do Prefeito está voltado para à gestão do território, e nesse esforço se destaca a preocupação com os riscos ambientais, sejam eles decorrentes de fatores geomorfológicos, sejam de fatores antrópicos. As prospeções ambientais fornecem um grande auxílio ao Prefeito, buscando e mapeando essas áreas de forma direta, já no início do uso do sistema, podendo evoluir rapidamente para avaliações complexas onde a identificação de incongruências de uso, de áreas críticas, de potenciais conflitantes e de impactos ambientais, traçam um quadro do território e permitem que as ações sejam dirigidas com critério, tanto no que diz respeito aos cuidados com a ocupação do solo, como na aplicação dos recursos.

O segundo bloco da metodologia proposta está mais voltado para a aplicação correta dos recursos do município e para o planejamento do território, uma vez que as simulações e os cenários ambientais permitem que cada ação possa ser avaliada antes que se proceda a sua efetivação. O conhecimento do ambiente precede a geração de normas e unidades de manejo desse mesmo ambiente, e só através de normas e unidades bem definidas é que se poderá partir para um zoneamento consistente do território municipal, terminando num plano diretor que observe todas os aspectos envolvidos no processo de gestão, sejam eles físicos, sócio-econômicos, políticos ou financeiros. As decisões políticas, no entanto, assumem uma importância muito grande nessa fase final do processo, uma vez que é através dela que os recursos financeiros serão alocados, e a experiência vem demonstrando que, se não há planejamento adequado, a alocação desses recursos será dada de forma arbitrária, segundo interesses “políticos pessoais” do Prefeito ou dos grupos que conseguem exercer maior pressão política no governo. Obviamente o Geoprocessamento pode ser usado como um “elemento” balizador dessa disputa, pois torna explícitos os problemas mais críticos e

que merecem mais atenção por parte da administração.

Todo esse processo, no entanto, está ancorado apenas numa metodologia técnica que estabelece as formas de apreensão da realidade e sua transformação numa realidade “virtual”, ou seja, a criação de um “ambiente digital” onde todas as variáveis envolvidas no trato com o território podem ser identificadas, avaliadas, quantificadas, e as ações adotadas podem ser igualmente simuladas (XAVIER DA SILVA, 1982). Todo esse processo, no entanto, necessita de um outro componente não técnico, o “componente político”, uma vez que a administração municipal possui características distintas que a tornam muito dinâmica nas suas ações, que deverão ser rápidas e surtirem efeitos imediatos, não estando sujeitas a grandes planos, como ocorre na esfera federal e estadual. Se a metodologia usada para implantar o uso do Geoprocessamento não observar essa característica, promovendo elementos de persuasão ao longo de sua implantação, há o sério risco de todo o processo ser interrompido sem que tenha alcançado um estágio maduro, um limiar a partir do qual o mesmo possa se auto-sustentar.

Para tanto a metodologia proposta neste trabalho, para implantação do Geoprocessamento como apoio à gestão do município, estabelecerá um outro módulo, denominado “componente político” que, paralelamente ao módulo técnico, será responsável pela implantação do processo em qualquer prefeitura, independente de sua condição, ambiente físico ou realidade política. Esse módulo é baseado na estratégia para implantação de SGIs em administrações municipais brasileiras proposta por (FERRARI & NETO, 1994, p.31), que estabelecem uma série de ações voltadas especificamente para a implantação do Geoprocessamento no ambiente municipal, em três fases distintas: persuasão, familiarização e globalização.

A fase de **Persuasão** tem como objetivo principal estabelecer meios de convencer o *staff* envolvido na gestão municipal a experimentar o uso do Geoprocessamento como ferramenta de auxílio. Para tanto é fundamental que se estabeleça um plano de aplicação a uma área restrita, territorial e administrativa, no sentido de se estabelecer uma linha entre o problema apresentado e sua solução através do uso da ferramenta proposta. Segundo (FERRARI & NETO, op. Cit. p. 35) está fase deve compreender:

- *O diagnóstico de uma situação considerada inadequada;*

- *A identificação de uma condição desejada, sob a qual surgiriam claros benefícios compatíveis com os objetivos da organização;*
- *Previsão dos reflexos de tais benefícios nos âmbitos político e financeiro;*
- *A identificação dos requisitos necessários para a concretização da evolução desejada, incluído aqui os requisitos informacionais, e eventuais nas rotinas de trabalho;*
- *Elaboração de cenários alternativos para a implantação efetiva da proposta, um dos quais incluindo um SGI. Devem ser previstas conseqüências operacionais e custos de cada alternativa.*

Essa fase está ligada diretamente ao módulo técnico, uma vez que depende de equipamentos , *softwares* e pessoal capacitado para a identificação de um problema representativo e a elaboração da proposta para resolução do mesmo, usando o Geoprocessamento.

A Fase de **Familiarização** busca difundir o uso da ferramenta estabelecendo uma relação direta entre problema/resolução através de técnicas de abordagem gradativa de situações reais que não tenham uma implicação extensiva, pois assim pode-se estabelecer planos enxutos com soluções rápidas.

(FERRARI & NETO, op.cit p. 36) estabelecem os objetivos para essa fase como sendo:

- *Familiarizar gradualmente os usuários com SGIs e com novos métodos de trabalho, capacitando-os para participar na concepção e uso de aplicações mais complexas de SGIs, e treinando-os para participar sob novos métodos;*
- *Aumentar o comprometimento de usuários e dirigentes com SGIs, diminuir resistências a mudanças, facilitar sustentação e o crescimento do projeto;*
- *Definir essas condições a todos os departamentos e instituições que compõem a estrutura de administração municipal local.*

A estrutura municipal é refratária a mudanças, e essa fase busca sedimentar a alteração introduzida pelo uso do Geoprocessamento na instituição, quebrando a inércia existente, estabelecida por uma rotina das funções que se desenvolvem por um longo período,

normalmente sem nenhum planejamento.

A fase de **Globalização**, segundo (FERRARI & NETO, Op.cit.), é estabelecer o Geoprocessamento como uma ferramenta institucional, permeada pelos diversos órgãos que compõem a administração municipal de forma integrada. Para tanto essa fase deve compreender :

- *A identificação de necessidades setoriais de todas as unidades da administração municipal, a partir da suposição de condições ideais de trabalho e produtividade;*
- *A identificação de redundâncias e dependências intersetoriais ;*
- *Concepção de um sistema integrado (mesmo com componentes distintos homogêneos) envolvendo todas as unidades com interesses comuns. Planejamento da base de dados integrada, do compartilhamento de informações, e da distribuição de funções de atualização dessas informações;*
- *Planejamento integrado também do processo de aquisição de dados;*
- *Planejamento cronológico de execução das demais tarefas relacionadas à implantação (como aquisição de produtos e contratação de serviços), baseado em prioridades e na disponibilidade de recursos. A implantação propriamente dita pode ocorrer de forma gradual, obviamente. (FERRARI & NETO, OP.CIT p.37)*

O termo “globalização” usado aqui não tem a conotação tão fortemente pregada nos dias de hoje, referente à integração mundial (global), mas está relacionado ao ambiente municipal, considerando sua totalidade. Para tanto, será adotado o termo “integração”, pois é essa a condição final desejada, que haja uma integração da ferramenta com seus usuários e que se estabeleça uma rede onde os dados estejam estruturados de forma consistente, sem redundância, para que as informações daí extraídas representem o elemento motor do sistema.

A fig. 2 mostra o esquema proposto por (FERRARI & NETO, Op.cit.) onde as três etapas estão encadeadas hierarquicamente. Esse módulo será o “componente político” dentro da metodologia proposta neste trabalho, pois da mesma forma que não se pode pensar apenas no componente técnico para a implantação do Geoprocessamento, o componente político deverá estar ancorado numa série de processos consistentes para obtenção, entrada e tratamento dos dados, sem os quais não haverá condições de persuadir o administrador e a instituição a adotar o Geoprocessamento como ferramenta de planejamento e auxiliar da gestão.

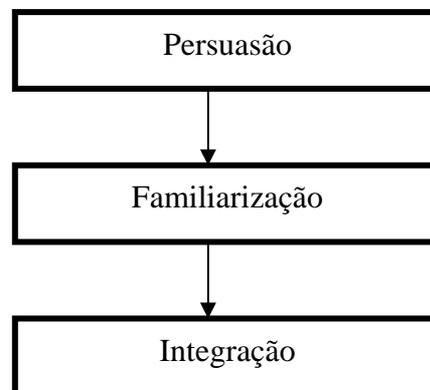


Fig. 2 – Esquema para implantação de Geoprocessamento nos municípios proposto por (FERRARI & NETO, op. cit. p35)

A fig. 3 mostra o esquema proposto como metodologia para alcançar esse objetivo, unindo a metodologia técnica proposta por (XAVIER DA SILVA, op. cit.) e (FERRARI & NETO, op. cit.).

Uma situação problemática traz um custo muito grande para o administrador municipal, uma vez que a cobrança se dá de forma direta e exige uma intervenção rápida. Por conta disso carrega um forte componente político e apresenta-se como uma oportunidade ideal para que se faça uso do Geoprocessamento. A identificação da condição desejada, apesar de carregar seu componente político, depende do componente técnico, pois é através dele que se estabelecerão os métodos de abordagem e tratamento do problema. A realidade político/econômica do município assume grande importância, pois fatores como a disponibilidade de recursos financeiros e a vontade política são determinantes no momento de se definir pelo uso do Geoprocessamento como ferramenta de apoio. Pequenos problemas, mas de grande impacto, devem ser usados com o objetivo de estabelecer um porto seguro onde poderá ser ancorado todo o processo de implantação do Geoprocessamento. A persuasão estabelece, por princípio, que as respostas devam ser facilmente quantificáveis sobre o ponto de vista político e financeiro, fazendo com que a aceitação pelos dirigentes ocorra na medida em que as expectativas iniciais possam ser correspondidas. Nesse momento a geração de produtos setorizados sustenta a implantação de etapas futuras onde os resultados não aparecem com rapidez e seus benefícios não são facilmente observados.

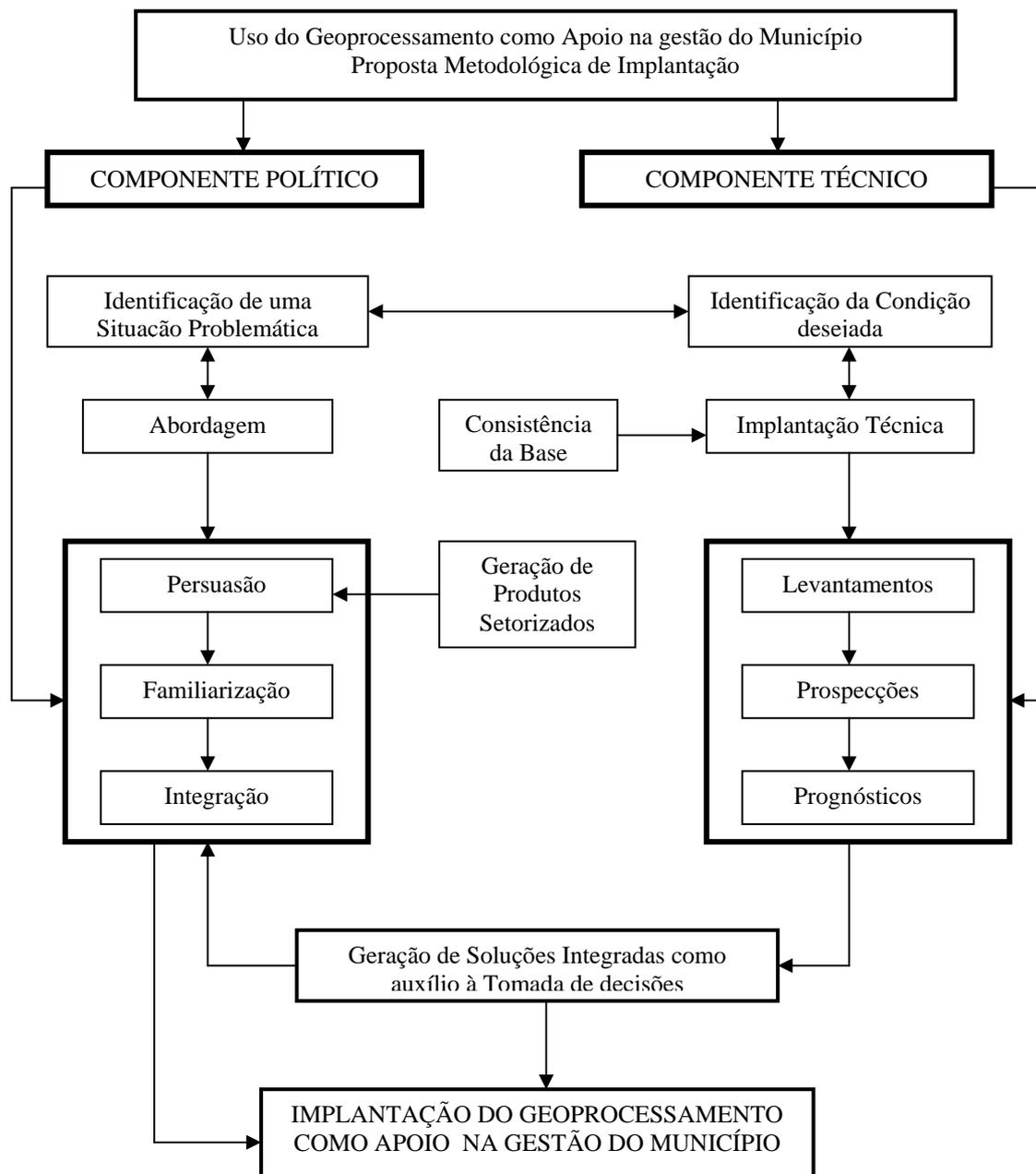


Fig. 4 – Esquema Geral da metodologia para implantação do Geoprocessamento em municípios

Nesse momento são projetadas as bases de dados necessárias e devem-se tomar todos os cuidados para que as mesmas não sejam superdimensionadas, carregando uma grande quantidade de dados redundantes, caso em que o desperdício de recursos e esforço pode comprometer todo o processo.

A elaboração de uma base de dados (tabulares e gráficos) permite que as ocorrências sejam espacializadas, identificando suas áreas e extensão no território. Os

procedimentos definidos como “*Planimetrias*”, (XAVIER DA SILVA, Op.Cit.) dão identidade aos fenômenos, permitindo que estes sejam localizados, identificados e quantificados, gerando uma assinatura que pode ser extrapolada para todo o território, além de seu acompanhamento ao longo de um período de tempo, estabelecendo uma monitoria dos fenômenos envolvidos.

O administrador municipal trabalha com um conjunto de variáveis extensas, representadas em escalas que vão do território como um todo até detalhes representados pelas entidades urbanas. A entrada de dados deve observar essa característica, pois o sistema deverá ser capaz de trabalhar tanto com dados geométricos que representem porções do território, como elementos isolados em que a expressão física não é importante, mas sim sua localização. No primeiro caso, temos como exemplo a definição de áreas representativas, tais como tipos de solos, ocupação urbana, cobertura vegetal, feições morfológicas, etc. No segundo caso temos entidades pontuais, como postes de energia, marcos históricos, pontos de coleta de lixo e placas sinalizadoras, ou lineares, tais como rios, estradas, eixo de ruas, rotas, etc.. Essas entidades, mesmo não sendo dotadas de expressão territorial extensa, como pode ser o caso de uma área de cultivo, possuem muitos atributos que podem se refletir na organização do BDC. Uma base destinada ao controle da rede elétrica trabalha com um número muito grande de entidades representadas por postes, caixas de passagem, cabos primários, secundários, transformadores, etc.. cada qual possuindo uma série de atributos organizados num banco de dados usados para gerenciamento de toda a rede.

Numa escala intermediária temos a base destinada ao imposto territorial e urbano – IPTU – em que a escala representativa ainda é pequena (em média 1:2000) e há uma quantidade enorme de entidades representadas pelos lotes, edificações, eixos de ruas e quadras, cada qual possuindo um número muito grande de atributos, geralmente integrados em um modelo topológico e necessários à sua caracterização para fins tributários.

O gerenciamento da base de dados gráfica deve se orientar por essas duas realidades, permitindo que planimetrias, monitorias, avaliações ambientais e prognósticos possam ser elaborados tanto em escalas gerais como em pequenas escalas. A tecnologia computacional permite essa manipulação, seja pelo uso de *softwares* sofisticados, seja pela associação de vários *softwares* que tratam determinada fase do processo. A

metodologia é única, mas a realidade do município e a tecnologia disponível não.

Para tanto, há que se estabelecer uma metodologia de entrada de dados, referente à forma com que estes serão adquiridos e modelados dentro do ambiente digital. Programas sofisticados trabalham com uma base também sofisticada, são caros e de manipulação difícil, exigem uma disponibilidade de recursos financeiros e humanos de que os municípios normalmente não dispõem. Por outro lado, soluções simplistas não alcançam o resultado esperado e criam uma perda de confiança do administrador no uso de uma ferramenta que se propunha a auxiliá-lo no processo administrativo.

O sistema proposto, portanto, deverá situar-se entre essas duas fronteiras, buscando estabelecer uma metodologia de aquisição de dados que possa enquadrar-se na realidade do município em questão, mas que permita sua expansão para um sistema mais robusto à medida que as necessidades do município cresçam.

6.2 – Metodologia de Entrada e Tratamento de Dados

A escolha de uma metodologia adequada para entrada e modelagem dos dados passa, necessariamente, pela definição das duas estruturas em que se baseia a tecnologia do Geoprocessamento: a estrutura *raster* (ou matricial), e a estrutura vetorial.

Ambas procuram estabelecer um modelo da realidade, criando uma representação digital da natureza num espaço virtual onde possamos elaborar prospecções, prognósticos e cenários. A forma com que cada estrutura representa esses dados, no entanto, está baseada em conceitos diferentes.

A estrutura raster, ou matricial, mais simples, discretiza a superfície em células organizadas em linhas e colunas, o que permite associar a cada uma delas os elementos “i” e “j” de uma matriz, por sua vez associáveis a um par de coordenadas que as localizam na superfície terrestre (georreferenciamento). Uma terceira coordenada pode definir um valor que fornece uma identidade taxionômica ao elemento tratado. Essas células podem identificar uma entidade com atributos qualitativos ou quantitativos. Uma feição é uma entidade referente a uma característica do território, representada, por exemplo, por um determinado distrito ou bairro. Singularmente, se a célula identifica um tipo de solo, está relacionada a um atributo qualitativo, se identifica uma altura (dados de um DTM), está relacionada a um atributo quantitativo.

Como consequência, temos que os sistemas *raster* possuem topologia implícita definida sobre os espaços contínuos por eles discretizados, sendo mais adequados a avaliações de dados que variam de forma contínua no espaço, tais como relevo, cobertura vegetal (EASTMAN, 1977).

A estrutura *raster* possui uma identidade muito grande com a própria estrutura digital usada em programação, sendo por isso muito rápida na avaliação de dados relacionados ao território, armazenados em vários planos de informação a serem superpostos.

A estrutura vetorial procura representar a natureza através de primárias geométricas, compostas por pontos que, unidos uns aos outros, definem linhas e polígonos, formando uma representação gráfica de cada feição territorial em um espaço cartesiano arbitrário. A cada uma dessas feições são adicionados identificadores numéricos que poderão ser armazenados num banco de dados juntamente com atributos não espaciais dessas feições. Por exemplo, em um sistema de gerenciamento de impostos territorial e urbano - IPTU - o mapa vetorial das unidades lotes e edificações pode estar ligado a um banco de dados que especifica os atributos referentes a cada uma dessas entidades, tais como: nome e endereço do proprietário, área e tipo do imóvel, estado de conservação, atividade desenvolvida em seu interior, valor agregado, etc..

A estrutura vetorial se utiliza da lógica usada na confecção de mapas, largamente conhecida pelas administrações municipais, sendo adequada à análise de problemas que envolvem movimentações sobre uma rede (EASTMAN, Op.cit.). A estrutura vetorial armazena os limites de uma determinada feição, e não o que está dentro dela, sendo excelente manipulador de dados de mapas associados a bancos de dados convencionais.

Um banco de dados geográfico pode ser organizado da mesma forma que uma coleção de mapas analógicos. Os sistemas vetoriais se aproximam dessa lógica, produzindo uma coleção de mapas digitais denominados *Coverages*, que possuem definições geográficas e tabelas de atributos associadas. Como já foi visto, este é um conceito de “planos de informação”, aliás, válido também para as estruturas matriciais (*rasters*).

Uma metodologia de entrada e tratamento de dados para o município tem de incorporar elementos dessas duas estruturas e permitir o intercâmbio entre elas. O SGI denominado *Idrisi*⁵ incorpora e permite a manipulação de elementos de ambas as estruturas, permitindo que se proceda a avaliações no espaço contínuo do município através da

⁵ Desenvolvido pela *Graduate School of Geography, Clark University, Worcester, USA*.

estrutura raster, bem como avaliações de redes através da estrutura vetorial. Coleções de planos de informação (cartogramas digitais) podem ser geradas em ambas estruturas de geocodificação.

O importante, no tratamento de dados municipais, é o uso de uma metodologia de entrada de dados que permita o uso de vários *softwares*, extraindo de cada um o que tem de melhor. Normalmente *softwares* comerciais possuem todos os módulos para tratamento dos dados. Por isso mesmo são de custo elevado, pouco amigáveis e, algumas vezes, possuem estrutura fechada.

A principal dificuldade do uso do Geoprocessamento pelos municípios está na entrada de dados necessária à constituição de uma base consistente. O meio mais fácil e econômico é através da digitalização de cartas analógicas através de scanner, gerando imagens que podem ser georreferenciadas para obtenção de vários planos de informação. Alguns programas, como o SAGA-UFRJ (Sistema de Avaliação Geo-Ambiental), trabalham com essa estrutura, permitindo uma ampla gama de avaliações geoambientais de grande valor para à gestão do território.

Os municípios têm uma longa experiência com mapas e detalhes urbanos, visto que uma preocupação de todas as prefeituras é com seu cadastro técnico, de onde provém boa parte de seus recursos. Não é por mera coincidência que grande parte das aplicações em algum tipo de Geoprocessamento começa justamente pela área cadastral, seja na implantação do próprio cadastro, seja aproveitando a base existente vinculada a este. O cadastro técnico, no entanto, muitas vezes se constitui numa estrutura eminentemente vetorial, composta por primárias geométricas lineares e poligonais. Os lotes, as edificações, bem como as plantas de quadras, são entidades representadas por polígonos e, como possuem um identificador natural, podem ser incorporadas em um banco de dados sem muita dificuldade. O mesmo ocorre com as entidades lineares, compostas pelos eixos de ruas e alinhamentos de lotes, vitais para se estabelecer estudo de malhas visando a roteamentos. Um problema associado a esses registros geométrico-cartográficos de ocorrência de entidades (quadras, lotes edificações, eixos de arruamentos, etc.), é que a captura dos dados, muitas vezes, é executada sem os devidos cuidados com as relações topológicas entre as entidades cartografadas. Estas entidades tem relações de inserção, contiguidade, proximidade, conexão, entre outras, que precisam ser representadas quando da criação de sua representação cartográfica digital.

A falta de atenção para este problema pode resultar em duplicação de esforços de identificação de entidades já inscritas na base de dados, e, em casos extremos, a invalidação do modelo conceitual subjacente à estrutura digital de armazenamento que tenha sido criada.

A entrada de dados num sistema pela estrutura vetorial, porém, não é tão simples como na estrutura raster, dependendo de equipamentos delicados, de alto custo e operação difícil, como mesas digitalizadoras e restituidores aerofotogramétricos. Devido a essas dificuldades, a tendência dos municípios é a contratação de empresas privadas para a geração de bases digitais através de aerolevantamentos, sendo esses dados usados como referência para a gestão territorial. Nesse caso é essencial que haja correta especificação dos produtos digitais oriundos do aerolevantamento, quando do lançamento dos editais de concorrência pública.

As bases geradas por aerolevantamentos, muitas vezes, são estruturas puramente vetoriais, compostas por isolinhas altimétricas (curvas de nível) e uma série de feições territoriais, tanto qualitativas como quantitativas. Esses dados vetoriais, de enorme valor informativo, não podem ser usados diretamente para avaliações geoambientais que envolvam a estrutura *raster*, necessitando ser convertidos. É nessa transformação que está o grande diferencial para implantação do Geoprocessamento como instrumento de análise do município, pois feições importantes como cobertura vegetal, uso do solo, morfologia e áreas urbanas estão definidas, na estrutura vetorial, através de polígonos que delimitam suas fronteiras e, quando transportadas para a estrutura *raster*, já trazem consigo a informação relativa a sua natureza, constituindo-se nos vários planos necessários a operações de análise. Por outro lado, essa transformação permite manter o dado original em forma de vetor, permitindo também que se proceda à superposição dessas duas feições onde elas se fazem necessárias, principalmente nas saídas gráficas, onde a estrutura raster, apesar do valor informativo associado à superposição de planos de informação (XAVIER DA SILVA E CARVALHO FILHO, 1993), não gera produtos visualmente agradáveis. A superposição dos vetores correspondentes, nesse caso, transforma os planos de informação resultantes em mapas impressos de boa qualidade visual ou visualmente melhores.

Outra característica importante a ser observada na operação com essas estruturas é a possibilidade de se extrair feições registradas na estrutura *raster*, através de vetorização,

sejam elas fotografias, imagens de satélites ou obtidas através do escandimento de cartogramas. Um exemplo disso são as informações constantes em cartas analógicas antigas, que podem ser usadas para obter informações temporais sobre a evolução de determinados fenômenos de grande interesse para o município. A evolução urbana, a degradação da cobertura vegetal e a expansão de áreas de cultivo são alguns exemplos do que pode ser obtido através de cartas antigas que representem essas feições. Mapas, uma vez digitalizados por scanner e georreferenciados, podem se constituir em planos de informação *raster* a serem diretamente usados para análises ambientais. Também podem ser utilizados para extrair a delimitação de feições ambientais, através de *softwares* de vetorização. Níveis de informação (semelhantes aos planos, porém geralmente mais específicos quanto ao tipo de feição representada) podem assim ser gerados para fins de análises classificatórias e causais. Estes dados vetorizados podem ser reconvertidos para a estrutura *raster*, de acordo com os interesses da investigação sendo procedida.

A presente tese busca desenvolver sua metodologia de entrada e tratamento de dados com base nas considerações feitas acima, uma vez que a maioria das prefeituras brasileiras não dispõem de recursos para implementação de sistemas que envolvam altas exigências nos níveis financeiro, tecnológico e humano. Os sistemas propostos devem observar essa realidade e buscar adequar-se a ela, transformando a imensa massa de dados disponíveis pelos municípios em informações lógicas, inseridas dentro de uma estrutura que possa ser utilizada como instrumento de apoio à gestão municipal.

Esta investigação não possui um caráter exclusivista, uma vez que se propõe a desenvolver uma metodologia para uso em qualquer município, grande ou pequeno. No caso de Petrópolis, para alcançar esse objetivo foi necessária a definição de uma área piloto onde a metodologia foi aplicada com o objetivo de testar cada módulo desenvolvido e verificar sua validade.

7 – Definição da Área de Estudo

Conforme já enunciado, para desenvolvimento dos métodos propostos neste trabalho, foi utilizado o município de Petrópolis, região serrana do Rio de Janeiro. A escolha está relacionada mais a fatores de comodidades do que a condicionantes técnicas, uma vez

que o autor mora e trabalha na cidade, atuando há quinze anos na Secretaria de Planejamento do Município, possuindo um razoável conhecimento das questões que envolvem a cidade, tanto sob o ponto de vista físico quanto sócio-econômico. O trabalho, no entanto, poderia ser desenvolvido em qualquer outro município, em princípio, e o elemento diferencial seria o processo de obtenção e tratamento dos dados, que varia sob o ponto de vista quantitativo e qualitativo.

Petrópolis apresenta características físicas e sócio-econômicas que o colocam no patamar dos pequenos municípios, com uma economia estagnada e política conservadora; Assemelha-se, por outro lado, aos grandes municípios, com seus problemas urbanos causados por um “inchaço” na ocupação do seu território, para o qual não foram planejados. Além disso possui um território com um conformação geomorfológica complexa, o que acarreta problemas tanto à população como ao meio ambiente, vivendo em eterna desarmonia um com o outro. Por conta disso foi estabelecido um interminável ciclo onde a ocupação causa forte interferência no meio físico, e este devolve as agressões sob a forma de ocorrências que quase sempre acabam em catástrofes, como ocorreu em 1988, com significativa perda de vidas e enorme prejuízo material.

Devido a esses fatores, o processo de gestão por parte da administração municipal sofre enormes restrições, principalmente pela falta de um instrumento que forneça ao prefeito uma visão integral e consistente dessa problemática, onde o nível de exigência por aplicação dos recursos está sempre acima do que o município dispõe, criando com isso “vácuos” administrativos onde os problemas acontecem e evoluem muito rapidamente, ocasionando uma teia de degradação que alcança todo o território. Os mais sérios estão relacionados aos processos de ocupação urbana, que acontecem episodicamente, sem estarem previstos, mitigados ou evitados por um planejamento adequado de uso e ocupação do solo.

7.1 – Localização

O município de Petrópolis está localizado na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, entre as coordenadas de 43° 11' 04" W e 22° 32' 00" S, numa altitude média em relação ao nível do mar de 809 m. Seu território possui uma área de 853 km² e faz parte

do complexo geomorfológico da Serra dos Órgãos. Fig. 4

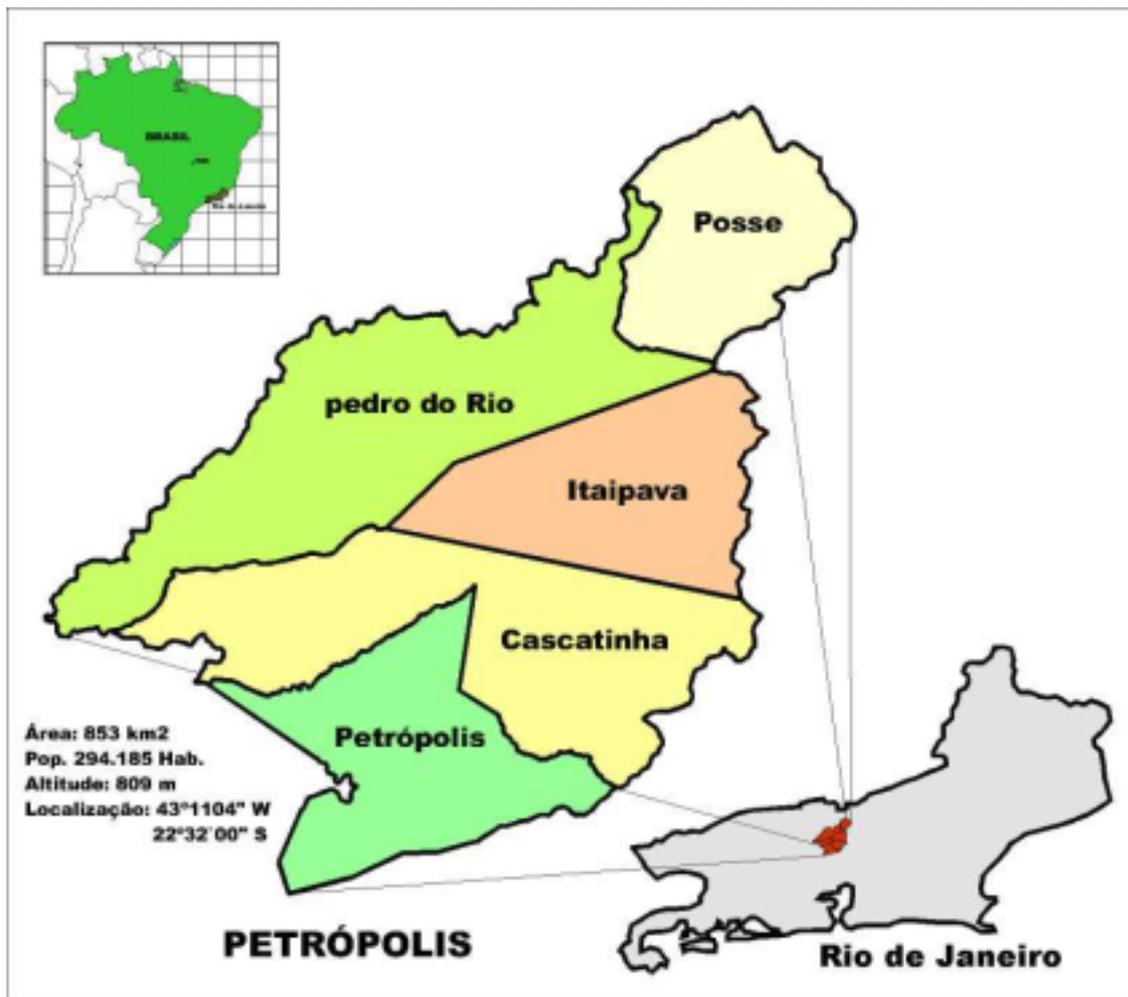


Fig. 4 – Localização do município de Petrópolis

Está dividido em 5 distritos, com a sede localizada no 1º distrito. Faz fronteira com os municípios fluminenses de Paraíba do Sul, Vassouras, Miguel Pereira, Magé, Duque de Caxias, Teresópolis, Sapucaia, Três Rios, Areal, São José do Vale do Rio Preto, Guapimirim e Paty do Alferes. Dista aproximadamente 65 km da cidade do Rio de Janeiro e se constitui num entroncamento para o interior do Brasil, pois por seu território passam as rodovias que ligam a capital a Belo Horizonte, Brasília, Salvador e São Paulo.

7.2 – Aspectos Históricos

A região onde se encontra localizada a cidade de Petrópolis se constituía em passagem

obrigatória das tropas de burros que transportavam mercadorias advindas e destinadas a Minas Gerais e ali, nas proximidades do Alto da Serra, encontravam abrigo e descanso nas suas jornadas relacionadas à cidade do Rio de Janeiro.

Em 1830 D. Pedro I compra a Fazenda do Córrego Seco, com a intenção de erguer ali seu palácio de verão, aproveitando a proximidade com a corte e o clima ameno da serra. Com sua abdicação, a propriedade é transferida para seu filho, D. Pedro II, entusiasta da idéia de ter uma residência de verão na região serrana, que dá continuidade às idéias do pai. Nessa época estavam em franco andamento reformas na estrada que ligava Porto da Estrela, na Baía da Guanabara, a Paraíba do Sul, sendo seu responsável o Major Frederico Koeler, engenheiro alemão naturalizado brasileiro.

Koeler tinha a intenção de criar uma colônia agrícola nas terras da Fazenda Imperial e apresenta seu plano a D. Pedro II, que o aprova em 16 de março de 1843. No plano apresentado Koeler reserva uma área para a edificação do palácio e outra para a povoação que deveria ser aforada a particulares, reservando áreas também para a construção de uma igreja e um cemitério. Nasce aí a cidade de Petrópolis, sendo seus primeiros colonizadores uma leva de alemães que tinham se rebelado contra as condições a bordo do navio “Justine” e que Koeler recrutou para trabalhar na reforma da Estrada da Estrela. Posteriormente providencia a vinda de mais colonos para Petrópolis e, como arrendatário, fixa os critérios para a doação de prazos (lotes) de terras pelo processo de “enfiteuse”.

Os foreiros poderiam reunir até dois prazos e teriam a obrigação de construir uma casa à beira da rua, obrigando-se a cumprir uma série de exigências estabelecidas por Koeler, tais como: construir jardins, respeitar o alinhamento e plantar árvores previamente definidas por ele. Petrópolis nascia de um planejamento e fora baseada em estudos cartográficos, geológicos e geomorfológicos estabelecidos pelo próprio Koeler, que emprega um “estilo” diferente de planejamento, fugindo aos padrões estabelecidos pela urbanização portuguesa.

No princípio, a colônia ficou subdividida em doze quarteirões, além da Vila Imperial. Em 1854 já contava com vinte e três quarteirões. O decreto imperial que criava a colônia expressava um extremo cuidado com a preservação das matas, escoamento das águas pluviais, arborização de ruas, estradas e caminhos. O plano previa a frente dos lotes voltada para os rios, o que diferia do padrão português, que colocava o fundo dos

lotes voltados para os rios, usando-os como escoadouro natural dos detritos gerados nas casas. Foi esse aspecto do plano de Koeler que deu a atual conformação da cidade de Petrópolis, que se desenvolveu ao longo dos vales, mantendo sua forma tentacular. O uso da frente dos lotes voltados para os rios evitou que houvesse uma degradação das vertentes, o que colaborou para sua preservação.

A partir de 1880 houve a redução das obras na colônia por ordem do Governo Provincial, e os colonos buscam uma alternativa de subsistência, explorando as matas petropolitanas para extração de madeira, o que gerou sérios protestos alguns anos depois, devido ao desmatamento das serras de Petrópolis. Em 1900 é elaborado o Código de Posturas Municipais que dedica seu artigo oito à proteção e preservação dos rios, mananciais e matas, buscando alternativas econômicas para o município, através do estabelecimento de regras para a instalação de indústrias que não causassem desequilíbrio ao meio ambiente.

O processo industrial petropolitano tem início com as atividades alimentares caseiras, serrarias e a construção de carroças. Durante a primeira metade do sec. XX o processo industrial da cidade teve como principal pilar a atividade têxtil, com a abertura de grandes fábricas, que se instalaram no município devido à boa disponibilidade de água, vital para a atividade. O crescimento industrial, no entanto, não foi acompanhado pelo crescimento da infra-estrutura dos serviços públicos, e o abastecimento de água para as fábricas foi o primeiro serviço a se apresentar deficitário.

Devido ao desenvolvimento industrial ocorrido no município ao longo do século, houve uma expansão urbana acentuada que descaracterizou o plano Koeler como instrumento ordenador de crescimento da cidade. O adensamento urbano se concentrou no primeiro distrito, sede do município, causando um grande impacto na paisagem natural, principalmente com a ocupação das vertentes, o que se dá de forma mais acentuada a partir da década de 70.

A urbanização se estendeu além do primeiro distrito, acompanhando o leito da Estrada União e Indústria, que ligava o Rio de Janeiro a Minas Gerais, promovendo uma acentuada ocupação do segundo distrito, denominado Cascatinha, onde já havia uma tradição industrial com a presença da Companhia Petropolitana, uma das grandes fábricas do setor têxtil.

A partir da década de 70, a atividade industrial passa por uma crise, com o fechamento

das grandes fábricas do setor têxtil, ocorrendo uma pulverização do setor em pequenas fábricas e atividades caseiras, com o aproveitamento da mão-de-obra especializada oriunda das grandes fábricas.

Durante a década de 80 há uma mudança do eixo econômico da cidade, que se concentra na atividade avícola, desenvolvida nos distritos, e no emprego maciço da força de trabalho especializada em atividades na cidade do Rio de Janeiro. Ancorado nisso, houve o desenvolvimento do comércio local que manteve a economia do município estabilizada durante o final da década de 80 e início da década de 90.

O desenvolvimento urbano do município se desenvolve ao longo do vale do Rio Piabanha, que começa no primeiro distrito e estende-se até encontrar o Rio Paraíba do Sul. Paralelo ao seu leito foram construídas a antiga estrada de ferro Imperatriz Leopoldina e, posteriormente, a Estrada União e Indústria. Essas duas vias foram os vetores que orientaram a expansão urbana em direção aos distritos, que esta ocorrendo, atualmente, em Itaipava, terceiro distrito de Petrópolis.

Apesar de ter sido fundada sob rígidos princípios de planejamento, Petrópolis não tem acompanhado essa tradição ao longo de sua história. Depois do Plano Koeler o único grande plano ordenador do crescimento da cidade foi estabelecido pelo Dec. 90/81, quando esta pertencia à Região Metropolitana do Rio de Janeiro, controlada pela FUNDREM, que definiu um zoneamento mais detalhado do primeiro e segundo distritos. Posteriormente foi promulgada pela Câmara Municipal a Lei 4481/87, que define parâmetros para a uso do solo e ocupação urbana para o distrito de Itaipava, estando restrita, porém, ao trecho que se estende ao longo da Estrada União e Indústria.

Com a promulgação da nova Constituição Federal em 88, veio a exigência de que todos os municípios com população superior a 25.000 habitantes que elaborassem seu Plano Diretor, estabelecendo em seu art. 182 que o mesmo é um “instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana” e seu objetivo o de “ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes”. Petrópolis teve, então, elaborado seu Plano Diretor, o qual foi promulgado em novembro de 1991, e buscou estabelecer uma base para que o município se desenvolvesse de maneira a garantir uma melhor qualidade de vida à população, sem que houvesse deterioração do meio ambiente e do patrimônio cultural da cidade.

7.3 – Aspectos Fisiográficos do Município

7.3.1- Relevo, Estrutura Geológica e Hidrografia

Devido ao fato do município de Petrópolis estar inserido na região serrana, é imperativo que se faça uma apresentação de seu relevo, pois a expansão urbana ordenada está subordinada a essa condição.

A topografia acidentada subordina o sistema viário da cidade e, conseqüentemente, seu crescimento. O relevo acidentado também as associa a sérios problemas telúricos, tais como chuvas torrenciais, o que torna o conhecimento da hidrografia de grande importância para a implementação de qualquer projeto que envolva a ocupação do território.

Próximo à região de Petrópolis a Serra do Mar tem seu escarpamento praticamente alinhado com a costa (A direção da frente escarpada, no entanto, não é a mesma da orientação das rochas). Essa frente escarpada já foi bastante alterada pela erosão dos rios que drenam em direção ao litoral, fazendo com que o escarpamento não se encontre mais na posição da falha que gerou o desnivelamento da serra do mar.

A bacia hidrográfica do município de Petrópolis é composta por rios que drenam para o litoral e outros que drenam para o Paraíba do Sul. Em direção ao Oceano Atlântico temos os rios:

- 1 - Córrego S. Paulo (Independência)
- 2 – Rio Major Archer (Woerstadt)
- 3 - Córrego do Cortiço (Alto da Serra)
- 4 - Rios Bonini, Grota Funda e Caioba Mirim.

Em direção ao Paraíba do Sul temos os rios:

- 1 - Rio Piabanha, com seus afluentes córregos Mayer, Galdino, Ave Lallement, Alpin, Paulo Barbosa, Simonsen, São Rafael, Cascata, De Lamare, Rio Quitandinha e Rio Itamarati.
- 2 - Rio Quitandinha, por sua vez, tem como seus afluentes, córregos Moss, Cavalcanti, Almeida Torres, Werna, Ribeiro, Aureliano, Siméria, Saturnino e Rio Palatino.
- 3 - Rio Palatino, por sua vez, tem como seus afluentes, córregos Lomonosof da Rua Pedro Ivo, Limpo e Gusmão.

4 - Rio Itamarati, por sua vez, tem como seus afluentes da margem esquerda (faz a divisa entre o 1º e o 2º Distrito), córregos Três Pedras, Pedras Negras, Caxambu Grande, Caxambu Pequeno, Itamarati Pequeno, Pompeu e Quissamã.

Ao norte da Baía da Guanabara, temos um alçamento da Serra do Mar, que recebe a denominação local de Serra dos Órgãos. Esse alçamento é limitado a leste pela cidade de Teresópolis (com 902 metros de altitude) e a oeste por Petrópolis. Na sua parte mais elevada, situada nas divisas orientais deste Município, ficam os picos da Pedra do Sino (2.263m) da Pedra Açú (2.232m) e da Isabeloca (2.200m).

A intrusão de um grande batólito granítico causou o bombeamento da Serra dos Órgãos que solevou toda a abóbada de gnaisses e gerou numerosas fraturas. A cobertura de gnaisses foi parcialmente removida pela erosão e fez aflorar o granito, principalmente nas partes mais elevadas. O conjunto alçado forma uma superfície aplainada, inclinada para o interior. Os gnaisses formam a quase totalidade dos terrenos do município de Petrópolis, e segundo avaliação feita no PDLI⁶:

“A predominância são gnaisses graníticos que, do ponto de vista petrográfico, podem ser microclina-gnaisses, oligoclásio-gnaisses, e biotita gnaisses, o qual pode estar enriquecido com hornblenda, que pode chegar a substituir totalmente a mica preta, tornando-se então um hornblenda gnaisses. Nas partes mais altas da Serra dos Órgãos, vizinhos aos afloramentos graníticos, os gnaisses desse grupo têm predominância de minerais claros (tipos leucocráticos).

G.F. Rosier, que melhor estudou a geologia da Serra do Mar, caracteriza um segundo grupo, no qual o metamorfismo é mais evidente que no grupo anterior, composto de gnaisses melanocráticos e de anfibólitos, ambos mais ou menos migmatizados, bem como de gnaisses leucocráticos, de grã fina.

Em toda a orla setentrional do Município de Petrópolis, nos vales do Fagundes e do rio Preto, prevalecem outros tipos de gnaisses, mais modernos, muito bem estratificados, a ponto de sugerirem perfeitamente

⁶ PDLI – Plano de Desenvolvimento Local Integrado – Análise e Diagnósticos – CNPI - Consorcio Nacional de Planejamento Integrado S/A, Rio de Janeiro, 1970.

uma origem sedimentar. São, pois, paragnaisses, que podem conter plagiocásio, biotita, granada ou silimanita. Rosier lhes atribuiu uma idade algonquiana. As perturbações da crosta que caracterizaram esse período geológico se refletem nas camadas desse gnaisses por meio de grandes e pequenos dobramentos que se acentuam a medida que se aproximam do leito do Paraíba do Sul. Tais dobras revelam tremendos esforços tangenciais de compressão, que determinaram os alinhamentos montanhosos da faixa do Paraíba e a orientação do próprio leito do rio, num azimute de N 60° E aproximadamente.

A mesma direção é seguida pelos diques de diabásio e de basaltito, que Rosier datou do Triássico até o Liássico, e que atravessam os gnaisses dos dois grupos mais antigos, já referidos ao sul da faixa do Paraíba. Eles provam que as forças tangenciais do Algonquiano fissuraram na mesma direção as rochas pré-existentes, por onde, no Mesozóico, ascendeu o magma alcalino.”

A orogênia, ou o conjunto de fenômenos que levaram à formação da Serra do Mar, no trecho que engloba Petrópolis, foi gerada por "nappes" e dobras deitadas, semelhantes às que originaram as cadeias alpinas e datam do final dos tempos antecambrianos. Neste trecho da Serra do Mar, ascendem as "nappes" progressivamente mais modernas, onde o "nappe" da Serra dos Órgãos abrange quase toda a área do município de Petrópolis.

O relevo da Serra do Mar sofreu posterior alteração. O que pode ser observado na região de Petrópolis é um profundo encaixamento dos rios, tanto nos paredões da escarpa voltada para o mar, como nos que aproveitaram as fraturas e falhas, para alcançar o vale do Paraíba, como é o caso do Piabanha. Certamente esse fenômeno se deu devido a um rejuvenescimento recente da drenagem, resultante do soerguimento da Serra do Mar (em correspondência ao que ocorreu no outro lado do continente, quando da orogenia andina).

O relevo resultante desse processo geológico é formado por montanhas abruptas, com topos aplainados que descem suavemente em direção ao Rio Paraíba. Essas montanhas estão compartimentadas por serras e vales que recebem da geomorfologia a denominação de estrutura "apalachiana", por terem orientação preferencial, como a

exibida por uma cadeia de montanhas do leste da América do Norte, os Apalaches. A drenagem pluvial correspondente a essa estrutura é também denominada de “drenagem apalachiana”, com vales alinhados com trechos extensos retilíneos, cotovelos e traçados em baioneta, vales suspensos que se despencam em cachoeiras ou corredeiras no vale principal.

O vale do Piabanha é um vale condicionado por esta estrutura geológica, dito tectônico, que recebe quase toda a drenagem do município de Petrópolis, estando encaixado profundamente nas camadas de gnaisse. Uma característica a ser observada ao longo do vale do Piabanha, ao qual a Estrada União e Indústria acompanha, é a de quando recebe um afluente, o vale se alarga e forma um alvéolo, onde se localiza um aglomerado urbano, e quando atravessa um alinhamento, se aperta entre paredões de rocha viva.

O vale do Piabanha, que se constituiu numa excelente opção como via de acesso para o interior do país no século passado e metade deste século através da citada Estrada União e Indústria (e também a estrada de ferro), oferece, hoje, sérias restrições para seu alargamento. O processo morfogenético que formou os taludes, que obliteram parcialmente os vales, continuam atuando ainda hoje através dos movimentos de massa, principalmente na rodovia Rio-Petrópolis, no trecho de subida da serra, e na estrada do contorno, que vai em direção a Três Rios. Esses deslizamentos e desmoronamentos ocorrem, principalmente, nas vertentes com forte inclinação, onde a devastação da cobertura florestal acelera o processo, e tem sido responsável por sérios acidentes com enormes perdas materiais e humanas, como o que ocorreu em 1988.

7.4 – Área Piloto

Conforme a proposta metodológica deste trabalho, a aplicação do Geoprocessamento como instrumento apoio à gestão do município deve ocorrer de forma gradual, para que o processo de persuasão atue sobre os responsáveis pela gestão e estes possam ver na nova ferramenta um aliado nesse trabalho e não um concorrente, um gerador de atividades sem perspectiva alguma de benefícios. Para alcançar esse objetivo é necessário estabelecer uma pequena área que seja representativa do território, tanto no que se refere aos aspectos físicos, como econômico e sócio-culturais. Feito isso, qualquer processo desenvolvido e aplicado nessa área pode ter sua extrapolação tentada

todo o território, se os resultados forem positivos. Caso contrário, processos alternativos podem ser facilmente adotados sem que haja grandes prejuízos ou inversão desnecessária de recursos, o que, certamente, poria em risco político o responsável pela gestão do município.

Outro aspecto favorável à utilização de uma pequena área piloto, além da persuasão, refere-se à familiarização, etapa necessária para que a equipe envolvida no processo possa interagir sem que haja um comprometimento com o todo.

Em Petrópolis a escolha dessa área piloto é um processo delicado, uma vez que há uma proporção inversa entre os componentes físicos e a expectativa do desenvolvimento do município, ou seja, a maior concentração urbana ocorre no primeiro distrito, que possui um meio físico especialmente delicado pela sua posição geográfica próxima à frente escarpada da Serra do Mar, mas a expectativa de desenvolvimento e expansão urbana está principalmente, voltada para o interior, ao longo do vale do Rio Piabanha, uma área que, apesar de acidentada, não apresenta os mesmos problemas geomorfológicos do primeiro distrito, embora haja alguma expansão urbana na própria frente escarpada da Serra do mar.

A escolha, nesse caso, foi direcionada para a área que apresente uma média desses fatores, tanto físicos como sócio-econômicos, sendo representativa de todo o município de Petrópolis.

A área que representa essa realidade hoje é Itaipava, terceiro distrito de Petrópolis, localizada na porção mediana do território e que apresenta praticamente todas as características presentes em todo o município, conforme mostra a fig. 5.

O trecho definido refere-se a um quadrilátero de 5 X 4 km, que inclui a área urbana do distrito de Itaipava, onde se verifica uma forte expansão urbana, sendo alvo hoje das preocupações da administração municipal devido à importância que assume como elemento orientador desse crescimento, constituindo-se num nó de onde parte toda a estrutura viária do município, tanto para os outros distritos, como para o interior do país. A forte pressão urbana está ligada à vocação de lazer de que desfruta Itaipava. Com equipamentos de comércio, serviços, indústria e turismo, atrai uma crescente procura pelas incorporadoras para implantação de condomínios residenciais, sítios de recreio, além de uma crescente indústria de hotelaria e lazer.

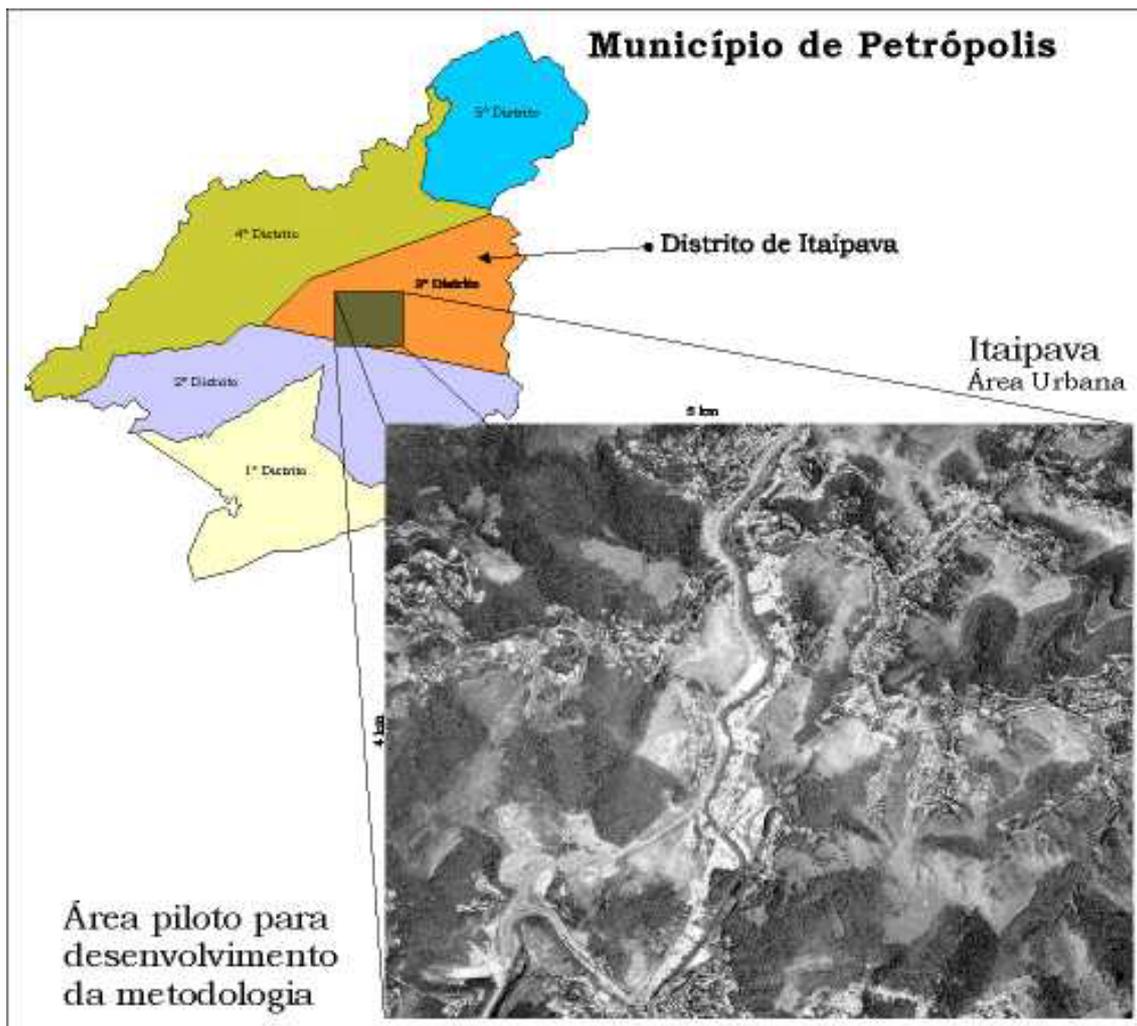


Fig. 5 – Localização da Área piloto para aplicação da metodologia proposta

Essa procura se deve a alguns fatores como:

- facilidade de ligações viárias, estando localizada no entroncamento da BR 040, União e Indústria, Petrópolis-Teresópolis e outras vias secundárias de acesso a várias localidades do próprio município como Araras, Secretário, Vale Florido, entre outras.
- Clima ameno, com temperatura e umidade relativa do ar próximas à faixa de conforto durante todo o ano;
- Tranqüilidade, não apresentando os altos índices de violência característicos dos grandes centros;
- Proximidade com a cidade do Rio de Janeiro, de onde dista pouco mais de 80 km;
- Disponibilidade de uma ótima rede de lazer, composta por uma boa rede de restaurantes, vários clubes e clínicas de emagrecimento e saúde (SPAS).

Por tudo isso Itaipava recebe uma população flutuante muito grande, sobretudo nos meses de verão, gerando uma demanda por serviços que atrai uma quantidade considerável de pessoas em busca de trabalho. Essa migração tem causado problemas ambientais sérios para a região, pois ocupa os leitos do rio Piabanha e da antiga estrada de ferro, causa desmatamento em áreas remanescentes de mata atlântica e gera degradação das vertentes devido a aberturas de vias e cortes para construção de habitações. Os condomínios de alto padrão também contribuem para a degradação através do desmatamento e do lançamento de efluentes nos córregos e rios da região. Nesse caso, porém, o poder público consegue exercer um controle mais eficaz, principalmente porque há uma enorme ingerência de órgãos de outras esferas governamentais como o IBAMA, que procura coibir a ação da especulação imobiliária em áreas de preservação.

Outra característica da urbanização em Itaipava refere-se à transformação de loteamentos, novos e antigos, em condomínios fechados, numa clara demonstração de que o processo urbano da região sofre influência das grandes cidades, em que o fenômeno dos condomínios fechados surge como resposta à violência urbana. Essa tendência vai aos poucos criando ilhas dentro do tecido urbano, dificultando a ação do serviço público no que diz respeito à aplicação das normas de ocupação.

O processo de urbanização não ocorre só no eixo BR 040 – União e Indústria, mas nas variantes laterais que dão acesso ao interior do distrito, principalmente no eixo definido pela estrada Petrópolis-Teresópolis, pois a mesma dá acesso a cidades da região serrana fluminense com forte expressão econômica, como Nova Friburgo. Nesse eixo também encontram-se os mais antigos e bem sucedidos condomínios de alto padrão, como o Vale da Boa Esperança.

A construção da BR 040 causou uma cisão no desenvolvimento do tecido urbano da região, forçando o desenvolvimento do mesmo mais acentuadamente pela margem direita da rodovia (sentido Rio-Belo Horizonte). Pela margem esquerda predominam os sítios de recreio e habitações de médio nível. A partir daí partem acessos a locais como Araras (no segundo distrito) e Secretário (no quarto distrito). A fig. 6 mostra os principais eixos viários de Itaipava e suas implicações na ocupação urbana do local.

Os problemas expostos sobre Itaipava estão presentes em todo o município em maior ou menor grau. No primeiro distrito os problemas estão relacionados com o adensamento

urbano e suas mazelas: ocupação das encostas, desmatamento, trânsito saturado, deficiência da infra-estrutura e avanço da favelização.

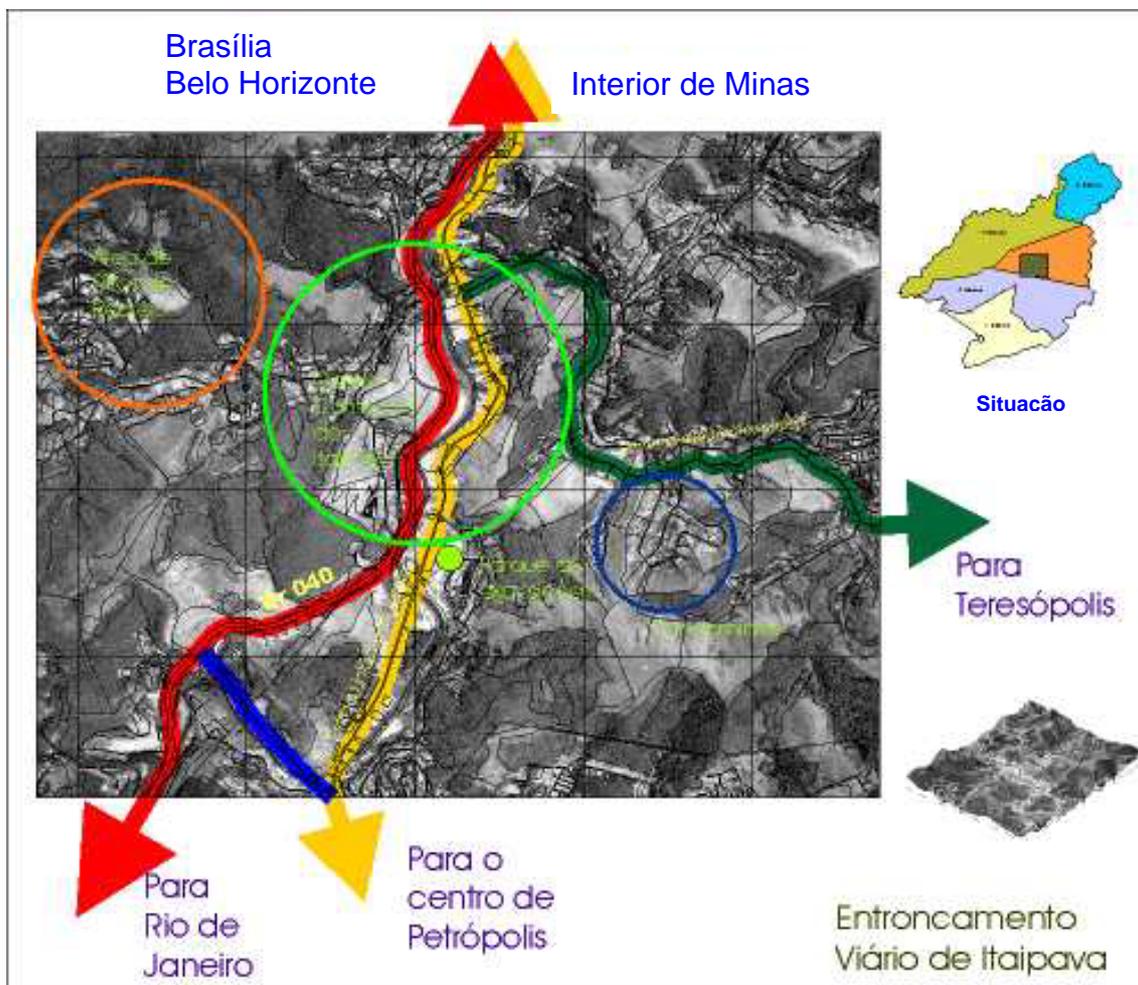


Fig. 6 – Principais eixos rodoviários de Itaipava

No outros distritos a urbanização gera degradação ambiental pela ocupação das áreas de preservação e a transformação de propriedades produtivas em sítios de recreio, expulsando o pequeno produtor para a área urbana ou deixando-o sem alternativa econômica.

No vórtice de tudo isso está a administração municipal, incapaz de acompanhar as mudanças, baseada unicamente em instrumentos que não refletem a realidade do município. A pressão urbana é um exemplo disso, pois enquanto discutem-se leis e normas de ocupação do solo, criando entraves para o processo “legal”, a cidade se expande pelas encostas e áreas de risco, alheia às normas e decretos. A favelização é o exemplo mas claro desse processo, e o município de Petrópolis tem convivido com isso de forma acentuada na última década.

Para administrar essa realidade não basta apenas o conhecimento das questões que envolvem o território, é necessário agilidade, transformando a massa de dados de que o município dispõe, em informação consistente (efetivo ganho de conhecimento) para que as tomadas de decisões possam ser feitas de forma a direcionar os recursos disponíveis na solução de problemas com a mesma velocidade em que os fenômenos acontecem, sobretudo quando está em jogo a segurança e o bem-estar do cidadão.

8 – A Estruturação dos Dados Disponíveis

Para que o município possa fazer uso do Geoprocessamento como uma ferramenta apoio à gestão territorial, é imperativo que defina a disponibilidade e a estruturação dos dados de que dispõe para esse fim. Municípios pequenos, sem muitos recursos, não dispõem de bases digitais, apenas um conjunto de mapas analógicos, muitas vezes defasados com a realidade atual. Municípios médios e grandes, em que há mais recursos financeiros e humanos, pode haver disponibilidade de bases mais consistentes e atualizadas. O município de Petrópolis pode ser enquadrado nesse segundo caso, pois possui recursos suficientes para elaboração de uma base cartográfica atual, além de ser detentora de um processo histórico que deixou como legado uma massa substancial de informações acerca da origem e desenvolvimento do município.

O ponto de partida, onde será ancorado todo o desenvolvimento do trabalho, é a base cartográfica digital do município de Petrópolis, de elaboração recente e que, em alguns casos, ainda se encontra em processo de conclusão, como é o caso do levantamento em escala 1:2000 que será usada para o novo cadastramento técnico visando ao Imposto Territorial e Urbano – IPTU.

Além dessa base, totalmente vetorial, o município dispõe de uma enorme quantidade de mapas que abrangem desde sua fundação até os dias de hoje, notadamente a base cartográfica analógica elaborada pela FUNDREM em 1981. A estrutura para entrada e tratamento desses dados deverá, portanto, observar essas disponibilidades, permitindo o uso da base cartográfica digital, em estrutura vetorial, e as informações analógicas, que deverão dar entrada no sistema através de scanners.

Todo esse processo de aquisição e entrada de dados, é o que (XAVIER DA SILVA, Op.cit.) define em sua metodologia como *geração do inventário cartográfico digital*

básico, etapa necessária para que se possa elaborar as assinaturas e monitorias dos fenômenos de interesse para à gestão do território.

A entrada dos dados analógicos passa, necessariamente, pela digitalização através de scanners. Os dados vetoriais, no entanto, já estão presentes na base cartográfica vetorial, necessitando apenas de uma metodologia que permita a obtenção de geometrias das feições e ocorrências e sua transformação em planos que possam ser usados em prospecções ambientais.

Sistemas vetoriais podem ser usados para análises territoriais dependentes da superposição de planos de informação, sendo entretanto, mais adequados ao tratamento de problemas ambientais associados ao gerenciamento de bancos de dados convencionais. A realidade municipal exige o uso desses dois sistemas de forma integrada, pois muitos problemas estão relacionados a feições que têm uma representação espacial definida por polígonos, onde interessa apenas a obtenção de seus limites, estando essas feições ligadas a banco de dados que definem todos os seus atributos. Outros fenômenos variam continuamente no espaço, e exigem um tratamento analítico que permita combinações dos dados, através da superposição de vários planos de informação.

8.1 – Definição dos *Softwares* para Tratamento dos Dados no Município de Petrópolis

8.1.1 – *Softwares* para Geração da Base de Dados Gráfica (BDG)

Os dados disponíveis pela Prefeitura de Petrópolis são, na sua maioria, oriundos de uma base cartográfica digital. Como primeira condição, temos que o Geoprocessamento para essa realidade deverá optar por *softwares* que manipulem essa estrutura e permitam o trânsito dos dados entre os dois sistemas, permitindo a identificação de feições sob a forma vetorial e que essas feições passem a ser identificadas também em estrutura *raster*, formando planos de informação. Por outro lado, as representações e resultados analíticos obtidos sob o sistema *raster* necessitam ser identificados como entidades para aplicações que envolvam ligações de atributos com bancos de dados.

A fig. 7 define o esquema de integração entre as estruturas de tratamento dos dados, estabelecendo as entradas em duas estruturas distintas (*raster e vetor*), a

intercambialidade entre eles e a saída, igualmente entre dados pertencentes as duas estruturas. Nesse caso, dados obtidos em estrutura *raster* podem gerar informações em um plano também *raster* ou um *Coverage* vetorial. Da mesma forma dados que deram entrada na estrutura vetorial podem gerar informações em planos *raster* ou na estrutura original. Além disso, deverá haver a possibilidade da sobreposição de dois planos que contenham a mesma informação mas estão em estruturas diferentes, como um mapa de solos, que possui um plano *raster* em que são representadas as classes de solos através de células com os mesmos atributos, e os polígonos limitantes desses conjuntos de células. Nesse caso a superposição dos dois planos irá gerar um mapa final onde as feições estabelecidas pelo conjunto de células com os mesmos atributos estarão circundadas por linhas que definem essa feição.

Neste trabalho será usado um conjunto de *softwares* que busca atingir esse objetivo, tanto no que diz respeito à estrutura *raster*, como à vetorial, além dos chamados “*transportadores*”, que são arquivos específicos que permitem a troca de informações entre as duas estruturas, de forma que um dado transita entre uma e outra sempre através

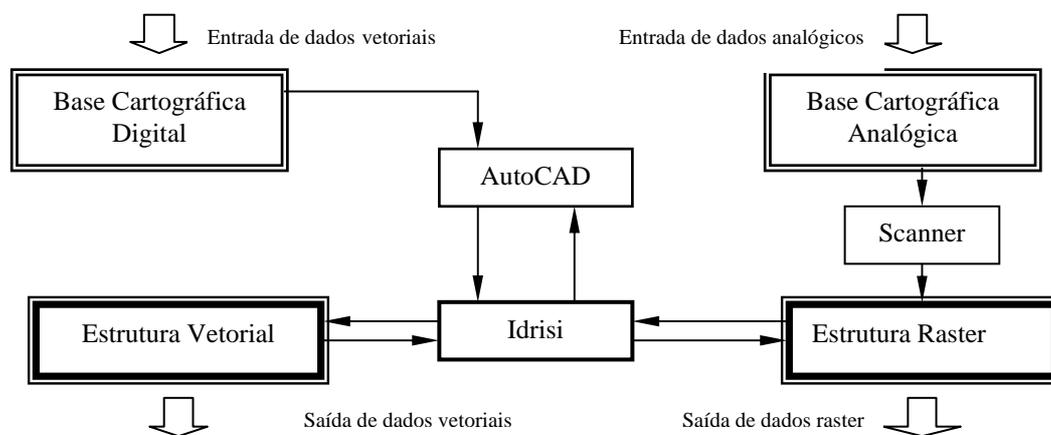


Fig. 7 – Integração entre os dados em estrutura *raster* e *Vector*

de um arquivo “*transportador*”.

Como *software* gerenciador, responsável pelos procedimentos de análise, será usado o *Idrisi for Windows*⁷, que processa seus dados eminentemente na estrutura *raster*, mas possui módulos que permitem o uso de dados vetoriais.

⁷ *Idrisi for Windows* é um SGI Desenvolvido pela *Graduate School of Geography, Clark University, Worcester, USA*.

8.1.2 – Modelagem Cartográfica

Os dados e os procedimentos analíticos de um estudo necessitam de uma estruturação que os represente sob a forma de um modelo, onde o analista pode estabelecer as seqüências necessárias para atingir o objetivo traçado; a esse procedimento damos o nome de modelagem cartográfica. Análogo ao modelo conceitual, que é a abstração e estruturação das entidades a serem representadas e suas pertinências, um modelo cartográfico é uma representação gráfica dos dados e dos procedimentos analíticos usados em um estudo. Seu propósito é ajudar o analista a organizar e estruturar os procedimentos que serão usados em seu estudo e a identificar os dados necessários para completá-los (EASTMAN, op.cit., p.65).

No desenvolvimento de um modelo cartográfico é prudente iniciar pelo que se espera obter, ou seja, o produto final, e prosseguir para trás, analisando cada etapa até que se chegue aos dados existentes. Isso é muito importante para que não se deixe os dados darem um formato ao produto final (EASTMAN, op.cit., p.65).

A modelagem cartográfica, portanto, está vinculada ao problema existente e as etapas necessárias de procedimentos para que se solucione os mesmos da forma mais rápida e objetiva possível. Cada problema tem suas peculiaridades e necessita de um procedimento específico para que seja resolvido, ainda que a metodologia seja global. Em Geoprocessamento esse princípio assume grande importância, uma vez que qualquer problema relacionado ao território possui uma série de variáveis que o tornam único, exigindo, para isso, soluções adequadas a cada um deles. A modelagem cartográfica define esses procedimentos vinculados ao problema em questão.

Neste trabalho será usada uma série de *softwares* que abrange todo o tratamento dos dados nas duas estruturas. Para gerenciamento e análise dos dados será usado o *Idrisi for Windows*, enquanto os inventários dos dados vetoriais serão elaborados no *AutoCAD*⁸ e os gradeamentos, necessários para a elaboração dos Modelos Digitais de Terreno (MDT), no *Surfer*⁹. Os arquivos transportadores serão o *.DXF*¹⁰, para os arquivos vetoriais, e *.BMP*¹¹ para os arquivos *raster*, além de um conversor para

⁸ AutoCAD[®] é marca registrada da Autodesk, Inc.

⁹ Surfer é marca registrada da *Golden Software, Inc*

¹⁰ DXF é o arquivo de exportação de AutoCAD[®]

¹¹ .BMP é acrônimo de “bitmap”

transformar arquivos .SEQ¹², oriundos do *MaxiCAD*¹³ (padrão da base cartográfica), e .VEC¹⁴, oriundos do *Idrisi For Windows*, diretamente para arquivos texto usados pelo *Surfer*. A fig. 8 mostra a modelagem cartográfica adotada. O esquema demonstra a versatilidade de manejo dos dados, permitindo não só o trânsito entre as duas estruturas, mas a sobreposição de um plano vetorial sobre um *raster*.

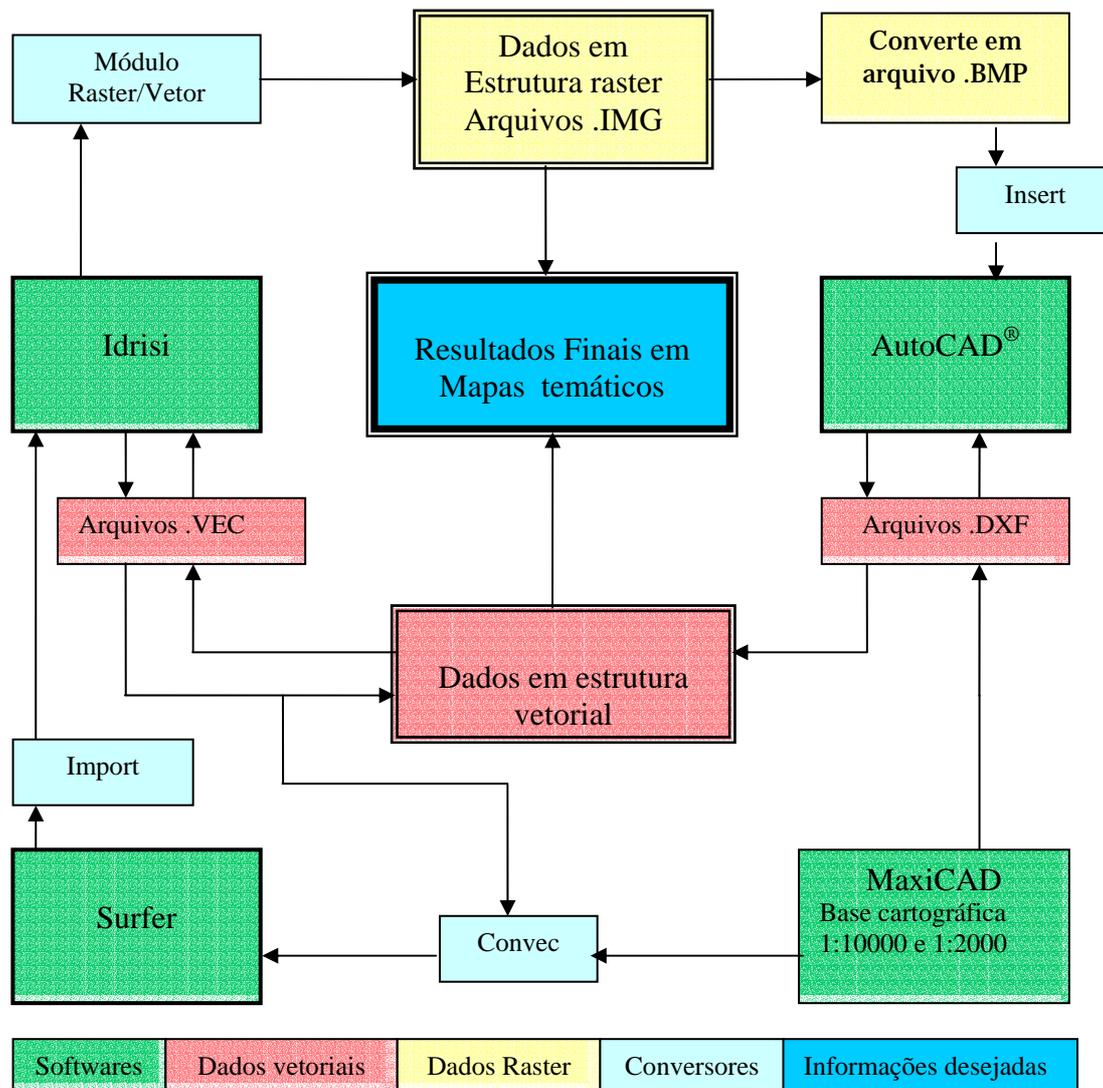


Fig. 8 – Esquema de entrada e tratamento dos dados

Todas as modelagens cartográficas elaboradas neste trabalho seguirão esse modelo. A captura dos dados poderá ser através da digitalização de imagens via scanner, ou provenientes de satélites, no caso da estrutura *raster*; na

¹² .SEQ é acrônimo de seqüencial, arquivos específicos do MaxiCAD.

¹³ MaxiCAD é marca registrada da Maxidata do Brasil.

¹⁴ .Vec é acrônimo de Vector, arquivos vetoriais específicos do *Idrisi for Windows*

estrutura vetorial, as informações poderão ser oriundas da base cartográfica digital ou vetorizadas de arquivos matriciais (*raster*) georreferenciados, onde as feições dos fenômenos serão extraídas sob a forma de polígonos, linhas ou pontos. O processo de vetorização é baseado na inserção do arquivo *raster* georreferenciado no *AutoCAD*[®], onde o mesmo irá se constituir em um “pano de fundo” sobre o qual se procederá a extração das feições pela ***digitalização em tela***¹⁵. Esse processo apresenta grandes vantagens sobre a mesa digitalizadora, uma vez que, feito o georreferenciamento, não será mais necessário enquadramentos posteriores, cálculos de erros admissíveis e procedimentos adotados quando a base de extração é uma carta de papel, que sofre deformações por agentes externos tipo umidade e calor, inclusive durante o tempo que se leva para vetorizar as feições. A flexibilidade de poder aproximar a imagem através de “zoom”, desfazer erros de digitalização ou acertá-los, sem ter que perder todo o trabalho elaborado, é outra vantagem. O espaço de modelamento do *AutoCAD*^{®16} se constitui num “*continuum*” digital, onde as entidades geométricas ganham “existência”, definida pela sua localização e extensão no espaço virtual tridimensional apresentado no monitor. Os *softwares* de CAD¹⁷ são feitos para criação de geometrias no espaço tridimensional, normalmente não trabalham conceitos como “*buffer*”, de grande importância em SGI. Como instrumento de criação e manipulações de vetores no ambiente digital, no entanto, são extremamente poderosos. O *AutoCAD*[®], usado nesse trabalho, é um *software* consagrado no mercado mundial, com extensa base instalada, e já faz parte da realidade de um número expressivo de prefeituras, uma vez que, originalmente, se presta à elaboração de projetos de arquitetura, planejamento urbano e engenharia, justificando com isso sua aquisição por parte do município. Outros *softwares* de CAD também podem ser

¹⁵ Termo usado para definir o processo de obtenção de feições através da vetorização sobre imagens previamente georreferenciadas e inseridas dentro do espaço de modelamento do *AutoCAD*[®]

¹⁶ Model Space, espaço de modelamento constituído por três eixos, X Y Z, ortogonais entre si e com as coordenadas iniciadas em 0,0,0 ou definidas pelo usuário.

¹⁷ CAD – sigla utilizada para denominar “Computer Aided Design”, ou Projeto Assistido por Computador.

usados com esse objetivo, como por exemplo o *Microstation*¹⁸, que permite manipulações de entidades vetoriais, tanto aplicadas ao Geoprocessamento, como aos projetos nas áreas de engenharia e planejamento urbano e territorial. Como o espaço de modelamento dos CADs permite que as entidades sejam construídas dentro de um eixo de coordenadas tridimensionais, sem restrições quanto a sua localização, basta que se posicionem as imagens dentro do espaço definido pelas coordenadas UTM, e qualquer feição extraída daí herda consigo as coordenadas originais, que definem sua posição na Terra, ou seja, seu georreferenciamento. Com isso elas podem migrar sob a forma de entidades geométricas para os *softwares* de SGI, onde se constituirão em feições representativas de fenômenos ambientais, sejam eles quantitativos ou qualitativos.

Como a superfície da Terra não é um “ente” bidimensional, mas sim tridimensional, qualquer trabalho que busque uma representação dessa superfície em um ambiente digital tem que observar essa característica. Para tanto, a Modelagem Digital de Terreno, o MDT, se constitui num plano de informação importante, necessário a um grande número de procedimentos usados em Geoprocessamento.

Em regiões como Petrópolis, onde a maior parte do território é constituído de superfícies fortemente acidentadas, a construção de modelagens de terreno é de fundamental importância, pois inúmeros procedimentos, como cálculo de declividades, dependem de MDTs que expressem a realidade da superfície o mais fielmente possível. Como a vetorização de feições exige *softwares* adequados, a modelagem matemática de superfícies também exige *softwares* específicos, voltados para esse fim, uma vez que o módulo embutido no *Idrisi for Windows*, responsável por essa tarefa, não gera modelos satisfatórios. Para a elaboração dos MDTs deste trabalho foi utilizado o *Surfer*, que usa vários algoritmos responsáveis pela geração de superfícies de ajuste para topografias, com boa consistência, bem próximas da realidade. Além disso se constitui num

¹⁸ Microstation é marca registrada e propriedade da Intergraph Co.

software de custo reduzido, acessível à maioria das prefeituras brasileiras, e de fácil aprendizagem por parte do corpo técnico responsável pelo Geoprocessamento. O *Surfer*, porém, utiliza como estrutura de entrada de dados, o formato texto (ASCII), necessitando uma transformação dos arquivos oriundos dos programas CAD. Para resolver isso, foi elaborado um conversor em linguagem *Visual Basic*¹⁹ que transforma os dados diretamente do *Idrisi* ou do *MaxiCAD* em arquivos-texto para serem interpretados pelo *Surfer*, que elabora um gradeamento da superfície, dando coordenadas de alturas para cada nó da grade. Nesse processo podem ser usados vários algoritmos de interpolação, cabendo ao analista decidir por aquele que melhor resposta oferece ao problema em questão. Em superfícies com fortes declividades, onde há uma densa rede de pontos, o melhor resultado de interpolação foi obtido pelo método “*Kriging*”, que gerou superfícies com alto grau de precisão, resultando em mapas de declividades precisos, quando comparados com amostras elaboradas pelo processo manual.

Uma variante da estrutura vetorial presente no sistema proposto está relacionada com a base cartográfica digital, elaborada com o uso do *software MaxiCAD*, específico para aplicações cartográficas, e que possui um padrão de arquivo próprio, denominado .SEQ, em formato texto, e que pode ser exportado para o *AutoCAD*[®] através do formato DXF, onde os dados são modelados. Apesar de ser gerador de toda a base cartográfica digital do município de Petrópolis, os arquivos *MaxiCAD* não foram usados para modelagem secundária de dados, apenas como geradores primários, uma vez que sua estrutura fechada é incompatível com os *softwares* para Geoprocessamento definidos para este trabalho²⁰.

8.1.3 - *Softwares* para geração da base de dados não gráfica (BDC)

¹⁹ *Visual Basic* é marca registrada da *Microsoft, Inc*

²⁰ O *MaxiCAD* exporta seus arquivos no formato .DXF, mas sua estrutura interna não permite a mesma flexibilidade de recursos oferecida pelo *AutoCAD*[®]. Por essa razão seus arquivos são exportados para o *AutoCAD*[®] para posterior tratamento.

Estabelecido todo o procedimento para entrada e tratamento dos dados gráficos, há que se definir, ainda, a forma de entrada dos dados não gráficos para elaboração do Banco de Dados Convencional (BDC).

A maior fonte de dados das prefeituras está relacionada ao seu cadastro técnico para efeito de IPTU. Mesmo que não haja bases gráficas digitais disponíveis, há sempre algum banco de dados a respeito dos contribuintes, seja na forma digital, ou em fichários comuns. Em qualquer caso, são dados preciosos que permitem fácil interação com o ambiente digital, bastando que se façam pequenas adequações em bancos existentes, ou entrada na estrutura digital de dados oriundos de bancos de dados não digitais.

Em qualquer situação é imperativo que o sistema possa fazer uso de *softwares* simples, acessíveis a qualquer prefeitura. O *Idrisi* permite que os dados não gráficos sejam estruturados, usando arquivos .DBX (por ex. *DBASE*) ou *ACCESS*, possuindo um módulo residente de “Oficina de Banco de Dados” flexível, que permite essas interações com facilidade.

Na elaboração do banco de dados não gráfico devem ser tomados alguns cuidados, pois ele será o responsável pelos atributos constantes na base gráfica.

A fundamentação sobre as questões que envolvem os municípios brasileiros como um todo, e Petrópolis, em particular, bem como a conceituação desenvolvida sobre uma metodologia adequada à tratar essa realidade, demanda uma aplicação dirigida a problemas reais, que fazem parte do cotidiano dos municípios.

Para tanto, a Segunda parte deste trabalho será dedicado ao desenvolvimento da conceituação metodológica sob o ponto de vista prático, avaliando situações reais enfrentadas pelos municípios brasileiros no seu processo de gestão, principalmente com relação ao seu território, usando o município de Petrópolis como exemplo.

Parte II –Avaliação por Geoprocessamento de situações problemáticas.

9 – Componente Político X Componente Técnico

A proposta metodológica adotada neste trabalho parte do princípio de que para cada ação técnica voltada para a implantação do Geoprocessamento, como instrumento de auxílio à gestão do município, há que haver uma ação política com o intuito de persuadir o administrador e permitir que as etapas subsequentes sejam implementadas. Observando esse princípio, é imperativo que se estabeleçam objetivos baseados em problemas setorizados, que exigem soluções rápidas e não necessitam de operações complexas e demoradas por parte do analista. Conforme já mencionado nesta tese, os produtos obtidos a partir dessa abordagem se constituem em elementos de persuasão, atraindo a confiança do administrador e permitindo que a equipe envolvida na implantação do Geoprocessamento adquira experiência no trato com a nova ferramenta. Para tanto, é necessária a identificação de uma *situação problemática* e a definição da *condição desejada* para que se possa elaborar a estratégia de abordagem a ser utilizada na definição da modelagem cartográfica aplicável ao problema. Para esse procedimento, (EASTMAN, op. cit., p.65) citado anteriormente, considera útil iniciar pelo resultado esperado e identificar as atividades de cada etapa no sentido contrário, até que se chegue aos dados disponíveis. Isso evita que o produto final fique subordinado aos dados existentes.

O município de Petrópolis possui inúmeras situações que se enquadram neste contexto, com problemas que vão desde o trânsito caótico, resultado de um crescimento acima do que comporta a cidade, até questões mais complexas que envolvem risco ambiental devido a deslocamentos de massa nas encostas, causados pelo tipo de terreno, e enchentes nas áreas urbanas, causando enormes prejuízos à população.

Itaipava, definida como área piloto para efeito de estudo, incorpora quase todos

os problemas vividos pelo município, sendo o que mais chama atenção, e merece maior cuidado da administração municipal, aquele relacionado com o crescimento urbano acelerado que o distrito vem experimentando nesses últimos anos. De lugar pacato, com finais de tarde tranqüila, onde se podia passear despreocupadamente, transformou-se num fervilhante centro de atividades, principalmente na temporada de verão e finais de semana, onde o número de pessoas que acorrem para lá, em busca de lazer ou um clima mais ameno, praticamente duplica a população local.

10 – Definição de uma Situação Problemática

O centro comercial de Itaipava desenvolveu-se ao longo da Estrada União e Indústria, no trecho que vai do trevo de Bonsucesso até o entroncamento com a rodovia Petrópolis-Teresópolis, com extensão de aproximadamente 4 km. A União e Indústria era uma rodovia federal e, como tal, estava sujeita às normas definidas pelo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – DNER – que, entre outras coisas, definia a faixa de domínio de toda a rodovia com sendo de 50 metros, sendo 25m para cada lado a partir de seu eixo. Como os distritos, incluído Itaipava, não possuíam legislação específica até 1987, quando a lei 4481/87 definiu normas de ocupação e uso do solo ao longo da União e Indústria, continuou o restante definido pela similaridade com autorizações anteriores concedidas pelo município no primeiro distrito. Esta falta de legislação, juntamente com o relaxamento da fiscalização por parte do DNER, preocupado, então, com a BR 040, que passa pelo mesmo distrito praticamente paralela à União e Indústria, permitiu uma ocupação acentuada da faixa de domínio por construções, principalmente aquelas voltadas para o comércio. Durante a elaboração da lei 4481/87 houve um intenso debate a respeito da manutenção da faixa de domínio da rodovia, com enorme pressão local para que a mesma fosse reduzida para 30m, sendo 15m para cada lado. Certamente essa perda de 10 m em cada lado da faixa era significativa e, *a priori*, o

município estava abrindo mão de uma reserva técnica necessária a uma expansão da rodovia no futuro. Na época não foi elaborado nenhum estudo sobre o comprometimento da faixa com construções ilegais, optando-se por uma solução política, baseada apenas na pressão do setor imobiliário em fixar a nova faixa de domínio em 30m, referendada posteriormente com a Lei de Uso Parcelamento e Ocupação do Solo – LUPOS – editada no início de 1998, e que abrangeu todo o município. A redução da faixa de domínio para 30 m, porém, não evitou que houvesse invasão do novo afastamento, e em 1997, quando a prefeitura decidiu elaborar um projeto para duplicação do principal trecho da União e Indústria, se viu com problemas para estabelecer o traçado da rodovia, pois os custos com desapropriações certamente seriam elevados, bem como o desgaste político, com essas ações, se constituindo num risco que a administração municipal não queria correr. Havia a necessidade da elaboração de uma avaliação criteriosa do volume comprometido da faixa de domínio e o quanto isso representaria para o município em recursos financeiros.

Essa se constituiu a primeira *situação problemática*, conforme a metodologia proposta, que possibilitaria uma rápida resposta através do uso das técnicas de Geoprocessamento. A *condição desejada*, nesse caso, é saber o montante dos custos envolvidos no processo de desapropriações para o município. A obtenção de recursos sempre se constitui num delicado problema para o administrador, sendo um dos principais objetivos da gestão. Portanto, qualquer ação nesse sentido causará um impacto positivo, pois os resultados podem ser quantificados e comparados, permitindo que haja uma tomada de decisão correta.

Outro aspecto passível de avaliação, neste caso, é a quantificação da perda assumida pelo município quando reduziu a faixa de domínio de 50 para 30 metros, abrindo mão da “reserva de negociação” a que tinha direito. Nesse caso pode-se definir que haverá uma quantificação do “custo/malefício”, o que raramente ocorre nas administrações públicas de uma forma geral, em especial na esfera municipal.

Para que se alcancem esses objetivos é necessária a definição da modelagem cartográfica dos passos que serão tomados, desde a identificação do problema e sua estruturação, à disponibilidade de uma base consistente, com os meios para obtenção dos dados que não estão na base, bem como a conversão de dados oriundos de estruturas diferentes necessárias ao processo.

10.1 – Modelagem Cartográfica da Situação Problemática X Condição Desejada

Para o problema em questão, a modelagem que permite obter as informações desejadas está exposta na fig.9. O resultado esperado é uma planta da área ao longo do trecho especificado (Trevo de Bonsucesso até o entroncamento com a Petrópolis-Teresópolis) com as construções que estão dentro da faixa de domínio e a quantificação de suas áreas para cálculo do custo das desapropriações. Para isso serão necessárias duas plantas, uma dos imóveis da região em forma *raster* e outra da faixa de abrangência (*buffer*) do trecho desejado, também na estrutura *raster*. Nenhum dos dois planos de informação está disponível na prefeitura de Petrópolis, que possui apenas a base cartográfica digital do município na escala 1:10.000 e a base cadastral, também digital, da região na escala 1:2.000. Para que os dois planos de informação requeridos sejam gerados são necessários dois procedimentos: a obtenção do eixo da rodovia e tratamento da planta vetorial das edificações ao longo da União e Indústria.

A obtenção da planta das edificações foi feita através do *AutoCAD*[®] para subtrair apenas as edificações ao longo da rodovia numa faixa superior a 50 metros. Depois de selecionados e corrigidos, o resultado foi exportado na forma de um arquivo DXF.

A geração do eixo será obtido a partir da mesma planta cadastral onde, através da duplicação de um lado da rodovia, usando o comando *Off-Set* do *AutoCAD*[®], na forma de uma linha paralela centrada entre os dois lados (eixo) que define a Estrada União e Indústria. O eixo obtido será exportado no formato de arquivo

.DXF para que seja usado como base para a geração do *buffer* pelo *Idrisi*.

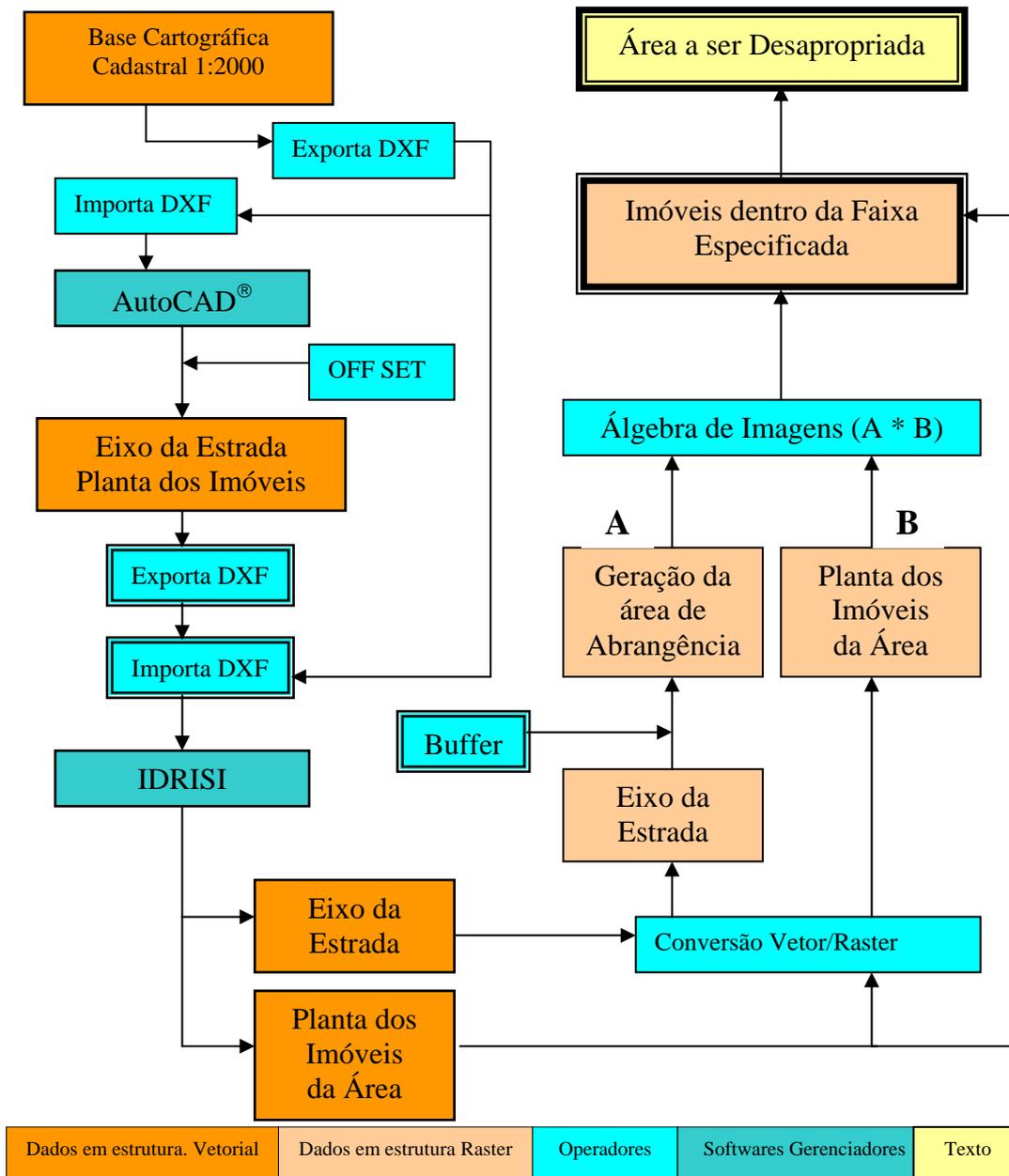


Fig. 9 – Modelagem Cartográfica sobre o problema da duplicação da União e Indústria

Após a elaboração das plantas vetoriais no *AutoCAD*[®] e sua exportação para o formato DXF, será feito o uso do *Idrisi* para importar os arquivos e transportá-los para a sua estrutura.

Para que o arquivo transportador (DXF) possa levar a informação de forma correta para o *Idrisi*, alguns procedimentos deverão ser executados para que ele *entenda* os atributos das entidades e dê os identificadores corretos aos mesmos.

Uma vez importados, se constituirão em arquivos vetoriais na estrutura *Idrisi*, onde serão convertidos para a estrutura *raster* e, a partir daí, elaborar-se-ão as operações matemáticas necessárias para atingir a *condição desejada*.

10.2 – Elaboração dos Planos de Informação

O primeiro passo para a resolução do problema proposto é o preparo das informações constantes da base digital cadastral no *AutoCAD*[®]. Para que seja possível exportar identificadores de entidades do *AutoCAD*[®], basta que cada feição que se quer identificar seja desenhada em diferentes níveis de informações. Num primeiro momento é suficiente que se proceda à criação dos vetores correspondentes a cada entidade no mesmo nível de informação, mesmo que possuam características diferentes, e só depois cada uma delas será movida para o nível correspondente à sua identificação. Se quisermos, por exemplo, dar um identificador (IDR_ID) de valor 1 para uma rodovia pavimentada, elevaremos todo o conjunto referente a esta para o nível 1 no *AutoCAD*[®]; para rodovias não pavimentadas que terão o identificador 2, associaremos o nível 2 e assim sucessivamente para todas as entidades, sejam elas qualitativas ou quantitativas. Tomadas essas providências, a exportação poderá ser feita com todo o arquivo conjuntamente, e o *Idrisi* reconhecerá cada nível de informações como um identificador daquela feição. Caso a intenção seja gerar arquivos separados, cada entidade poderá ser exportada individualmente, nível a nível, onde o *Idrisi* armazenará cada arquivo como vários “*Coverages*” vetoriais. Esse procedimento é aconselhável quando se deseja a separação dos planos por grupos de entidades com a mesma característica. Por exemplo, o plano edificações pode reunir vários tipos de imóveis classificados por seus usos, onde cada classe de uso ocupará um determinado nível de informações (“*ELEV*”²¹, na terminologia do *AutoCAD*[®]).

²¹ **ELEVATION** – Termo usado no *AutoCAD*[®] para definir o nível das informações. Cada grupo de entidades pode ser desenhado em seu respectivo plano bastando que se acione o comando *ELEV* e

Na modelagem do problema em questão, os imóveis estão contidos apenas em uma classe, dando-se a eles o nível 1, ficando o restante no plano 0, pois o objetivo será a geração de uma imagem conjugada dos dois planos, dita booleana²².

A geração do eixo da rodovia União e Indústria também será feita da mesma forma, com a entidade representando o eixo da rodovia colocado no plano de informações 1, que servirá de identificador para geração de uma imagem booleana com o identificador 1. O *Idrisi* transforma o arquivo vetorial, composto por uma linha que representa o eixo da rodovia, em um arquivo *raster*, em que as células que coincidem com a linha possuem o valor 1, e as não coincidentes, têm o valor 0. O módulo *buffer* do *Idrisi* traça, então, uma faixa com um valor previamente definido ao longo da linha que representa o eixo da rodovia. Nesse caso, porém, como veremos adiante, o módulo de geração do *buffer* preserva o valor das células referente à linha, atribuindo um segundo valor à região de abrangência do *buffer*, criando uma imagem com três níveis de informações: O eixo da rodovia, a área de abrangência e a área externa a estas. O nível de informação resultante, portanto, não se constitui numa imagem booleana binária, e deverá ser reclassificada, atribuindo-se um valor igual aos níveis relativos ao eixo da rodovia e à área de abrangência, para que possua apenas valores 0 e 1.

A fig. 10 mostra a planta cadastral original, com as edificações da área em questão e a planta simplificada, com a seleção das edificações que interessam à análise.

forneça a nova cota, ou desenha-se tudo no “plano” de cota 0 (default) e depois move-se cada uma para suas respectivas elevações através do comando MOVE.

²² O termo **Booleana** é derivado do nome de George Boole (1815-1864) um dos pais da lógica matemática. O nome é também apropriado porque as operações que executaremos nessas imagens são conhecidas como Álgebra Booleana. (Eastman, 1997)

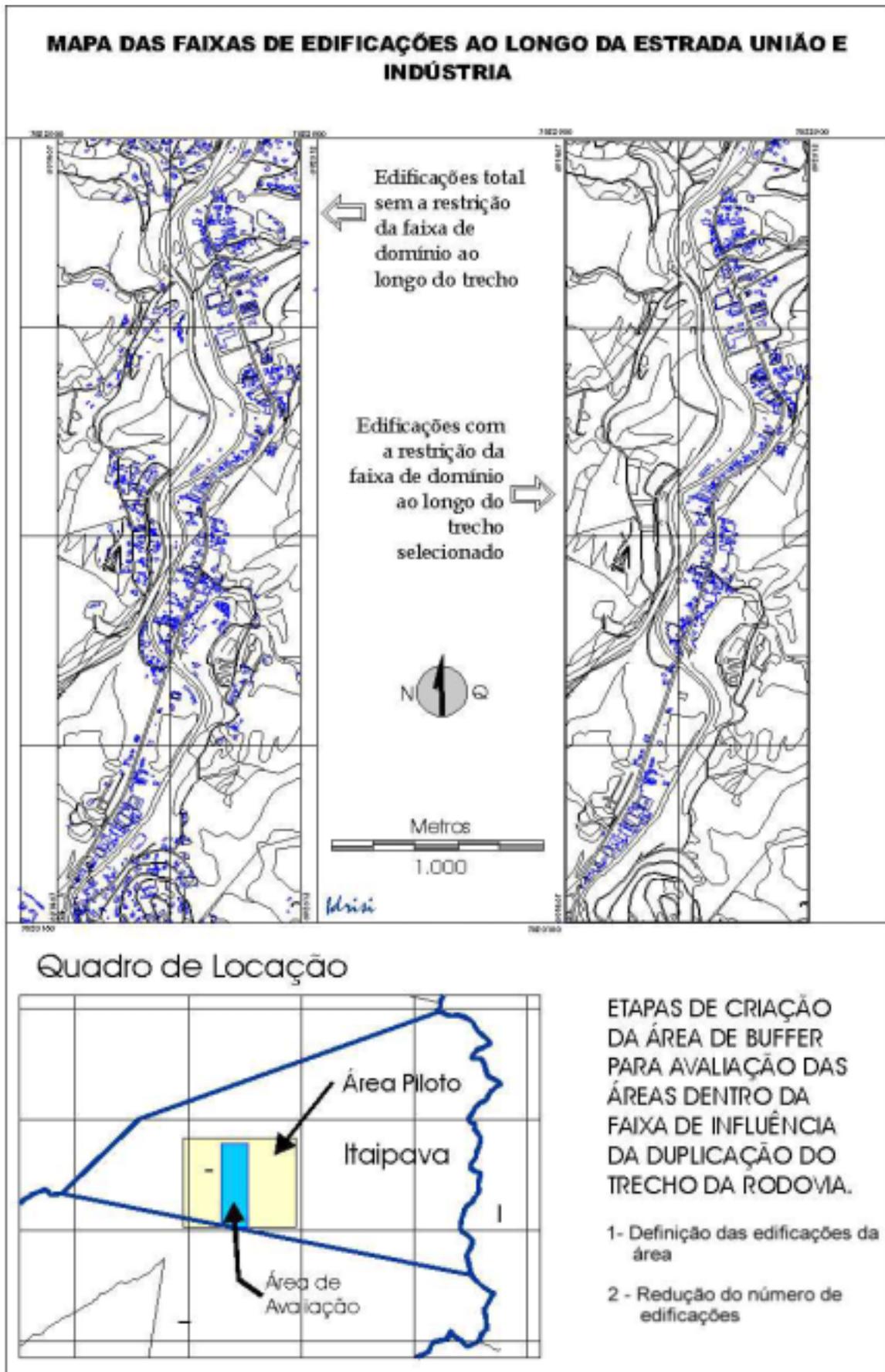


Fig. 10 – Mapa de localização das edificações na área de influência da desapropriação

A próxima etapa foi a importação dos níveis de informações, gerados no *AutoCAD*®, pelo *Idrisi*. Para tanto será acionado o módulo de importação/exportação com a opção de entrada para arquivos DXF (Fig. 11).

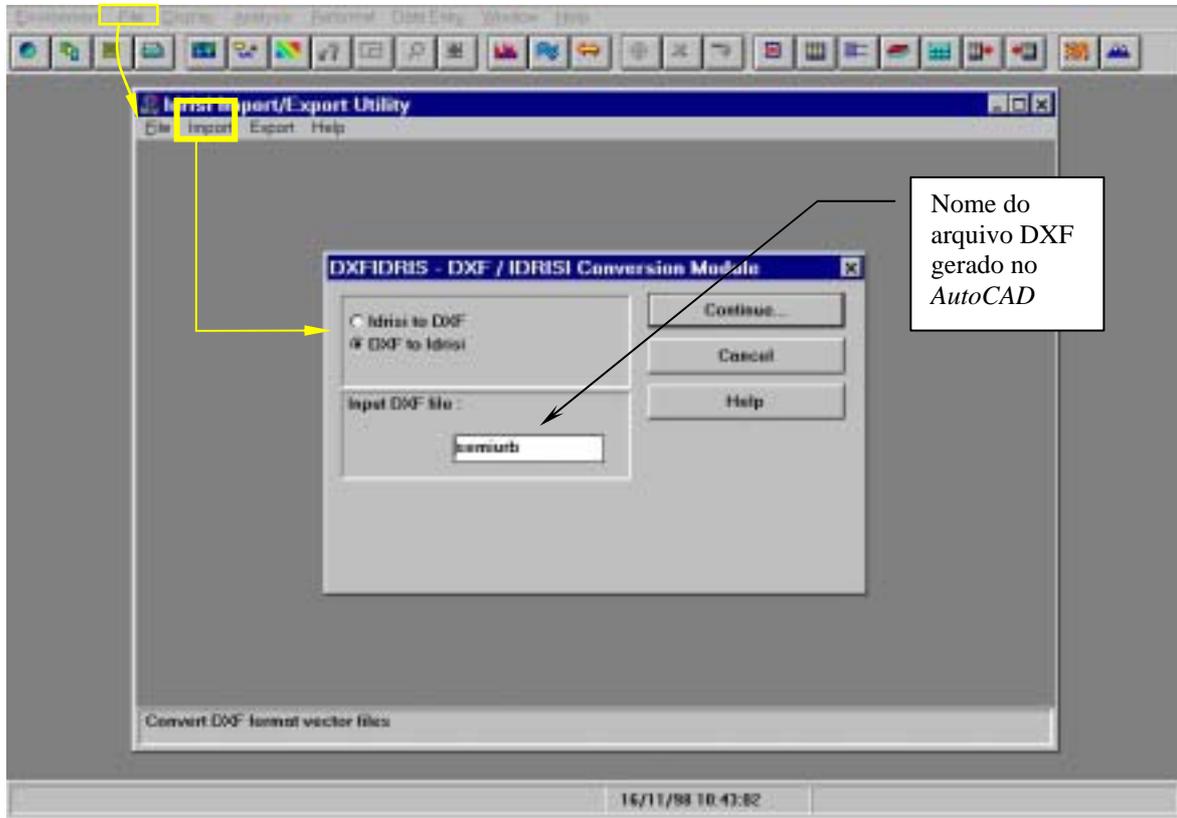


Fig. 11 – Tela de importação de arquivos DXF do *Idrisi*

O *Idrisi* pedirá o nome do arquivo DXF gerado, para poder fazer a importação e adequação dos vetores para a sua estrutura. Neste processo deverão ser informados alguns dados importantes, como o nome do arquivo a ser gerado (é aconselhável manter o mesmo nome), o tipo de informação que será usado como identificador e o sistema de projeção cartográfica. (Fig. 12)

Pode ser fornecido um identificador único para as entidades no momento da importação. Esse método, no entanto, não fornece a flexibilidade da separação de conjuntos de entidades com características diferentes.

Uma vez importadas, as feições vetoriais irão se constituir em *coverages* que poderão ser convertidos em planos de informação *raster*, necessários às operações combinatórias pretendidas. Na janela de visualização os planos

vetoriais podem ser sobrepostos aos planos *raster*, melhorando o produto final, ou permitindo a ligação das entidades geometricamente representadas em planos de informação com os registros do banco de dados convencional para extração de informações através de busca SQL.

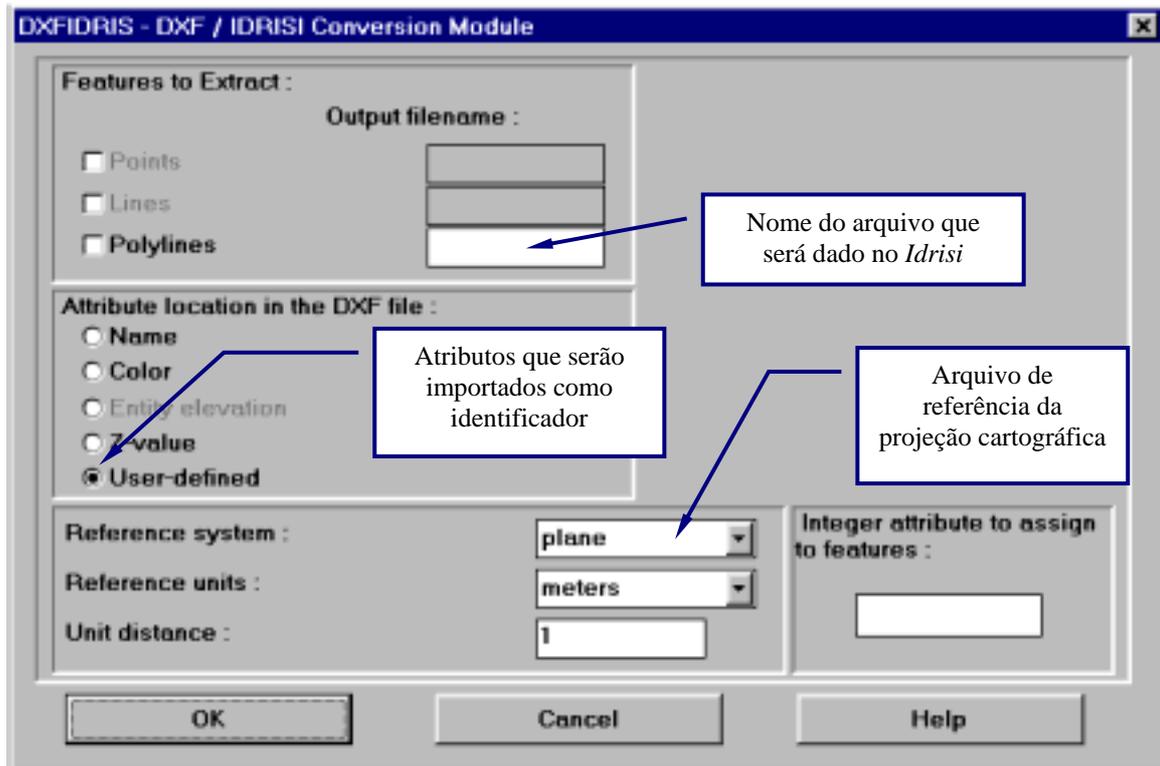


Fig. 12 – Tela para informações sobre o arquivo a importar

10.3 – Manipulação dos Planos Vetoriais e Conversão em Imagens

O *Idrisi* é um sistema de informação geográfica que tem seu modo analítico baseado na estrutura *raster*. Apesar disso, permite a utilização de estruturas vetoriais sobrepostas a estruturas *raster* ou isoladamente, sendo um eficaz visualizador de dados oriundos de bancos tabulares que representam atributos de feições geográficas. Por essa razão, depois que os arquivos são importados e incorporados à estrutura do sistema, podem se constituir num plano vetorial ou ser transformados em *rasters*, que serão usados para executar operações de avaliação ambiental, onde incluem módulos para monitoramento ambiental,

gerenciamento de recursos naturais, análise de séries temporais, análises *Bayesianas*²³, *Dempster-Shafer*²⁴ e de conjuntos *Fuzzy*²⁵.

Os planos de imóveis oriundos da base cartográfica digital, uma vez convertidos para a estrutura *Idrisi*, serão transformados em *rasters* para que se processem as avaliações.

O primeiro passo será a criação de um plano *raster* vazio com as mesmas coordenadas constantes no plano vetorial, usando-se o módulo *Initial* do conjunto de entrada de dados (*Data Entry*). Nesse momento o sistema pedirá, além das coordenadas cartográficas, o número de linhas e colunas que irão compor a matriz da imagem a ser criada. Essa definição é que dará a resolução espacial do plano, ficando a critério do analista uma resolução mais *fina* ou *grossa*, dependendo do objetivo a ser alcançado. Em operações que envolvem precisão, como análises urbanas, o resultado está atrelado a uma matriz com células pequenas, uma vez que se está tratando com entidades, as vezes, submétricas.

A avaliação das áreas ocupadas por edificações dentro de uma determinada área se enquadra nessa situação, pois deveremos não só localizar cada edificação ou parte dela que avançou dentro da faixa de domínio, mas quantificá-las da forma mais exata possível, pois as construções possuem seu valor agregado ao m², geralmente alto. Devido a estas características, foi adotado o valor para a célula correspondente a 1 m², que permite uma boa resposta à quantificação a que se quer chegar, onde em muitos casos a avaliação atinge apenas parcialmente uma determinada edificação.

Criada a matriz vazia inicial, composta apenas de valores 0, o próximo passo será a *Rasterização* do plano vetorial que contém as construções, sobre a

²³ Método baseado no teorema de *Bayes*, o qual expressa a relação de evidência, o conhecimento prévio e a probabilidade de que uma determinada hipótese seja verdadeira.

²⁴ Variante da teoria de probabilidade *Bayesiana* conhecida como Teoria *Dempster-Shafer*.

²⁵ Os conjuntos *Fuzzy* constituem uma "ponte" no caminho de aproximar o raciocínio humano ao da lógica executada pela máquina. Em um conjunto *Fuzzy*, diferentemente, as transições entre o membro e o não - membro estão numa faixa gradual, sendo associado um grau ao elemento entre '0' (totalmente não - membro) e '1'(totalmente membro).

imagem vazia. Isso é possível pelo módulo *Raster/Vector Conversion* (Fig. 13), que abre as opções de transformação de entidades geométricas vetoriais, tipo pontos, linhas e polígonos, para *raster* ou, inversamente, de pontos e polígonos da estrutura *raster* para vetor.

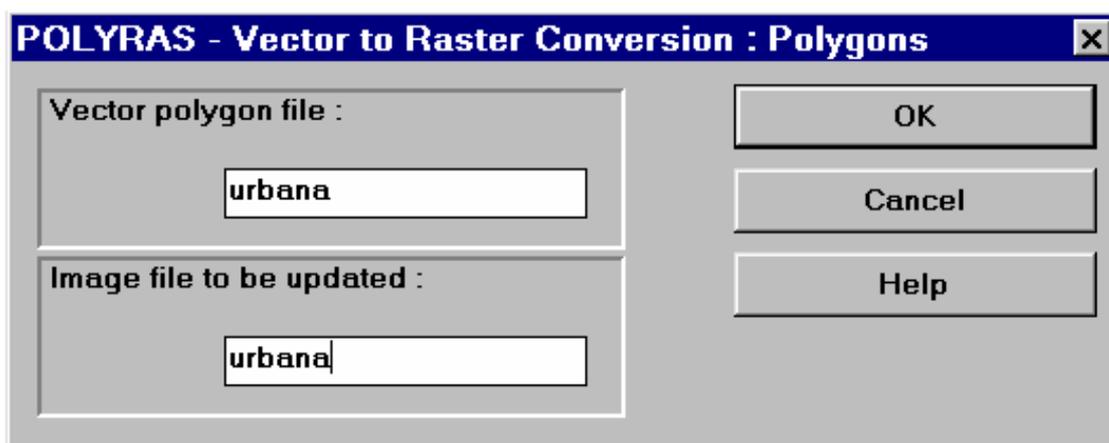


Fig. 13 – Menu para dos módulos de conversão Raster/Vector do *Idrisi*

O programa pedirá apenas o nome do arquivo vetor em um campo e o nome da matriz vazia em outro. Feito isso, foi gerada uma terceira matriz em que as entidades vetoriais, nesse caso formadas por polígonos, foram transformadas em entidades *raster*, com as células assumindo os valores correspondentes aos identificadores estabelecidos no arquivo vetor, originário dos níveis de informações gerados no *AutoCAD*[®]. Nesse ponto temos o primeiro plano de dados necessários à avaliação, constituído de uma matriz que contém todas as edificações ao longo do trecho avaliado da União e Indústria.

O próximo passo foi a criação dos planos de *buffer*, ou seja, as faixas de interesse para o estudo. A primeira avaliação buscou estabelecer a quantidade de edificações - expressa em m² - que se encontram dentro da faixa de domínio de 50 m, para avaliação do comprometimento da mesma por edificações que não respeitaram o alinhamento de 25m estabelecido pelo DNER. A segunda, e mais importante, foi a quantificação do comprometimento da faixa de domínio de 30m, pois essa está estabelecida em lei e dela depende a decisão para o traçado de duplicação do trecho da União e Indústria que está entre o trevo de Bonsucesso e a Rodovia Petrópolis-Teresópolis.

O primeiro procedimento foi a criação de uma matriz vazia, usando os mesmos procedimentos na criação da matriz das edificações. A diferença, neste caso, é que não precisamos mais definir os parâmetros manualmente, basta que indiquemos a matriz criada anteriormente como modelo para a criação da nova, o *Idrisi* tomará os mesmos parâmetros usados para produzir uma matriz vazia com as mesmas características da matriz de referência.

O próximo passo será a *rasterização* do eixo da rodovia sobre a imagem criada usando o módulo de conversão *Vector/Raster* do *Idrisi*. Será então elaborado um plano de informação onde teremos apenas uma imagem com valores 0 e a linha do eixo da rodovia, com valor 1, agora em estrutura *raster*.

Essa imagem se constitui no plano básico donde serão gerados os dois planos, contendo a faixa desejada para análise, a de 50 e 30 m. Para tanto, será usado o módulo *Buffer*, do menu *Analysis*, opção *Distance Operators*. Fig. 14

O *Idrisi* solicitará o nome da matriz que contém a linha para o traçado do *buffer*, o nome para a matriz de saída e a largura da faixa a ser criada. Também serão solicitados os valores para a zona de *buffer*, e da linha alvo (é prudente manter o valor 1 para os dois para que seja criada uma matriz binária) e da área externa à faixa. Duas matrizes serão criadas, uma especificando o valor para o *buffer* de 50m e outra com o valor de 30m.

O *Idrisi* gerará dois planos de informação, sendo um a faixa de domínio de 50m, e o outro, a de 30 m. Essas duas imagens serão do tipo binário, pois constam apenas dois valores para suas células, 1 para ocorrência e 0 para não ocorrência. Nesse ponto, conforme a modelagem cartográfica estabelecida, se tem à disposição todos os dados necessários para a execução das operações de avaliação do comprometimento das faixas de domínio da União e Indústria.

BUFFER - Buffer Analysis [X]

Feature image :

Output image :

Buffer width :

Value for target area in output image :

Value for buffer zone in output image :

Value for non-buffer areas in output image :

Value units :

Title :

OK

Cancel

Help

Fig.14 – Tela para criação da zona de Buffer

Para tanto, será executado o procedimento de avaliação conhecido como “Álgebra de Imagens”, onde a matriz que representa as edificações será associada aquelas que representam as faixas de domínio, uma de cada vez. O *Idrisi* possui um operador muito intuitivo e eficiente para matrizes, pois reproduz uma máquina de calcular para efetuar as operações, algo com que todos estamos acostumados. (Fig. 17)

A associação das matrizes (denominada “multiplicação” de imagens pelo *Idrisi*) é uma operação matemática em que só as células onde ocorra 1 nas duas (ou mais) matrizes é que receberão o valor 1 (ocorrência), em qualquer outro caso terão os valores 0 (não ocorrência). Gera-se assim a matriz binária de resultados. No presente estudo as duas matrizes resultantes demonstram as ocorrências de

edificações dentro das faixas de domínio de 50 m (fig.15, 15^a e 15b) e 30m (fig.16, 16^a e 16b), respectivamente.

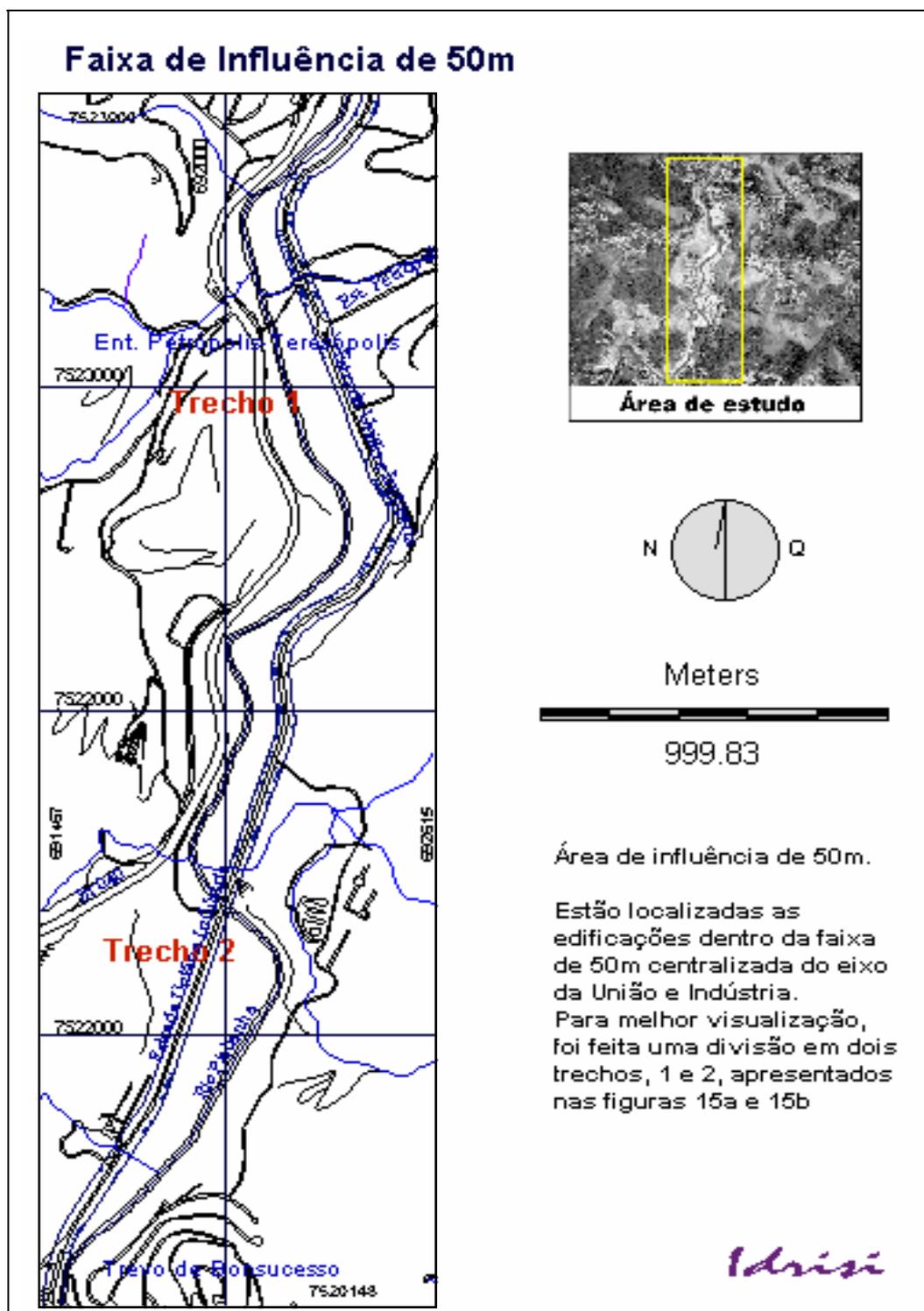


Fig. 15 – Faixa de influência de 50m ao longo da União e Indústria entre o trevo de Bonsucesso e o entroncamento da Rodovia Petrópolis - Teresópolis

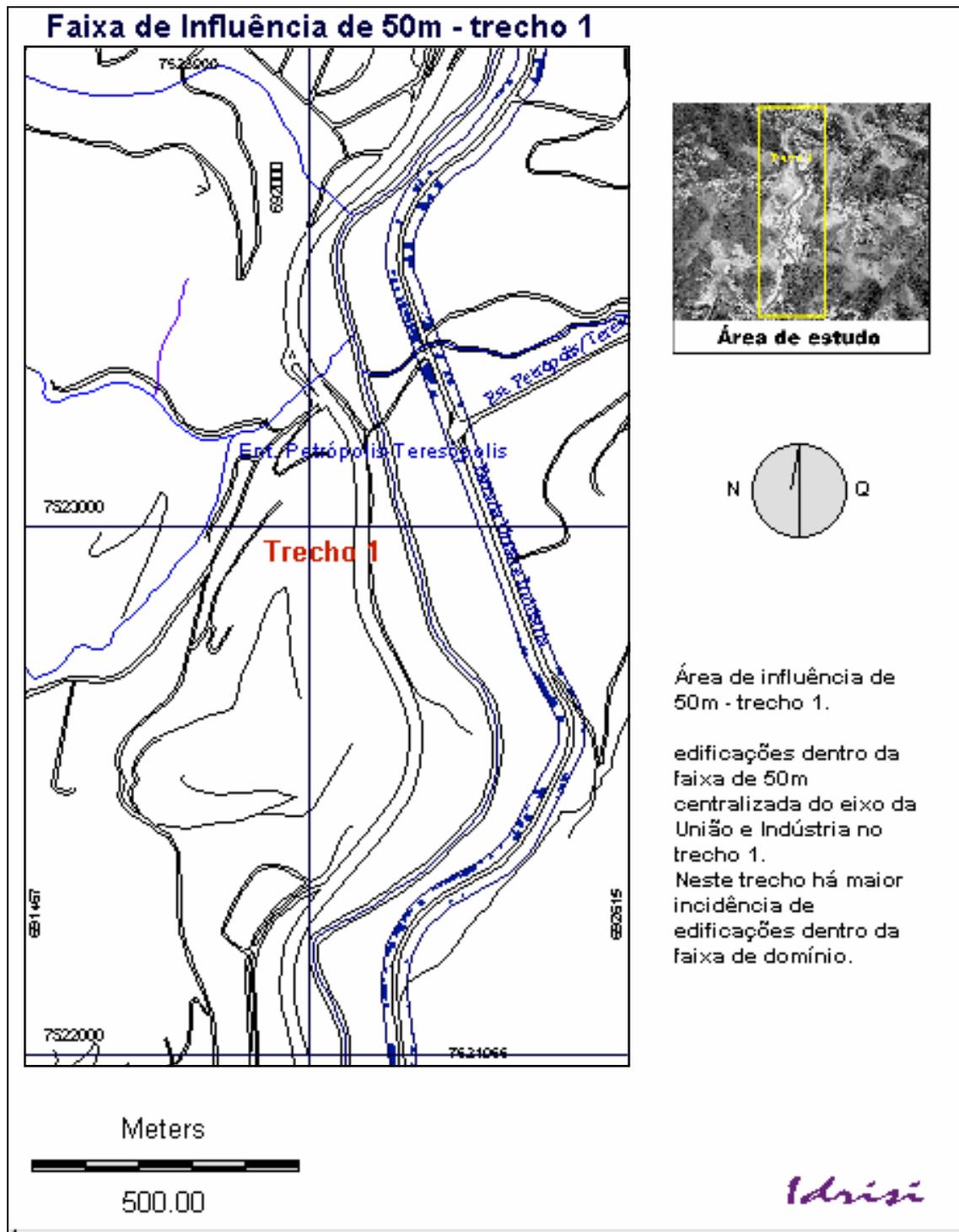


Fig. 15a – Trecho 1 - Edificações dentro da faixa de domínio de 50m entre a metade do trecho avaliado e o entroncamento da Rodovia Petrópolis-Teresópolis

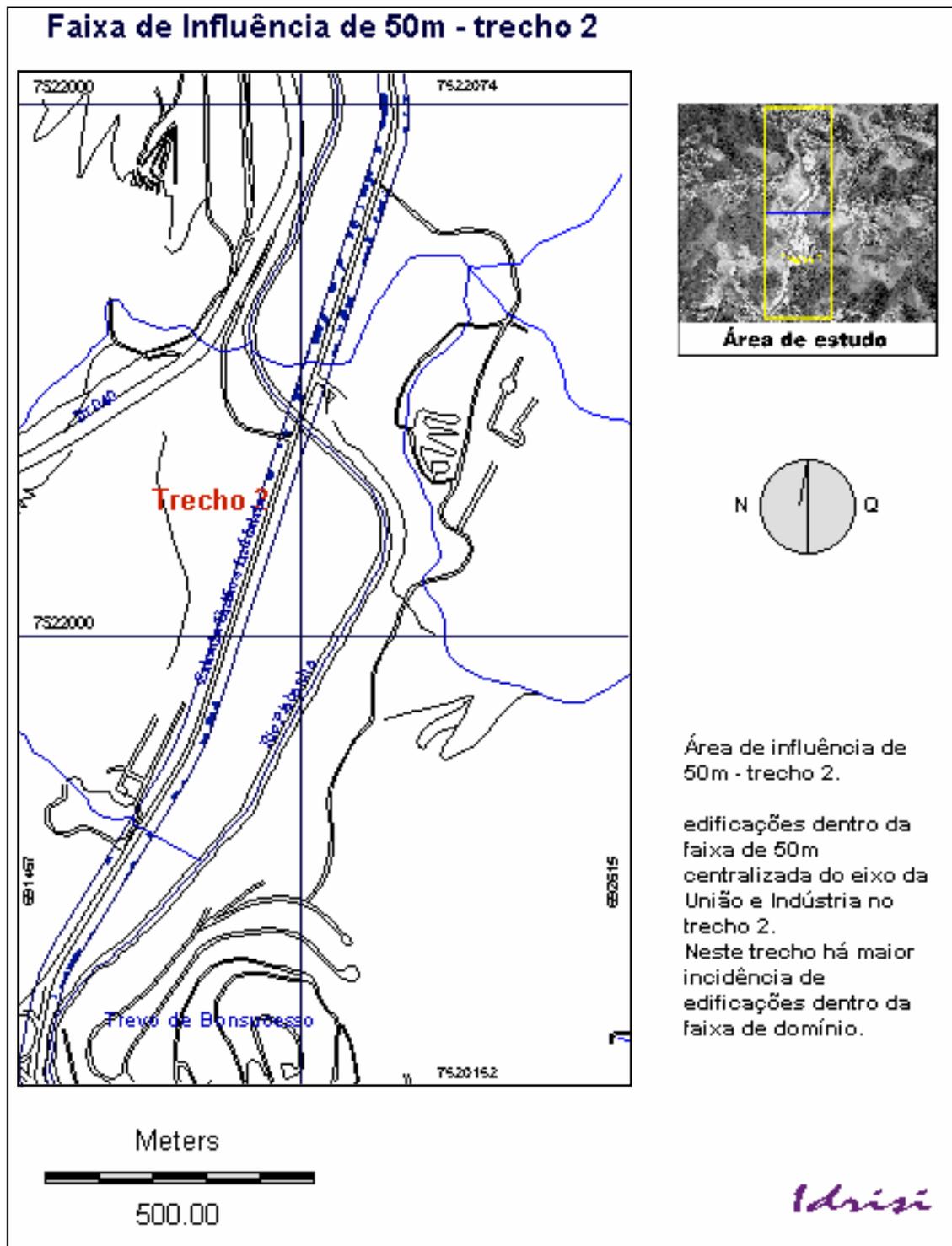


Fig. 15b – Trecho 2 - Edificações dentro da faixa de domínio de 50m entre o trevo de Bonsucesso e metade do trecho avaliado

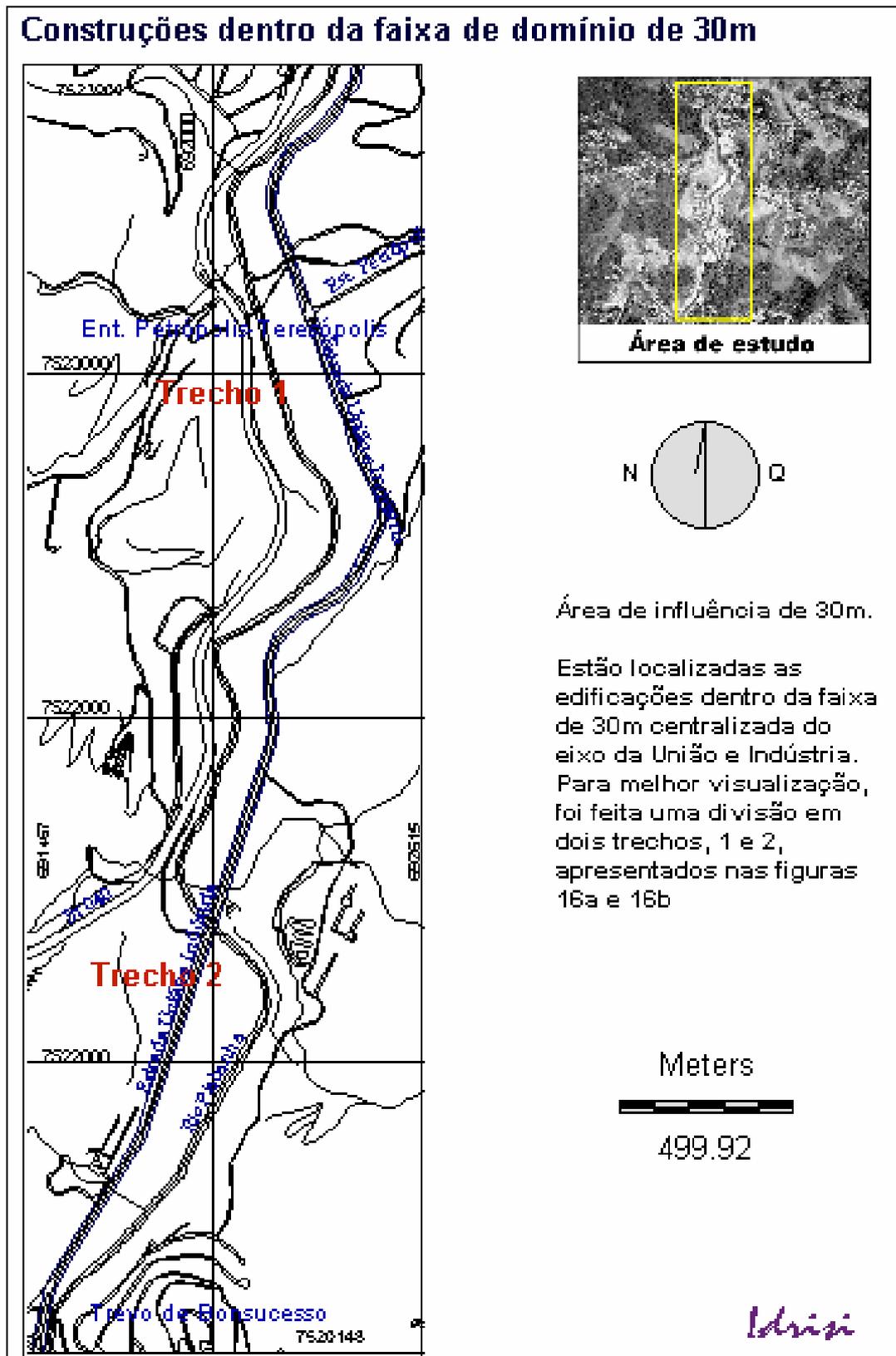


Fig. 16 – Faixa de influência de 30m ao longo da União e Indústria entre o trevo de Bonsucesso e o entroncamento da Rodovia Petrópolis - Teresópolis

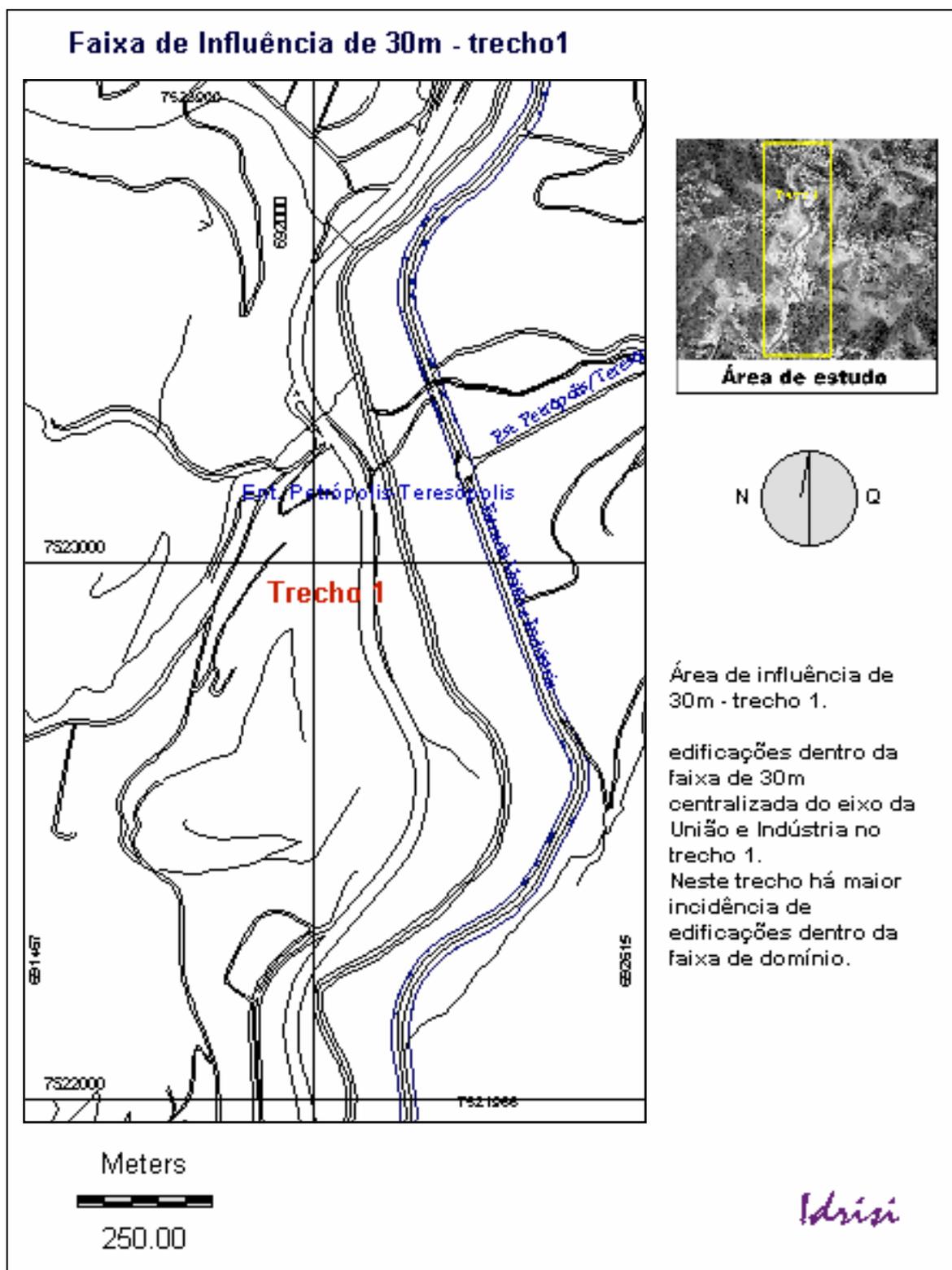


Fig. 16a – Trecho 1 - Edificações dentro da faixa de domínio de 53m entre a metade do trecho avaliado e o entroncamento da Rodovia Petrópolis-Teresópolis

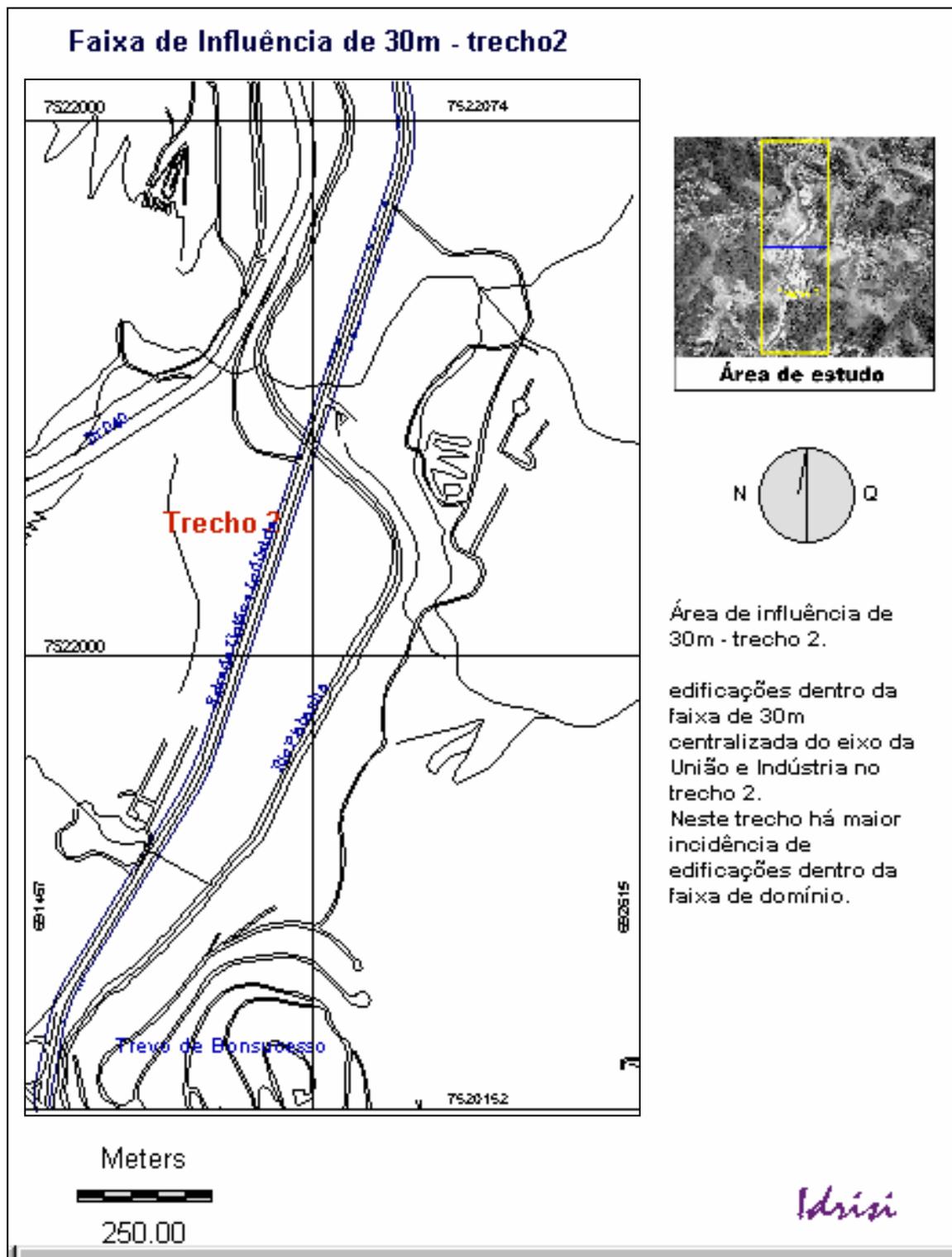


Fig. 16b – Trecho 2 - Edificações dentro da faixa de domínio de 30m entre o trevo de Bonsucesso e metade do trecho avaliado

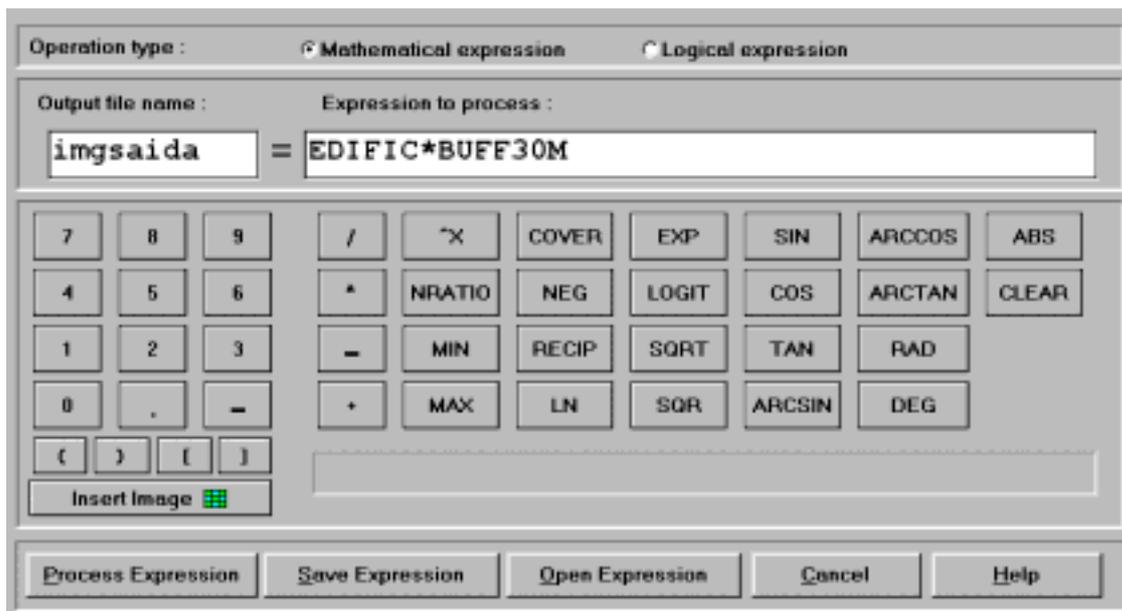


Fig. 17 – Módulo para elaboração do *Buffer*

10.4 – Obtenção dos Valores em m² de Ocupação Dentro das Faixas de Domínio

Finalmente será possível a obtenção do valor das áreas edificadas dentro de cada faixa, fazendo-se uso do módulo *Area*, do menu *Análisis*, opção *Database Query* (Fig. 18). O *Idrisi* permite que haja saída dos dados sob a forma de raster, arquivo de valores ou tabular. Como o que interessa na avaliação em curso são

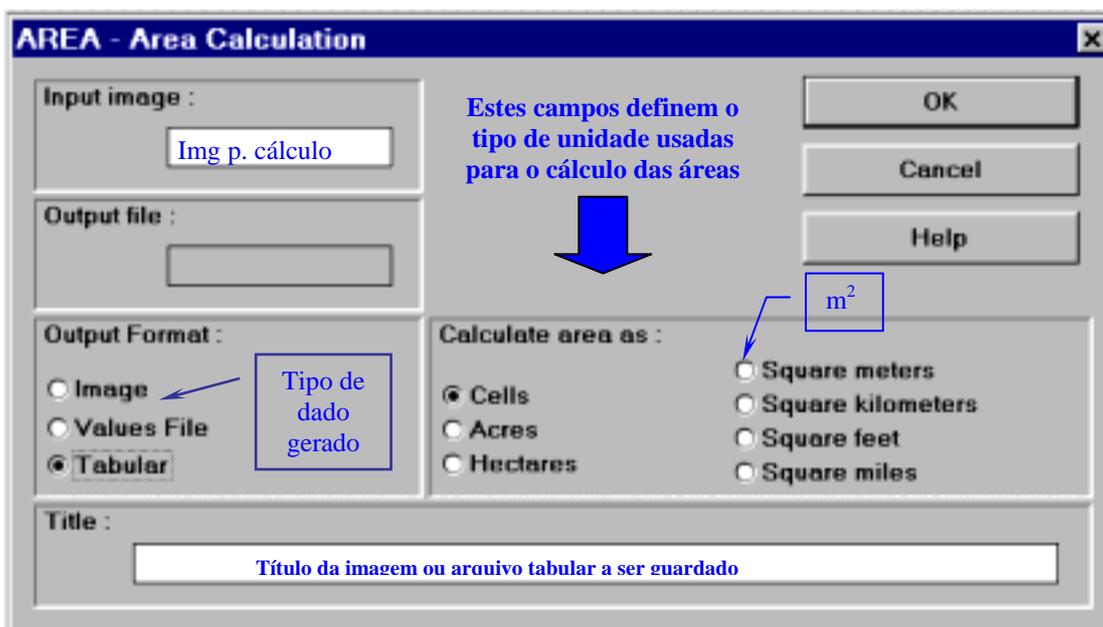


Fig. 18 – Tela para cálculo dos valores das áreas dentro da faixa de domínio

os valores de ocupação de cada faixa, é suficiente a escolha da opção tabular, que irá gerar uma planilha demonstrativa de todas as áreas que constam na figura. Essa planilha poderá ser gravada como um arquivo texto para ser inserida posteriormente no mapa de apresentação.

Elaborada a consulta à área ocupada dentro da faixa de 50m, especificando o m² como unidade de cálculo, o *Idrisi* retorna o valor de 20.495,00 m², que representa a área edificada que se encontra dentro da faixa de domínio de 50m. Como a área de *buffer* é de 209.252,00 m², 9,79% de toda a faixa esta comprometida com construções. O mesmo procedimento é feito para a faixa de 30m, e é obtido o resultado de 4.870,00 m² de área construída, representando 2,33% da área de *buffer*, o que demonstra um comprometimento bem menor, mas já preocupante.

Feitos os cálculos, a avaliação oferece ao prefeito e aos técnicos elementos de apoio à decisão a ser tomada para prosseguir com a duplicação da União e Indústria, uma vez que quantifica o comprometimento do trecho por edificações, que representa o custo com desapropriações e pode inviabilizar, ou limitar seriamente, a intenção de duplicação do trecho pretendido.

Esse procedimento simples pode ser aplicado às dúvidas mais comuns nas prefeituras e, certamente, será de grande ajuda para que os prefeitos maximizem os recursos disponíveis em benefício do cidadão em particular e da comunidade, como um todo.

Se houver um banco de dados convencional com informações que contenham a identificação dos tipos de propriedades, é possível a elaboração de perguntas mais complexas ao sistema, tais como: Quais os tipos de imóveis que estão dentro da faixa? Ou quais as atividades que mais aparecem como infratoras ao alinhamento estabelecido pela prefeitura?

Da mesma forma podem ser elaboradas pesquisas temporais para identificar qual o período em que houve maior avanço sobre a faixa de domínio ou se há alguma edificação com valor histórico ou tombado pelo patrimônio (comum em Petrópolis) dentro da faixa.

Na área municipal parte dessas informações esta disponível no cadastro técnico, que possui dados sobre cada imóvel, com o intuito de tributação. Certamente para uma avaliação mais profunda a respeito de determinadas características, deverá haver uma implementação desses dados, mas isso é um trabalho com o qual o município está acostumado, não oferecendo grandes dificuldades.

No caso de Itaipava, a prefeitura já dispõe das bases gráficas na escala 1:2000, mas ainda depende da finalização do recadastramento para elaboração do banco de dados convencional relativo aos imóveis da área.

10.5 – Considerações Sobre a Avaliação do Problema

A função do Geoprocessamento é gerar informação para que a pessoa ou equipe, envolvida numa questão que exija uma tomada de decisão, possa fazê-lo de maneira instruída, educada, provida de conhecimentos visando alcançar seus objetivos do modo mais eficiente possível. Avaliando as respostas obtidas no problema apresentado, pode-se chegar a algumas conclusões que serão de grande auxílio à tomada de decisões por parte da equipe responsável pelo projeto de duplicação e do Prefeito, gestor dos recursos disponíveis pelo município para aplicação em obras que visam a melhorar a qualidade de vida do cidadão.

Na primeira etapa, temos a planta e a quantidade de edificações que estão dentro da faixa de domínio dos 50m, perfazendo um total de 20.495,00 m². Se diminuirmos este valor pelo montante de 4870,00 m², que se encontra dentro da faixa de 30m, teremos 15.625,00 m², que representa 7,47% da área de *buffer*, e foi o montante de área que a prefeitura permitiu que fosse legalizada quando baixou sua faixa de domínio de 50 para 30m. Certamente é um valor alto, representativo, e o comprometimento pela presença das edificações já inviabilizava qualquer proposta do município no sentido de utilizar-se toda essa faixa. Por outro lado, representa “custo/malefício”, por não ter havido um policiamento efetivo dos órgãos de fiscalização para inibir o avanço dessa faixa.

Se definirmos o valor desapropriatório daquele trecho de Itaipava em R\$ 300,00 o m², chegaremos à cifra de R\$ 4687500,00, mais do que suficiente para se pavimentar todo o trecho da rodovia que passa por Itaipava.

Quanto à faixa de domínio de 30m, a questão é mais complexa, pois a mesma representa a faixa de recuo legal, vigente na atual Lei de Uso, Parcelamento e Ocupação do Solo – LUPOS – e qualquer avanço sobre a mesma constitui ato ilegal, dando pleno direito ao município de demolição, sem o ato desapropriatório. Como a legislação anterior era mais restritiva, ou seja, especificava um afastamento ainda maior, não há nenhuma justificativa de apelação através do *direito adquirido*, com a alegação de que na data da promulgação da lei o imóvel já estava construído.

Como há um montante de 4.870,00 m² dentro dessa faixa, e o mesmo corresponde a R\$ 1.461.000,00 em valores desapropriatórios, na verdade o município passa a ter duas realidades para trabalhar. Na primeira, pode encarar esse valor como *trunfo de negociação*, pois as edificações estão ilegais, e o município pode se negar a elaborar a desapropriação de algo que, por lei, tem o direito de demolir. Na segunda, assume seu erro de não policiamento e promove a desapropriação, tendo em mãos o montante de recursos a deslocar para esse fim.

Sob o ponto de vista técnico, no entanto, é mais prudente proceder-se a uma avaliação da necessidade de área para a duplicação da pista e, só então, definir o montante a desapropriar. Para isso será necessário que se faça um novo *buffer* com os valores exatos necessários para que se proceda à duplicação, valores esses que deverão ser fornecidos pela entidade de engenharia responsáveis pelo projeto.

Num primeiro momento, poderemos assumir os valores definidos pelas normas referentes a pistas de rolamento que especifica o valor de 3,50m para cada faixa. Para a duplicação serão necessárias 4 faixas de rolamentos, 1,5 m de canteiro central e duas faixas de dois metros referentes ao acostamento, perfazendo um total de 19.5 m; levando em conta que serão necessários pequenos espaços

adicionais para colocação de guias, será considerado como valor mínimo uma faixa de 20,00 metros. Esse será o valor do novo *buffer* com o qual se poderá elaborar uma nova avaliação.

Elaborados os procedimentos, o *Idrisi* devolverá uma matriz representando as edificações, ou parte delas, que se encontram dentro da faixa de domínio de duplicação. Basta que se rode o módulo *Area* do menu *Database Query*, especificando o modo tabular como saída e o m² (*Square meters*) como unidade de cálculo, e o *Idrisi* devolverá, em m², o montante da área que se encontra dentro da faixa de 20m.

Elaborados todos os procedimentos, temos o valor de 1192,00 m² de área construída dentro da faixa de duplicação, o que representa 24,48% do valor inicialmente calculado. O novo valor necessário para a desapropriação, baseado apenas na área que se encontra dentro da faixa necessária para a duplicação, é de R\$ 357.600,00 ou seja, uma economia de 75,52% dos recursos necessários para recuperar a faixa de domínio de 30m. Há que se frisar, porém, que uma operação desse tipo envolve outras variáveis, pois alguns imóveis, principalmente os comerciais, dependem de um recuo para acesso as suas instalações, ou a estrutura não permite demolições de parte do imóvel sem afetar todo o restante.

Baseada nessa avaliação, a equipe técnica pode proceder ao projeto, sabendo que os custos para desapropriação poderão ser absorvidos, não havendo grande comprometimento dos recursos totais para a execução das obras.

Numa segunda etapa, as análises podem continuar no sentido de identificar aqueles pontos em que o traçado pode ser assimétrico, ou seja, avançar mais sobre um dos lados, que não tenha edificações dentro da faixa, em detrimento do outro que possua uma área significativa que necessite de ser desapropriada.

Essa avaliação inicial, usando as técnicas de Geoprocessamento, é de fácil implementação e certamente se constituirá num forte elemento de persuasão para o administrador, pois permite que os resultados tenham um reflexo direto na tomada de decisões, representando economia de recursos e evitando

desgastes políticos, sempre presentes em ações desse tipo. Há, portanto, um componente técnico envolvido e outro político.

Segundo a metodologia proposta por (XAVIER DA SILVA, op. cit.), o procedimento fez uso de poucas etapas ao longo do processo de avaliação, partindo de um banco de dados gráficos B.D.G (inventário) composto pela base cartográfica digital na escala 1:2000, donde foram elaboradas as planimetrias necessárias. No âmbito da metodologia proposta neste trabalho foram observados os componentes político e técnico através da identificação de uma situação problemática e da condição desejada. Através do componente político foi feita a abordagem do problema e definidos os caminhos a seguir para que o mesmo pudesse alcançar os objetivos traçados na geração de um produto setorizado e servir como instrumento de persuasão. Através do componente técnico foi identificada a condição desejada, e implementados os passos para que os objetivos fossem atingidos. Nesse sentido houve uma adaptação dos dados originais para a obtenção de uma base consistente, que represente a realidade das condições vigentes e permita as transformações necessárias nos dados para a elaboração dos planos de informação que o sistema exige para proceder as análises.

Feito isso, já está estabelecido um processo de familiarização do Geoprocessamento como ferramenta de análise pela equipe técnica e o administrador, que passa a ter um elemento de apoio a todos os problemas com estas características, muito freqüentes na área municipal. Avaliações de áreas de influência, ou *buffer*, são aplicáveis a estudos que envolvam proteção de cursos hídricos, áreas de mananciais, rotas urbanas, uso do solo, etc..

O próximo passo é o uso do Geoprocessamento em situações mais complexas, que não causem ruptura nas etapas executadas anteriormente, mas sejam uma evolução natural. Para tanto, há que se eleger uma nova situação problemática e definir a condição desejada, elaborar uma modelagem cartográfica do problema e buscar a solução baseada nos objetivos que se quer alcançar.

11 – Segunda Situação Problemática

A tomada de decisão, na maioria das vezes, envolve não só informações de ocorrências territoriais, mas da evolução do fenômeno (XAVIER DA SILVA, op. cit.). Para tanto é imprescindível que se tenham dados temporais a respeito do fenômeno que se quer avaliar . As séries temporais oferecem um vasto campo para avaliação ambiental na área municipal, envolta com o controle da ocupação e uso do solo, que por premência, acaba desprezando o conhecimento da evolução dos fenômenos ao longo do tempo.

O principal tema que preocupa o administrador municipal está relacionado a evolução urbana X degradação ambiental, principalmente em áreas complexas sob o ponto de vista geomorfológico, como é o caso de Petrópolis.

O crescimento urbano em áreas de forte inclinação tem causado sérios acidentes e gerado problemas para o município. Encostas que antes estavam protegidas passaram a ser área de risco devido ao desmatamento e aos cortes nos terrenos para construção de moradias. É importante, portanto, que se tenha um instrumento para avaliar como esse fenômeno ocorre ao longo do tempo e em que direção, quais as áreas que foram ou estão sendo degradadas e qual o destino dado às mesmas.

Em Itaipava, como no resto do município, esse problema vem exigindo um esforço da administração para que o crescimento não transforme áreas de proteção ou estabilizadas em áreas de risco. Recentemente as discussões sobre a Lei de Uso, Parcelamento e Ocupação do Solo – LUPOS – tiveram como foco de debate a questão das declividades das áreas e sua possibilidade de ocupação pelo processo legal, já que as ocupações ocorrem de maneira sistemática há algum tempo. Em Itaipava o problema da ocupação das encostas gerou fortes debates, uma vez que as organizações ambientalistas defendiam a idéia de que a legislação devia ser altamente restritiva, pois a área possuía grandes porções de Mata Atlântica e que esta já tinha sofrido uma retração muito grande por conta da expansão urbana, não sendo, no entanto, apresentada nenhuma

fundamentação mais técnica sobre essa afirmação. Algumas perguntas começaram a intrigar a equipe responsável pela elaboração do projeto de lei, tais como saber se e quanto foi destruído da cobertura vegetal em Itaipava e quais declividades estavam sofrendo mais com esse processo? Houve ou não recuperação da cobertura vegetal e qual a magnitude desse processo?

A situação problemática envolve o conhecimento adequado desses fenômenos, necessitando saber em primeiro lugar se o mesmo está ocorrendo e, caso positivo, em que dimensão. As perguntas que se colocam, então, são:

- Houve perda da cobertura vegetal ao longo do período em que Itaipava sofreu grande expansão urbana?
- Se houve, qual a dimensão dessa perda e em que essas áreas se transformaram?
- O processo de expansão urbana está concentrado nas baixas declividades ou avança sobre as vertentes com forte inclinação?
- Quais as faixas de declividades mais sacrificadas com o processo de expansão urbana e onde o desmatamento se concentra com mais intensidade?

As respostas a essas quatro perguntas se constituem em dados de grande valor para o Prefeito, como responsável pela gestão do território municipal, e a equipe técnica, responsável pela elaboração das instruções normativas que regula o processo de expansão urbana nessa área.

Para que se alcance esse intento é necessário que se proceda a uma modelagem cartográfica do problema e se defina qual a seqüência de eventos necessários para atingir os objetivos.

11.1 – Modelagem Cartográfica para Obtenção dos Planos Básicos

Como norma básica para modelagem cartográfica da situação problemática apresentada, partiremos do que desejamos obter e voltaremos cada etapa até chegarmos aos dados existentes. (Fig.19).

Primeiramente para avaliar o comportamento da cobertura vegetal na área ao

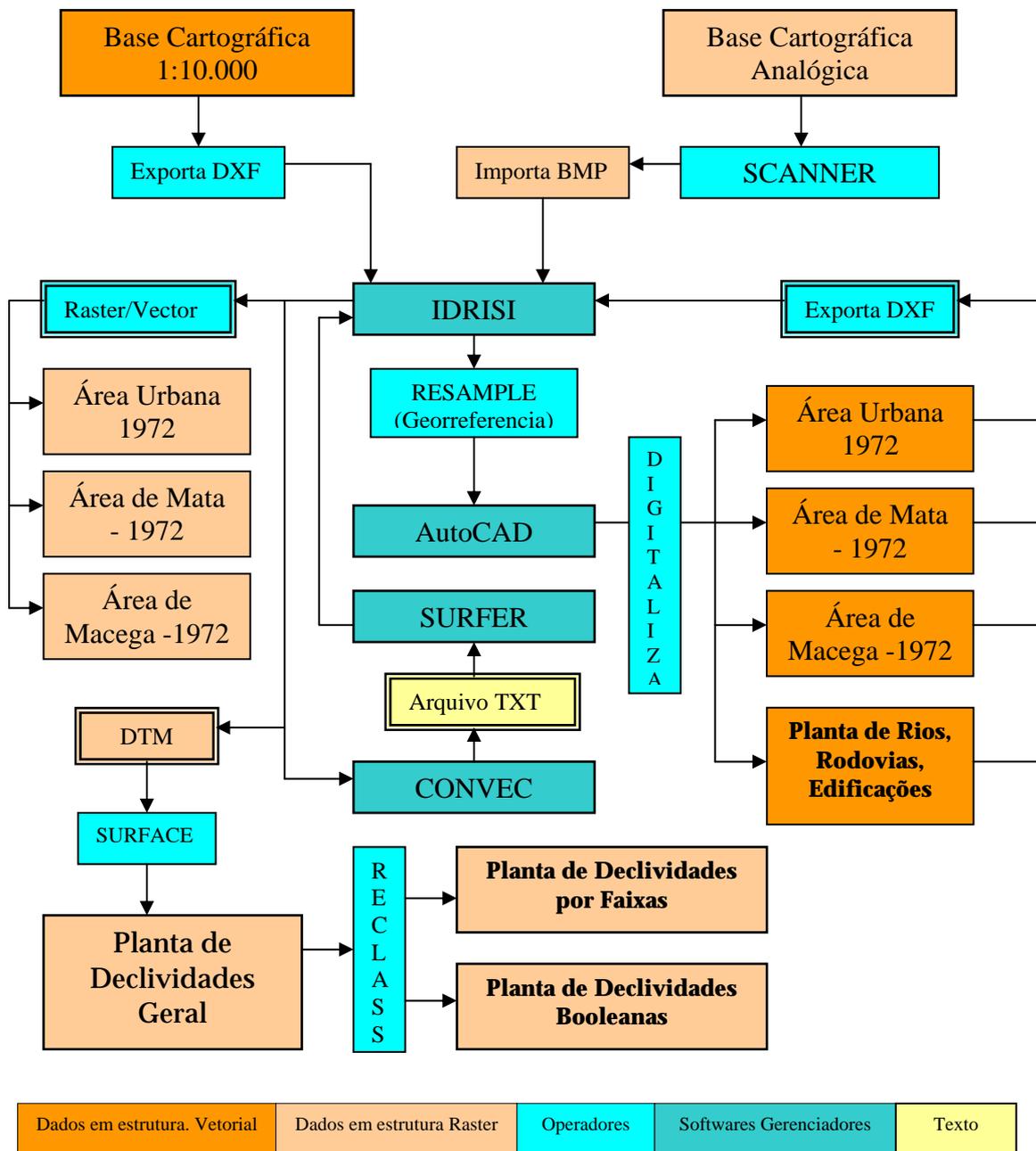


Fig. 19 – Modelagem Cartográfica para obtenção dos planos básicos necessários a situação problemática dois

longo de um determinado espaço de tempo, será necessários um conjunto de informações compostas de planimetrias das áreas que identifiquem a cobertura vegetal e urbana, recente e anterior. Os resultados serão obtidos através de operações de varredura sobre as matrizes que representem: a) o início do

intervalo temporal; b) que representem a realidade atual.

Os dados atuais estão disponíveis na base cartográfica digital na escala 1:10.000, mas os dados antigos estão em forma de cartas analógicas de papel, também na escala 1:10.000, que fazem parte da base cartográfica do município elaborada pela FUNDREM²⁶ em 1979.

Existem, portanto, duas bases em formatos diferentes:

- Base atual na forma digital, em estrutura vetorial e contendo 40 planos de informações em níveis – *Layers* - próprios;
- Base antiga, em cartas de papel, originárias de levantamento aerofotogramétrico e restituídas na escala de 1:10.000, contendo vários níveis de informações de forma temática, representados por elementos geométricos com legenda própria, impresso sobre papel.

Para que se obtenham planos de informação dentro do mesmo formato, há que se estabelecer rotinas que, partindo de bases diferentes, levem a dados com mesmo formato.

11.2 – Modelagem dos planos de dados atuais

Os planos de dados atuais, tanto na estrutura *raster* como vetorial, tem sua origem na base cartográfica digital. Esses dados não são compatíveis com a estrutura do *AutoCAD*[®], do *Idrisi* nem do *Surfer*, devendo ser convertidos. Para que isso seja possível, será suficiente que os níveis de dados necessários sejam exportados pelo *MaxiCAD*, que gerou a base cartográfica digital, em formato DXF, possibilitando sua importação, tanto pelo *AutoCAD*[®] quanto pelo *Idrisi*. Para a obtenção dos níveis relativos a vegetação e área urbana, há que se proceder ao fechamento dos polígonos que representam essas feições, pois apesar destes estarem presentes na base original, não foram construídos no formato adequado, onde a caracterização de uma determinada feição é

²⁶ Fundação da Região Metropolitana do Rio de Janeiro

resultante de partes de outras, às vezes em níveis diferentes²⁷. Esse é o motivo pelo qual os planos vetoriais devem ser trabalhados no *AutoCAD*[®], pois a transformação em matrizes exige que os polígonos que representam as feições estejam com seus limites definidos corretamente, caso contrário, pode haver a ocorrência de um terceiro agregado de células que representa a superposição (ou falta) das duas feições que identificam entidades diferentes.

Serão extraídos da base digital os seguintes níveis de informação:

- Área de mata natural (de interesse para preservação);
- Área de mata deteriorada (macega)
- Área de ocupação urbana;
- Planos de drenagem (rios, riachos e córregos)
- Plano viário (estradas, ruas, caminhos)
- Planos de entidades representativas (pontes, viadutos, edificações representativas).

Cada um desses níveis terá seu identificador representado por um numeral (cota Z) dado no *AutoCAD*[®] e, posteriormente, importado no *Idrisi*, usando-se esse numeral como identificador das entidades (Z value). Durante o processo de conversão para matrizes, os níveis vetoriais ficam preservados e podem ser usados como *coverages* para ligação com banco de dados ou simplesmente como delineadores das feições em estrutura *raster*, o que melhora a saída gráfica do produto final.

Outro nível de extrema importância obtido através da base digital é o Modelo Digital de Elevação (MDT), que exige um pouco mais de cuidado na sua elaboração, devido a uma série de fatores que influenciam na sua precisão. Para tanto é imprescindível que as isolinhas que representam as alturas (curvas de nível) sejam geradas a partir de entidades gráficas denominadas *Polilinhas 2D* (*2D Polyline*), compostas por pontos ligados entre si e que possuem a mesma

²⁷ Esse tem sido um erro comum verificado na elaboração das bases cartográficas digitais, onde as mesmas são apenas desenhadas no computador através de técnicas válidas apenas para a cartografia analógica.

cota. Cada polilinha, portanto, está inserida numa determinada elevação que representa sua altura, representando a curva de nível correspondente.

O segundo passo, depois da edição no *AutoCAD*[®] e exportação através do arquivo tipo DXF, será a importação pelo *Idrisi* usando-se os atributos da cota Z (Z value) como elemento de identificação das entidades. Esse processo gera um plano de informações altimétrico na estrutura vetorial, que será a base para a elaboração do MDT. A transformação de um plano vetorial altimétrico em um Modelo Digital de Terreno, porém, necessita de um procedimento que envolva a avaliação não só dos elementos que representam as altitudes (pontos ou curvas de nível), mas a interação entre eles, uma vez que a modelagem de superfícies depende de várias características como declividades, máxima inclinação, convergência e divergência de planos.

Cada programa trata essa conversão, fazendo uso de algoritmos que buscam representar na sua forma mais extensa e exata possível todos esses aspectos, mas não alcançam o objetivo traçado pelo analista, seja porque o trabalho exige um alto grau de precisão ou porque o *software* não possui um módulo suficientemente desenvolvido. No caso deste trabalho os dois aspectos são verdadeiros pois, por um lado, Petrópolis possui um território onde a declividade dos terrenos se constitui no parâmetro mais importante numa avaliação e, por outro, o *Idrisi* não possui um módulo eficiente de transformação dos planos vetoriais de elevação em DTM.

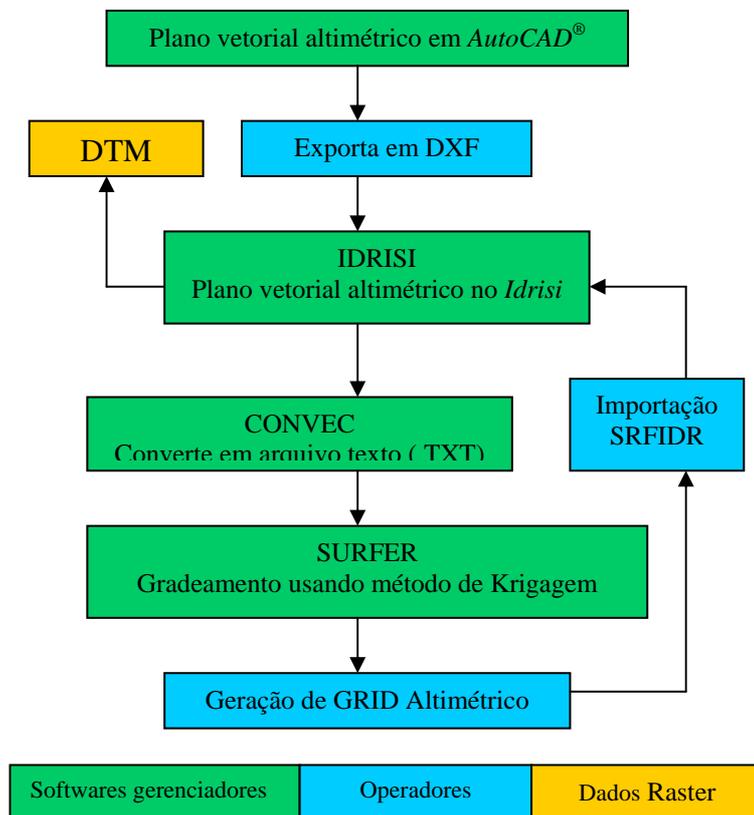
Como o DTM é um dado primário, pois dele depende o resultado de vários outros planos, sua elaboração não pode prescindir de uma boa precisão. Esse objetivo é alcançado com o uso do *Surfer*, que possui um módulo de gridagem mais eficiente, oferecendo ao analista vários algoritmos que respondem bem ao nível de precisão exigido. Para tanto há que se converter os arquivos vetoriais do *Idrisi* (.VEC) em arquivos texto (.TXT) exigidos pelo *Surfer*, que trata os dados altimétricos, considerando apenas os pontos que compõem as curvas. No *Surfer* é possível definir vários aspectos da gridagem que dará origem ao DTM, tais como:

- Limites da área que se quer trabalhar;
- Tipo de algoritmo usado para o gradeamento;
- Densidade da malha base (*grid*);
- Resolução espacial das células que formarão a matriz (imagem, na terminologia *IDRISI*).

O mais importante, no entanto, é a definição do algoritmo, pois dele dependerá a precisão final do DTM. Em terrenos com grandes variações de relevo o método que se revelou mais eficiente foi a Krigagem²⁸, pois incorpora dados referentes aos pontos vizinhos daquele que está sendo analisado, buscando definir aspectos, como tendência de declividade e junção de planos convergentes e

divergentes.

Os outros parâmetros são definições da geometria do DTM, sendo importantes para o “refino” da precisão final, onde a resolução espacial que se deseja é o mais importante. A fig. 20 mostra a modelagem cartográfica para a elaboração de DTMs, tendo como base planos vetoriais do *Idrisi*.



A partir do Modelo

Fig. 20 – Modelagem cartográfica para geração de DTM

²⁸ Kriging é um método geoestatístico de gradeamento, útil e popular em muitos campos. Este método produz contornos por aproximação visual de eventos em superfície com espaçamento irregular de dados. Kriging tenta expressar tendências que são sugeridas em seus dados, de forma que, por exemplo, poderiam ser conectados pontos altos ao longo de um pico, em lugar de isola-los através de contornos do tipo olho-de-boi.

Digital de Elevação são elaborados todos os procedimentos que envolvem declividades. A avaliação da situação problemática proposta necessita dos planos de declividades por classes, conforme definido pela LUPOS, o que pode ser conseguido a partir do DTM, usando-se o módulo *SURFACE* do *Idrisi*, que gera um plano de declividades contínuo. Para a obtenção das declividades por classes, é feito uso do módulo *RECLASS*, que reclassifica a matriz de declividades contínua em uma matriz com declividades dentro de intervalos, que no caso da Lei de Uso, Parcelamento e Ocupação do Solo – LUPOS – estão divididos em 6 faixas, conforme definido a seguir:

- 0 a 30%
- 30 a 45%
- 45 a 60%
- 60 a 80%
- 80 a 100%
- Acima de 100%

A matriz resultante pode ser dividida em seis outras, cada uma representando uma faixa específica, o que permite que se proceda a operações de associação para se obter informação sobre ocorrência de uma classe qualquer em combinação com outras variáveis. A elaboração do mapa de ocupação urbana em áreas com declividades até 30%, por exemplo, é conseguida, associando-se a matriz que representa essa faixa de declividades com a matriz que representa as áreas de ocupação urbana. Os procedimentos para obtenção da ocupação urbana ou área de matas nas outras faixas são análogos.

Outros planos de informação obtidos a partir da base cartográfica digital são os relativos a hidrografia, rede viária e entidades representativas, tais como obras de arte (pontes e viadutos), praças, feições geomorfológicas, etc..

O plano de hidrografia e a rede viária, no entanto, são de grande importância, pois, enquanto o primeiro representa a estrutura de drenagem da área, o segundo define a dinâmica da ocupação urbana. Rios e estradas, em áreas de relevo acidentado, estão ligados pela mesma conformação, uma junção que nem

sempre funciona corretamente. Em Petrópolis a rede viária, na sua maior parte, acompanha a rede de drenagem, ocupando os terraços ou, o que é pior, o leito maior dos rios, sujeitos a inundações periódicas, causando enormes transtornos e prejuízos financeiros aos cidadãos e ao município.

A base cartográfica digital possui a rede de drenagem estratificada em vários níveis, desde os rios de primeira ordem (no caso o rio Piabanha) até cursos efêmeros, que só aparecem na época das chuvas. Essa estratificação, apesar de estar na estrutura vetorial, não foi elaborada dentro dos padrões digitais, mas de forma analógica, devendo ser trabalhada no *AutoCAD*[®], para que não haja superposição na representação das entidades ou a não concordância entre suas fronteiras, o que gera, quando transformadas em matriz, um terceiro conjunto de células com atributos que não pertence a nenhuma das classes em questão (fig. 21).

Com a malha viária ocorre o mesmo problema, devendo a mesma ser tratada antes de importada para o *Idrisi*. Estes planos se constituirão em dados com dupla função: permitir a ligação com o banco de dados para avaliações lineares (roteamento, área de influência, etc..) e como elemento auxiliar de visualização nas matrizes obtidas por processos associativos.

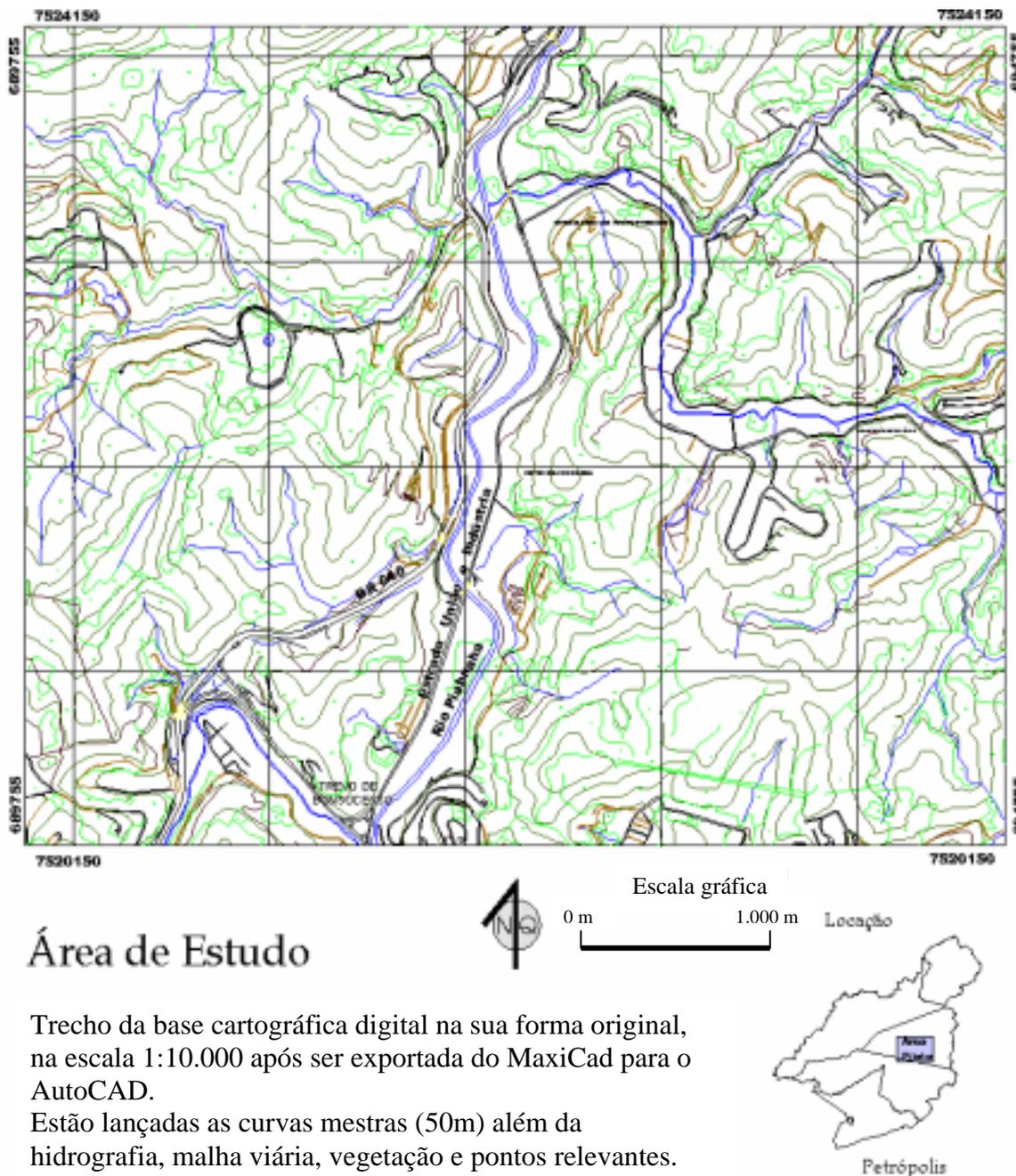
11.3 – Modelagem dos Planos de Dados Antigos

Os dados antigos, tanto na estrutura *raster* como vetorial, tem sua origem na base cartográfica analógica de 1979. Esses dados se encontram em cartas de papel, na escala de 1:10.000, devendo ser convertidos para a estrutura digital. Para que isso seja possível, será necessário que o trecho da carta referente à área piloto seja digitalizado através de scanner, gerando uma matriz, que deverá ser georreferenciada, para que possam ser extraídos os planos de informação necessários.

A questão mais delicada que envolve a digitalização de uma matriz qualquer está no seu georreferenciamento, pois dele dependerá toda a precisão dos

vetores que representam as feições relevantes à avaliação que se deseja executar.

O método clássico, usado em qualquer *software* para georreferenciar uma imagem, está baseado na identificação de um determinado número de pontos com coordenadas conhecidas nessa matriz, denominados pontos de controle,



Trecho da base cartográfica digital na sua forma original, na escala 1:10.000 após ser exportada do MaxiCad para o AutoCAD.

Estão lançadas as curvas mestras (50m) além da hidrografia, malha viária, vegetação e pontos relevantes.

Fig. 21- Trecho da base cartográfica digital referente a área piloto

usados para o ajuste da mesma dentro do *espaço geográfico* correspondente. Um fator determinante nesse processo é o conhecimento prévio dos parâmetros de projeção, que deverão ser os mesmos usados em todos os arquivos constantes dos planos finais.

O georrefenciamento de uma carta analógica, no entanto, oferece a facilidade da mesma já possuir lançada a malha geográfica, podendo cada cruzamento (ou nó) dessa malha ser usado como um ponto de controle, pois suas coordenadas são perfeitamente conhecidas. Isso reduz sensivelmente os erros causados por tomadas de pontos com coordenadas erradas, como ocorre nas matrizes oriundas de aerofotografias.

Baseado nessa premissa, o trecho da carta de Itaipava referente à área piloto foi digitalizado através de *scanner* de mesa no padrão A4 e georrefenciada no *Idrisi* usando-se o módulo *RESAMPLE* (reamostragem fig. 22). Uma vez estabelecido seu referenciamento e sua resolução espacial (tamanho do *pixel*), a matriz é exportada para o formato *.BMP*, onde será inserida no *AutoCAD*[®], como uma matriz *raster* de fundo, para a vetorização das feições necessárias ao processo de avaliação proposta

A vetorização dos vários planos de informação no *AutoCAD*[®] é feita a partir da interpretação das feições que se encontram impressas na carta de papel. A precisão dos elementos gráficos dependerá de dois fatores básicos: a resolução da matriz e a precisão do georreferenciamento.

Um aspecto importante a ser observado, ao se proceder ao georrefenciamento da matriz, é o arquivo de referência do sistema de projeção que se utilizará. Tanto a base cartográfica digital quanto as cartas analógicas utilizam o sistema UTM (Universal Transversa de Mercator), mas enquanto os arquivos digitais foram gerados usando como referência o *datum* SAD69²⁹, as cartas analógicas estão referenciadas segundo o *datum* de Córrego Alegre, de vigência anterior. Nestes casos, em que se têm dois conjuntos de dados fazendo uso de sistemas de referência diferentes, é aconselhável que se proceda à extração dos dados

²⁹ SAD69 – South American Datum, sistema de referência para a América do Sul, adotado em 1969

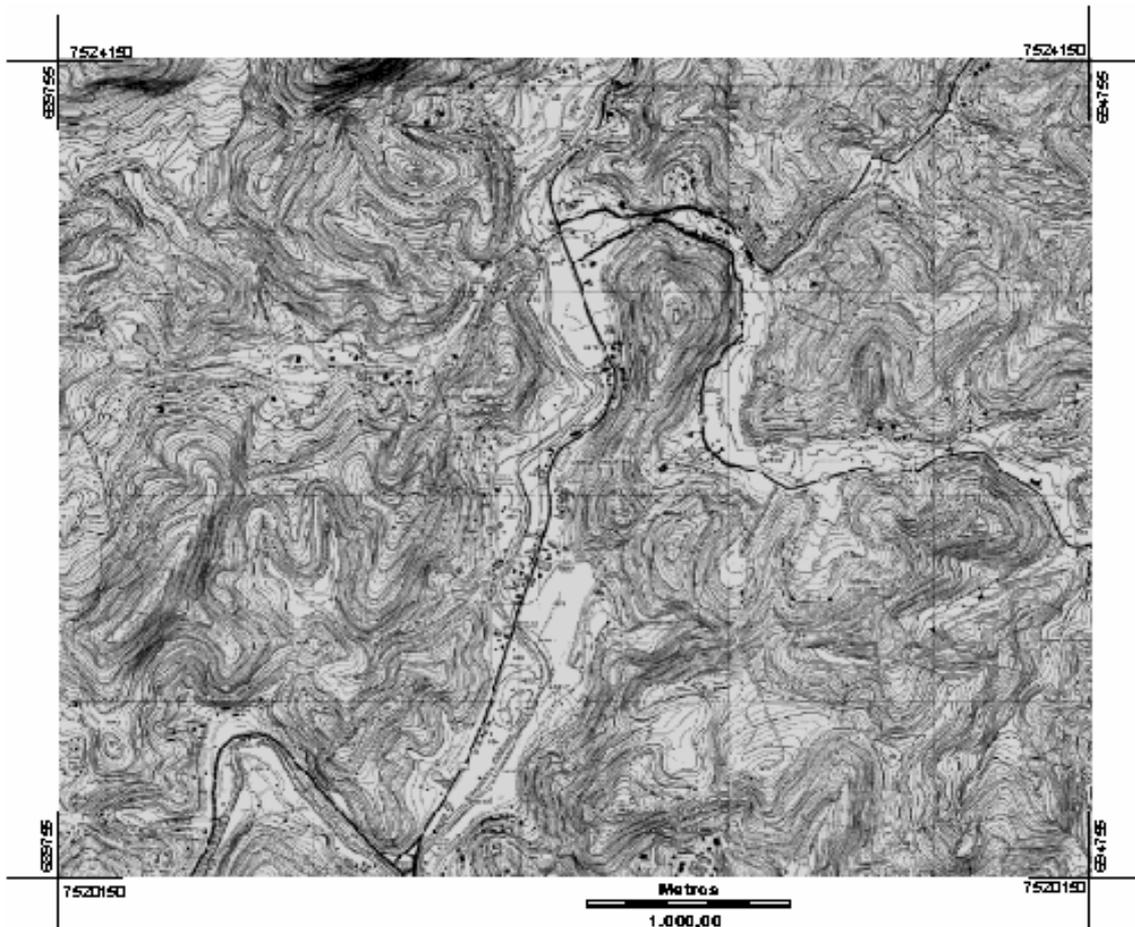


Fig. 22 – Carta analógica digitalizada em *scanner* da área piloto (junção de duas partes de cartas contíguas)

básicos fazendo-se uso do sistema no qual a base foi gerada. Esse procedimento preserva as características presentes na carta original, sem necessidade de se proceder uma reamostragem só para acertar o georreferenciamento. Os dados resultantes, no entanto, deverão ser convertidos para o sistema de referência atual, no caso desse trabalho, o SAD69.

Esse procedimento é muito eficaz quanto se buscam informações que sofrem mudanças ao longo de um período de tempo, tais como evolução ou degradação da cobertura vegetal ou expansão urbana. Características geomorfológicas, como dados altimétricos, que sofrem variações em intervalo de tempo muito longo, devem ser usados a partir da base digital mais atual e precisa, evitando-se grande desperdício de tempo na vetorização, a partir da carta analógica.

11.3.1 – Metodologia para a vetorização dos planos

Uma carta analógica em papel apresenta seus dados como uma série de feições geométricas diferenciadas por símbolos, tipos de linhas, espessura do traço, cor das áreas e atributos descritos por textos. Devido a esse fator, a vetorização das feições desejadas deve ser executada, observando-se todos esses fatores e estabelecendo a forma que os mesmos tomarão, ao serem transferidos para o ambiente digital.

Dados como os de vegetação, encontram-se bem definidos por polígonos que representam as áreas de matas e suas variantes (macega, pasto, capoeira), de identificação direta e, portanto, bem precisos. Outros, como os dados da área urbana, dependem da interpretação do analista sobre o que caracteriza uma área urbana. Cada município possui regras diferentes, baseadas em suas leis de uso e ocupação do solo, o que, muitas vezes, gera confusão na definição clara e objetiva do que seja ou não solo urbano.

Neste trabalho foram usados dois critérios para a obtenção dos dados necessários: o primeiro procura extrair as feições que estão perfeitamente identificadas da carta analógica, e o segundo procura extrair as feições através de interpretação de dados que estão presentes na carta, mas não possuem uma fronteira definida por linhas ou qualquer outro elemento geométrico.

Como exemplo do primeiro caso temos os dados de vegetação, afloramentos rochosos, cursos d'água e malha viária, perfeitamente delineados por poligonais fechadas ou abertas que identificam claramente as feições, em área e em linha, que definem extensões de ocorrência e a estrutura viária ou hidrográfica em questão. No segundo exemplo temos a delimitação das áreas de expansão urbana, que depende da interpretação do analista para identificar as *fronteiras* dessa área. A dúvida é se a simples presença de uma edificação, ou conjunto delas, define ou não uma área urbana?

Como critério para resolver esse problema, foi adotado um procedimento que

estabelece como área urbana aquela que possui infra-estrutura mínima, caracterizada por ruas bem definidas e abastecidas por serviços básicos de água, luz e telefone. Através do acesso às informações constantes nas concessionárias de serviços públicos, foi possível definir com bastante precisão as áreas que se encaixavam nesse perfil. Os resultados foram planos de informação que definem a ocupação urbana e a cobertura vegetal da área em 1979, num espaço temporal de 19 anos.

Feito isso, cada plano é separado em níveis (*Elev*) diferentes, de onde é exportado em arquivos na estrutura .DXF para o *Idrisi*, que faz uso do módulo *Import/export* para importar os mesmos para sua estrutura.

No *Idrisi* cada nível gerado no *AutoCAD*[®] transforma-se num plano vetorial, onde cada *elev* é usado como identificador dos elementos geométricos constantes no arquivo CAD que serão incorporados na estrutura .VEC do *Idrisi*.

O próximo passo será a transformação dos planos vetoriais em planos *raster*, sendo necessária a criação de matrizes vazias com as mesmas coordenadas do plano vetorial e com a definição resolução espacial adotada, que é dada através do número de linhas e colunas que a matriz terá. Quando se trabalha com vários planos de informação, sejam eles gerados a partir de dados atuais ou antigos, é imprescindível que seja usada a mesma resolução espacial, para que haja coincidência entre as células com o mesmo endereço.

Para essa segunda parte do trabalho foi definida uma resolução espacial de 5 metros, ou seja, cada célula da matriz (pixel) corresponde a um quadrado de 5X5m na superfície real. O corte da área piloto possui as dimensões de 4X5 km (4000X5000m), e foi gerada uma imagem de 800 linhas por 1000 colunas.

11.4 – Processamento dos planos de informação

Depois de processados todos os dados disponíveis, atuais e antigos, foi obtida uma série de planos de informação, *raster* e *vetor*, denominados de *planos básicos*, uma vez que a partir deles poderá ser elaborado todo o processo de avaliação

necessária à resolução da situação problemática 2.

Esses planos se referem aos dados de 1979 e 1997, conforme definidos a seguir:

- Planos de informação de 1979 (fig. 23):
 - ✓ Plano de ocupação do solo, constando de:
 - Ocupação Urbana (urbana e semi-urbana);
 - cobertura vegetal (mata nativa, mata deteriorada ou macega, pasto e cultura)

Mapa de Ocupação da Área Piloto em 1979

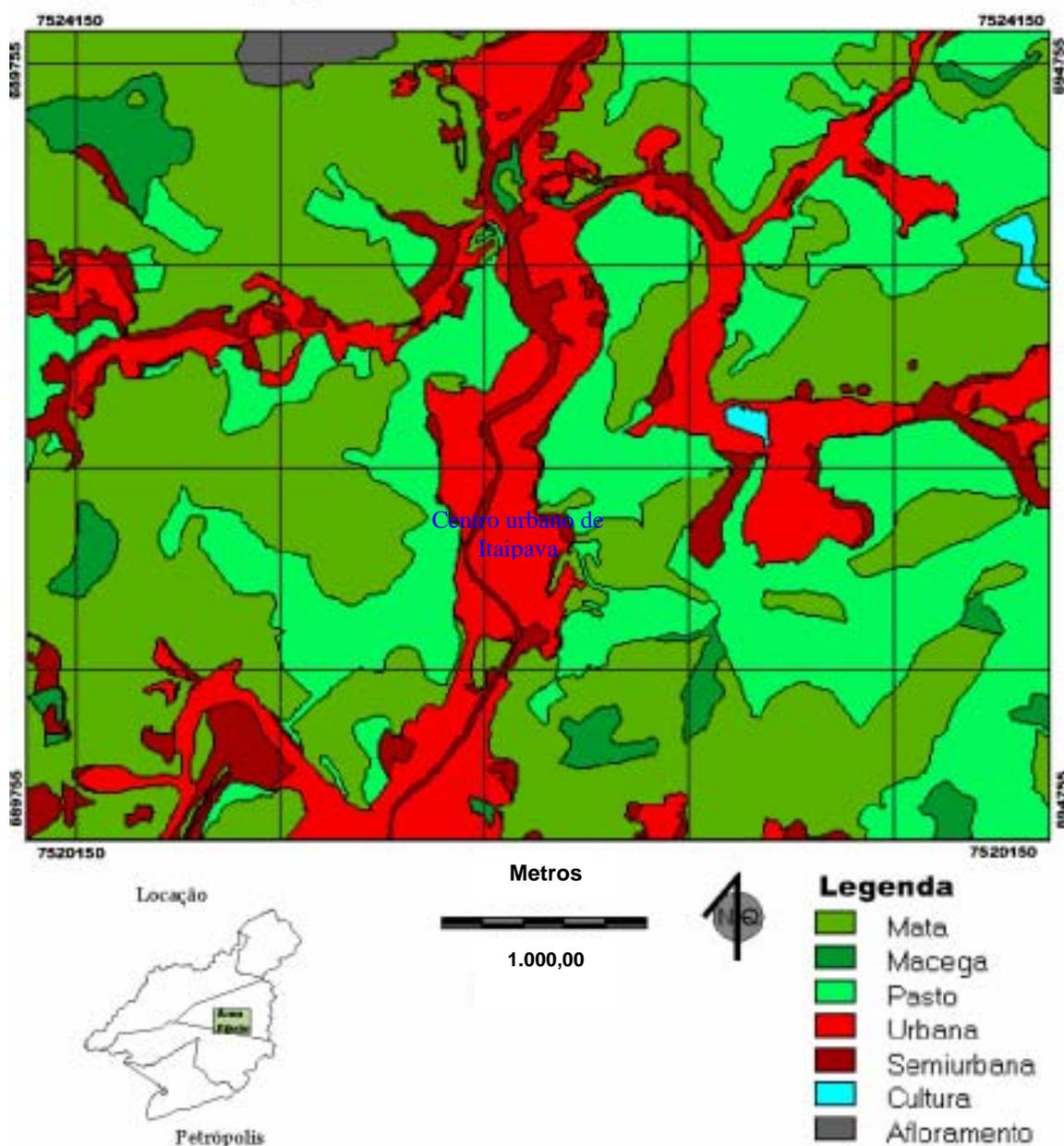


Fig. 23 – Mapa da ocupação da área piloto em 1979

- Planos de informação atuais (obtidos a partir da base cartográfica digital), constando de:
 - ✓ Modelo Digital de Elevação - DTM; (fig. 24)

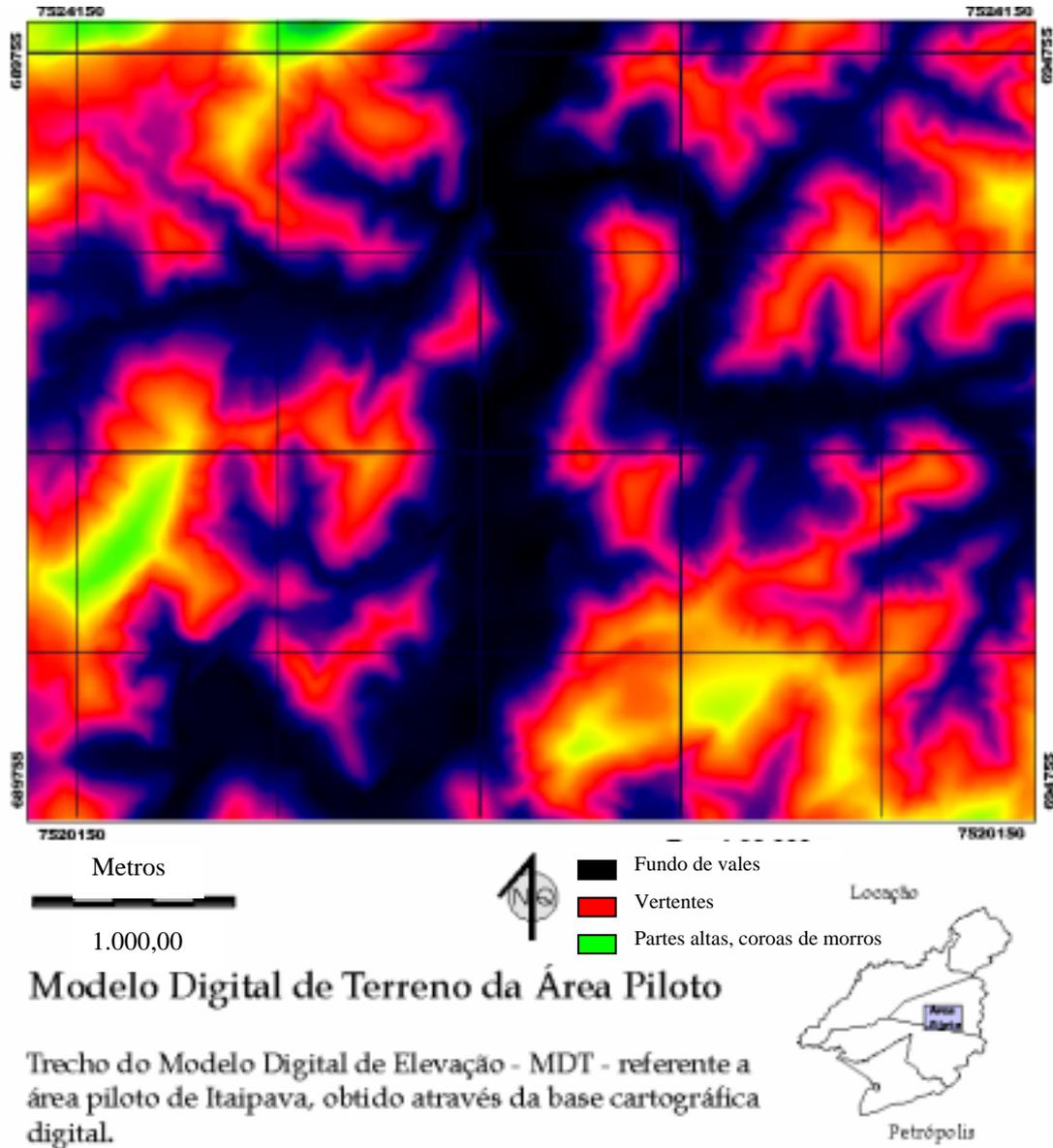
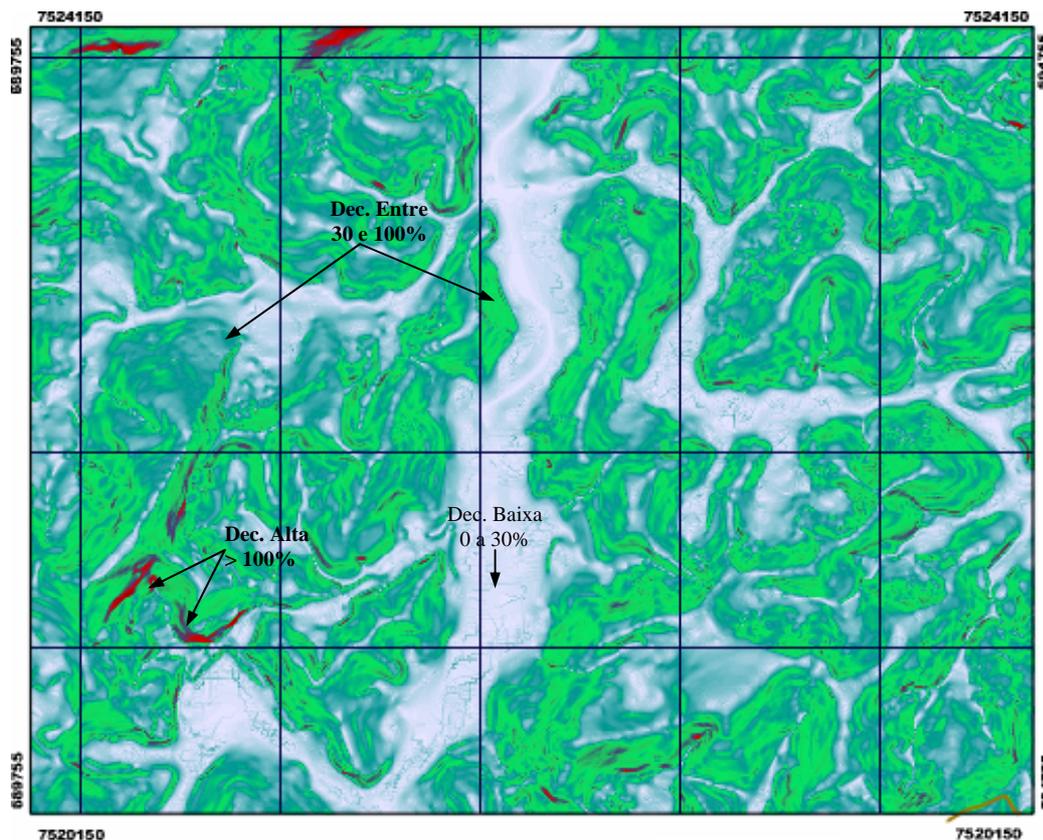


Fig. 24 – Modelo Digital de Terreno – MDT – da área piloto, obtido da base cartográfica digital do município , na escala 1:10.000

- ✓ Plano de declividades total; (fig. 25)
- ✓ Plano de declividades por faixas; (fig. 26)
- ✓ Plano de ocupação do solo, (fig. 27) formado pelas classes;
 - Ocupação urbana (Urbana e semi-urbana);

- Cobertura vegetal (mata nativa, mata deteriorada ou macega, pasto e cultura);
- ✓ Afloramento rochoso;
- ✓ Planos vetoriais da malha viária, da hidrografia e de entidades relevantes (pontes, viadutos, edificações significativas, etc.);
- ✓ Plano altimétrico com as curvas de nível em intervalos de 10 m e 50m.



Mapa de Declividades Geral

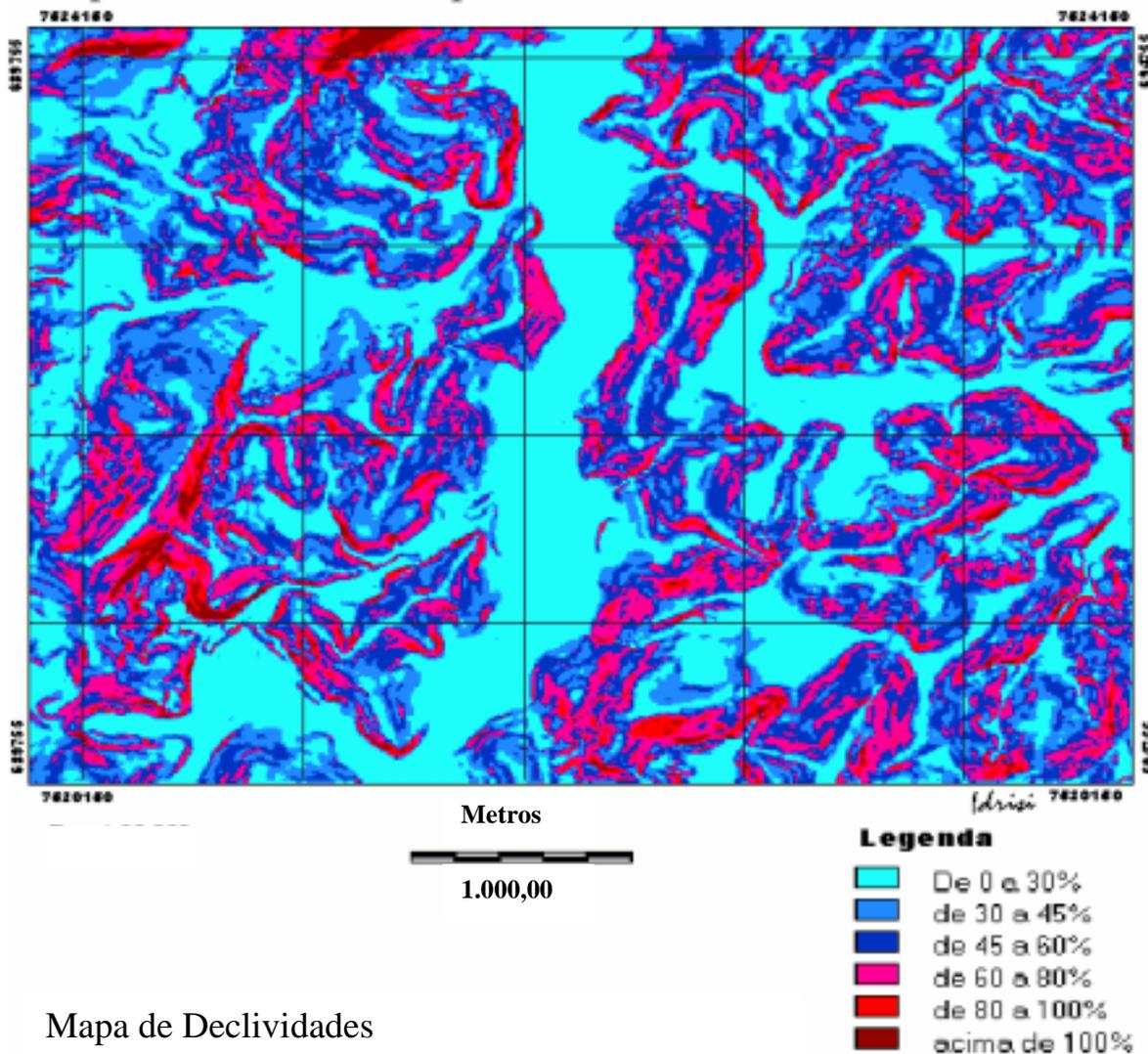
Mapa de declividades geral da área piloto, em 256 níveis, obtido no Idrisi, através do DTM, usando o módulo SURFACE



Fig. 25 – Mapa de declividades geral da área piloto

Na seqüência temos a série de planos de dados atuais obtidos à partir da base cartográfica digital.

Mapa de Declividades por Faixas



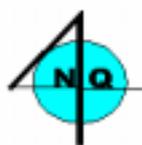
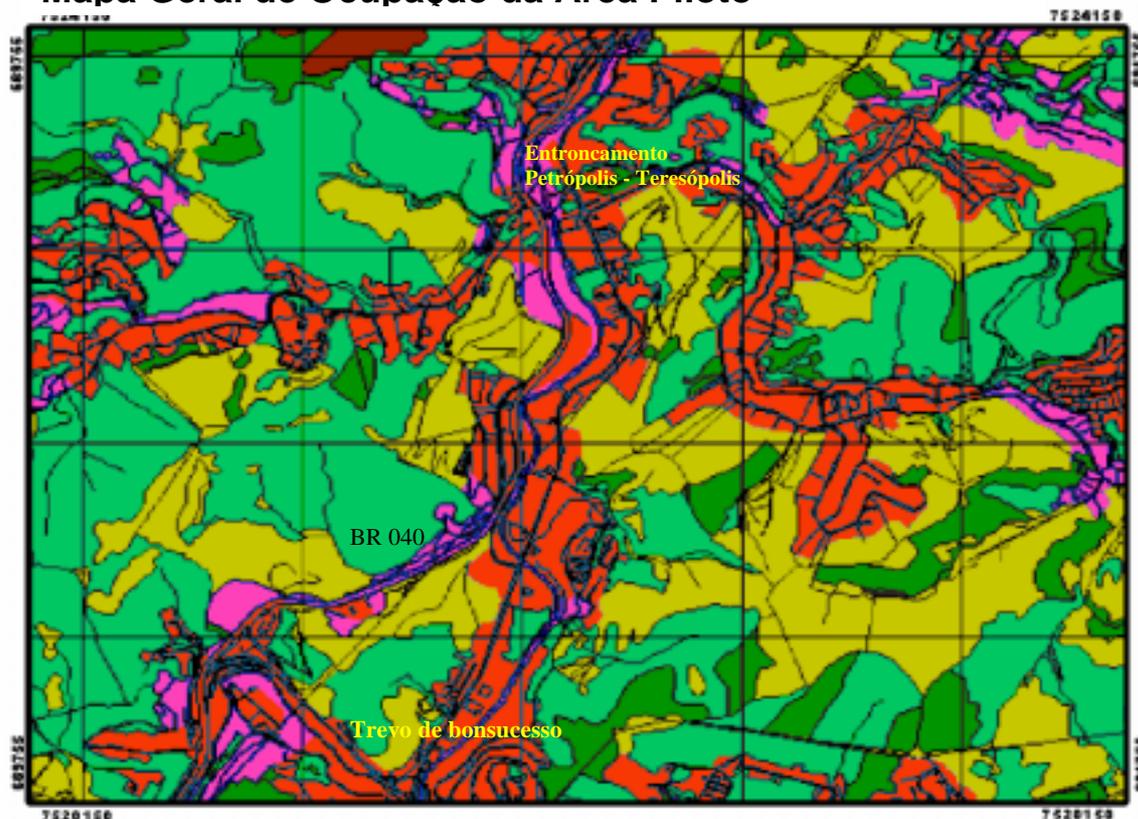
Mapa de Declividades

Mapa de declividades por faixas da área piloto obtido através da reclassificação do Mapa de Declividades Geral. As 6 faixas de declividades são as estabelecidas pela Lei de Uso, Parcelamento e Ocupação do Solo – LUPOS – para o município de Petrópolis



Fig. 26 – Mapa das declividades por faixas da área piloto, conforme estabelece a LUPOS.

Mapa Geral de Ocupação da Área Piloto



Metros



1.000,00

Legenda

■	Mata
■	Macega
■	Pasto
■	Urbana
■	Semiurbana
■	Afloramento

Mapa geral de Ocupação

Mapa geral de ocupação atual por classes da área piloto.

As classes foram obtidas diretamente dos níveis constantes da base cartográfica digital, tais como mata, macega, pasto e afloramentos. As classes urbana e semiurbana foram interpretadas a partir da aerofoto da área.

Locação



Fig. 27 – Mapa da ocupação atual da área piloto

11.4.1 – Considerações Sobre os Planos de Informação

Vários critérios podem ser usados para a definição dos planos de informação que se podem obter a partir das bases. Dependendo da consistência dos dados

presentes nessas bases, podem ser obtidos inúmeros planos de informação, alguns nem sempre necessários aos objetivos imediatos que se deseja alcançar em determinadas avaliações.

Cumprido, então, ao analista definir quais os objetivos que se deseja alcançar e, a partir deles, elaborar um roteiro de planos que representem o conjunto de informações necessárias à avaliação proposta.

Para essa segunda parte do trabalho, o principal objetivo foi avaliar o comportamento da evolução da ocupação do solo da área piloto, num período de tempo estabelecido entre 1979 e 1997. Para tanto foram definidos planos de informação que demonstram a cobertura vegetal da área, a ocupação humana e fatores naturais (rios, afloramentos rochosos e conformação morfológica).

O plano de informação sobre a cobertura vegetal foi dividido em quatro classes que representam a realidade da área, sendo eles:

- Mata nativa;
- Macega;
- Pasto;
- Cultura;

A mata nativa refere-se à cobertura vegetal de porte presente na área, normalmente áreas de mata atlântica em seu estado natural e, portanto, de interesse para preservação ambiental, principalmente nas áreas de nascentes e de fortes declividades, para que não haja desequilíbrio nas condições naturais do terreno.

Áreas de macegas são aquelas em que a cobertura de mata nativa foi removida e há, em seu lugar, uma vegetação pouco densa, ora dominada por capoeiras, ora por capinzais sem fins de pastagens. Incluem-se nessas as áreas de recuperação de mata.

As áreas de pasto são aquelas onde há o predomínio de gramíneas, sejam elas cultivadas para fins de pecuária, sejam oriundas do desmatamento, tais como a presença de capim gordura. Muitas das áreas de pasto são remanescentes de antigas plantações de café, que foram abandonadas e tornaram-se áreas de

pastagens.

Finalmente, as áreas de cultura são aquelas onde há presença clara de plantações numa extensão tal que seja significativa. Foram desconsideradas pequenas hortas e plantações caseiras que possuem caráter efêmero.

Quanto à ocupação humana, os critérios adotados levaram em consideração a extensão da descaracterização dos aspectos naturais da área envolvida. Como o estudo visa à avaliação de uma pequena porção de território (20 km²), não foram adotadas as normas clássicas do urbanismo para a definição de áreas urbanas extensas, mas sim um refinamento dessas para que se possa avaliar a intervenção humana em pequenas áreas. Para tanto foi feita uma divisão em duas classes de ocupação: urbana e semi-urbana.

Como área urbana entende-se aquela onde há forte presença da ocupação humana, caracterizada por edificações (residenciais, comerciais e industriais), rede viária claramente estabelecida e infra-estrutura (luz, água, telefone e transporte urbano).

O termo semi-urbano foi aqui usado para delimitar as áreas que não possuem uma cobertura vegetal definida, mas que também não preenchem os requisitos para que se classifique como áreas urbanas. São, *a priori*, áreas com características urbanas, mas que não estão consolidadas, podendo sofrer uma evolução e consolidação como urbanas ou retroceder para uma área de recuperação de mata, de pastagem ou cultura.

Finalmente, há aquelas áreas que possuem características próprias e que se diferenciam de todas as outras, sendo a principal delas os afloramentos rochosos. A região de Itaipava possui solos pouco espessos em algumas áreas, fazendo com que o substrato rochoso aflore ou esteja muito próximo da superfície. Mas há casos em que a massa rochosa está exposta, formando maciços com superfícies de acentuada declividade. Essas superfícies foram classificadas como afloramentos rochosos e as variações verificadas ao longo do período avaliado estão relacionadas basicamente com mudanças ocorridas no sopé dos mesmos.

11.5 – Avaliação da Situação Problemática Segundo os Planos de Informação

As avaliações sobre a área de estudo podem abordar os problemas sob dois aspectos:

- O comportamento atual da ocupação da área segundo suas declividades;
- As alterações da ocupação no intervalo de tempo correspondente às datas das duas ocasiões levantadas.

No primeiro caso é imperativo que se proceda a uma avaliação criteriosa sobre o comportamento das classes de ocupação da área segundo as declividades do terreno, visto que esse aspecto tem causado grandes discussões entre membros da equipe do município responsável pelo planejamento urbano e vários órgãos externos, notadamente ONGs preocupadas com a preservação ambiental, e setores do governo federal e estadual, responsáveis por áreas específicas, como o IBAMA. No cerne dessa discussão está a questão Expansão Urbana X Preservação da Mata Nativa, havendo todo o tipo de pressão desses órgãos para que o município não implemente qualquer planejamento que ocasiona expansão da ocupação urbana, sob alegação de que essa expansão está comprometendo a cobertura vegetal da área, principalmente aquela localizada em declividades acima de 30%. Não se dispõe, porém, de uma quantificação desse comprometimento para subsidiar as discussões, e o debate segue no terreno das denúncias e discussões, servindo aos interesses de quem gritar mais alto e comprometendo todo o processo de planejamento urbano da área.

Para que seja gerada a informação (ganho de conhecimento) necessária para instruir essa discussão, será feito um cruzamento do mapa de ocupação da área por classes com o mapa de declividades por faixas da mesma área. O resultado será um plano de informação que quantifica a porção que cada classe ocupa nas faixas de declividades estabelecidas pela Lei de Uso, Parcelamento e Ocupação do Solo – LUPOS.

Para isso foi usado o módulo “*CROSSTAB*” do *Idrisi*, em que o plano de ocupação por classes é cruzado com o plano de declividades por faixas,

conforme ilustrado na modelagem cartográfica da fig. 28.

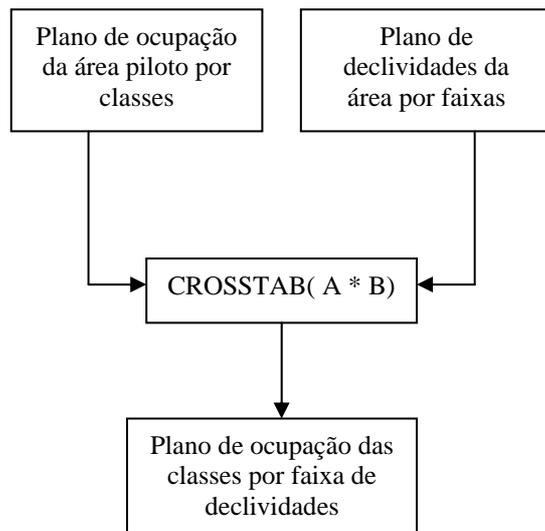


Fig. 28 – Modelagem cartográfica para obtenção da ocupação da área por faixas de declividades

Os dados obtidos estão agrupados no mapa de ocupação por faixas da área piloto (fig. 29) e no gráfico 1 que mostra o quanto cada classe ocupa em cada faixa de declividades.

Pode-se verificar que a ocupação urbana está concentrada basicamente na primeira faixa de declividade (0 a 30%) com 15,47 %, e que a mata nativa está distribuída de forma proporcional entre as três

primeiras faixas, tendo seu pico na faixa 3 (entre 45 a 60%), com 9,97 %, em contraste com os 1,27 % da ocupação urbana. O quadro mostra também que as áreas de pastagens estão distribuídas de forma eqüitativa nas quatro primeiras faixas, tendo seu pico na faixa 3 (entre 45 a 60%) onde ocupa 7,43% do total de 20,00 km² da área.

Baseados nesses dados, podemos concluir que as percentagens das áreas relativas aos 6,09% de pastagens, 1,51% macega e 3,74% de semi-urbana da faixa 1 (0 a 30%), podem ser caracterizadas como áreas de expansão urbana, perfazendo um total de 11,34% (2,27 km²).

É importante observar que 34,61% da área piloto está entre 0 e 30%. Se for considerado que é possível a ocupação de terrenos dominados por declividades até 45%, desde que se observem rígidas normas de segurança, a área para expansão urbana cresce para 20.19% do total devido ao acréscimo de 8,85% relativos as áreas de macega, pasto e semi-urbana da faixa 2, o que se constitui num importante elemento para o planejador, que dispõe dessas reservas se apoiar-se em normas mais rígidas de proteção para as faixas de declividades acima de 30%.

Mapa Geral da Ocupação por faixas de Declividades

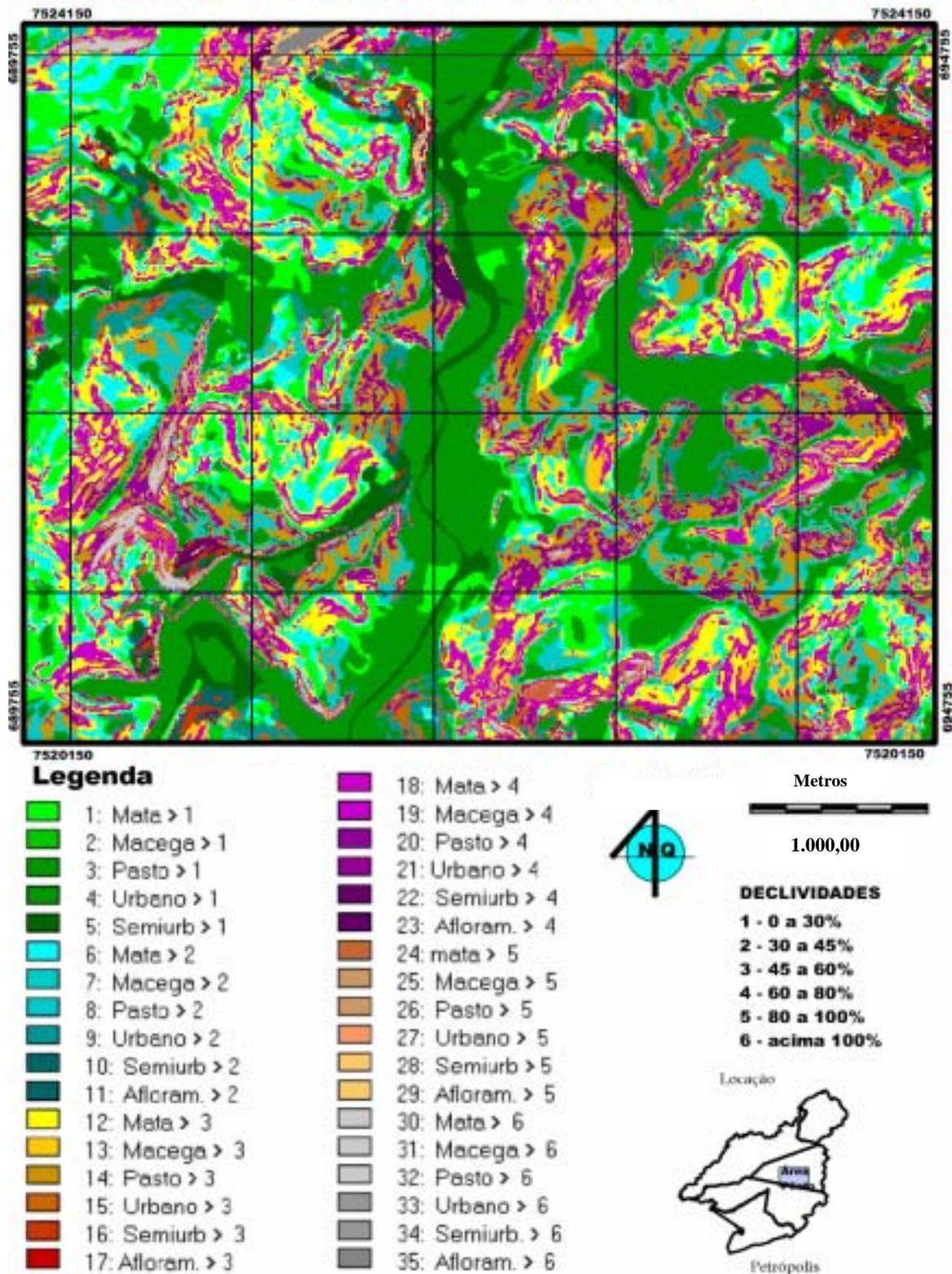


Fig. 29 – Mapa da ocupação da área piloto por faixas de declividades

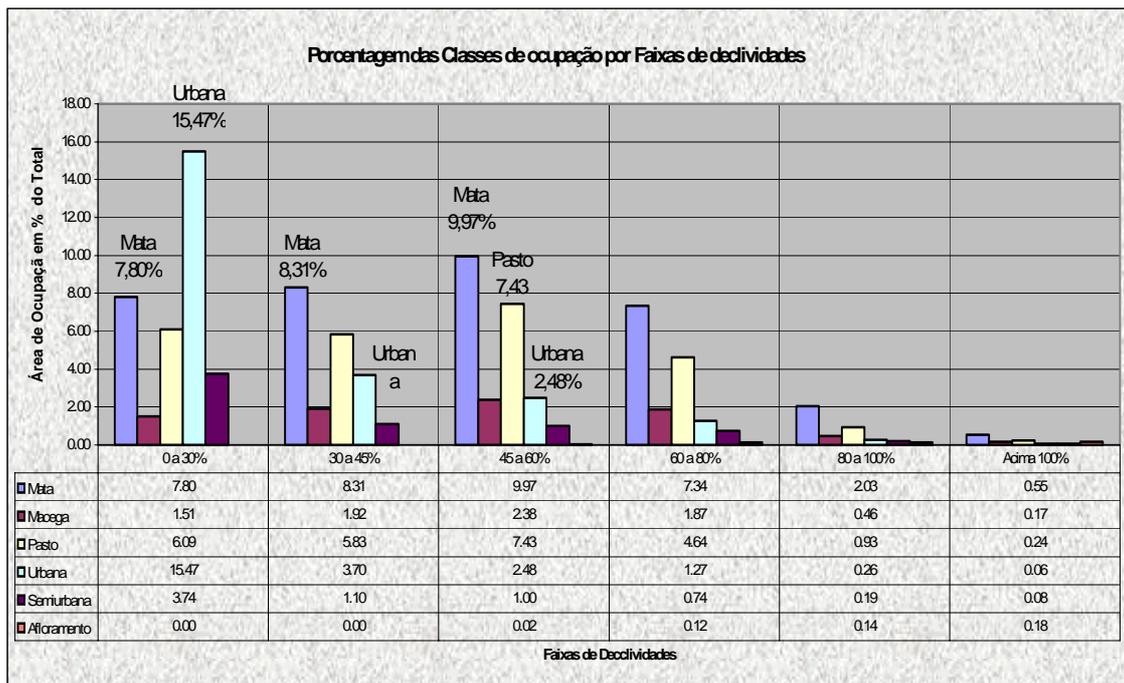


Gráfico 1 – Percentagem de ocupação das classes por faixa de declividades

Com exceção da primeira faixa, de natureza eminentemente urbana, pode ser verificado que no restante há sempre um domínio da cobertura de mata nativa sobre as outras classes de ocupação, tendo seu pico na faixa entre 45 e 60%. Por outro lado, o gráfico 2 demonstra que em todas as faixas de declividades há uma porcentagem muito grande de pasto, o que demonstra uma ação acentuada de retirada da cobertura original.

Um fator preocupante é a presença, embora pequena, da ocupação urbana e semi-urbana em faixas de declividades acentuadas, principalmente acima dos 80%. Esse fato pode ser explicado pela presença de sítios de recreio, comuns na região, mas pode também estar relacionado ao incipiente processo de favelização da área. O desenvolvimento acentuado da última década tem favorecido uma migração crescente de pessoas em busca de trabalho, mas as áreas ocupadas por esse contingente tem se concentrado ao longo do leito da antiga estrada de ferro e em bolsões próximos a aglomerações urbanas.

A segunda etapa será fazer uma avaliação da evolução ao longo do período compreendido entre 1979 a 1997 das classes de ocupação da área piloto.

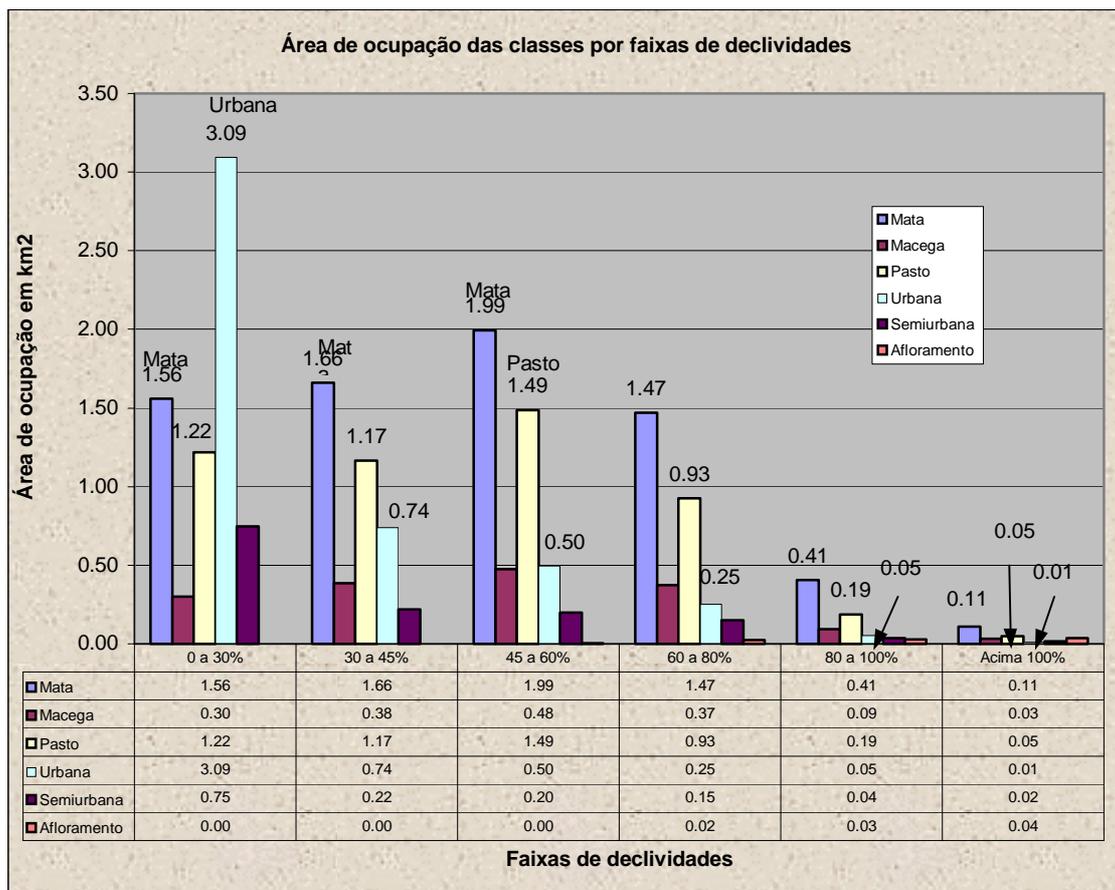


Gráfico 2 – Área de ocupação em km² por faixa de declividades

Partindo do plano de informação obtido a partir da base cartográfica analógica, será feito um cruzamento com o plano atual, oriundo da base digital, através do módulo *CROSSTAB* do *Idrisi*. De maneira análoga ao que foi elaborado com os planos de declividades e ocupação, será gerada uma imagem em que cada classe de 1979 será cruzada com sua correspondente atual, gerando outras classes que identificam as mudanças ocorridas nesse período. Essa avaliação trabalha segundo três hipóteses:

- A classe continua a mesma, não houve alteração;
- A classe mudou, transformou-se em outra classe;
- Se mudou, em que nova classe se transformou.

O plano de informação será obtido segundo a modelagem cartográfica estabelecida na fig. 30.

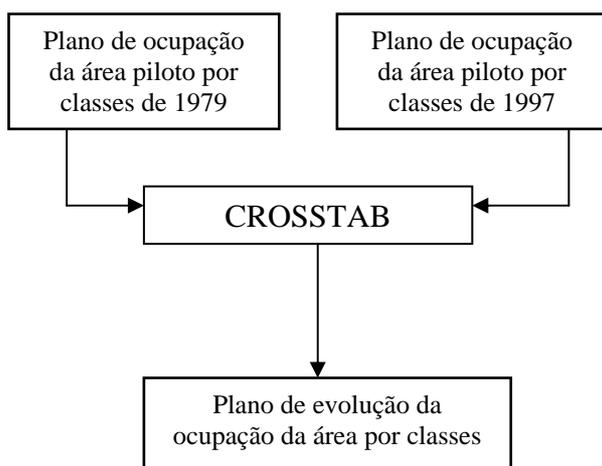


Fig. 30 – Modelagem cartográfica para obtenção dos dados sobre a evolução da ocupação da área piloto

A matriz obtida estabelece 33 classes, que são todas as transformações oriundas da evolução das classes de ocupação ao longo do período compreendido entre 1979 a 1997.(fig. 31)

As informações de interesse para avaliação estão presentes no gráfico 3, que mostra todas as transformações ocorridas ao longo do período, bem como quantifica o quanto foi transformado de cada

classe e em que elas se transformaram (fig. 32).

Quadro da Evolução da Ocupação da área Piloto de Itaipava entre 1979 e 1997									
Áreas ocupadas em km ²									
Atual ⇓	1979 ⇨	Mata	Macega	Pasto	Urbana	Semi-urbana	Afloram.	Cultura	Total 1987
Mata		5,8598	0,3457	0,5963	0,0128	0,3763	0,0023	0,0069	7,2001
Macega		1,1414	0,1434	0,2401	0,0008	0,0410	0,0637	0,0326	1,6631
Pasto		0,8058	0,1256	3,8291	0,0219	0,2491	0,0000	0,0000	5,0315
Urbana		0,7743	0,0171	0,5264	3,1583	0,1430	0,0029	0,0252	4,6472
Semi-urbana		0,3160	0,0479	0,4339	0,0102	0,5605	0,0000	0,0000	1,3685
Afloramento		0,0032	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0864	0,0000	0,0896
Total 1979		8,9006	0,6796	5,6258	3,2040	1,3699	0,1554	0,0648	20,0000

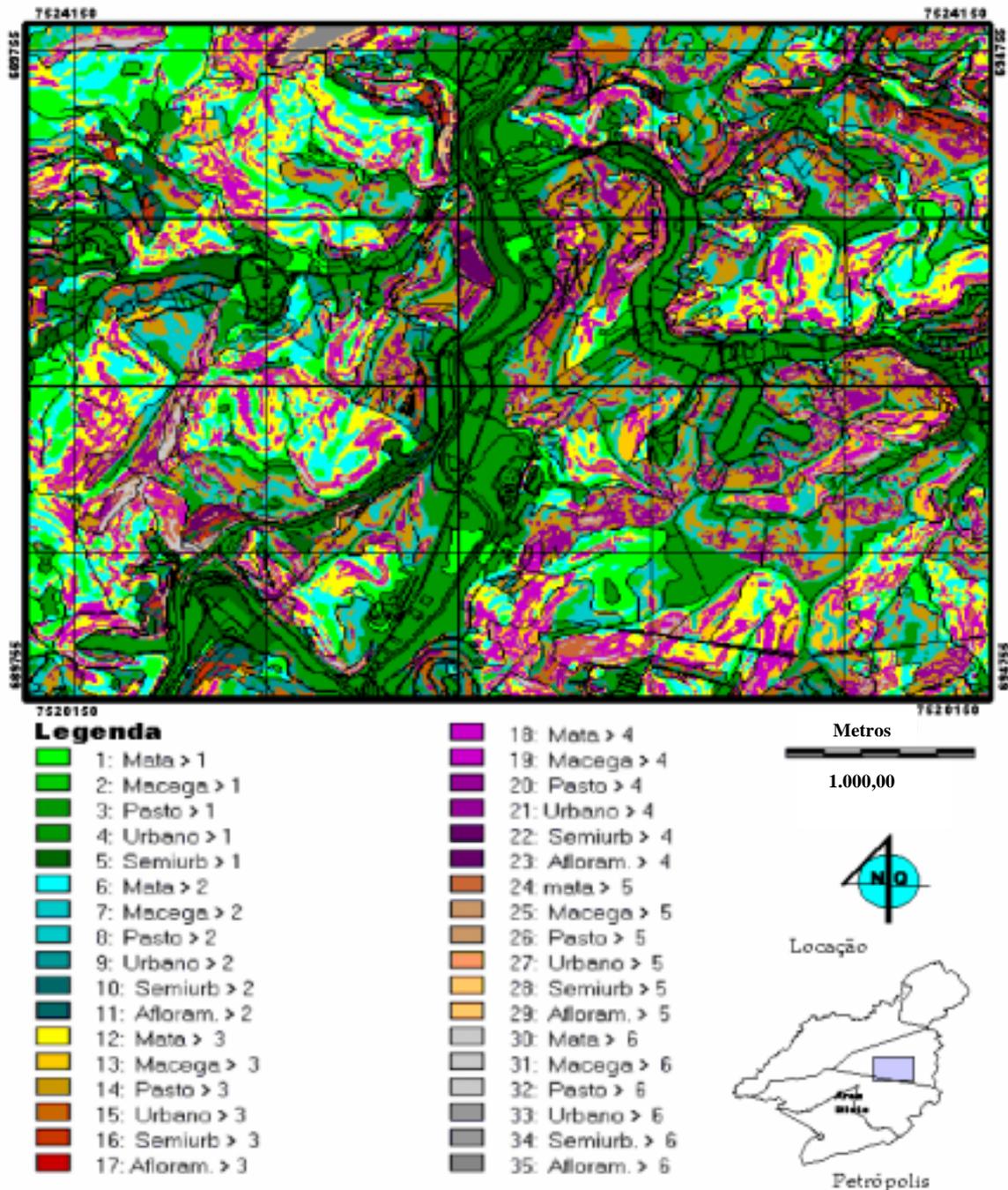
Fig. 32 – Quadro da evolução da ocupação da área piloto

Conforme o quadro de evolução da área piloto, houve uma retração da área de mata nativa de 8,9 km² para 7,2 km², ou seja, do total de mata existente em 1979, 19,1% foram devastados. A área de pasto também sofreu uma retração, passando de 5,63 km² para 5,03 km². Paralelamente, pode ser verificada a ampliação das áreas de macega de 0,68 km² para 1,66 km², e da área urbana, que passou de 3,20 km² para 4,65 km².

O fato mais importante a ser observado é que a perda da mata nativa não foi transformada de forma significativa em área urbana (0,77 km²), mas

principalmente em macega (1,14 km²) e pasto (0,81 km²). Por outro lado, a expansão urbana avançou mais sobre a mata nativa (0,77 km²) e área de pasto (0,53 km²).

Mapa Geral da Evolução da Ocupação



Mapa geral da evolução das classes de ocupação ao longo de 18 anos, obtido através do cruzamento entre a base de 1979 e 1997.

Fig. 31 – mapa da evolução da ocupação da área piloto

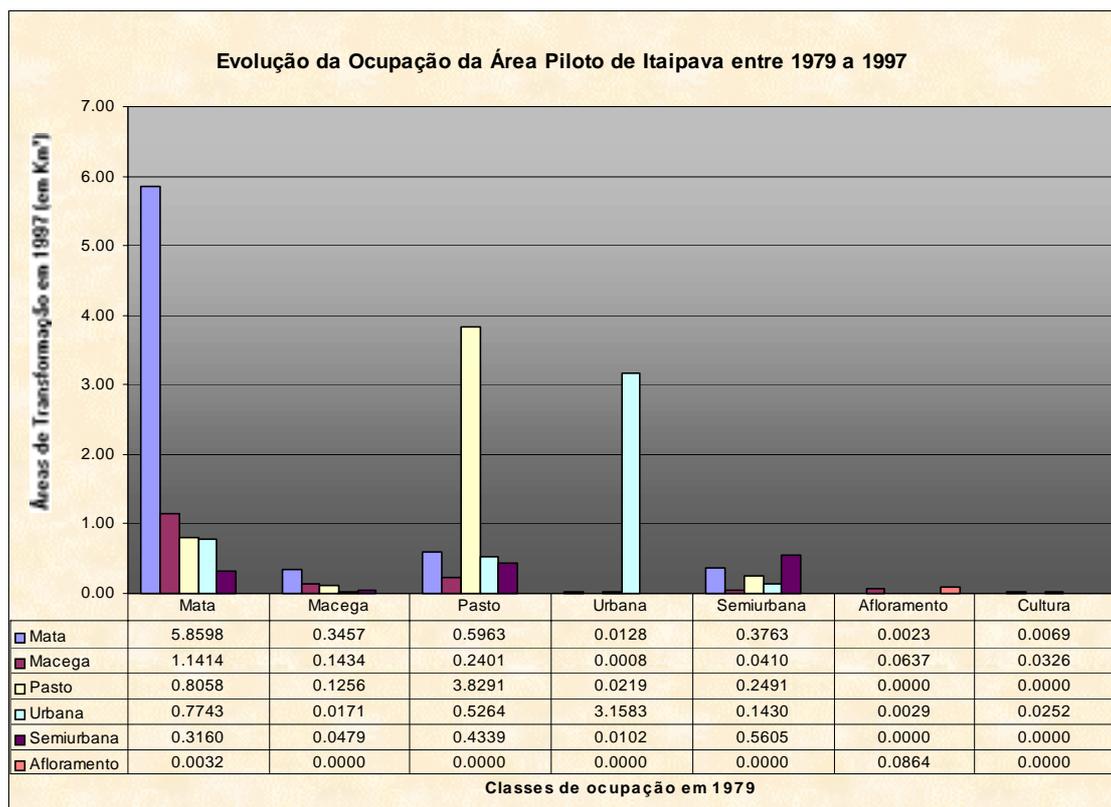


Gráfico 3 – Transformação das classes de ocupação entre 1979 e 1997

As áreas semi-urbanas praticamente permaneceram inalteradas, sendo que a mudança mais significativa foi a transformação de 0,38 km² em mata nativa contra apenas 0,14 km² em área urbana.

Esse quadro demonstra uma situação atípica que preocupa o planejador, uma vez que a expansão urbana não está ocorrendo de forma significativa sobre as áreas propícias a isso, notadamente a semi-urbana, pasto e macega. A retração da mata se deu principalmente em razão de sua transformação em macega e pasto, mas estas não evoluíram de forma significativa em urbana

Essa situação tem sua origem na estrutura fundiária da região, onde as áreas ocupadas por sítios e fazendas transformam a mata nativa em pastagens e abandonam posteriormente parte destas que acabam por se transformar em macega. A expansão urbana, por outro lado, ocorre basicamente ao longo dos vales, tomando as franjas de pasto e macega que se estendem até as estradas e ocupando importantes áreas de mata situada próximo ao leito dos rios e riachos.

Essas informações são de vital importância para o município, uma vez que o planejamento da ocupação e uso do solo, sua prerrogativa, pode ser implementado em bases mais sólidas, usando como parâmetros dados que, de outra forma, podem passar despercebidos para o planejador.

Uma vez estabelecida a base de dados, outras informações podem ser extraídas, dependendo apenas do objetivo que se deseja alcançar. A quantificação das potencialidades de desenvolvimento de determinada área, baseada na sua vocação, é uma das inúmeras possibilidades. Esses procedimentos, porém, demandam uma equipe de planejamento pluridisciplinar, pois as avaliações de potencialidades ou riscos, dependem da atribuição de pesos para as classes envolvidas na avaliação, e isso é um trabalho que depende de profissionais específicos, que nem sempre estão disponíveis no quadro municipal.

11.6 – Planos de informação complementares

Nem todas as informações disponibilizadas pelo Geoprocessamento são de ordem quantitativa ou qualitativa, como as elaboradas até aqui. Em muitos casos o planejador necessita de informações *ilustrativas*³⁰, usadas como elemento elucidador ou simplesmente gerador de impacto sobre o observador não especializado.

Uma das mais atraentes formas para geração de informações ilustrativas está relacionada à elaboração de vistas aéreas da área avaliada. O *Idrisi* oferece o módulo *ORTHO*, que gera vistas em perspectiva a partir do Modelo Digital de Terreno (MDT), podendo o mesmo ser recoberto por uma imagem que pode ser a aerofotografia da área ou um plano de informação qualquer.

A fig. 33 mostra a construção de uma vista aérea da área piloto de Itaipava usando-se o MDT e a aerofoto devidamente georeferenciada.

³⁰ Termo usado pelo autor para indicar informações que não tem um compromisso com avaliações quantitativas nem qualitativas, servem apenas como ilustração de uma situação já avaliada através dos processos analíticos estabelecidos nos objetivos iniciais.

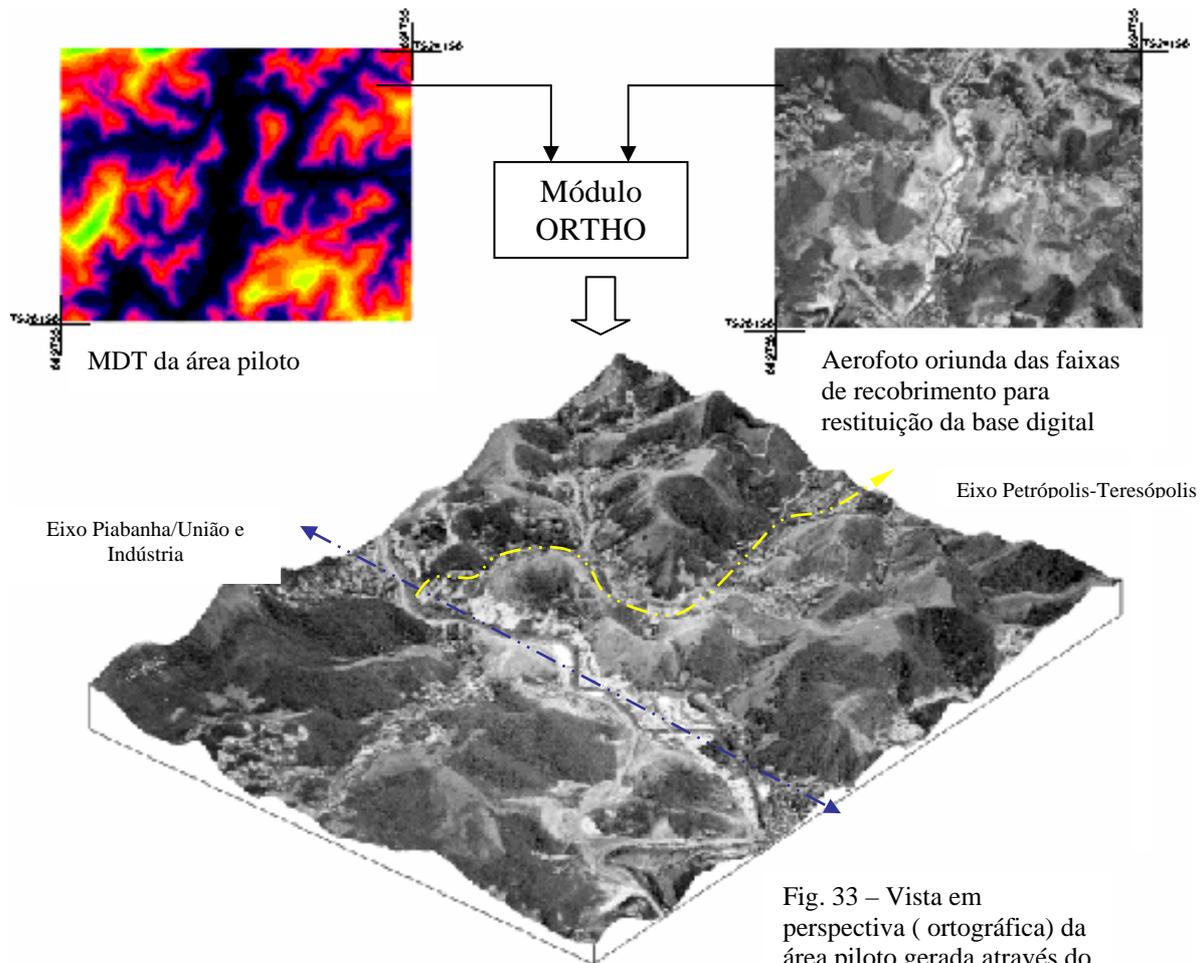


Fig. 33 – Vista em perspectiva (ortográfica) da área piloto gerada através do módulo ORTHO do *Idrisi*

Através da exata sobreposição da aerofoto sobre o MDT, pode-se perceber detalhes da área não disponíveis numa foto plana, de visada vertical. Como a construção da imagem é totalmente digital, há a possibilidade da inserção de deformações para evidenciar certos aspectos da área, como por exemplo, o aumento da escala vertical para que se possam avaliar com mais clareza as áreas de forte declividade.

O *Idrisi* também disponibiliza um aplicativo de multimídia muito útil na geração de vídeos. A partir da imagem em perspectiva original pode ser gerada uma seqüência que simula um voo sobre a área. Essa estratégia é particularmente útil para que se verifiquem determinadas informações de vários ângulos, ou simplesmente se tenha um excelente material de promoção do trabalho perante as pessoas envolvidas com a tomada de decisão quanto ao

andamento do projeto e à liberação de verbas.

A fig. 34 mostra uma seqüência de imagens constantes de um vídeo AVI gerado no módulo *MÉDIA VIEWER* do *Idrisi*, a partir da aerofoto e do DTM da área.

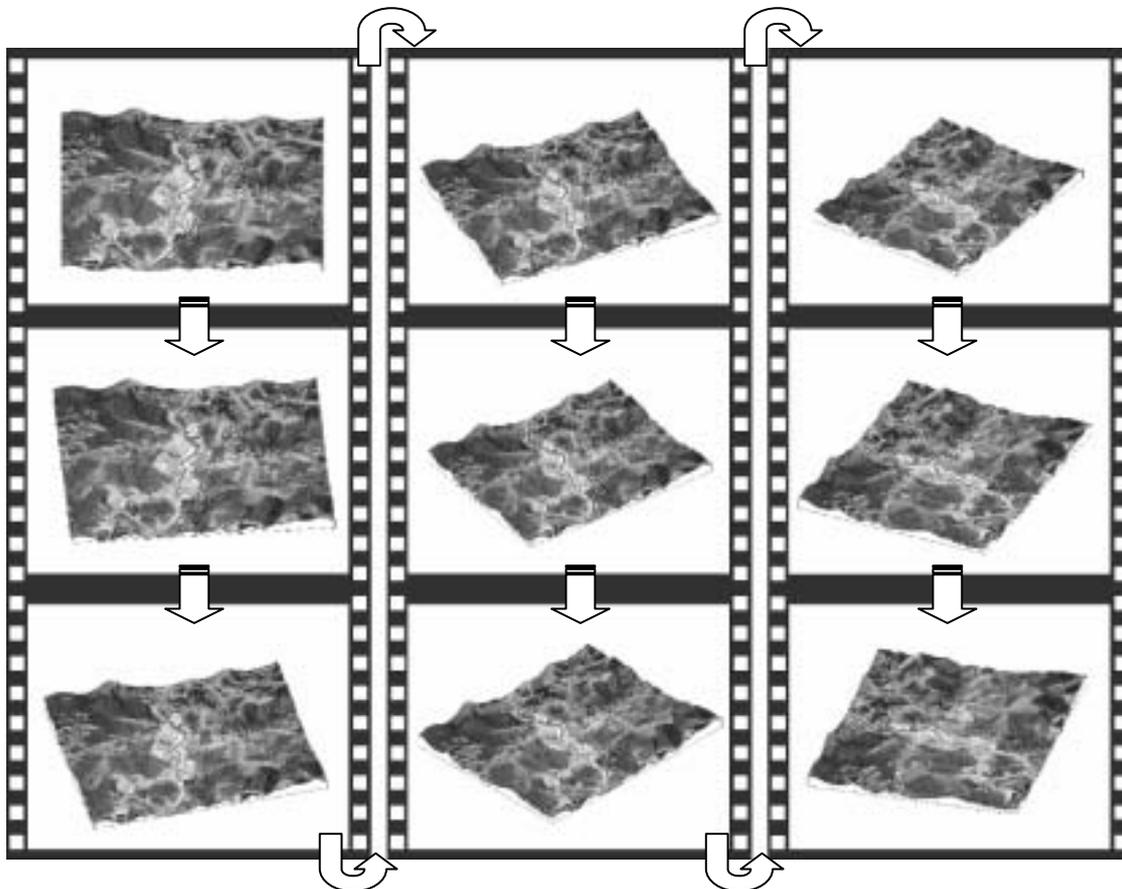


Fig.34 – Seqüência de Imagens em diferentes vistas para geração de vídeo AVI

Através do controle da altura e o ângulo de visada, é possível a elaboração de seqüências que simulam o vôo sobre ou ao redor da área. Esse artifício permite uma saída gráfica interessante para os produtos gerados através dos módulos de avaliação, se constituindo num importante elemento de persuasão para implantação de determinadas etapas do processo.

Outras aplicações, usando os mesmos recursos, podem ser implementadas como forma de se obter uma visualização de um determinado plano de informação sob um ponto de vista diferente.

A fig. 35 mostra uma vista aérea da área em que a aerofoto de cobertura foi substituída pela matriz que representa o plano de ocupação atual da área piloto por classes.

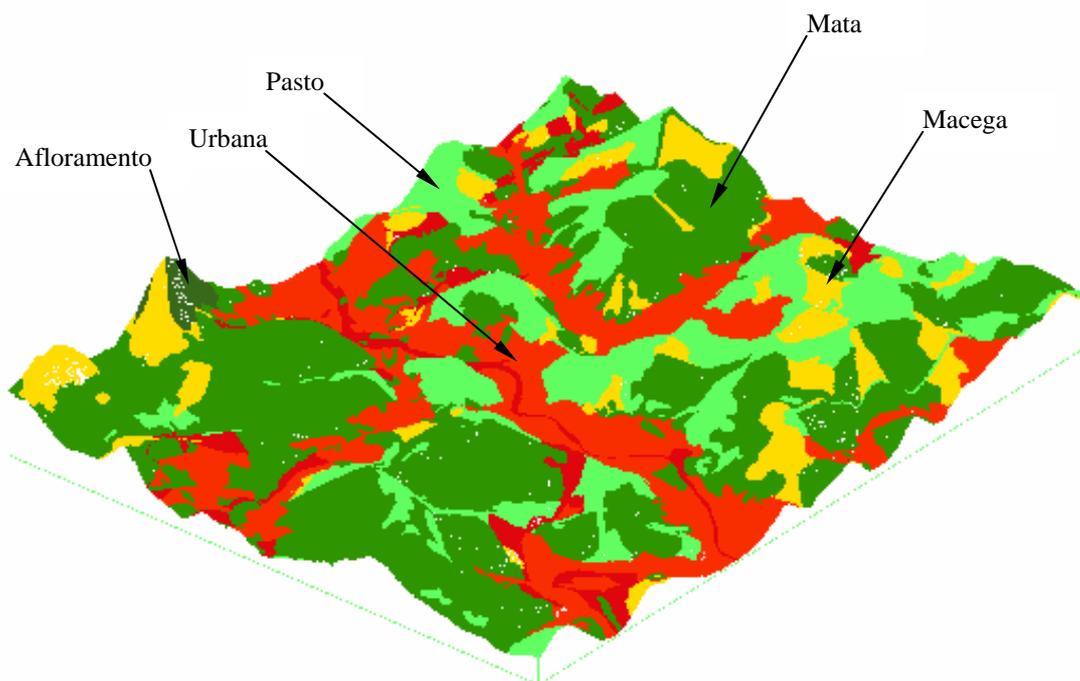


Fig. 35 – Vista em perspectiva da área piloto gerada a partir do MDT com cobertura da matriz de ocupação atual por classes

Pode-se ver claramente que a ocupação urbana está concentrada ao longo dos vales, e que a mata nativa, bem como as áreas de pasto, ocupam basicamente as vertentes dos morros. Esse tipo de imagem também oferece uma série de dados ao analista como complemento das informações usadas para a avaliação de uma determinada situação, não estando restrito somente como um plano ilustrativo. As informações constantes na matriz usada para o recobrimento mostram o tipo de ocupação e a quantidade do que está ocupado. Colocada sobre o DTM, a imagem em perspectiva resultante mostra com clareza onde estão localizadas as ocorrências e sua interação com a geomorfologia da área, constituindo-se num importante nível complementar de visualização dos resultados.

11.7 - Considerações sobre a situação problemática 2

O comportamento da evolução de uma determinada área é sempre um fator preponderante para o planejamento desta. O município convive constantemente, com esta problemática e nem sempre consegue resultados satisfatórios, por falta de uma visão objetiva dos problemas que envolvem a ocupação de seu território. Como ficou claro na avaliação da área piloto de Itaipava, nem sempre fatores que parecem óbvios num primeiro momento o são depois de uma avaliação criteriosa, usando-se componentes temporais para visualização do comportamento evolutivo das classes de ocupação do território. Os fatores que definem o desenvolvimento de Itaipava representam a tendência com que se comportará todo o município de Petrópolis, tanto no que se refere aos aspectos econômicos, quanto aos sócio-econômicos. Avaliar esses aspectos e definir os parâmetros que orientam esse crescimento é uma tarefa que demanda esforço por parte da administração municipal, no sentido de gerir seus recursos para que esse crescimento se dê de forma equilibrada, em benefício do cidadão, em particular, e do meio ambiente, como um todo.

A avaliação da área piloto mostrou alguns aspectos que ilustram essa questão e esclarecem pontos importantes para o planejador e os grupos envolvidos na discussão sobre o desenvolvimento da área. O primeiro aspecto está relacionado à cobertura vegetal, que tem suscitado as maiores discussões entre os grupos preservacionistas e os responsáveis pelo planejamento da região. As acusações de que há uma forte perda da área de mata nativa para a urbanização não procede, uma vez que esse fenômeno está ligado mais à estrutura fundiária da região do que à expansão urbana em si. Além do mais, ficou claro que as áreas disponíveis para uma eventual expansão urbana estão localizadas dentro da faixa de baixa declividade e em áreas de pastos ou macega. A maior porção de mata nativa está concentrada nas faixas de declividades mais acentuadas, notadamente entre 45 a 60%, e não tem sofrido grandes deteriorações ao longo do período de 19 anos.

Certamente um adensamento acentuado da área promoverá, por reflexo, uma posterior deterioração das condições naturais da região, cabendo ao município a edição de normas e legislação que disciplinem esse processo sem, no entanto, colocar uma camisa de força no desenvolvimento do local, o que, cedo ou tarde, desembocaria num processo de favelização de toda a região, com conseqüências desastrosas e de difícil solução.

Nessas situações, o uso do geoprocessamento pelo município, mesmo que incipiente, colabora para que a tomada de decisões seja feita em bases sólidas, obtendo o máximo de informação sobre a realidade do território. As avaliações podem ser simples ou complexas, mas devem sempre buscar o objetivo de gerir da forma mais eficiente os problemas que envolvem a ocupação e o desenvolvimento do município.

12 – Aplicação em uma Situação que Tenha como Abrangência Toda a área do município - Situação problemática 3

À medida que ampliamos a área de abrangência territorial, mudam os procedimentos de avaliação, pois o número de variáveis envolvidas também se amplia na mesma proporção. Outro aspecto envolvido na avaliação de áreas mais extensas está relacionado com a importância dos resultados. Na primeira situação, os problemas estavam circunscritos a uma pequena área urbana, e a tomada de decisões sobre os problemas advindos daí, fica igualmente restrito a essa pequena área. Numa avaliação que tenha o município como área de abrangência, as decisões a serem tomadas afetarão todo o território e terão, por conseguinte, um peso muito grande nos resultados que se deseja obter.

A maior dificuldade está relacionada à obtenção dos dados necessários, que deverão retratar a realidade do território como um todo.

Conforme já foi informado, município de Petrópolis soma uma área de 853 km², está localizado numa altitude média de 809 m e faz parte do complexo da Serra dos Órgãos, possuindo características geomorfológicas peculiares, que tornam seu

território complexo para a ocupação humana, que tem causado a degradação das encostas através da retirada da cobertura vegetal e alteração da geometria das vertentes, o que tem desencadeado uma série acontecimentos com conseqüências que vão desde a movimentação de massa (queda de barreiras) até o entupimento dos canais pluviais, promovendo enchentes periódicas, com enorme transtorno à população e à vida econômica da cidade.

O município não dispõe de uma base de dados na qual constem as condições de declividade de seu território, tornando difícil qualquer planejamento que vise coibir a expansão urbana sobre áreas com declividades acentuadas. Além do mais, um mapa de declividades do território municipal coloca em evidência supostas áreas de risco, sendo possível uma localização mais precisa destas através do cruzamento com outros níveis de informações, como cobertura vegetal, solos e incidência pluviométrica.

Como etapa final desse trabalho será feito o uso do Geoprocessamento para a elaboração de uma base do município que mostre e quantifique as declividades por faixas, conforme especifica a Lei de Uso, Parcelamento e Ocupação do Solo. A geração desse plano de informação é feita a partir da base cartográfica digital do município, que possui, dentre os seus planos de informação, as curvas de nível de território com equidistância de 10 m, numa escala de 1:10.000.

É necessário, porém, que se proceda a uma transformação do mapa de curvas de nível para que seja gerado um Modelo Digital de Elevação (DTM) de todo o território numa resolução compatível com o objetivo que se deseja alcançar. A fig. 36 mostra a modelagem cartográfica necessária para a geração do plano de declividades a partir da base cartográfica digital do município.

O primeiro passo será a transformação do plano vetorial original, composto de curvas isométricas de altitudes, em um arquivo de pontos cotados para que seja possível a elaboração do gradeamento no *Surfer*. Como a saída final será uma imagem *raster* composta por *pixels*, que representam porções do território com determinadas altitudes, é imperativo que se defina uma resolução espacial para essa matriz compatível com o nível de precisão que se deseja alcançar.

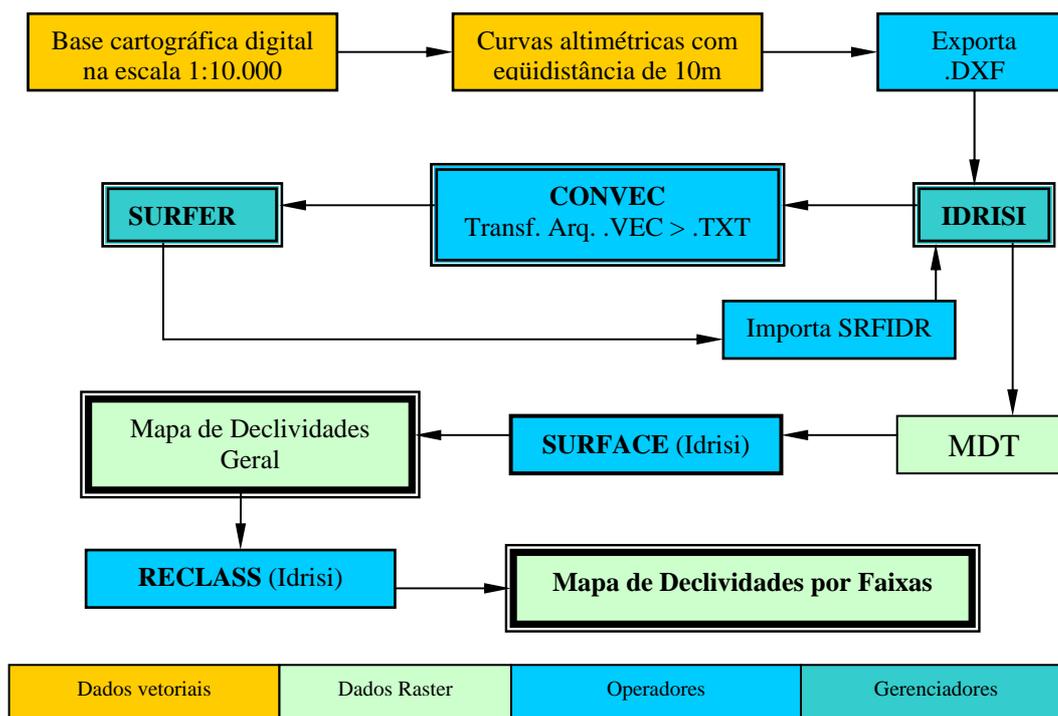


Fig. 36 – Modelagem Cartográfica para geração do mapa de declividades do município

Resoluções muito baixas resultam em arquivos pequenos, mas comprometem a precisão das informações. Por outro lado, altas resoluções geram grandes arquivos de difícil manipulação e, dependendo do equipamento utilizado, podem se tornar inviáveis. O mais lógico, então, será definir uma resolução que permita uma razoável precisão das informações e que seja possível a manipulação das matrizes resultantes pelos programas gerenciadores.

Para que isso seja possível, tomaremos como referência a resolução das imagens de sensoriamento remoto geradas pelo SPOT na faixa pancromática, que é de dez metros. Isso permitirá que futuros trabalhos de avaliação ambiental possa integrar essas duas estruturas de dados, mesclando matrizes geradas a partir de Geoprocessamento com aquelas obtidas por sensores orbitais.

Definida a resolução espacial, será feita a exportação dos arquivos vetoriais do *AutoCAD*[®] para o *Idrisi*, definindo *Z Value*³¹ como identificador das entidades importadas. É possível a elaboração de DTM, diretamente pelo *Idrisi*, mas a

³¹ Função de importação do *Idrisi* usada para definir os níveis ocupados pelas entidades (nesse caso, curvas de nível). Esses valores são oriundos dos níveis de informações (*Layers*) estabelecidos no *AutoCAD*.

precisão das informações finais não oferece confiança, visto que seu algoritmo de gradeamento não é suficientemente robusto para esse procedimento. Resultados melhores são atingidos através do *Surfer*, que faz uso de vários algoritmos, sendo o método por *Krigagem* adequado ao nível de precisão final que se espera.

Para que isso seja possível, os arquivos vetoriais do *Idrisi* deverão ser transformados em arquivos texto, definindo uma nuvem de pontos correspondentes, onde cada um deles terá um par de números referentes a sua localização geográfica através de coordenadas UTM, e um terceiro correspondente a sua altitude. Essa transformação é implementada através de um programa de conversão (CONVEC) elaborado para esse fim, gerando um arquivo em estrutura texto (.TXT) que pode ser interpretado diretamente pelo *Surfer*. Para que o mesmo possa fazer o gradeamento³² e geração do MDT, será necessária a especificação de parâmetros que definam a área de processamento através de um recorte em coordenadas UTM, bem como o tamanho da malha do *Grid*, que resultará na resolução final que se deseja obter para o MDT.



Fig. 37 – Tela de importação para arquivos *Surfer* pelo *Idrisi*

Uma vez realizada a gradeamento pelo *Surfer*, basta que seja feita a importação desse plano diretamente para o *Idrisi*, fazendo-se uso do módulo *Import/Export*, opção SRFIDRIS (Fig. 37).

Nesse ponto temos o plano de informação correspondente ao Modelo Digital de Elevação

(MDT) do município de Petrópolis (fig. 38).

³² O gradeamento (grid) elaborado pelo *Surfer* é o processo de geração de uma malha composta por linhas paralelas e ortogonais entre si, onde cada nó possui três valores agregados, dois (X e Y) relacionados a sua posição geográfica e o terceiro relativo a sua altura (ou altitude), gerando uma superfície (*Surface*) que serve para várias aplicações, dentre elas a geração do DTM.

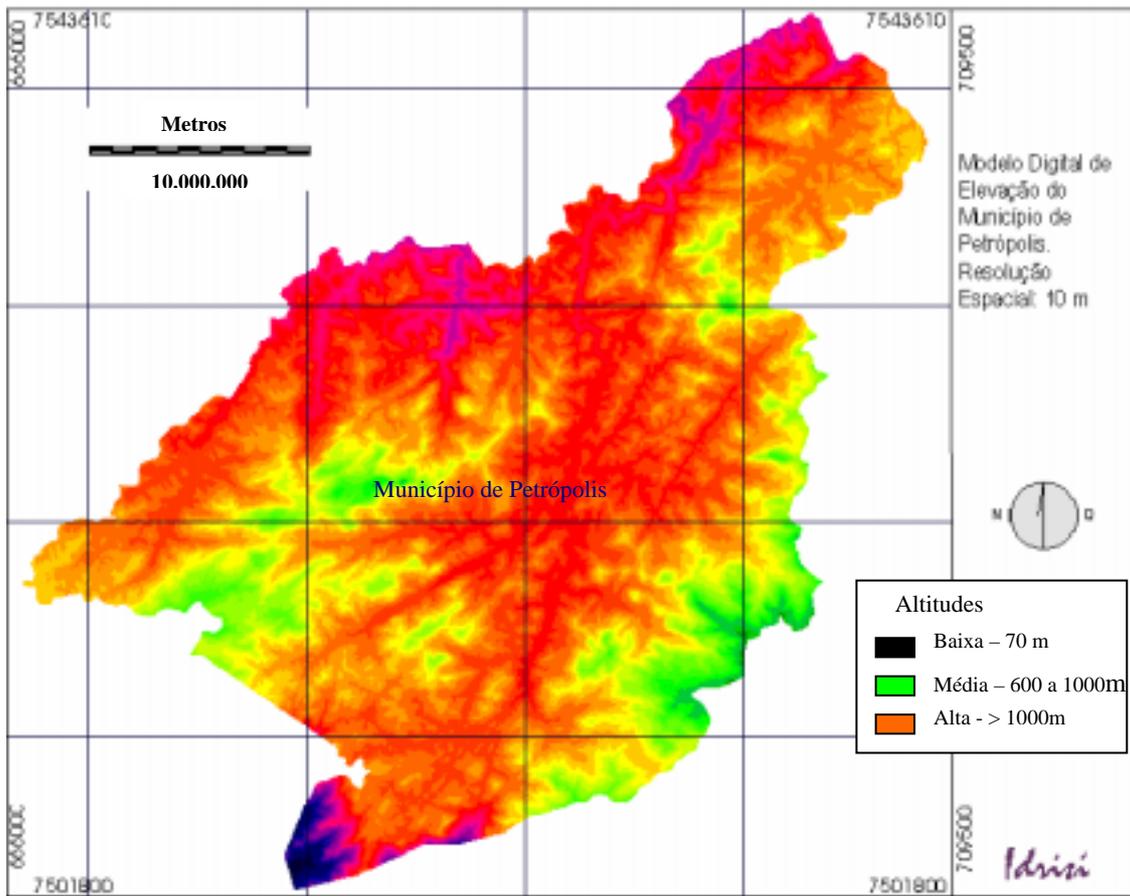


Fig. 38 – Modelo Digital de Elevação do município de Petrópolis – Resolução espacial: 10m

O resultado obtido através da *Krigagem do Surfer* é um modelo digital consistente, sem erros como as “Estrelas” características de métodos que fazem uso de algoritmos bilineares, como é o caso do *Idrisi*.

A preocupação na elaboração de um MDT correto tem como fundamentação o fato de ser esse um plano de informação básico, pois dele dependerão outros planos, como os mapas de declividades, que não serão confiáveis se o plano original não estiver correto.

Para a geração do mapa de declividades do município, será feito uso do módulo *SURFACE*, especificando *SLOPE* (rampa), como a ação, e percentagem, como parâmetro. O *Idrisi* irá gerar um plano de informação que representa o conjunto das declividades do município de forma contínua como uma superfície. Para que se obtenha o mapa de declividades por faixas será necessária a reclassificação dessa matriz em intervalos que representem as faixas de

declividades estabelecidas pela Lei de Uso, Parcelamento e Ocupação do Solo – LUPOS – que define 6 categorias, conforme se segue:

- Faixa 1 > de 0 até 30%
- Faixa 2 > de 35 até 45%
- Faixa 3 > de 45 até 60%
- Faixa 4 > de 60 até 80%
- Faixa 5 > de 80 até 100%
- Faixa 6 > acima de 100%

A fig. 39 mostra o mapa resultante da reclassificação, onde se podem identificar as 6 faixas de declividades em todo o território.

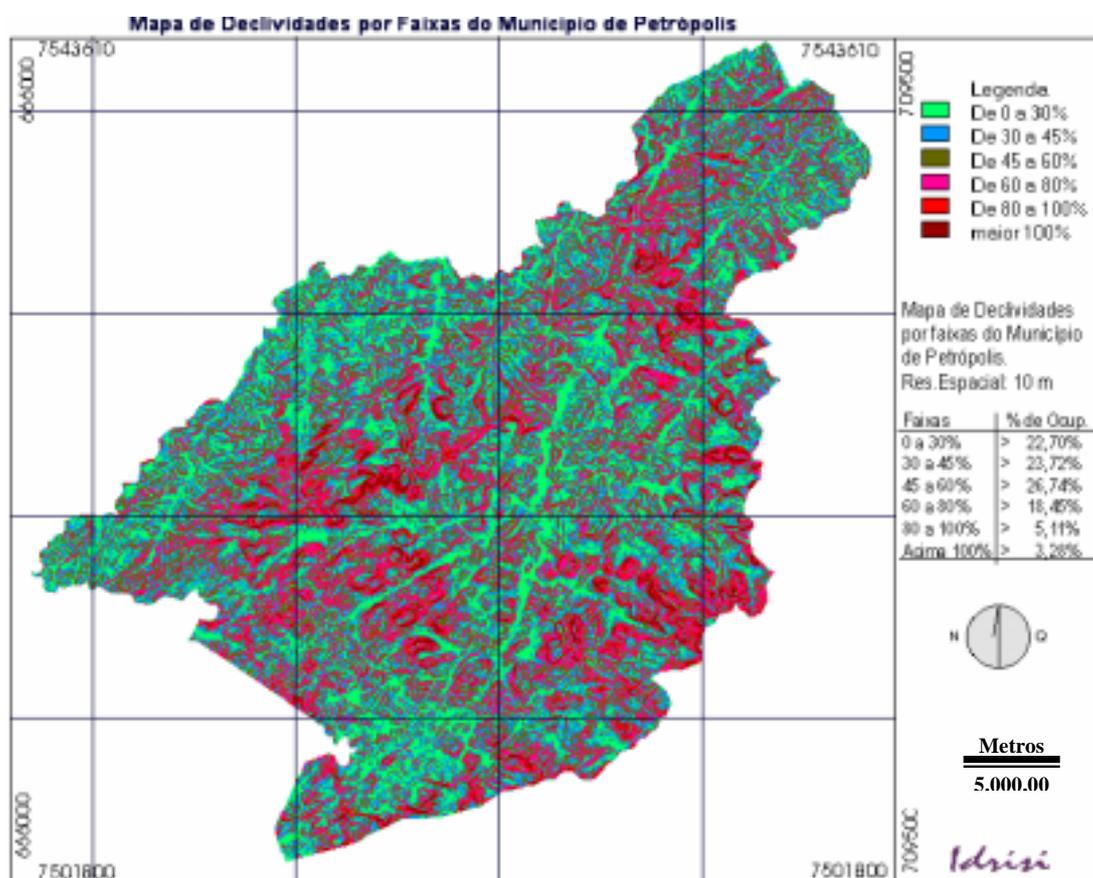


Fig. 39 – Mapa de Declividades por faixas do Município de Petrópolis

O resultado mostra uma grande incidência de áreas com alta declividade, notadamente na faixa entre 45 e 60%, com um percentual de 26,73%. Se forem somadas as faixas entre 45% até aquelas superiores a 100% de declividade,

teremos um total de 53,58% do território de Petrópolis, composto por áreas inadequadas à ocupação humana. Dos restantes 46,42%, apenas 22,70% encontram-se na faixa de declividades entre 0 e 30%, onde legalmente é permitida a expansão urbana sem muitas restrições. O gráfico 4 resume essas informações, demonstrando a parcela de incidência por faixas.

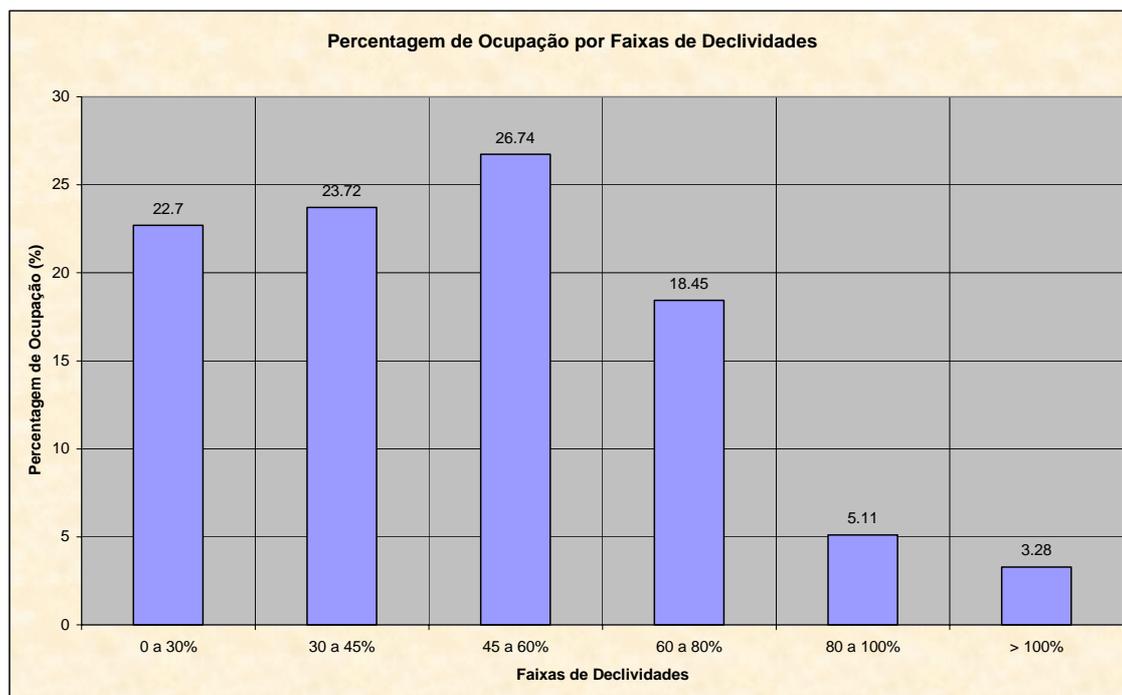


Gráfico 4 – Percentagem da incidência das faixas de declividades no território de Município

A faixa entre 30 e 45% de declividade tem funcionado como uma *reserva técnica* para a expansão urbana do município. A Lei de Uso, Parcelamento e Ocupação do Solo define parâmetros rígidos para aprovação de atividades que impliquem ocupação destas áreas, como loteamentos e condomínios. A mesma lei estabelece uma relação entre a declividade da área e o tamanho da parcela (lote ou fração ideal) a ser aprovado.

O centro das discussões que levaram à definição desses parâmetros foi sempre a questão das declividades, pois a série histórica dos acontecimentos no município demonstra que a degradação e os acidentes naturais que causaram inúmeras tragédias no município estavam, na sua maioria, relacionados a ocupações indevidas de áreas com fortes declividades.

Disponibilizar um mapa que localize e quantifique essas áreas é colocar à disposição da equipe de planejamento e dos grupos que representam a sociedade uma ferramenta de vital importância para definições objetivas e consistentes a respeito dos rumos que deve tomar a expansão do município.

Como na segunda situação, o plano de informação referente às declividades pode ser cruzado com vários outros planos, para se obterem respostas a problemas que envolvem à gestão do território, principalmente nas situações que envolvem segurança, preservação ambiental e aplicação de recursos.

Cada município, porém, possui características próprias, que exigem soluções que observem essas diferenças, tanto de ordem física, como social e econômica. A principal característica de Petrópolis, além da topografia acidentada, é sua cobertura vegetal, composta em grande parte por mata atlântica primária. Existe uma preocupação muito grande de vários setores da sociedade e do governo em preservar esse patrimônio, estando todo o território inserido em área de proteção ambiental. O próprio plano diretor do município, em seu Art. 30 define:

II – impedir a ocupação de áreas impróprias do ponto de vista geotécnico ou ambiental, que estejam recobertas por vegetação nativa, ou onde se verifique a necessidade de reflorestamento;

III – promover e estimular o reflorestamento ecológico em áreas tecnicamente definidas, objetivando especialmente a proteção de encostas e dos recursos hídricos, a manutenção da cobertura vegetal e o reflorestamento econômico em áreas tecnicamente indicadas, visando a suprir a demanda de matéria-prima de origem florestal e a preservação das florestas de essência nativa;

O Geoprocessamento se constitui como um importante instrumento de ajuda na implementação dessas diretrizes, fornecendo planos de informação básicos e complexos sobre o comportamento dessas características sobre o território.

13 – Conclusões

A proposição do uso do Geoprocessamento como apoio à gestão do município passa pelo entendimento do que seja Geoprocessamento aplicado a essa realidade. A literatura atual pouco tem contribuído para que se esclareça essa situação e, cada vez mais, gera-se um turbilhão de dúvidas sobre a forma mais adequada e a abrangência dessa tecnologia para os municípios. Por conseguinte, tem-se a impressão de que só sistemas avançados e complexos, baseados em tecnologias caras, são eficientes para se obter resultados consistentes. Com base nisso, a maioria dos municípios parte para a aquisição e implantação de produtos prontos, que demandam não só altos custos, mas equipes capacitadas e uma mudança cultural de toda a estrutura administrativa do município.

Com a promessa de ser a panacéia dos problemas enfrentados pelo administrador, esses sistemas, muitas vezes, afundam na inoperância e, caem no descrédito daqueles que deveriam usar seu potencial como suporte para a tomada de decisão. Como conseqüência, a primeira tomada de decisão do gestor dos recursos (Prefeito, Secretários, Presidentes, etc..) é justamente o encerramento da implantação e do uso do sistema.

Para que isso não venha a ocorrer, tenha-se em mente que a busca de solução para um problema nunca é tão pouco importante que não mereça o uso de técnicas avançadas, mas, por outro lado, nenhum problema é tão grande que não possa ser equacionado ou mesmo resolvido com técnicas mais básicas.

Usar o Geoprocessamento no município, portanto, exige uma abordagem própria do que seja Geoprocessamento e o que se deseja alcançar. A maioria das questões municipais está relacionada a problemas pequenos, que podem ser resolvidos com a aplicação de técnicas simples de avaliação, baseadas em sistemas que incorporem, em princípio, a experiência do corpo técnico. Não existe o “melhor modelo” para implantação de Sistemas Geográfico de Informação - SGI. Cada experiência possui seu contexto político, prazos,

recursos disponíveis e objetivos (*Davis et al, 1994*).

Nas prefeituras é de vital importância que haja envolvimento dos responsáveis pela gestão e da equipe técnica, através da adoção de um sistema que seja cumulativo, num processo de *feed back*, onde cada problema recebe um tratamento específico, gerando uma resposta também específica, que produz interesse e confiança para que se possa aplicar a mesma metodologia em problemas mais complexos. No município não existe uma distância muito grande entre o Prefeito e sua equipe, não sendo rara a intervenção do mesmo diretamente nos assuntos em questão. As respostas, por conseguinte, têm que ser rápidas e concisas, caso contrário, as decisões serão tomadas à margem do que possa opinar a equipe técnica.

Nas três situações propostas e analisadas neste trabalho buscou-se justamente mostrar essa realidade, trabalhando com situações crescentes que tinham como abrangência uma pequena área urbana até todo o território do município. Cada caso foi tratado de forma direta, buscando, se não uma solução, um forma mais consistente de apoio a decisão.

No primeiro caso foi demonstrada a possibilidade de melhor gerir os recursos disponíveis para uma atividade específica, a duplicação de um trecho de rodovia dentro da área urbana. O uso das técnicas oriundas do Geoprocessamento forneceram todas as possibilidades para que o município pudesse atingir o objetivo proposto obtendo o máximo de rendimento com o mínimo possível de recursos. No âmbito da implantação de um sistema de Geoprocessamento, esse tipo de atividade tem um enorme valor de persuasão para o administrador, pois estabelece uma linha de causa e efeito direta, sem a necessidade de interpretações mirabolantes por parte dos analistas.

No segundo caso foi demonstrada a possibilidade de se proceder a uma análise consistente de uma situação que envolve diretamente o uso adequado da ocupação do solo. Foram abordados dois aspectos:

- A elaboração de planos de informação, a partir da base cartográfica digital;
- O acompanhamento de alterações temporais, tendo como origem a base

cartográfica analógica de 1979.

No primeiro caso foi possível gerar uma série de planos de informação, basicamente fazendo uso de dados presentes na base cartográfica digital, mas que não se encontravam modelados para o uso em análises por Geoprocessamento. Como exemplo, foi elaborado o MDT e planos de declividades da área piloto, usando-se unicamente a altimetria, que é um dos níveis presentes na base cartográfica. Outros níveis de informações foram igualmente extraídos para compor o plano de uso e ocupação do solo, alguns de forma direta, como a cobertura vegetal, outros através de interpretação, como as áreas urbanas e semi-urbanas.

No segundo caso foi demonstrada a possibilidade do uso de bases analógicas antigas para a geração de informação temporal. Para tanto as cartas em papel foram digitalizadas através de *scanner* e georeferenciadas no *Idrisi*, gerando imagens comparáveis a ortofotos, pois delas podem-se extrair dados qualitativos e quantitativos. Através desse processo é possível a geração de uma base cartográfica de todo o município no formato digital, que pode servir de suporte à implementação do Geoprocessamento.

Através da geração desses planos foi possível proceder a uma avaliação de comportamento e evolução da área definida como piloto. Os dados foram agrupados em forma de mapas, gráficos e tabelas, dando não só a localização das ocorrências, mas quantificando e estabelecendo uma relação estatística entre elas.

Para que os objetivos fossem alcançados, foi usada uma série de *softwares* de fácil aquisição e manuseio pelas prefeituras, estando fiel ao princípio estabelecido no início do trabalho de buscar soluções simples ao alcance do município. Alguns *softwares*, como o *AutoCAD*[®], já são largamente usados para elaborar projetos de engenharia, arquitetura e planejamento urbano em grande parte das prefeituras.

No terceiro caso foi feita uma extrapolação dos métodos utilizados na aquisição e tratamento dos dados para todo o município, mostrando a viabilização da

metodologia, tanto em uso restrito a pequenas áreas como em todo o território. A geração de um Modelo Digital de Terreno – MDT – a partir da base cartográfica digital, possibilitou a elaboração do mapa de declividades de todo o município e, a partir daí, uma série de avaliações quantitativas sobre a ocorrência de faixas de declividades conforme estabelece a Lei de Uso, Parcelamento e Ocupação do Solo – LUPOS – de Petrópolis. Esses dados, obtidos de forma direta a partir de uma base existente, se constituem em um importante elemento de apoio ao planejamento do município, observando os fatores físicos, bióticos e sócio-econômicos.

A esses planos podem ser incorporados dados referentes a cobertura vegetal, hidrografia, arruamentos ou características geológicas, todos presentes na base cartográfica digital, ou ainda planos oriundos da base analógica, para que se possam implementar estudos temporais.

Todo o processo observou o que estabeleceu a metodologia proposta, gerando produtos que responderam a situações problemáticas específicas e crescentes, tendo em vista que cada etapa deveria fornecer resultados concretos e que estes seriam o elemento de persuasão para que houvesse o aceite do gestor e a integração gradual e crescente da metodologia com a estrutura administrativa do município.

O trabalho não busca fornecer uma solução pronta nem se apresentar como uma panacéia aos problemas do município, mas estabelecer uma base para seja possível fazer uso de forma gradual, do conjunto de técnicas de que se compõe o Geoprocessamento, impregnando na cultura administrativa do município processos que facilitem e maximizem o esforço de gerir um espaço tão complexo, tão cheio de nuances como é o município brasileiro.

Certamente há um longo caminho a ser percorrido até que haja uma integração consistente dos avanços tecnológicos atuais com os da cultura de planejamento municipal. Se há uma direção a seguir, sem dúvida, ela encontra no Geoprocessamento uma opção lógica e segura.

14 – Recomendações

A proposta de um trabalho é análogo à construção de um edifício, pode-se não fazê-lo totalmente, mas há que haver uma seqüência lógica a ser cumprida, e não se pode prescindir do término de cada etapa antes do começo de outra e nem inverter essa seqüência.

O uso do Geoprocessamento na área municipal ainda é um vasto terreno a ser trilhado, e muitas trilhas podem não levar a lugar algum; outras, porém, acabam em terrenos férteis onde uma pequena iniciativa pode crescer num conjunto ordenado de ações em benefício de todo o conjunto daqueles que fazem a gestão (administração municipal) e a sociedade como um todo.

A forma com que se tem feito à gestão dos municípios tem evoluído de uma forma a incorporar todos os recursos que a moderna tecnologia tem colocado à disposição da sociedade. A implantação dessas tecnologias no município deve observar sempre o sentido do mais simples para o mais complexo, em que numa ponta temos as aplicações de técnicas de procedimentos simplificados em problemas setorizados e restritos, e na outra ponta, o que poderíamos definir como a “*Gestão Municipal Inteligente*”.

O município desenvolve uma gama de atividades que se sobrepõem, mas, muitas vezes, não se interligam. A administração da receita, da saúde, da educação, do crescimento urbano, do controle ambiental e da rede de serviços espalhada pelo seu território se constituem num amplo sistema que funciona, *a priori*, sem que haja uma ligação *inteligente* entre elas. Cada ação, no entanto, está relacionada às demais através de uma complexa rede de interações que foge a percepção imediata do administrador.

Toda ação tem uma expressão geográfica, acontece em algum lugar; e uma expressão quantitativa, acontece em tal intensidade. Não basta, portanto, que saibamos localizar os pontos que expressam essas ações, mas temos que associá-las a uma série de outros fatores. O limite que um determinado fenômeno alcança dentro do *continuum* municipal está vinculado ao quanto conhecemos

das relações que se estabelecem dentro desse espaço. A preservação de uma determinada área verde, por exemplo, pode parecer apenas um problema restrito à questão da preservação ambiental, mas pode também estar ligada a educação e saúde, na medida que evita a construção de uma via de acesso que permitiria às crianças na idade escolar ter acesso a determinada escola. Não sendo possível isso, e o município não percebendo a necessidade de estabelecer novas linhas de transporte coletivo, priva-se uma significativa parcela de crianças de ter acesso a educação, com que, por conseguinte, não desenvolvem hábitos saudáveis de higiene e alimentação e adoecem, gerando a necessidade do município prestar assistência médica com enorme aplicação de recursos.

A teia é longa, e não se sabe ao certo a interação entre cada nó e o seu alcance. Um ambiente automatizado que faça uso do Geoprocessamento permite que essas interações possam ser explicitadas de forma mais abrangente, com possibilidades praticamente ilimitadas. Há, porém, que se estabelecer níveis para desenvolvimento e uso dessa tecnologia, observando fatores de ordem operacional, gerencial e Estratégico (fig. 40).

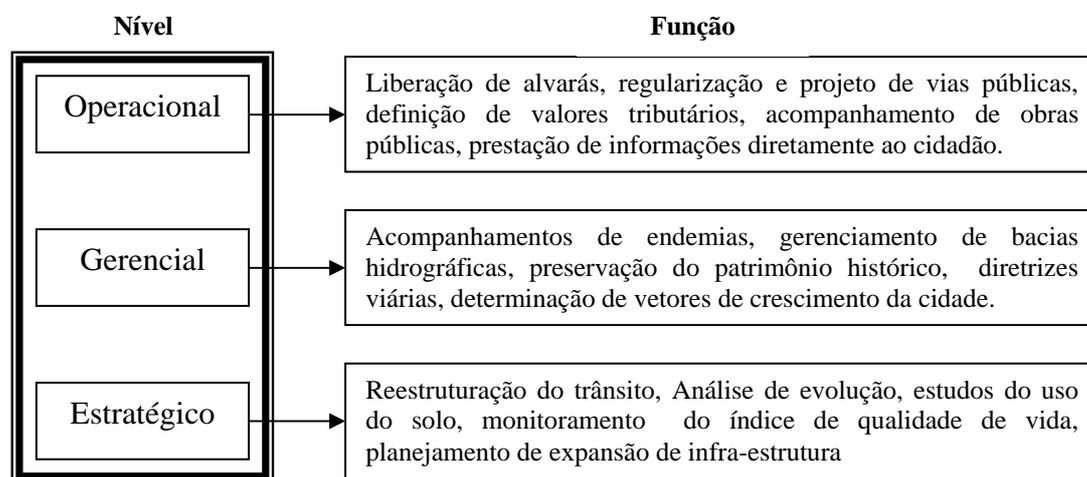


Fig. 40 – Níveis de desenvolvimento no uso do Geoprocessamento e algumas funções relacionadas a cada um deles (Davis et al, 1994)

Esse trabalho tratou da questão básica, onde a principal preocupação foi absorção e uso de métodos baseados em Geoprocessamento como forma de criar um processo cultural do uso dessa tecnologia. Cada etapa tem um vínculo

com a viabilização técnica de entrada e tratamento dos dados e com a persuasão do uso dessas técnicas baseada em resultados concretos, ao alcance do administrador e da equipe técnica.

A evolução desse trabalho seria uma integração cada vez maior das ações administrativas para que se alcance uma *gestão inteligente* do município, baseada em:

1. Quebra da *Inércia Cultural* do corpo administrativo municipal, com a adoção de procedimentos simples que ofereçam resultados imediatos;
2. Iniciar a implantação de qualquer procedimento baseado em Geoprocessamento através da utilização de *softwares* amigáveis e que já sejam familiares ao corpo técnico;
3. Elaborar uma base de dados gráfica e tabular, que seja consistente e use da forma mais extensa possível os dados disponíveis e familiares ao município, na forma analógica e digital;
4. Iniciar aplicativos que, de preferência, incrementem a receita do município, como a adoção de procedimentos automatizados para uma gestão mais eficiente do cadastro técnico;
5. Ter uma equipe de vários profissionais envolvidos com o desenvolvimento do sistema em áreas vitais para o município;
6. Procurar repassar os conhecimentos e a metodologia logo após a mesma ter sido desenvolvida para o maior número possível de pessoas do corpo administrativo;
7. Desenvolver sistemas que possam ser operados pela equipe técnica do município, evitando adquirir soluções prontas de empresas ou institutos, que demandem pessoal altamente especializado e exijam um volume muito grande de dados iniciais;
8. Fazer das pequenas soluções um elemento de persuasão dos responsáveis pela gestão através de uma ligação direta entre os problemas, as soluções e os benefícios obtidos;
9. Implementar uma nova etapa somente após a anterior provar sua validade e

estar sedimentada como ferramenta familiar ao corpo técnico e administrativo;

10. Incentivar o maior número possível de pessoas da estrutura administrativa a absorver o utilizar o Geoprocessamento na resolução dos problemas de sua área de atuação;
11. Identificar os indivíduos mais aptos e interessados e fornecer treinamento através de cursos em instituições que desenvolvam atividades com tecnologias voltadas para o uso do Geoprocessamento;
12. Eliminar os velhos métodos de trabalho tão logo a nova metodologia for implantada, não permitindo que haja possibilidades de volta ao processo anterior por falhas que venham a ocorrer no novo processo. Se não há opção, resolve-se o problema da forma mais rápida possível, caso contrário, sempre se optará pela volta aos velhos métodos;
13. Manter convênios com instituições que se dediquem ao desenvolvimento e uso do Geoprocessamento;
14. Manter atualizada a estrutura de suporte, principalmente os equipamentos necessários à operação de todo o sistema, deslocando aqueles menos potentes para as pontas, ou usuários finais, e inserindo os mais modernos no início, junto aos desenvolvedores;
15. Finalmente, estabelecer uma estrutura piramidal, em que a capacitação dos recursos humanos seja feita, enviando os técnicos mais qualificados para cursos e treinamentos em instituições externas e que esses, ao voltar, promovam treinamento do extrato imediatamente abaixo, numa corrente de transmissão de conhecimento até que chegue ao usuário da ponta.

Por mais que se busque implantar no município qualquer sistema baseado em Geoprocessamento, seja adquirindo soluções prontas, seja desenvolvendo uma metodologia própria, o objetivo só será alcançado a partir do momento em que se atinja uma *Massa Crítica*, onde o uso das novas metodologias se sobreponha naturalmente aos métodos antigos, sem que haja esforço no sentido de mantê-las. Esse objetivo só é alcançado na medida em que as pessoas acreditem

naquilo que utilizam e achem que é o melhor para seu trabalho e para a compreensão do mundo que as cerca.

É uma questão de confiança, e confiança não se compra, não se impõe, apenas se conquista.

A conquista é um processo lento e nasce em acreditar numa idéia, mesmo que pequena, e fazê-la dar certo. É como um pequeno grão de poeira no universo que, em determinado momento atrai um outro, que por sua vez atrai outro e outro, num processo crescente que culmina no nascimento de uma estrela.

15 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, JOAQUIM CASTRO – **Competência e Autonomia dos Municípios na Nova Constituição** – Rio de Janeiro, De. Forense, 1993, 128p.

BACHELARD, GASTON – **O Novo Espírito Científico** – Tempo Brasileiro, Rio de Janeiro – GB, 1968

BREMAEKER, FRANÇOISE E. J. de – **A perda de população pelos municípios (1960 – 1970)**. Rio de Janeiro, IBAM/CPU/IBAMCO, 1990.

EASTMAN, RONALD J. – *Idrisi for Windows: Users's Guide version 2.0* Introducion. Worcester-MA, Graduate School of Geography, Clark University, 1977

FERRARI JÚNIOR, ROBERT E NETO, ÁLVARO GARCIA – Proposta de uma Estratégia para Implantação de SIGS em Administrações municipais Brasileiras. GIS Brasil 94 – Congresso e Feira para usuários de Geoprocessamento – SAGRES, Curitiba, 1994 . pg. 31

FERRARI, ROBERTO – **Viagem ao SIG – Planejamento Estratégico, Implantação e gerenciamento de Sistemas de Informação Geográfica** – Editora Sagres, Curitiba. Cap. 13 – (SIG em Prefeituras por Davis, C., Yuaça, F e Sikorski, S). – Pg. 139.

MARTORANO, DANTE – **TEORIA BRASILEIRA DO MUNICÍPIO** – (Tese de Doutorado) – Universidade Mackenzie – São Paulo – 1983.

PELICANO, ANNA MARIA T.M. Coord – **O Mapa da Fome III – Indicadores Sobre a Indigência no Brasil (classificação absoluta e relativa por municípios)** – IPEA – Documentos de Política n.º 17 – agosto de 1993.

SERRA, JOSÉ – **O Novo Município** – Senado Federal, Brasília – 1997 – 137p

SUSSMAN, RAPHAEL e WINTER, SUSAN – **Municipal GIS: Human Behaviour and Change in the Organization**; Ninth Annual Symposium on Geographic Information System. Vancouver – Canadá – 1995

TUAN, YI-FU – **Espaço e Lugar: A Perspectiva da Experiência** – Tradução Livia de Oliveira – São Paulo : DIFEL, 1983

XAVIER AS SILVA, J E CARVALHO FILHO, L.M. – **Sistemas de Informação Geográfica: Uma Proposta Metodológica** – IV Conferência latino-americana sobre Sistemas de Informação Geográfica – 2º Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento, Julho de 1993 – São Paulo – Brasil.

XAVIER AS SILVA, Jorge – **A Digital model of the environment: na affective approach to Areal Analysis**. In: Latin American Conference. Rio de Janeiro, International Geográfic Union, vol.1 – 1982.

16 – ANEXOS

Propriedade dos *softwares* utilizados nesse trabalho:

1. AutoCAD® - *AutoDesk, Inc.*
2. Idrisi – *Graduate School of Geography, Clark University.*
3. Surfer – *Golden Software, Inc. Colorado.*
4. CorelDraw 7 e Corel Photopaint7 – *Corel Corporation, Inc.*
5. Convec – Prefeitura Municipal de Petrópolis
6. MaxiCad – Maxidata do Brasil
7. SAGA-UFRJ – Laboratório de Geoprocessamento da UFRJ

Os arquivos utilizados, pertencentes a estrutura dos *softwares* citados, foram identificados por sua terminação, conforme segue:

1. .DXF – Pertencente a *Autodesk, Inc.*
2. .DWG – Arquivos do AutoCAD®.
3. .VEC – Arquivos vetoriais do *Idrisi.*
4. .IMG – Arquivos *Raster* do *Idrisi.*
5. .SRF – Arquivos vetoriais de *Surfer.*
6. .GRD – Arquivos de Gridagen do *Surfer.*
7. .CDR – Arquivos vetoriais do *CorelDraw.*
8. .CPT – Arquivos *Raster* do *Corel Photopaint.*
9. .BMP – Arquivos *bitmap* do *Windows.*

Todos os mapas e arquivos utilizados nesse trabalho estão disponíveis para consulta, na forma digital, no Departamento de Geografia do Instituto de Geociências da UFRJ ou com o autor no endereço eletrônico: llfilho@serraon.com.br

Todos os direitos dos softwares e estruturas de arquivos ligados a esses, pertencem a seus respectivos proprietários, conforme leis de Copyright® Internacionais.

Rio de Janeiro

1999