

**Universidade Estadual Paulista
Campus de Rio Claro**

**Programa de Pós-Graduação em Geografia
Área de Concentração em Análise da Informação Espacial**

Tema:

**Vantagens e Limitações das Imagens de Alta Resolução
como Suporte ao Planejamento Urbano:
O Exemplo de Sobradinho – Distrito Federal**

***Orientadora: Profa. Dra. Magda Adelaide Lombardo
Co-Orientador: Prof. Dr. José Alberto Quintanilha***

Doutorando: Edilson de Souza Bias

Fevereiro/2003

Ficha Catalográfica

526.8 B579v	Bias, Edilson de Souza Vantagens e limitações das imagens de alta resolução como suporte ao planejamento urbano: o exemplo de Sobradinho – Distrito Federal / Edilson de Souza Bias.-- Rio Claro : [s.n.], 2002. 280 p.; il. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas Orientadora: Magda Adelaide Lombardo Co-orientador: José Alberto Quintanilha 1. Cartografia. 2. Geoprocessamento. 3. Ortorretificação. I. Título
----------------	--

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI – Biblioteca da UNESP
- Campus de Rio Claro/SP

Edilson de Souza Bias

**Realidades e Limitações das Imagens de Alta Resolução como
Suporte ao Planejamento Urbano:
O Exemplo de Sobradinho – Distrito Federal**

Profa. Dra. Magda Adelaide Lombardo
(Orientadora/UNESP - Rio Claro)

Prof. Dr. José Alberto Quintanilha
(Co-Orientador/USP – SP)

Profa. Dra. Maria Izabel Viadana
(Examinadora Interna/UNESP - Rio Claro)

Prof. Dr. Ailton Luchiari
(Examinador Interno/UNESP – Rio Claro)

Prof. Dr. Gustavo Macedo de Melo Baptista
(Examinador Externo – UCB – DF)

Prof. Dr. Lindon Fonseca Matias
(Examinador Externo/UEPG – Pr)

Rio Claro: _____/_____/2003

Resultado:_____

Agradecimentos

Existe uma ciência de cultivar a amizade e construir o entendimento. Como acontece ao trigo, no campo espiritual do amor não será possível colher sem semear.

Emmanuel

Só podemos ensinar aquilo que efetivamente aprendemos. E a ciência de ensinar encontra-se revestida do sentimento maior que é o amor, a abnegação, a boa vontade, o devotamento, a afeição, a atenção, e a disponibilidade, entre tantos outros adjetivos.

Considero-me privilegiado por ter podido aprender, convivendo com tantas pessoas que faziam de suas tarefas não somente a obrigação do cumprir, mas sobretudo o apostolado do servir.

O meu primeiro agradecimento é feito a Deus pela vida e pela inteligência, aos amigos espirituais, que nunca me desampararam, sustentando-me nos momentos de dificuldades, quando os meus ombros pesavam e sentia-me levantado, fortalecido, amparado por eles.

À Companhia Energética de Brasília, na pessoa dos amigos, Engº Sílvio Queiroz Pinheiro, Diretor do Núcleo Executivo de Disponibilização de Energia, e do Assessor da Presidência Irio Depieri, que não mediram esforços para permitir a liberação nos momentos necessários, fazendo com que fosse possível concluir a presente pesquisa.

À UNESP: em primeiro lugar, à Profa. Dra. Magda Adelaide Lombardo, que demonstrou segurança, firmeza e sobretudo conhecimento nos momentos mais necessários, não medindo esforços de tempo e hora para a participação na pesquisa. Aos professores, pelos conhecimentos transmitidos. E, de uma forma muito especial, desejo transmitir os meus agradecimentos à secretária do CEAPLA,

Juliene Queirós Lazarini, que se mostrou em todos os momentos como uma grande amiga, suprimindo as dificuldades da distância que me mantinha da universidade. Também externo os agradecimentos à bibliotecária Suely de Brito Clemente Soares pelo apoio e boa vontade nas revisões e orientações à forma.

Ao Prof. Dr. José Alberto Quintanilha, co-orientador, que aceitou prontamente o convite, sempre disponibilizando materiais que pudessem trazer contribuições para o presente estudo.

Ao amigo Prof. Dr. Gustavo Baptista, pelas diversas horas de conversas e orientações, trazendo sempre o incentivo e o apoio.

Aos Professores Drs. José Flávio Moraes Castro e Maria Isabel Viadana, da UNESP/Rio Claro, participantes da banca de qualificação, pelas sugestões que foram de grande importância para a concretização deste trabalho.

À TOPOCART nas pessoas dos Eng. Lúcio Mário e Jorge Mauro do topógrafo Wesder e dos auxiliares de topografia que muito auxiliaram nos levantamentos de campo, bem como pela disponibilização dos equipamentos GPS, indispensáveis à execução do presente estudo.

À empresa GEOAMBIENTE pela disponibilização do software PCI, do ambiente físico e dos equipamentos, para a realização das ortorretificações das imagens IKONOS.

Ao Eng. Maurício Meira, pelo empenho no contato com a Space Imaging para a disponibilização das imagens a serem utilizadas e pelos diversos momentos de troca de idéias.

Finalmente, vale ressaltar que a conclusão deste trabalho foi obtida com a colaboração de um grande número de amigos, indiretamente, e, outras vezes, na troca de idéias e apoio. Opto, portanto, em não relacioná-los nominalmente para que não venha a cometer nenhum deslize de esquecimento. Assim, a todos vocês, amigos de todas as horas, muito obrigado por tudo.

Dedicatória

Ao meu querido pai que, com certeza vibra pela minha conquista.

À minha mãe, pela dedicação e apoio.

Às minhas queridas filhas, Lígia, Cecília e Aline, fontes de alegria, flores da minha vida.

À minha querida esposa, amiga e conselheira, Nara, que valorosamente, lutou durante estes últimos 3 (três) anos para manter a harmonia e o equilíbrio do lar nos momentos de minhas ausências, embora de corpo presente. Este trabalho lhe pertence, pois grande parte dele foi colaboração direta do seu empenho, com desprendimento total e muita dedicação.

Resumo

O presente projeto de doutorado tem como objetivo principal apresentar as potencialidades das imagens de alta resolução espacial do satélite IKONOS ORTHO KIT, bem como desenvolver avaliações comparativas dessas imagens com outras imagens orbitais, com base em estudos e aplicações já desenvolvidas, visando validar a sua capacidade e potencial para utilização como ferramenta de suporte às aplicações, estudos e planejamento urbano.

Dentro dessa perspectiva, serão avaliadas as possibilidades de ortorretificação e precisão das imagens IKONOS ORTHO KIT na geração de produtos cartográficos para aplicações de estudos e planejamentos urbanos, isto porque a existência de uma base cartográfica representa instrumento primordial ao suporte dos mecanismos e processos relacionados à análise, estudo e implementação de aplicações urbanas.

Para que seja atingido o presente desiderato, o estudo foi fundamentado, num primeiro momento, na análise das possibilidades de ortorretificação das imagens e na geração de produtos cartográficos, a seguir avaliados as possibilidades de mapeamento e quantificação do uso da terra, para análise e observação da espacialização e da relação das funcionalidades urbanas com o a qualidade ambiental urbana. Foram feitas análises comparativas do verde urbano como elemento de planejamento urbano e dos incrementos possíveis das imagens IKONOS ORTHO KIT com as imagens orbitais do satélite LANDSAT, em relação à visualização e interpretação de novos alvos necessários aos estudos urbanos, demonstrando a possibilidade de combinação de imagens do satélite IKONOS e LANDSAT para estudos relacionados à melhoria do ambiente urbano, a partir do entendimento dos fatores que favorecem as alterações de temperatura neste meio.

Palavras-chaves:

Geoprocessamento, Cartografia, Ortorectificação.

Abstract

The present doctorate project, has as its main objective to present the potentialities of the high resolution images of the space of the satellite IKONOS ORTHO KIT, as well as to develop comparative evaluations of these images with other images, based in studies and applications already developed, seeking to validate its capacity and potential of being for used as a support tool to the applications, studies and urban planning.

From of this perspective, they will be appraised the possibilities orthorectification and precision of the images IKONOS ORTHO KIT will be appaised in the generation of cartographic products, for applications of studies and urban planning, this because the existence of a cartographic base represents primordial instrument to the support of the mechanisms and processes related to the analysis, study and execution of urban applications.

So that the present desideratum reached, the study is was based in a first moment, in the analysis of the possibilities of orthorectification of the images and, in the generation of cartographic products, to proceed, the mapping possibilities and quantification of the use of the earth, were appraised for analysis and observation of the distribution and of the relationship of the urban functionalities with the urban environmental quality. There were made comparative analyses of the urban green as an element of urban planning and, of the possible increments of the images IKONOS ORTHO KIT with the images of the satellite LANDSAT, in relation to the visualization and interpretation of new necessary objectives to those studied urban, demonstrating the possibility of the combination of images of the satellite IKONOS and LANDSAT for studies related to the improvement of the urban atmosphere starting from the understanding of the factors that aid the temperature alterations in this environment.

Key words:

Geoprocessing, Cartography, Orthorectification.

5.2 – Importância do Planejamento Urbano	86
5.3 – Evolução Tecnológica	95
5.3.1 – Satélites de Baixa e Média Resolução	101
5.3.2 – Satélites de Alta Resolução	105
5.3.3 – Sistemas de Informação Geográfica	119
5.4 – Ferramentas Geotecnológicas e Planejamento Urbano	
5.4.1 – Imagens de Baixa Resolução na Geração Cartográfica	122
5.4.2 – Imagens de Alta Resolução na Geração Cartográfica	128
5.4.3 – Critérios de Precisão	143
5.5 – Planejamento Urbano	
5.5.1 – Mapeamento do uso da terra	151
5.5.2 – Imagens IKONOS e a Resolução E spacial	159
5.6 – Hibridação de Imagens	
5.6.1 –Ilhas de Calor como suporte ao Planejamento Urbano	176
5.7 – Análise do Verde no Planejamento Urbano	181
 Capítulo 6 – Resultados e Discussões	
6.1 – Ortorretificação de Imagens IKONOS	187
6.2 – Geração de Mapa do Uso da Terra	212
6.3 – IKONOS na Avaliação de Áreas Verdes.....	215
6.4 – IKONOS/LANDSAT na Análise de Ilhas de Calor	216
 Capítulo 7 – Conclusões	219
 Capítulo 8 – Referências	224
 Anexos	244

Lista de Figuras

Figura 1 – Localização da Área de Estudo	8
Figura 2 – Área de cobertura do consórcio ORTO2000	15
Figura 3 – Localização de GCP's de Brasília	32
Figura 4 – Modelo de localização dos GCP's	35
Figura 5 – Marco DF-01	38
Figura 6 – Modelo de Monografia	39
Figura 7 – Identificação de pontos em campo	40
Figura 8 – MDE – Brasília	42
Figura 9 – Comparação Ortorectificação com Vizinho + Próximo	47
Figura 10 – Comparação Ortorectificação com Vizinho + Próximo	48
Figura 11 – Distribuição dos GCP's em Sobradinho	52
Figura 12 – Distribuição de pontos do Método 1	54
Figura 13 – Distribuição de pontos do Método 2	55
Figura 14 – Tela do ArcView para acesso a SCRIPT de malha	56
Figura 15 – Distribuição de pontos do Método 3	57
Figura 16 – Área selecionada para teste de mapa de uso da terra	63
Figura 17 – Seleção de feições para classificação	64
Figura 18 - MNF – Minimum Noise Fraction	65
Figura 19 – PPI – Índice de Pixel Puro	66
Figura 20 – Agrupamento de Pixels – 3D	67
Figura 21 – Classificação pelo Método SAM	68
Figura 22 – Classificação não supervisionada	69
Figura 23 – Classificação MAXVER	70
Figura 24 – NDVI	72
Figura 25 – Máscara de Áreas Verdes	73
Figura 26 – Definição de Malha para análise de Resolução Espacial	75
Figura 27 – Imagem reclassificada em função da temperatura	76
Figura 28 – Áreas escolhidas para análises intra-urbanas (LANDSAT)	77
Figura 29 - Áreas escolhidas para análises intra-urbanas (IKONOS)	77
Figura 30 - Albedo de alguns materiais urbanos	94
Figura 31 – Perfil de ilha de calor urbana	95
Figura 32 – Reflectância x Comprimento de Onda (SPOT)	112

Figura 33 – Avaliação da amplitude das imagens IKONOS.....	114
Figura 34 – Comparação de imagem 8 e 11 Bits	118
Figura 35 – Classificação Fuzzy e Maxver	158
Figura 36 – Complexidade da espacialização em relação à escala	159
Figura 37 – Curvas Espectrais de algumas feições urbanas	168
Figura 38 – Gráfico de resolução de diversos sensores	169
Figura 39 – Gráfico de dispersão (Método 1)	198
Figura 40 - Gráfico de dispersão (Método 2)	201
Figura 41 - Gráfico de dispersão (Método 3)	204
Figura 42 – MDE – Sobradinho	208
Figura 43 – Imagem ortorretificada de Sobradinho	209
Figura 44 – Combinação imagem com arquivo vetorial	210
Figura 45 – Base vetorizada e estruturada para GIS urbano	211
Figura 46 – Identificação intra-urbana das alterações de temperatura	217

Lista de Tabelas

Tabela 1a – Empresas pesquisadas sobre o uso de Imagens IKONOS	19
Tabela 1b – Empresas/Órgãos pesquisados que atuam em Plan. Urb.	20
Tabela 2a – Custo de levantamento aerofotogramétrico (Topocart)	28
Tabela 2b – Custo de levantamento aerofotogramétrico (Topocart)	28
Tabela 3 – Composição de preços de profissionais	29
Tabela 4 – Custo total por km ²	30
Tabela 5 – Relação dos GCP's levantados em campo (Brasília)	36
Tabela 6 – Relatório dos GCP's levantados (Brasília)	43
Tabela 7 – Imagem IKONOS ortorretificada x restituição	44
Tabela 8 – Imagem IKONOS ortorretificada x pontos de campo	45
Tabela 9 – Pontos de campo (GPS) x restituição	45
Tabela 10 – Altimetria dos pontos de campo x altimetria do MDE	49
Tabela 11 – GCP's para ortorretificação e checagem dos métodos	53
Tabela 12 – Níveis hierárquicos para mapeamento do uso da terra	60
Tabela 13 – Variação do crescimento urbano (1960-2000)	89
Tabela 14 – Resolução espacial e escala de trabalho	98
Tabela 15 – Níveis de informação em função da resolução espectral	98
Tabela 16 – Relação de bandas espectrais e suas aplicações	100
Tabela 17 – Cronologia dos programas LANDSAT	102
Tabela 18 – Relação espectral das bandas do LANDSAT	102
Tabela 19 – Características do satélite Orbview 3	107
Tabela 20 – Características do satélite EROS	109
Tabela 21 – Imageamento do satélite EROS	110
Tabela 22 – Características gerais dos programas SPOT	111
Tabela 23 – Características do satélite IKONOS	113
Tabela 24 – Quadro do Uso Potencial de Imagens IKONOS.....	115
Tabela 25 – Avaliação de erros em relação à resolução do pixel	117
Tabela 26 – Períodos característicos dos SIG's (Teixeira)	120
Tabela 27 – Períodos característicos dos SIG's (Matias)	121
Tabela 28 – Relação entre resolução espacial e escala	126
Tabela 29 – Valores comparativos IKONOS x Fotos Aéreas	133
Tabela 30 - Valores comparativos IKONOS x Fotos Aéreas	133

Tabela 31 – Avaliação sobre o futuro das imagens de Alta Resolução	143
Tabela 32 - Precisão requerida para mapas Classe 1	148
Tabela 33 – Tabulação das respostas do Questionário 1	189
Tabela 34 – Tabulação das respostas do Questionário 2	191
Tabela 35 – Resumo dos preços de aerofotogrametria e imagem IKONOS	192
Tabela 36 – Variação de preços de produtos de aerofoto e imagens	192
Tabela 37 – Número de GCP's para ortorretificação e checagem	194
Tabela 38 – Pontos utilizados para ortorretificação (Método 1)	196
Tabela 39 – Pontos utilizados para checagem (Método 1)	197
Tabela 40 - Pontos utilizados para ortorretificação (Método 2)	199
Tabela 41 – Pontos utilizados para checagem (Método 1)	200
Tabela 42 - Pontos utilizados para ortorretificação (Método 3)	202
Tabela 43 - Pontos utilizados para checagem (Método 1)	203
Tabela 44 – Comparação dos métodos de ortorretificação	205
Tabela 45 – PEC – classe A	206
Tabela 46 – PEC – classe B	206
Tabela 47 – Quantificação de áreas verdes	216

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

Os Sistemas de Informação Geográfica, que poderiam ser melhor denominados de Sistemas Gerenciadores de Informação Geográfica¹, parte integrante de ambientes que utilizam plataformas de geoprocessamento, estão sendo atualmente utilizados nas mais diversas áreas, com aplicações em socio-economia, serviços de utilidade pública (água, esgoto, eletricidade e comunicação), sistema de acompanhamento de senso, navegação marítima ou terrestre (particularmente no monitoramento de frotas). Dentre as aplicações descritas, destacar-se-a aquelas voltadas aos trabalhos com o planejamento urbano e o meio ambiente, com ênfase no gerenciamento de florestas, clima, poluição, recursos naturais como: extrativismo mineral e vegetal, recursos hídricos, oceanografia e, finalmente, o planejamento urbano, analisando as questões ligadas à ocupação, formas e análise de vetores de crescimento, vias de circulação, entre outros. Identificam-se, também, nos dias atuais, aplicações na Administração Pública como: controle e melhoria do tráfego, no controle de obras públicas e no planejamento de defesa civil.

Essa tecnologia, apesar das grandes aplicações hoje apresentadas, teve o seu nascedouro há poucas décadas, em que destaca-se os anos sessenta com o surgimento do primeiro SIG desenvolvido no Canadá, o desenvolvimento da multiplicidade dos sistemas sensores e o desenvolvimento da cartografia digital.

Corroboram as considerações acima as afirmativas de Tomlinson (1998), apud Matias (2001) afirmando que o advento dos sistemas de informação geográfica foi o resultado não da pesquisa acadêmica, mas, antes, da crescente necessidade social por informações geográficas, de uma mudança na tecnologia que tornou possíveis tais sistemas e da providencial visão do setor privado e governamental que iniciou e sustentou seu desenvolvimento.

¹ O termo SGIG, foi proposto inicialmente por Matias e Ferreira (1996) e posteriormente apresentado por Bias (1998), baseia-se no fato dos SIG – Sistemas de Informação Geográfica representarem a tecnologia adotada numa determinada instituição e, conseqüentemente, traz no seu escopo a criação

O período de 70 pode ser considerado o da grande difusão dos SGIG's, caracterizando o interesse de suas funcionalidades por parte dos órgãos governamentais, principalmente nos EUA. Na década de 80, constata-se a inclusão do setor industrial e comercial no grupo dos usuários, estabelecendo, dessa forma, uma grande evolução tecnológica que trouxe como resposta maior rapidez, facilidades e flexibilidade para manipulação dos dados geograficamente referenciados.

É exatamente a característica da integração de múltiplas informações, que podem ser simultaneamente analisadas, visando a atender a diversas necessidades e, subsidiar a tomada de decisões, favorecendo simulações em **'Real Time'**², quando se dispõe de "hardware" e "software" de bom desempenho, e alimentados com dados bem estruturados, que os SGIG se constituem como o grande auxiliar nos processos de gestão integrada (Bias, 1998).

Dentro deste contexto de novas tecnologias, os diversos usuários que buscam desenvolver ambientes utilizando plataformas de geoprocessamento encontram a grande limitação que se caracteriza pela falta de bases cartográficas atualizadas e em padrões de qualidade e escala compatível com a aplicação a ser desenvolvida.

Pode-se entender o processo de desatualização das atuais cartas topográficas planialtimétricas em razão de dois motivos: o primeiro, pela falta de investimento governamental para as áreas de cartografia e mapeamento; o segundo, pela crescente dinâmica do crescimento urbano, impondo a necessidade de constantes atualizações, e, em alguns casos, de um novo levantamento, que normalmente é inviabilizado em razão dos altos custos da obtenção desses produtos e do tempo de execução, particularmente, quando efetuados pelos processos convencionais de aerofotogrametria.

de uma estrutura organizacional técnica e administrativa para a sua realização, desenvolvimento e implantação. O termo SGIG diz respeito ao software como por exemplo: ArcInfo, Spring, MGE, etc.

² O termo "Real Time" é utilizado em informática para designar os sistemas que, em função da necessidade de operação e visualização das respostas geradas pelos processadores, dão respostas automáticas.

Enfocando o caso especial do Distrito Federal, o grande avanço da urbanização, inclusive em áreas rurais, ocorrido nos últimos anos, particularmente a partir de 1988, as bases cartográficas existentes se tornassem desatualizadas em curto espaço de tempo, inviabilizando os estudos necessários ao planejamento urbano. Assim sendo, pode-se afirmar a importância da atualização cartográfica em períodos cada vez menores, devendo-se, no entanto, encontrar as formas mais eficazes e que apresentem condições de qualidade e de escalas compatíveis.

As análises dos estudos do desenvolvimento urbano com a utilização de imagens orbitais e, com avaliações multitemporais³, constituem-se numa ferramenta de extrema importância, isto porque permitem identificar possíveis vetores norteadores da dinâmica de ocupação e mudanças na paisagem urbana.

Nos últimos anos, muito se tem discutido sobre as formas que possam viabilizar os processos de atualização cartográfica, visando a minimizar os custos e a diminuir o tempo de execução dos mapeamentos. A rapidez em coletar, tratar e disponibilizar os dados coletados para que se possa efetuar a atualização cadastral, hoje, é um fator crucial quando se trata de manutenção dessas bases. O advento dos sensores remotos de alta resolução espacial, hoje no mercado, abre uma possibilidade sem precedentes para a atualização cartográfica e os estudos de planejamento urbano. A utilização em escalas de 1:100.000 a 1:25.000 já representa a grande demanda do mercado, particularmente pela necessidade de sua aplicação em estudos de caráter ambiental. Entretanto, as escalas maiores, ou seja, 1:10.000, 1:5.000 e 1:2.000 ainda são verificadas as suas reais possibilidades, quando se diz respeito ao uso de sensores remotos, dentre os quais pode-se destacar o IKONOS e todo um conjunto de satélites que estão entrando no mercado para atividade comercial, entre os quais destaca-se, o Quick Bird e o SPOT 5, com características de possuir alta resolução espacial.

Neste trabalho, tem-se como premissa analisar as potencialidades de ortorretificação das imagens de alta resolução IKONOS, para geração de bases

³ Avaliações Multitemporal – Técnica de análise muito utilizada em estudos com o uso de sensores remotos, nos quais uma sequência de imagens é avaliada para identificação de alterações ocorridas em diferentes intervalos de tempo.

cartográficas que atendam o planejamento urbano nas escalas entre 1:10.000 e 1:2.500.

Outro aspecto que traz um novo atrativo para a utilização de imagens de alta resolução em atualização cartográfica e no planejamento urbano é a possibilidade de obtenção de um produto de qualidade a um custo relativamente mais baixo em relação aos processos convencionais de geração de cartas em diferentes escalas.

O grande diferencial das imagens IKONOS em relação às demais imagens de baixa e média resolução espacial – LANDSAT TM 7, resolução de 30 metros no 15 metros e, SPOT resoluções de 20 e 10 metros nos módulos PANCROMÁTICO e MULTIESPECTRAL, respectivamente, é, justamente, a resolução espacial que permite desenvolvimento de projetos até a escala de 1:5.000.

O presente estudo mostra as imagens IKONOS como um instrumento norteador ao poder público e aos órgãos de planejamento urbano, voltado à gestão urbana, enfocando novas formas de analisar e planejar os estudos da dinâmica urbana e da relação sociedade-natureza, enfocando a sua dinâmica.

Assim sendo, e de acordo com os aspectos acima mencionados, essa pesquisa foi consolidada em 8 (oito) capítulos de acordo com a estrutura abaixo descrita.

A partir do capítulo 2, em que é apresentada a base norteadora, o eixo central ou seja, os objetivos gerais e específicos, encontrar-se-á a seguir, no capítulo 3 a apresentação da área de estudo, destacando alguns aspectos fisiográficos, principalmente aqueles que justificam a definição da escolha para a aplicação do teste com a imagem IKONOS e com os estudos ambientais de caráter urbano. Com relação à área de estudo, serão ainda apresentadas algumas características socioeconômicas, com o objetivo de permitir uma visão mais ampla do ambiente de estudo.

No capítulo 4 é efetuada a apresentação dos aspectos referentes aos materiais e métodos, dividindo-se este nos materiais empregados e destacando-se a

parte metodológica, que toma por base a importância do conhecimento do uso e da ocupação do solo urbano, para caracterizar a importância do estudo das áreas verdes e do decorrente das alterações ou inexistência deste, ocasionando a incidência das ilhas de calor que contribuem para as alterações climáticas urbanas. A avaliação das imagens IKONOS para geração de base cartográfica para planejamento urbano é apresentada com a sua importância, obedecendo ao processo hierárquico do estudo urbano, ou seja, a cartográfica representa um pano de fundo, evidentemente, indispensável a todo e qualquer planejamento urbano.

O capítulo 5 realiza, toda uma análise de abordagem referente a estudos e pesquisas realizadas com base na importância do planejamento urbano e das ferramentas geotecnológicas que propiciaram o desenvolvimento e a gestão desses estudos, chegando ao estado atual com o advento das imagens de alta resolução.

Continuamente são trabalhadas de forma sucinta e minuciosa as análises e discussões de todos os resultados obtidos na implementação dos modelos da presente pesquisa, o que se dá no capítulo 6. Seqüencialmente o capítulo 7 efetua o fechamento do trabalho com as conclusões e sugestões para futuros estudos e validações.

Finalmente, nos capítulos 8 e 9, além das referências, são apresentados os anexos, nos quais se buscam apresentar todas as estruturas que permitiram concluir a pesquisa e os diversos resultados apresentados.

CAPÍTULO 2 - OBJETIVOS

2.1 - GERAL

Avaliar os recursos disponíveis das imagens obtidas por meio dos sensores orbitais de alta resolução espacial (IKONOS) como subsídio ao planejamento urbano.

2.2 - ESPECÍFICOS

- Apresentar o desenvolvimento, o avanço e o estado atual em que se encontram as ferramentas geotecnológicas.
- Demonstrar a aplicação e limitação das imagens de alta resolução IKONOS na geração de base cartográfica para os estudos urbanos.
- Analisar as vantagens do uso das imagens IKONOS na espacialização dos fenômenos urbanos.
- Avaliar as características relacionadas à resolução espectral das imagens de alta resolução IKONOS e suas aplicações em estudos urbanos, a partir da geração de um mapa de uso da terra.
- Avaliar a combinação de imagens de diferentes resoluções espaciais para análise urbana a partir da geração de mapas de ilhas de calor e da quantificação das áreas verdes urbanas.

CAPÍTULO 3 - ÁREA DE ESTUDO

3.1 - Localização

Para aplicação da análise objetivando estudos de planejamento urbano com o uso de imagem IKONOS, foi selecionada a cidade satélite de Sobradinho-DF, que ocupa uma área de 569,37 Km² e encontra-se, situada a 22,1 Km a nordeste de Brasília, conforme se pode observar na Figura 01 definida pelas coordenadas UTM (SICAD) apresentadas abaixo:

Coordenadas UTM (Sistema SICAD)

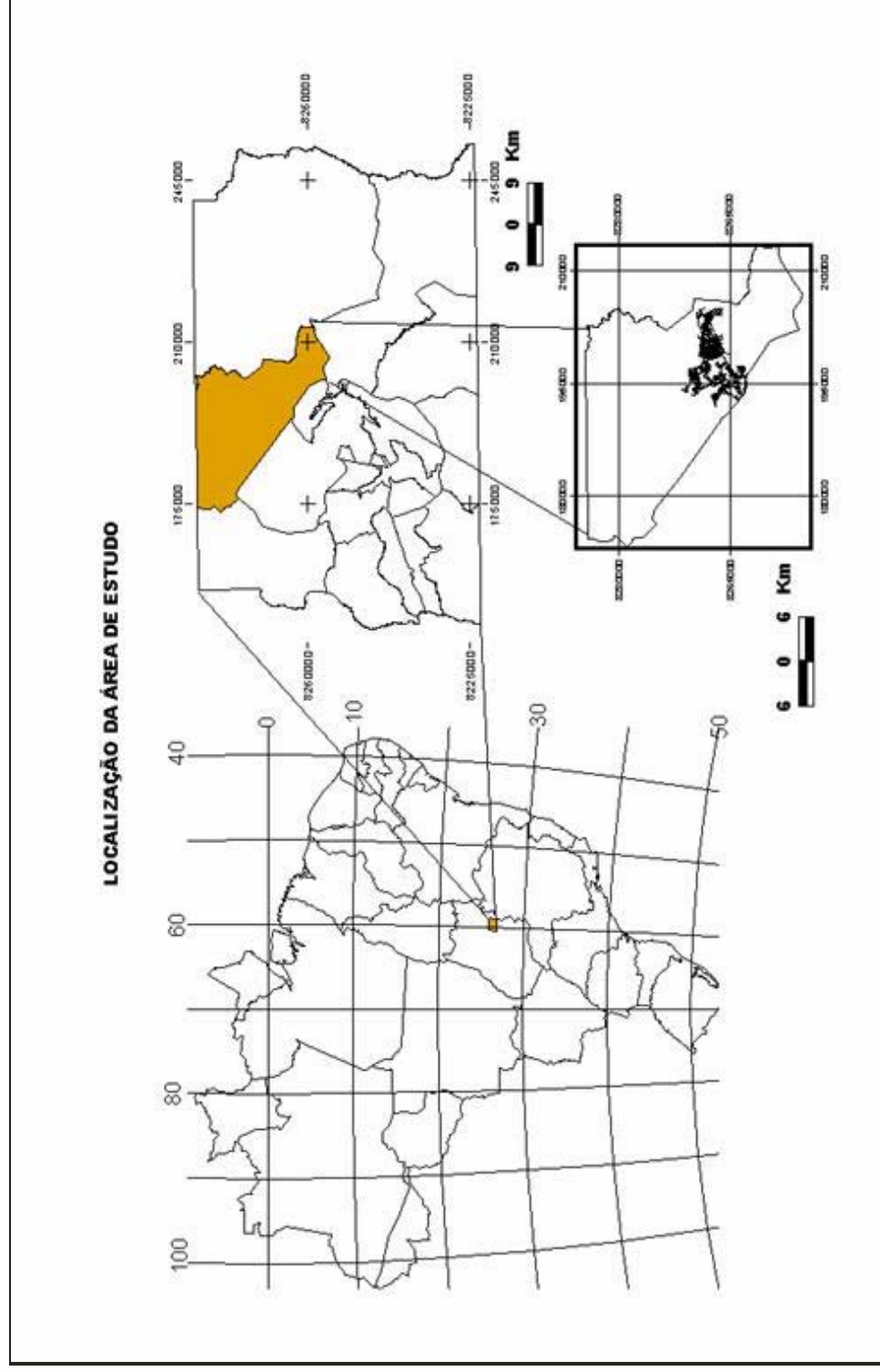
Canto inferior esquerdo: E = 195.000 N = 8.265.000

Canto superior esquerdo: E = 195.000 N = 8.275.000

Canto inferior direito: E = 205.000 N = 8.275.000

Canto superior Direito: E = 205.000 N = 8.265.000

Figura 01 – Área de Estudo



De acordo com dados disponibilizados em www.sobradinho.df.gov.br (2002), pode-se verificar a localização do sítio de acordo com os parâmetros oficiais que assim foram estabelecidos: a cidade de Sobradinho limita-se ao norte com o paralelo 15°30' S, com o Estado de Goiás (município de Planaltina de Goiás). O limite leste é formado pela RA VI (Planaltina). Duas Rodovias constituem o limite sul da RA V: a EDF 001, que a separa da RA I (Brasília) e a EDF 250 (BR 479) que a separa da RA VII (Paranoá). O limite oeste é constituído pela EDF 170 que a separa da RA IV (Brazlândia).

A área ocupada pelo loteamento de Sobradinho é de 11,54 km² dos quais 4,12 km² correspondem a lotes destinados à venda, 1,19 km² ao arruamento, 6,22 km² estão reservados aos parques, jardins e serviços de utilidade pública de acordo com dados disponíveis no portal eletrônico da Administração Regional da cidade satélite de Sobradinho.

O plano original da cidade sofreu algumas modificações no decorrer de sua implantação. Destaca-se o reparcelamento de algumas quadras residenciais, com pequeno acréscimo de área, destinada a fixar os moradores das invasões do Ribeirão Sobradinho e Lixão, dentro do Programa de Assentamento Populacional de Emergência PAPE, de agosto/1980, www.sobradinho.df.gov.br (2002).

Em Sobradinho, há aproximadamente 10 (dez) anos, em consequência da má distribuição da população, diferentes famílias habitavam um mesmo lote em condições precárias.

Existiam, também, barracos de madeira disseminados por toda a cidade, entre as casas de alvenaria ou em fundos de terreno. A tentativa de solucionar o problema foi realizada a partir da execução do Programa de Assentamento de População de Baixa Renda, desenvolvido pelo governo local com a criação da Expansão Urbana do Setor Oeste da cidade, em 6/10/89. Este fato minimizou o problema, entretanto não o solucionou definitivamente. Este núcleo habitacional é designado popularmente de Assentamento ou Sobradinho II.

Antes de se efetuar a apresentação da área de estudo, torna-se importante conhecer um pouco dos seus aspectos fisiográficos, bem como a evolução do processo de ocupação que ocorreu no Distrito Federal a partir de sua fundação em 1960, isto porque, desde a sua implantação, ele passou a constituir-se num importante ponto atrativo dentro do processo migratório nacional.

3.2 - Aspectos Fisiográficos

Estudos desenvolvidos da fisiografia do Distrito Federal, realizados por Novais Pinto (1984) e particularmente da cidade satélite de Sobradinho disponibilizado em www.sobradinho.df.gov.br, informam dados de relevância quanto aos aspectos físicos existentes na região de estudo.

Os dados acima citados esclarecem que, segundo a classificação de Koppen, internacionalmente adotada, os tipos de clima do Distrito Federal são o tropical AW e o tropical de altitude Cwa e Cwb; na cidade satélite do atual estudo, o clima possui a característica de tropical de altitude, com inverno seco e ausência de precipitações durante aproximadamente 5 meses (março e de junho a setembro), e com médias pluviométricas anuais variáveis em torno de 1.500mm (mil e quinhentos milímetros).

A temperatura média anual varia entre 18° e 20°C sendo os meses de setembro e outubro os meses mais quentes com variação de 20° a 22°C, e julho o mês mais frio, com a temperatura variando entre 16° e 18°C.

As variações altimétricas do relevo da região apresentam níveis correspondentes a: superfícies planas, nas costas acima de 1200m, sendo 1301m a altitude máxima aproximada, (Chapada da Contagem), cobertas predominantemente por reflorestamento; superfície, nas cotas de 1000 a 2000 m, coberta por cerrado, cerradão, mata ciliar e reflorestamento. A altitude média aproximada da cidade é de 1120 m. As cotas inferiores a 800 m até 1000m são cobertas por cerrado, cerradão, cerrado ralo, mata subcaducifolia e algumas manchas de mata ciliar.

3.3 - Aspectos Populacionais e Sócios Econômicos

A área de estudo representa uma das 19 (dezenove) regiões administrativas do Distrito Federal, que nas duas últimas décadas apresentou significativo crescimento populacional tanto em regiões urbanas como em sua estrutura rural, passando a apresentar uma nova configuração que veio descaracterizar o ambiente rural para núcleos suburbanos e, dessa forma, gerar uma crescente pressão por infra-estrutura (Villarinho, 2000, p. 8).

A cidade satélite de Sobradinho, região administrativa na qual será implementado o projeto de pesquisa do presente doutorado, era considerada nos anos 80 uma cidade de características interioranas com alto grau de urbanidade, sofrendo no início da década de 90 um crescimento populacional oriundo principalmente de assentamentos, que atendiam a projetos ligados ao governo local. Conforme acentua Villarinho, (2000, p. 13) à forma de alocação da população novos núcleos foram realizados de maneira completamente desordenada, ou seja, sem estudos e sem infra-estrutura mínima.

Paviani et al. (1974, p. 1) desenvolvem interessante estudo da organização do espaço urbano no Distrito Federal, onde se pode verificar que, já em 1973, o Distrito Federal, que era planejado para uma população de 500.000 habitantes, já apresentava 750.000 habitantes. Uma das maiores preocupações apresentadas pelos autores é que o Plano Piloto de Brasília sequer estava concluído integralmente e novos espaços já eram abertos fora dele, com o objetivo de acomodar a população que demanda à Capital Federal.

Após a mudança da capital para Brasília e a transferência de funcionários de cargos administrativos, o Plano Piloto passou a ter a uma especialização na sua ocupação. A decorrência dessa especialização fez com que se formasse um padrão de uso do solo urbano, que passa a influenciar no comportamento humano. Paviani et al. (1974, p. 3) afirmam que a interação entre o plano e a ação, decorrente do comportamento humano, passou a ter uma configuração gerando valores que se diferenciaram, conforme pode ser observado abaixo:

- Valores sociais e econômicos
 - Elitização residencial no Plano Piloto;
 - Preços mais elevados dos terrenos e imóveis no Plano Piloto do que nos núcleos periféricos.

À medida que os preços do solo passaram a apresentar uma grande valorização no Plano Piloto, bem como a estruturação dos valores sociais e econômicos anteriormente identificados, identifica-se encontrar uma procura mais dirigida para as denominadas cidades satélites.

Interessante ressaltar que os estudos de Paviani et al (1974) apontavam já em 1970 alguns vetores de crescimento que se constituía de forma pendular a partir do sentido “NE” Planaltina e Sobradinho, “W” a partir de Brazlândia e Taguatinga e “SE” decorrente da movimentação do Núcleo Bandeirante e adjacências. Os estudos desenvolvidos por Paviani et al. (1974) foram posteriormente consolidados com os trabalhos desenvolvidos por Anjos (1995) quando do desenvolvimento de sua tese de doutorado, enfocando os processos formadores da dinâmica urbana no Distrito Federal.

O desenvolvimento e a consolidação de um núcleo urbano sempre traz preocupações quanto ao ajustamento e à realidade da população que passa a não ocupar as suas áreas centrais e busca as periferias. Dessa forma, identifica-se em Diniz et al. (1974, p. 15) a afirmação que a forma pela qual a cidade vai organizar sua periferia deve ser objeto de planejamento, tendo em vista que as transformações que passam a ocorrer nessas periferias provocam profundas conseqüências, se não estiverem plenamente planejadas e equacionadas.

No contexto da ocupação urbana são importantes as considerações apresentadas por Diniz (1974, p. 15) e Ferreira et al. (1974, p. 22) que esclarecem que as migrações não devem ser vistas como um problema, mas sim, uma necessidade e conseqüência do próprio desenvolvimento urbano, merecendo sempre, a realização de análises visando ao planejamento da absorção da mão-de-obra, bem como ajustando o crescimento migratório às reais necessidades e sobretudo de sua capacidade.

Neste particular destaca-se, o trabalho realizado por Anjos (1995, p.138) chamando a atenção dos planejadores e do poder público do Distrito Federal, para os vetores de crescimento urbano que estavam sendo desenhados na Capital Federal e que nos dias atuais são constatados em todos os aspectos apresentados à época.

3.4 - Realidade da Atualização Cartográfica no Distrito Federal

O Distrito Federal não difere das demais cidades brasileiras no tocante à atualização, manutenção e qualidade de suas bases cartográficas. Preocupações relativas ao uso demandado desses produtos têm levado vários órgãos da administração direta e indireta do Governo do Distrito Federal a procurar formas e alternativas diversas, bem como desenvolvimentos isolados, o que passa a caracterizar vários problemas, como por exemplo a dificuldade de compartilhamento de informações e ainda os elevados custos assumidos individualmente.

Uma primeira tentativa de desenvolver uma base cartográfica única foi realizada pela CODEPLAN – Companhia de Desenvolvimento do Planalto Central, nos idos de 1967, com a participação das empresas Esteio e Engefoto o que resultou o desenvolvimento de um voo em escala de 1:40.000, restituído para 1:10.000, que foi atualizada em 1991 com uma nova cobertura aérea que se encontra sem receber nenhuma atualização até os dias atuais.

Posteriormente, várias tentativas foram desenvolvidas objetivando manter atualizada a base cartográfica. Uma delas, a partir da digitalização dos produtos denominados “Plantas Projetos”, desenvolvidos pelo então IPDF – Instituto de Planejamento do Distrito Federal, hoje SEDUR – Secretária de Desenvolvimento Urbano do Distrito Federal. Vale esclarecer as atribuições que a SEDUR possui, como: desenvolver e coordenar o planejamento do Distrito Federal; estudar os projetos estratégicos para o DF; promover a sistematização dos dados sócio-econômicos; articular e buscar recursos e parceiros; fazer a manutenção dos sistemas de informação e dos bancos de dados do setor; e promover pesquisas para reduzir os custos de construção das unidades habitacionais, bem como cuidar da execução da política habitacional do GDF com a participação das comunidades.

Ainda é de competência da SEDUR responsabilizar-se pelas diretrizes e normas de desenvolvimento territorial, desenvolvendo ações do Plano Diretor de Ordenamento Territorial e elaborando, quando necessários, os Planos Diretores Locais.

Sendo Brasília uma cidade considerada como patrimônio histórico da humanidade, a SEDUR também tem a tarefa de monitorar-lhe o tombamento, articulando ações com o IPHAN – Instituto de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, juntamente com o Governo Federal.

A iniciativa da atualização cartográfica acima descrita foi proposta para ser realizada a partir da digitalização dos produtos analógicos. Entretanto, em face de estes produtos apresentarem deformações e desgastes decorrentes da utilização continuada, os participantes do projeto foram levados a concluir pelo cancelamento da proposta, dada a inviabilidade de conseguir-se um produto de qualidade razoável.

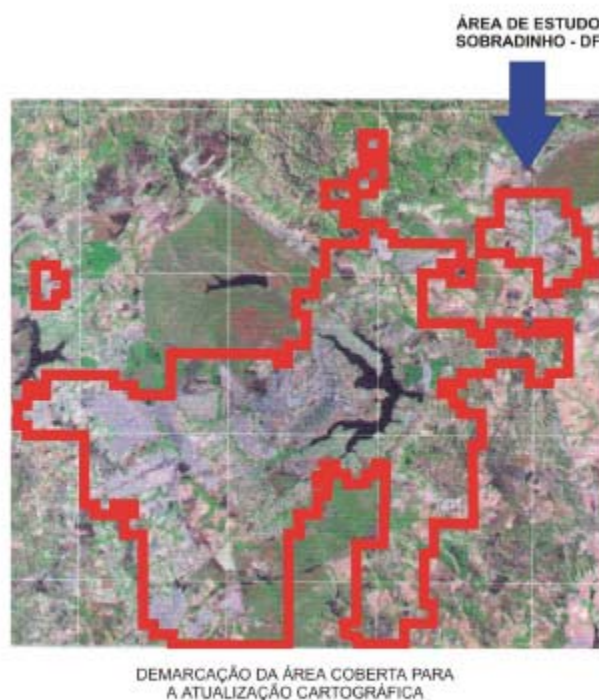
Corroboram a decisão tomada os estudos desenvolvidos por Quintanilha (1996, p. 117-123), que apresenta o grau de erro que poderá ocorrer quando da digitalização de produtos analógicos para produtos digitais, quando é desenvolvido pelo autor os aspectos concernentes a erros decorrentes dos processos de entrada, conversão e transferência de dados.

Entretanto no ano de 1997, as empresas que participaram dos estudos anteriormente expostos decidiram analisar a possibilidade da contratação de uma cobertura aérea para confecção e atualização do mapeamento das aéreas urbanas do Distrito Federal, aproximadamente 700 km². Passou-se a estudar as possibilidades da contratação vinculadas às disponibilidades financeiras dos participantes CODEPLAN, CEB, CAESB, TERRACAP e SECRETARIA DA FAZENDA e do tempo necessário para aquisição e disponibilização do produto.

Dessa forma, optou-se pela obtenção de uma cobertura em escala de 1:8.000, visando à confecção de um produto cartográfico restituído na escala de 1:2.000, com o uso de Ortofotos. A área a receber a cobertura foi delimitada em

comum acordo com as empresas participantes, visando a atender as demandas específicas de cada uma das participantes e é apresentada na figura a seguir.

Figura 2 – Área de Cobertura do Consórcio ORTO2000



Entretanto, após a confecção do produto, nenhuma definição foi realizada com vistas à manutenção deste produto, que hoje consta de mais de 5 (cinco) anos da realização da cobertura aérea. Vale ressaltar que nos últimos 4 (quatro) anos o Distrito Federal recebeu um grande incremento no que tange à criação de novos núcleos urbanos.

Neste contexto, encontram-se a Companhia Energética de Brasília - CEB, a Companhia de Saneamento do Distrito Federal – CAESB, a Companhia de Terras do Distrito Federal – TERRACAP, a EMATER, a Companhia de Desenvolvimento do Planalto Central – CODEPLAN, IPDF (SUDUR), instituições que trabalham as gestões de suas informações em ambiente de geoprocessamento, desenvolvendo isoladamente manutenções da base cartográfica para atender as suas necessidades

e, sobretudo, planejar a implantação de suas redes de infra-estruturas, e de ocupação do solo.

Essas atividades desenvolvidas de forma isolada criam grandes dificuldades no compartilhamento de informações e troca de arquivos. Dessa forma, é possível entender a importância do presente estudo pela possibilidade de abrir um campo novo e dinâmico na atualização de bases cartográficas, principalmente no que tange ao tempo gasto desde a aquisição até a entrega final do produto.

CAPÍTULO 4 - MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 - Materiais

Para o desenvolvimento da presente pesquisa foram utilizados os seguintes materiais e ferramentas descritas a seguir:

1. Imagens IKONOS ORTO KIT, cedida pela Companhia Energética de Brasília, para estudos em área teste e área de aplicação do modelo definido para o presente estudo, com as seguintes características:

Área Teste (Plano Piloto de Brasília)

Imagem IKONOS GEO ORTHO Kit 1m color, adquirida da Space Imaging pela Companhia Energética de Brasília, em formato Geotiff, 11 bits por pixel, resolução espacial de 1 metro, 7.714 x 10.063 pixels e ângulo de elevação de 86.28°; adquirida em 12/6/2001 sobre o Plano Piloto de Brasília no Distrito Federal. A localização definida pelas coordenadas geográficas do retângulo envolvente é: 1) 15.84° sul e 47.94° oeste, 2) 15.74° sul e 47.94° oeste, 3) 15,75° sul e 47,87° oeste, 4) 15,84° sul e 47,87° oeste, com projeção UTM, hemisfério sul, zona 23 e datum WGS84;

No capítulo de anexos, encontram-se relatórios complementares das duas imagens gerados pelos arquivos de “METADADOS” e que acompanham as imagens quando da sua aquisição.

Área de Aplicação (Sobradinho)

Imagem IKONOS GEO ORTHO Kit 1m color, adquirida da Space Imaging pela Companhia Energética de Brasília, em formato Geotiff, 11 bits por pixel, resolução espacial de 1 metro, 10.004 x 10.000 pixels e ângulo de elevação de 76.47°; adquirida em 18/12/2001 sobre a cidade de Sobradinho, no Distrito Federal. A localização definida pelas coordenadas geográficas do retângulo envolvente: 1) 15.67° sul e 47.84° oeste, 2) 15.58° sul e 47.84° oeste, 3) 15,58° sul e 47,75° oeste, 4) 15,67° sul e 47,75° oeste, com projeção UTM, hemisfério sul, zona 23 e datum WGS 84;

2. Imagens de satélite LANDSAT dos anos de 1973, 1984, 1999, 2001 e 2002, cedidas pelo Laboratório de Caracterização Ambiental e Geoprocessamento do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Católica de Brasília.

3. Ortofotos escala 1:2000, cedidas pela Companhia Energética de Brasília.

As ortofotos utilizadas foram provenientes do voo realizado no ano de 1997, em escala 1:8.000, pelo consórcio (Engefoto/Esteio/Aerosul) para atender o projeto ORTO 2000, desenvolvido por meio de um consórcio de diversas empresas do Governo do Distrito Federal. O voo para obtenção da cobertura aérea foi realizado nos meses de setembro e outubro de 1997.

4. Base cartográfica com escalas 1:2.000 e 1:10.000, em meio digital das localidades do Plano Piloto e de Sobradinho cedidas pela Companhia Energética de Brasília em formato “shp” (shape file), “cov” (coverage) e “dgn”⁴.

Os arquivos vetoriais cedidos na escala 1:2.000 foram produtos da cobertura aérea referenciada anteriormente, e, digitalizadas em tela pelo método “HEAD-UP”, com as ortofotos sendo utilizadas como “BACKGROUND”. Já os arquivos na escala 1:10.000 são provenientes da cobertura ocorrida em 1991, período em que não se utilizavam no âmbito da CODEPLAN os softwares da ESRI⁵, sendo originalmente gerados com base no software MaxCad⁶ e posteriormente convertidos para “dgn” visando à utilização na plataforma Microstation⁷.

5. Questionários para levantamentos de dados;

Foram desenvolvidos dois modelos de formulários para coleta de informações que se encontram no capítulo referente aos anexos.

⁴ As extensões apresentadas são referentes aos softwares: ArcView, ArcInfo e Microstation.

⁵ A ESRI – Environmental Systems Research Institute, Inc. é a empresa responsável pelo desenvolvimento dos softwares ArcInfo, ArcView entre outros.

⁶ MaxCad é um sistema do tipo CAD (computer aided design) criado especialmente para projetar mapas, possuindo funções nativas para tratamento de sistemas de projeção, datum de referência, coordenadas geográficas e plano retangulares (UTM)

5.1. Pesquisa para Levantamento de Dados

Foram distribuídos questionários para todos os usuários que no momento estavam desenvolvendo algum tipo de trabalho com as imagens IKONOS, visando obter informações quanto à qualidade dessas imagens, tipo do projeto, onde foram usadas e os resultados auferidos. De um total de 7 (sete) questionários, foram devolvidos somente 3 (três) que se encontram no anexo desta pesquisa.

As empresas que foram contatadas são as seguintes:

Tabela 1a - Empresas Pesquisadas sobre uso de Imagens IKONOS

Empresas Contactadas	Retorno da Pesquisa	
	Sim	Não
Brandt Meio Ambiente	X	
ENGEFOTO Engenharia e Aerolevantamentos S/A	X	
FURNAS/IBGE COTER – Exército Brasileiro	X	X
IAC – Instituto de Aviação Civil (Força Aérea Brasileira)		X
Petrobrás		X
Telemar – RJ		X

5.2. Pesquisa para Levantamento de Dados

Essa pesquisa foi desenvolvida com órgãos voltados às atividades de planejamento urbano, buscando identificar o tipo e como são desenvolvidas as atividades, bem como os tipos diferenciados de produtos usados para obtenção de dados referentes ao meio urbano.

Foram contatados 8 órgãos e distribuídos o mesmo número de questionários de pesquisa, no entanto foram devolvidos somente 04 questionários. Estes passarão a subsidiar as análises de discussões dos resultados obtidos, visando a consolidar os objetivos da presente pesquisa.

⁷ Microstation é um programa de CAD desenvolvido pela Bentley Systems Incorporated, sendo

Tabela 1b – Empresas/Órgãos pesquisadas que atuam em Planejamento Urbano:

Órgãos Contatados	Retorno da Pesquisa	
	Sim	Não
SEDUR – Secretaria de Desenvolvimento Urbano	X	
IPPUL – Secretaria de Planejamento de Londrina		X
SMP – Secretaria de Planejamento de Ponta Grossa-Pr		X
IPUF – Instituto de Planejamento de Florianópolis		X
SEPLAN – Secretaria de Planejamento de Recife-Pe	X	
EMPLASA	X	
IPPUC – Instituto de Planejamento Urbano de Curitiba	X	
Secretaria de Planejamento de Rio Claro – SP		X

6. Software PCI Geomatics com os pacotes Imageworks, Xpace e Ortoengine, versão 8.1 para geração do DEM e ortorretificação da imagem IKONOS.

7. Software ENVI versão 3.5, para análise de imagens orbitais e ajustes.

O software ENVI é constituído de um sistema de processamento de imagem de dados de sensoriamento remoto que opera sobre uma plataforma computacional simples, ou seja, com uma configuração básica que possua no mínimo 16 Mb de memória RAM, placa gráfica comum e vídeo SVGA. O software possui ainda linguagem proprietária “IDL” Interactive Data Language. O ENVI foi escolhido pela sua facilidade de uso e, principalmente por possuir capacidade e ferramentas para manipulação de imagens de 11 (onze) bits.

8. Software ArcView versão 3.2 para visualização das imagens, análise das feições digitalizadas, comparações de exatidão, análises de resolução espacial.

Foi desenvolvido para viabilização da presente pesquisa um programa em “**AVENUE**⁸” para atender as análises de resolução espacial das imagens IKONOS e

empregado para desenhos bidimensionais e tridimensionais, nas mais diversas áreas.

⁸ De acordo com o manual “USING AVENUE” ESRI (1996) o “AVENUE” é a linguagem de programação do software ARCVIEW. Esta linguagem serve para customizar o ambiente de

incorporado ao software. O roteiro de orientação encontra-se inserido no capítulo referente aos anexos.

9. Software Corel Draw versão 10 para edição de figuras e imagens.

10. Software IDRISI versão 2.4, desenvolvido pela Clark University, para geração do mapa de ilhas de calor.

O software IDRISI é um conjunto composto de uma série de programas desenvolvidos para implementação nas plataformas PC, possuindo módulos que atendem as necessidades de análise geográfica, processamento de imagem e análise estatística.

11. Conjunto GPS para localização e navegação inicial até os pontos a serem coletados e para efetivação dos levantamentos com o método diferencial para correção dos pontos de apoio a serem utilizados na ortorretificação da imagem e na verificação da qualidade da base gerada.

Para a realização das navegações e localização dos pontos que seriam utilizados como pontos de apoio "GCP" (Ground Control Point), foi utilizado um GPS marca GARMIM – Etrex, com as seguintes características: Waypoints: 500 com nome e símbolos gráficos. Tracks: Track log automático, 10 tracks permitem reocupar seu caminho em ambas as direções. Rotas: Uma rota reversível com até 50 waypoints. Componentes de viagem: velocidade, velocidade média, tempo, tempo de viagem, distância percorrida, etc. Datums: Mais de 100. Formatos de Coord.: Lat/Long, UTM/UPS, MGRS e outros grides.

Para o levantamento e correção diferencial foi utilizado um conjunto de equipamentos GPS de marca Ashtech, modelo Reliance de alta precisão. O modelo apresenta capacidade de acuracidade submétrica pela aplicação de processo pós-processado, como também sendo possível obter-se acuracidade submétrica em

desenvolvimento e utilização do software. A partir das customizações efetuadas podem-se realizar as seguintes tarefas: Customizar ferramentas nativas do software, modificar ferramentas e funções existentes e criar novas, realizar a integração do software com outras aplicações. Quando desenvolvido um programa em "AVENUE" e gerado um "SCRIPT" que deve ser instalado e compilado para que seja utilizado.

tempo real, usando a opção diferencial RTCM. O receptor permite calcular e armazenar dados de posições, medidos dos satélites GPS, junto com as feições rastreadas no campo. Possui capacidade de armazenamento de 4,5 Mb de memória, o que permite mais de 27 (vinte e sete) horas de gravação de dados a uma taxa de gravação de 5 (cinco) segundos.

De acordo com Ashtech (1997, p. 9), a acuracidade a nível centimétrico somente poderá ser obtida trabalhando-se com as estações móveis e base, rastreando no mínimo 6 (seis) satélites, durante um tempo mínimo de 30 (trinta) minutos e um PDOP menor que 3,5, visando fixar as ambigüidades.

Vale ainda esclarecer que, de acordo com Ashtech (1997, p. 10), o tempo requerido de ocupação depende do comprimento da linha-base entre os dois pontos que estão sendo observados, isto é, quanto maior a linha-base, maior será o tempo de ocupação. Em média, são determinadas as variações de 20 (vinte) a 30 (trinta) minutos para linhas menores do que 10 (dez) quilômetros.

4.2 - Metodologia

É importante o entendimento prévio de que o estudo ora desenvolvido pretende demonstrar dois campos de abordagem das imagens de alta resolução IKONOS, que se interligam e se complementam na aplicação e que, entretanto, podem ser trabalhados de forma diferenciada e em momento distintos.

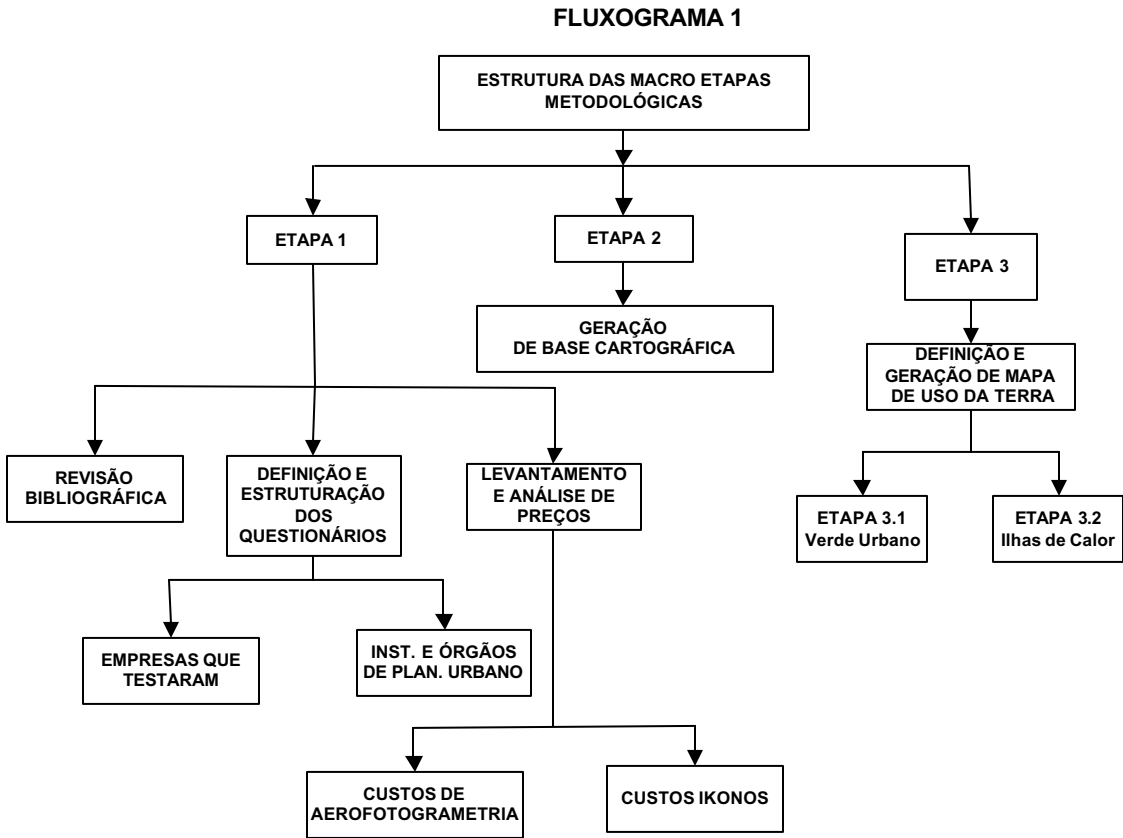
A existência de uma boa base cartográfica é fator primordial para a implementação de estudos no âmbito do planejamento urbano, especialmente nos dias atuais em que as ferramentas geotecnológicas estão à disposição para otimizar processos de gestão. No entanto, após a sua aquisição, ela receberá as atualizações necessárias, permanecendo como um background para os demais estudos de espacialização dos fenômenos urbanos. Nesse ponto, a imagem atinge a seu objetivo.

Outros estudos relativos ao planejamento urbano possuem extrema relação e é justamente este aspecto que será alvo da segunda abordagem, pois, para o conhecimento da dinâmica urbana, é necessário o conhecimento do uso da terra, de sua espacialização e forma de ocupação, pois, dependendo desta, diversos fenômenos poderão ocorrer.

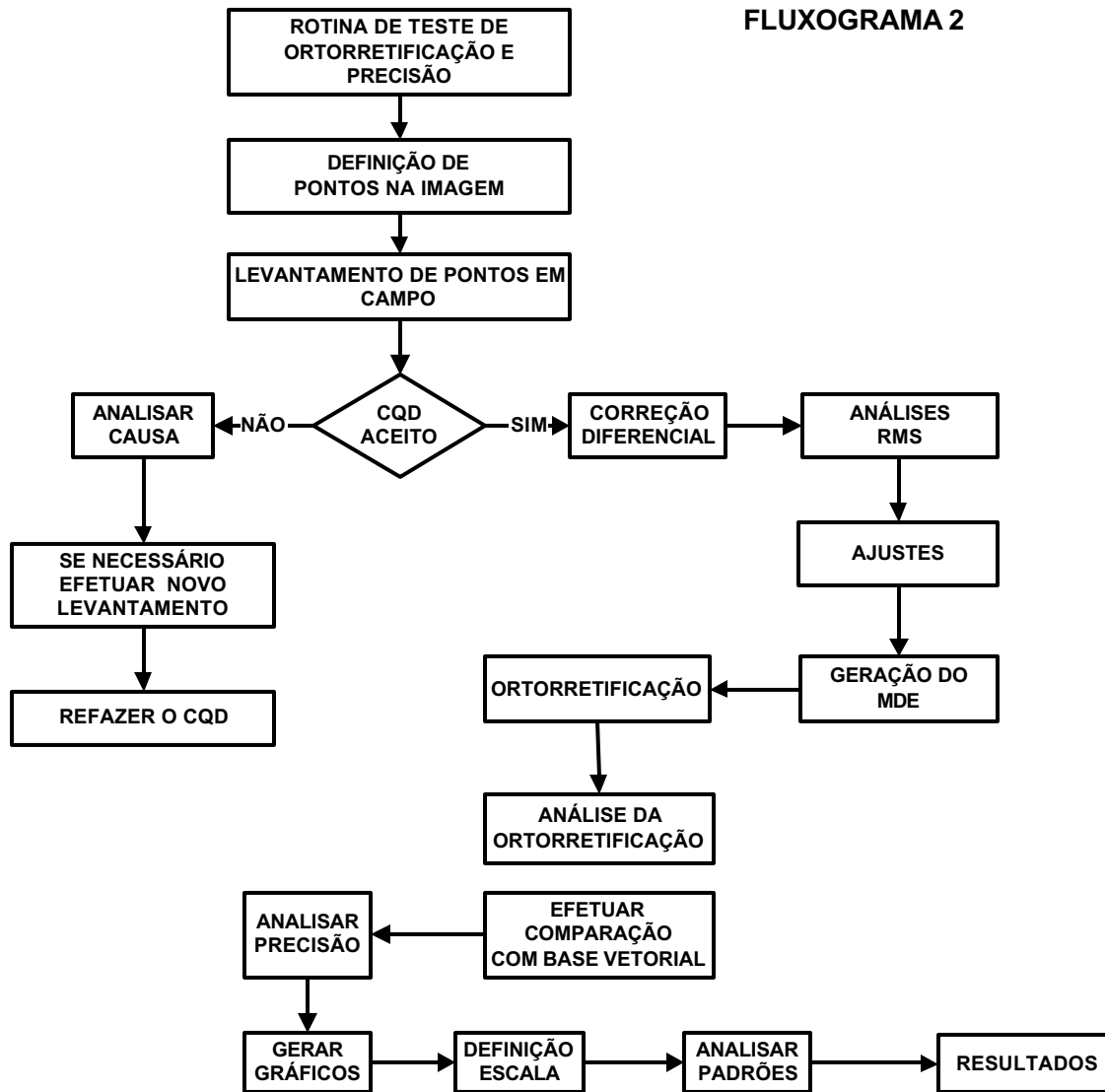
Neste estudo, tomando por base o uso e ocupação da terra e a quantificação das áreas verdes, pretende-se avaliar as alterações de temperatura e a influência desta na qualidade ambiental urbana, e principalmente na geração das ilhas de calor, que representam alterações do comportamento do uso das funcionalidades urbanas.

Dessa forma, e com base no exposto nos parágrafos anteriores, a metodologia aplicada no presente projeto de pesquisa foi estruturada em três etapas, para atender as especificidades de cada um dos momentos da pesquisa, de acordo com os fluxogramas apresentados a seguir, obedecendo à estruturação de macroetapas metodológicas.

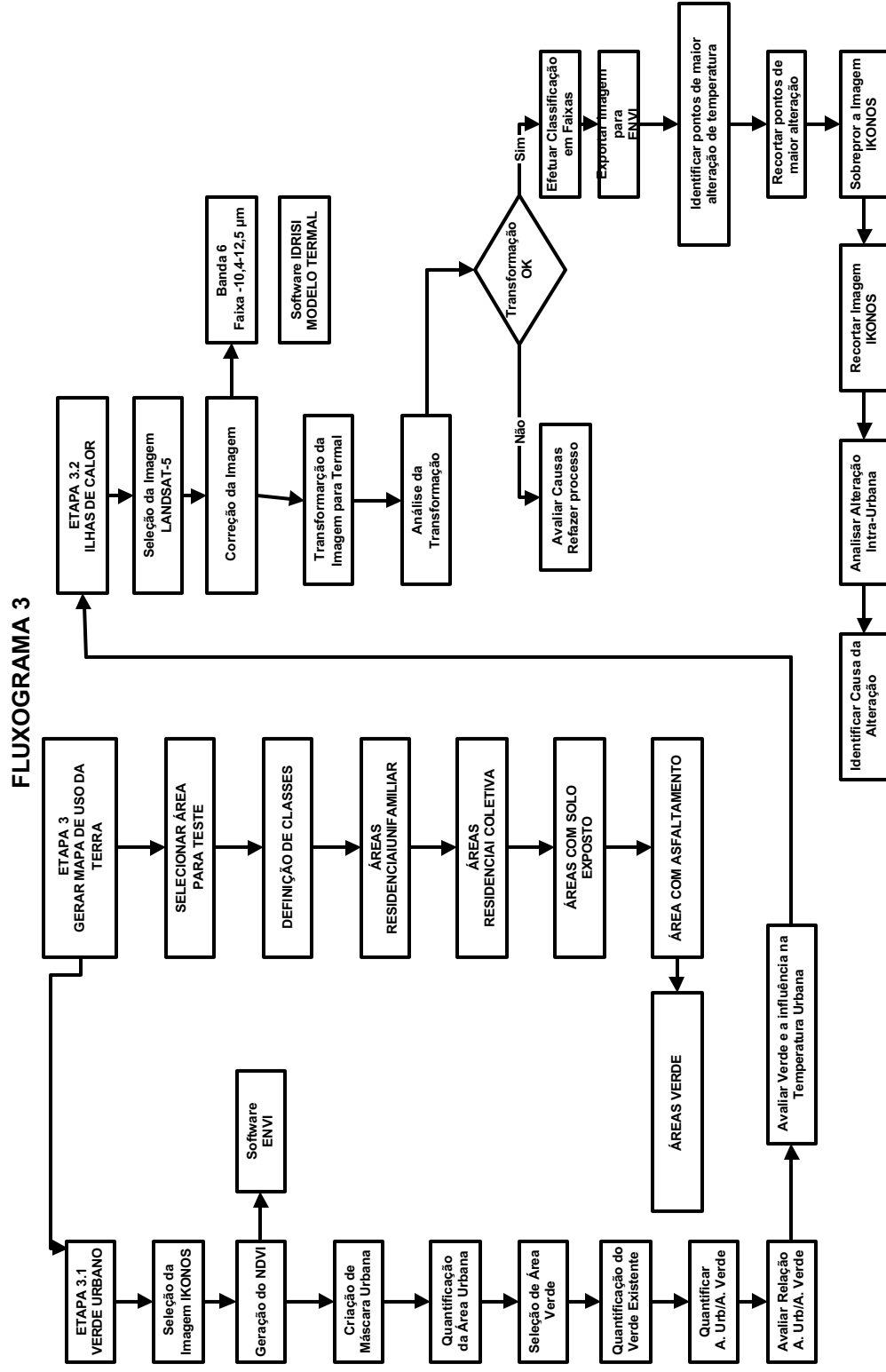
Fluxograma 1 – Estruturação das Macro Etapas Metodológicas



Fluxograma 2 – Teste de Ortorectificação e Precisão da Imagem



Fluxograma 3 – Análise de verde urbano e de Ilhas de calor



4.2.1 -ETAPA 1 – Coleta de Dados

Esta etapa constituiu-se de amplo levantamento bibliográfico, objetivando identificar trabalhos e aplicações não só de imagens de alta resolução em estudos de planejamento urbano, como também efetuar uma análise da evolução histórica do desenvolvimento e do atual estado da arte das tecnologias que compõe o atual quadro denominado de geotecnologias.

Para efetivação destas etapas, foram estruturados dois tipos de questionários, já mencionados no tópico referente aos materiais, os quais após o recebimento dos órgãos, instituições e empresas consultadas, sofreram análise e quantificação das respostas para que fosse possível averiguar dentro de um ambiente diversificado a viabilidade da proposta do presente projeto, cujo resultado da quantificação, estará sendo discutido no capítulo referente aos resultados e discussões. Os questionários encontram-se inseridos no capítulo referente aos anexos.

Ainda fazendo parte da **ETAPA 1**, foi efetuado um levantamento dos custos referentes à obtenção de produtos cartográficos oriundos de processos aerofotogramétricos e estruturada uma planilha dos custos decorrentes da utilização de imagens IKONOS, para que fosse realizada uma comparação dos valores entre os dois processos. Para a realização desta análise foram obtidos os valores de duas empresas de aerofotogrametria, uma do Paraná e outra do Distrito Federal, respectivamente, Esteio Engenharia e Levantamento S/A e Topocart.

Os valores dos referidos levantamentos são apresentados abaixo. Vale, no entanto, esclarecer que os valores apresentados pela Topocart visam à obtenção de um produto restituído para escala 1:10.000, com isto a cobertura aérea foi definida para uma escala de 1:40.000. Já a empresa ESTEIO definiu valores visando coberturas aéreas nas escalas 1:40.000 e 1:8.000. Esta última objetivando a geração de ortofotocartas e uma restituição para escala 1:2.000.

Tabela 2a – Custos de levantamento aerofotogramétrico Topocart:

Descrição da Etapa	Unid.	Preço Unit. 1 (R\$)	Preço Unit. 2 (R\$)	Preço Unit. 1:5.000
Cobertura Aerofotogramétrica	Km ²	130,00	130,00	260,00
Apoio de Campo	Km ²	90,00	90,00	90,00
Aerotriangulação	Km ²	10,00	10,00	10,00
Restituição planialtimétrica	Km ²	360,00	00,00	00,00
Restituição planimétrica	Km ²	00,00	280,00	280,00
Reambulação	Km ²	55,00	55,00	55,00
Edição final	Km ²	30,00	30,00	30,00
TOTAL		675,00	595,00	725,00

Tabela 2b – Custos de levantamento aerofotogramétrico ESTEIO (*):

Item	Área	Unid.	Preço Unit		
			Escala 1:30.000	Escala 1:20.000	Escala 1:8.000
1	3.000	Km ²	70,00	-	-
2	1.000	Km ²	100,00	-	-
3	500	Km ²	150,00	-	-
4	200	Km ²	280,00	550,00	1.100,00
5	100	Km ²	-	650,00	1.300,00
6	50	Km ²	-	850,00	1.700,00
7	20	Km ²	-	1.500,00	3.000,00

(*) Considerações do orçamento enviado pela empresa Esteio.

- Os valores apresentados pela ESTEIO, não foram extratificados conforme os da empresa Topocart, e sim, definidos por área de cobertura. As informações foram enviadas pelo Eng. Fernando Dias Pereira do Depto Comercial em out/2001. Vale esclarecer que os valores não foram ajustados.
- Nas estimativas dos preços, foi levada em consideração uma distância aproximada de 1.000 (hum mil quilômetros) da sede da empresa, que esta localizada em Curitiba – Pr.

A composição dos valores referente à geração do produto cartográfico com a utilização de imagem de alta resolução IKONOS foi definido a partir dos tempos utilizados em cada uma das etapas e com a qualificação e custos dos profissionais envolvidos, com base em atividades de natureza idêntica. Para a definição dos custos foram efetuados contatos com empresas que desenvolvem trabalhos equivalentes aos apresentados neste trabalho. Foram consultadas as empresas:

GEOAMBIENTE, situada em São José dos Campos - São Paulo e TOPOCART, em Brasília. Vale esclarecer que nos valores apresentados estão incluídos, quando necessário, os equipamentos envolvidos e demais custos de impostos e taxas administrativas, objetivando apresentar um valor o mais próximo possível da realidade. Para a composição dos custos estão sendo consideradas as aplicações em uma área mínima de 1 (um) km².

Tabela 3 – Composição de Preço de Profissionais (*):

Item	Atividade	Profissional (nível)		Quant.	Custo/hora	
		Médio	Sup.		Profissional	Equipamento
1	Composição colorida da imagem	X		01	10,00	4,40
2	Seleção de pontos na imagem para levantamento Ortorretificação e levantamento GPS		X	01	15,00	4,40
3	Levantamento de pontos de apoio com uso de GPS	X		02	13,00	8,00
4	Correção Diferencial		X	01	15,00	4,40
5	Geração de DEM (**)		X	01	15,00	4,40
6	Coleta de pontos no DEM		X	01	15,00	4,40
7	Ortorretificação		X	01	15,00	4,40
8	Digitalização HEAD-UP	X		01	10,00	4,40
9	Edições		X	01	15,00	4,40
10	Reambulação	X		01	10,00	4,40
11	Avaliação de precisão (campo)	X		02	14,00	8,00
12	Avaliação de precisão (escritório)		X	01	15,00	4,40
13	Correções de edições	X		01	10,00	4,40
14	Edições finais	X		01	10,00	4,40
15	Coordenação técnica		X	01	19,50	0,00
15	Transporte (veículo)	X		01	0,00	35,00
15	BDI				20,00	15,00
SUB TOTAL1					221,50	118,80

TOTAL GERAL (Profissional + Equipamentos)	340,30
--	---------------

(*) Os valores que foram utilizados para composição da tabela de preços acima foram fornecidos pela empresa TOPOCART.

(**) Está sendo levado em consideração a existência de uma base altimétrica (curvas de nível) compatível com a geração do MDE.

Se for adicionado ao total geral (R\$ 340,30) da tabela acima, o valor referente à aquisição da imagem IKONOS ORTHO KIT, ter-se-á no valor final um custo de acordo com o quadro abaixo:

Tabela 4 – Custos total por Km²:

Responsável pelo Estudo	Valor da Imagem (*)		Valor Fixo (Tabela 24)	Valor Final
	US\$ (**)	R\$		
Ishikawa(2001)	62	3.575	221,65	561,95
Bias (2002)	60		214,50	554,80

(*) Valor da imagem na página da Engesat com atualização de 24/10/2002

(**) A conversão do dólar foi efetuada com os valores oficiais de 18/12/2002

No capítulo referente aos resultados e discussões, será efetuada a análise comparativa dos valores encontrados, consubstanciando uma conclusão relativamente à viabilidade financeira da opção da geração do produto cartográfico com base na imagem de alta resolução IKONOS.

4.2.2 - ETAPA 2 – Ortorectificação da Imagem Ikonos

Esta etapa tem como principal objetivo verificar a possibilidade de ortorectificação da imagem IKONOS com a finalidade de geração de produto cartográfico e foi dividida em dois momentos, sendo o primeiro relativo à aplicação do modelo definido para análise em uma área-teste para que, após a avaliação dos resultados, fosse realizada a aplicação na área de estudo.

A divisão desta etapa foi efetuada visando obter dois tipos de resultados que fossem observados em ambientes com características opostas, principalmente no que tange às condições topográficas (declividade e movimentação do relevo). Como os estudos relativamente à aplicação de imagem de alta resolução IKONOS ainda não apresentam resultados conclusivos quanto aos seus limites de aplicação, evidentemente, desprezando as informações veiculadas pela Space Imaging, empresa responsável pela disponibilização das imagens, será utilizado como parâmetros comparativos alguns trabalhos existentes e apresentados na revisão bibliográfica do presente trabalho como os de Toutin et al (2001), Ganas (2001), Ishikawa (2001) Meneguete (2001) Engefoto (2000), Silva (2001), Guevara et al. (2002) e Assis (2001), todos eles trabalhando com imagens IKONOS GEO, que são

disponibilizadas aos usuários sem que sejam fornecidos os dados referentes às efemérides.

A proposta desta pesquisa de doutorado é avaliar a imagem IKONOS ORTO KIT, que já disponibiliza dados das efemérides, fato este que favorece a aplicação dos processos de ortorretificação.

Para o teste da viabilidade do uso da imagem foi escolhida a região central do Plano Piloto de Brasília, numa área de aproximadamente 5 (cinco) por 5 (cinco) quilômetros, perfazendo uma área 25 (vinte e cinco) km^2 .

De acordo com o Fluxograma 2, o primeiro procedimento metodológico constituiu-se na definição dos pontos de apoio e da rotina de ortorretificação da imagem.

Vale esclarecer que o apoio terrestre tem por objetivo a obtenção de uma amostragem significativa de pontos de campo levantados por um método adequado que possibilite uma precisão de posicionamento compatível com os objetivos do trabalho a ser desenvolvido. Foi estimada neste trabalho a densidade média de 1 (um) ponto para cada 2 km^2 como suficiente para atender às necessidades do ajuste a ser realizado na ortorretificação. Vale esclarecer que Ishikawa (2001, p. 52), definindo a área de aplicação do seu estudo com imagem IKONOS GEO, utilizou 35 (trinta e cinco) pontos, distribuídos numa área total de 64 km^2 que dá em média 1 ponto a cada 1,8 km^2 . Deve-se ainda avaliar que o estudo citado trabalhou buscando não ortorretificar a imagem IKONOS, e sim, efetuar o georreferenciamento da imagem, testando os métodos de transformação disponíveis.

Da mesma forma que Ishikawa (2001), Ganas et. al (2001, p. 2) determinou um número de 17 (dezessete) pontos de apoio para uma área de aproximadamente 38,5 km^2 , do que se pode concluir que foram estabelecidas as médias de 1 ponto a cada 2,2 km^2 .

Na área de teste, foram selecionados 13 (treze) pontos de apoio⁹, conforme se pode observar na Figura 17 abaixo.

Figura 3 – Localização de GCP's



Os pontos foram levantados visualmente a partir da definição de uma malha criada a partir do desenvolvimento de uma rotina “**AVENUE**”. Essa rotina, que se encontra apresentada no capítulo referente aos anexos, realiza a criação de malhas com “**GRIDS**” diferenciados, e foi utilizada em vários momentos deste trabalho, conforme poderá ser observado. Neste caso particular foi definida uma malha de 1 x 1 km sobre a imagem para facilitar a coleta e espacialização dos pontos de apoio,

⁹ Os pontos em verde significam os locais definidos na imagem para que fossem efetuados os levantamentos GPS para correção diferencial e posterior utilização no processo de ortorretificação.

que serão denominados neste trabalho de GCP¹⁰, de forma a permitir a boa identificação deles no campo para realização dos levantamentos com os métodos de posição global. A precisão requerida para a correção dos pontos a serem levantados deverá ser compatível com a resolução da imagem, ou seja, submétrica. Nesse caso, o método de rastreamento a ser efetuado será o diferencial cinemático, utilizando-se um par de receptores GPS de 12 canais com recepção de código C/A e portadora L1.

O processamento foi realizado utilizando-se *software* compatível com a correção dos pontos, obtendo-se precisões finais aceitáveis para o objetivo do projeto, sejam planimétrica e altimétrica após o ajustamento. Para este trabalho foi utilizado o software PCI Geomatics versão 8.1, conforme mencionado no item referente aos materiais.

Conforme descrita anteriormente, a ortorretificação é um tipo de correção geométrica de alta precisão. Essa correção é fundamentada no procedimento matemático e geométrico denominado **RPC** – Rational Polynomial Coefficients. Este procedimento leva em consideração as diferentes distorções existentes na plataforma do sensor, da Terra e da própria projeção cartográfica. Essas informações, que são de extrema importância à ortorretificação da imagem, são disponibilizadas nas imagens IKONOS no “**ORBIT**”, e representam um segmento da própria imagem.

O método “RPC” (Rational Polynomial Coefficients) polinomial racional é semelhante ao método polinomial simples apresentado por Toutin et al. (2001) e definido por Lugnani (1987, p. 106-107) como um processo polinomial pertinente à solução de problemas de interpolação, ajustamento fotogramétrico e em modelação de distorções, sendo muito útil para áreas com terreno de topografia suave. Toutin et al (2001) ainda esclarece que o método polinomial simples e o polinomial racional não requerem informação dos sensores do satélite, outro fato de grande importância e que estes modelos não requerem muitos GCP's.

¹⁰ A denominação GCP- Ground Control Point, ou seja, ponto de controle, é empregada em todos os trabalhos que utilizaram a imagem IKONOS e também é empregada neste trabalho. Continuamos com a mesma denominação para facilitar o entendimento dos futuros leitores.

Os estudos realizados por Toutin et al. (2001), demonstraram que após ter sido efetuada a comparação dos modelos polinomial simples, polinomial racional o modelo rigoroso demonstrou produzir uma precisão mais alta, relativamente com poucos GCP's coletados em campo.

Vincent Tao et al. (2002), tratando das relações dos polinômios, esclarece que normalmente eles efetuam correções relativamente às linhas e colunas (r_n e c_n , respectivamente) encontrados na imagem na imagem e X_n , Y_n e Z_n , que representam os valores das coordenadas de pontos objeto na Terra. Esclarece o autor citado que as distorções causadas pela projeção ótica podem ser corrigidas utilizando-se relações polinomiais de 1º grau e, as correções para ajustar a curvatura da Terra, refração, distorções da lente etc, podem ser aproximadas de forma satisfatória com o uso de polinômios de 2ª ordem. Para que sejam corrigidas outras distorções, há a necessidade de modelagem com termos de 3ª ordem.

Vincent Tao et al. (2002) ainda esclarecem que é possível gerar ortoimagens precisas utilizando-se um modelo digital de elevação, pontos de controle obtidos por meio de levantamento GPS, e finalmente com a utilização do RPC disponível nas imagens de alta resolução. Esse procedimento foi adotado no presente trabalho.

Os pontos a serem identificados na imagem foram escolhidos, como mencionado anteriormente, de forma a permitir a perfeita identificação no campo. Para tal, foram selecionadas feições como canto de edificação, cruzamento de ruas, limite de vegetação, ou seja, feições que, pelo volume, formato e contraste, possam ser definidas de maneira inequívoca no campo e perfeitamente identificáveis na imagem. Atenção especial foi dispensada quanto ao ângulo de aquisição da imagem, uma vez que os pontos escolhidos não poderão estar encobertos por outros elementos.

Nesse particular, vale ressaltar que os fornecedores de imagens IKONOS, somente garantem 80% (oitenta por cento) da imagem sem cobertura de nuvens, isto quer dizer que, muitas vezes, uma área de interesse poderá ser adquirida com problemas que inviabilizam o seu trabalho.

Os pontos de controle (GCP's) foram identificados na imagem e, posteriormente, gerado um “**Book**” composto por imagens reamostradas em formato “**jpg**”, com as coordenadas aproximadas de cada localização para a etapa de coleta de pontos em campo. Abaixo será apresentado como foi gerado o “**Book BSB**” .

Figura 4 – Modelo de Localização dos GCP's



As localizações dos pontos GCP's foram definidas sem a determinação de escala, haja vista que o seu objetivo era simplesmente gerar croquis orientativos para a identificação dos pontos em campo. Para o Plano Piloto de Brasília foram gerados 13 croquis com base nas localizações de cada ponto.

As coletas dos GCP's em campo foram efetuadas utilizando-se GPS diferencial, modelo definido no item referente aos materiais, com uma acurácia vertical e horizontal de 0,100m + 2 ppm conforme relatório apresentado na Tabela 26 a seguir, relativamente às coordenadas planimétricas e altimétricas

Tabela 5 – Relação de GCP Levantados em Campo - Brasília:

Pontos	E (m)	N (m)	H (m)
GCP_01	187554.739	8254048.4	1146.226
GCP_02	192208.698	8254114.9	1051.038
GCP_03	192100.997	8249388.6	1022.410
GCP_04	187733.965	8249512.1	1087.507
GCP_05	189640.986	8252098.7	1122.626
GCP_06	188862.238	8253365.3	1135.337
GCP_07	190631.001	8251065.3	1095.370
GCP_08	191125.899	8252923.3	1075.754
GCP_09	188552.212	8250835.8	1115.792
GCP_10	189555.346	8249755.5	1092.416
GCP_11	191072.935	8253621.8	1083.086
GCP_12	187789.464	8252545.4	1162.669
GCP_13	192426.526	8251430.3	1071.390

Após a coleta dos pontos e a correção diferencial deles, foi gerado um relatório individual de cada ponto com o seu respectivo RMS para avaliação da qualidade da correção diferencial, conforme se pode verificar a seguir:

Modelo do Relatório individual da correção diferencial dos pontos

Site Positions						
Apoio Fotogramétrico						
Horizontal Coordinate System: UTM-SICAD				Date:		
01/05/02						
Height System: Ortho. Ht. (EGM96)				Project file:		
Apoio Fotogramétrico.spr						
Desired Horizontal Accuracy: 0,010m + 1ppm						
Desired Vertical Accuracy: 0,010m + 1ppm						
Confidence Level: Std. Err.						
Linear Units of Measure: Meters						
Site	ID	Site Descriptor	Position	Std Error	Fix Status	Position Status
1	GCP2		Lat. 15° 46' 20,83957" S	0,006		Adjusted
			Lon. 47° 52' 20,64845" W	0,006		
			Elv. 1051,038	0,010		
2	GC13		Lat. 15° 47' 48,19519" S	0,005		Adjusted
			Lon. 47° 52' 14,56601" W	0,005		
			Elv. 1071,390	0,007		
3	DF01		Lat. 15° 48' 21,68091" S	0,000	Fixed	Adjusted
			Lon. 47° 50' 22,50772" W	0,000	Fixed	
			Elv. 1032,039	0,000	Fixed	
Site	ID	Site Descriptor	Elevation Factor			
1	GCP2		0,99983469			
2	GC13		0,99983149			
3	DF01		0,99983769			

Na Figura 5, pode-se ter uma visão do marco utilizado como base de amarração dos levantamentos dos pontos realizados para a ortorretificação das imagens do Plano Piloto de Brasília, que foi a estação-base **DF_01**, localizada no balão de entrada da Academia de Tênis, no Setor de Clubes Esportivos Sul.

Figura 5 – Marco DF-01



Fonte: Bias (2002)

Para cada um dos pontos GCP levantados, foi cravado um marco identificador metálico ou um piquete de madeira, dependendo da área, e efetuada a demarcação com a pintura no local, e a numeração do respectivo ponto. Para facilitar a geração dos memoriais, foi ainda tirada fotografia individual de cada ponto. Na Figura 7, pode-se visualizar a identificação que era feita em cada um dos pontos. Abaixo apresenta-se o modelo que foi desenvolvido para geração dos memoriais dos pontos levantados.

Figura 6 - Modelo do Monografia

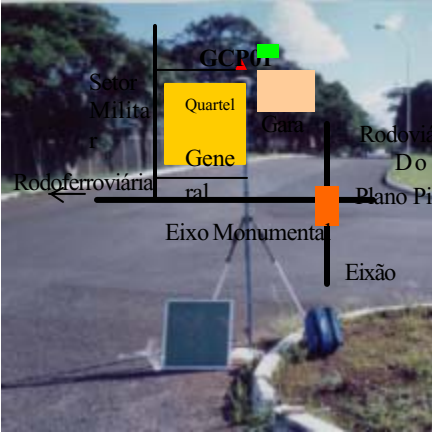
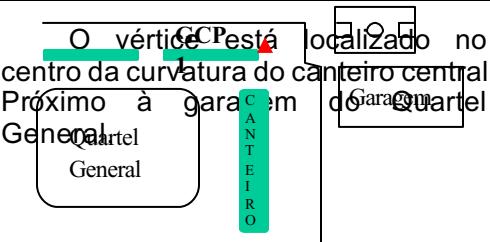
MONOGRAFIA DE VÉRTICE IMPLANTADO												
Obra: APOIO FOTOGRAMÉTRICO		N. 01 MARCO: GCP1										
Objeto:		Data: JANEIRO/2002.										
Estado: Distrito Federal		Munic.: Brasília										
Local: Plano Piloto		Trecho: SISTEMA : UTM (x) TOPOGR.()										
DESCRIÇÃO: Pino metálico.												
		CROQUI										
ITINERÁRIO		COORDENADAS										
Partindo da rodoviária do plano piloto, sentido Rodoferrviária, pelo eixo Monumental, seguir 4,51 km virar à direita, seguir mais 1,08 km virar à direita, seguir mais 0.48km chega-se ao local onde está posicionado o Vértice.		<table border="1"> <thead> <tr> <th>PLANAS</th> <th>GEOGRÁFICAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> N (Y) = 8254048.398 E (X)= 187554.739 H (h)= 1146.22 </td> <td> Latitude: 15°46'20.92118" S Longitude: 47°54'56.89050" WGr </td> </tr> <tr> <td> Vértice de origem : DF01 (CODEPLAN) </td> <td> Datum Horizontal: SICAD </td> </tr> <tr> <td> RN de origem: DF01 </td> <td> Datum Vertical: Imbituba-SC </td> </tr> <tr> <td></td> <td> Classe de Nivelamento: GPS </td> </tr> </tbody> </table>	PLANAS	GEOGRÁFICAS	N (Y) = 8254048.398 E (X)= 187554.739 H (h)= 1146.22	Latitude: 15°46'20.92118" S Longitude: 47°54'56.89050" WGr	Vértice de origem : DF01 (CODEPLAN)	Datum Horizontal: SICAD	RN de origem: DF01	Datum Vertical: Imbituba-SC		Classe de Nivelamento: GPS
PLANAS	GEOGRÁFICAS											
N (Y) = 8254048.398 E (X)= 187554.739 H (h)= 1146.22	Latitude: 15°46'20.92118" S Longitude: 47°54'56.89050" WGr											
Vértice de origem : DF01 (CODEPLAN)	Datum Horizontal: SICAD											
RN de origem: DF01	Datum Vertical: Imbituba-SC											
	Classe de Nivelamento: GPS											
LOCALIZAÇÃO		CROQUI DE AMARRAÇÃO										
												
Levantamento e Confeção: Edilson de Souza Bias e TOPOCART Topografia e Engenharia S/C												

Figura 7 – Identificação de pontos em Campo



Fonte: Bias (2002)

A ortorretificação foi processada com background do MDE¹¹ – Modelo Digital de Elevação e foram testados dois tipos de interpoladores, vizinho-mais-próximo e cúbico, procurando obter um RMS de, no máximo, 2 metros, como mencionado por PCI Geomatics (2002).

Esta análise foi efetuada com o objetivo de identificar os possíveis pontos que apresentavam um RMS muito alterado em relação aos demais, tendo em vista que havia sido definido um controle rigoroso quanto ao PDOP, o afastamento dos pontos coletados em relação à base e, sobretudo, ao número de satélites rastreados. Os valores fora dos limites aceitáveis eram avaliados, e havendo necessidade, os pontos eram excluídos ou levantados novamente.

¹¹ MDE – Modelo Digital de Elevação, ou conforme é utilizada com a sigla na língua inglesa DEM – Digital Elevation Model, foi, segundo Andrade (1998, p. 161), criado para substituir o termo DTM ou MDT – Modelo Digital do Terreno que, para muitos significa um modelo completo do terreno onde a elevação é apenas uma das informações.

O passo seguinte ao levantamento e correção dos GCP's foi a geração do MDE que ocorreu a partir de dado pré-existente, em formato shape¹², curvas de nível vetorizadas da base cartográfica 1:2.000, cedida pela Cia Energética de Brasília com espaçamento de 1 metro, com resolução de 1 metro x 1 metro e o datum utilizado foi o Chuá.

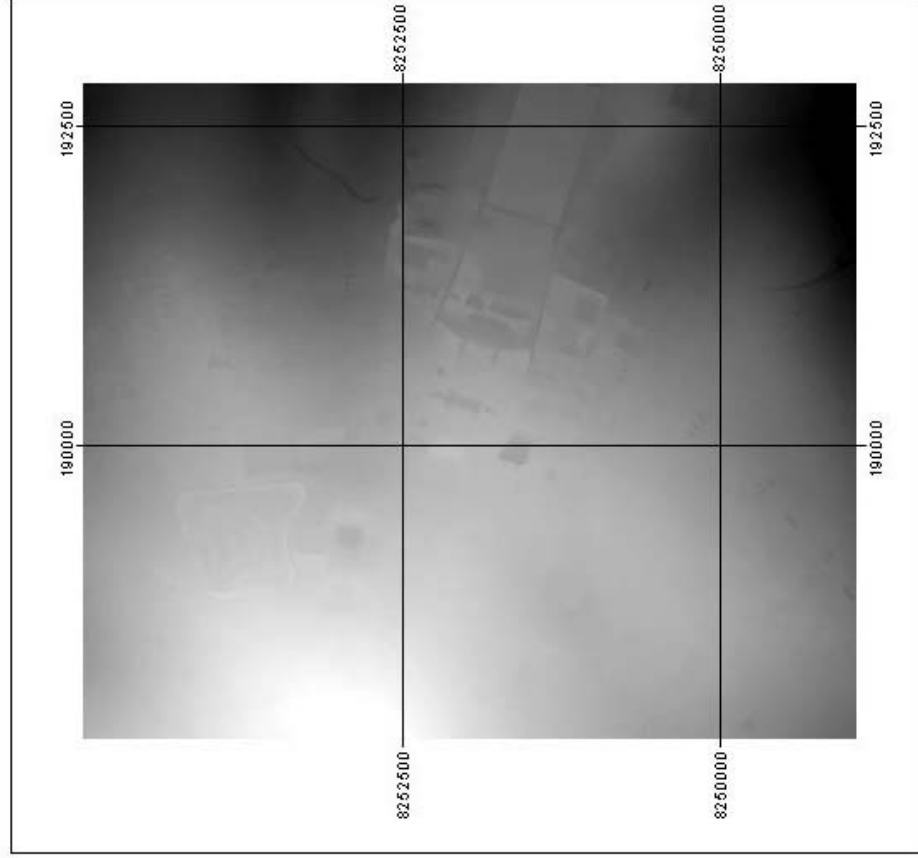
A geração do MDE é fator de extrema relevância para o processo de ortorretificação, haja vista que os valores de altura fornecidos pelo MDE são imprescindíveis ao processo, tendo em vista que as distorções dentro de uma imagem são proporcionais às mudanças de elevação do terreno.

Andrade (1998, p. 203) tratando a respeito dos problemas relativos à ortorretificação, esclarece que a exatidão encontra-se diretamente relacionada com a distribuição e densidade dos pontos de referência bem como com método a ser utilizado.

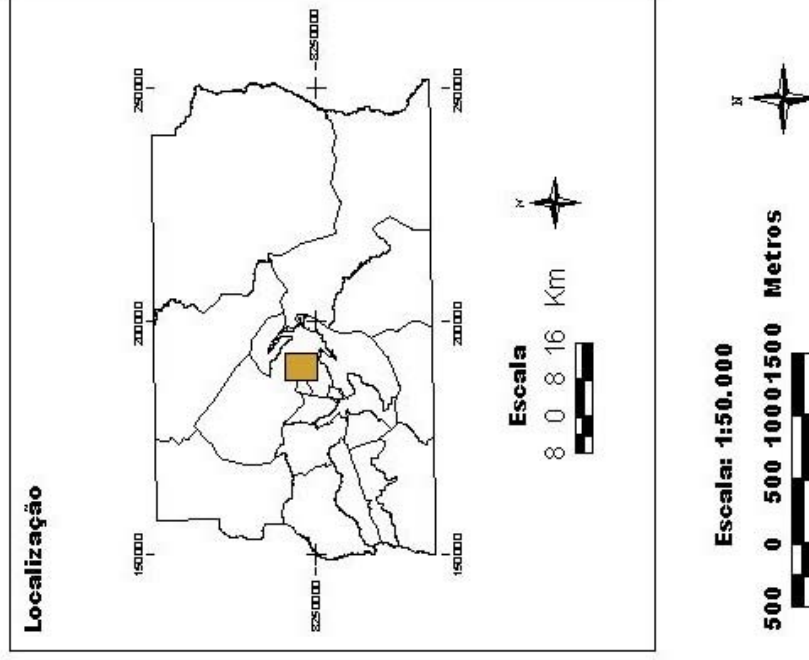
Na visualização do MDE, as cotas mais baixas estão relacionadas aos níveis de cinza mais escuros (valores próximos de zero) e as mais altas aos níveis mais claros (valores próximos de 255). Na Figura 8 é apresentado o MDE.

¹² Extensão desenvolvida pela ESRI (Environmental Systems Research Institute Inc, para os arquivos gerados pelo software ArcView.

Figura 8 – MDE



MAPA DEMONSTRATIVO DO MDE REGIÃO DO PLANO PILOTO DE BRASÍLIA



A ortorretificação pode ser entendida como um tipo de correção geométrica de alta precisão. A ortorretificação utilizada para corrigir a imagem IKONOS nesta pesquisa foi baseada no método utilizado por Toutin & Carbonneau (1992, 136-141).

Essa metodologia é bem semelhante à do trabalho de Ganas et al. (2001) em que os autores utilizam o projeto em WGS 84, os pontos de campo em datum local e reprojeta a imagem ortorretificada para o datum local. O interpolador utilizado foi aquele por convulsão cúbica. Entretanto, os autores não citavam o datum utilizado no MDE.

No trabalho de Ganas et al. (2001) foi ortorretificada uma imagem pancromática IKONOS, de Atenas (Grécia), utilizando-se 17 pontos de campo e um MDE com 20 metros à escala 1:50.000. O RMS obtido na ortorretificação foi inferior a 1 pixel ou 1 metro.

Foi gerado ainda para análise o RMS dos pontos de campo obtidos na ortorretificação após a ortorretificação, conforme Tabela 6, abaixo.

Tabela 6 – RMS dos GCP's levantados – Brasília:

Pontos	RMS Total (m)	RMS (X) (m)	RMS (Y) (m)
GCP_01	0,233	-0,046	0,228
GCP_02	0,341	0,323	-0,107
GCP_03	0,331	0,263	0,200
GCP_04	0,196	-0,091	0,173
GCP_05	1,552	0,765	1,351
GCP_06	1,486	-0,667	-1,328
GCP_07	0,357	-0,017	-0,357
GCP_08	0,165	0,164	-0,015
GCP_09	0,357	-0,338	-0,112
GCP_10	0,556	-0,020	-0,556
GCP_11	0,431	-0,300	0,310
GCP_12	0,574	0,504	0,275
GCP_13	0,544	-0,540	-0,063

As Tabelas 7 a 9 apresentam os resultados das análises para a imagem ortorretificada com interpolador vizinho-mais-próximo.

Tabela 7 - Imagem IKONOS ortorretificada x restituição:

Pontos	Distância em metros
GCP_01	1,28
GCP_02	1,25
GCP_03	Sem dado
GCP_04	0,97
GCP_05	0,73
GCP_06	1,86
GCP_07	0,86
GCP_08	0,51
GCP_09	1,46
GCP_10	1,03
GCP_11	0,76
GCP_12	Sem dado
GCP_13	Sem dado
Média	0,82

Os dados vetorizados utilizados para efetuar as comparações são produtos da vetorização da base cartográfica 1:2.000, obtida da CEB - Companhia Energética de Brasília, que foi confeccionada a partir da cobertura aérea realizada em 1997, pelo consórcio ORTO2000.

Da análise dos dados obtidos na tabela acima, chegou-se à conclusão dos valores de distância média de 0,82 metros entre a imagem IKONOS ortorretificada e a restituição nos pontos de campo.

Tabela 8 – Imagem IKONOS ortorretificada x pontos de campo:

Pontos	Distância em metros
GCP_01	1,50
GCP_02	0
GCP_03	0
GCP_04	0
GCP_05	0,85
GCP_06	0
GCP_07	0
GCP_08	0,70
GCP_09	0
GCP_10	0
GCP_11	0
GCP_12	0
GCP_13	1,22
Média	0,33

Pode-se verificar de acordo com a tabela acima que a distância média entre os pontos analisados na imagem IKONOS ortorretificada e os pontos de campo foram de 0,33 metros.

Tabela 9 - Pontos de campo (GPS) x restituição:

Pontos	Distância em metros
GCP_01	2,50
GCP_02	1,33
GCP_03	Sem dado
GCP_04	0,72
GCP_05	2,09
GCP_06	1,07
GCP_07	0,67
GCP_08	0,55
GCP_09	0,84
GCP_10	0,57
GCP_11	0,17
GCP_12	Sem dado
GCP_13	Sem dado
Média	0,81

A distância média entre os pontos observados na imagem restituída e os pontos de campo foi de 0,81 metros.

Os produtos ortorretificados foram submetidos a uma avaliação para verificação de qualidade a fim de se determinar quais as precisões finais obtidas. Essa etapa do estudo teve como referência o acervo cartográfico obtido da Companhia Energética de Brasília e já mencionado no capítulo referente aos materiais.

Para checagem da ortorretificação foram selecionadas vetorizações de uma amostragem significativa de detalhes, que apresentassem as feições abaixo para efeito de avaliação:

- Estradas;
- Limites de Quadras;
- Construções significativas (que apresentem um volume significativo na imagem, por exemplo: igrejas, escolas, galpões etc).

Esses mesmos elementos foram inicialmente levantados por meio de GPS e corrigidos diferencialmente, objetivando permitir a avaliação da precisão, e sendo também efetuada a comparação de precisão com as ortofotos provenientes do levantamento realizado no Distrito Federal em 1997 e já mencionado no escopo do presente trabalho.

Para a avaliação de qualidade da ortorretificação da imagem IKONOS foram efetuados os seguintes critérios e procedimentos, tendo em vista o pressuposto de que se poderia estar tanto em área urbana quanto em área rural assim como em uma área de transição, rural com mudanças nas suas características naturais e que tenha sofrido, ou venha sofrendo, parcelamento:

- Na zona rural deverão ser utilizados pontos de apoio terrestre por GPS, que não foram utilizados na correção da imagem;

- Alternativamente, na zona rural, poderão ser utilizados pontos extraídas feições das cartas topográficas planialtimétricas da CODEPLAN escala 1:10.000 (1991), desde que sejam identificados de forma inequívoca na imagem;
- Na zona urbana deverão ser utilizadas feições das cartas planialtimétrica escala 1:2.000 (1997), já mencionada anteriormente;

As imagens ortorretificadas, com interpolador vizinho-mais-próximo e com interpolador cúbico, foram posteriormente exportadas para Tiff 8 Bits, a fim de serem analisadas no Arcview, usando como referência a base 1:2.000 do Distrito Federal, gerada a partir de ortofotos. A transformação para imagem de 8 Bits ocorreu em razão de o software ArcView não ler imagens de 11 Bits. Abaixo é apresentada a Figura 9, como modelo da comparação efetuada em diversos pontos e por interpoladores diferentes.

Figura 9 – Comparação de Ortorretificação com Vizinho mais Próximo

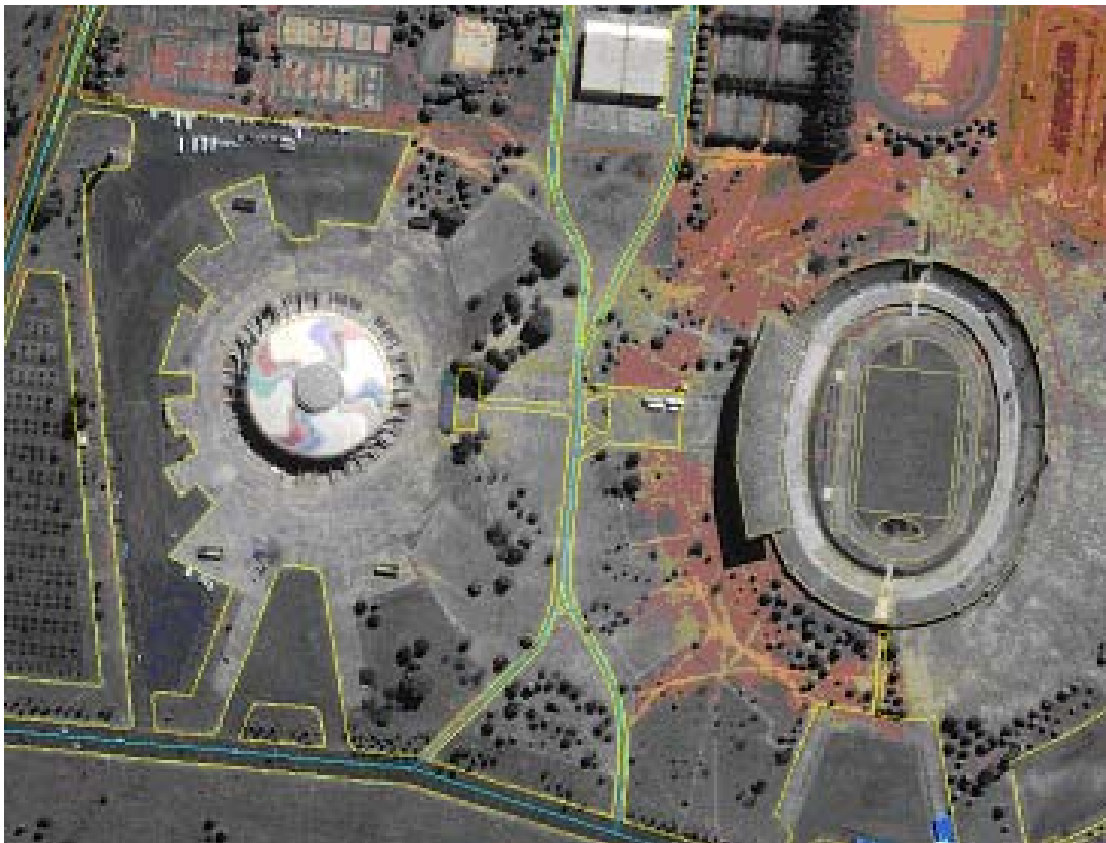
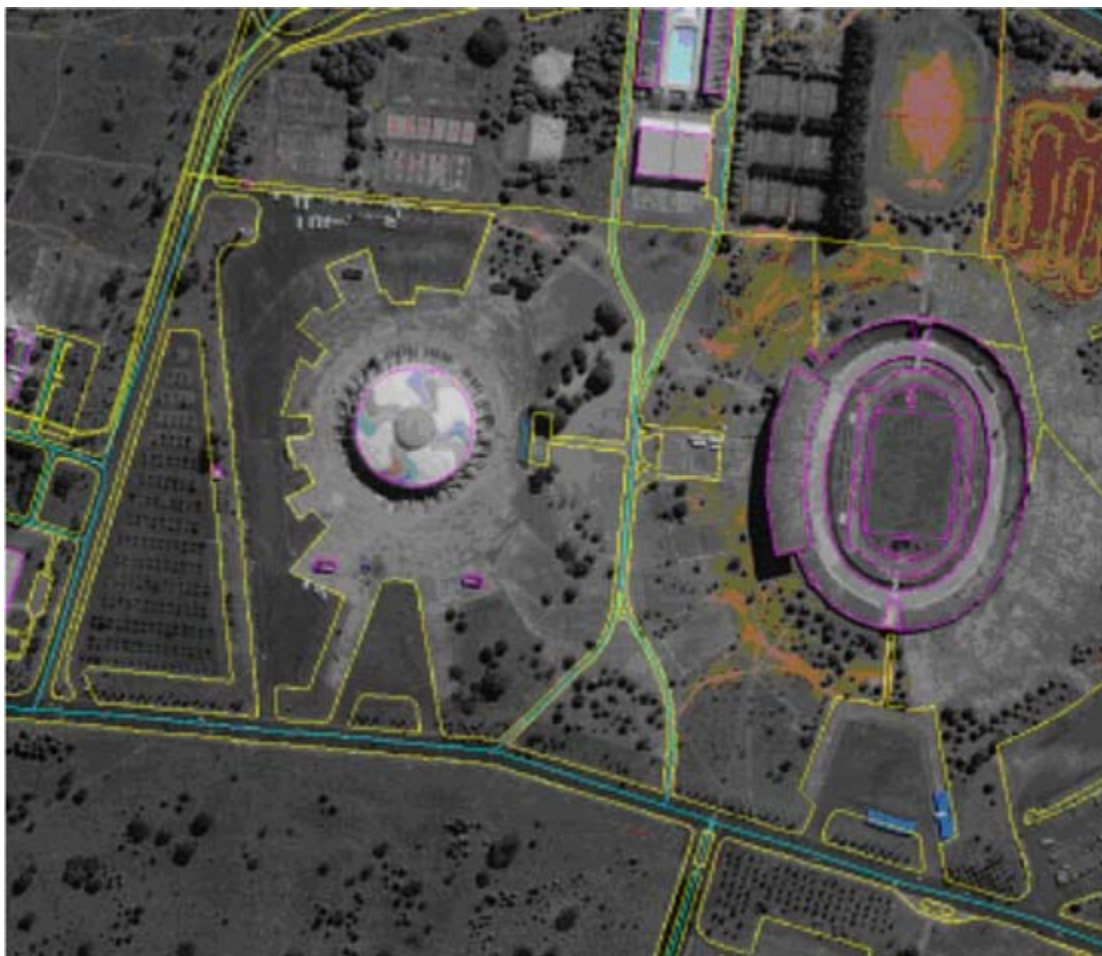


Figura 10 - Comparação de Ortorectificação com Vizinho mais Próximo



Foram ainda realizadas análises comparativas entre os valores altimétricos encontrados no levantamento efetuado por meio dos equipamentos GPS e os valores posteriores encontrados a partir do MDE, de acordo com Tabela 10, abaixo.

Tabela 10 - Altimetria dos pontos de campo x altimetria do MDE:

Pontos	Altimetria do ponto de campo (GPS) (m)	Altimetria do DEM (m)	Altimetria (GCP – DEM) (m)
GCP_01	1146,226	1146,1	0,126
GCP_02	1051,038	1051,2	-0,162
GCP_03	1022,410	1022,6	-0,190
GCP_04	1087,507	1087,8	-0,293
GCP_05	1122,626	1122,0	0,626
GCP_06	1135,337	1135,6	-0,263
GCP_07	1095,370	1095,5	-0,130
GCP_08	1075,754	1075,9	-0,146
GCP_09	1115,792	1115,9	-0,108
GCP_10	1092,416	1090,8	1,616
GCP_11	1083,086	1083,5	-0,414
GCP_12	1162,669	1162,6	0,069
GCP_13	1071,390	1071,1	0,290

O teste da metodologia descrita, a partir da análise dos resultados abaixo, permitiu avaliar e constatar a possibilidade da aplicação do modelo na área de teste.

- A partir da metodologia adotada para ortorretificar a imagem IKONOS no *OrthoEngine Models*, verificou-se que, utilizando o projeto em WGS 84 e pontos de campo (GPS) e um MDE, e posteriormente efetuando a reprojeção da imagem ortorretificada para o Datum Local, neste caso o Datum Chuá, o resultado mostrou-se bastante satisfatório. Sendo este muito semelhante ao utilizado por Ganas (2001), já citado anteriormente.
- A partir dos dados vetoriais da restituição, observou-se uma diferença mínima entre esses e a imagem ortorretificada (média de 0,82 metros), que pode ser decorrente da própria técnica de restituição da imagem que, no caso da base utilizada, conforme anteriormente esclarecido, não foi realizada com as técnicas de aerofotogramétrica e sim, em tela com a imagem sendo utilizada como “Background”.

- A imagem IKONOS ortorretificada apresentou um RMS bastante satisfatório, inferior a 1 metro, o que permite elaborar mapas com uma alta precisão, principalmente, em se tratando de produtos para estudos de área urbana.
- Finalmente, foi possível determinar que a imagem ortorretificada apresentou resultado bastante satisfatório em comparação ao esperado, isto é, um RMS de 2 pixels, como mencionado por PCI Geomatics (2002). Neste caso, o RMS total foi de 0,73 m, o RMS em “x” de 0,41 m e o RMS em “y” de 0,60 m, que pode ser justificado pelo pequeno gradiente do terreno (entorno de 100 metros), pela própria dimensão da área de analisada (aproximadamente 27 km²) bem como pelo ângulo de elevação solar da imagem (78°).

Após a aplicação do teste descrito no processo metodológico acima, foi efetivada a aplicação do modelo na área de estudo. Tendo em vista os resultados obtidos e comentados anteriormente, foi aplicada a mesma técnica, alterando somente algumas análises quando da ortorretificação da imagem, sendo testados três tipos de ortorretificação que, serão apresentados a seguir.

Para a aplicação do modelo, e na preocupação de não se ter um resultado mascarado em razão pela pequena dimensão da área e baixo gradiente do terreno, optou-se pela implementação do modelo numa área que apresentava condições adversas às encontradas anteriormente, isto é, dimensões mais amplas (10 x 10 km), e um gradiente do terreno em torno de 900 (novecentos) metros. Quanto ao ângulo de elevação do satélite, que apresenta grande importância no processo de ortorretificação, não houve grande variação, pois o ângulo da imagem do Plano Piloto de Brasília era de 78° e a imagem de Sobradinho apresenta ângulo de elevação de 76,47°.

Dial et al. (2001, p. 6) tratando a respeito da geometria das imagens IKONOS, desenvolve estudos com relação às características de elevação do satélite e os seus respectivos ângulos azimutais afirmando que a geometria de sensor é descrita pelos ângulos de elevação do sol e azimutal estando contidos no arquivo de metadados da imagem. Esses valores são necessariamente aproximados porque eles mudam

dentro de uma imagem. Esses ângulos podem ser usados para determinar a altura das construções de edificações a partir da projeção de suas sombras

Dial et al. (2001, p. 7) ainda continua os seus comentários acerca do processo de ortorretificação, esclarecendo que este pode ser entendido como sendo a correção de uma imagem sobre o terreno. A ortorretificação, que é a correção da imagem no terreno, está comumente referenciada ao resultado obtido pela câmera fotográfica que visualiza "a nadir", todos os pontos da mesma. São mostrados uniformemente os pixels na projeção de mapa e na imagem a ser retificada. O software utilizado para executar a ortorretificação deve calcular qual linha de visão do pixel do sensor que ultrapassa o DEM e a superfície topográfica atingindo a imagem ortorretificada.

A região da cidade satélite de Sobradinho definida para o estudo recebeu, dentro dos mesmos procedimentos que o Plano Piloto de Brasília, a seleção de pontos de controle (GCP's) para constituição de pontos de apoio para levantamento com base em GPS e posterior correção diferencial.

Utilizando-se da mesma definição aplicada na área-teste e, consubstanciados no processo metodológico definido, os pontos GCP's foram distribuídos de forma a permitir a cobertura total da imagem, a partir de uma malha regular. Foram coletados diretamente na imagem original 35 (trinta e cinco) pontos, conforme a Figura 11.

Figura 11 – Distribuição dos GCP's em Sobradinho



Escala
0 1.310m

Fonte: CEB e Space Imaging

As marcações em verde representam os pontos que foram identificados na imagem para levantamento GPS em campo e posteriores testes de ortorretificação.

Conforme procedimento efetuado para o Plano Piloto de Brasília, foi gerado um relatório individual para cada ponto com o seu respectivo RMS bem como um memorial de todos os pontos.

O processo de ortorretificação da imagem sofreu pequena diferença em relação ao processo aplicado no Plano Piloto de Brasília, visando testar os métodos diferenciados de distribuição de pontos e as repostas obtidas por eles. Dessa forma, dos 34 (trinta e quatro) pontos GCP's foi selecionado um determinado número para a realização da ortoimagem e o restante foi utilizado para a checagem, conforme é apresentado na Tabela 11. Os resultados foram avaliados com base no RMS dos mesmos. Os métodos utilizados foram executados da forma abaixo.

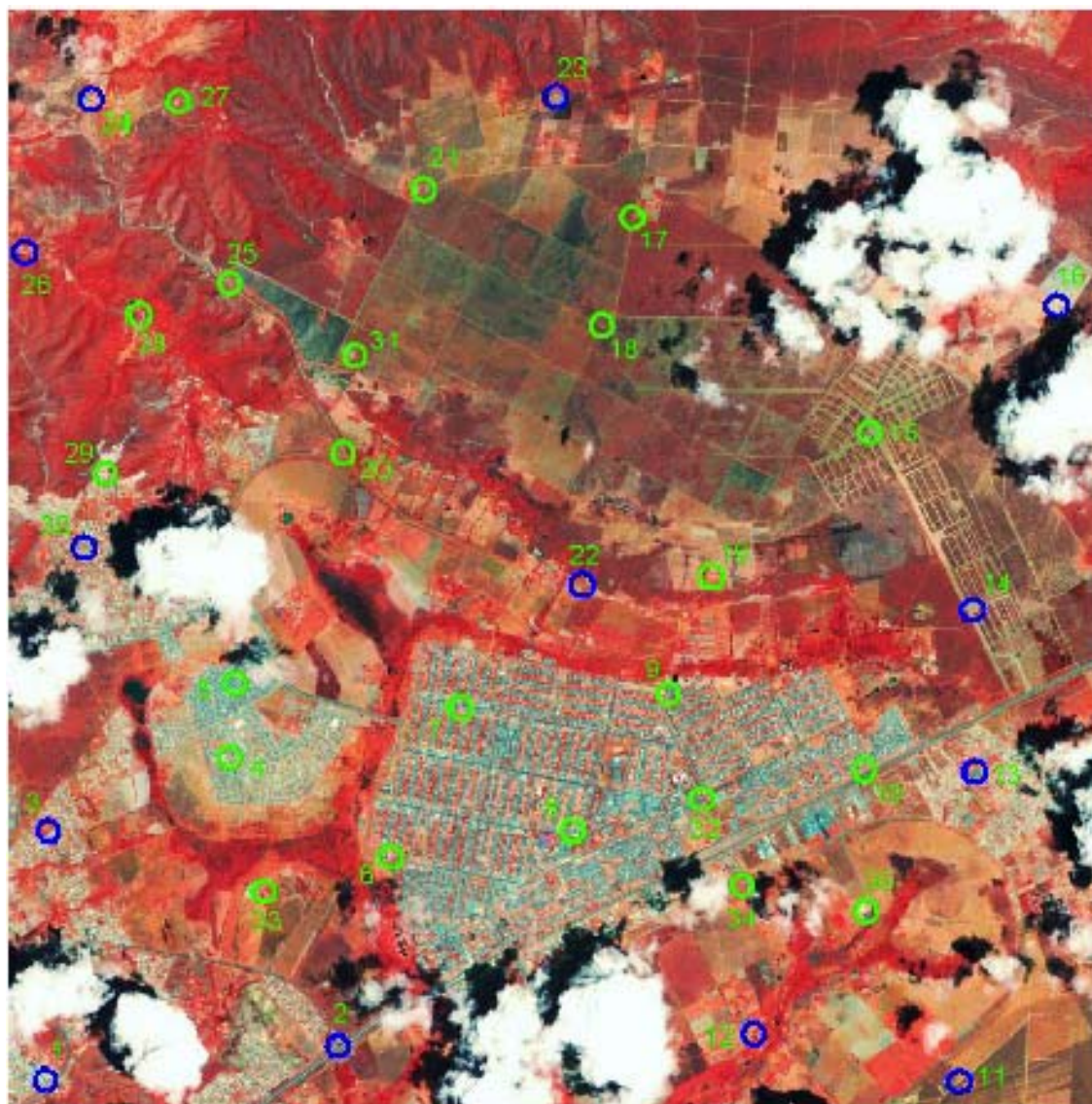
Tabela 11 – Número de GCP's para Ortorretificação e Checagem dos Métodos:

Método	Quant. GCP para Ortoimagem	Quantidade GCP para Checagem
1	13	21
2	16	18
3	26	08

Método 1 – A aplicação deste método visa a avaliar e identificar qual a resposta a ser obtida utilizando um procedimento de distribuição dos pontos (GCP's) do centro para os cantos, bem como da influência na ortorretificação do número de pontos para correção. Dessa forma, foram selecionados 13 (treze) dos 34 pontos (trinta e quatro) e distribuídos nas extremidades da imagem e um ponto central. Os demais pontos foram definidos para utilização como pontos de checagem. A Figura 12 apresenta a distribuição dos pontos deste método.

Os pontos em azul representam os pontos utilizados para a ortorretificação e os pontos em verde representam os pontos utilizados para checagem.

Figura 12 – Distribuição de pontos do Método 1

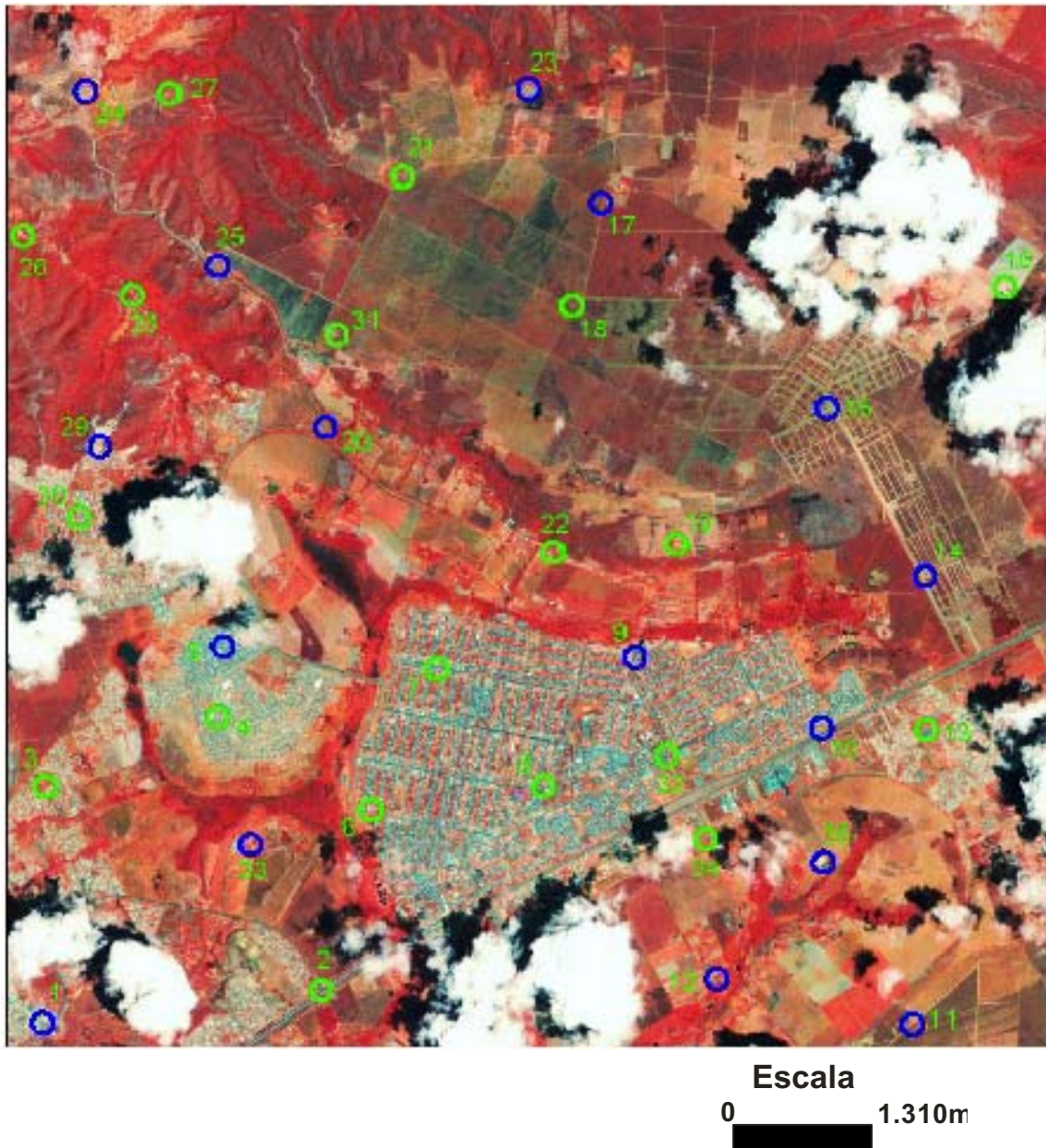


Escala
0 1.310m

Fonte: CEB e Space Imaging

Método 2 – A aplicação deste método obedeceu aos procedimentos de distribuição dos pontos nas regiões que apresentavam relevo mais movimentado, sendo selecionados 16 (dezesseis) pontos e permanecendo 18 (dezoito) pontos para checagem, conforme pode ser observado na Figura 13.

Figura 13 – Distribuição de pontos do Método 2



Fonte: CEB e Space Imaging

Método 3 - Distribuição dos GCP's do Método 3 seguiu o procedimento de espacialização dentro de uma malha de 2 x 2 (dois por dois) km Figura 14. Dessa forma, foram selecionados 26 (vinte e seis) pontos e distribuídos na imagem. Os pontos remanescentes foram utilizados para a checagem da ortorretificação.

Figura 14 – Tela do ArcView com o acesso ao Script da malha

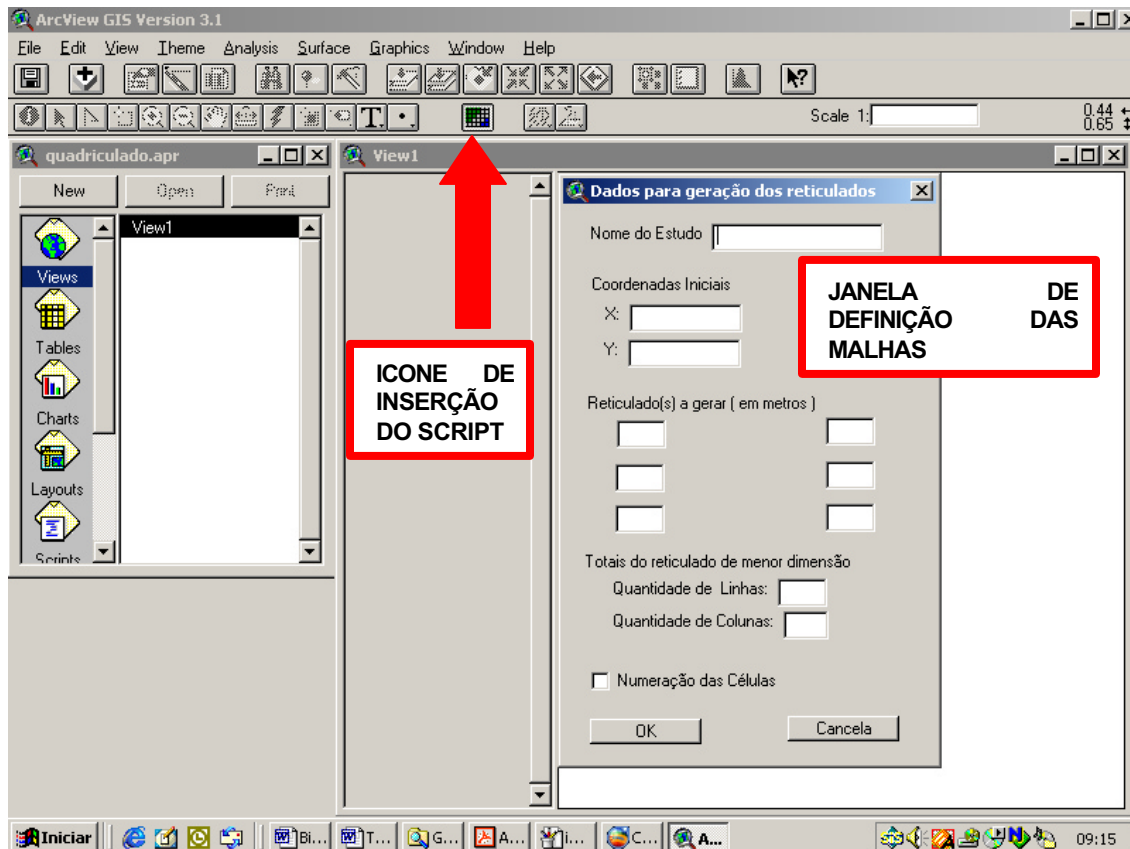
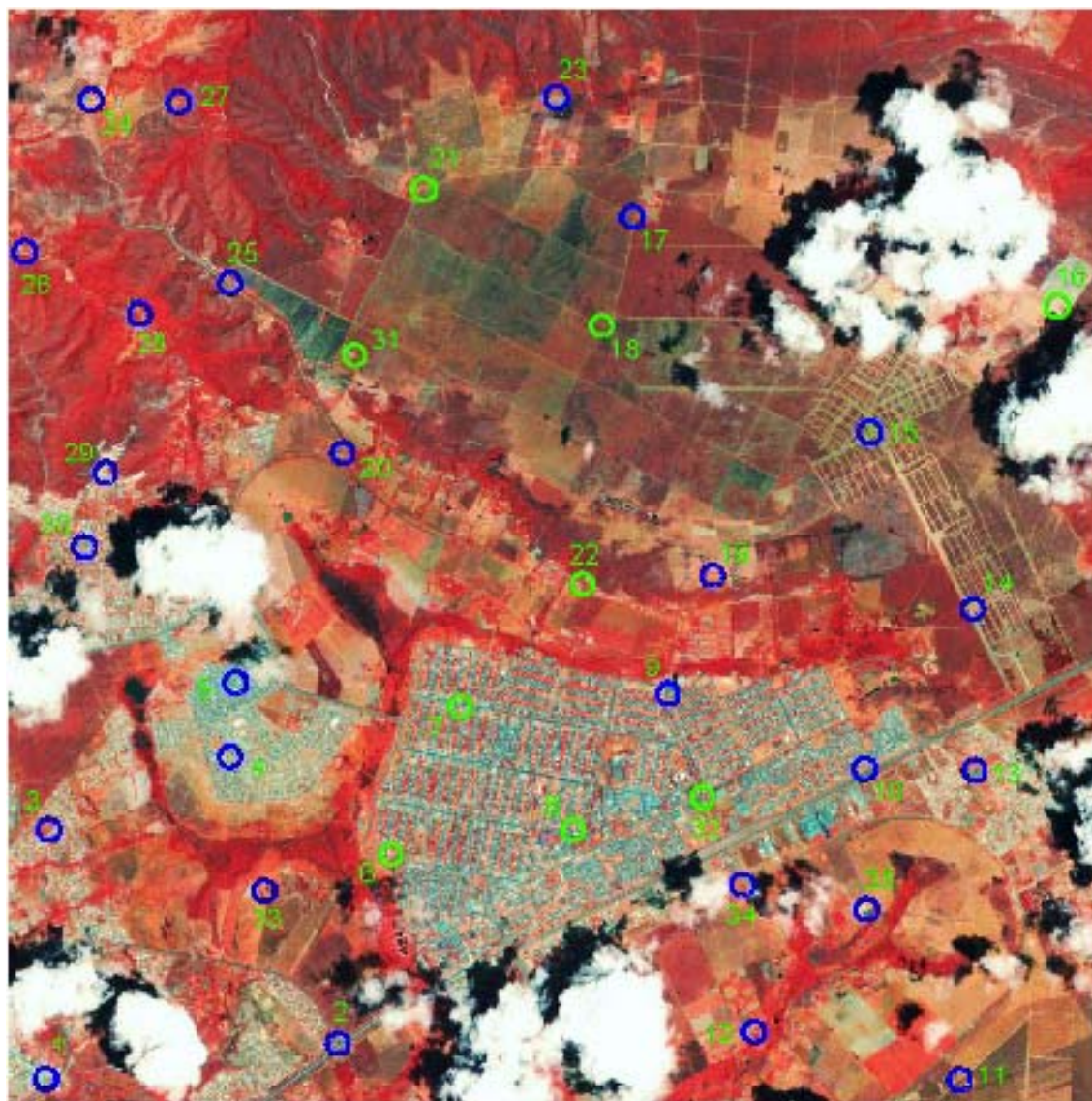


Figura 15 – Distribuição dos pontos do Método 3



Fonte: CEB e Space Imaging

As análises foram efetuadas com o objetivo de identificar os possíveis pontos que apresentavam um RMS muito alterado em relação aos demais, tendo em vista que havia sido definido um controle rigoroso quanto ao PDOP, o afastamento dos pontos coletados em relação à base e, sobretudo ao número de satélites rastreados. Valores fora dos limites aceitáveis eram avaliados e, havendo necessidade, os pontos eram substituídos ou levantados novamente.

Dentro deste procedimento, o ponto GCP_07 foi excluído por não permitir uma precisão nos dados de correção diferencial, mesmo tendo sido efetuados dois novos levantamentos. O erro desse ponto foi evidenciado em todas as ortorretificações, e a exclusão dele, demonstrou uma melhora significativa nos dados.

No capítulo referente aos resultados e discussões, serão efetuadas as análises e apresentados os gráficos comparativos de cada um dos métodos descritos acima.

4.2.3 - ETAPA 3 –Imagens como Ferramenta de Gestão ao Planejamento Urbano

4.2.3.1 - Definição e Geração de mapa do uso da terra

De acordo com as pesquisas apontadas na revisão bibliográfica da presente pesquisa, fica claro que estudos pertinentes ao planejamento urbano devem sempre levar em consideração a adequação e a existência do verde com vistas aos reflexos futuros das alterações de temperatura, a partir do qual se podem prever condições de manutenção e, sobretudo, de conforto ambiental que hoje faz parte de uma linha de estudo nos campos da geografia urbana, da arquitetura, do urbanismo e de todas as ciências voltadas aos estudos de natureza ambiental urbana.

Conforme considerações apresentadas no capítulo referente à revisão bibliográfica, os estudos pertinentes ao ambiente intra-urbano trazem no seu contexto complexidades tendo em vista que até o presente momento as imagens orbitais em função de suas resoluções espaciais não permitiam uma visão mais próxima da realidade interna do meio ambiente urbano.

O advento das imagens de alta resolução espacial abriu um novo campo de pesquisa e, sobretudo, de observação de fenômenos que possam contribuir para o planejamento urbano, dentre os quais destaca-se as áreas verdes, que representam elemento de suma importância para a manutenção da temperatura e do equilíbrio da qualidade ambiental, permitindo a existência do conforto térmico.

Entretanto, para que esses estudos possam ser efetuados, faz-se necessário o conhecimento das características de uso e ocupação da terra, que pode ser avaliado com o estudo das classes funcionais do meio ambiente urbano e as classes espectrais, isso porque, as classes funcionais e a sua distribuição, bem como as concentrações dessas classes podem funcionar como elementos apaziguadores ou ativadores de alterações ou amenidades urbanas.

De acordo com a proposta metodológica, a estruturação do mapa de uso da terra foi efetuado para identificar 5 (cinco) classes funcionais a partir de análise espectral, utilizando-se métodos diferenciados, com o objetivo de avaliar a melhor resposta para visualização das funcionalidades espacialmente distribuídas no meio urbano. Os métodos de classificação utilizados foram o **SAM** (Spectral Angle Mapper), a **ISODATA** (Classificação não Supervisionada) e o método **MAXVER** (Máxima Verossimilhança). Todos esses métodos foram testados com a utilização do software ENVI 3.5.

A aplicação dos diferentes métodos de classificação encontram base e sustentação nas considerações de Anderson et al. (1979, p. 19-21), em que os autores afirmam não existir uma classificação única e ideal, da mesma forma que cada classificação é feita com o objetivo de atender a uma determinada necessidade de um usuário específico. E mais ainda, pois, na maioria dos processos de classificação, dificilmente se identificam as classes que se deseja, muitas vezes levando os usuários a tomar decisões arbitrárias nas interpretações desenvolvidas.

Os comentários de Anderson et al. (1979, p. 26-38) apresentam quatro níveis de classificação relacionando-se com o tipo de aquisição e a resolução espacial. No que tange ao sistema de classificação do uso da terra com base em dados de sensoriamento remoto, foi definida pelos autores a feição denominada “Terra Urbana

ou Construída”, que compreende áreas de uso intensivo, com grande parte da terra coberta por estruturas, nas quais são enquadradas: metrópoles, cidades, vilas, áreas de rodovias e onde se encontram atividades de natureza residencial, comercial e serviços, industrial, transporte e comunicações.

As estruturas ou níveis são subdivididos por Anderson et al. (1979, p. 36) formando uma estrutura hierárquica conforme Tabela 12 abaixo:

Tabela 12 – Níveis Hierárquicos para Mapeamento do Uso da Terra:

Nível I	Nível II	Nível III
Urbana ou Construída	Residencial	Unidades Unifamiliares
		Unidades Multifamiliares
		Quarteirões em grupo
		Hotéis Residenciais
		Parques para casas móveis
		Alojamentos Transitórios
		Outras

Fonte: Anderson et al. (1979) modificado por Bias (2002)

O método do *Spectral Angle Mapper* - SAM, compara o ângulo entre o espectro de referência, considerado como um vetor n -dimensional, onde n é o número de bandas, e cada pixel da imagem, também considerado como um vetor n -dimensional. Ângulos pequenos representam bons ajustes entre os dois vetores. O procedimento gera dois tipos de arquivos: a imagem SAM e as “**rule images**”. A imagem SAM é o resultado da classificação com uma cor predeterminada para cada “**endmember**” (espectro de referência). Já as rule images apresentam o ajuste dos ângulos para todos os pixels da imagem, sendo uma imagem para cada endmember.

A aplicação do método “**Pixel Purity Index (PPI)**” índice de pixel puro objetiva definir uma resposta mais exata das diversas feições da imagem analisada.

A partir da análise do mapa de uso da terra, foi possível efetuar a avaliação das condições ligadas ao verde urbano.

Esses pressupostos metodológicos visam demonstrar que, apesar da grande importância das bases cartográficas para estudos urbanos, juntamente a essas devem existir outros índices e objetivos que tenham condições de ser espacializados, e sobretudo observados no contexto intra-urbano, o que não foi possível antes do advento das imagens de alta resolução, particularmente as geradas pelo satélite IKONOS, sem que houvesse uma atividade constante de levantamentos de campo que, normalmente tornam demasiadamente oneroso o trabalho de aquisição e análise dos dados conforme mencionado no capítulo referente à revisão bibliográfica. Dos trabalhos atuais, destacam-se os desenvolvidos por Bias et al. (2003) e Bias et al. (2002)¹³ que fizeram análises utilizando a imagem IKONOS, tanto para estudos de ilhas de calor como de áreas verdes urbanas.

Também dentro desse contexto, foi desenvolvido por Baptista et al. (2002) estudo para identificação de seqüestro de carbono abordando a importância da análise e do conhecimento desse fato para novos modelos de desenvolvimento limpo, para que venham a contribuir para a qualidade ambiental urbana, fator de constantes preocupações no âmbito do planejamento urbano.

O estudo foi desenvolvido com a utilização dos dados do sensor hiperespectral IKONOS para identificar as áreas de seqüestro ou sumidouro de carbono em espaços intra-urbanos e analisar a relação entre essas áreas com as dos elementos construídos no Plano Piloto de Brasília.

Os resultados obtidos por Baptista et al (2002) permitiram inferir, com a precisão de 1 metro, como o desenho urbano e sua materialização podem minimizar os efeitos de atividades antrópicas que geram perturbações no conforto térmico.

¹³ 2002 – Bias, E. S.; Baptista, G. M. M.; Lombardo, M. A.: Análise do fenômeno de ilhas de calor urbanas, por meio da combinação de dados LANDSAT e IKONOS e 2002 – Bias, E. S.; Baptista, G. M. M.: Utilização de imagens de alta resolução espacial na análise do verde urbano como ferramenta ao planejamento

Esse tipo de verificação permite que novas gerações de urbanistas possam pensar uma cidade mais saudável.

Vale, no entanto, esclarecer que a proposta do presente projeto de doutorado não visa a eliminar as atividades de campos que sempre demonstraram e foram utilizadas como bastante propriedade. Deseja-se, tão somente, apresentar uma nova possibilidade de agilização de processos objetivando permitir a gestão do ambiente urbano de maneira mais eficiente, isto porque, o grande papel das geotecnologias é auxiliar a gestão de informações.

Apesar de conhecida e divulgada no âmbito das universidades e dos estudos das instituições e órgãos voltados ao planejamento, nem sempre esses pontos acima elencados são avaliados e mensurados na sua real possibilidade de gerar impactos que trazem reflexos negativos à convivência e à manutenção do bem-estar e da qualidade de vida urbana.

Dos testes realizados para a confecção do mapa de uso da terra, foram obtidos os seguintes resultados, que são apresentados nas figuras a seguir. Foi selecionada uma área dentro do ambiente urbano em estudo, que apresenta a maior diversidade de feições para a implementação de um teste das respostas que poderiam ser obtidas com diversos tipos de classificação com o uso da imagem IKONOS.

Figura 16 – Área selecionada para testes



Escala

0 36 metros

Fonte: Cia Energética de Brasília e Space Imaging

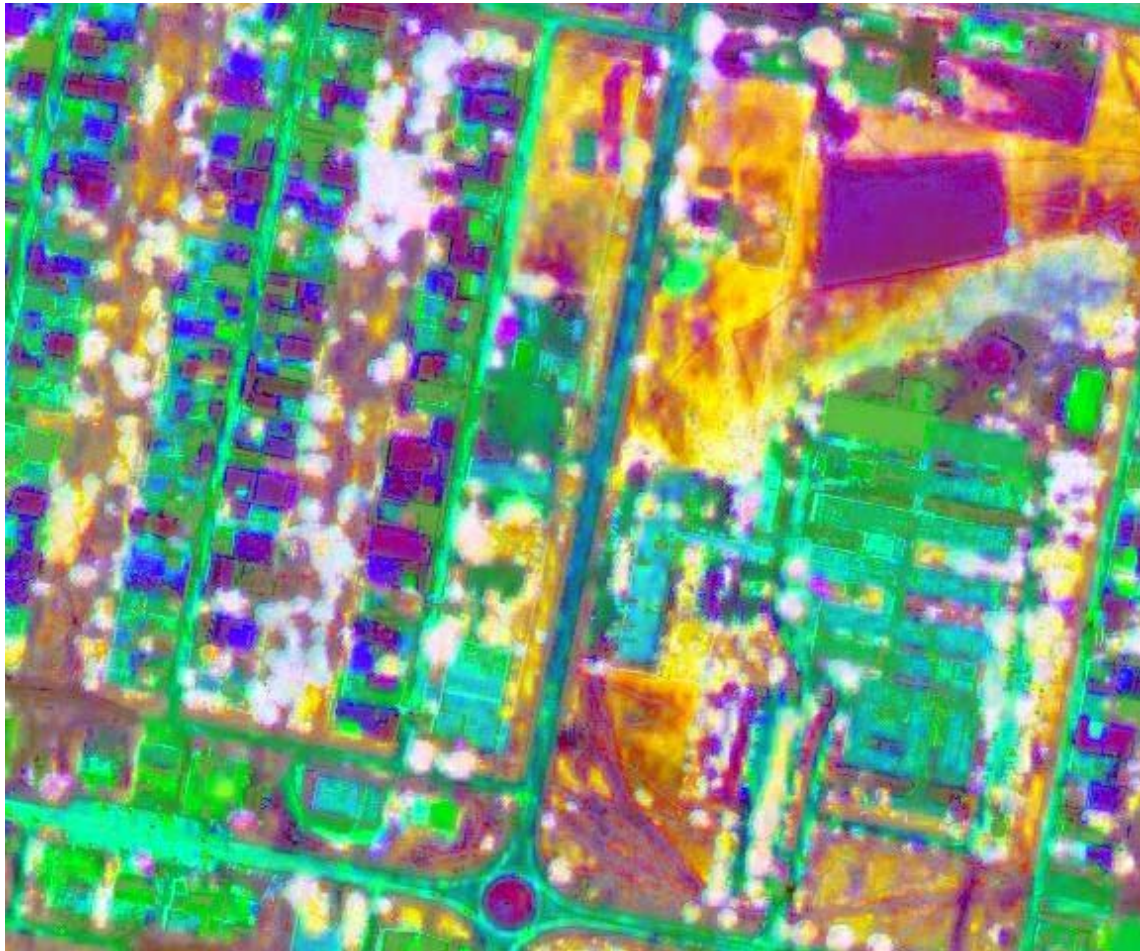
Figura 17 – Seleção de feições para classificação



Fonte: Cia Energética de Brasília e Space Imaging

Como se pode observar na figura acima, foram selecionadas as áreas representativas de: asfaltamento (verde), residências individuais (azul), residências coletivas (amarelo), solo exposto (vermelho), cobertura vegetal – gramíneas (azul piscina).

Figura 18 – *Minimum Noise Fraction (MNF)*.



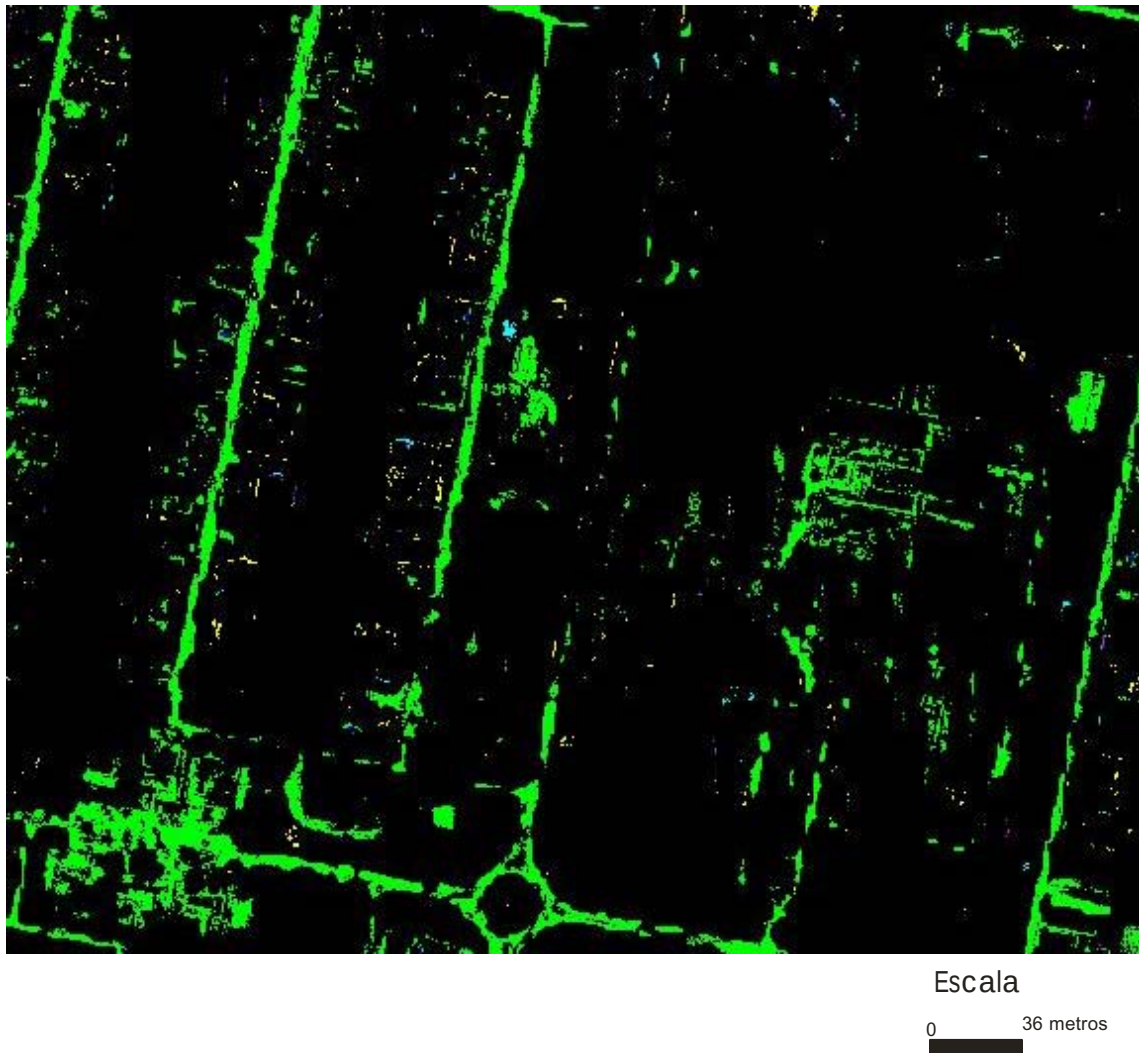
Escala

0 36 metros

Fonte: Cia Energética de Brasília e Space Imaging

O PPI apresentado na Figura 18 foi processado utilizando-se a composição das componentes principais da imagem. O processamento do PPI foi implementado com 10.000 (dez mil) interações.

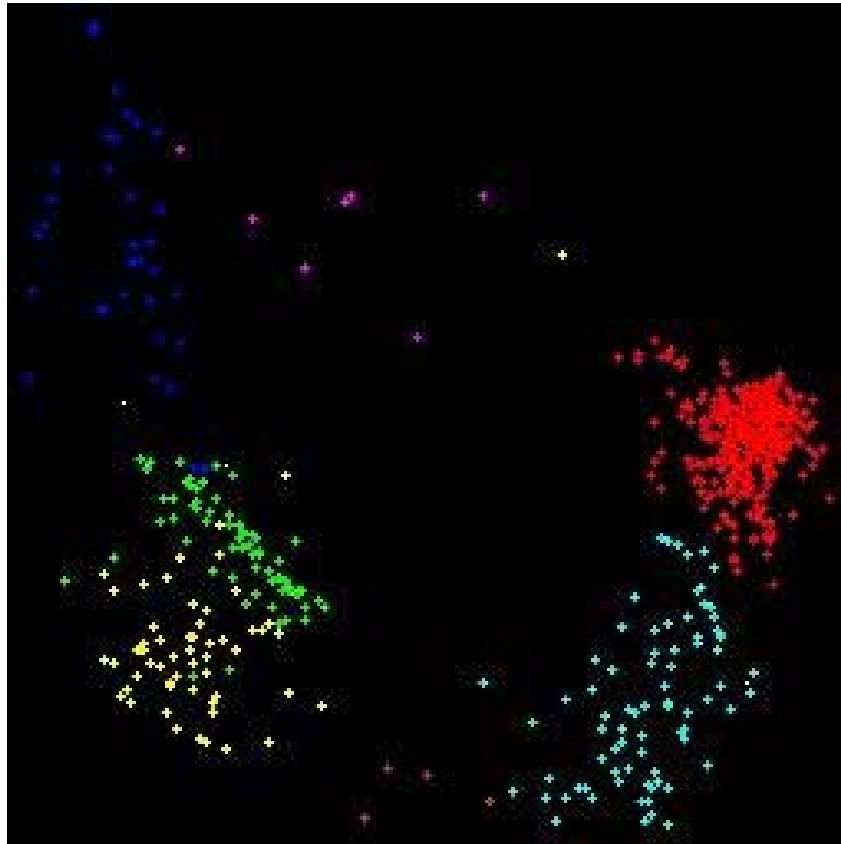
Figura 18 – PPI – Índice de pixel puro



Fonte: Cia Energética de Brasília e Space Imaging

Após a transformação e detecção dos pixels puros, foi gerado um modelo em “3D” visando ao agrupamento deste pixels para posterior classificação. A imagem dos pixel isolados em 3D é apresentada na Figura 20.

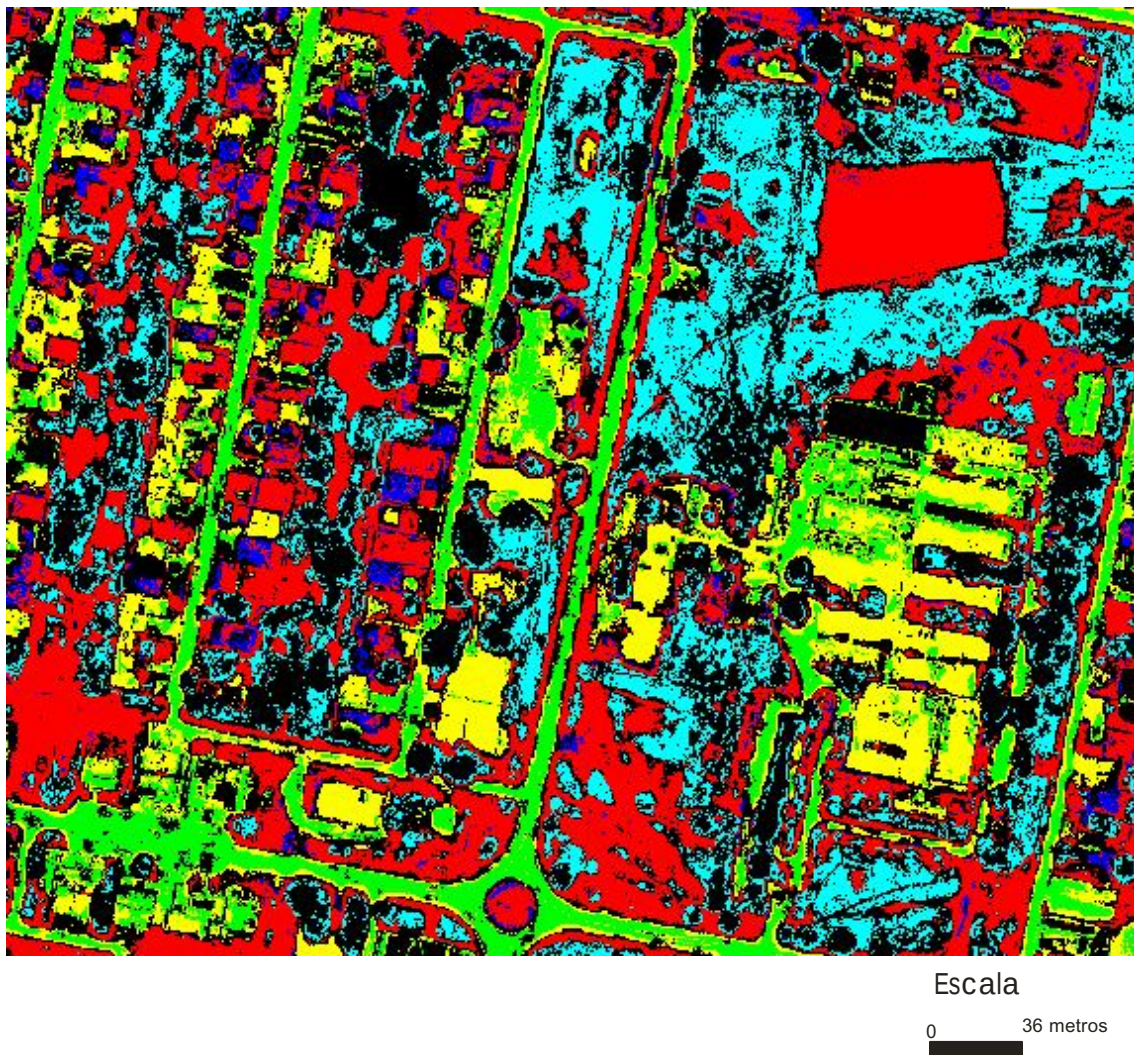
Figura 20 – Agrupamento de pixels 3D



Fonte: Cia Energética de Brasília e Space Imaging

A partir do movimento da imagem da Figura 40 no espaço tridimensional e do agrupamento das classes em cores diferenciadas, foi gerada a Figura 41, que representa a classificação **SAM**, definida anteriormente.

Figura 21 – Classificação pelo método SAM



Fonte: Cia Energética de Brasília e Space Imaging

Figura 22 – Classificação não supervisionada

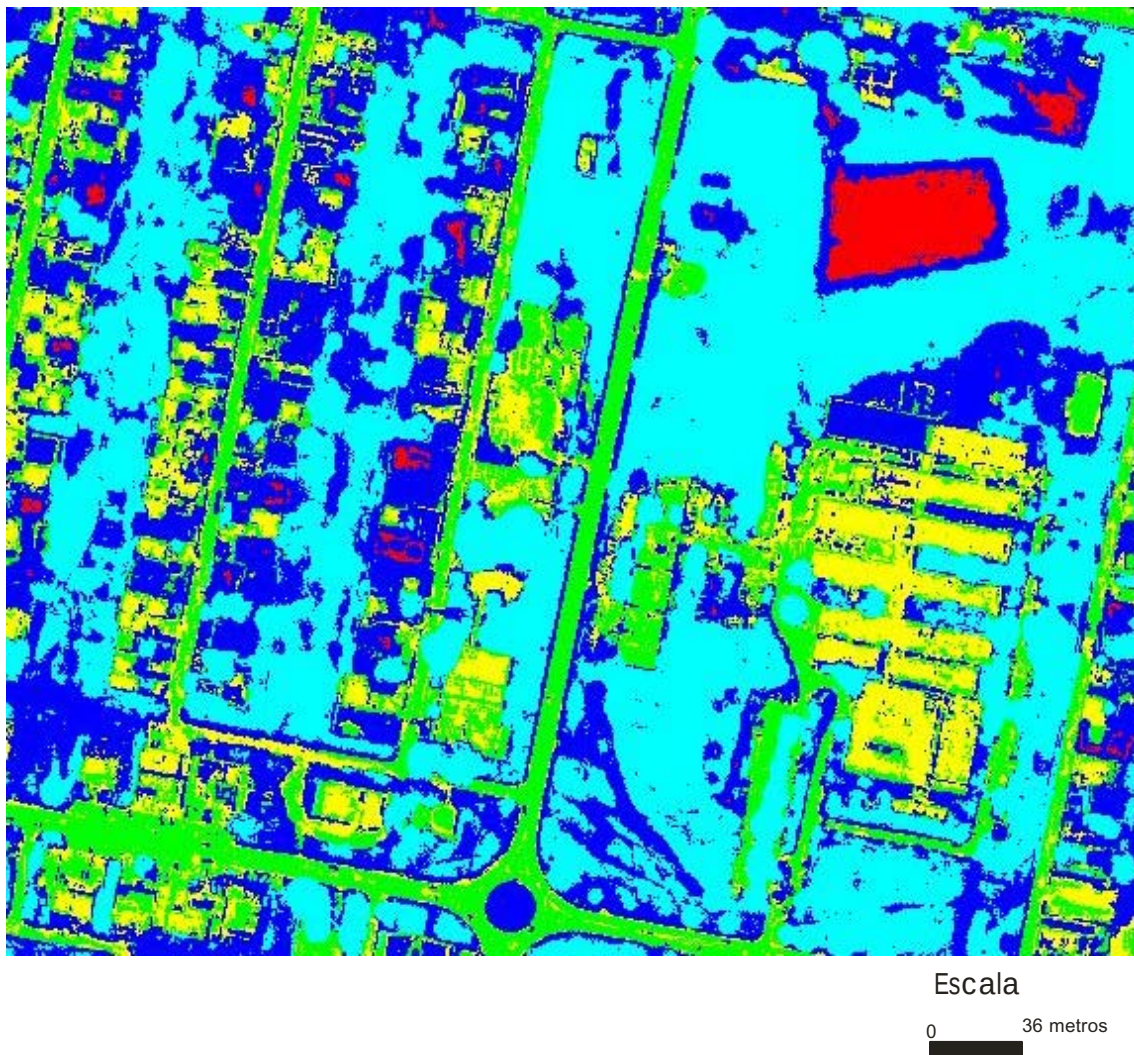


Escala

0 36 metros

Fonte: Cia Energética de Brasília e Space Imaging

Figura 23 – Classificação MAXVER



Fonte: Cia Energética de Brasília e Space Imaging

As classificações apresentadas anteriormente serão discutidas no capítulo referente aos resultados e discussões, visando a mostrar as possibilidades e limitações que as imagens IKONOS apresentaram para a geração de mapas de uso da terra em ambientes urbanos.

Após a realização dos testes anteriormente apresentados, baseados na metodologia definida, e após identificadas as limitações na geração do mapa de uso da terra para ambiente urbano, em razão das respostas espectrais de feições diversas e da resposta espectral da mesma feição, buscou-se abordar a análise da possibilidade da utilização das imagens de alta resolução para subsidiar os estudos relativos às análises do verde urbano e das alterações de temperatura e de acordo com os fluxos metodológicos descritos anteriormente.

Vale esclarecer que o estudo das áreas verdes foi realizado anteriormente ao estudo das alterações de temperatura para análise de ilhas de calor, tendo em vista que a presença do verde é fator preponderante para a manutenção da temperatura, principalmente em ambientes urbanos.

4.2.3.2 - Análise de Áreas Verdes

Conforme enfocado no capítulo referente à revisão bibliográfica e nas considerações iniciais as abordagens relativas ao verde urbano são um dos aspectos de maior relevância relativamente às condições ambientais urbanas.

Conforme foi possível observar nas discussões referentes ao mapeamento do uso da terra, ficou evidenciada a dificuldade de se efetuar a separação das feições intra-urbanas em razão da resposta espectral que os diversos elementos apresentam. Assim, o estudo do verde urbano passa a assumir uma grande representatividade para os estudos de planejamento urbano quando se deseja analisar a qualidade ambiental urbana, com a utilização de imagens IKONOS. Esse fato pode ser entendido, tendo em vista considerações de Novo (1993, p.189-190) e Ponzoni (2001, p. 158-159) quando apresentam os processos de reflectância espectral das folhas e o comportamento espectral da vegetação.

Os procedimentos metodológicos seguiram os passos expostos no **Fluxograma 3 ETAPA 3.1** apresentado anteriormente, consistindo inicialmente de um recorte da imagem IKONOS da área com maior densificação urbana e que consistia na parte antiga da cidade de Sobradinho. Esta área foi escolhida, pois Sobradinho apresentou, durante muitos anos, o melhor clima urbano e a maior relação de verde urbano no Distrito Federal, evidentemente, excetuando a região do Plano Piloto de Brasília, haja vista o planejamento das super-quadras residenciais que seguiam uma estrutura definida no plano urbanístico e consolidado a partir da inauguração da Capital Federal.

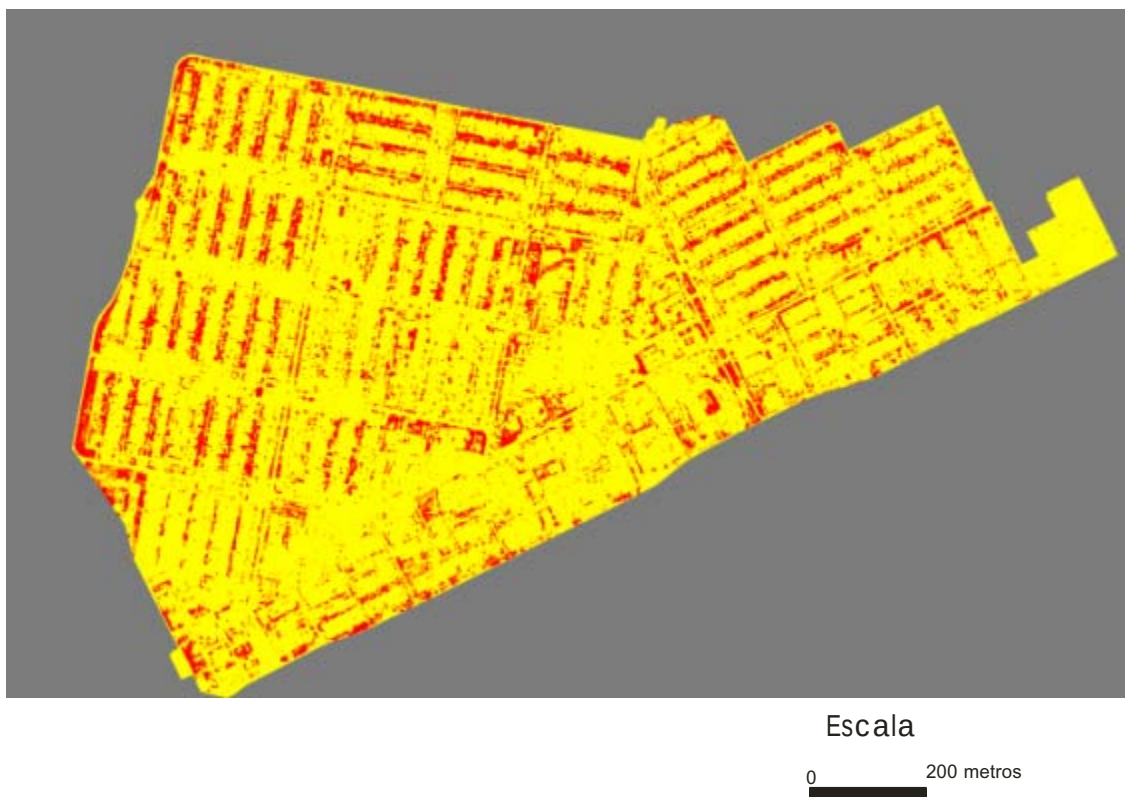
Com a utilização do software ENVI 3.5 foi gerado o NDVI, definido no capítulo referente à revisão bibliográfica, e posteriormente realizada a criação de uma máscara da área urbana para quantificação desta e, a seguir, uma outra máscara da área verde para que também fosse efetuada a quantificação da mesma.

A seguir são apresentadas combinações efetuadas para a quantificação do verde urbano na área de estudo.

Figura 24 – NDVI



Figura 25 – Mascara do Verde Urbano



A quantificação das duas áreas permitiu avaliar a relação entre a área urbana com remanescente de verde e a área que não possui nenhum verde urbano. A quantificação foi consolidada com a relação existente entre as áreas e será foco de discussão no capítulo de resultados e discussões.

4.2.3.3 - Ilhas de Calor E Planejamento Urbano

A transformação IHS, fundamentalmente, permite a separação das informações espaciais como componentes de intensidade da informação espectral contida nas componentes saturação e matriz de uma imagem colorida, e, no caso de fusão de imagem, determina-se I (intensidade), H (matiz), S (saturação), a partir de três bandas, aplica-se um aumento de contraste nas componentes “H” e “S” e substitui “I” pela banda pancromática Antunes (2000).

Menezes et al (1991, p. 66) afirmam com base nos estudos de Haydan (1987), que o ordenamento das resoluções espaciais dos componentes IHS. “I” é percebida por máxima resolução, seguida de “H” e “S”, devido ao fato de que a retina do olho humano compõe-se de um maior número de bastonetes (responsáveis pela percepção de brilho “I”). Finalmente, afirma que essa é a propriedade que adicionalmente faz da técnica de transformação IHS a mais eficiente para integrar imagens de diferentes resoluções.

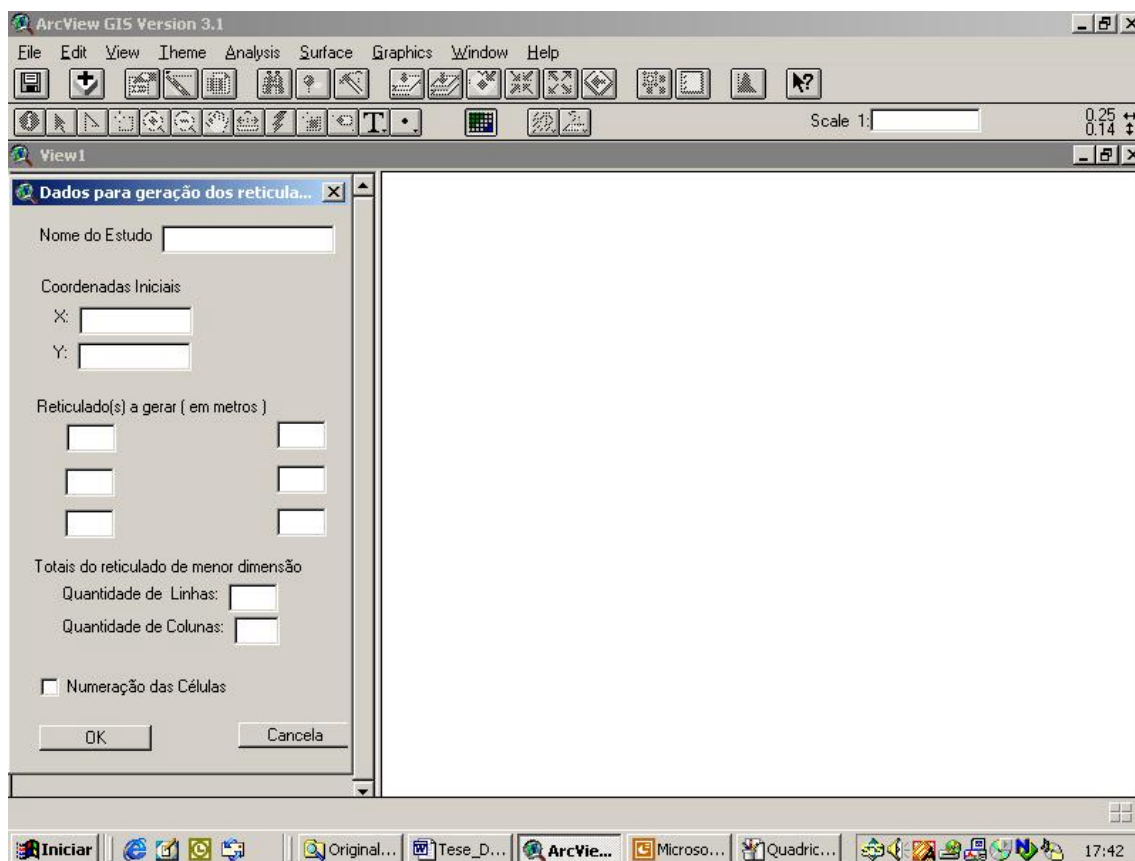
A proposta de fundir imagens visando à obtenção de melhores resultados na interpretação encontra apoio no trabalho de Antunes (2000) quando afirma que a imagem fundida passa a possuir uma melhor resolução espacial e espectral de certa maneira próxima à imagem multiespectral. No entanto, Antunes (2000) chama a atenção para o fato de que os resultados dependem do tipo de imagem que serão utilizadas no processo, ou seja, o conveniente é utilizar SPOT PAN (10 metros) e LANDSAT MULTIESPECTRAL (30 metros), IKONOS PAN (1 metro), IKONOS MULTIESPECTRAL (4 metros), entre outras possíveis combinações. Posteriormente, serão efetuadas as avaliações de correlação entre as imagens híbridas.

No presente trabalho não foi efetuado um processo de hibridação de imagem dentro dos padrões definidos pelos autores comentados e apresentados anteriormente, e sim, realizada a combinação de duas imagens obtidas por sensores que apresentam diferentes resoluções espaciais. O objetivo era demonstrar a importância da resolução espacial da imagem IKONOS na análise intra-urbana, como suporte ao planejamento e estudos urbanos e a sua capacidade de utilização com outros sistemas sensores.

Dentro dessa proposta foi efetuada uma das análises da imagem com a utilização do “Script” desenvolvido para criação de malha com escalonamento estabelecido pelo usuário e já mencionado anteriormente no capítulo referente à seleção dos pontos GCP’s para coleta com o uso de GPS. Este “Script” foi inserido no software e acessado conforme procedimentos que se encontram definidos no capítulo referente aos anexos, com o título **“ROTEIRO DE SCRIPT DE**

QUADRICULADO.APR". A definição da malha segue os procedimentos apresentados na figura a seguir.

Figura 26 – Definição de malha para análise da resolução espacial



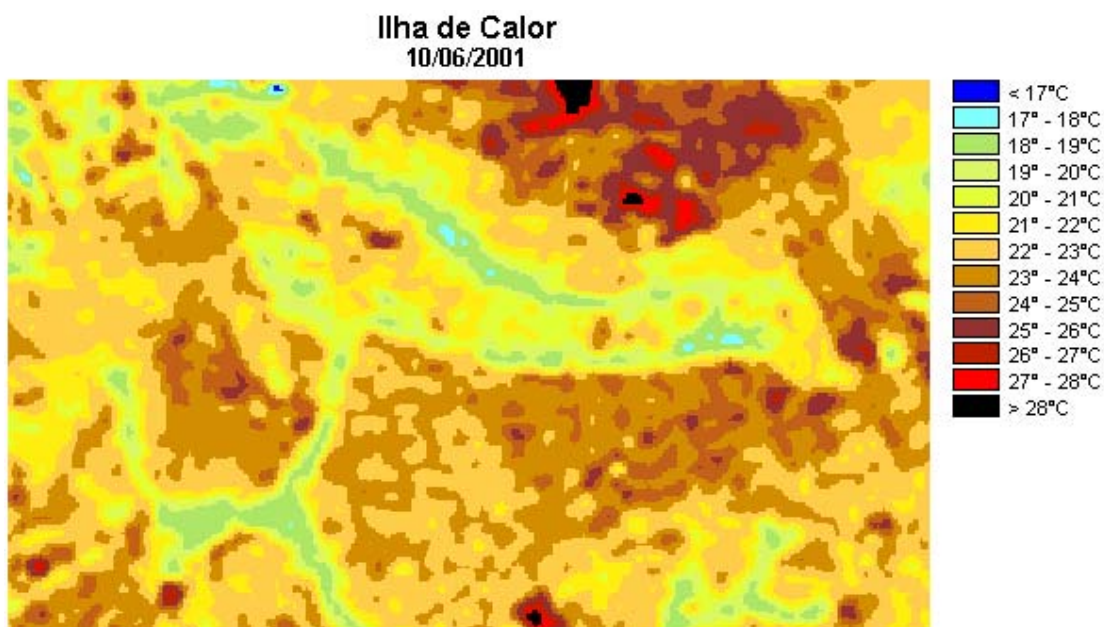
A aplicação dessa reamostragem objetivava apresentar a importância e as diferenças que marcam uma melhor resolução espacial, isto porque não se tinha como objetivo deste estudo somente a abordagem das resoluções espectrais.

Os aspectos referentes à mistura espectral foram apresentados por Padilha (1995) e analisados por Lombardo (1995, p. 179), que enfatiza que este problema encontra-se fundamentalmente relacionado à resolução espacial, o que explica o fato de quanto mais refinada é a resolução espacial, menor a mistura das feições observadas, tornando-se mais homogêneas.

O processo metodológico, conforme apresentado no **Fluxograma 3 ETAPA 3.2** foi desenvolvido conforme descrito abaixo.

Após a seleção da imagem LANDSAT TM – 05, de acordo com as definições apresentadas no capítulo referente aos materiais e a transformação delas com a utilização do software IDIRISI e a sua respectiva reclassificação em 13 classes de temperatura, o passo seguinte foi reclassificar a imagem em 13 faixas de temperatura, a saber: <17°C, 17° - 18°C, 18° - 19°C, 19° - 20°C, 20° - 21°C, 21° - 22°C, 22° - 23°C, 23° - 24°C, 24° - 25°C, 25° - 26°C, 26° - 27°C, 27° - 28°C e > 28°C conforme se pode observar na Figura 27 a seguir.

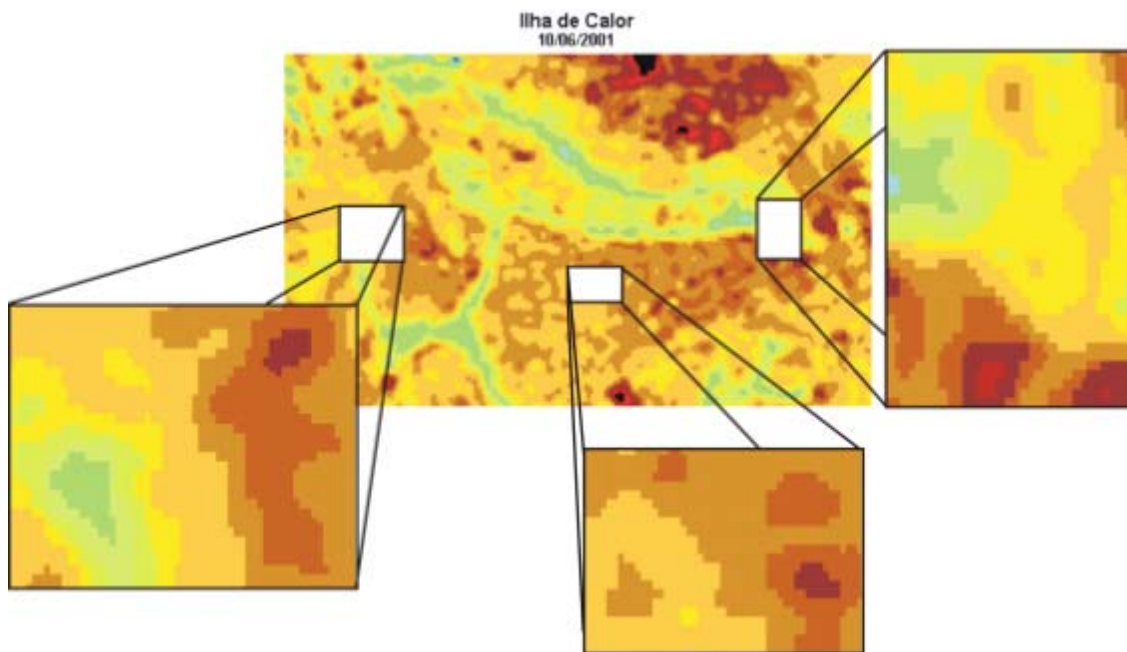
Figura 27 – Imagem LANDSAT reclassificada em função das diferentes temperaturas



Fonte: Baptista (2003)

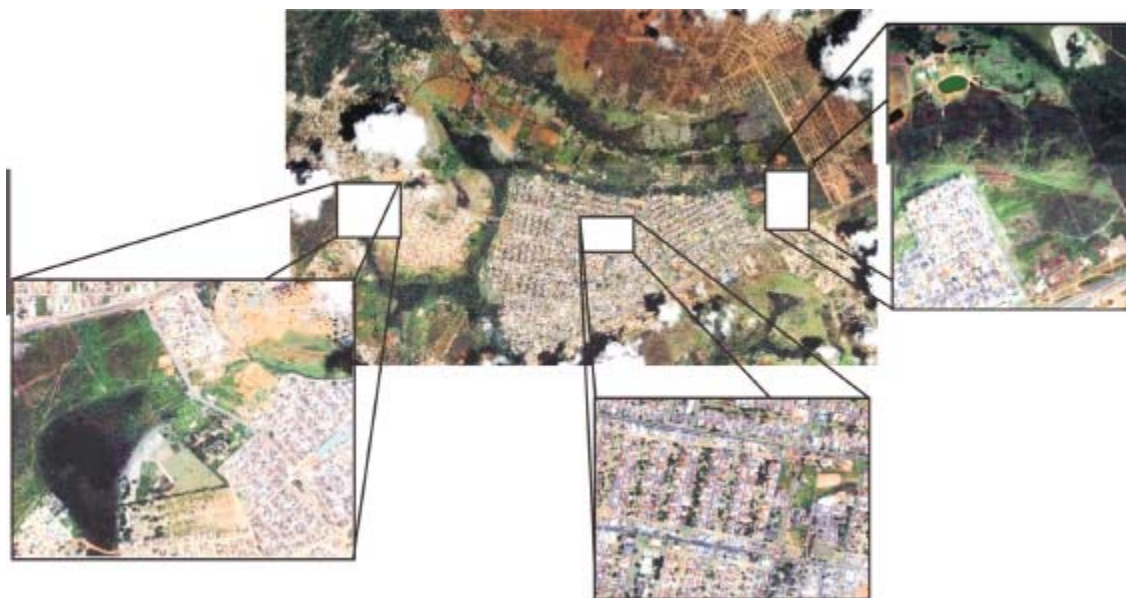
O passo seguinte foi a identificação das áreas com variações térmicas para análise intra-urbanas com a utilização da imagem IKONOS. Para tal, retirou-se da cena total a mesma área conforme pode ser observado na Figura 28.

Figura 28 - Áreas escolhidas para análise intra-urbana na imagem LANDSAT:



Fontes: Baptista (2003) modificado por Bias (2003)

Figura 29 – Áreas escolhidas para análise intra-urbana na imagem IKONOS:



Fonte: Bias et al (2002)

Conforme Figuras 28 e 29, podem-se observar as 3 (três) áreas selecionadas visando à compreensão do comportamento térmico intra-urbano. A escolha dessas áreas foi efetuada a partir do critério da identificação visual das áreas que apresentavam maior temperatura. Na seqüência apresentada na Figura 28, verificam-se os pontos de maior alteração de temperatura e a sua respectiva imagem intra-urbana, na Figura 29.

Posteriormente, e como último passo, foram estudadas as alterações buscando identificar, a partir da imagem IKONOS, os possíveis componentes antrópicos que influenciaram as mudanças identificadas. As alterações serão apresentadas e discutidas no capítulo referente aos resultados e discussões a seguir.

CAPÍTULO 5 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As atividades relacionadas com os estudos de planejamentos urbanos tiveram com a disseminação das técnicas de sensoriamento remoto e dos sistemas de informação geográfica, um avanço sem precedentes, porque tornou possível desenvolver cenários hipotéticos e, a partir deles, avaliar as condições de evolução e de impactos de uma determinada ocorrência em um determinado espaço geográfico.

Entretanto, as funções relacionadas à coleta de dados primários continuaram a ser efetuadas a partir de fotografias aéreas que, muitas vezes, obtidas em anos anteriores, não mais representavam a realidade a ser analisada, exigindo um esforço muito grande em trabalhos de campo, quando não a realização de uma nova cobertura aérea, o que torna bastante elevados os custos. A utilização de imagens de satélite passou também a constituir um grande auxiliar em diversos estudos, evidentemente observadas as suas limitações no que tange à resolução espacial.

Atualmente, em razão do avanço das técnicas de geoprocessamento, bem como dos softwares a elas vinculadas, surgem as imagens de alta resolução espacial, entre as quais destacam-se as do SPOT 5, IKONOS e QUICK BIRD, que possuem resoluções espaciais de 2,5 m, 1m e 0,73 m, respectivamente, e que passam a compor juntamente com as fotografias aéreas e ortofotos elementos de suporte ao planejamento urbano.

Entretanto, faz-se necessário inicialmente, efetuar uma abordagem da importância do planejamento urbano e da evolução tecnológica na qual será inserido o desenvolvimento dos sistemas sensores, culminando com as imagens de alta resolução e dos sistemas de informação geográfica, ferramenta indispensável ao desenvolvimento e implantação de plataformas de geoprocessamento.

5.1 - Planejamento Urbano – Definição, Estratégias e Método

Preambulando este capítulo, são apresentadas as afirmativas do Artigo 182 p. 108, da Constituição Federal (1988), que versa sobre o planejamento urbano.

“A política de desenvolvimento urbano, executada pelo Poder Público municipal, conforme diretrizes gerais fixadas em lei, tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes.

Parágrafo 1º - O plano diretor, aprovado pela Câmara Municipal, obrigatoriamente para cidades com mais de vinte mil habitantes, é o instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana.

Parágrafo 2º - A propriedade urbana cumpre sua função social quando atende as exigências fundamentais de ordenação da cidade expressas no plano diretor.

É encontrado em Del Rio (1990, p.58-59) uma afirmativa que se apresenta em plena consonância com o disposto no artigo acima citado da Constituição Federal, no qual são estabelecidos passos que, se seguidos, definirão o desenho urbano, atendendo plenamente as condições ambientais e de qualidade de vida.

- Vitalidade – grau em que a forma apóia as funções humanas vitais; dimensão ligada diretamente a nosso bem estar físico;
- Senso – Percepção, compreensão e estruturação do assentamento ou núcleo habitacional a ser implantado de forma mental;
- Congruência – capacidade do espaço e da forma de absorver ações, comportamentos e atividades que envolvam toda a coletividade;
- Acesso – possibilidade de alcançar todas as pessoas, independentemente do local em que se encontram no assentamento ou núcleo habitacional;
- Controle – capacidade de fiscalização do uso do ambiente urbano;
- Eficiência – relação estabelecida entre o custo-benefício referente à criação e manutenção do assentamento ou núcleo habitacional;
- Justiça – forma pela qual os benefícios ambientais poderão ter distribuição eqüitativamente entre a população existente.

A preocupação com a ocupação do meio ambiente em países subdesenvolvidos e em fase de desenvolvimento revela-se como um dos focos de grande importância e, sobretudo, das diversas classes que compõe a sociedade, civil e governamental. Identifica-se que em grande parte dos países a maioria da população vive nas cidades, e em outros a população está passando por um processo cada vez mais acelerado de urbanização. Sendo as cidades vistas como os motores do desenvolvimento econômico regional e, conseqüentemente, exercendo uma profunda influência no âmbito nacional, os danos provocados a nível ambiental no meio urbano assumem conseqüências de grande seriedade.

O planejamento urbano deve ser pensado como um processo, ou melhor, como um sistema estruturado em bases de abordagem solidamente definidas, por meio de projetos, programas e planos. Segundo Lombardo (1995, p.34), os tipos de planejamento estão relacionados à sua escala de abrangência, podendo ser desenvolvidos a nível municipal, urbano ou metropolitano.

Vale ainda observar que, quando a abordagem está vinculada ao planejamento, identifica-se a necessidade da existência de um ou de vários profissionais que venham a formar um corpo de atuação com formação acadêmica voltada a permitir uma visão na dimensão físico-espacial Lombardo (1995, p. 45).

Lombardo (1995, p. 36) aborda ainda a necessidade da existência de um plano diretor que possa nortear e orientar os processos de ordenamento, visto que esse plano representa uma lei municipal e é definido como o instrumento básico de planejamento territorial. Evidentemente, com o plano diretor é necessário vincularem-se outros instrumentos como: plano de investimentos, planos de ações, programas específicos de apoio e orientação à comunidade.

Os estudos das questões relativas ao planejamento urbano encontram-se diretamente relacionados aos aspectos referentes à organização espacial, sendo que a paisagem da cidade deve ser reconhecida pelos planejadores, desenhistas e a população urbana como o “espaço natural” de interesse coletivo que deve ser visto e sentido em todos os ambientes. Dessa forma, segundo Serra (1987) apud

Lombardo (1995), a estrutura urbana apresenta a forma e o conjunto das relações espaciais que estas mantêm entre si e com o conjunto.

Outra preocupação que merece atenção por parte dos planejadores urbanos diz respeito à compreensão das complexidades do processo de desenvolvimento, visando à elaboração e à otimização de intervenções, buscando agir de forma direta e decisiva na qualidade físico-ambiental Lombardo (1995, p. 217).

As questões relativas ao crescimento urbano e suas conseqüências não são temas contemporâneos, pois já foram tratados e avaliados por pensadores como Adam Smith, Karl Max, Marx Weber e também Èmile Durkheim que enxergavam no desenvolvimento industrial urbano a chave do entendimento de todo o processo de transformação social, isto porque a urbanização deve ser vista como o crescimento rápido e altamente concentrado da população.

As conseqüências do processo de urbanização e do planejamento urbano incorreto ou inexistente passam a conviver lado a lado com a pobreza urbana, parcela social que vive amontoadá perifericamente e impondo enormes pressões sobre o meio ambiente.

Segundo Corrêa (1989) apud Rocha et al (1998, p.1), o uso do solo apresenta-se como uma expressão das relações sócio-econômicas do território as quais revelam a apropriação da natureza pelo homem e as alterações impostas a ela. Portanto, a falta de diretrizes que condicionam a ocupação e o uso do solo urbano e conseqüentemente o desenho urbano, podem trazer problemas em muitos casos irreversíveis ao ambiente.

O espaço geográfico representa sempre um conjunto de construções que se estrutura historicamente testemunhando as realizações que são grafadas por diferentes agentes. Com relação a esse conjunto de ações que passa a estruturar e delinear as bases históricas do espaço urbano, Santos (1997, p. 2) considera que o espaço geográfico é visto que se apresentam como testemunho de uma história escrita por processos do passado e do presente. Continua ainda a esclarecer Santos (1997, p. 2) que esse espaço, por ele denominado de espaço-paisagem, passa a ser

o testemunho vivo de um momento ou de momentos em que se verifica um modo de produção nessas suas manifestações concretas.

Entretanto, a par das afirmações da Constituição Federal, a preocupação de associar qualidade de vida e meio ambiente deveria ser a grande prioridade dos planejadores e das políticas públicas que, por meio de suas ações, alavancariam a sociedade como um parceiro preferencial e, sobretudo, consciente. No entanto, conforme afirma Barros (1993, p. 6), encontra-se no dia-a-dia um distanciamento entre as formulações pragmáticas e as práticas do Estado e também da sociedade civil.

Novaes (1981, p. 4) afirma que antes de iniciar a modelagem urbana e ambiental é necessário que o planejador tenha muito clara em mente a estruturação teórica em que se apoiará, visando a posterior execução prática. Continuando, ainda, Novaes (1981, p. 5) enfatiza que a ausência da etapa de análise e conceituação teórica reduz inevitavelmente o grau de verossimilhança dos modelos, levando a uma atitude puramente mecanicista, isto porque a atuação do planejador unicamente nos aspectos de ordenamento espacial, não consegue alterar profundamente a estrutura social, política e econômica do meio, objeto de sua intervenção.

Das afirmativas de Novaes (1981. p. 4 e 5), pode-se deduzir que, torna-se mais adequado e coerente à atuação na realidade social, política e econômica dentre de níveis mais realistas, evitando dessa forma implantar erros graves, decorrentes de uma visão míope, que acontece quando as intenções estão voltadas para um lado e a realidade do projeto definido caminhando para outro.

No que tange ao planejamento, mister se torna estabelecer conceitualmente o termo que, de acordo com Bio (1985) apud Gobbi (1989, p. 52), pode ser entendido como a capacidade de voltarem-se os olhos para o futuro ou seja, tratar de definir o hoje com os resultados que devem ser alcançados no futuro, prevendo a tomada de decisões. Dessa forma, planejar é a busca de melhores alternativas para se chegar a determinado resultado futuro.

Estrategicamente, o planejamento urbano deve buscar métodos e teorias que auxiliem tanto no entendimento dos problemas que dificultam o desenvolvimento harmonioso e ambientalmente sustentável das cidades como também na elaboração de mecanismos de intervenção, Gobbi (1989, p. 11). Estas intervenções devem ocorrer tendo-se em mente que elas devem seguir os níveis individuais, coletivos e institucionais.

Ainda acompanhando o pensamento de Gobbi (1989, p. 12) no que tange ao método a ser adotado nas atividades de planejamento urbano, encontra-se o esclarecimento de que no processo de planejamento, para que haja uma real compreensão da problemática que se pretender abordar, é necessário que o planejador disponha de dados e informações, ou seja, deverão ser verificados e coletados todos os dados que irão se constituir posteriormente em informações que, devidamente sistematizadas, permitam o conhecimento das condições geradoras da problemática a ser analisada, estabelecendo e norteando a tomada de decisões.

Neste trabalho pretende-se contribuir com o uso de imagens de satélite na visualização da realidade urbana e, a partir desta, definir cenários futuros.

Efetuando-se, ainda, uma avaliação dos processos e métodos de planejamento, as afirmativas de Matias (1991, p. 10), apresentam grande valor, tendo em vista a sua visão da necessidade da existência de uma documentação cartográfica confiável, e a importância do desenvolvimento de outras ciências que vieram dar suporte aos trabalhos de planejamento urbano, como as ciências da computação, por exemplo. O avanço tecnológico veio trazer à cartografia consequências da maior relevância, principalmente no que tange à rapidez na produção de documentos variados.

Da mesma forma, Gobbi (1989, p. 53) enfoca os sistemas de informação como sendo instrumentos que deverão auxiliar os planejadores a montar um quadro da realidade na qual deverão intervir. Evidentemente, esses quadros são montados e estruturados a partir de modelos e simulação.

Com base nos conceitos de Torres (1997, p. 14), o planejamento urbano apresenta como objetivos promover o bem-estar da população ao mesmo tempo em que visa a preservar o meio ambiente que envolve a área a ser utilizada; Anjos (1991) apud Torres (1997, p. 15) descreve as dificuldades que podem ser identificadas na implementação de atividades relacionadas ao planejamento urbano que se encontram atreladas aos instrumentos políticos e técnicos, principalmente no que se refere à sua manipulação para atender a setores dominantes da sociedade.

Destaca-se, ainda, na estruturação de procedimentos voltados a qualquer tipo de planejamento, a necessidade de um projeto lógico e, sobretudo, estruturado de forma a atender todas as necessidades, bem como estabelecer condições propícias às tomadas de decisão. Neste particular, Cohen et al. (1993, p. 85) enfatiza que o processo de tomada de decisões começa com a adoção de postulados, que após especificação estabelecem a integração. Assim sendo, pode-se entender um projeto como um planejamento que consiste num conjunto de atividades inter-relacionadas e coordenadas para que seja possível alcançar objetivos específicos, evidentemente concordes com os limites impostos pelos orçamentos existentes e tempo previsto.

Pode-se, de acordo com os pensamentos Cohen et al. (1993), inferir que o planejamento se constitui de um programa composto de um conjunto de projetos que devem perseguir simultaneamente os mesmos objetivos.

Outra consideração de grande importância nos estudos relativos ao planejamento urbano diz respeito às considerações das modernas escolas urbanísticas quanto à necessidade de mesclar áreas verdes com áreas construídas, fazendo parte da qualificação do meio ambiente urbano a presença e distribuição de áreas verdes em meio a residências, ruas, praças, prédios e estacionamentos.

Observa-se que Jim (1989), Foresti et al (1987), Carrara (1991) apud Hamburger (1993, p.18) e Lombardo (1995) enfatizam a importância da análise da relação existente entre o tipo de uso e a distribuição da vegetação, como também a necessidade da vegetação como fator decisivo para a qualidade de vida urbana. Abordagens relativas à relação entre tipos de ocupação e áreas urbanas serão tratadas mais à frente em capítulo específico.

5.2 - Importância do Planejamento Urbano

Nos últimos quarenta anos tem-se observado no Brasil um intenso processo de urbanização. Em 1940, existia uma população de 41,2 milhões de habitantes: 32,3% (12,9 milhões) era urbana e 68,7% (28,3 milhões) era rural. Em 1991, de uma população de 150,4 milhões de habitantes, 75% (112,8 milhões) era urbana e apenas 25% (37,6 milhões) era rural. Segundo esses dados, percebe-se que o Brasil é um país muito mais urbano que rural. Porém, essa população urbana não está proporcionalmente distribuída. Existe uma concentração bastante acentuada em alguns “pontos” especialmente nos municípios das capitais e nas cidades de grande porte Serra, (1991) apud Costa & Cintra (1999).

Reverendo a importância do planejamento urbano e as suas conseqüências, as considerações de Santos et al. (1974) apud Campos (2001, p. 28), que afirma que o planejamento não se deve constituir em atividade esporádica, mas sim contínua e permanente, da mesma forma que o planejamento requer condições muito refinadas e que sejam empenhados esforços no sentido de que haja vontade política na elaboração, destacando Santos (1994) apud Campos (2001, p. 30) que as preocupações devem ser mais de caráter qualitativo do que quantitativo.

Com relação às considerações anteriormente expostas, sulcita o raciocínio e a lógica com relação as graves conseqüências estruturais relativas ao planejamento urbano, que pode ser analisada com base na forma fragmentada de como são ministradas as disciplinas universitárias, bem como o estabelecimento de concepções equivocadas para a solução dos problemas ambientais urbanos, sendo necessária uma visão holística, integradora e sinérgica, fundamental para se considerar e estrutural a qualidade ambiental urbana.

Os pressupostos do planejamento urbano e da qualidade de vida foram também preocupação dos temas abordados na “AGENDA 21” quando avalia as “Cidades Sustentáveis”

“A problemática ambiental das cidades brasileiras decorre, em última instância, do processo de desenvolvimento desigual por que passou a sociedade nas últimas décadas (...). Estes fatores (...) provocam em nível intra-urbano a periferização da população pobre e o esgotamento da capacidade de fornecimento de serviços. É necessário, portanto, desenvolver estratégias ambientais especialmente voltadas para as cidades que tanto favorecem sua gestão como apóiem a rede urbana em linha com as premissas de desenvolvimento sustentável. Agenda 21 (1998)”

Impossível se torna abordar o tema relacionado com o planejamento urbano sem considerarmos as questões relacionadas ao surgimento e a ocupação das cidades, que trazem sempre no seu contexto a segmentação das sociedades, caracterizando a cidade como uma região em que localizam-se os proprietários e os não proprietários, bem como, encontrando o fenômeno da periferização que recebeu de Paviani (1987, p. 35), uma abordagem destacando a importância da análise da expansão das periferias nas áreas metropolitanas no Brasil e no restante da América Latina, estabelecendo um desafio aos cientistas sociais. Ainda Paviani (1987, p.35) acentua que o desafio de analisar esses intrincados problemas encontra-se arraigado não apenas pela complexidade e espacialização das funções urbanas, mas principalmente pelo caráter heterogêneo e desigual da distribuição de bens de uso e de consumo para as diversas segmentações da sociedade hodierna.

As considerações acima apresentam de forma inequívoca a importância e ao mesmo tempo a complexidade do planejamento urbano, visto que a produção do espaço urbano fundamenta-se num processo desigual, no qual o espaço estará sempre refletindo as contradições características dos agentes que nele se encontram envolvidos.

De acordo com o IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada as cidades podem ser consideradas como um sistema que integra outro sistema, ou uma rede de cidades, cujo papel é essencial na estruturação e organização do espaço geográfico de uma região.

Avaliando as condições relativas à concentração de renda e aos processos de industrialização, encontra-se em Campos Filho (1999, p. 45) a consideração de que a concentração de renda em poucas parcelas da população provocou uma aglomeração espacial em algumas partes da cidade, especialmente nas mais centrais. Paralelamente à concentração de renda, verifica-se a verticalização excessiva das cidades.

Corroboram o pensamento de Paviani (1987, p. 35) as idéias de Graeff (1968, p.1) afirmando que, por mais que os teóricos, historiadores e comentaristas falem de população urbana em termos de comunidade, não há como ignorar que a cidade, desde suas mais remotas origens, abriga sociedades divididas em classes; ela nasce junto com o instituto da propriedade privada e, a partir mesmo dos seus primórdios, os imóveis urbanos constituíram objeto de apropriação individual ou familiar, e de comércio. Nas cidades, segundo Graeff (1968, p.1), iremos encontrar sempre duas classes de habitantes que convivem em processo de inter-relação constante, que são os proprietários e os não-proprietários de imóveis, o que caracteriza um processo de desenvolvimento que se estrutura sob a pressão de dois grupos de habitantes.

Um dos grandes problemas com os quais deparam os planejadores urbanos está relacionado com o crescimento, principalmente nos países subdesenvolvidos. Analisando esse aspecto, Filho (1968, p. 3) enfatiza uma das características marcantes do desenvolvimento urbano em países subdesenvolvidos: é o grande contingente de população dotado de precários níveis de vida e que se define como uma população classificada como de marginalidade urbana, possuindo como identificador principal uma participação insatisfatória na sociedade urbana global.

No quadro abaixo, pode-se verificar a situação do crescimento urbano em dez grandes cidades brasileiras, a partir de 1960.

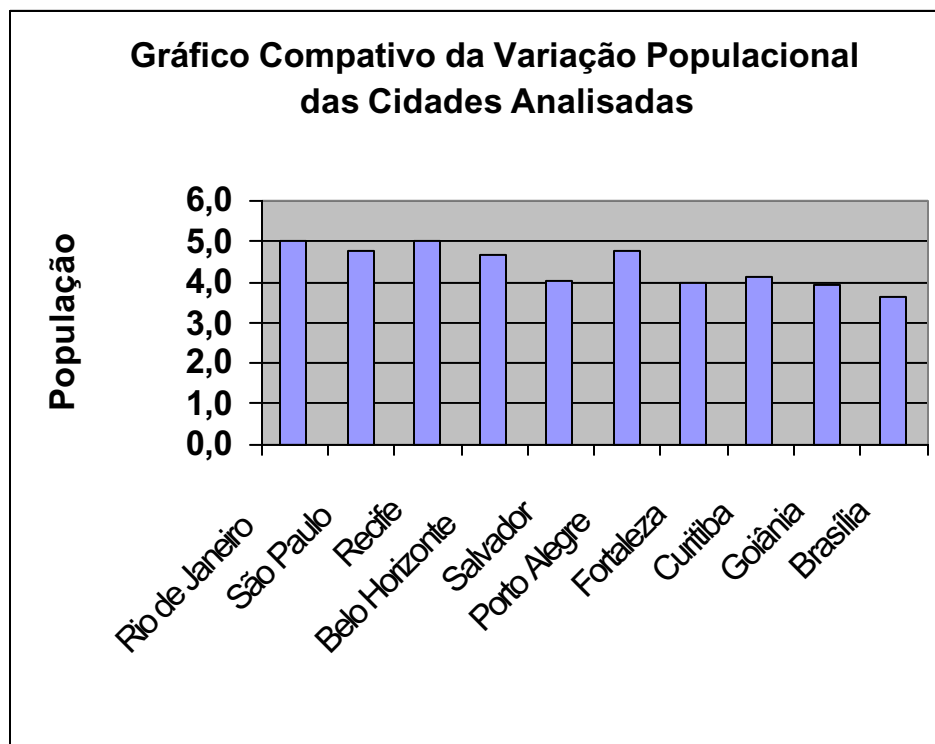
Tabela 13 – Variação do Crescimento Urbano – 1960 – 2000:

Cidades							(*)Variação % 14
	1960	1970	1980	1991	1996	2000	5,0
Rio de Janeiro	2.897.689	4.251.918	5.090.700	5.480.768	5.551.538	5.857.904	4,8
São Paulo	5.371.119	5.924.615	8.493.226	9.646.185	9.839.436	10.434.252	5,0
Recife	788.336	1.060.701	1.200.378	1.298.229	1.346.045	1.422.905	4,7
Belo Horizonte	1.146.499	1.235.030	1.780.855	2.020.161	2.091.448	2.238.526	4,0
Salvador	649.453	1.007.195	1.501.981	2.075.273	2.211.539	2.443.107	4,8
Porto Alegre	635.125	885.545	1.125.477	1.236.403	1.288.879	1.360.590	4,0
Fortaleza	507.108	857.980	1.307.611	1.768.637	1.965.513	2.141.402	4,2
Curitiba	575.141	609.026	1.024.975	1.315.035	1.476.253	1.587.315	3,9
Goiânia	151.013	387.773	717.526	922.222	1.004.098	1.093.007	3,6
Brasília	140.164	537.492	1.176.935	1.601.094	1.821.946	2.031.146	5,0

Fonte: IBGE - Censo Demográfico 1970-1991 e Contagem da População de 1996, p. 25

IBGE – Censo Demográfico 1960. Ambos modificado por Bias (2002)

¹⁴ A variação porcentual da população está sendo representada com a média anual e foi calculada em relação à população apresentada em 2000 e 1960.



Fonte: Bias (2002)

Os temas relacionados ao planejamento urbano, há muito são tratados por diversas áreas do conhecimento, entre as quais destacam-se a arquitetura, o urbanismo e a própria geografia. Evidentemente, as visões e as formas de entender o ambiente urbano apresentam variações significativas. Dentro dessa linha de pensamento, Matias (1991, p. 6) esclarece que as tentativas de entendimento da qualidade ambiental no espaço urbano passam pela vertente da compreensão da organização espacial da cidade à luz da interface sociedade-natureza, sem contudo deixarem de estabelecer a importância sob o ponto de vista de que a ciência geográfica deve possuir como condição precípua à espacialização dos fenômenos relacionados e intervenientes no processo a ser planejado.

Corroborando as afirmativas de Matias (1991, p. 6), o estudo do planejamento, e conseqüentemente do desenho urbano, deve buscar continuamente as conseqüências sociais, pois o espaço, objeto do estudo “área geográfica” caracteriza-se pela interação entre a natureza e a sociedade. Assim sendo, o desenho da cidade deve contemplar a compreensão do espaço físico, sempre explicitando a compreensão dos fatores numa escala espacial, temporal, visto que o

objetivo do planejamento, dentre outros aspectos, é estabelecer condições de monitoramento e organização do espaço.

Acompanhado os pensamentos de Matias (1991) verifica-se a importância do da quantificação dos fatores e elementos que interferem na qualidade urbana, o que nem sempre é necessário. Assim, a situação mais coerente é efetuar o registro das carências (necessidades) existentes, bem como lhes localizar as causas mais próximas e tentar a discussão de sua problemática.

As preocupações decorrentes do rápido crescimento urbano trazem, particularmente para o Brasil com seus mais de cinco mil e quinhentos municípios, problemas de ordem variados, desde as questões de alimento, lixo, água tratada, esgotamento sanitário, contaminação dos rios e reservatórios e enfim a degradação dos recursos naturais Campos (2001, p. 15).

De acordo com Carvalho (2000), o planejamento, em essência, em qualquer escalão do governo (municipal, estadual ou federal), visa a resolver os problemas de uma sociedade (SER) localizada em determinada área ou espaço (FORMA), numa determinada época (TEMPO).

Torna-se importante enfocar a importância da compreensão da diferença existente entre o planejamento urbano e o planejamento urbanístico conforme acentua Marangoni (1982), apud Lombardo (1995, p.34), esclarecendo que o planejamento urbano pressupõe uma maior integração de elementos socioeconômicos e espaciais, o que não acontece com o planejamento urbanístico.

De acordo com Rattner (1974, p.1), os problemas econômicos e sociais decorrentes da urbanização, sobretudo na segunda metade do século passado e, especialmente nos países em desenvolvimento, ultrapassaram há muito o âmbito das preocupações e discussões de alguns intelectuais e urbanistas profissionais, para se tornarem assunto diário de pronunciamentos de políticos, administradores, empresários e de comentaristas da imprensa falada e escrita.

Rattner (1974, p.1) ainda acentua que organizar racionalmente a ocupação do espaço como condição para a melhoria das relações sociais e do próprio estilo de vida das populações urbanas constitui um dos postulados mais enfáticos dos planejadores e urbanistas contemporâneos.

Lombardo (1995), discorrendo sobre as questões relacionadas aos espaços livres e o desenho urbano, relaciona os trabalhos desenvolvidos por Cavalheiro e Picchia (1992), que utilizaram as idéias de Bertrand (1972), Tricart (1979), Monteiro (1978), (1987) e (1988), Troppmair (1984), Penteado-Orellana (1985) e finalmente Jedicke (1992) afirmando caber aos paisagistas e especialistas afins, como agrônomos, arquitetos, biólogos, engenheiros florestais, geógrafos e urbanistas, entre outros a identificação de unidade de paisagem, com suas aptidões e restrições a usos.

Na busca de gerar procedimentos relacionados ao planejamento urbano, torna-se necessária a busca de ferramentas que possibilitem essas ações. De acordo com Vieira et. al (2000), o ponto crucial para a adoção da tecnologia de geoprocessamento para o gerenciamento de bases cadastrais urbanas é a formação da base cartográfica e cadastral em meio digital. Esse processo é, em geral, o responsável pela maior parte dos custos e o de gerenciamento mais complexo.

Vale ainda ressaltar que, de acordo com os esclarecimentos de Vieira et al. (2000), a atualização da base cartográfica pode ser conseguida por meio dos procedimentos tradicionais, apesar destes constituírem altos custos, com base nos processos de levantamento aerofotogramétrico e restituição digital. Entretanto, a atualização de informações tipicamente cadastrais tais como: endereços, infraestrutura urbana e uso dos imóveis só pode ser feita diretamente em campo. Esse esforço também pode sair muito caro, caso não seja planejado e executado com eficiência e qualidade.

Oliveira et al. (1984) procura apresentar a importância da utilização de imagens orbitais nos estudos de planejamento urbano visto que estas permitem uma

visão da dinâmica do crescimento das cidades, considerando as dimensões espaciais e temporais.

De todas as modificações que ocorrem no ambiente urbano, evidentemente cada qual possuindo sua importância e, sobretudo os seus reflexos, positivos e negativos, as alterações da temperatura alertam os estudiosos do assunto a realizar uma análise mais aprofundada quanto às questões que possam estar desencadeando esse fenômeno. Segundo Lombardo (1995, p. 50), o crescimento e adensamento da malha urbana intensificam alterações e transformações no comportamento climatológico urbano.

Ainda Lombardo (1995, p. 52), analisando a cidade de São Paulo, demonstrou a existência de uma alta correlação entre os tipos de uso do solo urbano e a variação das temperaturas superficiais. As análises apresentaram as evidências de que as altas temperaturas são verificadas em áreas com acentuado crescimento vertical, principalmente em áreas residenciais e industriais, nas quais existem pouca quantidade de vegetação e densidade demográficas acima de 300 habitantes por hectare.

De acordo com estudos realizados por Bias et al (2002, p. 2), o fenômeno de ilhas de calor é verificado em ambientes urbanos, pois, como mostra a figura 1, os diferentes padrões de reflectividade, ou de albedos, são altamente dependentes dos materiais empregados na construção civil. Nota-se que, dependendo do albedo, mais radiação será absorvida e mais calor será emitido pela superfície.

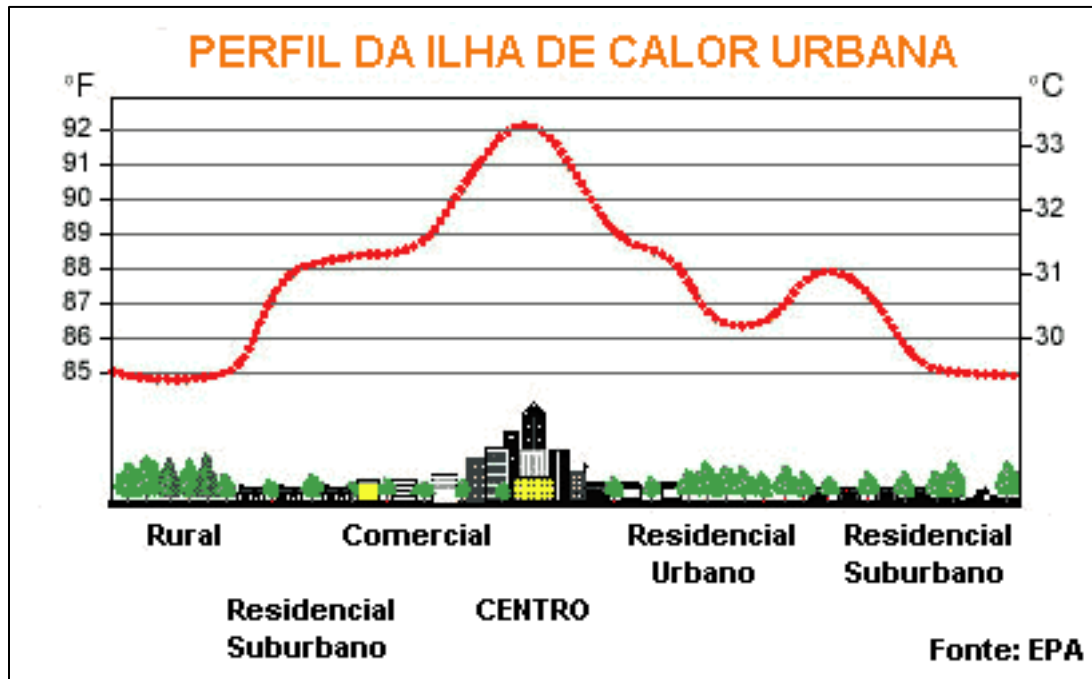
Figura 30 - Albedos de materiais urbanos



Fonte: site da EPA – U.S. Environmental Protection Agency

Esses padrões diferenciados de emissão de calor acabam determinando uma temperatura mais elevada no centro e, à medida que se afasta deste em direção aos subúrbios, as temperaturas tendem a diminuir (Figura 2).

Figura 31 - Perfil da ilha de calor urbana



Fonte: Site da EPA – U.S. Environmental Protection Agency

A importância da presença do verde, bem como de espaços livres e ainda a preservação de vegetação em torno dos reservatórios de água, favorece a diminuição da temperatura, isto porque, segundo Lombardo (1995, p. 53), a quantidade de vegetação implica mudança do balanço de energia, tendo em vista as características das plantas desenvolverem a fotossíntese e a transpiração.

5.3 - Evolução Tecnológica

Os avanços tecnológicos principalmente no que tange às imagens orbitais, por meio do desenvolvimento de sensores cada vez mais potentes, passam a proporcionar imagens, a cada dia, com melhores resoluções que, associadas às técnicas de extração de informações e ao desenvolvimento de softwares de processamento de imagens, os diversos usuários passam a dispor de uma infinidade de meios para atingir a aplicabilidade das imagens em diversos campos que, ampliam-se da análise e levantamento de recursos ambientais aos estudos urbanos

conforme focaliza Rocha (2002, p. 115) e não menos correto acrescentar as análises intra-urbanas.

A importância do enfoque e da demonstração de toda a evolução visa a enquadrar a temática do planejamento urbano na sua real importância da visualização e do monitoramento da paisagem urbana, e da influência de todos os seus agentes, bem como da característica contemporânea da rapidez de dados e ferramentas que possam disponibilizar informações que se constituam como elementos à tomada de decisões.

Lombardo (1995, p. 48) traz nas suas análises considerações quanto à importância do uso das novas tecnologias (Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica), como uma nova metodologia a ser empregada nos estudos ambientais urbanos. A preocupação apresentada por Lombardo (1995, p. 48) encontra-se vinculada às restrições existentes no período referente ao desenvolvimento do seu estudo das resoluções disponibilizadas pelos sistemas em uso, limitando uma abordagem intra-urbana.

Pode-se destacar como uma das grandes vantagens das imagens de sensoriamento remoto a possibilidade da interpretação dessas imagens de forma visual sem grandes dificuldades, possibilitando o desenvolvimento de associações simples entre as feições observadas na imagem e o conhecimento do observador como mundo real.

Entretanto, existem características diferentes entre as imagens de sensoriamento remoto que devem ser consideradas pelo usuário na hora de escolher e interpretar suas imagens, pois, dependendo destas características particulares, algumas imagens poderão ser mais úteis que outras em determinadas aplicações conforme afirma INTERSAT (2002).

Embora seja importante conhecer todas as características de uma imagem, os fatores relacionados com a resolução espacial e espectral são, na prática, os que diferenciam uma imagem de outra e definem o tipo de aplicação da que pode ser aplicada.

Podem-se dividir as imagens orbitais em dois grandes grupos que se encontram relacionados as suas resoluções espaciais, que são as de baixa, média e de alta resolução. A importância dessas imagens encontra-se diretamente relacionada com o tipo de aplicação, e assumirão no mercado geotecnológico papel de destaque. Define-se uma imagem como de baixa ou de média resolução quando a mesma possui resolução espacial acima de 10 metros, dentre as quais relaciona-se as dos satélites LANDSAT, ASTER, JERS, RADARSAR e SPOT.

As imagens de alta resolução são definidas como as decorrentes de um processo avançado no campo da tecnologia de recepção de informações, possuindo resolução que varia de 0,61 a 1,80 metros, dentre as quais sobressaem as imagens dos satélites QUICK BIRD, IKONOS EROS. As aplicações das imagens de alta resolução estão movimentando no momento todo o mercado de usuários de imagens orbitais e de aerofotogrametria, tendo em vista que estas resoluções permitem a visualização de objetos não visíveis até então com o uso das imagens dos satélites de baixa e média resolução.

De acordo com dados da INTERSAT (2002), existem duas formas simples para definir o tipo de resolução espacial que deve ser utilizada. Uma delas é estabelecer uma relação entre a resolução e a escala do trabalho e a outra é definir o tamanho da resolução espacial¹⁵ segundo o tipo de informação que se deseja obter, conforme os exemplos a seguir.

¹⁵ A resolução espacial determina o tamanho do menor objeto que é possível representar na imagem. Portanto, o usuário deve escolher suas imagens de acordo com a magnitude da escala do seu trabalho; em outras palavras, a resolução espacial da imagem deve ser equivalente com o tamanho do menor objeto que se deseja identificar.

Tabela 14 – Resolução Espacial e Escala de Trabalho:

Resolução Espacial	Escala do Trabalho
1 metro	1:2.000
5 metros	1:12.000
10 metros	1:25.000
20 metros	1:50.000
30 metros	1:80.000
80 metros	1:200.000
1.000 metros	1:1.500.000

Fonte: Engesat (2002) Modificado por Bias (2002)

Tabela 15 – Níveis de informação em função da resolução Espacial:

RESOLUÇÃO ESPACIAL	CARACTERÍSTICAS
1 a 5 metros	• Permite diferenciar tipos de edificações (casas, forma dos prédios, características dos tetos). • Geração de cartografia a escala humana, ou seja, é possível individualizar árvores, carros, ônibus, monumentos e arruamento intraurbano. • Identificação de áreas agrícolas menores.
10 – 15 metros	• Identificação dos quarteirões de uma cidade, edifícios e ruas principais. • Detalhamento de áreas florestais. • Identificação de minerações e áreas agrícolas.
20 – 30 metros	• Identificação de regiões urbanas, aeroportos, rodovias principais e ferrovias. • Identificação de grandes áreas florestais e agrícolas, bacias hidrográficas e caracterização da cobertura do solo. • Identificação de lineamentos geológicos.
80 – 100 metros	• Cartografia de estruturas geológicas regionais. • Cartografia de grandes bacias hidrográficas e extensas áreas florestais e agrícolas.

Fonte: Engesat (2002) modificado por Bias (2002)

A escolha de uma imagem orbital segundo a resolução espectral determinará a quantidade de regiões do espectro eletromagnético¹⁶ nas quais o sensor é capaz de obter informações de diferentes alvos, isto porque os objetos refletem de maneira diferente os diversos comprimentos de onda.

De acordo com a resolução espectral pode-se analisar uma série de objetos existentes na superfície da Terra. O quadro a seguir apresenta as diferentes resoluções espectrais.

¹⁶ O espectro eletromagnético é definido como o conjunto de todas as ondas eletromagnéticas ordenadas segundo sua frequência e catalogadas em grupos ou regiões com características semelhantes.

Tabela 16 – Relação de bandas Espectrais e aplicações:

BANDAS EPECTRAIS	APLICAÇÕES ASSOCIADAS
(0.4 m - 0.5m) Azul Visível	Estudos batimétricos. Visualização de diferentes profundidades em meio aquático. Cartografia de linhas costeiras e diferenciação entre solo e vegetação Detecção de plumas de fumaça provocadas por queimadas ou emissões industriais
(0.5 m - 0.6 m) Verde Visível	Diferenciação do teor de água e atividade fotossintética da vegetação Identificação de sedimentos em suspensão sobre corpos de água (rios, lagoas, reservatórios).
(0.6 m – 0.7m) Vermelho Visível	Diferenciação entre estágios de maturidade fisiológica da vegetação. Diferenciação entre áreas de vegetação e erosões. Identificação de áreas agrícolas e delimitação da área urbana. Delimitação das redes de drenagem. Caracterização litológica de áreas sem vegetação. Verificação de distintos tipos de solo
(0.7 mm - 1.5 mm) Infravermelho próximo	Diferenciação do teor de água e atividade fotossintética da vegetação. Mapeamentos de áreas de queimadas e desflorestamento. Caracterização morfológica do terreno. Delimitação de corpos de água. Caracterização de áreas agrícolas.
(1.5 mm - 3 mm) Infravermelho Médio	Diferenciação do teor de água e a atividade fotossintética da vegetação. Identificação de estresse hídrico da vegetação. Caracterização morfológica do terreno. Identificação de áreas com afloramentos minerais e cartografia de estruturas geológicas.
(3.0mm - 1000 mm) Infravermelho Distante	Identificação de contrastes térmicos entre diferentes coberturas da superfície. Mapeamento de ilhas de calor e identificação de lagos, rios e açudes.

Fonte: Intersat (2002) modificado por Bias (2002)

No que tange ao desenvolvimento do Sensoriamento Remoto, Novo (1993 – p.109 - 111) apresenta o surgimento das plataformas espaciais tripuladas e não tripuladas, sendo que, com relação às plataformas não tripuladas, é citado o programa ERTS –1 (Earth Resources Techonology Satelllite – 1) que após 1975 passou a ser denominado de LANDSAT, construído a partir de uma modificação do satélite metereológico NIMBUS, levando inicialmente a bordo dois tipos de sensores

de varredura multiespectral conhecido como MSS (Multiespectral Scanner Subsystem) e um sistema de varredura constituído por três câmeras de televisão (Return Beam Vidicon), conhecido como RGB.

Vale abordar, ainda, as técnicas voltadas à classificação digital de imagens orbitais que, segundo Menezes (1991, p. 84) e Novo (1993, p. 235), implicam a implementação de um processo de decisão para que o computador possa atribuir certo conjunto de pontos da imagem (pixel¹⁷) a uma determinada classe, tornando o mapeamento e reconhecimento de características da superfície terrestre menos subjetivo e com maior potencial de repetição em situações subseqüentes.

Dentro dos aspectos pertinentes à classificação supervisionada de imagens orbitais, Menezes (1991, p. 89) e Novo (1993, p. 241) destacam que o método denominado “**Maxima Verossimilhança**” apresenta grandes vantagens nos processos de classificação, particularmente relacionadas com a distribuição de classes, quando um pixel qualquer tiver igual probabilidade de pertencer a uma ou a outra classe. Este método passará a alocar o pixel na classe de maior probabilidade.

Após os comentários anteriores, serão apresentados os mais relevantes sistemas desenvolvidos para atender as demandas levantadas pelos usuários de imagens orbitais, dividindo-as entre os satélites de baixa, média e alta resolução.

5.3.1 - Satélites de Baixa e Média Resolução

LANDSAT

Segundo diversos levantamentos entre os quais evidencia-se os encontrados em INTERSAT (2002), o programa LANDSAT foi administrado pela NASA/NOAA até 1984, período em que foram lançados os satélites LANDSAT 1, 2 e 3. Posteriormente, a administração foi assumida pela EOSAT (Earth Observation Satellite Company), empresa privada formada pela RCA e a Hughes Aircraft Company, responsável pelos lançamentos dos LANDSAT 4, 5 e 6. O LANDSAT 7 é

¹⁷ Segundo Teixeira et al. (1997) define-se o “PIXEL” (PICTURE ELEMENT) como sendo o menor elemento de uma imagem.

atualmente administrado em conjunto pela NASA, e o USGS - US Geological Survey.

A tabela abaixo apresenta os diversos programas LANDSAT que foram lançados e os que ainda se encontram em uso comercial:

Tabela 17 – Cronologia dos programas LANDSAT:

SATÉLITE	LANÇAMENTO	FIM DE OPERAÇÃO	SENSORES
LANDSAT – 1	23-07-1972	05-01-1978	MSS e RBV
LANDSAT – 2	22-01-1975	27-07-1983	MSS e RBV
LANDSAT – 3	05-03-1978	07-09-1983	MSS e RBV
LANDSAT – 4	16-07-1982	Em operação parcial	MSS e TM
LANDSAT – 5	01-03-1984	Em operação	MSS e TM
LANDSAT – 6	03-10-1993	03-10-1993	ETM
LANDSAT – 7	15-04-1999	Em operação	ETM+

Fonte: Engesat (2002) modificado por Bias (2002)

A Tabela seguinte compara o alcance espectral e a resolução espacial das bandas entre o LANDSAT 5 e o LANDSAT 7.

Tabela 18 – Relação Espectral das Bandas do LANDSAT 5 e 7:

Sensor	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 6	Band 7	Band 8
TM	0.45 0.52	0.52 0.60	0.63 0.69	0.76 0.90	1.55 1.75	10.4 12.5	2.08 2.35	N/A
ETM+ ¹⁸	0.45 0.52	0.53 0.61	0.63 0.69	0.78 0.90	1.55 1.75	10.4 12.5	2.09 2.35	0.52 0.90

Fonte: Engesat (2002) modificado por Bias (2002)

A hidridação de imagens é um procedimento utilizado visando a melhorar a resolução espacial, associada a uma maior resolução espectral.

Esse processo foi utilizado por Viadana (1995, p. 63) a partir de trabalhos desenvolvidos por Sanchez (1987), Pinto (1991) e Chavez (1991). Os procedimentos para a aplicação do processo de hibridação foram propostos da seguinte forma: em

¹⁸ A banda acrescida, em relação ao LANDSAT 5, é a pancromática (banda 8) do sensor ETM+, que possui 15m de resolução espacial. Seu perfeito alinhamento com as demais bandas, habilitam as imagens Landsat 7 para aplicações diretas até na escala de 1:25.000, em uma área de 185 km x 185 km.

primeiro lugar, é estabelecida uma matriz de correlação das imagens, buscando encontrar as três melhores bandas para a aplicação da transformação para o espaço IHS; posteriormente, foi realizada a transformação inversa do espaço IHS para o RGB, substituindo a componente I (intensidade) pela banda SPOT (pancromática), gerando uma composição colorida com resolução espectral correspondente às 3 (três) bandas TM e resolução espacial equivalente a SPOT (10 metros).

Destaca-se também que a análise da utilização e integração de diferentes sensores também foi utilizada por Lohmann et al. (1988) apud Hamburger (1993, p. 26), enfatizando que estas combinações geram não apenas informações redundantes como também a complementação de dados.

As imagens geradas pelo processo de fusão espectral reúnem numa única imagem feições texturais (qualidade geométrica) oriundas do canal de melhor resolução espacial (15 m da banda PAN, no caso do LANDSAT 7) e a informação temática de cor, resultante da combinação dos diversos canais espectrais disponíveis (no caso do LANDSAT 7, 6 bandas espectrais com resolução espacial de 30 m), conforme afirma ENGESAT (2002).

As integrações de produtos orbitais de diferentes resoluções foram também empregadas por Kurkdijan (1990) apud Lombardo (1995, p. 193), obtendo os produtos híbridos abaixo relacionados:

- Integração imagens LANDSAT TM (432) com imagens HRV (PAN) – O produto resultante foi uma imagem com resolução de 10 metros de sensor HRV e resolução espectral do sensor LANDSAT TM;
- Integração de imagens HRV (MULTI e PAN) – O produto resultante apresentou uma resolução espacial de 10 metros, com definição geométrica mais clara, fato justificado por serem resultado do mesmo sensor;
- Integração HRV (MULTI) com fotografia aérea – O produto decorrente da integração apresentou uma composição colorida com características espectrais da imagem HRV e a resolução espacial de 3,5 metros. A

grande vantagem desta hibridação foi permitir a identificação de alvos que não seriam possíveis se os produtos fossem trabalhados isoladamente.

A banda termal do LANDSAT 7 gera a banda 6 com ganho baixo (Canal 6L) e ganho alto (Canal 6H). Isso permite várias opções de análise e aplicações, tais como a medição relativa de temperatura radiante ou o cálculo de temperatura absoluta bem como estudos relacionados à formação de ilhas de calor, que será apresentada mais adiante numa combinação com a imagem IKONOS, visando analisar as modificações ocorridas em ambientes urbanos.

SPOT

Segundo Novo (1993, p. 168) o sistema SPOT - Satellite Pour l'Observation de La Terre é um programa espacial francês, semelhante ao programa LANDSAT, planejado e projetado desde o início como um sistema operacional e comercial de observação da Terra.

A estrutura e o funcionamento do programa SPOT distingue claramente, de um lado, as funções do gerenciamento técnico do sistema, executadas pelo CNES - Centre National d'Etudes Spatiales, e, de outro, a responsabilidade das operações, atribuída a SPOT IMAGE uma empresa de vocação genuinamente comercial, no tocante ao relacionamento com a comunidade de usuários e na distribuição de dados, além da missão permanente de divulgar a "imagem" da tecnologia francesa no mundo, tendo como missão assegurar o eficiente gerenciamento das capacidades de aquisição de imagens pelo satélite e transmissão de dados a 21 estações receptoras equipadas e conveniadas em todo o mundo, sendo 3 na América do Sul, bem como desenvolver as normas e circuitos de distribuição e comercialização das imagens SPOT.

De acordo com Rosa (1990, p.80), as vantagens que podem ser destacadas desse satélite estão relacionadas à possibilidade de imageamento "off nadir" como também a obtenção de pares estereoscópicos. Sua órbita é circular a 832 km de altitude.

Rosa (1990, p.79) ainda esclarece que o desenvolvimento do programa SPOT surgiu por iniciativa do governo francês, em 1978, com a participação da Suécia e da Bélgica. O programa é gerenciado pelo Centro Nacional de Estudos Espaciais - CNES, que é o responsável pelo desenvolvimento do programa e operação dos satélites. Dentro desse programa já foram lançados com sucesso os satélites SPOT 1, 2 e 3 e 4.

5.3.2 - Satélites de Alta Resolução

Early Bird e Quick Bird

O satélite Early Bird foi lançado em dezembro de 1997 e, devido a problemas operacionais, ele ainda não se encontra em funcionamento, mas a empresa Earth Watch, primeira empresa a lançar satélite comercial de alta resolução, afirma a disponibilização das imagens em breve tempo.

De acordo com FatorGis (2001), a empresa DigitalGlobe lançou no dia 18 de outubro, a nível comercial, o satélite **QUICK BIRD**, lançado da base da Força Aérea da Califórnia, EUA. O QUICK BIRD é um satélite de alta resolução, com precisão cartográfica, passando a disponibilizar imagens infravermelho e no infravermelho próximo, com precisão de 5 (cinco) metros e resolução espacial de 60 (sessenta) centímetros, operando em órbita sol-síncrona com 98° (noventa e oito) de inclinação a 450 (quatrocentos e cinquenta) km da superfície. Seu tempo de revista será de um a três dias, dependendo da latitude da resolução.

Segundo Rocha (2002, p. 137), a precisão do georreferenciamento é menor que 23 m (RMS = Erro Médio Quadrático = 14 cm; CE 90% (erro circular) = 23 m). Esclarece o autor que essas características permitem a confecção de mapas em áreas remotas sem o uso de pontos de controle.

SPIN 2

Projetado para obter imagens de alta resolução para fins comerciais, o satélite carrega duas câmaras fotográficas capazes de produzir imagens com 2 (dois) e 10 (dez) metros de resolução.

Outra característica importante do SPIN 2 é a capacidade de gerar imagens como sobreposição longitudinal de 80% (oitenta por cento), possibilitando a obtenção de pares estereoscópicos com qualidade para geração de ortofotos, ou seja, imagens ortoretificadas.

Em razão da escassez de trabalhos abordando a utilização dos satélites OrbView e Eros, foram utilizados os dados disponibilizados na Home Page da empresa Engesat (2002).

Orbiview 3 e 4

Satélite americano da empresa Ortimage, a ser lançado brevemente, que integrará a família de satélites de alta resolução, gerando imagens no pancromático com 1 (um) metro e colorida com 4 (quatro) metros de resolução espacial.

As imagens multiespectrais com informações no infravermelho possibilitarão caracterizar áreas agrícolas e vegetação natural com alto poder de discriminação geométrica, podendo ser planejado para imagear uma área de interesse na superfície da Terra em menos de 3 (três) dias, com visada lateral até 45° graus de sua órbita polar.

A tabela abaixo apresenta as características principais do satélite OrbView-3.

Tabela 19 - Características do Satélite OrbView 3:

Modo de Imageamento	Pancromático	Multispectral
Resolução Espacial	1 metro	4 metros
Bandas Espectrais	1 banda	4 bandas
Faixas Espectrais	450-900 nm	450-520 nm 520-600 nm 625-695 nm 760-900 nm
Faixa de Imageamento	8 km	
Área de cada Imagem	Definida pelo cliente	
Frequência de revisita	Inferior a 3 dias	
Altitude de Órbita	470 km	
Horário solar da passagem	10:30 da manhã	
Vida útil	5 anos	

Fonte: Engesat (2002) modificado por Bias (2002)

Eros

O programa EROS – Earth Remote Observation System surgiu da integração entre a tecnologia de desenvolvimento de satélites de Israel e a infra-estrutura de distribuição de imagens orbitais da CST – Core Software Technology, possuindo resolução espacial no pancromático de 1,5 (um e meio) metro.

Existem duas categorias de satélites EROS, nominalmente A e B. Os satélites EROS A1 e A2 operam numa órbita de 480 Km, sendo equipados com uma câmera com detectores CCD (Charge Coupled Device) na quantidade de mais de 7,000 por linha de imageamento e produzem imagens de 1.8 m de resolução. A expectativa de vida útil do EROS A é de, no mínimo, 4 anos em órbita.

Os satélites EROS B1-B6 constituem a geração seguinte do EROS A1 e A2 e irão operar numa órbita de 600 km, sendo equipados com uma câmera de detectores CCD/TDI (Charge Coupled Device/Time Delay Integration) que lhe permitirão imagear mesmo em condições desfavoráveis, de pouca iluminação solar. O sistema imageador fornecerá 20.000 píxeis por linha e resolução de 0.82 m ou 82 cm. A expectativa de vida útil desses satélites será de, no mínimo, 6 anos em órbita.

Todos os satélites EROS vão operar numa órbita polar. Eles são todos heliosincronizados, ou seja, todas as imagens adquiridas por um mesmo satélite possuem o mesmo horário local ou hora solar, não importando qual dia, mês ou ano. A taxa de transmissão dos dados é de 70 Mbit/s para o EROS A e 280 Mbit/s para o EROS B em banda X.

A tabela seguinte resume e possibilita a comparação das diversas características técnicas dos sucessivos satélites da série EROS.

Tabela 20 - Características do Satélite EROS:

Parâmetros	EROS A	EROS B1	EROS B2 até B6
Órbita Altitude e Tipo	480 Km circular Heliosincronizada	600 km	600 Km Heliosincronizada
Resolução	1.8 m	0.82 m	0.82 m
Faixa Imageada	12.5 Km	16 Km	16 Km
Scaneamento	Não sincronizado (até 750 linhas/sec)	Não sincronizado (até 3,050 linhas/sec)	Sincronizado e não sincronizado (até 9,000 linhas/sec)
Tipo de Detector	CCD	CCD-TDI, à escolha	CCD-TDI, à escolha
Banda Espectral	0.5 até 0.9 microns	0.5 até 0.9 microns	0.5 até 0.9microns
Sampling Depth Transmitted	11 Bits	8 Bits	10 Bits
Pixeis por linha	7,800	20,000	20,000
Sinal / Ruído	Inferior a 2 em 2,048 Níveis de Cinza	Inferior a 2 em 256 Níveis de Cinza	Inferior a 2 em 1024 Níveis de Cinza
Precisão de Posicionamento do Satélite	Melhor que 100m	Melhor que 100m	Melhor que 30 m dentro da cena de 16X16 Km
Precisão Relativa das imagens	Melhor que 100m dentro de uma cena de 12.5X12.5 Km		
Capacidade de Imageamento Multiespectra	Não	Não	Sim
Velocidade de Transmissão	70 Mbit/sec	280 Mbit/sec	280 Mbit/sec

Fonte: Engesat (2002) modificado por Bias (2002)

A tabela a seguir apresenta a capacidade de imageamento dos satélites EROS.

Tabela 21 – Imageamento do Satélite EROS:

Satélite	EROS A*	EROS B1	EROS B2 até B6
Faixa de Imageamento única	5 cenas de (120X12.5 Km)	4 cenas de (305X16 Kms)	1 cena de (5300X16 km)
Cenas	28 cenas de (12.5X12.5 Km)	40 cenas de (16X16 Km)	58 cenas de (16X16 km)
Mosaicos	7 cenas de (25X25 Km)	12 cenas de (32X32 Km)	18 cenas de (32X32 km)
Faixa Estéreo única	5 cenas de (40X12.5 Km)	2 cenas de (160X16 Km)	4 cenas de (530X16 km)
Mosaico Estéreo	7 cenas de (25X25 Km)	5 cenas de (48X48 Km)	6 cenas de (48X48 km)
Cenas em estereoscopia (24 Graus)	10 cenas de (12.5X12.5 Km)	15 cenas de (16X16 Kms)	20 cenas de (16X16 km)

* Numero máximo de cenas adquiridas por passagem (perto de 10 min)

Fonte: Engesat 2002 modificado por Bias (2002)

Entre os demais sistemas comerciais de sensoriamento remoto, o EROS possui a mais completa infra-estrutura de estações de recepção, armazenamento e distribuição de dados.

SPOT 5

De acordo com ENGESAT (2002), o foguete lançador Ariane 42 P colocou, durante o voo 151, ocorrido na noite do dia 3 para 4 de maio de 2002 a partir de Kourou, na Guiana Francesa, o satélite SPOT 5 na sua órbita, a 832 Km de altitude, ou seja, voluntariamente a 20 Km abaixo da órbita de trabalho definitiva.

O satélite SPOT 5 passou a apresentar a seguinte resolução em relação à resolução anteriormente disponível.

- 5 m e 2.5 m de resolução em P&B no modo Pancromático, contra os 10 m de resolução anteriormente existente
- 10 m de resolução em cores contra 20 m de resolução anteriormente existente

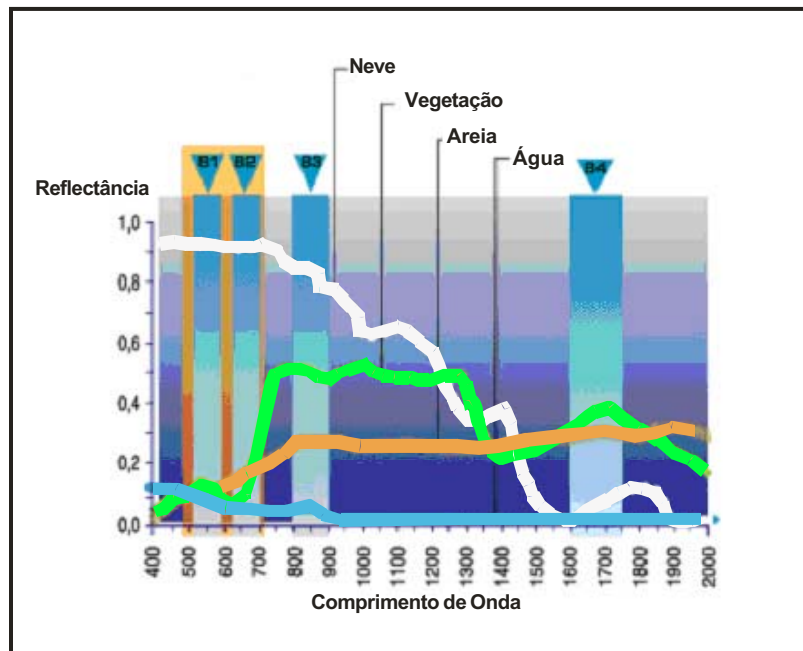
Abaixo é apresentado um quadro comparativo dos diversos satélite SPOT, com as suas respectivas bandas e resolução espacial.

Tabela 22 – Características Gerais dos Programas SPOT:

Satélites	Bandas Espectais	Pixel	Range do Espectro
Spot 5	Panchromatic B1: green B2: red B3: near infrared B4: short-wave infrared (SWIR)	2.5 m or 5 m 10 m 10 m 10 m 20 m	0.48 - 0.71 μm 0.50 - 0.59 μm 0.61 - 0.68 μm 0.78 - 0.89 μm 1.58 - 1.75 μm
Spot 4	Monospectral (panchromatic) B1: green B2: red B3: near infrared B4: short-wave infrared (SWIR)	10 m 20 m 20 m 20 m 20 m	0.61 - 0.68 μm 0.50 - 0.59 μm 0.61 - 0.68 μm 0.78 - 0.89 μm 1.58 - 1.75 μm
Spot 1 Spot 2 Spot 3	Panchromatic B1: green B2: red B3: near infrared	10 m 20 m 20 m 20 m	0.50 - 0.73 μm 0.50 - 0.59 μm 0.61 - 0.68 μm 0.78 - 0.89 μm

Fonte: Spotimage 2002 (www.spotimage.fr)

Figura 32 – Reflectância X Comprimento de Onda



Fonte: Engesat (2002), modificado por Bias (2002)

IKONOS – Características Técnicas

Contrariamente às imagens obtidas por meio dos satélites LANDSAT e SPOT, as imagens capturadas pelo satélite IKONOS não possuem posição nominal, ou seja, a órbita do satélite não se encontra vinculada a nenhum sistema de referência, sendo, dessa forma, a aquisição de cenas, obtida mediante a programação do satélite e o custo da cena calculado em quilômetros quadrados.

A área de interesse pode ser especificada pela delimitação de um polígono vetorial ou pela definição das coordenadas de um retângulo envolvente em coordenadas geográficas (latitude/longitude).

Segundo a ENGESAT (2002) – Imagens de Satélite, o sensor IKONOS foi lançado em 24 de setembro de 1999, estando em operação desde o início de 2000, possuindo as seguintes características técnicas:

Tabela 23 – Características do Satélite IKONOS:

Altitude		680 km
Inclinação		98,1°
Velocidade		7 km/s
Duração da órbita		98 minutos
Sentido da órbita		Descendente
Tipo da Órbita		Sol-síncrona
Resolução Espacial	Pancromática	1 metros
	Multiespectral	4 metros
Bandas Espectrais	Pan	0,45 – 0,90 μ
	Azul	0,45 – 0,52 μ
	Verde	0,53 – 0,60 μ
	Vermelho	0,60 – 0,69 μ
	Infravermelho próximo	0,76 – 0,90 μ
Imageamento		13 km na vertical (cenas 13x13km)
Capacidade de aquisição de imagens		Faixas de 11x100km até 11x1000km

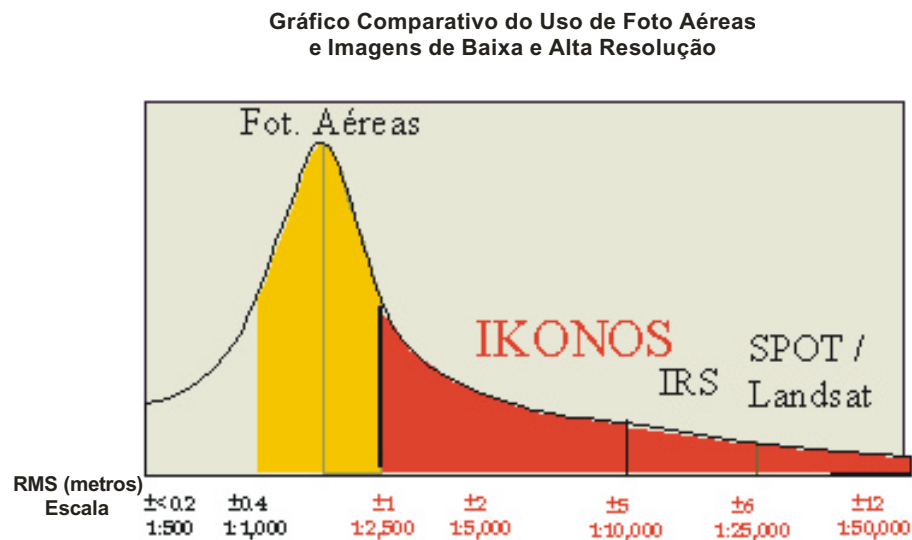
Fonte: Space Imaging (2001)

Outros dados importantes do satélite:

- Com 1 metro de resolução no modo PAN e PSM, oferece as mais finas resoluções espaciais, permitindo discriminar objetos de 1 m² de área ou maior.
- Possibilidade de combinação de imagens no modo PAN (resolução 1 m) com imagens multiespectrais (resolução 4 m), para a geração de imagens coloridas com 1m de resolução. Como o satélite adquire sistematicamente as imagens no modo PAN e MS para todas as áreas, esta fusão e o produto PSM pode ser gerado para todas as imagens adquiridas pelo IKONOS.
- As imagens geradas pelo IKONOS possuem grande resolução espacial aliada a grande precisão cartográfica, que é obtida com o georeferenciamento das imagens.
- Possui capacidade de efetuar visadas no sentido de sua órbita e perpendicularmente a sua órbita, aumentando a frequência de revisita e possibilitando a aquisição de par estereoscópico, utilizados para trabalhos de restituição altimétrica.

Com base em dados e na perspectiva de utilização das imagens IKONOS, a empresa Space Imaging (2001), responsável pela distribuição das imagens de alta resolução IKONOS, avalia que a amplitude de uso que essas imagens poderiam tornar-se no mercado cartográfico como instrumento capaz de dividir espaço com as fotografias aéreas. Fica visível ainda, que, segundo a Space Imaging (2001), as imagens IKONOS apresentam condições de atender ao mercado nas faixas de escalas de 1:2.500 e menores. Essas escalas apresentam condições de uso em atualizações cartográficas, análises e planejamentos de ambientes urbanos. Esses limites serão alvos de análises do presente projeto.

Figura 33 – Avaliação da Amplitude das Imagens IKONOS



Fonte: Space Imaging (2001), modificado por Bias (2002)

De acordo com as escalas e os padrões de erros posicionais (RMSE), podem-se inferir os potenciais usuários para as imagens IKONOS dentro das suas respectivas escalas de trabalho, conforme quadro abaixo:

Tabela 24 – Quadro do Uso Pontencial de Imagens IKONOS:

Aplicação	Área	Escala	Aplicações	Foto/IKONOS
Estudos do Solo	Urbana	500 a 2.500	Sem uso, em pesquisa	Foto
		2.500 a 10.000	Estudos Regionais	IKONOS
	Municipal	1.000 a 5.000	Urbana	Foto/IKONOS
		5.000 a 7.500	Rural	IKONOS
		7.500 a 25.000		
Infra-estrutura	Estatual	5.000 a 25.000	Distribuição Urbana	Foto/IKONOS
		500 a 2.500		Foto
	Redes de Infra-estruturas	5.000 a 25.000	Linhas de Transmissão	IKONOS
		500 a 2.500	Áreas Urbanas	Foto/IKONOS
	Transportes	2.500 a 5.000	Áreas Regionais	IKONOS
		5.000 a 25.000	Estadual/Multi Estadual	IKONOS

Space Imaging (2001) modificado por Bias. (2001)

Em artigo denominado **“DESMISTIFICANDO o IKONOS”** Toutin et al. (2001, p. 2), foram apresentados dados de grande importância sobre os produtos fornecidos por esse satélite como: capacidade de visualização off-nadir; revisita à área imageada permitindo a aquisição de imagens estereoscópicas; dados disponíveis em cinco níveis e preços diferentes e o fornecimento de arquivos no formato Geo Tiff de oito ou onze bits. Da mesma forma que Toutin et. al (2001, p. 2) Ishikawa (2001, p. 16), destacam as questões relacionadas aos preços desses produtos.

Toutin et al. (2001, p. 5) destacam que as imagens IKONOS, nos seus formatos GOE, GEO ORTO, REFERENCE, MAP, PRO, PRECISION E PRECISION PRO são distribuídas em diferentes níveis de processamento. Os referidos produtos também são disponibilizados em preços diferenciados de acordo com a qualidade, ou seja, o produto PRECISION apresenta as melhores precisões. Esse fato faz com que valor seja muito elevado em relação ao produto GEO que, por ser mais barato, também se apresenta como o mais simples, que segundo Toutin et al. (2000, p. 2) somente poderá atender os limites de mapeamentos na escala máxima de 1:100.000, o que não apresentaria grande vantagem, tendo em vista que as imagens LANDSAT e SPOT já foram utilizadas, testadas e apresentaram respostas bastante razoáveis para mapeamentos nas escalas de 1:50.000 e menores, conforme pode ser visto nos trabalhos de D’Alge (1988) e Viadana (1995).

Vale ressaltar que estudos realizados por Ishikawa (2001, p. 77), apresentaram valores de aceitação baseados em testes estatísticos para análise de tendência e precisão, concluindo o referido autor que a imagem atenderia aos requisitos geométricos de um mapeamento na escala máxima de 1:50.000, nível este superior aos definidos por Toutin et. al. (2001, p. 2) para um nível de confiança de 90%, sendo entretanto desaconselhada para projetos que exijam maior precisão.

Entretanto, existem até o momento limitações e problemas a serem vencidos pelos usuários das imagens IKONOS conforme as colocações de Toutin et. al. (2001, 2). Uma delas encontra-se relacionada à falta de informações orbitais detalhadas o que pode desencorajar possíveis usuários. Existe ainda a possibilidade da utilização do produto GEO, que é aproximadamente 5,5 vezes mais barato que o produto PRECISION e efetuar a correção. Toutin (2000, p. 3), entretanto, esclarece que o não fornecimento dos dados das efemérides, torna-se impraticável a ortorretificação, ficando desta forma, limitada a correção por meio de procedimentos matemáticos de transformações.

Conforme acentua Toutin (2001, p. 3) podendo-se utilizar para tal fim, os três métodos existentes para correção, ou seja: polinomial simples, que corrige as distorções planialtimétricas básicas, entretanto por não levar em consideração as elevações do terreno é limitado a áreas pequenas e planas. O método polinomial racional que leva em consideração a elevação do terreno, sendo útil a sua utilização para topografias não muito acidentadas. Os dois métodos não necessitam de informações do satélite e dos sensores. Finalmente, o último modelo apresentado é o rigoroso, que produz os resultados mais acurados.

Tabela 25 – Avaliação de Erros em Relação à Resolução dos Pixels:

Imagem	Produtos	Resolução do Pixel (m)	Acurácia Posicional (RMSE)	Características Espectrais	Representação de mapas nas escalas
Básica	Pan	0,61 – 0,72	14 m (*)	P/B	Não Aplicável
	Multi	2,4 – 2,8	14 m (*)	R/G/B e IR	Não Aplicável
Padrão	Pan	0,7	14 m (**)	P/B	1:50.000
	Multi	2,8	14 m (**)	R/G/B e IR	1:50.000
	Colorido	0,7	14 m (**)	R/G/B, RGB e IR	1:50.000
Ortoretificada	Pan	0,7	3,5 – 14 m (***)	P/B	1:10.000
					1:25.000
					1:50.000
	Multi	2,8	3,5 – 14 m (***)	R/G/B e IR	1:10.000
					1:25.000
					1:50.000
	Colorido	0,7	3,5 – 14 m (***)	R/G/B, RGB e IR	1:10.000
					1:25.000
					1:50.000

Fonte: Space Imaging (2001) Modificado por Bias (2002)

(*) Contém erros de deformação do sistema e do terreno (relevo).

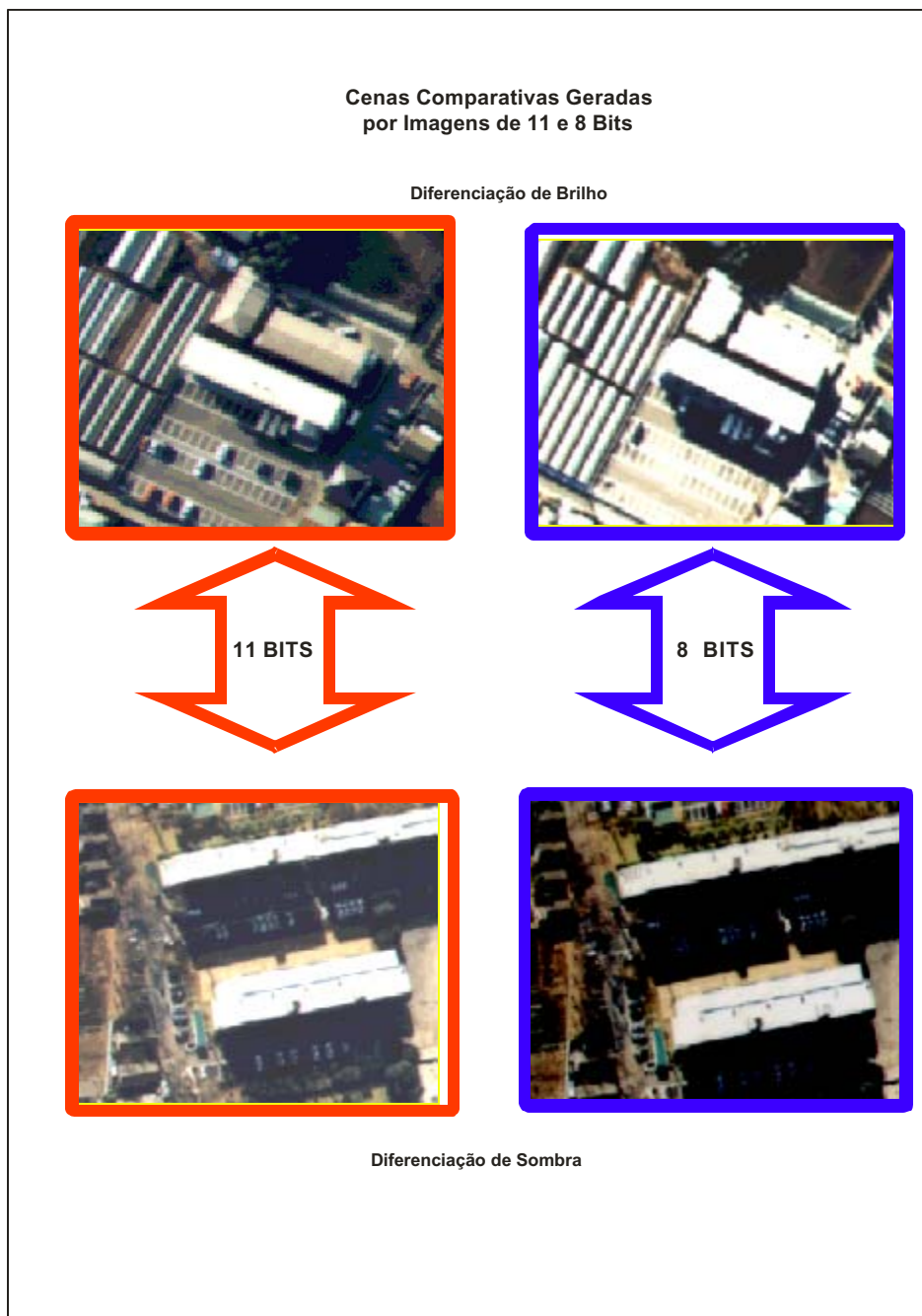
(**) Contém erros das deformações do terreno (relevo).

No que tange à extração de informações das imagens de satélite, Meneguette (1988, p. 233) enfoca a importância de se relacionar a imagem e terreno, sendo para tanto necessário definir pontos de controle, a não ser que seja possível definir a posição e altitude do sensor acuradamente por outros métodos.

Um dos aspectos técnicos que chama a atenção dos novos usuários de imagens orbitais, particularmente as de alta resolução IKONOS, diz respeito a sua característica de possuir 11 (onze) bits, que proporciona uma maior riqueza de informações, pois neste caso, cada pixel poderá assumir um valor de 0 a 2047, isto porque as imagens de outros satélites anteriores, trabalhavam com 8 bits, podendo somente alcançar no máximo 256 níveis de cores. Uma aplicação prática dessa nova possibilidade pode ser entendida, quando busca-se distinguir áreas sombreadas, pois a sensibilidade do satélite em detectar distintos níveis radiométricos é 8 (oito) vezes maior no IKONOS PAN comparado ao SPOT PAN, ENGESAT (2002).

A diferença na visualização das feições observadas nas imagens obtidas do satélite IKONOS, em função da geração em 11 BITS, apresenta uma melhor definição tanto em imagens sombreadas como em imagens muito brilhantes, como pode ser observada na **Figura 34** a seguir.

Figura 34 – Comparação de imagens de 8 e 11 Bits



Fonte: Gonçalves (2001) modificado por Bias (2002)

5.3.3 - Sistemas de Informação Geográfica

Pode-se relacionar a evolução da tecnologia relacionada aos Sistemas de Informação Geográfica paralelamente aos avanços da cartografia e da computação gráfica, entretanto a tentativa de precisar os momentos e os atores que estiveram envolvidos nos referidos episódios de acordo com Matias (2001, p. 104) constitui-se em tarefa difícil, haja vista que a tecnologia SIG pressupõe o envolvimento de uma série de elementos que atingiram o desenvolvimento em épocas diferentes, bem como atuando em campos diferentes do conhecimento.

Utilizando ainda as afirmativas e as pesquisas desenvolvidas por Matias (2001 p. 113), buscando estabelecer um marco histórico para a história dos SIGs, verifica-se que a conclusão do referido autor com base nas pesquisas e estudos de Goodchild, é de que esta evolução deve ser analisada à luz dos fatos, de que a história dos SIGs está em plena construção.

Matias (2001, p. 82) desenvolve uma análise de diversos autores, em sua tese de doutorado, no que tange ao surgimento do SIG, esclarecendo que a implementação da pesquisa levou-o a considerar essas plataformas como uma nova prática social disciplinar que desencadeia uma importante mudança na forma de como a geografia deve ser conceituada, representada e praticada no momento atual, de mudanças de paradigmas. Entretanto vale complementar os conceitos expostos, extrapolando-os às diversas ciências que estudam e avaliam o espaço geográfico, tendo necessidades constantes de representação de fatos e ocorrências nesse espaço.

Estudos realizados por Teixeira et al. (1995, p. 21) apresentam desde as primeiras tentativas ao desenvolvimento do primeiro SIG, avaliando as iniciativas no Brasil e finalmente culminando com o processo de industrialização dessas ferramentas.

De acordo com Bias (1998, p. 14 e 17) uma plataforma de geoprocessamento pode ser entendida e definida como a constituição de um conjunto de ferramentas originadas pela interação de softwares de Sistemas de Informação Geográfica,

Processamento Digital de Imagens, Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados, Informações e Pessoas (usuários e desenvolvedores) treinados e, sobretudo, qualificados.

O desenvolvimento dos Sistemas de Informação Geográficas é avaliado por Teixeira et al. (1995, p.25), que compreende a estruturação dos referidos sistemas em 4 (quatro) fases conforme o quadro abaixo:

Tabela 26 – Períodos e Características dos SIG (Teixeira):

Fase	Ano/Período	Característica
1	1960-1970	Período pioneiro, com destaque para os esforços individuais
2	1973-1980	Regularização das experiências e práticas, bem como o surgimento dos órgãos nacionais comprometidos com o desenvolvimento de SIG
3	1982-1989	Fator competitivo do setor comercial reforçou a dinamização do desenvolvimento
4	1990-.....	Domínio do usuário, de competições entre empresas fornecedoras de sistemas, padronização e sofisticação dos sistemas e conhecimento de suas potencialidades pelo usuário

Fonte: Teixeira et al (1995) modificado por Bias, (2002)

Complementarmente às idéias de Teixeira et al. (1995, p.25), Matias (2002, p. 107-108) estabelece uma cronologia que difere tanto no número de fases como nos anos de implementação. A visão de Matias (2002, p. 107-108) acompanha as características e os avanços estabelecidos em cada um dos períodos, conforme tabela abaixo.

Tabela 27– Períodos e Características dos SIG (Matias):

Fase	Período	Característica
1	40 anos atrás - “1960”	• Sistemas proprietários • Computadores centralizados e de grande porte • Tecnologia baseada na sobreposição de layers • Mercado atendendo grandes instituições (públicas, ensino, pesquisa e planejamento) • Aquisição e manipulação de dados cartográficos
2	20 a 25 anos atrás – “1980”	• Surgimento das Workstation com Sistema Operacional UNIX • Início da forma semi-distribuída, permitindo o compartilhamento • Aplicações em modelagens espaciais • Criação das relações topológicas
3	Momento Atual	• Rápido avanço tecnológico dilatou mudanças nos SIGs • Programas adotam padrões comerciais • Utilização de SGBD – Sistemas gerenciadores de bancos de dados • Utilização da programação orientada a objetos • Contribuição com o advento da Internet

Fonte: Matias (2002) modificado por Bias, (2002)

No Brasil, já foram iniciadas algumas aplicações urbanas baseadas nos modelos centralizadores dos anos 70. Entre as iniciativas de implementação utilizando-se embriões de Sistemas de Informação Geográficas, destaca-se os projetos de Porto Alegre - METROPLAN, Recife - FIDEM e São Paulo – PRODAM, projetos voltados basicamente para gestão cadastral urbana geocodificada. Nessa época, os poucos projetos que hoje poderiam ser chamados de SIG, por sua vez não progrediram, por problemas técnicos, econômicos e culturais, soluções centralizadoras por concepção e baseadas em tecnologias muito caras e inadequadas para as aplicações a que se destinavam.

Teixeira et. al (1995, p.25) afirma que as iniciativas de desenvolvimento das tecnologias com a utilização de Sistemas de Informação Geográfica, tiveram o seu início no Brasil a partir da década de 60, sendo que já em 1961, foi criada em São José dos Campos a CNAE - Comissão Nacional de Pesquisa, que, em 1971 transformou-se no atual INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

As dificuldades existentes no final da década de 70 e início da década de 80, decorrentes do temor brasileiro da entrada de empresas estrangeiras no mercado nacional, levaram o governo, por meio do Congresso Nacional, a aprovar, em 29 de outubro de 1984, a lei nº 7.332, visando a reserva de mercado, acreditando-se, com esse fechamento ao mercado exterior, que o Brasil tivesse capacidade de produzir computadores para atender a demanda interna Manzano (1998, p. 5).

A lei de reserva de mercado teve seu fim no governo do Presidente Fernando Collor de Mello, em que novos acordos foram estabelecidos com parcerias estrangeiras.

As experiências urbanas de implantação de sistemas de Geoprocessamento no Brasil, com a utilização de Sistemas de Informação Geográfica, iniciaram-se há pouco mais de uma década, destacando-se os projetos de Belo Horizonte, Santo André, Curitiba, Rio de Janeiro e Brasília. Todos os projetos acima apresentam como características básicas e como objetivos mais imediatos atividades relativas à gestão administrativa e não a aspectos voltados a planejamento. Fato relevante é que o primeiro passo de todos esses projetos foi a construção de uma base cartográfica digital.

5.4 - Ferramentas Geotecnológicas e Planejamento Urbano

5.4.1 - Imagens de Baixa Resolução na Geração Cartográfica

Um dos aspectos cruciais nas atividades relativas ao planejamento urbano encontra-se atrelada a não existência de uma base cartográfica atualizada e definida em escala compatível com os serviços a serem executados.

A importância da existência de uma base cartográfica para efetivação dos trabalhos de planejamento urbano foi definida pela CODEPLAN (1976, p. 15) esclarecendo que se faz necessário para o planejamento urbano o conhecimento do espaço físico. Dessa forma, a proposta era a criação de um sistema cartográfico, bem como um sistema de informação destinado a orientar e sustentar as decisões das administrações públicas e particulares na elaboração de projetos urbanísticos de controle do uso e ocupação do solo urbano, voltados à análise da planificação e controle dos equipamentos e serviços urbanos.

Pode-se observar a preocupação com esses aspectos em CODEPLAN (1976, p. 15 e 26) quando fica estabelecido que a utilização de um sistema cartográfico e de cadastro, preciso e permanentemente atualizado, é uma necessidade à implementação dos trabalhos de planejamento e dos projetos urbanos, indispensáveis ao desenvolvimento criterioso e, sobretudo, permitindo a sustentabilidade ambiental urbana. Entretanto a visão na época da elaboração do documento mencionado afirmava que, para a atualização do cadastro, deveria ser efetuada, diariamente, a coleta de informações e, quando necessário, novas coberturas aéreas para reconhecimento aerofotogramétrico.

A proposta da CODEPLAN (1976, p. 26) justifica-se em razão do desenvolvimento das tecnologias voltadas à obtenção de informações a partir de imagens orbitais, que passaram a assumir grande destaque a partir do lançamento do satélite LANDSAT 5 em 1984.

Antes da apresentação referente à utilização de imagens orbitais na geração de produtos cartográficos, vale destacar o pensamento de Libault (1975, p. 194) esclarecendo quanto a importância do objetivo a ser alcançado, do conhecimento, da análise e da plena compreensão da escala de uma carta e sua relação com os dados a serem analisados.

“Não se deve exigir de uma carta mais do que ela possa exprimir. Não há possibilidade de se obter uma visão global de uma região sem perder, cada vez mais, a precisão. (...) As medidas de detalhe devem ser feitas sobre uma carta detalhada, isto é, de escala

bastante grande, que apresente a precisão e o acabamento adequados.”

A importância da atualização cartográfica nos estudos e análises urbanas é evidenciada pelo trabalho de Silva et al (1999) quando apresenta a experiência da Secretaria Municipal de Urbanismo – SMU do Rio de Janeiro, na elaboração e implantação de um sistema de informações geográficas, o Cadastro Urbanístico – CadUrb. A idéia básica era desenvolver um sistema de informações que facilitasse o manuseio, análise e disseminação da legislação urbana, como também agilizar a sua aplicação tendo como função principal oferecer maior suporte à área de planejamento urbano e licenciamento de obras.

Entretanto Silva et al. (1999) informa que a principal dificuldade encontrada no manuseio da base digital foi decorrente da desatualização dela, em virtude do grande crescimento urbano ocorrido desde 1975. No sentido de minimizar essa defasagem, tendo em vista ser fundamental o traçado de logradouros na base cadastral, os técnicos da Secretaria Municipal de Urbanismo - SMU, em conjunto com a empresa contratada, realizaram um trabalho de atualização, utilizando todos os tipos de mapas disponíveis na SMU, tais como: projetos de alinhamento e loteamento, guias de ruas, etc.

A implementação de uma planta cadastral como instrumento voltado à viabilização da gestão municipal consiste em um instrumento que auxilia diversos setores de ordem pública ou privada. A utilização dessa ferramenta contribui para o planejamento. Graças aos avanços tecnológicos, o Sensoriamento Remoto amplia seu espectro de aplicações no âmbito urbano. Essa possibilidade passou a ser vislumbrada com o advento das imagens IKONOS como fonte de dados cartográficos para fins cadastrais Markus (1999).

Evidencia-se ainda o trabalho desenvolvido por Anjos (1995, p. 180) tendo em vista o ano em que esse foi apresentado e as limitações ainda encontradas na

disponibilização de imagens de satélite com resoluções mais refinadas, visando apresentar a modelagem dos processos formadores da dinâmica urbana no Distrito Federal. O autor concluiu com relação à utilização de imagens LANDSAT TM como eficaz para a geração de mapa/imagem, descrevendo as principais contribuições dentre as quais a captura e representação da dinâmica espacial urbana com a caracterização dos seus padrões de urbanização.

Estudos efetuados por Costa & Cintra (1999) apresentam a importância da utilização do sensoriamento remoto orbital como uma importante técnica de auxílio às diversas pesquisas que têm como enfoque o ambiente urbano, esclarecendo ainda que devido à complexidade do ambiente urbano, os sensores com maior resolução espacial (TM e HRV e PAN-SPOT) integram menor variedade de informação que o MSS, representando o ambiente urbano com maior fidelidade e facilitando a visualização de um maior número de detalhes. Vale, no entanto, esclarecer que os autores não realizaram nenhuma consideração ou análise sobre as imagens obtidas por meio do satélite IKONOS, tendo em vista o período de realização da pesquisa e a data de disponibilização do referido satélite para uso comercial.

Com relação à geração de produtos cartográficos, quanto maior a quantidade de detalhes observados e a possibilidade de análise da variabilidade deles, maior a qualidade do mapeamento. Nesse aspecto, a utilização de imagens orbitais, com relação ao realce das feições a serem observadas, identificadas analisadas e mapeadas, D'Alge (1988, p. 242) defende a idéia de que sempre que houver a possibilidade é recomendável a utilização de composição colorida com a finalidade de realçar as feições de interesse do trabalho.

Andrade (1988) apud Viadana (1995, p. 39) apresenta a possibilidade de geração de produtos cartográficos através de imagens SPOT, adotando-se imagens do nível 1B, cartas 1:250.000 e 1:100.000, bem como efetuando carta-imagem na escala 1:50.000 com procedimentos totalmente digitais.

Os processos relativos à atualização cartográfica exigem alguns cuidados que irão estabelecer a qualidade do produto. Entre esses cuidados a detecção de informações exige experiência e habilidade do interprete, do digitalizador ou do restituidor, isto porque, conforme acentua Viadana (1995, p. 35) a atualização leva a inclusão de novas informações e eliminação de outras.

Segundo Meneguette (1988, p. 232), as imagens de satélite têm sido uma constante fonte de informações para toda a comunidade que trabalha com mapeamento, a partir dos anos 70, desde que os satélite da série LANDSAT passara m a varrer a superfície terrestre de forma contínua.

Viadana (1995, p.35) relaciona as imagens orbitais e suas respectivas capacidades na geração de produtos cartográficos conforme tabela que se segue:

Tabela 28 – Relação entre Resolução Espacial e Escala:

SATÉLITE	RESOLUÇÃO ESPACIAL	ESCALA DE MAPEAMENTO
LANDSAT MSS	80 metros	1:250.000
LANDSAT TM – 5	30 metros	1:100.000 ou menores
SPOT	10 metros (PAN) 20 metros (Multi)	1:100.000 até 1:50.000

Fonte: Viadana (1995) modificado por Bias (2002)

Meneguete (1988, p. 232) enfocava o surgimento do satélite SPOT, que a partir de 1986 passou a produzir imagens de alta resolução em dois modos, pancromático e multiespectral, com a vantagem da capacidade de formação estereoscópica. Vale considerar neste particular que as imagens SPOT eram consideradas como de alta resolução, tendo em vista as imagens que eram até então disponibilizadas com resoluções inferiores e apresentavam grande limitação para aplicações em geração de produtos cartográficos.

Correia (1997, p. 6) apresentava á época, as perspectivas futuras do Sensoriamento Remoto como ferramentas em aplicações cartográficas, relacionando os satélites SPOT 4, que foi lançado em 1997, e SPOT 5, planejado

para lançamento em 2002; o MECB-RSS de fabricação sino-brasileira previsto para 2000 bem como os satélites de alta resolução; os sensores aerotransportados de alta resolução espectral e finalmente os sensores orbitais de alta resolução espectral.

Correia (1997 p, 55) chama atenção para o aspecto relacionado com a região na qual será desenvolvido e implementado o trabalho, tendo em vista a topografia delas, visto que regiões topograficamente movimentadas acarretarão maior complexidade ao propósito que se deseja alcançar.

No que tange às possibilidades de utilização de imagens orbitais de média e alta resolução, Konecny e Schiewe (1996, p. 173-181) relatam que o mapeamento topográfico a partir do espaço está para se tornar uma realidade a nível operacional. Brevemente, afirmavam os pesquisadores, dados com resolução média e alta serão adquiridos por programas de sensoriamento remoto patrocinados pelo Canadá, França, EUA e outros países em busca da obtenção de imagens orbitais.

Baudoin (1987) apud D'Alge (1988, p. 241) mostrava-se entusiasta com o lançamento do satélite SPOT, esclarecendo que estes passariam a representar um progresso significativo no que diz respeito à resolução espacial e à possibilidade de uso de pares estereoscópicos. Expectativa compartilhada por Viadana (1995, p. 35), que também identifica no uso das imagens SPOT um excepcional instrumento na produção e atualização cartográfica em escalas 1:100.000 e 1:50.000.

Corroborando as considerações de D'Alge (1988, p. 241), são importantes as afirmativas de Andrade (1988, p. 245) sobre a utilização de imagens SPOT visando à obtenção de produtos cartográficos, a partir da geração de pares estereoscópicos de imagens de uma mesma cena, tomadas sob diferentes ângulos. Dessa forma, o autor considera as imagens obtidas através dos satélites SPOT uma importante ferramenta cartográfica, principalmente se tratando de cartas nas escalas de 1:100.000 e 1:50.000.

Diversos trabalhos já foram publicados e desenvolvidos com base na utilização de imagens de satélite para atualização cartográfica logo após o

lançamento dos primeiros satélites. Viadana (1995, p. 35) informa que, na década de 80, estudos apresentavam a viabilidade do uso de imagens MSS para mapeamentos na escala 1:250.000, entretanto com o surgimento do sensor TM, apresentando melhor resolução espacial e um número maior de bandas espectrais, este passou a permitir mapeamentos nas escalas 1:100.000 ou menores, conforme D'Alge & Ferreira (1988) apud Viadana (1995, p. 35).

Vergara (1994) apud Viadana (1995, p. 37) apresentou uma metodologia para atualização de cartas topográficas com a utilização de imagens orbitais, com avaliação de imagens SPOT e LANDSAT TM. Da mesma forma Viadana (1995, p. 125) também desenvolveu sua pesquisa de doutorado, buscando desenvolver uma metodologia alternativa para atualização cartográfica com a utilização de imagens orbitais, esclarecendo na sua conclusão que o objetivo geral foi atingido pela possibilidade da realização e avaliação do potencial das imagens orbitais para detecção de alterações na atualização de cartas topográficas.

5.4.2 - Imagens de Alta Resolução na Geração Cartográfica

Nos dias atuais, com o surgimento de satélites de alta resolução, uma avalanche de propostas, estudos e afirmativas passaram a povoar as comunidades cartográficas, no que concerne à utilização dessas imagens em atualizações cartográficas, sobretudo visando atender às necessidades dos usuários de ambientes de geoprocessamento, isto porque uma base cartográfica atualizada representa condição fundamental para o bom desempenho dos trabalhos, pesquisas, análises e diagnósticos a serem desenvolvidos objetivando a gestão de diversos fenômenos.

Dados e comentários que circulam no meio cartográfico no Brasil dão conta que a cartografia brasileira apresenta atualmente, aproximadamente 20% do nosso território sem nenhum tipo de mapeamento topográfico e somente 1,0% dos nossos mapas estão disponíveis em escala recomendável para planejamento, que é na escala de 1:25.000. Junta-se a isso o fato de os mapas em uso no país possuírem

dados atualizados em datas anteriores a 20 ou 30 anos e com informações que podem produzir erros de diversas ordens.

Corroboram os fatos acima citados os comentários apresentados por Lobo (2000) apud Assis (2001, p. 7), que demonstra dados relativos ao percentual atual de cobertura do território nacional na escala 1:25.000 que não ultrapassa a casa dos 3%, e, mais preocupante ainda, é conhecer que, na escala 1:10.000, existe apenas 1% do território nacional coberto. Aliado a todos esses fatores pode-se agregar ainda a antiguidade das coberturas que datam das décadas de 60 e 70, com raras exceções.

Vale ainda ressaltar que nos dias atuais existe uma demanda crescente por bases em escala cadastral para atender às necessidades das empresas de infraestrutura, ou seja, 1:10.000 e maiores.

No momento atual, dada a desatualização de bases cartográficas e a não existência de uma política governamental de investimentos para atualização das mesmas, surge no mercado cartográfico uma grande celeuma quanto às possibilidades da utilização de imagens de alta resolução espacial para atualização cartográfica. Isto porque a existência de base cartográfica em escala compatível para planejamento e elaboração de estudos técnicos é de fundamental importância às atividades de geoprocessamento. Essa temática pode ser comprovada em Galindo (1999, p. 50-53).

Viadana (1995) define as ortofotos como o mais importante recurso tecnológico para atualização cartográfica, quando se procura trabalhar com planimetria, sendo a ortofoto é a cópia positiva do mapa, na mesma escala.

Neia (1998) enfoca a utilização de ortofotos como uma forma alternativa de geração de produtos cartográficos, isto porque apresentam um custo aproximadamente 50% mais barato na restituição, como também pela possibilidade de o próprio usuário realizar a atualização sobrepondo a base digital com a ortofoto e vetorizando informações de seu interesse.

Tavares (1998) analisa em artigo a evolução das técnicas de levantamento, a partir do ano de 1970 com o emprego intensivo de distanciômetros eletrônicos e eletro-óticos, viabilizando medições em maiores distâncias e com grande precisão. A seguir, na primeira metade da década de 80, houve o salto da fotogrametria analítica, havendo a partir de então o fortalecimento das imagens obtidas por sensores remotos, entretanto as resoluções eram bastante baixas com pouca capacidade de combinação de bandas. Entretanto, em 1988, no congresso de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto da ISPRS - International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, foi apresentado o grande impulso à cartografia digital e ao processamento digital de imagens.

Viadana (1995, p. 8) apresenta o passado recente e as novas perspectivas na produção de mapas, esclarecendo que as formas de atualização tiveram grande evolução, acompanhando inclusive o desenvolvimento tecnológico, caracterizando o primeiro grande passo com o surgimento da estereofotogrametria no início do século, possibilitando a elaboração de mapas em grande escala. Afirmar ainda Viadana (1995, p. 8) que, no início da década de 60, começaram a surgir novas tecnologias e novas fontes de dados, tais como mapeamento digital, sensoriamento remoto orbital, tratamento digital de imagens, os sistemas de informação geográfica, o GPS, e podendo finalmente acrescentar o surgimento das imagens de alta resolução.

Com relação à utilização de imagens de alta resolução na atualização cartográfica, há, tanto na área acadêmica como por parte das empresas de aerofotogrametria, visões diferenciadas, em função dos critérios de precisão que normalmente são exigidos e estabelecidos pelas normas e padrões cartográficos, conforme destaca Abrahão Filho (2000, p. 36).

Os usuários de imagens orbitais com base nos diversos trabalhos que já foram disponibilizados, têm conhecimento de que na obtenção dessas estão presentes deformações provenientes desde as influências das perturbações na órbita dos satélites, até particularidades específicas dos próprios sensores, tais como o alinhamento e sensibilidade de respostas espectrais. No caso específico das imagens obtidas por meio do satélite IKONOS, por se tratar de um sistema projetivo,

semelhante a uma câmara fotográfica, estão presentes também deformações provenientes da refração atmosférica, distorções das lentes, entre outros.

Com relação à utilização de imagens de alta resolução espacial na atualização cartográfica, existem no mercado visões e posturas diferenciadas quanto à possibilidade da plena utilização. Dividem e compartilham com uma postura de cuidado, aguardando análises mais acuradas, vários estudiosos da ciência que têm nas imagens orbitais um produto de grande valia para os estudos e implementações de análises urbanas, entre os quais evidencia-se as de Garcia (1998, p. 61) e Abrahão Filho (2000, p. 39).

Chohfi (1999, p. 51) defende a idéia de que as imagens de alta resolução, principalmente as imagens pancromáticas de 1 metro, serão muito úteis no mapeamento urbano tradicional, como quadras, eixo de logradouros, uso do solo e áreas construídas, entre outras. Ainda realçando as vantagens da utilização de imagens de alta resolução, Chohfi (1999, p. 51) esclarece que o primeiro aspecto positivo encontra-se relacionado com o custo, tendo em vista que o mercado de mapeamento, até o presente momento, possui seu trabalho inteiramente atrelado a fotografias aéreas, que apresentam um custo por km^2 bem maior do que terão as imagens destes satélites.

Evidencia Chohfi (1999, p. 51) que alguns problemas podem ser relacionados com esta nova tendência de mapeamento, entre os quais, destaca-se a necessidade de treinar novos intérpretes, acostumados anteriormente com imagens multiespectrais que não apresentavam feições e texturas urbanas. Alia-se ao aspecto da interpretação, a possibilidade do surgimento de sombras decorrentes da verticalização urbana e de grandes árvores em áreas urbanas mais densas e, por serem imagens pancromáticas, limitam as técnicas de realce, de grande uso nas imagens multiespectrais.

Vale considerar que a resolução espacial divulgada para as imagens de alta resolução (1 metro) somente será possível quando obtida **em nadir**, fora deste ponto, ressalta Chohfi (1999, p. 52), a resolução poderá cair em 0,5 metros Isso

ocorre em função da mudança do ângulo de aquisição da imagem alterando a geometria da projeção do sensor na terra.

Costa (1996, p. 17), abordando a complexidade do ambiente urbano, avalia a utilização de imagens de diferentes resoluções, entre elas LANDSAT MSS (80 metros), LANDSAT TM (30 metros) e PAN-SPOT (10 metros), com base na área imageada por cada uma delas, e qual delas apresenta a maior fidelidade e visualização de um maior número de detalhes.

Segundo relaciona Schmidlin (2001, p. 49), um aspecto marcou a última década pela acentuada procura de imagens orbitais que foi o final da “*guerra fria*”, no qual se identificou um declínio dos maiores programas de defesa, e o aumento da transferência de tecnologia, antes apenas utilizada nestes programas, passando a ser direcionados para aplicações civis.

Schmidlin (2001, p. 52) relaciona os benefícios que podem ser auferidos com esses sistemas, que são:

1. Alta periodicidade de aquisição de imagens;
2. Repetitividade de observações;
3. Rápida disponibilização para o usuário;
4. Coberturas simultâneas de imagens pancromáticas e multiespectrais;
5. Geração de estereoscopia com precisão; e finalmente
6. Obtenção de imagens com resolução espacial variando de 1 a 5 metros.

Kleiner et al. (2002) ainda afirma que as imagens IKONOS representam uma grata satisfação e estão revolucionando o mercado de dados orbitais, entretanto os autores esclarecem que a precisão divulgada pelas companhias proprietárias e seus distribuidores, somente podem ser obtidas para produtos cartográficos para escalas 1:10.000 ou menores, necessitando no entanto para obter-se uma precisão de 4 (quatro) metros, um Modelo Numérico do Terreno de resolução compatível com a escala, ou seja, as curvas de nível devem possuir eqüidistância de 5 (cinco) metros.

Um dos aspectos de maior relevância no trabalho dos autores Kleiner et. al. (2002), diz respeito às análises referentes ao custo por km² e por pixel dos

produtos IKONOS para geração de cadastro urbano que apresentam valores bem superiores aos obtidos por meio de fotografias aéreas, conforme os quadros dos autores apresentados a seguir.

Tabela 29 - Valores comparativos IKONOS x Fotos Aéreas (Precisão / Correção / Valor):

Imagem	Resolução (Pixel)	Precisão Posicional	Nível de Correção	Valor Aproximado (R\$)
IKONOS	1 metro	15 metros	Georreferenciamento	125,00
IKONOS	1 metro	4 metros	Ortorretificação	670,00
Fotos Aéreas 1:16.000	0,30 metros	< 1 metro	Ortorretificação	500,00 a 800,00

Fonte: Kleiner et. al. (2002)

Tabela 30 - Valores comparativos IKONOS x Fotos Aéreas (Valor Pixel / Resolução):

Sensor	Pixels/Km2	Valor/Km2 (R\$)	Valor/Pixel (R\$)	Resolução (m)
SPOT	2.116	0,78	0,00037	10
IKONOS	1.000.000	700,00	0,00070	1
FOTO 1:20.000	5.669.161	600,00	0,00011	0,42
FOTO 1:20.000 + Vôo	5.669.161	720,00	0,00013	0,42
FOTO 1:30.000	1.155.625	400,00	0,00035	0,93
FOTO 1:30.000 + Vôo	1.155.625	490,00	0,00042	0,93

Fonte: Kleiner et. al. (2002)

Após o surgimento das imagens orbitais, o mercado de mapeamento passou a vislumbrar uma nova possibilidade de atuar neste tão carente e necessário campo, no qual as demandas surgem continuamente. Nesta constante busca, muitas tentativas foram realizadas utilizando-se satélites de variadas resoluções espaciais, e os resultados obtidos subsidiaram estudos das mais diversas formas,

apresentando possibilidades e limitações, sempre relacionadas com a escala e com os objetivos dos trabalhos a serem desenvolvidos.

Paralelamente ao mercado cartográfico¹⁹, pode-se relacionar a grande e crescente necessidade de estudos voltados ao planejamento do ambiente urbano, que encontra nas imagens orbitais um grande suporte e apoio. Entretanto, dada a resolução espacial dessas imagens, as respostas espaciais acabavam mascarando os resultados desejados. O advento das imagens de alta resolução abriu um novo e promissor campo para os estudos de ambientes urbanos.

Encontra-se um grande número de usuários que, desconhecendo dos princípios cartográficos ligados à precisão, e, sobretudo, à qualidade do produto, optam, evidentemente, sob orientação de pessoas menos cautelosas e algumas vezes inescrupulosas, por soluções que passam a não atender as suas expectativas, levando-os, muitas vezes, a realizar altos investimentos que acabam não atendendo as suas expectativas e necessidades.

Dessa forma, busca-se no desenrolar da presente revisão bibliográfica apresentar algumas propostas, estudos e análises já desenvolvidas, bem como as definições e caracterizações voltadas a atualizações cartográficas, em particular com a finalidade de atender a atividades de planejamento urbano. Evidentemente, não é possível simplesmente nos ater aos tópicos mencionados acima, procurando apresentar também outros enfoques que estabelecerão a base desta pesquisa. Esses tópicos estão relacionados com os processos de utilização e com as formas de tratamento de imagens orbitais, retificação e também com as respostas obtidas por meio de pesquisas que buscavam estimar o potencial de imagens de diversas resoluções na atualização cartográfica e no planejamento urbano.

Outro fator que se pode destacar na utilização das imagens IKONOS, particularmente o pacote ORTO KIT e a possibilidade de obtenção dos aspectos

¹⁹ O termo mercado cartográfico diz respeito à conceituação que, segundo Aurélio Buarque em seu dicionário da língua portuguesa, define como sendo a relação existente entre oferta e procura de diversos usuários de um produto ou de uma atividade, por exemplo: mercado de trabalho, mercado financeiro, mercado aberto, etc.

relacionados à geometria da imagem, dados estes que possibilitam a geração de ortorectificação, que só era possível em fotografias aéreas. O pacote ORTO KIT é à base do desenvolvimento da presente pesquisa de doutorado, dado a pequena diferença apresentada no valor por metro quadrado em relação ao produto GEO, que não disponibiliza os dados relativamente às efemérides.

No que tange às análises de viabilidade da utilização de imagens IKONOS para geração de produtos topográficos, a empresa GIS Plan – Tecnologia da Geoinformação, efetuou testes utilizando pares estereoscópicos IKONOS e, desenvolvendo parceria com o Serviço Cartográfico do Exército, através da DSG. Esse projeto é definido por Silva et. al (2002, p.1) como um projeto que possui dois objetivos bem definidos, que eram avaliar a viabilidade de uso e precisão. Por viabilidade, Silva et al. (2002, p. 1) esclarece que o desejo era verificar os aspectos inerentes ao processo de extração de informação de interesse (hidrografia, sistema viário, etc.) por meio de técnicas de restituição fotogramétrica. Por precisão os autores querem referir-se ao padrão de exatidão cartográfica adotado no mapeamento sistemático nacional. Os resultados obtidos, e avaliados dentro dos padrões cartográficos permitiram a empresa citada definir os seguintes resultados:

- 1. Os resultados alcançados nos permitem afirmar que as imagens do satélite IKONOS podem ser utilizadas em estações fotogramétricas digitais visando à construção de cartas topográficas nas escalas de 1:25.000 ou menores.*
- 2. Instituições habituadas a produzir cartas topográficas a partir de fotografias aéreas podem, com extrema facilidade, se adequar para operar também com imagens de satélite.*
- 3. As imagens IKONOS podem ser vistas como uma alternativa para solucionar os problemas de vazios cartográficos e de atualização do mapeamento sistemático.*
- 4. Os resultados apresentados na tabela 5 (erro planimétrico médio de 3,53m e altimétrico de 2,08m) nos encorajam a prosseguir, não só aperfeiçoando o processo de construção de cartas topográficas na escala de 1:25.000, mas também investigando a possibilidade de chegarmos à escala de 1:10.000.*

São encontradas também informações importantes acerca da utilização de imagens de alta resolução no trabalho desenvolvido por Assis (2001, p. 9-18) que descreve a possibilidade da utilização das referidas imagens com base nas correções disponíveis e já conhecidas, que são as transformações polinomial, proporcional e o modelo rigoroso.

Matias (2001, p. 211) afirma que uma das áreas mais tradicionais de emprego da tecnologia SIG é aquela voltada para a produção de bases de dados cartográficos, constituindo, segundo o autor, a grande fonte de aquisição, armazenamento e produção de dados cartográficos para posterior utilização no desenvolvimento de aplicações diversas.

Silva et al. (1995) tratando da importância da cartografia para a implantação de um sistema de geoprocessamento municipal afirma que, independentemente da escolha do hardware e do software, é necessária uma base cartográfica de boa qualidade, que represente com fidelidade a realidade do município, para que o georreferenciamento dos dados seja relacionado com a ocupação e utilização do solo urbano.

Davis Jr. (1996, p. 21) comenta que alguns objetivos do GIS municipal podem não ser alcançados sem um conjunto razoável de informações cartográficas atualizadas, contudo muitos dos objetivos do GIS municipal poderiam ser alcançados com a construção de bases mais simples e cartograficamente menos precisas, o que seria alcançado com a utilização de metodologias que permitissem a minimização dos atuais custos e tempo decorrente das aquisições efetuadas a partir de processos aerofotogramétricos.

Tavares (1999, p. 55) afirma que quando se fala em geoprocessamento, logo vem à tona a validade da informação, a conversão de dados do meio gráfico para o digital e a respectiva estruturação topológica, porém, apesar do mapeamento brasileiro não estar totalmente convertido, deve-se antes de iniciar este processo, efetuar a atualização necessária.

Corroborar as idéias e assertiva de Tavares (1999, p. 55), as considerações desenvolvidas por Davis Jr. (1999, p. 32, 33), avaliando o futuro do “GIS Urbano”, levanta a discussão que normalmente permeia os diversos setores sobre a disponibilização de informações precisas, e ao mesmo tempo com base nas metodologias em vigor, relativamente ao processo de aquisição e geração das bases cartográficas.

Entretanto, a visão de Davis Jr. (1999, p. 32) é de grande objetividade, quando enfoca as questões pertinentes à qualidade do produto para diversos trabalhos a nível urbano, isto porque, a alta precisão não é um pré-requisito indispensável para a implantação de um sistema de gestão urbana.

Tavares (1999, p. 48) comenta que as prefeituras que têm conseguido viabilizar com maior facilidade a implantação de sua estrutura de Geoprocessamento são as que se reunirão com prestadoras de serviços públicos, dividindo investimentos e procurando ratear custos na busca de objetivos comuns. O compartilhamento das idéias acima é dividido com Davis Jr. (1999, p. 33) quando afirma que uma mesma base pode ser compartilhada com diversas empresas que, com o esforço cooperativo, poderiam com maior facilidade implementar essa aquisição.

Vale ressaltar que iniciativas como as acima citadas, foram desenvolvidas pelo estado de Goiás na estruturação do Mapa Urbano Básico do Distrito de Goiânia - MUBDG, e no Distrito Federal, com a estruturação de um convênio entre as empresas CODEPLAN, responsável pelo mapeamento cartográfico do Distrito Federal, a Companhia Energética de Brasília, a Companhia de Saneamento do Distrito Federal, a Companhia Imobiliária de Brasília, a Telebrasil e, finalmente, a Secretaria da Fazenda. Esse convênio permitiu a geração de uma base cartográfica de aproximadamente 750 km², de área urbana, a partir de um voo na escala de 1:8.000, geração de ortofotos e restituição na escala 1:2.000.

Novak (1992, p. 493-501), chama a atenção para a necessidade e a forma de efetuarem-se os processos de retificação, sejam eles em ortofotos ou em imagens orbitais, tendo em vista especificidade e objetivos a serem alcançados. Destaca

ainda Novak (1992, p. 493-501) que os métodos mais utilizados que são: polinomial, que corrige as distorções da imagem a partir de densa rede de pontos de controle, do que decorre que quanto maior o número de pontos maior a precisão da retificação; o método projetivo, que descreve a relação entre dois planos, que são definidos através de oito parâmetros, oriundos de quatro pontos no plano e suas coordenadas correspondentes à imagem e o método diferencial que consiste em transferir tons de cinza da fotografia aérea ou imagem de satélite para uma malha fina e regular que representa a projeção ortogonal do terreno.

O processo de retificação que segundo Oliveira (1983, p. 492) e Fragassi (1998, p. 50), consiste na projeção de uma fotografia inclinada ou oblíqua sobre um plano de referencia horizontal. A retificação segundo Fragassi (1998, p 50) pode ser simples ou diferencial. A primeira caracteriza-se pela correção da escala e inclinação das fotografias obtidas por câmaras, cujo eixo de tomada das estações esteja aproximadamente paralelos em relação ao objeto fotografado. Já as diferenciais consistem na transformação de fotos aéreas verticais em ortofotografias, que no sistema digital passam a constituir as ortofotos digitais.

Santos (1989, p. 63) propõe uma metodologia para transformação de qualquer tipo de imagem para o sistema UTM, apresentando a forma de escolha do modelo matemático, da identificação e extração dos pontos de apoio, uniformização das coordenadas da imagem, transformação das coordenadas para o sistema plano cartesiano UTM, para que, finalmente, seja efetuada a atualização planimétrica da carta.

A utilização do processo descrito por Santos (1989, p. 63) exige o conhecimento dos parâmetros de orientação²⁰ exterior (uso da colinearidade²¹ simples) e interior (uso da colinearidade modificada). Ainda Novak (1992) apud Fragassi (1998, p. 50) esclarece que, quando os parâmetros acima não estão

²⁰ De acordo com Andrade (1998) a orientação interna é a operação de recuperação da posição da fotografia relativamente à câmara e a externa, permite recuperar a posição da altitude em relação a um referencial terrestre.

²¹ De acordo com Lugnani (1987) a a colinearidade também é chamada de equação projetiva, isto porque, as equações projetivas constituem um tipo de transformação.

disponíveis ou não são conhecidos, podem-se usar as técnicas de fototriangulação com autocalibração para resgatá-los.

A exatidão das informações geométricas de imagens espaciais recebe de Meneguette (1988, p. 233) a afirmação de que para a concretização destas é necessário o conhecimento das relações matemáticas entre a imagem e o espaço objeto. Assim sendo, a autora parte do princípio que a restituição deve ser efetuada quando a localização correta de detalhes presentes na imagem pode ser determinada em um sistema de referência.

Novo (1993, p. 220) esclarece que as técnicas de correção radiométrica sempre acarretaram alterações dos dados originais, podendo inclusive levar à degradação da qualidade do sinal original. No que tange à correção geométrica, Menezes et al. (1991, p. 16-17) chama a atenção para o fato de que as fontes desses problemas são maiores que os das radiométricas, tendo como fatores principais a rotação da Terra durante o tempo de imageamento; variações na altitude e velocidade do satélite e, finalmente, grande campo de visada de alguns satélites.

Com relação às possibilidades de correção das distorções de ordem geométrica, Menezes (1991, p. 18) acentua que as decorrentes da rotação da Terra, quando a magnitude da fonte de distorção é conhecida torna-se fácil elaborar um modelo de correção. As distorções decorrentes da diferença de altitude são corrigidas antes da distribuição das imagens aos usuários e, finalmente, se as correções de natureza da área de imageamento, que provocam variação na escala quando obtidas a “em *nadir*” ou “*off-nadir*”, apresentarem pequenas variações de “ θ ”, esse efeito é negligenciável. Menezes et. al. (1991, p. 18) chama ainda a atenção que, independentemente de conhecer-se a fonte ou o tipo de erro, o modelo mais comum de correção geométrica consiste em estabelecer relações matemáticas entre as posições dos pixels da imagem e as correspondentes destes pixels no terreno, utilizando-se mapas geometricamente corretos.

D’Alge (1999, p. 17-18) destaca os diversos tipos de transformação que podem ser utilizadas, esclarecendo que, a transformação afim ortogonal executa dois fatores de escala, cada um ao longo da direção de um dos eixos de um sistema

de coordenadas planas, uma rotação e duas translações (5 parâmetros). Destaca, ainda, D'Alge (1999, p. 17-18) que esse modelo representa uma transformação útil quando se desejam investigar deformações de escala ao longo de direções perpendiculares que, apesar de não ser um processo muito comum, pode ser usado como função de calibração na entrada de dados via mesa digitalizadora, sendo necessário um mínimo de 3 pontos de controle.

Ainda tratando do mesmo tema, ou seja, processo de transformação, D'Alge (1999, p. 17-18) apresenta a transformação de afinidade, descrevendo que esta executa dois fatores de escala, uma rotação, duas translações e uma rotação residual, que é responsável pela quebra da ortogonalidade neste caso o número de parâmetros 6 (seis) diferencia-se da anterior, transformação afim que utilizava 5 (cinco). Vale esclarecer que a transformação de afinidade nada mais é que um polinômio do 1º grau. A determinação de seus 6 parâmetros também requer um número mínimo de 3 pontos de controle. Abaixo é apresentado o modelo matemático para uma transformação afim.

$$X = a_1x + a_2y + a_3$$

$$Y = a_4x + a_5y + a_6$$

D'Alge (1999, p. 17-18) passa a esclarecer que qualquer outro tipo de transformação geométrica mais complexa que necessite utilizar um polinômio que não o de 1º grau introduz quebra de paralelismo. Transformações polinomiais podem ser úteis para o registro de dados vetoriais e matriciais a uma base de dados num SIG.

Ainda de acordo com as colocações de D'Alge (1999, p. 17-18) verifica-se que as transformações anteriormente detalhadas são utilizadas visando a efetuar não só transformações, como também estabelecer o vínculo entre as coordenadas da imagem e as coordenadas do sistema de referência através de pontos de controle. Menezes et al. (1991) apresenta a estruturação de um polinômio de 2º grau com 6 (seis) incógnitas.

$$\mathbf{M} = a_0 + a_1x + a_2y + a_3xy + a_4x^2 + a_5y^2$$

$$\mathbf{V} = b_0 + b_1x + b_2y + b_3xy + b_4x^2 + b_5y^2$$

Quando se faz a opção pela utilização de um modelo matemático de transformação é necessário ter em mente que a maior ou menor complexidade do modelo matemático desejado dependerá da realidade física, do rigor da precisão desejada e ainda das condições econômicas, Santos (1989, p. 63).

Para o processamento da imagem a ser utilizada realiza-se a correção geométrica que, segundo Fragassi (1998, p. 8), corresponde à reorganização dos *pixels* da cena, para que os mesmos possam ocupar uma dada posição na imagem e que guardem uma relação com o sistema de referência adotada. O que significa que se realizam as mudanças das propriedades geométricas da imagem.

Testes realizados por Andrade (1988, p. 251) demonstraram que em regiões planas e, quando o ângulo de tomada for praticamente vertical, a deformação ocasionada pelos efeitos do relevo torna-se insignificantes dispensando a realização de pré-tratamento mais sofisticado.

A empresa ENGEFOTO efetuando análises visando obter resultados que possibilitassem a utilização de imagens IKONOS na geração de produtos cartográficos. Realizou testes em dois tipos de região com topografias diferenciadas. A região que apresentava relevo plano, apresentou um resultado aceitável. Entretanto, quando os testes foram realizados em uma região com o terreno acidentado, o resultado obtido não apresentou o mesmo nível de aceitação. Esse fato levou a empresa a desprezar a possibilidade do uso de imagens IKONOS e mesmo testar validar outros métodos que possibilitassem o atendimento em escalas compatíveis e precisão de acordo com objetivos de produtos que não possuíssem o rigor cartográfico.

Os resultados dos trabalhos desenvolvidos pela ENGETOFO levaram a empresa a concluir que, para se trabalhar com imagens IKONOS GEO em projetos, nos quais seja necessária a obtenção de mapas com precisões superiores a 20

metros somente será possível com aplicação de métodos fotogramétricos, o que é inviável com a utilização de imagem IKONOS, em razão da empresa fornecedora da referida imagem, a Space Imaging, não disponibilizar os dados referentes as efemérides do satélite, o que permitiria a ortorretificação.

Outro trabalho que muito veio contribuir para a presente pesquisa foram os testes realizados por Martins et al. (2002), que consolidou estudos das empresas INFOSTRATA, em conjunto com a equipe de cartografia da empresa CEMIG – Centrais Elétricas de Minas Gerais e o apoio da empresa Space Imaging, objetivando testar a capacidade cartográfica das imagens IKONOS.

Conforme é possível identificar em Martins et al. (2002, p. 3) o conjunto do teste tinha a finalidade de apresentar os resultados da precisão cartográfica obtido de imagens IKONOS, utilizando diversas fontes planialtimétricas e pontos de apoio existentes no Estado de Minas Gerais, assim como tipos diferentes de metodologias.

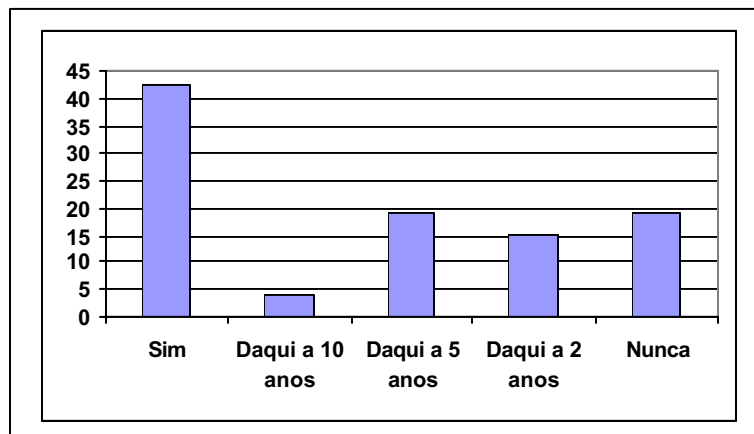
A grande vantagem do trabalho acima citado é o fato de ter sido desenvolvido posteriormente aos testes e análises da presente pesquisa, com uma metodologia com características semelhantes, utilizando software de ortorretificação diferente. Na presente pesquisa o software para manipulação da ortorretificação foi o PCI e o teste da **INFOSTRATA** foi o ERDAS IMAGINE 8.5 e módulo OrthoBasePro.

Visando dar maior consistência às análises relativamente ao uso de imagens alta resolução, foram realizados levantamentos com alguns usuários do produto IKONOS, e os questionários aplicados encontram-se apresentados no capítulo referente aos procedimentos metodológicos.

Na busca de verificar a postura do mercado usuário e gerador de produtos cartográficos, a empresa ENGESPAÇO (2001) desenvolveu uma pesquisa aberta em rede mundial de computadores “**INTERNET**” quanto às possibilidades de utilização das imagens de alta resolução IKONOS na substituição de fotografias aéreas para geração de produtos cartográficos, obtendo o seguinte resultado:

Tabela 31 – Avaliação sobre o futuro das Imagens de Alta Resolução

Sim	42,31
Daqui a 10 anos	3,85
Daqui a 5 anos	19,23
Daqui a 2 anos	15,38
Nunca	19,23



Fonte: www.engespaço.com.br, modificado por Bias (2001)

5.4.3 Critérios de Precisão

Ao iniciar os comentários deste tópico, faz-se necessário avaliar em primeiro lugar qual o nível de precisão que exige uma base cartográfica para atender as necessidades de trabalhos voltados a planejamento urbano.

Permanecer num campo de discussão infrutífero no que diz respeito a aspectos relativos a um purismo cartográfico é não permitir o desenvolvimento de novas tecnologias que venham a auxiliar órgãos, instituições e, sobretudo, o poder público no que tange a necessidade de planejamento urbano e a gestão ambiental urbana.

Corroborando as assertivas acima reportagem vinculada no jornal “Correio Braziliense”, de 14 de dezembro de 2002, apresentando dados referentes a levantamento do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, demonstrando que, apenas 18% dos 5.561 (cinco mil e quinhentos e sessenta e um)

municípios brasileiros possuem um plano diretor que representa o instrumento fundamental para a gestão das cidades.

É de bom alvitre não deixar de abordar no presente trabalho os aspectos relativos à precisão e acurácia, tendo em vista a possibilidade de nortear os futuros usuários na aquisição e/ou contratação de um determinado produto.

Identifica-se no momento atual um aumento assustador do número de bases cartográficas preparadas por empresas de diversos segmentos, muitas delas não especializadas na geração de produtos cartográficos, desenvolvendo e disponibilizando produtos, sem que haja sobre estes um processo de controle de qualidade e ainda mais, muitas das vezes estruturados com bases em técnicas alternativas que não possibilitam o controle de sua precisão e acurácia. Sem dúvida alguma, um dos principais elementos dessa corrida desenfreada é a disseminação das ferramentas de geoprocessamento entre as mais diversas comunidades, científicas, públicas e privadas, que favorecem a gestão de um grande número de informações.

Pode-se inferir que a falta de bases cartográficas digitais, geradas por órgãos normativos governamentais, que sirvam de referência única e possam suprir as necessidades dos diversos segmentos de usuários, tem provocado a ocorrência de análises distorcidas e irreais em virtude do uso de bases que apresentam sérias limitações, como é o caso da seleção inadequada da escala, ou ainda, com graves erros de construção, que podem levar a posicionamentos equivocados.

A construção de um bom mapa tem início em um bom levantamento planialtimétrico; entretanto, nessa fase de trabalho, é inserida a maior causa dos erros grosseiros e sistemáticos, sendo os primeiros decorrentes de erros de anotação, pontaria, bem como estacionamento e nivelamento mal feitos. Já os segundos, podem estar relacionados a refração atmosférica, efeitos da maré, gravidade ou erros de calibragem dos equipamentos dentre outros.

Andrade (1998, p. 114-116) avalia os conceitos inerentes às conceituações de precisão e exatidão e explicita que, quando se trata de precisão, a relação

estabelecida é com a medida de espalhamento, sendo que a curva normal de Gauss, por apresentar uma distribuição estatística normal, permite observar o grau de espalhamento de uma variável em relação a sua média²².

Quanto à exatidão, Andrade (1998, p. 116) esclarece que essa se refere ao grau de confiabilidade, sendo obtida com a eliminação dos denominados erros sistemáticos, apesar de outros erros também ocorrem como os acidentais, impossíveis de serem eliminados, e somente quantificados. O autor acima apresenta alguns procedimentos para se evitar ou minimizar alguns erros.

1. Evitar os ângulos muito abertos ou muito agudos;
2. Procurar realizar os levantamentos com equipamentos de resolução angular e aumento da luneta ideal;
3. Utilizar métodos de levantamento ideais.

Corroborando com as considerações acima Silva; Brito (1991), apud Queiroz Filho (1993, p. 2) que adverte que a qualidade de um documento cartográfico é função principalmente do custo associado às decisões baseadas no documento, isto é, nos objetivos pretendidos com o produto; assim, continua Silva; Brito (1991), apud Queiroz Filho (1993, p. 2) esclarecendo que, embora existindo normas estatísticas que norteiam a precisão planialtimétrica, esses índices podem ficar em segundo plano, pois um documento cartográfico pode não atender às tolerâncias estatísticas e ainda assim ser considerado de boa qualidade para a finalidade do trabalho a ser desenvolvido.

Fato não menos importante diz respeito às questões relativas à conversão de dados e aos erros inerentes a este processo. Quintanilha (1996, p. 96) acentua que o arquivo digital resultante dos processos de conversão e transferência de dados de forma alguma terá a qualidade e fidedignidade melhor que a do

²² Segundo Andrade (1998), p. 114 a média é a representação do ápice que se observa na curva de Gauss, e a distância medida entre cada um dos pontos de inflexão que a curva apresenta chama-se desvio padrão. Assim sendo, uma medida de probabilidade da média real deverá estar contida no intervalo entre a média e o ponto de inflexão na curva.

documento original, uma vez que o conteúdo desse arquivo é apenas uma amostra da representação existente no mapa original.

Inúmeros trabalhos têm sido escritos, vislumbrando cobrir e nortear a comunidade cartográfica acerca das questões relativas à acurácia dos produtos, entre os quais pode-se destacar alguns apresentados no Spatial Accuracy Assessment Land Information Uncertainty in Natural Resources.

O termo precisão é geralmente usado de duas formas. A primeira é baseada segundo a estatística clássica no cálculo de discrepância das amostras. Vale esclarecer que, no contexto estatístico, precisão se refere à dispersão em torno do valor observado, Cochran (1977) apud Mowrer (1999, p. 4); e a segunda forma normalmente passou a ser utilizada pelas áreas ligadas à ciência e administração da informação, Laurini and Thompson (1992) apud Mowrer (1999, p. 4).

Mowrer (1999, p. 5) esclarece que, quando as questões são ligadas à precisão, a atenção deve ser redobrada uma vez que o efeito da generalização de um determinado fenômeno introduz uma incerteza que será tanto maior quanto maior for a escala.

Tavares (2000, p. 2), desenvolve esclarecimentos acerca dos conceitos de exatidão e precisão, informando que a primeira é sinônimo de acuracidade, ou seja, a consistência externa; já o segundo significa, conforme também esclarece Mowrer (1999, p. 5), a dispersão ou afastamento do valor verdadeiro observado, também podendo ser denominado de “Erro Médio Quadrático”, ou seja, a consistência interna.

Também se encontram em Ishikawa (2001, p. 41) explicações e definições a cerca da exatidão que, segundo o autor, representa o conjunto de critérios e normas estabelecidas para nortear os processos de quantificação e determinação da exatidão de uma carta.

Ishikawa (2001, p. 42) chama ainda a atenção para as questões pertinentes ao número de pontos que devem ser utilizados para a avaliação da precisão de uma carta e, neste particular, não existe no Brasil, particularmente na legislação vigente Decreto nº 89.817/(84), nenhuma instrução a respeito. No entanto, com base em Marchant (1982) apud Ishikawa (2001, p. 43) informa que devem ser pelo menos utilizado vinte pontos bem definidos, de modo a recobrir toda a área de estudo de forma homogênea.

De acordo com Bochicchio et al. (1979, p. 30-32), os produtos cartográficos são classificados segundo o grau de precisão como acurados ou precisos, normais ou regulares, preliminares e especiais. Os primeiros possuem a característica da planimetria correta e completa, contendo todos os detalhes representáveis na escala do produto final e, ainda mais, possuindo a precisão do limite da acuidade visual igual ou superior a 0,2 mm.

Com relação aos produtos cartográficos definidos por Bochicchio et al. (1979, p. 30-32) como normais ou regulares, enquadram-se todos aqueles oriundos de levantamentos que tenham obedecido a todas as normas estabelecidas para as operações de medição, cálculo, restituição, ou ortoprojeção, reambulação, desenho ou gravação, dentro de limites de tolerância como:

- ✓ Na conclusão da carta, 90% dos pontos não podem possuir deslocamentos superiores a 0,5 mm de suas verdadeiras posições; e
- ✓ 90% das altitudes obtidas por interpolação não podem apresentar diferenças iguais ou superiores a meia eqüidistância.

A Cartografia Convencional possui padrões e parâmetros definidos de precisão denominados “PEC”, sendo este o indicador de dispersão relativo a 90% de probabilidade que define a exatidão dos trabalhos cartográficos.

A ASPRS - *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing* recomenda critérios para categorizar uma carta como tipo 1 ou Classe A, conforme se pode observar na Tabela 31. A tabela abaixo serve como parâmetro norteador para que se possa aquilatar a real necessidade da aquisição de um produto para

atender questões de planejamento urbano dentro dos padrões definidos para um mapeamento tipo 1 Classe A, conforme abordagem efetuada no início deste capítulo. Foram excluídas as escalas que se encontram fora dos limites de trabalho relativo ao planejamento urbano.

Tabela 32 - Precisão requerida para mapas Classe 1:

Escala do mapa	EMQ limite para X e Y
1:1.000	0.250
1:2.000	0.500
1:4.000	1.000
1:5.000	1.250
1:10.000	2.500
1:20.000	5.000
1:50.000	12.50

Fonte: Ishikawa (2001)

A probabilidade de 90% relativa ao PEC, de acordo com Tavares (2000, p. 2), corresponde a 1,6449 vezes o erro-padrão, o qual isolado num trabalho cartográfico, não deverá ultrapassar 60,8% do PEC. Isto significa que, utilizando-se 90% dos pontos definidos em uma carta, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao “PEC” Planimétrico estabelecido, e 90% dos pontos isolados de altitude, obtidos por interpolação de curvas de nível, quando testados no terreno, não poderão apresentar erro superior ao “PEC” Altimétrico.

Existem também condições relacionadas com a precisão dos produtos digitais, o que Queiroz Filho (1993, p. 35) enfatiza em seu trabalho de dissertação, chamando a atenção para a falta de subsídios técnicos para a definição desta precisão, isto porque os métodos utilizados encontram-se ainda atrelados aos definidos pela cartografia tradicional, limitada a espessura do traço da pena de desenho.

D’Alge (1999, p.18) enfoca que o componente de erro mais explorado é a incerteza quanto à localização, sendo que a exatidão de posicionamento é dada pelo

erro da posição ou na localização com relação ao sistema de referência da base de dados.

Andrade (1988, p. 251), após realizar testes visando a verificar o potencial das imagens SPOT – P na atualização cartográfica, em Brasília, Distrito Federal, desenvolveu análises para avaliar a precisão cartográfica, a partir da retirada de 10 (dez) pontos escolhidos aleatoriamente na carta-imagem para aplicação na comparação das coordenadas retiradas com o sistema de referência. O desvio calculado foi de 0,223 mm, resultando um modelo de precisão cartográfica de 0,3710 mm, determinando que o produto poderia ser enquadrado como classe “A”.

Antes da conclusão da abordagem da exatidão, não poderia deixar de ser considerado que o padrão de exatidão de coordenadas planimétricas encontra-se relacionado às características, formas, coleta e correção dos pontos com a utilização de equipamentos GPS – Global Position System.

Os dados referentes ao levantamento GPS devem ser efetuados de acordo com a precisão exigida para o produto. Portanto, quando o desejo é trabalhar com dados de precisão a utilização da portadora é mais adequado que o código. E o uso do código é mais pertinente a usuários que desejam grande produtividade. Finalmente, vale esclarecer que os temas tratados encontram-se vinculados a dados a serem pós-processados com correção diferencial.

Corrigir diferencialmente dados GPS de campo é aplicar um processo que permite remover erros dos dados GPS. A correção diferencial visa a melhorar a exatidão das posições GPS de aproximadamente entre menos de 1 m a cerca de 5 metros, dependendo do receptor e da técnica de coleta de dados usada.

No processo de correção diferencial é utilizado um receptor extra, conhecido como a estação-base, que é colocado em uma posição de referência conhecida e permanece recebendo dados GPS de todos os satélites à vista. Um ou mais receptores “**ROVERS**” coletam dados GPS em lugares desconhecidos utilizando os mesmos satélites dos quais a base está recebendo informações.

A correção diferencial consiste, portanto, na comparação dos dados da estação base, que possui posição geográfica definida e conhecida e calcula o erro associado com cada pseudo-alcance do satélite. Esse erro é utilizado para corrigir as posições do **ROVER**, melhorando suas exatidões.

As correções diferenciais do GPS podem ser aplicadas no momento em que os dados estão sendo coletados no campo (diferencial em tempo real, GPS utilizando rádios). Correções diferenciais podem ainda ser aplicadas no escritório, uma vez que o **ROVER** e os arquivos da estação-base são transferidos para o computador do escritório. A isto se dá o nome de correção diferencial pós-processada.

Vale esclarecer que a exatidão da correção diferencial é degradada à medida que a distância entre a estação base e o **ROVER** aumentam. Uma estimativa dessa degradação é de duas partes por milhão (ppm). Por exemplo, 2 mm de degradação ocorrem para cada quilômetro entre a base e o **ROVER**.

Existem também definições que variam de acordo com fornecedores de equipamentos GPS quanto às distâncias que devem ser observadas para levantamentos que sofreram correção diferencial. As informações constantes dos manuais da Trimble Navigation, relativamente à Estação Base TRS - Trimble Reference Station, para armazenamento de dados direto em PC²³, trabalhando com os receptores GEO Explorer 3, esclarecem que, quando os dados forem processados por código, a coleta deverá ocorrer dentro do perímetro de 500 quilômetros da estação de base e, quando forem coletados pela portadora, dentro de 50 quilômetros da estação da base (Trimble, 1999).

Tavares (2000, p. 3-5) relaciona alguns procedimentos e cuidados que devem ser seguidos no que tange à determinação de coordenadas planimétricas em campo com o uso de tecnologia GPS.

²³ PC – Sigla utilizada para identificar os computadores pessoais Personal Computer, ou melhor, o DESKTOP, que consiste em um microcomputador com processador variando, podendo ser grande ou não e sua utilização se dá para diversas finalidades.

- As determinações por GPS deverão ser feitas pelo método diferencial estático;
- As observações devem ser diretas e o irradiação e tempo da sessão a partir de 15 (quinze) minutos por estação a fim de resolver as ambigüidades;
- Rastrear um mínimo de 5 (cinco) satélites e o PDOP²⁴ máximo ser de 6 (seis);
- Distância entre as estações bases e as remotas não deverão ser superior a 25 (vinte e cinco) km, a fim de evitar efeitos da refração ionosférica que retardariam as modulações da portadora;
- Todos os pontos a serem medidos deverão ser reconhecidos previamente.

5.5 - Planejamento Urbano

5.5.1 - Mapeamento do Uso da Terra

Entre os aspectos que se pode elencar quanto aos estudos de planejamento urbano, não existe possibilidade de exclusão do mapeamento do uso da terra, isto porque ele passa a representar e demonstrar a espacialização das diversas ocupações e, ao mesmo tempo, quantificar os elementos funcionais existentes, e os seus reflexos no equilíbrio do ambiente urbano.

Dessa forma, fica evidente que, tendo como objetivo o estudo urbano, devem-se possuir as características de ocupação deste ambiente. Neste estudo, como alguns dos objetivos são as avaliações das características das áreas verdes e das ilhas de calor no planejamento urbano, tornar-se-ia impossível atingir este desiderato

²⁴ A sigla DOP (Dilution of Precision) representa um dos parâmetros mais importantes na avaliação da qualidade da posição GPS, quando se está utilizando correção diferencial, pois quantifica a influência da geometria da constelação de satélites na acurácia das coordenadas obtidas. Existem vários valores de DOP que são derivados do GDOP (Geometric Dilution of Precision), como o P (position) DOP, H (horizontal) DOP, V (vertical) DOP e o T (time) DOP. Entretanto o valor do PDOP é o mais utilizado para controle do rastreamento por considerar a influência da constelação no resultado tridimensional (N, E e h). Os valores comumente utilizados para aceitação do PDOP variam entre 2 (dois) e 6 (seis). Atualmente, a grande maioria dos programas de pós-processamento GPS proporcionam gráficos que indicam os valores de PDOP para planejamento, objetivando a efetuação de um planejamento da missão com uma estimativa confiável da distribuição dos satélites. Pessoa (1997, p. 64-65) e Rocha (2002, p. 161).

sem que fosse avaliado e apresentado um estudo referente ao uso e ocupação da terra.

No que tange ao mapeamento do uso da terra, muito tem sido feito desde o advento dos sensores remotos; entretanto, dado o nível de refinamento de resolução destes sensores, a interpretação de feições intra-urbanas não tem sido possível ser analisada, gerando assim um ônus em razão da necessidade de uma atuação muito intensa em trabalhos de campo que demandam longo tempo de trabalho e o envolvimento de uma grande equipe de profissionais.

Ceccato (1994, p. 33), avaliando a utilização de técnicas de sensoriamento remoto em estudos urbanos, realiza um apanhado histórico, apresentando com base em trabalhos de Mumbower e Donoghue (1967) em que as fotografias aéreas foram a partir de 1923 tidas como ferramentas voltadas ao estudo urbano; entretanto, somente a partir da Segunda Grande Guerra, as aplicações passarão a ser utilizada de forma significativa.

Alguns trabalhos voltados à fotointerpretação surgiram a partir dos anos 50, nos estudos socioeconômicos de áreas residenciais urbanas, conforme destaca Ceccato (1994, p. 32), entre os quais os trabalhos de Green (1957) Green e Monier (1959). Dessa forma, pode-se verificar, conforme os autores citados por Ceccato (1994, p. 33) que, os 60 e 70 apresentaram-se como o início do desenvolvimento dos sistemas sensores, bem como do uso de fotografias aéreas com filmes infravermelhos, multibandas e, finalmente, o lançamento do primeiro satélite da série LANDSAT, surgindo, assim, às primeiras imagens orbitais, que viriam transformar as atividades de coleta de informações, relativamente ao uso e ocupação do solo.

Continuando na apresentação do desenvolvimento histórico do Sensoriamento Remoto, Ceccato (1994, p. 33) cita a década de 80 como o advento da segunda geração LANDSAT, com melhor resolução espacial (30 metros) e o surgimento do satélite francês SPOT apresentando resoluções diferenciadas para as bandas multiespectral (20 metros) e pancromático (10 metros).

Estudos visando a avaliar as potencialidades das imagens de sensores remotos para avaliação da dinâmica urbana foram realizados no Distrito Federal, entre os quais os de Oliveira et. al. (1984a, 1984b), e Anjos (1995).

Particularmente o trabalho desenvolvido por Anjos (1995), para elaboração de tese de doutorado intitulada “Modelagem dos Processos Urbanos Formadores da Dinâmica Urbana no Distrito Federal”, demonstrou a importância do uso de ferramentas geotecnológicas, no caso particular, de imagens orbitais, no estudo do monitoramento da evolução urbana, mapeamento dos vetores de crescimento, fator decisivo para uma gestão do planejamento urbano.

Ceccato (1994, p. 30) relaciona ainda os trabalhos de Forster (1982), Foresti (1986), Sadowski (1987), Forster e Jones (1988), enfatizando as limitações dos dados do sensor MSS (LANDSAT) para análises intra-urbana, como:

- Distância do sensor ao objeto reduz informação do contexto do local, que é de grande importância no processo de classificação, quando se pretende inferir classes urbanas de uso e não somente classes de cobertura do solo.
- As áreas urbanas são tipicamente heterogêneas, contendo vários tipos de materiais: telhados, asfalto, concreto, etc. Dessa forma, a radiação recebida de um único elemento do terreno inclui a radiação de cada um desses materiais, os quais, individualmente, possuem assinaturas espectrais distintas. Este fato passa a apresentar uma resposta aditiva desses alvos, que não é respectivamente o de nenhum um deles, ou melhor, passa-se a ter uma resposta mascarada da realidade espectral dos vários alvos existentes.
- Entre as classes de uso do solo, particularmente a residencial, ocorrem outras subclasses as quais não são facilmente definidas em classes discretas, o que dificulta o agregamento eficaz para a discriminação das feições urbanas.
- A função de espalhamento pontual do sensor integra a resposta de um pixel observado e de seus circunvizinhos. Em áreas urbanas, isto pode afetar significativamente a assinatura de uma única classe de cobertura, se a cobertura dos pixels vizinhos forem de classes diferentes.

- Em áreas heterogêneas, como as áreas urbanas, a degradação da resposta registrada em virtude dos efeitos atmosféricos é espacialmente variável, o que dificulta o processo de classificação.

A importância da utilização de cartas de uso da terra foi também motivo de abordagem de Matias (1991, p. 42), esclarecendo que as informações referentes ao uso do solo urbano constituem um importante fator de estudo da qualidade ambiental, tendo em vista a demonstração dos espaços efetivos, e esclarecendo sobre a forma atual de sua organização. O autor ainda chama a atenção para o fato de que o estudo do uso e ocupação é elemento básico para o bom planejamento.

A proposição de modificações e/ou adequações deve sempre ser norteada por instrumentos que apresentem a especialização da ocupação existente, no intuito de uma organização espacial que melhor atenda às necessidades da população, finaliza Matias (1991, p.42).

Anderson et al. (1976, p. 17), além de abordar aspectos pertinentes a classificação de feições homogêneas para formação de uma estrutura de interpretação, coloca as mudanças que estão ocorrendo nos modelos relativos aos estudos do uso da terra, tendo em vista o desenvolvimento de novos recursos e o aperfeiçoamento das tecnologias de sensoriamento remoto.

Hamburger (1993, p. 7) desenvolve uma classificação da determinando dois níveis: o primeiro referente à terra urbana ou construída e o segundo nível passa a ser subdividido em sete classes, nas quais são consideradas tanto as atividades desenvolvidas quanto as suas características físico-espaciais.

Hamburger (1993, p. 24-29) desenvolve uma abordagem analítica com relação aos produtos orbitais e as suas possibilidades de geração de mapas de classe do solo urbano, demonstrando que a resolução espacial aparece a todo o momento como uma das maiores e principais limitações.

Inicialmente, Hamburger (1993, p. 24-29) classifica as imagens obtidas por meio do sensor LANDSAT MSS como insatisfatórias, pois dificultam a diferenciação

e discriminação das classes existentes, permanecendo a sua capacidade inferior a 85 % (oitenta e cinco por cento).

Hamburber (1993 p. 24-29) citando os trabalhos desenvolvidos por Markham (1981), Andrade (1989) Dogging et al (1986), Khorram et al. (1987) e, finalmente, Wharton (1987) que apresentaram estudos quanto às potencialidades do sensor TM em relação ao MSS. Entretanto, os resultados deixaram claro que esse novo sensor possui limitações para mapeamentos do uso do solo, principalmente pelos ruídos existentes nas cenas.

Ainda na análise das possibilidades dos dados dos sensores para o mapeamento do uso do solo e as classificações de suas classes, tendo como base estudos de Nagarathinam et al. (1988) Forster et al. (1988) e Lohmann et al. (1988), Hamburger (1993, p. 26) conclui que o sensor SPOT indica uma melhora considerável em relação ao sensor TM, evidentemente graças a sua resolução espacial, não descartando, no entanto, a possibilidade de integração de diferentes sensores nos estudos e classificações do uso do solo.

Com relação à geração de mapa de uso do solo urbano, Costa (1996, p. 115) esclarece que, de acordo com estudos realizados por Ferrari (1991), considera que a classificação urbana pode ser realizada de acordo com as atividades predominantes de seus equipamentos que preencheriam todo o espaço urbano em diferentes proporções de área, que passam a variar no tempo e no espaço de acordo com a função predominante. As classes definidas por Ferrari (1991) estão apresentadas abaixo.

- Uso residencial;
- Uso industrial;
- Uso comercial;
- Uso institucional (público e privado);
- Áreas de circulação;
- Áreas vagas (públicas, privadas: próprias ou impróprias para o uso urbano.

Oliveira et al. (1984) efetuou estudos da dinâmica urbana do Distrito Federal com a utilização de imagens dos sensores LANDSAT MSS e TM, visando gerar um mapa que se apresenta às diversas classes de ocupação que se desenvolveram após o plano urbanístico do Arquiteto Lúcio Costa. O estudo permitiu mapear áreas com identificação de novas construções, adensamento residencial, invasões (favelas) movimentos de terra (terraplenagem), reflorestamento, solo exposto. Um dos pontos já identificados no estudo em questão, foi a expansão da área de invasão da Barragem do Paranoá, hoje transformada em cidade satélite.

O estudo de Oliveira et al. (1984) apresentou aspectos bastante relevantes, no entanto, dada a resolução espacial dos sensores utilizados, a observação não pode ser realizada no contexto intra -urbano.

Niero et al. (1983, p.1) realizaram estudos para análise do uso do solo urbano utilizando imagens de satélite, entretanto as autoras esclarecem com base nas considerações de Bruijn (1978) as limitações do uso dessas imagens em estudo de áreas urbanas, em virtude da resolução apresentada pelos referidos satélites. Evidentemente, esclarecem as autoras que, dependendo da escala de abordagem (1:100.000 ou 1:250.000), essas imagens apresentam um bom resultado. E foi justamente visando efetuar a compartimentação do uso do solo na área metropolitana que a autora estabeleceu as classes abaixo:

- Centro/ocupação vertical
- Residencial
- Mista
- Indústria
- Terraplenagem
- Vegetação densa
- Vegetação esparsa

Niero et al. (1983 p. 8) chama a atenção para o fato de que no mapeamento não foi possível efetuar a separação das classes de centro e ocupação vertical, tendo em vista ambas serem constituídas dos mesmos materiais o que estabelece uma alta correlação, dificultando a separação.

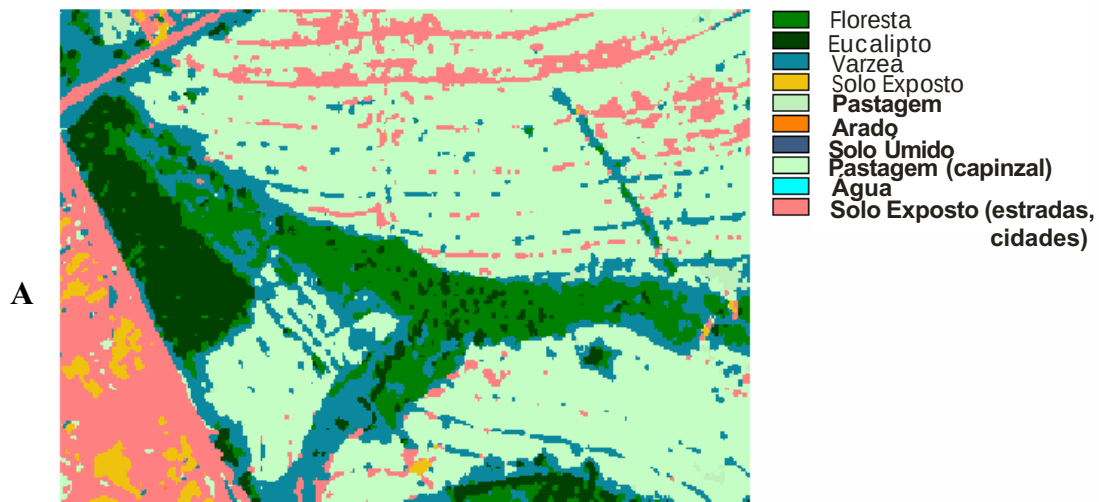
Gonçalves et al. (2001) desenvolveram trabalho com o objetivo de avaliar a capacidade das imagens IKONOS para atualização de cartografia de ocupação do solo com ênfase no coberto florestal e urbano, concluindo que, o lançamento de satélites com sensores ópticos que recolhem imagens da superfície terrestre de alta resolução (4m/1m) vem disponibilizar uma nova fonte de dados importante, potenciando a utilização dessas imagens no contexto das áreas urbanas a grande escala, pois o nível de resolução espacial dessas imagens corresponde às escalas de análise entre a 1:5 000 e 1:25000 utilizadas nos projetos de planejamento urbano.

Antunes et al. (2001) desenvolveram estudos visando avaliar a geração de mapa do uso do solo com base em análises fuzzy²⁵ e as técnicas de classificação de máxima verossimilhança com o sensor orbital IKONOS no município de Nova Esperança, na região norte do Estado do Paraná, que possui características econômicas voltadas à agricultura, onde, segundo os autores, se podem observar plantações de cana de açúcar em estágio inicial, pastagens, arado, remanescente da floresta ombrófila semidecidual, mata ciliar e reflorestamento de eucalipto.

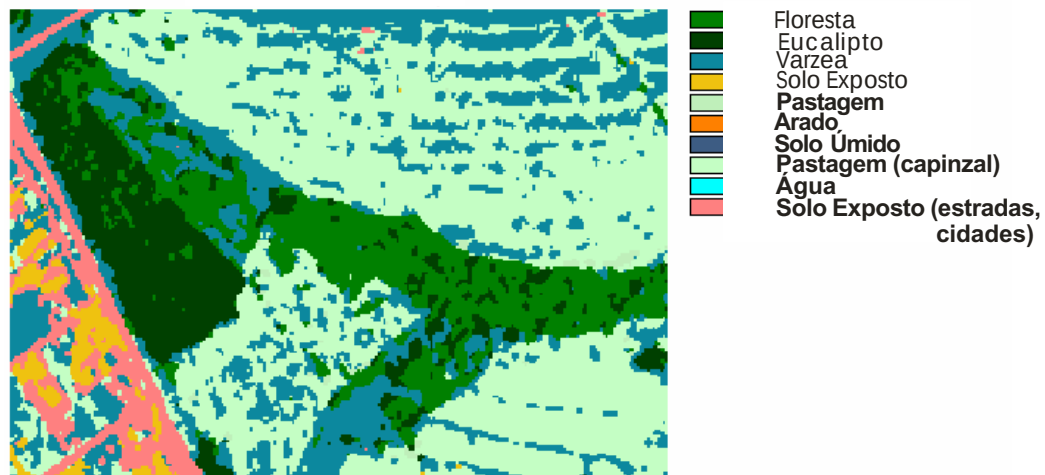
Os resultados obtidos por Antunes et al. (2001, p. 6) orientam que ambos os métodos de classificação apresentaram um baixo grau de acurácia se comparado à verdade de campo, no entanto não foi identificado no presente trabalho nenhum tipo de correção da imagem, antes da efetuação das classificações. Na Figura 35 (“A” e “B”), são apresentados os resultados obtidos na geração do mapa do uso do solo.

²⁵ De acordo com Teixeira et al. (1997, p. 113), a lógica fuzzy representa uma técnica utilizada em alguns sistemas especialistas para representar valores reais fracionários entre os estados verdadeiro e falso. Esta lógica, expressa um resultado como um estado intermediário, de modo que ele seja mais preciso. Ainda quanto à técnica fuzzy Ferreira (1995, p. 57) esclarece que a utilização dessa técnica,

Figura 35 – Classificações Fuzzy e Maxver
Classificação Fuzzy



B
Classificação Máxima Verossimilhança



Fonte: Antunes (2001), modificado por Bias (2002)

Kurkdjian (1986) desenvolve estudos em sua tese de doutorado com base em sensoriamento remoto visando avaliar e identificar os setores residenciais urbanos homogêneos, como instrumento ao planejamento urbano. Nesse estudo, Kurkdjian

faz com que os limites fixos das classes booleanas sejam transformados em zonas de transição gradual, flexibilizando os valores limites destas classes discretas.

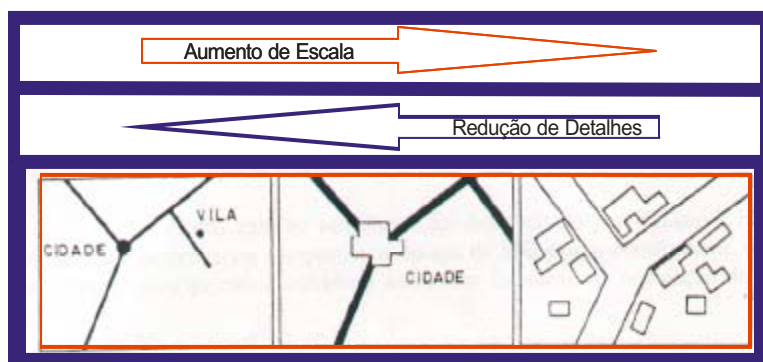
(1986, p. 85) esclarece a respeito da importância do mapeamento do uso do solo, com base na metodologia proposta. Esse mapeamento permite, segundo a autora, analisar os diferentes setores relativamente à identificação com o uso residencial e misto.

5.5.2 - Imagens IKONOS e a Resolução Espacial

Seria desmerecer, e até mesmo desacreditar a todos aqueles que contribuíram durante anos com os estudos e as aplicações de imagens orbitais voltadas aos estudos de planejamento urbano, não iniciarmos este capítulo tratando em primeiro lugar dos estudos, realizados durante aproximadamente duas décadas, que abriram as portas, sobretudo chamando a atenção da comunidade científica para avaliações e observações das potencialidades das imagens orbitais como um suporte de altíssimo valor para os estudos e análises de planejamento urbano.

As questões relacionadas com o uso de ferramentas geotecnológicas no estudo do espaço urbano são abordadas por Lee (1990) apud Ceccato (1994, p. 43) quando são discutidas as implicações relativas aos problemas de natureza espacial, relacionando-os com o aumento na escala, e conseqüentemente com o aumento na complexidade do espaço urbano e com as dificuldades de entrada e manipulação dos dados, conforme se pode observar na figura que se segue:

Figura 36 – Complexidade da espacialização em relação à escala



Fonte: Ceccato (1994) modificado por Bia s (2002)

Yeh (1990) e Yaakup et. al. (1990) apud Ceccato (1994, p. 44) utilizaram os SIG para aplicações em estudos de qualidade de vida urbana. O primeiro utilizou as ferramentas geotecnológicas para estimar a disponibilidade de terras para ocupação popular, objetivando monitorar o crescimento urbano de New Town, Hong Kong. Os segundos desenvolveram trabalhos comprovando a importância do uso de SIG para o planejamento do uso do solo urbano, principalmente voltado a áreas de atendimento de população de baixa renda.

No processo de planejamento urbano, o qual envolve decisões relativas à escolha do cenário futuro, objetivando alternativas de ação para alcançar cenários otimizados, evidencia-se que os métodos convencionais de coleta de dados não podem mais ser considerados como única fonte de informações ao processo de planejamento urbano.

Os produtos de sensoriamento remoto, tanto imagens orbitais como fotografias aéreas, podem desempenhar importante papel no processo de planejamento e reestruturação do ambiente urbano, pois a utilização de tais produtos permite identificar as características e as origens dos agentes modificadores do espaço, reconhecer e mapear, além de permitir verificar a extensão e a intensidade das alterações provocadas pelo homem.

As imagens orbitais são destacadas por apresentarem certas restrições quanto ao seu uso em determinados estudos intra-urbanos, tendo em vista que, as áreas urbanas apresentam uma estrutura complexa e heterogênea, com considerável relação interpixel e intrapixel, com alta frequência espacial de mudança. Assim, devido às resoluções espaciais dos sistemas sensores orbitais em operação e dependendo do tipo de informação desejada, não é possível uma discriminação precisa dos alvos urbanos. As considerações justificam-se pelo fato de os sensores analisados apresentarem resolução espacial de média a baixa, entre os quais incluímos as imagens provenientes dos satélites LANDSAT (TM 5 e 7) e SPOT (PAN e MULTIESPECTRAL).

As necessidades voltadas para os estudos do planejamento urbano nos dias atuais procuram obter respostas cada vez mais rápidas, objetivando ações nos

processos ligados à gestão municipal. Essas necessidades encontram-se vinculadas ao retorno político, que requer uma análise acurada dos cenários e, sobretudo, a possibilidade de prospecções futuras.

Nesse cenário, as ferramentas geotecnológicas assumem papel fundamental pela capacidade de coletar, armazenar, manipular e disponibilizar informações para a tomada de decisões, muitas vezes possibilitando a automação municipal dos processos de planejamento urbano.

De acordo com Sisgraph (2000, p. 4), o **“mapa na mão”** corresponde a trabalhar para o município com a compreensão de suas características locais geográficas e a influência que elas exercem na administração como um todo. Esse conceito de **“mapa na mão”** representa a fundamentação do uso de ferramentas de gestão ágeis e com caminhos praticamente irrestritos, integrando operações conjuntas entre empresas e disponibilizando acessos de variadas formas, entre as quais pode-se destacar a internet.

A proposta apresentada pela Sisgraph (2000, p. 4), que à época parecia um deslumbramento impossível de acontecer, nos dias atuais já é uma realidade sendo colocada em prática e apresentando resultados que respondem às necessidades do mercado. A implantação desse modelo pôde se tornar viável com base na combinação de equipamentos de recepção GPS juntamente com sistemas PALM TOP. Essa experiência foi colocada em prática por meio de um convênio efetuado entre as empresas SOLTEC – Soluções Tecnológicas e a Santiago & Cintra (www.soltec.com.br 2002), no desenvolvimento de um aplicativo baseado nos equipamentos descritos para coleta de dados e atualização de base urbanas, no estado da Bahia, na prestação de serviços à empresa COELBA, e possui as seguintes características:

- Solução própria para automatizar a coleta de dados georeferenciados em campo, com captura de coordenadas geográficas via integração com equipamento GPS portátil.
- Útil e versátil para levantamento de redes urbanas e rurais.

- Utilizado em serviços de atualização de dados, serviços ligados a projeto, como a etapa de avaliação e validação do projeto, acompanhamento da construção, assim como serviços de inspeção de redes para manutenção.
- Solução visa a aumentar a qualidade do cadastro e agilizar os trabalhos de entrega da base de dados ao cliente;
- Para áreas onde não existe a topografia, o PDA - Personal Data Assistant pode ser integrado a equipamento GPS diferencial, como o GPS Pathfinder Pocket da Trimble, que efetua a leitura e a coleta instantânea da coordenada. Também pode ser utilizado o GPS para correção por meio de pós-processamento.

A utilizações dessas novas tecnologias demonstram um elenco muito grande de aplicações, tais como:

- Geração de mapas temáticos;
- Identificação de zonas geradoras de demandas (escolas, postos de saúde, guarda municipal, pontos de ônibus, áreas públicas de lazer, etc);
- Identificação de zonas de influência eleitoral;
- Localização de terrenos públicos em zonas de interesse, envolvendo distâncias e zonas de ocupação;
- Avaliação de cenários e vetores de crescimento (urbano e sub-urbano);
- Definições de zonas de expansão;
- Reposicionamento e adequações em função das demandas de escolas, postes de saúde e policiais, etc;
- Análise de áreas de risco.

Evidentemente que, para a estruturação e, sobretudo desenvolvimento e implementação em um ambiente de geoprocessamento voltado a atender procedimentos de planejamento urbano bem como de outras atividades relativas à gestão de informações, necessário se faz atender as fases de coleta,

armazenamento, tratamento e análise e finalmente a disponibilização, conforme esclarece Matias (2001, p. 137).

As concepções, e principalmente a estruturação de um ambiente qualquer que irá utilizar as tecnologias de geoprocessamento, carecem em primeiro lugar da existência de uma base cartográfica, ou melhor, de cadastro de informações atualizado, representado em escala compatível com os objetivos. A estruturação desse cadastro passa a representar a base de coleta de todos os dados a serem consultados. Dessa forma, entende-se que deve haver uma estruturação conceitualmente lógica que possa atender às devidas consultas e pesquisas a serem efetuadas. As informações relativas às diversas atividades, devem possuir o georreferenciamento, e este orientado sobre uma base cartográfica de qualidade compatível com as necessidades e exigências dos diferentes usuários.

Howard et al. (1983) apud Oliveira et al. (1984, p. 2) afirmam que métodos convencionais têm sido substituídos pelos dados de satélite, particularmente os obtidos pelo satélite LANDSAT, permitindo o monitoramento do crescimento urbano, seja de modo globalizante ou dinâmico. Entretanto, as técnicas de classificação automática não levam em consideração os erros de classificação em cada cena analisada e a acumulação desses erros por ocasião das cenas. Dessa forma, Oliveira et al. (1984, p. 2) utilizou a técnica de registro de imagem disponível no IMAGE-100, que permite a sobreposição e a combinação a filtros adequados de cenas de diferentes datas, o que possibilitou a identificação e localização das áreas de crescimento urbano.

Oliveira et al. (1984, p. 1) afirma que uma das informações relevantes ao processo de planejamento urbano é aquela relativa à dinâmica do crescimento das cidades, propondo realizar e analisar a expansão urbana de Brasília nos últimos dez anos (1973 a 1983), com o uso de dados orbitais de sensoriamento remoto e tratamento automático de imagens.

Niero et al. (1983, p. 1) desenvolvendo considerações acerca das possibilidades do uso de técnicas de sensoriamento remoto orbital, pode fornecer subsídios para um planejamento mais racional de áreas metropolitanas em

constantes alterações, destacando no entanto com base nos estudos desenvolvidos por Bruijn (1978) que um dos grandes problemas dos estudos urbanos com o uso de imagens de satélite encontra-se no fato da pequena resolução espacial apresentada pelos satélites existentes.

As conclusões obtidas por Niero et al. (1983, p. 31) determinam que a resolução espacial e espectral dos satélites LANDSAT 1, 2 e 3, somente permite a classificação de amplos de uso do solo urbano, sendo possível de acordo com o estudo desenvolvido separar de forma mais clara as áreas de ocupação vertical, e apresentando problemas de separabilidade as classes de englobavam diferentes tipos de uso do solo. O trabalho ainda permitiu a verificação da organização urbana.

Ellefsen et al. (1974) apud Foresti (1978, p. 13) analisaram as imagens LANDSAT, concluindo que elas possuem características de rapidez de interpretação de dados, baixo custo e a possibilidade de monitoramento da área, de grande importância na solução de inúmeros problemas de uso da terra, permitindo diferenciações fáceis de áreas urbanas e rurais. Salienta ainda que as áreas urbanas tornam-se mais fáceis de interpretação dada a pouca mudança na fisiografia em relação as áreas rurais, particularmente as agrícolas que mudam de uma estação para outra.

Costa (1996, p. 17) afirma que em virtude da complexidade do ambiente urbano, os sensores com maior resolução espacial (TM e HVR e PAN – SPOT) integram a menor variedade de informações que o MSS, representando o ambiente urbano com maior fidelidade e facilitando a visualização de um maior número de detalhes.

Chen (1992) apud Costa (1996, p. 46) enfatiza que a integração de sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica podem fornecer mais informações espaciais e funções de análise espacial, auxiliando na formulação e implementação de planejamento urbano.

Estudos realizados por Harris et al. (1995) apud Costa (1996, p. 45) visando avaliar a eficiência da utilização de dados de diferentes fontes e de técnicas de

classificação para produzir mapas de uso do solo urbano na cidade de Beaver Dam , Wisconsin, levaram os autores a concluir que a integração das informações com uma classificação supervisionada de imagens LANDSAT TM aumenta o número de classe, caracterizando-se como uma excelente ferramenta para o planejamento urbano.

Lobo (1999, p 5), afirma que tradicionalmente os municípios se preocupam exclusivamente com as áreas urbanas, nas quais as imagens de satélite beneficiam diretamente o monitoramento da ocupação, tendo como consequência a atualização cadastral permanente. No entanto, as áreas rurais, que também são objeto da gestão municipal, dificilmente estão mapeadas, dificultando o desenvolvimento de programas de manutenção e gestão de estradas vicinais, definição do melhor local para implantação de equipamentos de saúde e educação, dentre outros.

Lombardo et al. (1996, p. 5) afirmam que as técnicas de sensoriamento remoto e o uso de sistemas de informação geográficas, utilizadas de maneira integrada e associadas aos métodos convencionais de análise, podem ser definidas como um instrumento significativamente importante no planejamento urbano, salientando ainda, que, o estudo interno da cidade, relacionado aos padrões de uso do solo, possui restrições devido ao baixo poder de resolução espacial dos sistemas orbitais em uso. A afirmativa de Lombardo et al. (1996, p. 5) encontra-se embasada nos estudos desenvolvidos por Jensen (1983), Kurkdjian et al. (1989) Foresti (1978) e Hamburger (1993).

No que tange à utilização de imagens para estudos relacionados à evolução das manchas urbanas, considerando-se os limites de áreas urbanas e não urbanas, Lombardo et al. (1996, p. 5) afirmam que as imagens orbitais são de grande valia, oferecendo a vantagem da atualização, graças ao dinamismo da expansão dos limites urbanos, da mesma forma que a cobertura temporal das imagens espaciais permite um monitoramento da mancha urbanizada, mostrando uma informação global e atualizada do tecido urbano e as tendências de crescimento.

Estudos desenvolvidos por Lombardo (1985, p. 21) demonstram que o processo de urbanização mundial leva a uma sobrecarga que conseqüentemente

altera a paisagem das cidades, principalmente aquelas que não apresentam um projeto de planejamento adequado, cuja falta e, principalmente, havendo a ocorrência de verticalização, pode acarretar, de acordo com Lombardo (1985, p. 21), sérios riscos à qualidade de vida dos habitantes destas localidades.

Matias (1991, p. 3) acentua que as necessidades de resoluções dos problemas de ordem ambientais tornam necessárias as buscas de soluções rápidas e eficazes. Dessa forma, aponta o autor para o uso de metodologias e técnicas cada vez mais eficientes. Neste particular considera o uso de Sistemas de Informação Geográfica como uma técnica promissora no entendimento da qualidade ambiental.

As técnicas utilizadas normalmente para o desenvolvimento de classificação digital de imagens objetivam a associação de classes espectrais às classes funcionais com a finalidade de produzir produtos temáticos.

Neste particular, o uso de imagens e as questões pertinentes à resolução espacial, conforme já foram acentuados por Costa (1996, p. 17), e também apresentado por Foresti (1986) apud Freitas (1997, p. 25), que esclarecem que as imagens orbitais dos satélites LANDSAT e SPOT HRV permitem, através de suas respectivas resoluções espaciais e espectrais, obter as tendências de expansão das áreas urbanas, não só com precisão, como também favorecendo o registro da frequência das relações indiretas entre os fenômenos urbanos e todo seu ambiente regional.

Hamburger (1993, p. 22) avaliando a importância da resolução espacial em estudos urbanos, esclarece:

“A resolução espacial interfere principalmente de duas formas na exatidão de classificação da imagem. A primeira se a variação entre as características espectrais das classes no espaço de atributos não é grande, a resolução pode melhorar a exatidão de classificação, aumentar a precisão desta, entretanto, quando as classes são bem diferenciadas no espaço de atributos, possuindo grande

sobreposição, o aumento da resolução tende a deteriorar as classificações.”

Hamburger (1993, p. 23) chama ainda a atenção para as cenas urbanas, nas quais as áreas a serem classificadas não são extensas e onde a variância da assinatura espectral das classes é muito grande; se a classificação for baseada unicamente em dados espectrais torna-se-á bastante complexa.

Vale esclarecer ainda que existe uma relação entre os tamanhos de lotes urbanos típicos e as resoluções dos diferentes sensores, Welck (1992) apud Hamburger (1993, p.23).

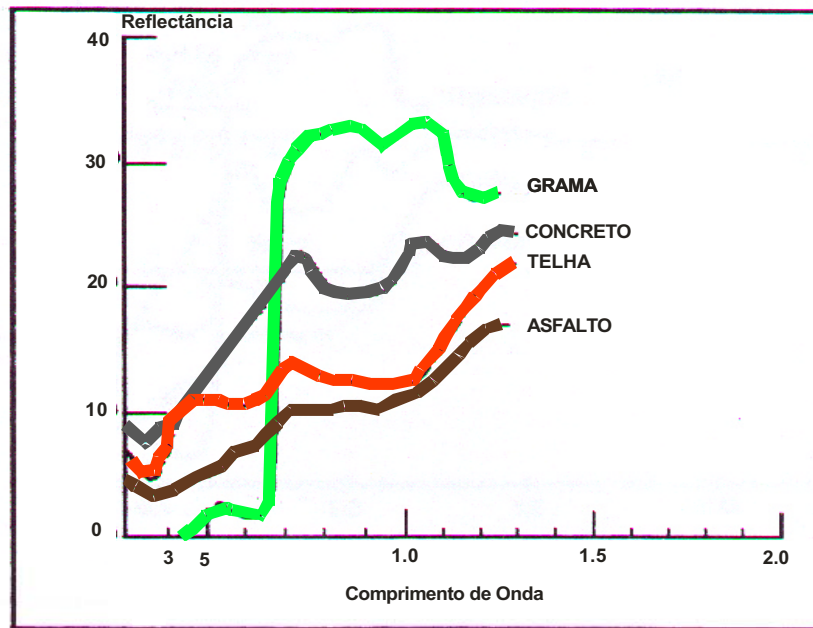
Freitas (1997, p. 27) enfoca a diversidade da composição e do espaço intra-urbano, em que os alvos apresentam grande diversidade: edifícios, shopping centers, loteamentos, praças, estacionamentos, favelas, asfalto, etc, é, cada alvo possuirá uma assinatura espectral diferenciada. Dessa forma, afirma Kurkdjian et. al. (1989) apud Freitas (1997, p. 27) que, quanto maior o nível de detalhamento que se quer obter no estudo do solo urbano mais finas devem ser as resoluções, tanto espectral como espacial do produto a ser utilizado.

Forster (1985, p, 139-151) salienta que a combinação “**residencial X vegetação**” é muito variável em áreas urbanas, e que a tendência de uma muitas vezes não se repete em outra.

Nota-se que 4 (quatro) anos antes do lançamento do satélite IKONOS, a comunidade científica já demonstrava a necessidade da existência de produtos que possuíssem uma resolução espacial mais refinada, principalmente para atender os estudos de caráter urbano e intra-urbano, conforme se pode observar nas afirmativas de Lombardo (1995, p. 179), que afirma, usando o exemplo dos estudos desenvolvidos no Brasil a nível intra-urbanos, a necessidade da utilização de produtos que apresentem uma resolução espacial mais fina, dadas as características das construções urbanas.

Freitas (1997, p. 32) apresenta gráfico adaptado de estudo realizado em laboratório por Bowker et. al. (1985), visando distribuir a reflectância de materiais encontrados em áreas urbanas em função do comprimento de ondas na faixa de 0,3 a 1,4 μm , conforme Figura 36.

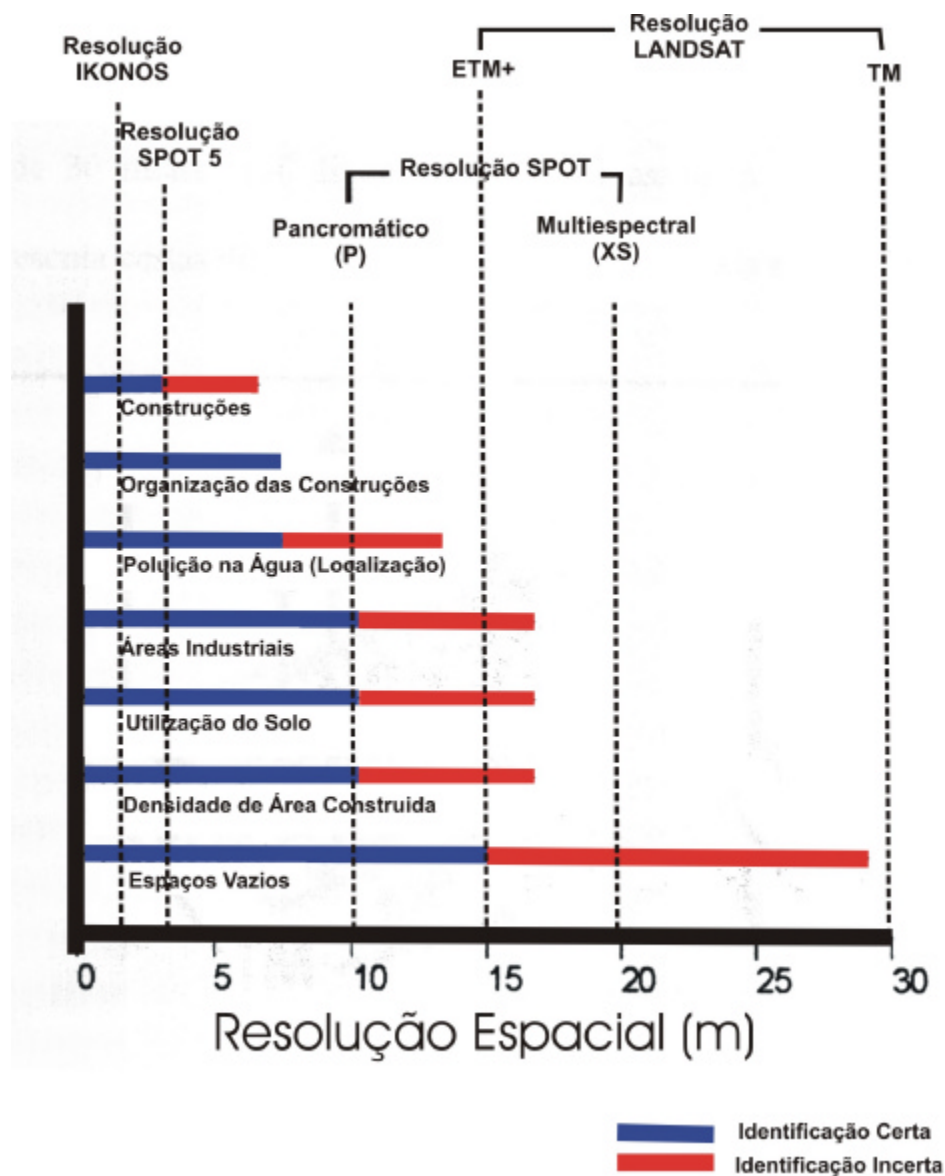
Figura 37 – Curvas Espectrais de Algumas Feições Urbanas



Fonte: Bowker (1985) modificado por Bias (2002)

Estudos referentes à resolução espacial em áreas urbanas também foram realizados por Robin (1995) apud Freitas (1997, p. 36) e apresentam uma comparação da resolução espacial, objetivando discriminar os objetos sobre as imagens de diferentes sensores no meio urbano, conforme Figura 37. Foram acrescentados ao estudo de Freitas resoluções de outros sistemas sensores para facilitar uma maior compreensão.

Figura 38 – Gráfico de Resolução de Diversos Sensores



Fonte: Freitas (1997) modificado por Bias (2002)

As respostas espectrais, ou, conforme acentua Novo (1993, p.180), o Comportamento Espectral dos Alvos é um fator essencial quando se deseja extrair informações a partir de dados de sensoriamento remoto.

A avaliação das análises realizadas por diversos autores entre os quais Gonçalves (2001, p. 6), que enfoca que, embora os sensores de alta resolução ofereçam benefícios em termos da possibilidade de identificação de elementos individuais em áreas urbanas como: casas, arruamentos e outros, os dados podem ainda apresentar informações indesejadas que serão decorrentes da incidência solar no momento da captação da imagem.

A preocupação de Gonçalves (2001, p. 6) traz a tona à necessidade de os usuários e mesmo a comunidade científica passar a preocupar-se com o desenvolvimento e implementação de diferentes métodos de extração de informações, no sentido de obter o máximo benefício dos dados disponibilizados pelos novos sensores.

A importância e as possibilidades da utilização de imagens de alta resolução na geração de plantas cadastrais foi avaliada por Passos et al. (2001) definindo estas como instrumento que auxilia diversos setores de ordem pública ou privada; a utilização dessa ferramenta contribui para o planejamento e gestão municipal. As considerações dos autores são consubstanciadas no fato de que o avanço tecnológico, principalmente o Sensoriamento Remoto, amplia seu espectro de aplicações das imagens no âmbito urbano.

Entretanto um fato merece destaque nas considerações de Passos et al. (2001), quando é mencionado que os procedimentos metodológicos clássicos de processamento digital de imagens utilizados em imagens tipo LANDSAT, SPOT, RADAR, deveriam ser reavaliados, pois surgem no momento, as imagens que permitem uma resolução próxima de uma fotografia aérea. Dessa forma, os autores procuraram desenvolver um estudo, apresentando ao final a possibilidade da utilização das referidas imagens como fonte de dados cartográficos com fins cadastrais.

Dos resultados obtidos, Passos et al. (2001, p. 6) concluíram que, para a minipulação das imagens IKONOS, é necessária a escolha de pontos muito bem identificáveis na imagem. Em razão do tipo de aquisição da imagem ocorrer pelo processo de varredura, as sombras passam a representar um fator limitante.

Outro trabalho que merece atenção pela contribuição apresentada, no que tange à utilização das imagens de alta resolução IKONOS, foi desenvolvido por Antunes & Lingnau (2001) estudando a utilização de imagens de alta resolução espacial tipo IKONOS, tendo em vista a sua resolução espacial, e sobretudo radiométrica de 11bits e quatro bandas multiespectrais, o que de certa forma é uma inovação significativa na obtenção de informações de imagens orbitais. No entanto, o estudo não ficou restrito a estas considerações, pois os autores procuraram desenvolver com o uso das referidas imagens, a classificação por meio da teoria FUZZY, verificando a pertinência que associa um pixel a determinada classe baseada num grau de possibilidade.

Os resultados de Antunes & Lingnau (2001) mostraram a factibilidade do uso da teoria FUZZY como uma opção ao método da máxima verossimilhança em imagem IKONOS multiespectral. É importante salientar que o estudo foi desenvolvido visando à classificação da vegetação através dos métodos citados e os resultados (MAXVER e FUZZY) serem comparados com a realidade de campo.

A empresa Geoambiente disponibiliza como veiculação comercial em seu portal dados referentes às atividades de gestão municipal, esclarecendo a importância que deve ser dada às novas imagens hoje existentes no mercado, particularmente pela boa resolução espacial apresentada, como é o caso das imagens IKONOS.

Assim, a referida empresa esclarece que o advento das imagens de alta resolução trouxe à administração municipal, e às diversas empresas concessionárias de água, energia elétrica, telefone, um novo incremento ultrapassando as perspectivas da utilização tão somente dos Sistemas de Informação Geográfica, recadastramento e reclassificação imobiliária, partindo mapeamentos especiais das áreas urbanizadas e respectivos mosaicos, nos quais pode-se agregar além das interpretações os alinhamentos de quadras, sistema viário e eixos de logradouros.

Entretanto, sem demonstrar até que ponto é possível utilizar essas imagens, bem como se foram efetuados teste visando obter os parâmetros apresentados, a

empresa mencionada nos parágrafos anteriores, focaliza para uma possível utilização dessas imagens em mapeamento planimétrico nas escalas 1:10.000 e 1:5.000, tal como é efetuado até o presente momento com a utilização de Ortofotocarta.

Granja & Oliveira (2002, p. 323) esclarecem que o advento dos novos suportes tecnológicos veio contribuir em muito para o monitoramento do uso e da ocupação, destacando que várias dessas tecnologias, como o monitoramento por satélites, já são utilizadas por vários órgãos, entre os quais alguns do Distrito Federal. Destacam a existência não só das imagens LANDSAT e SPOT, como principalmente as imagens IKONOS, que poderiam permitir a agregação de novas informações, à base cartográfica produzida pelo Sistema Cartográfico do Distrito Federal – SICAD. Entretanto os autores destacam que, a falta de uma otimização da utilização dos novos processos tecnológicos disponíveis, bem como de estudos norteadores sobre as suas reais possibilidades, ocasionam a permanência de informação desatualizadas que não permitem subsidiar os objetivos de um monitoramento eficaz.

Destaca-se do trabalho de Assis (2001, p. 9) a apresentação de parte da entrevista do prefeito de Curitiba, Cassio Taniguchi, que afirma a importância da atualização e do cartográfico na gestão municipal, principalmente nos aspectos relativos à arrecadação tributária. O entrevistado esclareceu que, com um novo levantamento em 1991, foi possível verificar que 31% dos imóveis do município haviam sofrido alterações nas respectivas áreas construídas. Essa análise traz elementos consistentes e inequívocos para a atualização destes dados.

Assis (2001, p. 16) apresenta uma proposta que foi ventilada por Câmara (2000) que seria baseada na continuidade da utilização das ortofotos para geração de bases digitais a partir da restituição dos elementos mais importantes, e a partir desse modelo inicial, as atualizações poderiam ser efetivadas com o uso de imagens de alta resolução.

Uma das características das áreas urbanas é a heterogeneidade de sua aparência, ocasionada pelas variações internas, que expressam a sua própria

natureza. Assim, conforme esclarece ENVI (2000), as áreas residenciais, por exemplo, são formadas por materiais variados, tais como: concreto, asfalto, vidros, ferro e vegetação. Há de se considerar, ainda, a influência das sombras causadas por edifícios muito altos. Dessa forma, a refletividade de cidades somente pode ser descrita de uma forma generalizada.

No Brasil, o número de trabalhos que utilizaram as imagens de alta resolução IKONOS ainda é muito pequeno. Entretanto, algumas aplicações estão sendo realizadas dentro e fora do Brasil, buscando otimizar os estudos de planejamento urbano com ferramentas que possam apresentar precisão compatível e agilizar os processos de gestão do meio ambiente urbano.

Das pesquisas realizadas no Brasil, são relevantes os trabalhos de Bias & Baptista (2002), e Bias et al. (2002), que serão apresentados nos capítulos referentes ao estudo do verde urbano e de ilha de calor.

Dentre as pesquisas externas que foram realizadas, destaca-se as de Balzerek (2002) Ganas et al. (2001) e finalmente Davis et. al. (2001). O primeiro objetivava realizar o monitoramento, classificação e avaliação dos processos urbanos na África, com aplicação de um caso específico do Congo/Nigéria. O segundo trabalho visava realizar investigações acerca da acurácia espacial das imagens IKONOS 2 ortorretificadas em ambientes urbanos. O último trabalho buscava avaliar a acurácia das imagens pancromáticas IKONOS.

Belzerek (2002) enfatiza em seu artigo que a utilização das imagens IKONOS auxiliam o processo de análise e monitoramento da urbanização e principalmente da direção da expansão urbana. Demonstra também a utilidade e potencialidade para ser usada, por exemplo, para descobrir mudanças na construção das estruturas, densidades, tamanhos e formas de diversos elementos urbanos.

Foram detectados por Balzerek (2002) em seu estudo as diferenças espectrais intra-urbanas a partir da avaliação dos telhados das residências e da análise das respostas espectrais apontadas nessas foram identificados telhados que eram constituídos por material de ferro e metal, bem como inferindo a idade deles..

Essas diferenças, segundo Balzerek (2002), são uma peculiaridade importante que permite avaliar a estrutura da cidade e monitorar o seu desenvolvimento, a partir de uma análise rápida do processo de urbanização, além do que possibilita identificar a densidade de formação e os padrões temporais e espaciais existentes.

Com os índices de homogeneidade de espaço avaliados a partir da imagem IKONOS e, a partir da avaliação dos tamanhos dos polígonos dentro de uma determinada classe, pode ser tentada uma aproximação para o desenvolvimento de análises quantitativas do tipo e das características da ocupação urbana, conclui Balzerek (2002).

Ganas et al. (2001) realizou o processamento de IKONOS usando o pacote ORTHOENGINE versão 7.0 do software PCI desenvolvido por Thierry Toutin do Centro Canadense de Sensoriamento Remoto, objetivando avaliar a acurácia espacial da imagem IKONOS em ambiente urbano. A partir desse estudo, Ganas et al. (2000) descrevem a forma de aquisição do produto que aconteceu em formato GEO com projeção UTM e Datum WGS 84, apresentando uma precisão nominal (90% confiança em erro circular) para uma avaliação de 50 metros no solo.

Para o desenvolvimento da ortoretificação do produto foram coletados 17 pontos de controle de solo e corrigidos com o diferencial método de GPS. O DEM foi produzido por digitalização HEAD-UP²⁶ e o modelo foi construído com a equidistância das curvas de 20 m para uma carta na escala 1:50.000.

Gana et al. (2001) concluem que o erro dos pontos de controle foi mantido abaixo de 0,6, ou seja, abaixo de um pixel.

Davis et al. (2001) justificam a utilização das imagens de alta resolução, no caso especial da pesquisa desenvolvida com o IKONOS, em razão da grande pressão que os governos recebem, no que tange ao planejamento e administração

²⁶ O processo de digitalização denominado **HEAD-UP** consiste na utilização de uma imagem como BACKGROUND (fundo) e a digitalização acontece diretamente sobre essa imagem em tela. Esse processo tem sido utilizado na geração de produtos cartográficos a partir da aquisição de ortofotos, em virtude do baixo valor em relação aos processos de ortoretificação fotogramétrica. Vale ressaltar

de recursos, e ainda salienta que os governos têm investido consideráveis recursos no desenvolvimento de GIS e bases de dados, buscando otimizar o planejamento e a tomada de decisões.

Uma das principais dificuldades na utilização de imagem digitais de baixa e média resolução para a geração de mapas encontra-se relacionada à precisão posicional da imagem, conforme acentua Davis et al (2001). Habitualmente, o mapa digital em formato vetorial é sobreposto à imagem e a partir desta sobreposição, se os vetores não coincidirem com as feições existentes, percebe-se que a imagem possui limitações para o uso.

Os autores mencionados no parágrafo anterior esclarecem que o recente lançamento do satélite de IKONOS abriu uma nova e promissora área para aquisição e desenvolvimento de cartas da mesma forma que a utilização de ortoimagens.

O estudo desenvolvido em imagem IKONOS GEO por Davis et al. (2001) apresentaram os resultados de precisão conforme análises dentro dos padrões realizados e divulgados pela Space Imaging (2001), pois a precisão planimétrica encontrada no estudo de Davis et al. (2001) foi de 23,7 metros (CE 90) e os valores especificados pela Space Imaging definem um erro planimétrico de 50 metros (CE90). Vale, no entanto, esclarecer que os resultados de Davis et al. (2001) diferem substancialmente dos resultados obtidos por Toutin et al. (2001), que encontraram utilizando o modelo rigoroso melhores resultados com o uso do modelo polinomial, sendo os RMSRE: 1,8 metros e 5,6 metros, respectivamente.

Os estudos relativos à utilização de imagens IKONOS GEO para análises urbanas, também foram efetuados em Caracas, na Venezuela, por Guevara et al. (2002). O objetivo das análises dos autores que pode ser identificado no trabalho citado à página 1, esclarece que foi feita a avaliação do método de ortorretificação da imagem em uma zona urbana de Caracas, com uma área de 1.170 ha. uma

que este procedimento tem levantado questionamentos em relação à precisão e acurácia obtida, tendo em vista que esta estará sempre relacionada a perícia do digitalizador.

variação altimétrica de 890 a 1.200, na qual foram distribuídos 50 (cinquenta) pontos GCP's obtidos e corrigidos diferencialmente e um MDE obtido a partir de curvas de nível de uma carta topográfica na escala 1:100.000.

Os resultados do trabalho desenvolvido por Guevara et al. (2002 p. 6-7) demonstraram a viabilidade da ortorretificação IKONOS com boa qualidade para área de relevo pouco inclinado, sendo porém recomendada para área de variações altimétricas mais acentuadas a utilização de um MDE com maior precisão altimétrica, em regiões que apresentem mudanças acentuadas na topografia do terreno.

5.6 - Hibridação de Imagens

5.6.1 - Ilhas de Calor como Suporte ao Planejamento Urbano

Num primeiro momento, sem entrarmos no mérito da análise de ilhas de calor, buscar-se-á efetuar uma avaliação em estudos que foram realizados, objetivando a combinação de imagens orbitais de diferentes resoluções espaciais para aplicações diversas, procurando, principalmente, enfocar os aspectos técnicos conceituais que envolvem esta atividade.

Antunes (2001, p. 49) afirma que a imagem fundida (hibridação) apresenta uma melhor resolução espacial e uma resolução espectral de certa maneira próxima à imagem multiespectral, evidentemente dependendo dos tipos de imagens a serem fundidas. Da mesma forma que a Viadana (1995, p. 63), Antunes (2001, p. 49) apresenta o processo de transformação esclarecendo que a transformação IHS tem sido muito utilizada na obtenção de imagens híbridas com melhor resolução espacial. O processo tem como base o aumento dos contrastes nas componentes "H" e "S" substituindo-se "I" pela banda pancromática, a partir do que se efetua a transformação IHS para RGB.

Ainda Antunes (2001, p. 50) chama a atenção para a forma de registro que deve acontecer utilizando-se a imagem com melhor resolução espacial, bem como a reamostragem utilizando o método da convulação cúbica. Esclarece ainda que a

eficácia do método dependerá de quão correlacionada é a imagem pancromática das imagens multiespectrais e a primeira componente. É importante destacar que Viadana (1995, p. 63) não detectou diferenças sensíveis entre os métodos de reamostragem, optando pelo mais simples e mais rápido, no caso específico o vizinho mais próximo.

Tratando dos aspectos concernentes à reamostragem de imagens, Correia (1997, p. 39) relaciona os modelos matemáticos mais usuais no procedimento de reamostragem, bem como algumas de suas características.

- Vizinho mais próximo – Procedimento mais fácil, no entanto não apresenta o melhor resultado na aparência da reamostragem realizada;
- Bilinear – Procedimento que utiliza a média entre os quatro vizinhos mais próximos;
- Convulação Cúbica – Procedimento que utiliza a média dos 16 (dezesesseis) vizinhos mais próximos. O resultado desse método é uma melhor apresentação em relação aos modelos anteriores, entretanto, vale destacar que a determinação do mesmo é mais complexa.

Viadana (1995, p. 64) relacionou os principais elementos de interpretação relacionados com cor ou tonalidade, textura e forma. As feições, que são denominadas de feições de controle, correspondem aos objetos de fácil identificação nas imagens tais como: áreas urbanas, ferrovias, estradas (com e sem pavimentação), caminhos, redes de distribuição de energia elétrica e linhas de transmissão.

Correia (1997, p. 43), analisando a utilização de imagens SPOT para atualização cartográfica, acentua que o sistema IHS possui características semelhantes ao olho humano, fundamentando-se em três parâmetros independentes que facilitam as manipulações das cores. Dessa forma, a transformação é realizada matematicamente do espaço RGB para o IHS, facilitando as operações necessárias ao realce e retornando posteriormente ao RGB.

Nos dias atuais, identifica-se um processo contínuo de dilapidação do meio ambiente, visando à obtenção de uma maior ocupação do solo, crescimento

desordenado das cidades e descaracterização das áreas rurais para áreas suburbanas e, fatalmente, para ambientes urbanos consolidados.

Esse processo de ocupação traz profundas conseqüências para o ambiente urbano, conforme acentua Lombardo (1985, p. 77) quando esclarece que a urbanização considerada em termos de espaço físico construído, altera significativamente o clima urbano. Acentua, ainda, a autora que os aspectos relacionados à variação das atividades humanas, determinando que a existência de parques, ruas, casas, indústrias e a própria configuração física da cidade contribuem para as variações climáticas, o que passa a apresentar variações que são observadas de maneira significativa na temperatura, umidade e no vento.

A adequação do planejamento é dos fatores que mereceu sempre preocupações de diversos estudos, e este fato não passou despercebido por Lombardo (1985, p. 21). Uma metrópole sem planejamento adequado do uso do solo, com ausência de parâmetros adequados de verticalização e ocupação, sobretudo onde ela cresce a uma velocidade rápida e com poucos recursos técnicos, pode colocar em risco a qualidade de vida dos seus habitantes”.

Lombardo (1985, p. 23) esclarece que as cidades contribuem para a alteração do balanço de energia, gerando bolsões sobre as áreas urbanas, denominadas ilhas de calor. Esse fenômeno reflete a interferência do homem na dinâmica dos sistemas ambientais.

Estudos realizados por Baptista (2003, p. 54-59) corroboram os conceitos preceituados por Lombardo (1985, p. 21), no que tange as questões vinculadas a uma ocupação urbana desorganizada, principalmente com os impactos do aumento populacional. O autor realizou estudos a partir de imagens LANDSAT de 1984 e 2001, constatando um aumento médio de 3° C, no período de 17 (dezessete) anos em alguns pontos do Distrito Federal que coincidiam com as áreas que receberam maior contingente populacional pelos programas habitacionais do Governo do Distrito Federal. Dessa forma, os resultados obtidos demonstraram uma correlação direta do aumento das temperaturas com a ocupação urbana do Distrito Federal.

Santos (1996, p. 112) esclarece que as questões ligadas às mudanças climáticas têm sido entendidas como todas as formas de inconstância climática, independentemente de sua natureza estatística ou causas físicas, podendo ser analisadas em diversas escalas temporais (longos, médios e curtos prazos) e escalas espaciais.

Entretanto, um dos fatores que atualmente movimentam as diversas áreas de estudo, não só climatológicos como também de planejamento urbano, diz respeito ao que se denomina de Ilhas de calor que, segundo Santos (1996), possuem a configuração do campo térmico, com um aspecto concêntrico das isotermas, que acontecem em decorrência do uso específico do solo, das funções tipicamente urbanas e dos fluxos de veículos automotores, passando, dessa forma, a apresentar temperaturas mais elevadas nas áreas centrais, que declinam, rapidamente, em direção à periferia e às áreas rurais adjacentes.

Zavatini (1992, p. 65), avaliando as questões ligadas às mudanças climáticas, principalmente na região Centro-Oeste do Brasil, esclarece que o processo de ocupação acelerada, a partir da década de 60 com a construção de Brasília e a implantação de rodovias, bem como o crescente interesse agrícola pelo “cerrado”, exerceu papel fundamental nessa dinâmica.

Os fatores que influenciam o desenvolvimento desses campos de calor, concentrados nas cidades, são decorrentes da rugosidade, propiciada pelo desenvolvimento da malha de edificações de grande porte, bem como os distintos usos do solo, que aumentam o atrito do ar com a superfície, criando obstáculos à chegada da radiação solar ao chão, principalmente nas horas mais próximas do nascente e do poente (Santos 1996).

No que tange aos estudos sobre o clima urbano, várias cidades brasileiras já foram objeto de estudos, entre as quais é possível citar: São Paulo (Lombardo 1985), Rio de Janeiro (Nishizawa e Sales, 1983), Salvador (Sampaio, 1981), Porto Alegre (Danni, 1980 e 1987) Curitiba (Danni-Oliveira, 1992), Florianópolis (Sezerino e Monteiro, 1990) e Cuiabá (Maitelli, Zamporoni e Lombardo, 1991) (Santos, 1996) e finalmente a cidade satélite de Sobradinho, Distrito Federal por Bias et al. (2002).

O fenômeno da Ilha de Calor Urbana (ICU) surge da essência do processo e das características de desenvolvimento urbano. A construção de uma cidade significa destruição da vegetação natural e eliminação de uma área agrícola, criando uma superfície contígua de concreto e asfalto. Enquanto terra e vegetação criam um efeito refrescante pela absorção, evaporação e, conseqüentemente a evapotranspiração da água da chuva: contrariamente, a estrutura urbana não absorve água de chuva ou orvalho, criando pouca evaporação, segundo enfatiza Murillo (1996) apud Tal (2001, p. 322)

Visando avaliar esse quadro térmico de natureza urbana em Tel-Aviv, Tal (2001, p. 322) utilizou o processamento e análise imagem LANDSAT na faixa do sensor termal, apresentando faixas diferenciadas de temperatura da cidade. O estudo foi realizado levando-se em consideração a distribuição da temperatura durante o período de 11 anos.

Conforme esclarece Tal (2001, p. 322), as temperaturas superficiais em ambientes urbanos são influenciadas pelos fatores abaixo:

- Densidade e altura das edificações;
- Materiais de construção presentes;
- Uso de áreas entre edifícios, aí incluindo os estacionamentos;
- Vegetação, principalmente árvores;
- Direção de ruas principais com relação à direção dominante dos ventos locais;
- Obstáculos para o vento;
- Outros fatores, como atividades humanas e indústria.

Eriksen (1978) apud Lombardo (1985, p. 25) afirma que a ilha de calor urbana pode ser atribuída aos seguintes fatores:

- Efeitos da transformação de energia no interior da cidade, com formas específicas (estruturas verticais artificialmente criadas), cores e materiais de construção (condutibilidade);
- Redução do resfriamento causado pela diminuição da evaporação (poucas áreas verdes, transporte de água da chuva através de canalização);

- Produção de energia antropogênica, através da emissão de calor pelas indústrias, trânsito e habitações.

Todos os estudos acima utilizaram técnicas diversas, para avaliar as referidas mudanças; entretanto, nenhuma delas utilizou as potencialidades de outras imagens, particularmente de alta resolução, para efetuar observações intraurbanas e, a partir daí, propor soluções.

Lombardo (1985, p. 50) utilizou no seu estudo de ilhas de calor, além de fotografias aéreas na escala 1:8.000, imagens de satélite LANDSAT 3 que, em razão de suas restrições espectrais, permitiram somente analisar as seguintes classes de uso do solo.

- Área de ocupação vertical
- Área de ocupação horizontal vertical;
- Área de ocupação horizontal densa;
- Área de ocupação horizontal rala;
- Loteamento;
- Indústrias;
- Vegetação;
- Corpos d'água.

Visando a avaliar a aplicabilidade das imagens IKONOS ORT KIT e imagens LANDSAT em estudos de planejamento urbano, a partir da análise das condições climáticas, foi realizada uma aplicação no Distrito Federal na cidade de Sobradinho, área de estudo do presente projeto, por Bias et al. (2002).

5.7 - Análise do Verde no Planejamento Urbano

A importância de áreas verdes como fator indicativo da qualidade ambiental e, sua integração associada a outros elementos fisiográficos, caracterizando elemento de equilíbrio ambiental foi objeto de estudo apresentado pela Secretária Municipal de Planejamento de São Paulo em 1986 e, destacado por Ceccato (1994, p. 19).

Ceccato (1994, p. 19) ainda cita os trabalhos de Cavalheiro e Caetano (1986) que apresentam o conceito de “arborização urbana” ou “verde viário” como a integração entre os espaços urbanos verdes constituintes de canteiros centrais ou laterais de vias urbanas e espaços verdes.

Segundo estudos realizados pela Prefeitura do Rio de Janeiro (2002), pode-se entender a importância que é dada às questões relativas ao verde urbano como elemento indispensável à qualidade de vida urbana. O artigo enfoca que a arborização exerce papel de vital importância para a qualidade de vida nos centros urbanos pelas múltiplas funções que exerce. A árvore vista no contexto da paisagem urbana atua diretamente sobre o clima, a qualidade do ar, o nível de ruídos, além de constituir refúgio indispensável à fauna remanescente nas cidades.

Cita o artigo disponível no portal da prefeitura do Rio de Janeiro (2002), que segundo alguns estudos, tem sido demonstrado que, através da redução da incidência direta da energia solar e do aumento da umidade relativa do ar, a arborização pode contribuir para a redução de até 4° C de temperatura, contribuindo decisivamente para atenuação das chamadas ilhas de calor, áreas de ocorrência das temperaturas mais elevadas durante o dia, especialmente nas zonas de maior poluição do ar.

As áreas verdes possuem uma função específica e de grande importância no contexto urbano, pois possuem funções específicas que, segundo Setojima et al. (1988) apud Ceccato (1994, p. 19-20) podem ser entendida como:

- Prevenção de desastres;
- Bem-estar ambiental;
- Conservação e equilíbrio ecológico;
- Cultural;
- Indicador biológico; e
- Educacional/emocional

Ceccato (1994, p. 21) citando Lombardo et al. (1987), esclarece a afirmação dos autores explicitando a importância do equilíbrio microclimático, diminuindo a temperatura devido à diminuição da reflexão solar e ao efeito da sombra.

O advento das geotecnologias trouxe diversas ferramentas que favorecem as análises ambientais, dentre este conjunto destaca-se a possibilidade do estudo da distribuição espacial da vegetação, técnica conhecido como NDVI – Normalized Difference Vegetation Index, ou seja, Índice de Vegetação por Diferença Normalizada que é definida por:

$$NDVI = \frac{IVP - V}{IVP + V} \quad \text{Onde:}$$

IVP = Radiância no infravermelho próximo

V = radiância no vermelho

Segundo Ponzoni (2001, p.191-192), os estudos relativos à determinação do índice razão da vegetação por uma razão simples entre duas reflectâncias foi proposto por Jordan (1969), é, em seguida, Rouse et al. (1973) apresentaram a proposição do NDVI acima mencionada e que tem sido utilizada com grande frequência nos dias atuais.

Razão Simples proposta por Jordan (1959):

$$RVI = \frac{IVP}{V}$$

O espaço geográfico representa sempre um conjunto de construções que se estruturam historicamente testemunhando as realizações que são grafadas por diferentes agentes que passam a estruturar e delinear as bases históricas do espaço urbano, de acordo com considerações do professor Milton Santos.

De acordo com Branco (2001) em artigo versado sobre os desafios que devem ser impreendidos por um plano urbanístico, realiza um apanhado histórico enfocando as influências que o Brasil sofreu das escolas procedentes da Europa, que colocavam em prática as teorias de uma nova cidade, onde não houvesse conflitos entre veículos e pessoas; com predominância do verde na paisagem urbana, enfatizando edifícios afastados entre si, com muitos pavimentos, privilegiando-se a incidência da luz solar, a ventilação e a luminosidade, como era próprio dos princípios higienistas necessários para superação das doenças de

então, na Europa. Esse foi o modelo adotado no desenho de Brasília, para melhor exemplificar as novas propostas.

Com base nesses princípios, os estudos das questões relativas ao planejamento urbano encontram-se diretamente relacionados aos aspectos referentes à organização espacial, e a paisagem da cidade deve ser reconhecida pelos planejadores, desenhistas e a população urbana como contendo o “espaço natural” de interesse coletivo, que deve ser visto e sentido em todos os ambientes. Autores diversos, entre os quais destaca-se Lombardo (1995) que em seu trabalho de livre-docência apresentado ao Departamento de Geografia da USP, demonstrou preocupação quanto à visão que deve existir entre os planejadores urbanos, no que diz respeito à compreensão das complexidades do processo de desenvolvimento, visando à elaboração e à otimização de intervenções, buscando agir de forma direta e decisiva na qualidade físico-ambiental.

Diversos fatores podem ser relacionados ao verde urbano, além dos fatores estéticos, que são muitos bem trabalhados pelos urbanistas e paisagistas. Estes fatores podem ser observados nas aplicações que foram realizadas em Salt Lake City, Graham et al. (2002) visando, além da beleza estética do verde, caracterizado pelos seus parques, prado e praça, ao efeito observado dos benefícios ambientais. Estudos demonstraram que as áreas verdes funcionavam como o sistema de refrigeração.

As conclusões foram obtidas por meio de estudos desenvolvidos pela National Aeronautics and Space Administration - NASA em Salt Lake City com um sensor térmico aéreo, em julho de 1998, onde foram detectadas na região do vale evidências de "ilhas de calor urbano", produzidas pela energia absorvida pelo asfalto, em estradas, estacionamentos e edifícios, fazendo com que a temperatura subisse acima dos níveis normais.

O cientista da NASA Jeff Luvall diz que as cidades metropolitanas, como a capital de Utah, são geralmente mais quentes do que as áreas rurais. A razão: os altos edifícios impedem o resfriamento à noite e mantêm a temperatura mais alta do que nos arredores rurais.

Os estudos levaram Jeff Luvall da NASA a explicar que a falta de solo e vegetação, característica comum das cidades, faz com que mais energia solar seja absorvida pelo asfalto e pelos edifícios, aumentando ainda mais a temperatura da cidade. Assim foi sugerido pelo pesquisador da NASA, citado acima, como solução para o problema a criação de uma “floresta urbana” pois estas mantêm refrigerada a cidade, tendo em vista que grande parte da energia solar é utilizada para evaporar a água da vegetação e do solo. Como resultado, o asfalto absorve menos energia e o aumento de temperatura é menor.

Concluindo o estudo relativo ao equilíbrio térmico de Salt Lake City, o professor de arquitetura da Universidade de Utah, afirma:

"O aumento de áreas verdes reduz o efeito de ilhas de calor causado pelas grandes áreas urbanas. A capacidade de manter as áreas refrigeradas naturalmente só pode beneficiar a cidade."

Outra consideração de grande importância nos estudos relativos ao planejamento urbano diz respeito às considerações das modernas escolas urbanísticas quanto à necessidade de mesclar áreas verdes com áreas construídas, fazendo parte da qualificação do meio ambiente urbano a presença e distribuição de áreas verdes em meio a residências, ruas, praças, prédios e estacionamentos.

A existência desse verde urbano é fator preponderante para a manutenção do conforto térmico ambiental, conforme abordou Hamburger (1993, p. 18) estudando as informações derivadas de características texturais de imagens orbitais na definição de classes de uso do solo urbano, apresentou a relação existente entre o tipo de uso e a distribuição da vegetação, como também a necessidade da vegetação como fator decisivo para a qualidade de vida urbana.

A importância da presença do verde bem como de espaços livres e ainda a preservação de vegetação em torno dos reservatórios de água, favorecem o declínio da temperatura, isto porque, a quantidade de vegetação implica a mudança do balanço de energia, tendo em vista as características das plantas desenvolverem a fotossíntese e transpiração.

No âmbito do Distrito Federal, também foi realizado estudo visando avaliar as questões pertinentes às condições do verde urbano e a sua relação com a qualidade de vida, por Bias et al. (2002) e Baptista et al (2002). Os primeiros autores buscaram analisar a relação do verde urbano como instrumento de planejamento urbano, e o segundo trabalho, tinha como objetivo avaliar as questões relativas ao processo de seqüestro de carbono ou sumidouro de carbono em espaços intra-urbanos analisando a relação entre estas áreas com as dos elementos construídos.

No contexto do presente estudo, busca-se analisar e apresentar a importância, características e ferramentas disponíveis ao planejamento urbano, visando criar condições de sustentabilidade e, sobretudo, perceber as mudanças que se manifestam em razão do uso e ocupação, dado que a paisagem é uma forma histórica específica que se explica através da sociedade que a produz, entendendo a cidade como um organismo vivo que atua num processo dialético, exigindo estudos, análises que irão facilitar os prognósticos relativos à degradação ambiental.

CAPÍTULO 6 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, foram realizadas as análises e discussões dos resultados obtidos quanto à aplicabilidade das imagens IKONOS no processo de ortorretificação visando à geração de base cartográfica que atenda as atividades de planejamento urbano; a avaliação dos valores referentes à aquisição e ao desenvolvimento dos diversos processos para geração de uma base cartográfica; e a viabilidade de estudos com base no desenvolvimento de mapa de uso da terra urbana para posterior análise de verde e de mudanças no clima urbano.

Vale esclarecer que o presente estudo possui característica inovadora no âmbito do planejamento urbano, entretanto estarão sendo utilizados alguns resultados obtidos em outras pesquisas que foram concluídas após a aplicação dos modelos desenvolvidos na atual pesquisa.

6.1 - Ortorretificação de Imagens IKONOS

Conforme foi esclarecido no capítulo referente à metodologia, foi efetuado um teste numa área de dimensões exíguas com o objetivo de avaliar uma metodologia. Esta primeira iniciativa, que ocorreu em 2001, apresentou resultados bastante satisfatórios que estimularam a continuidade da aplicação do modelo numa área com características diferenciadas da primeira.

Os resultados obtidos foram avaliados criteriosamente, tendo em vista a maior dimensão e as características topográficas totalmente opostas da cidade satélite de Sobradinho em relação ao Plano Piloto de Brasília, como também pelas opções que foram definidas para avaliação, especialmente o número de pontos necessário para efetuar-se uma boa ortorretificação que atendesse a qualidade de precisão e acurácia do produto final.

Também com base nos questionários respondidos pelas empresas contatadas foram avaliados os padrões utilizados pelas empresas e órgãos que desenvolvem atividades de planejamento urbano, no que tange às informações

necessárias, escala(s) de trabalho, bem como a importância do uso de imagens orbitais como suporte ao desenvolvimento e aplicação das diversas tarefas.

Verifica-se no mercado cartográfico uma grande celeuma, no que tange à utilização de imagens de alta resolução para geração de produtos cartográficos. A visão que fica evidenciada representa uma perspectiva míope, isto porque, de acordo com o presente estudo, o mercado pode e deve ser compartilhado com produtos aerofotogramétricos, entretanto, os produtos de imagens de alta resolução devem ganhar seu espaço, particularmente no campo de estudo relativos a planejamento urbano, nos quais a escala exigida e o grau de detalhamento e precisão não são tão exigentes.

As análises dos questionários devolvidos, apresentaram os resultados a seguir:

➤ **Pesquisas com empresas e órgãos que desenvolvem planejamento urbano**

Foram selecionadas 10 (dez) perguntas das 25 (vinte e cinco) existentes no questionário que foi enviado a 10 (dez) órgãos e secretarias de planejamento urbano. Os questionários devolvidos foram somente 4 (quatro) e destes foram selecionadas as respostas que pudessem justificar as análises pretendidas no presente projeto.

Dessa forma, o nosso universo amostral passou a ser representado por 4 (quatro) conjuntos de respostas abaixo, bem como o gráfico comparativo delas.

Tabela 33- Tabulação das Respostas mais Importantes do Questionário 1:

Pergunta Número	Questionamento	Respostas Opções/Total de Ocorrências	
		Opções	Ocorr.
1	É efetuado acompanhamento da evolução da dinâmica urbana com a identificação de vetores de crescimento da ocupação do uso do solo?	Sim	4
		Não	0
3	Qual a escala temporal do planejamento?	Anual	1
		Plurianual	1
		De acordo com política	4
5	O desenho urbano é efetuado levando-se em consideração aspectos relativos à qualidade ambiental?	Sim	4
		Não	0
6	São efetuados estudos relativos à paisagem urbana, verde urbano e ao clima urbano?	Sim	2
		Não	1
10	Quais as escalas cartográficas mais utilizadas para atividades de planejamento urbano?	1:1.000	1
		1:2.000	3
		1:10.000	4
		1:25.000	3
		1:50.000	1
16	Existe uma sistemática definida para atualização das bases cartográficas?	Sim	1
		Não	2
20	Existe definição de periodicidade para realização de vãos visando à atualização cartográfica ?	Sim	0
		Não	3
23	Existe sistemática de validação da qualidade bem como da precisão e acurácia?	Sim	3
		Não	0
24	Já foi utilizado na atualização cartográfica algum método não convencional?(Imagens)	LANDSAT TM 5	3
		LANDSAT TM 7	3

De acordo com os dados analisados, pode-se verificar a importância que é dada às análises referentes ao desenho urbano considerando-se as questões relativas à qualidade ambiental e a análise do verde urbano.

Outro aspecto de grande importância identificado na pesquisa foi o nível de escala utilizado pelas empresas e órgãos avaliados. A diversidade de escala deixa claro que existe um mercado para diversos produtos. Este fato é de grande relevância, haja vista que as empresas de aerofotogrametria têm criado discussões calorosas no que tange à qualidade do produto que pode ser gerado pelas imagens IKONOS, sempre enfocando que essas não atingem graus de precisão para bases em grande escala, isto é, acima de 1:2.000. Ficou evidenciado nas respostas que existe um mercado bastante heterogêneo quanto às necessidades e principalmente, à escala de trabalho.

Também foi praticamente unânime a resposta referente à periodicidade de atualização das cartas utilizadas para as funções de planejamento urbano. Esse fato pode ser explicado em razão não só do custo final do produto aerofotogramétrico como principalmente o tempo gasto desde a cobertura aérea até a disponibilização da base.

As empresas e órgãos pesquisados também deram uma demonstração clara da importância às imagens orbitais quando responderam que já utilizaram, de uma forma ou de outra, imagens para estudos e implementações de atividades referentes ao planejamento urbano.

➤ **Análise do Custo da Geração dos Produtos Cartográficos com o Uso de Imagens de Alta Resolução IKONOS**

Até o presente momento, um dos pontos que ficou evidenciado em todos os estudos envolvendo imagens IKONOS é o valor final do produto, comparativamente aos produtos gerado pela sistemática já conhecida e tradicional da aerofotogrametria. No entanto, apesar dos questionamentos, não foi apresentada até o presente momento uma avaliação que pudesse permitir a verdadeira compreensão de forma clara de todas as fases relativamente à aquisição, restituição, edição e disponibilização dos produtos.

Visando a consubstanciar as discussões do presente estudo, buscou-se efetuar duas pesquisas com diversas empresas que estavam atuando com testes

relativamente à análise de qualidade e aplicabilidade das imagens IKONOS e quanto aos custos envolvidos no desenvolvimento destes produtos. Infelizmente, do número total de usuários das imagens IKONOS pesquisados, de um universo de 7 (sete) empresas, somente 3 (três) devolveram os questionários enviados. Apesar do pequeno número serão apresentados os resultados observados.

Vale esclarecer que para facilitar este contato com as referidas empresas, foi cedido o cadastro de clientes IKONOS da empresa Space Imaging, por meio do Manager Sales Eng. Maurício Meira.

Tabela 34 – Tabulação das Respostas mais Importantes do Questionário 2

Pergunta Número	Questionamento	Respostas Opções/Total de Ocorrências	
		Opções	Ocorr.
2	Finalidade do Projeto	Cadastro Topográfico	1
		Cadastro Infra-Estrutura	1
		Planejamento Urbano	2
		Estudos Ambientais	3
3	Já foram feitas experiências utilizando imagens orbitais	Sim	2
		Não	1
4	Qual a opção pela utilização do IKONOS	Experimentar tecnologia	1
5	Resultados obtidos foram satisfatórios	Avaliar precisão	2
		Sim	2
		Não	0
6	Foram avaliados os padrões de precisão e acurácia	Sim	1
		Não	0
8	Tempo de entrega da imagem pela empresa	Rápido	0
		Aceitável	2
		Lento	0
9	A imagem atendeu aos objetivos do projeto	Sim	2
		Não	0

Seqüencialmente, foi também avaliado o valor relativo à confecção dos produtos cartográficos de acordo com quadro abaixo. Os dados levantados permitiram observar as seguintes variações nos valores dos dois processos.

Tabela 35 – Resumo dos preços Aerofotogrametria x Imagens:

Valor	Aerofotogrametria		Imagens de AR	
	Topocart	Esteio	Geoambiente	Topocart
	635,00	1.775,00	0	340,30

A empresa Geoambiente não forneceu os dados que permitiriam avaliar o valor referente aos levantamentos para uma comparação entre duas empresas, no entanto os dados fornecidos pela empresa TOPOCART permitem a avaliar que os reais custos da utilização das imagens de alta resolução IKONOS não apresentam no atual momento um grande impacto no valor.

Com base nos dados apresentados, pode-se verificar que os atuais valores das imagens de alta resolução IKONOS ORTO KIT encontram-se em limites bastante aceitáveis para atender a necessidades de órgãos e instituições no campo do planejamento urbano, quando estas tiverem a necessidade de obter, manter e atualizar bases cartográficas.

Tabela 36 – Variação de Preços de Produtos Aerofotogramétricos e Imagens

Relação de Diferença de Preço da Imagem em Relação aos Produtos de Aerofotogrametria(TOPOCART)		
Imagem	340,30	54%
Aerofoto	635,00	

Fonte: Topocart (2002) modificado por Bias (2002)

Foram ajustados os valores fornecidos pela ESTEIO e pela TOPOCART, para que fosse possível obter valores relativos à confecção de base cartográfica nas escala 1:50.000. Dessa forma, pode-se observar uma redução no custo do mapeamento com o uso de imagens IKONOS ORTHO KIT, de 54% (cinquenta e quatro por cento), o que justifica claramente a possibilidade de utilização da imagem.

Agregam-se ao fator financeiro, que evidentemente representam o maior limitador, as questões relativas ao tempo de desenvolvimento e disponibilização do produto que, dada à retirada de algumas etapas inerentes aos trabalhos relativos à

geração de cartas topográficas planialtimétricas, minimizam o tempo de entrega do produto.

Outro fator de grande importância na utilização das imagens IKONOS ortorretificadas, encontra-se relacionada à possibilidade não somente na geração de bases cartográficas como também a geração de base para utilização em ambiente de geoprocessamento, ou seja a estruturação de uma base cartográfica para um SIG, que possui algumas características próprias, como por exemplo a necessidade de geração de topologia²⁷, e a possibilidade de vinculação banco de dados, visando permitir consultas e interatividade com estudos de planejamento, conforme pôde ser observado na Figura 26.

➤ **Análise da precisão e acurácia da ortorretificação da imagem IKONOS**

Nas imagens ortorretificadas pelos 3 (três) métodos descritos no capítulo referente à metodologia, foi possível observar resultados bastante satisfatórios tanto em relação aos erros quadráticos médios (RMS), quanto em relação às distorções dos dados do levantamento fotogramétrico e pontos de campo, permitindo afirmar que a exatidão da ortoimagem é compatível com a precisão dos modelos adotados no processo de ortorrtificação. Evidentemente, como se poderá verificar, um dos métodos de distribuição dos pontos de controle apresentou uma precisão bastante elevada, permitindo propor a geração de cartas topográficas planimétricas para uma escala 1:5.000 e menores.

Verificou-se também que os limites encontrados diferem dos apresentados pela Space Imaging quanto às possibilidades de geração de cartas topográficas, isto porque a empresa distribuidora acima citada define e sustenta que as imagens IKONOS atendem as precisões das escalas de 1:2.500 e menores.

Os resultados obtidos e apresentados neste capítulo foram comparados com as análises realizadas pela empresa INFOSTRATA em convênio com a CEMIG. A

²⁷ A topologia de acordo com Teixeira et al. (1997) diz respeito às relações espaciais existentes entre os elementos, tais como: conectividade, contigüidade, adjacência e proximidade.

grande vantagem e benefício da comparação foi justamente pelo fato de o estudo ter sido realizado posteriormente às análises aqui avaliadas.

Conforme mencionado, foram realizados 3 (três) tipos de ortorretificação, com o objetivo de avaliar qual a melhor distribuição de pontos de controle (GCP) e o quantitativo de pontos de checagem.

A seguir, será comentando separadamente um-a-um os procedimentos de ortorretificação e, ao final, efetuando a análise dos resultados obtidos. Vale ressaltar que os métodos tomaram como parâmetros os quantitativos de GCP's e de pontos de checagem conforme descrito na Tabela 33, reapresentada abaixo.

Tabela 37 – Número de GCP's para Ortorretificação e Checagem por Método:

Método	Quant. GCP para Ortoimagem	Quantidade GCP para Checagem
1	13	21
2	16	18
3	26	08

Serão utilizadas as denominações a seguir nas tabelas de ortorretificação apresentadas:

GCP_NO_PRJ: número dos pontos no orthoengine
LOCALIZAÇÃO: fotos com localização dos pontos (bmp, jpg)
E_GCP: coordenada X dos pontos de campo fornecidos
N_GCP: coordenada Y dos pontos de campo fornecidos
X_orto 1, 2 ou 3: coordenada X dos pontos usados na ortorretificação sobre a imagem ortorretificada
Y_orto1, 2 ou 3: coordenada Y dos pontos usados na ortorretificação sobre a imagem ortorretificada
X_GCP – X_orto 1, 2 ou 3: diferença entre a coordenada X dos pontos de campo com a da imagem ortorretificada
Y_GCP – Y_orto1, 2 ou 3: diferença entre a coordenada Y dos pontos de campo com a da imagem ortorretificada
RMS: $\{ \text{Raiz} [(X_GCP - X_Ortho)^* + (Y_GCP - Y_Ortho)^*] \} / n - 1$ * ao quadrado

Tabela 38 - Pontos Utilizados para Ortoreificação (Método 1)

GCP_NO_PRJ	LOCAL.	E_GCP	N_GCP	X_orto1	Y_orto1	X_GCP - X_orto1	Y_GCP - Y_orto1	RMS	CE90
1	gcp 01	195327,241	8265218,994	195324,895	8265220,625	2,346	-1,631	2,857	4,699
2	gcp 02	197962,728	8265526,312	197963,171	8265523,876	-0,443	2,436	2,476	4,073
3	gcp 03	195322,733	8267483,054	195322,733	8267482,611	0,000	0,443	0,443	0,729
11	gcp 11	203686,297	8265221,605	203687,404	8265221,826	-1,107	-0,221	1,129	1,858
12	gcp 12	201808,137	8265658,821	201810,573	8265658,157	-2,436	0,664	2,525	4,154
13	gcp 13	203845,312	8268046,903	203843,319	8268046,682	1,993	0,221	2,006	3,299
14	gcp 14	203838,660	8269508,497	203835,116	8269508,276	3,544	0,221	3,551	5,841
16	gcp 16	204597,684	8272296,422	204596,150	8272297,470	1,534	-1,048	1,858	3,056
22	gcp 22	200237,409	8269750,551	200240,620	8269747,310	-3,211	3,241	4,562	7,505
23	gcp 23	200002,634	8274215,576	200003,520	8274214,912	-0,886	0,664	1,107	1,822
24	gcp 24	195725,435	8274173,788	195726,542	8274173,124	-1,107	0,664	1,291	2,124
26	gcp 26	195057,735	8272811,265	195056,406	8272810,158	1,329	1,107	1,730	2,845
30	gcp 30	195675,303	8270098,895	195675,303	8270098,895	0,000	0,000	0,000	0,000
Média:									3,231

Tabela 39 - Pontos Utilizados para Checagem (Método 1)

GCP_NO _PRJ	LOCAL.	E_GCP	N_GCP	X_orto1	Y_orto1	X_GCP - X_orto1	Y_GCP - Y_orto1	RMS	CE90
4	gcp 04	196991,397	8268168,340	196992,419	8268168,874	-1,022	-0,534	1,153	1,897
5	gcp 05	197037,362	8268865,180	197039,067	8268865,352	-1,705	-0,172	1,714	2,819
6	gcp 06	198477,571	8267265,277	198482,753	8267264,723	-5,182	0,554	5,212	8,572
8	gcp 08	200143,827	8267496,503	200147,402	8267495,301	-3,575	1,202	3,772	6,204
9	gcp 09	201021,129	8268754,193	201023,588	8268758,035	-2,459	-3,842	4,562	7,503
10	gcp 10	202837,749	8268073,851	202836,434	8268074,282	1,315	-0,431	1,384	2,276
15	gcp 15	202899,747	8271125,724	202900,150	8271126,810	-0,403	-1,086	1,158	1,905
17	gcp 17	200740,683	8273113,280	200740,626	8273112,658	0,057	0,622	0,625	1,027
18	gcp 18	200449,208	8272112,683	200453,835	8272115,038	-4,627	-2,355	5,192	8,540
19	gcp 19	201455,964	8269832,441	201457,270	8269833,582	-1,306	-1,141	1,734	2,853
20	gcp 20	198042,977	8270958,690	198044,653	8270959,475	-1,676	-0,785	1,851	3,044
21	gcp 21	198818,799	8273363,937	198817,477	8273357,382	1,322	6,555	6,687	10,999
25	gcp 25	197017,704	8272507,250	197014,441	8272509,023	3,263	-1,773	3,714	6,108
27	gcp 27	196507,397	8274172,122	196505,619	8274173,231	1,778	-1,109	2,096	3,447
28	gcp 28	196153,482	8272217,812	196155,739	8272220,111	-2,257	-2,299	3,222	5,299
29	gcp 29	195870,680	8270778,131	195868,499	8270778,512	2,181	-0,381	2,214	3,642
31	gcp31	198153,123	8271857,829	198153,481	8271856,752	-0,358	1,077	1,135	1,867
32	gcp32	201337,645	8267780,676	201338,706	8267782,962	-1,061	-2,286	2,520	4,146
33	gcp33	197322,450	8266934,834	197324,369	8266936,242	-1,919	-1,408	2,380	3,915
34	gcp34	201714,421	8267016,019	201717,180	8267016,985	-2,759	-0,966	2,923	4,808
35	gcp35	202840,291	8266783,503	202839,545	8266784,632	0,746	-1,129	1,353	2,226
Média:								2,695	4,433

Figura 39 - Gráfico de Dispersão da Checagem da Ortorretificação (Método 1)

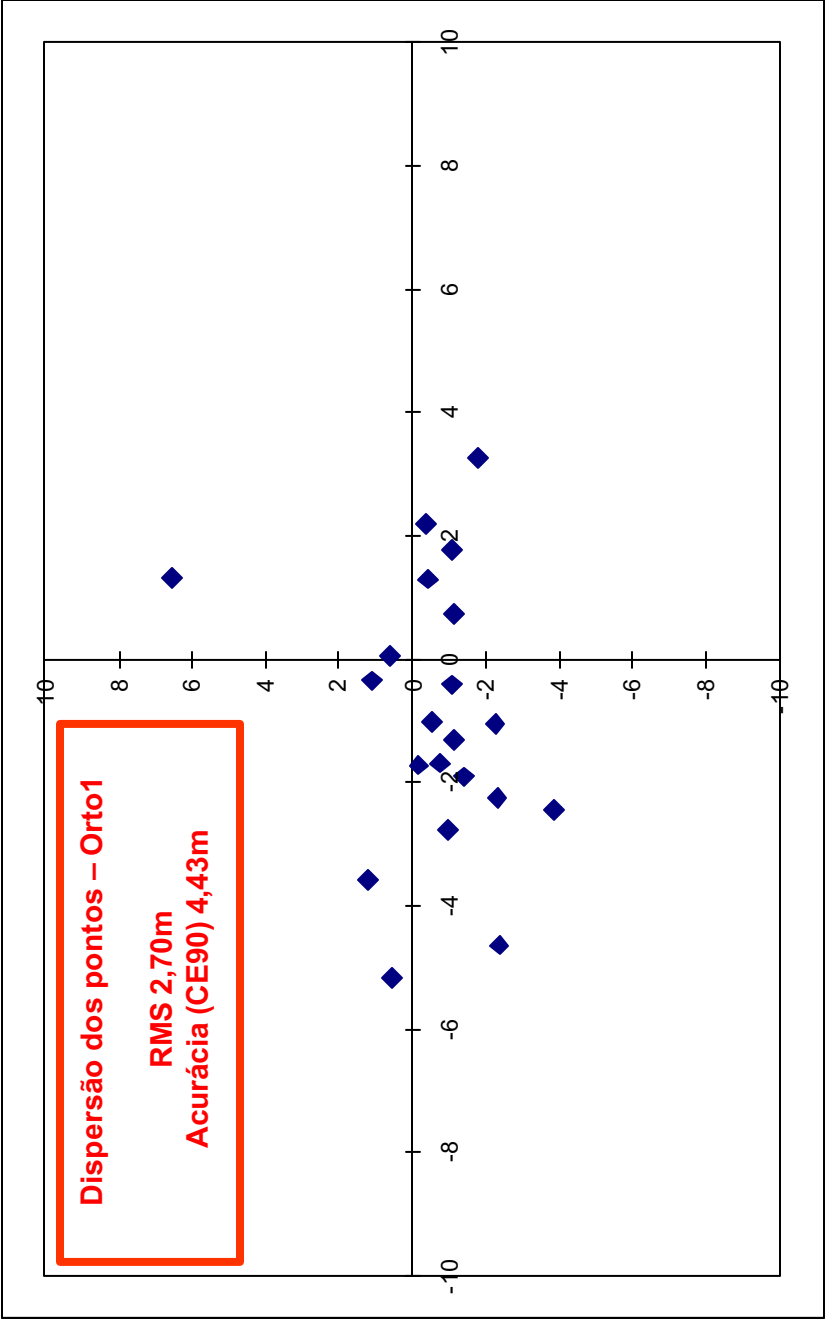


Tabela 40 - Pontos Utilizados para Ortorretificação (Método 2)

GCP_NO _PRJ	LOCAL.	E_GCP	N_GCP	X_orto2	Y_orto2	X_GCP - X_orto2	Y_GCP - Y_orto2	RMS	CE90
1	gcp 01	195327,241	8265218,994	195327,332	8265218,631	-0,091	0,363	0,374	0,615
5	gcp 05	197037,362	8268865,180	197037,583	8268864,073	-0,221	1,107	1,129	1,858
9	gcp 09	201021,129	8268754,193	201022,015	8268756,629	-0,886	-2,436	2,592	4,264
10	gcp 10	202837,749	8268073,851	202838,192	8268072,522	-0,443	1,329	1,401	2,304
11	gcp 11	203686,297	8265221,605	203687,404	8265221,826	-1,107	-0,221	1,129	1,858
12	gcp 12	201808,137	8265658,821	201810,573	8265658,157	-2,436	0,664	2,525	4,154
14	gcp 14	203838,660	8269508,497	203835,338	8269508,054	3,322	0,443	3,352	5,513
15	gcp 15	202899,747	8271125,724	202900,411	8271125,503	-0,664	0,221	0,700	1,152
17	gcp 17	200740,683	8273113,280	200740,240	8273114,166	0,443	-0,886	0,991	1,629
20	gcp 20	198042,977	8270958,690	198044,970	8270959,133	-1,993	-0,443	2,042	3,359
23	gcp 23	200002,634	8274215,576	200002,855	8274214,912	-0,221	0,664	0,700	1,152
24	gcp 24	195725,435	8274173,788	195724,992	8274173,124	0,443	0,664	0,799	1,314
25	gcp 25	197017,704	8272507,250	197017,483	8272507,029	0,221	0,221	0,313	0,515
29	gcp 29	195870,680	8270778,131	195870,680	8270778,131	0,000	0,000	0,000	0,000
33	gcp 33	197322,450	8266934,834	197322,450	8266934,834	0,000	0,000	0,000	0,000
35	gcp 35	202840,291	8266783,503	202840,291	8266783,503	0,000	0,000	0,000	0,000
Média:								1,128	1,855

Tabela 41 - Pontos Utilizados para Checagem (**Método 2**)

GCP_NO_ PRJ	LOCAL.	E_GCP	N_GCP	X_orto2	Y_orto2	X_GCP - X_orto2	Y_GCP -	RMS	CE90
2	gcp 02	197962,728	8265526,312	197962,109	8265522,978	0,619	3,334	3,391	5,578
3	gcp 03	195322,733	8267483,054	195321,147	8267484,100	1,586	-1,046	1,900	3,125
4	gcp 04	196991,397	8268168,340	196992,602	8268167,695	-1,205	0,645	1,367	2,248
6	gcp 06	198477,571	8267265,277	198480,653	8267263,498	-3,082	1,779	3,559	5,854
8	gcp 08	200143,827	8267496,503	200148,423	8267495,476	-4,596	1,027	4,709	7,746
13	gcp 13	203845,312	8268046,903	203843,314	8268045,467	1,998	1,436	2,461	4,047
16	gcp 16	204597,684	8272296,422	204589,806	8272296,966	7,878	-0,544	7,897	12,989
18	gcp 18	200449,208	8272112,683	200456,710	8272113,663	-7,502	-0,980	7,566	12,445
19	gcp 19	201455,964	8269832,441	201458,324	8269832,598	-2,360	-0,157	2,365	3,891
21	gcp 21	198818,799	8273363,937	198819,352	8273357,507	-0,553	6,430	6,454	10,616
22	gcp 22	200237,409	8269750,551	200240,946	8269748,535	-3,537	2,016	4,071	6,697
26	gcp 26	195057,735	8272811,265	195054,958	8272810,945	2,777	0,320	2,795	4,598
27	gcp 27	196507,397	8274172,122	196504,494	8274172,481	2,903	-0,359	2,925	4,812
28	gcp 28	196153,482	8272217,812	196151,864	8272218,986	1,618	-1,174	1,999	3,288
30	gcp 30	195675,303	8270098,895	195674,763	8270098,436	0,540	0,459	0,709	1,166
31	gcp 31	198153,123	8271857,829	198155,731	8271855,627	-2,608	2,202	3,413	5,615
32	gcp 32	201337,645	8267780,676	201339,456	8267781,837	-1,811	-1,161	2,151	3,539
34	gcp 34	201714,421	8267016,019	201716,680	8267015,360	-2,259	0,659	2,353	3,871
Média:									3,449
									5,673

Figura 40 - Gráfico de Dispersão da Checagem da Ortorectificação (**Método 2**)

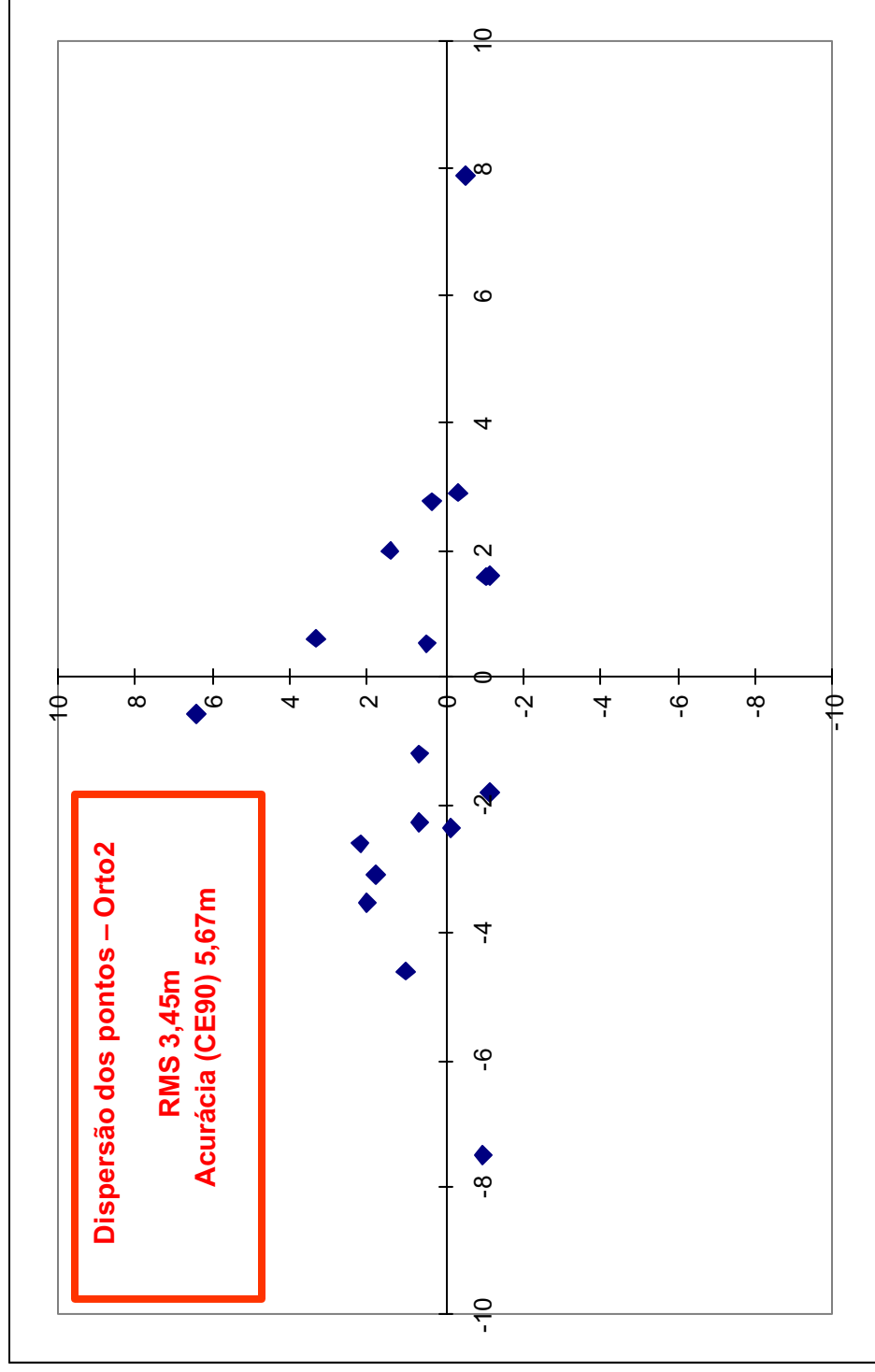


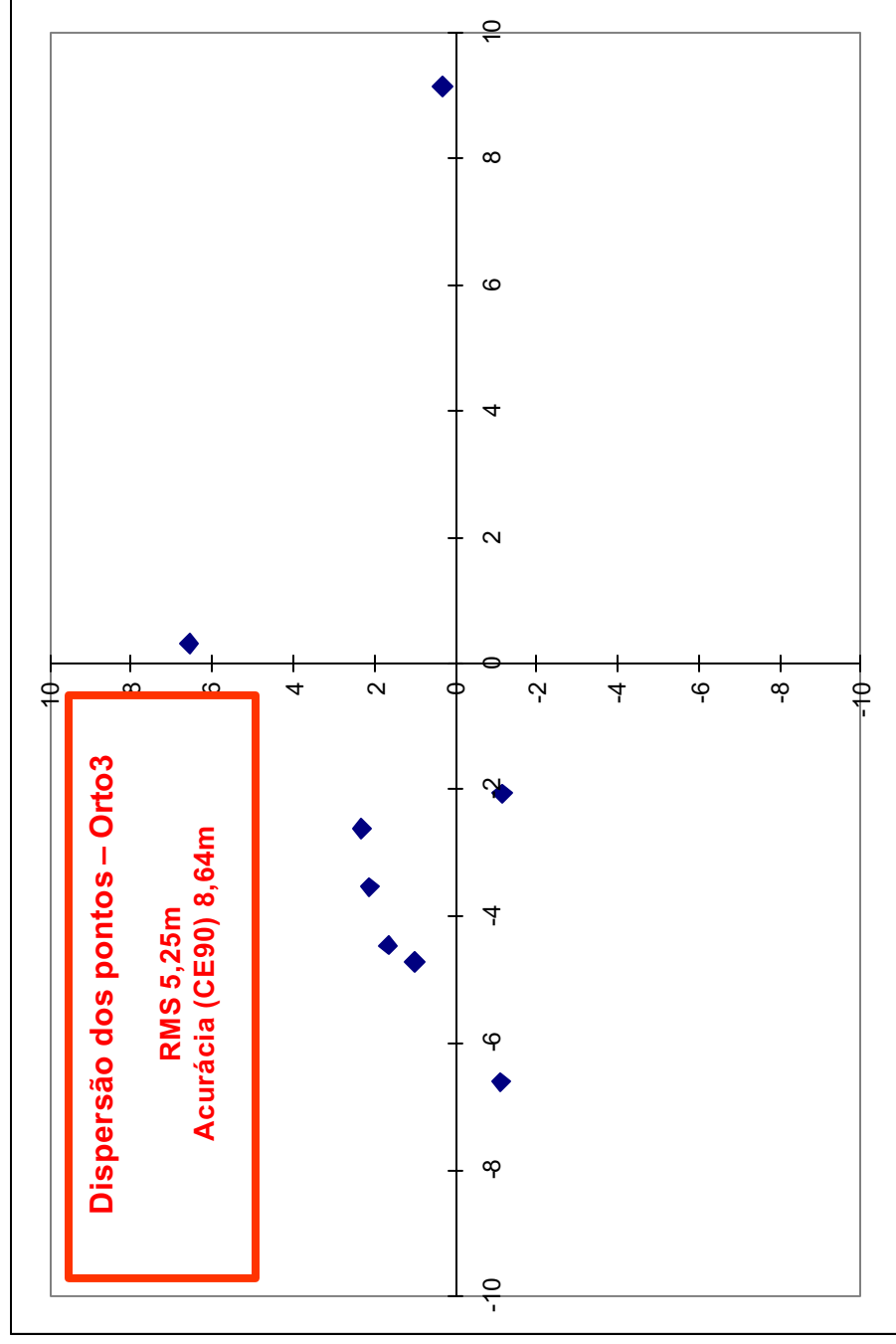
Tabela 42 - Pontos Utilizados para Ortorretificação (Método 3)

GCP_NO_ PRJ	LOCAL	E_GCP	N_GCP	X_orto3	Y_orto3	X_GCP - X_orto3	Y_GCP - Y_orto3	RMS	CE90
1	gcp 01	195327,241	8265218,994	195324,895	8265220,625	2,346	-1,631	2,857	4,699
2	gcp 02	197962,728	8265526,312	197963,171	8265523,876	-0,443	2,436	2,476	4,073
3	gcp 03	195322,733	8267483,054	195322,733	8267482,611	0,000	0,443	0,443	0,729
4	gcp 04	196991,397	8268168,340	196993,390	8268167,454	-1,993	0,886	2,181	3,588
5	gcp 05	197037,362	8268865,180	197038,912	8268864,294	-1,550	0,886	1,786	2,937
9	gcp 09	201021,129	8268754,193	201023,122	8268756,408	-1,993	-2,215	2,980	4,902
10	gcp 10	202837,749	8268073,851	202837,528	8268072,965	0,221	0,886	0,913	1,502
11	gcp 11	203686,297	8265221,605	203687,404	8265221,826	-1,107	-0,221	1,129	1,858
12	gcp 12	201808,137	8265658,821	201810,573	8265658,157	-2,436	0,664	2,525	4,154
13	gcp 13	203845,312	8268046,903	203843,319	8268046,682	1,993	0,221	2,006	3,299
14	gcp 14	203838,660	8269508,497	203835,116	8269508,276	3,544	0,221	3,551	5,841
15	gcp 15	202899,747	8271125,724	202899,304	8271125,060	0,443	0,664	0,799	1,314
17	gcp 17	200740,683	8273113,280	200739,576	8273114,609	1,107	-1,329	1,730	2,845
19	gcp 19	201455,964	8269832,441	201458,843	8269831,555	-2,879	0,886	3,013	4,955
20	gcp 20	198042,977	8270958,690	198045,635	8270959,354	-2,658	-0,664	2,740	4,506
23	gcp 23	200002,634	8274215,576	200003,520	8274214,912	-0,886	0,664	1,107	1,822
24	gcp 24	195725,435	8274173,788	195726,542	8274173,124	-1,107	0,664	1,291	2,124
25	gcp 25	197017,704	8272507,250	197017,483	8272507,029	0,221	0,221	0,313	0,515
26	gcp 26	195057,735	8272811,265	195056,406	8272810,158	1,329	1,107	1,730	2,845
27	gcp 27	196507,397	8274172,122	196506,068	8274171,901	1,329	0,221	1,347	2,216
28	gcp 28	196153,482	8272217,812	196153,703	8272218,919	-0,221	-1,107	1,129	1,858
29	gcp 29	195870,680	8270778,131	195870,680	8270778,131	0,000	0,000	0,000	0,000
30	gcp 30	195675,303	8270098,895	195675,303	8270098,895	0,000	0,000	0,000	0,000
33	gcp 33	197322,450	8266934,834	197323,114	8266934,391	-0,664	0,443	0,799	1,314
34	gcp 34	201714,421	8267016,019	201718,408	8267015,576	-3,987	0,443	4,011	6,598
35	gcp 35	202840,291	8266783,503	202840,291	8266783,503	0,000	0,000	0,000	0,000
Média:									1,648 2,711

Tabela 42 - Pontos Utilizados para Checagem (Método 3)

GCP_NO_P RJ	LOCAL.	E_GCP	N_GCP	X_orto2	Y_orto2	X_GCP - X_orto2	Y_GCP - Y_orto2	RMS	CE90
7	gcp 07	199123,071	8268645,274	199244,889	8268622,858	-121,818	22,416	123,9	203,743
8	gcp 08	200143,827	8267496,503	200148,548	8267495,476	-4,721	1,027	4,831	7,947
16	gcp 16	204597,684	8272296,422	204588,556	8272296,091	9,128	0,331	9,134	15,025
18	gcp 18	200449,208	8272112,683	200455,835	8272113,788	-6,627	-1,105	6,718	11,051
21	gcp 21	198818,799	8273363,937	198818,477	8273357,382	0,322	6,555	6,563	10,795
22	gcp 22	200237,409	8269750,551	200240,946	8269748,41	-3,537	2,141	4,135	6,801
31	gcp 31	198153,123	8271857,829	198155,731	8271855,502	-2,608	2,327	3,495	5,749
32	gcp 32	201337,645	8267780,676	201339,706	8267781,837	-2,061	-1,161	2,366	3,891

Figura 41 - Gráfico de Dispersão da Checagem da Ortorretificação (Método 3)



Conforme já havia sido comentado no capítulo referente à metodologia, o ponto (GCP_07) que está aparecendo nas diversas tabelas foi excluído no cálculo das médias, em razão do seu valor estar muito acima dos demais valores ajustados.

Assim sendo, a partir dos ajustes realizados pode-se efetuar uma análise do RMS e do CE-90 que, de acordo com a definição da metodologia, passou a ser utilizado como fator de avaliação do grau de precisão do processo de ortorretificação. A definição desse parâmetro tem como base as afirmativas de Tavares (2000, p.2).

Tabela 44 – Comparação dos Métodos de Ortorretificação:

MÉTODO 1				MÉTODO 2				MÉTODO 3			
Ortorret.		Checagem		Ortorret.		Checagem		Ortorret.		Checagem	
RMS	CE90	RMS	CE90	RMS	CE90	RMS	CE90	RMS	CE90	RMS	CE90
1,96	3,23	2,69	4,43	1,12	1,18	3,44	5,67	1,64	2,71	5,25	8,63
Orto boa				Orto Média				Orto baixa			

Da tabela acima se pode ainda verificar que os RMS's encontrados nas ortorretificações ficaram bastante baixos. As análises individualizadas apresentaram um RMS em "x" de 1,64 metros e em "y" de 1,04 metros.

Os fatores que podem ser agregados à análise desses valores são o gradiente do terreno que, diferentemente do gradiente encontrado na região do Plano Piloto de Brasília, onde foi desenvolvido o teste do modelo, em Sobradinho este gradiente variou em torno de 900 (novecentos) metros.

Com os resultados acima auferidos, pode-se avaliar com base nos valores de RMS e CE90 o grau de precisão do produto a ser gerado. Para tal fim, será utilizado o padrão definido pela ASPRS - *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing*, conforme se pode observar a seguir:

Tabela 45 - PEC Classe A

Escala	Valores PEC (m)	Valores da Ortorret. (m)			Condição	
		Método 1 (M 1)	Método 2 (M 2)	Método 3 (M 3)	Atende	Não Atende
1:1.000	0.250	4,433	5,673	8,635		X
1:2.000	0.500	4,433	5,673	8,635		X
1:4.000	1.000	4,433	5,673	8,635		X
1:5.000	1.250	4,433	5,673	8,635		X
1:10.000	2.500	4,433	5,673	8,635		X
1:20.000	5.000	4,433	5,673	8,635	M 1	

Com relação à precisão para atender a um PEC Classe B, de acordo com a Legislação Cartográfica, foi possível avaliar os seguintes resultados:

Tabela 46 - PEC Classe B

Escala	Valores PEC (m)	Valores da Ortorret. (m)			Condição	
		Método 1 (M 1)	Método 2 (M 2)	Método 3 (M 3)	Atende	Não Atende
1:1.000	0,800	4,433	5,673	8,635		X
1:2.000	1,600	4,433	5,673	8,635		X
1:4.000	3,200	4,433	5,673	8,635		X
1:5.000	4,000	4,433	5,673	8,635	M 1	
1:10.000	8,000	4,433	5,673	8,635	M 1	
1:20.000	16,000	4,433	5,673	8,635	M 1	

As análises de PEC estão levando em consideração somente um Padrão de Exatidão Planimétrica.

Conforme se pôde observar nas avaliações acima, o Método 1, foi o que apresentou melhor precisão. Este fato foi inicialmente tido como estranho em função de ter sido utilizado o menor número de pontos de controle (GCP's). No entanto a sua checagem foi a que se utilizou do maior número de pontos.

Posteriormente, avaliando o trabalho desenvolvido pela INFOSTRATA, constatou-se que os melhores resultados obtidos nos estudos efetuados estavam relacionados a um número pequeno de pontos de controle para ortorretificação.

A seguir serão apresentadas as figuras relativas ao processo de ortorretificação da imagem IKONOS da cidade satélite de Sobradinho, onde constará:

- MDE e Superfície 3D
- Imagem Ortorretificada (Foi escolhida a que melhor resultado apresentou)
- Sobreposições de arquivos vetoriais com a imagem ortorretificadas
- Demonstrativo de pesquisas em base de dados utilizando o software ArcView

Figura 42 – MDE Sobradinho

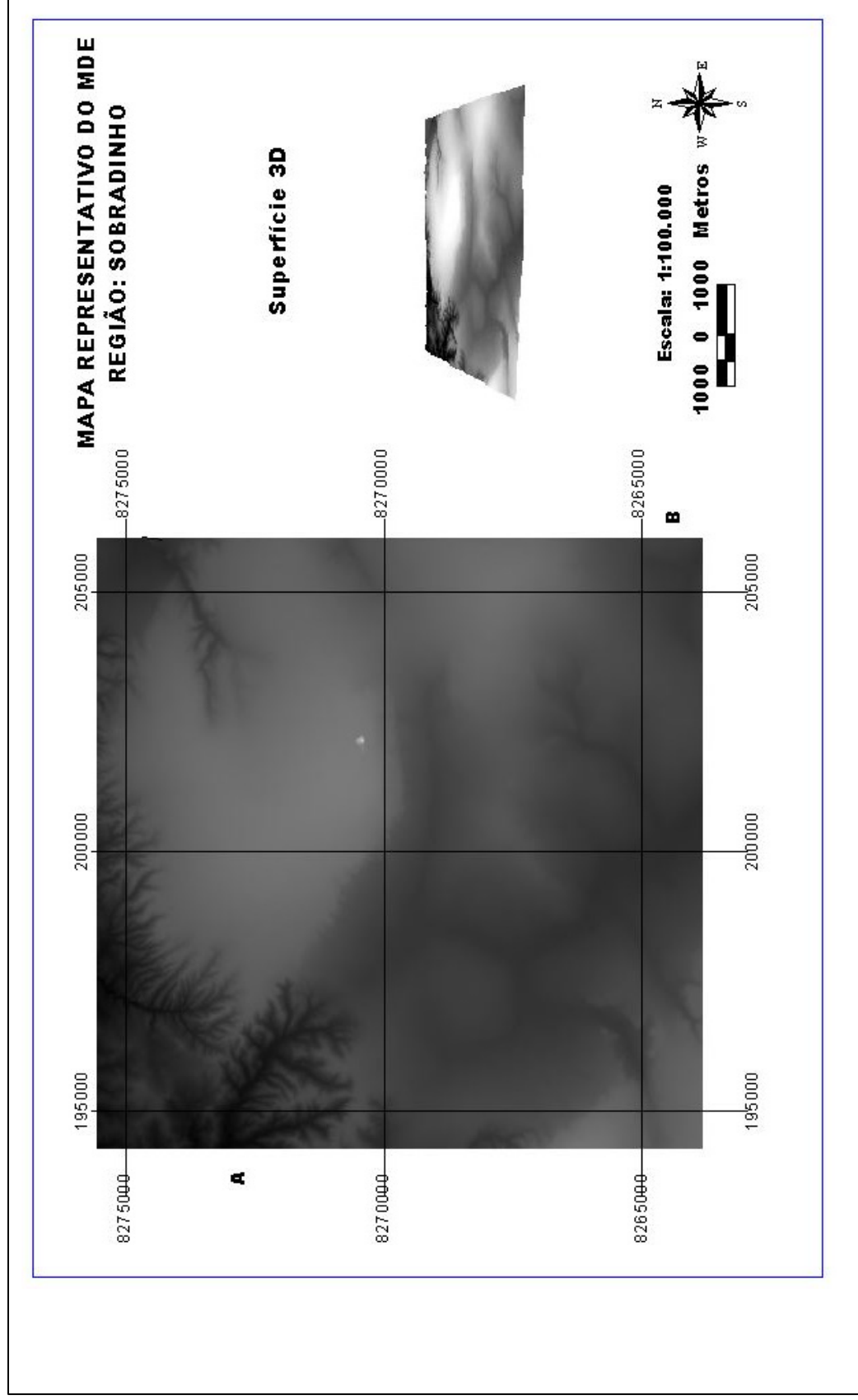


Figura 43 – Imagem Ortorretificada de Sobradinho

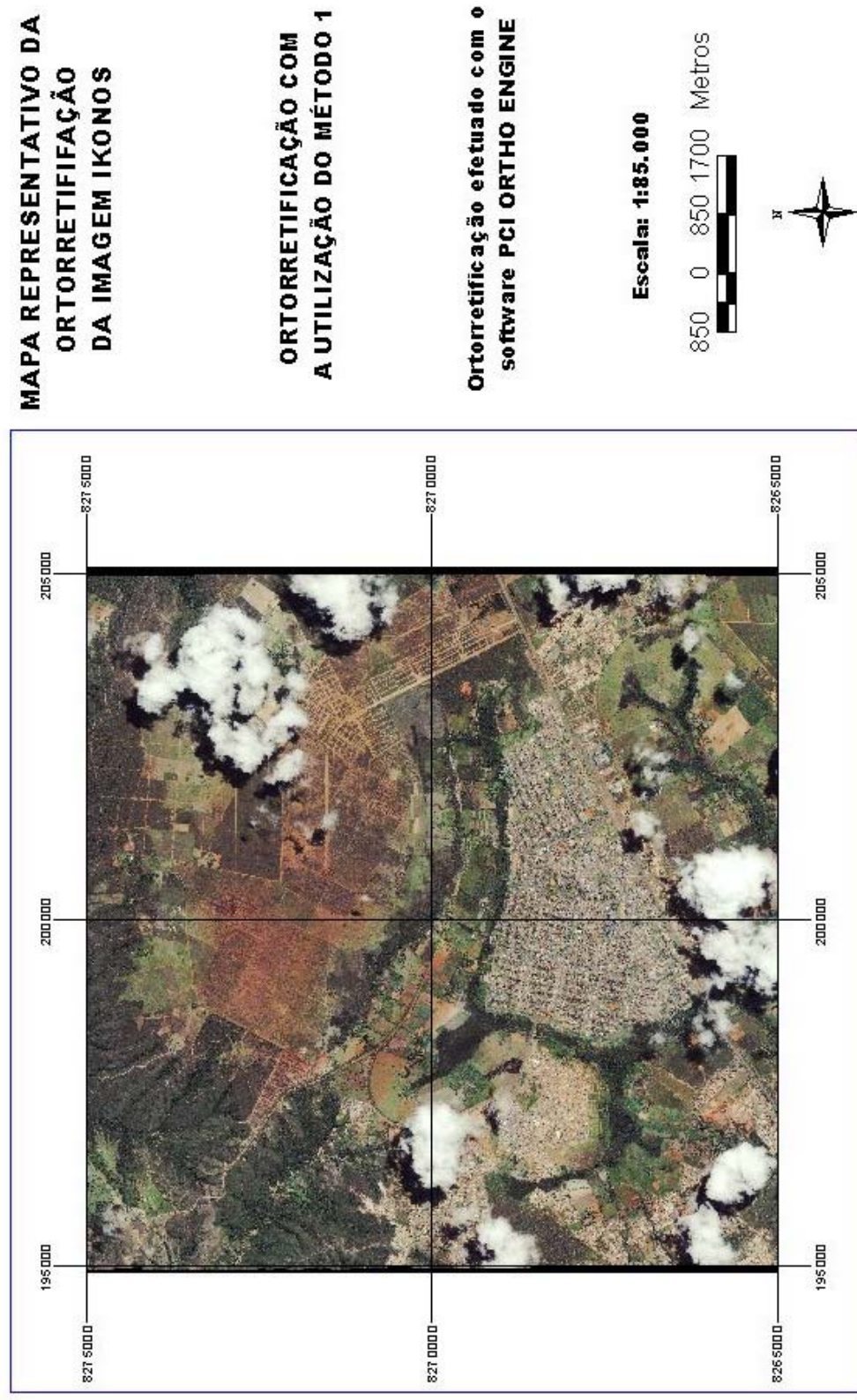


Figura 44 – Combinação Imagem com Mapa Vetorial

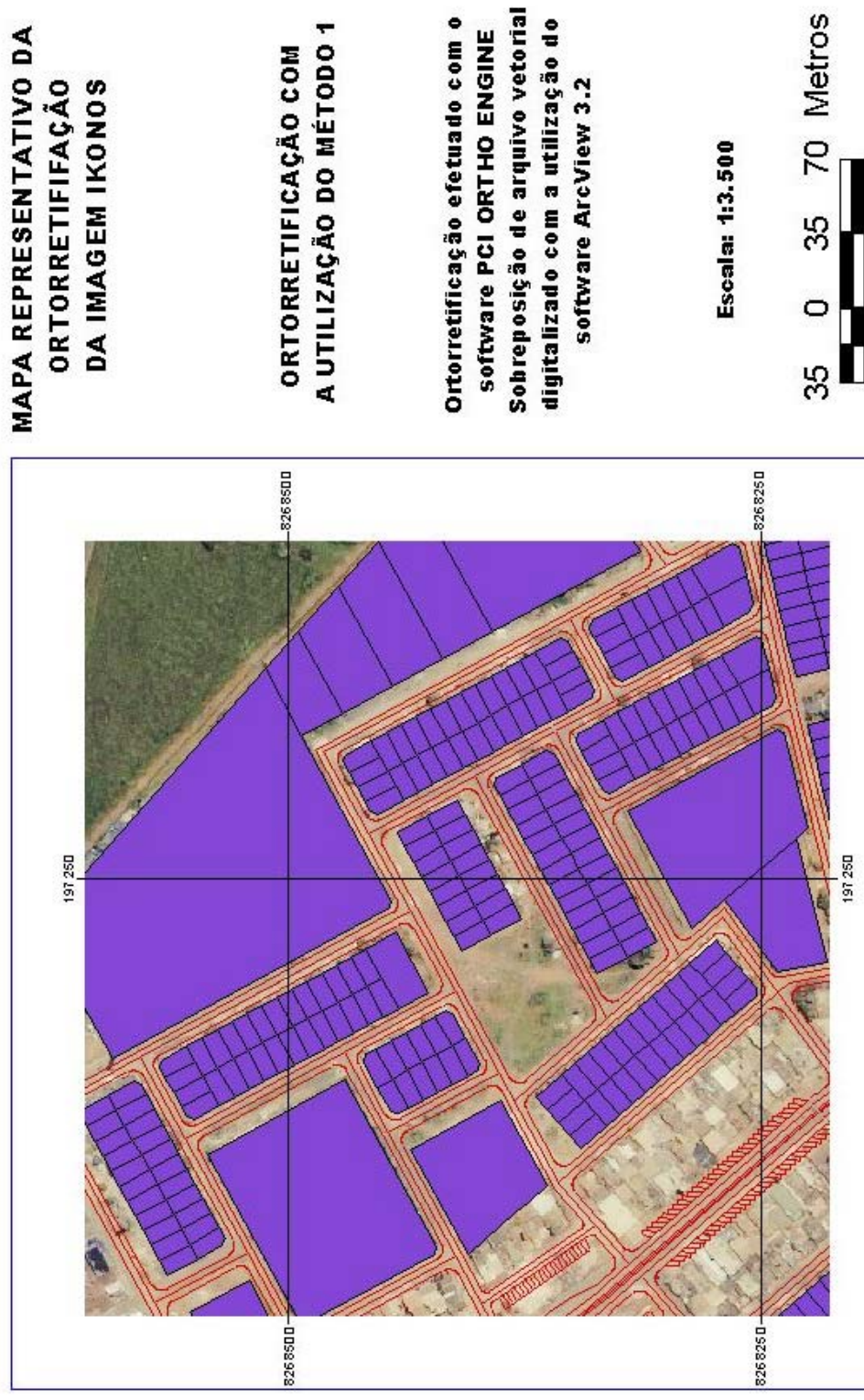
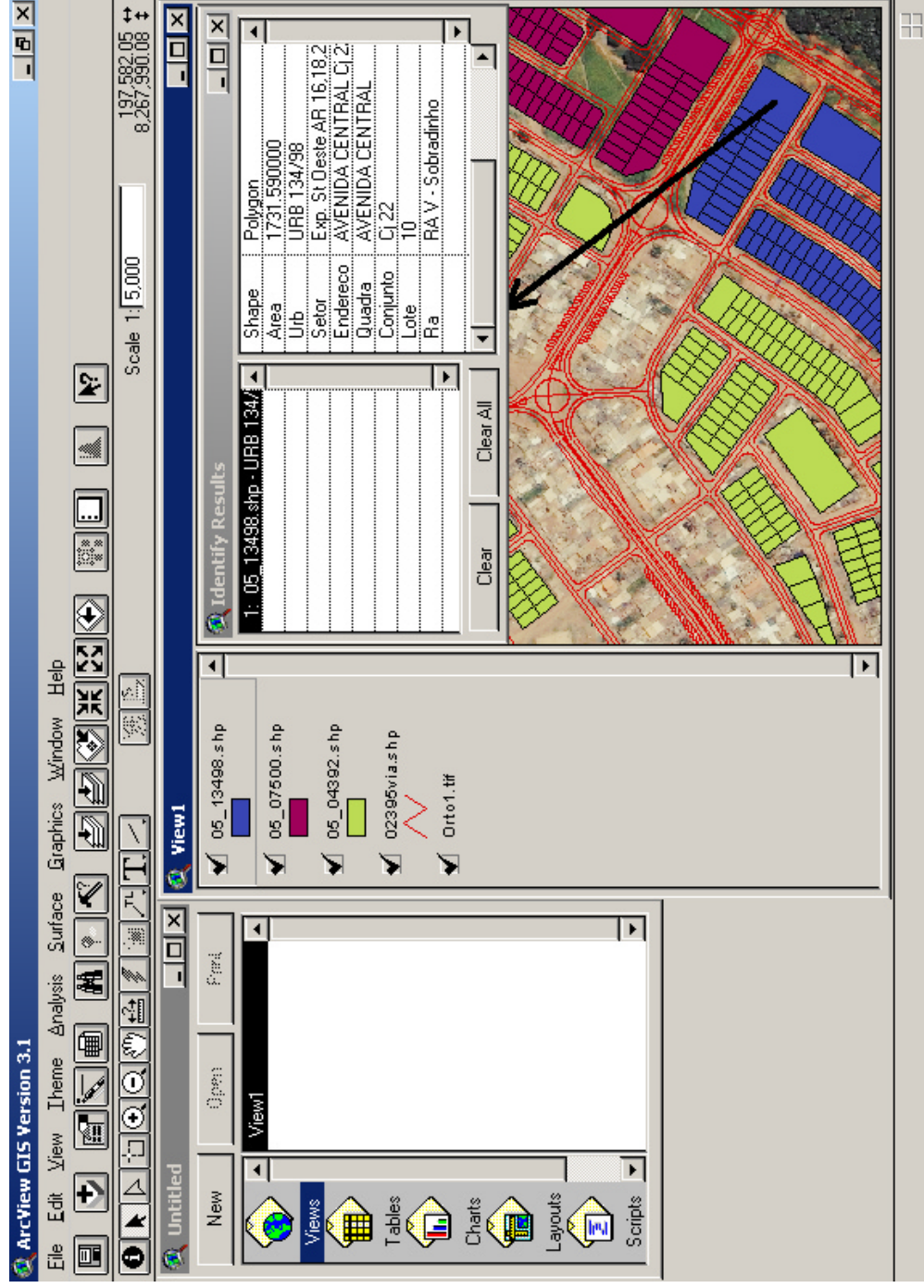


Figura 45 – Base Vetorizada e Estruturada para GIS Urbano



6.2 - Mapa do uso da terra

As três classificações desenvolvidas favoreceram compreender aspectos muito importantes relativamente às respostas espectrais em imagens IKONOS.

Um dos primeiros aspectos avaliados é a dificuldade apresentada na classificação, tendo em vista as respostas espectrais pelos seguintes motivos:

- Uma feição pode apresentar diferentes respostas espectrais e
- Diferentes feições com a mesma resposta espectral.

Esses fatores fazem com que haja uma mistura no momento da classificação, mesmo quando se tenha efetuado a diferenciação das feições na identificação de feições no momento em que se realiza a seleção das assinaturas que serão tomadas como base para a classificação.

Nos diversos testes foi possível observar misturas diferenciadas, em razão das respostas espectrais e que podem ser constatadas nas Figuras 21, 22, 23 e 24.

- Mistura nas respostas espectrais de áreas com residências individuais, tendo em vista que, na seleção dessa feição, foi inserida a cobertura das referidas residências e, sendo essas coberturas muitas vezes de telhas de barro, apresentaram uma resposta idêntica ao solo exposto;
- Houve ainda mistura nas respostas espectrais entre os elementos de asfalto e as coberturas das residências individuais e coletivas, tendo em vista que estas são constituídas por telhas de material de fibro cimento e, com o passar dos anos esse material escurece, passando a responder como o asfalto, que possui respostas diferentes em razão da sua idade e dos materiais constituintes;
- Foram identificadas facilidades na classificação do delineamento do asfaltamento e das áreas com a existência de verde (gramíneas).

Com base nos aspectos acima, foi possível observar a dificuldade na quantificação das áreas classificadas.

Entretanto, em termos de espacialização é possível obter-se uma noção bastante razoável das diversas feições ocupantes do espaço intra-urbano.

Dada a dificuldade de separação de feições em função das respostas espectrais, observa-se que outros métodos deverão ser analisados para extração de informações relativamente às imagens de alta resolução espacial. Dentre as propostas que, com certeza merecerão estudos no futuro, destaca-se a orientação a objetos, as análises referentes à lógica Fuzzy, os estudos da extração relativa à geometria de fractais, a videografia e finalmente os trabalhos que já se desenvolvem e encontram relacionados às redes neurais, isto porque com propostas desta natureza será possível ultrapassar os limites existentes ao nível do pixel.

A extração com base na orientação a objetos resultará num vasto conjunto de informação adicional, para além da mera informação espectral, e que é: forma, textura, hierarquia, informação baseada nas relações entre os objetos, etc., permitindo que, no processo de classificação, as regras de decisão tenham como base não apenas os dados espectrais mas também nas relações espaciais de um dado objeto com os objetos vizinhos.

Outro processo de classificação que poderá ser considerado no futuro um grande auxiliar na interpretação de imagens de alta resolução espacial é aquele baseado na lógica FUZZY, pois esta permite a integração de um largo espectro de diferentes características de objetos como os valores espectrais, forma ou textura.

Vale esclarecer que as considerações pertinentes à utilização de orientação a objetos e da lógica FUZZY, são considerações para serem analisadas no futuro e, no presente, projeto somente foram apresentadas para nortear um novo e vasto campo de pesquisa.

A videografia pode também vir a ser um dos grandes aportes no auxílio aos processos de classificação de imagens de alta resolução, conforme destaca Cavalli (2002) pesquisador do IAC – Instituto Agrônomo de Campinas.

Também foi utilizada a videografia no Brasil pela CODEVASF que, em 1994, contratou a Utah State University (USU) para construir um sistema de videografia aerotransportada para ser utilizado pelo laboratório de geoprocessamento nos seus trabalhos. O sistema foi utilizado em março de 1997 e outra vez em setembro de 1997 para coletar imagens para vários projetos da empresa, conforme pode ser verificado em www.codevasf.gov.br/produtos/videografia.htm.

As aplicações referentes às redes neurais representam um vasto campo de pesquisa que deverá ser incorporado aos processos de classificação de imagens de alta resolução. Destacam-se os trabalhos pertinentes à utilização dessas ferramentas desenvolvidos por Medeiros (1999) desenvolvendo um instrumento de apoio à gestão territorial, denominado Banco de Dados Geográficos - BDG, constituído de uma base de dados georreferenciada, de um sistema de gerenciamento de banco de dados, de um sistema de informação geográfica - SIG e de um simulador de redes neurais artificiais. Nos ambientes computacionais foram realizados procedimentos de correção e refinamento dos dados do meio físico e socioeconômicos, de interpretação de imagens de satélite e análises e combinações dos dados, que permitiram definir unidades básicas de informação do território.

O outro trabalho foi desenvolvido por Moreira (2001), que integrou análises fuzzy com redes neurais visando a realizar análises de pesquisa mineral no planalto de Poços de Caldas, chegando à conclusão das potencialidades da utilização dessas ferramentas.

Utilizando a abordagem de implementação de redes neurais aos procedimentos de análise de feições espaciais, pode-se citar como indicativo de estudos o trabalho desenvolvido por Botelho et al (2002), que concluiu afirmando o vislumbre de um quadro promissor para utilização das referidas redes na identificação de feições espaciais em imagens oriundas do sensoriamento remoto. O autor ainda demonstrou no seu trabalho, estudos realizados por Vieira (2000) que afirma que a utilização de um maior número de bandas no processo poderá permitir uma melhora significativa na classificação, chegando a aproximadamente 80 % (oitenta por cento) de acerto. Isso foi destacado por Botelho et al. (2002) pelo fato de eles haverem utilizado somente 3 bandas para a realização dos estudos.

Finalmente, pode-se trazer ainda a proposta a ser analisada para trabalhos de classificação de ambientes urbanos como a utilização da geometria de fractal, que consiste em um processo mais aprofundado de estudo no campo das formas que a geometria clássica euclidiana, pois esta trabalha com objetos que existem em dimensões inteiras descrevendo linhas, elipses e círculos e, a geometria de fractal trata de objetos em dimensões não inteiras descrita por meio de algoritmos que demonstram que, uma curva fractal terá uma dimensão entre dois pontos dependendo da forma como é descrita e da sua curvatura.

Com relação à utilização e a importância dos fractais, destaca-se nesta conclusão o trabalho desenvolvido por Christoforetti et al. (1995) realizando uma abordagem da utilização da geometria não euclidiana no campo das geociências. Esses fractais, ou melhor, frações ou fragmentos assumem grande importância e trazem enormes contribuições na análise das paisagens.

Essa visão da geometria não euclidiana poderá ser agregada às rotinas atualmente existentes de classificação, trazendo facilidades para a interpretação de feições que até então são interpretadas somente por meio de suas respostas espectrais.

6.3 - IKONOS na Avaliação de Áreas Verdes

De acordo com a metodologia proposta, foram utilizados os softwares IDRISI, ENVI 3.5 e ArcView 3.2 para a concretização da análise proposta. A utilização da proposta metodológica definida anteriormente permitiu obter-se uma imagem que, quantificada demonstrou a relação desigual existente entre o verde urbano remanescente e grande parte da cidade que, durante muitos anos, ostentou a condição de possuir o melhor clima do Distrito Federal.

A imagem IKONOS, além de permitir a visão intra-urbana, apresentou grande potencialidade na observação e quantificação do elemento verde pela geração do modelo NDVI.

Os resultados auferidos mostram claramente o quanto deve ser dada importância à quantificação do verde, como elemento de equilíbrio e principalmente conforto térmico em ambientes urbanos, conforme quadro abaixo.

Tabela 47 – Quantificação das Áreas Verdes:

Localidade	Área (km²)	% em relação à área total
Com verde	1.354	16
Sem verde	7.203	84
TOTAL	8.557	100

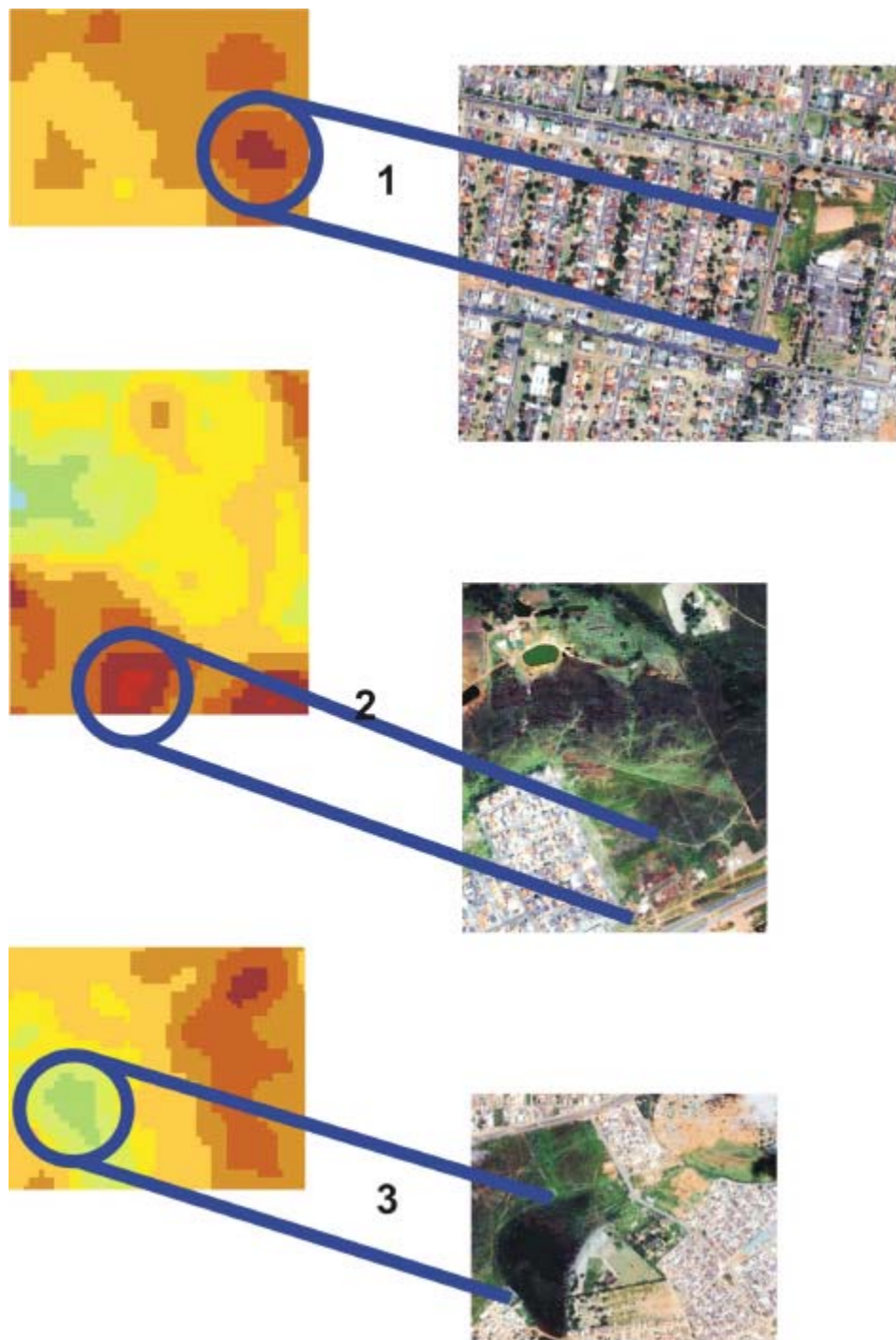
De acordo com os valores quantificados e as imagens apresentadas no capítulo referente à metodologia, observa-se claramente o grande potencial das imagens de alta resolução no mapeamento do verde e, dessa forma, caracterizando-se como uma ferramenta de grande utilidade para estudos de planejamento urbano que necessitem dessas informações.

6.4 - IKONOS/LANDSAT na Análise de Ilhas de Calor

De acordo com os pressupostos definidos na revisão bibliográfica e consubstanciados na metodologia, a identificação dos espaços intra-urbanos com a utilização das imagens IKONOS, após geração do mapa de ilhas de calor com o suporte do software IDRISI e da imagem LANDSAT na banda do termal, permitiu identificar os pontos de alteração de temperatura e sobretudo avaliar as alterações ocorridas nestes ambientes.

As observações efetuadas no ambiente intra-urbano permitiram observar alterações de diversas ordens, que justificavam plenamente as alterações de temperatura espacializadas no mapa de ilhas de calor.

Figura 46 – Identificação Intra-Urbanas das Alterações de Temperatura



De acordo com o que se pode observar nas áreas selecionadas e apresentadas na Figura 45, identifica-se que a imagem IKONOS permitiu a observação de alterações de ordem antrópica, o que se torna claro nas áreas 1 e 2.

No entanto, a área 3, que apresenta uma temperatura dentro dos limites de aceitação, apresenta a continuidade da vegetação nativa, bem como, por encontrar-se numa área com características de existência de água, favorece o equilíbrio térmico ambiental.

Outras considerações podem ainda ser agregadas à já citada acima como, por exemplo, na área 1, verifica-se uma variação térmica de 4°C, partindo de um ponto com temperatura entre 21°-22°C, representado por casas com arborização, até uma área com temperatura situada entre 25°-26°C, representada pela construção já mencionada, com cobertura metálica e grande mancha de solo exposto, fato que favorece a alteração da temperatura.

Já a área 2 apresentou uma variação de maior significância, da ordem de 9°C no sentido E-S. Analisando-se os dados IKONOS nota-se o porquê dessa variação. A área que apresenta a temperatura entre 17°-18°C é uma pequena lagoa com baixa concentração de algas; já a área que apresenta temperatura entre 26°-27°C é uma área urbana. Nota-se um pixel na porção SE da imagem de temperatura com temperatura entre 26°-27°C e percebe-se na imagem IKONOS a influência do asfalto neste resultado.

Finalmente, a área 3 no sentido anti-horário, apresenta uma variação térmica crescente no sentido SO-NE, partindo de uma área de temperatura variando entre 18°-19°C para uma de temperatura entre 25°-26°C. Quando se analisa a imagem IKONOS da mesma área, nota-se que a porção mais fria representa uma lagoa cercada de vegetação e que a área mais quente é uma mancha de solo exposto. Essas informações não eram possíveis de serem tão bem detalhadas nos dados LANDSAT devido à sua resolução espacial.

Os resultados obtidos da combinação das imagens de média resolução com as imagens de alta resolução demonstram um novo campo de aplicação, no qual é possível efetuar um estudo ultrapassando os limites de cada uma das imagens e por meio da combinação realizando observações de grande importância para o planejamento urbano que, uma única imagem em razão da resolução espacial não seria possível.

CAPÍTULO 7 - CONCLUSÕES

Diante dos estudos, leituras, análises e questionamentos realizados no transcorrer da presente pesquisa, foi possível concluir que as imagens de alta resolução espacial são efetivamente um produto que irá permitir num futuro próximo a gestão ambiental urbana, por meio de estudo e estruturação do monitoramento intra-urbano de forma ágil e eficiente. Entretanto, foram identificadas algumas limitações que merecem as observações dos estudiosos para futuras pesquisas.

Ficou claro que as imagens IKONOS encontram-se dentro de padrões de aceitação no que tange aos valores relativamente comparados com produtos de aerofotogrametria. A diferença avaliada em todas as etapas de ambos os processos demonstrou um ganho de 54% (cinquenta e quatro por cento), tornando assim a aquisição do produto mais barata que aqueles desenvolvidos por meio de aerofotogrametria.

Esse fato tem imensa relevância nos dias atuais, em razão dos altos custos que normalmente deveriam ser despendidos para a aquisição e manutenção de bases cartográficas, principalmente se for levada em consideração a realidade econômica do Brasil, no que se refere aos investimentos no campo dos mapeamentos.

Os testes referentes à ortorretificação e precisão das imagens IKONOS ORTHO KIT justificam plenamente a sua utilização na geração, atualização e manutenção de bases cartográficas, em razão do nível de precisão necessário ao atendimento de trabalhos voltados ao planejamento urbano que, de acordo com os estudos e dados obtidos na revisão bibliográfica, orientam para o fato de que, essas atividades não necessitam do rigor e precisão cartográficos de um produto com um PEC relativamente à “Classe A”. Os resultados auferidos na presente pesquisa demonstraram, por meio de avaliações e consubstanciado nos gráficos de dispersão valores de RMS e do CE-90, compatíveis com o PEC “Classe B” para trabalhos planimétricos, que atendem a fatia do mercado cartográfico que atua em trabalhos de planejamento urbano.

Os testes efetuados apresentaram-se compatíveis com as escalas que haviam sido definidas para análise do presente estudo. Portanto pode-se afirmar, após a realização dos processos de ortorretificação e das análises de precisão, a possibilidade de se efetuar mapeamento para planejamento urbano, nas escalas 1:5.000 ou menores.

Outro fato que se mostrou extremamente positivo após as análises foi o número de pontos necessários à ortorretificação da imagem, tendo em vista que a melhor ortorretificação foi obtida com o menor número de pontos (13 pontos – GCP's) e a validação de qualidade (checagem de precisão) com o maior (31 trinta e um pontos – GCP's).

Na análise da aplicação do modelo na região do Plano Piloto de Brasília, ficou evidente que em trabalhos a serem realizados em áreas onde ocorrem pequenas variações em altimetria não se faz necessária a construção de um MDE, minimizando os dispêndios relativos à geração do produto cartográfico, pois um bom registro e correção geométrica atenderiam as necessidades relativas à correção da imagem.

Aspectos que ficaram bastante claros nos resultados encontrados decorrem de alguns fatores, entre os quais se destacam, o ângulo de aquisição da imagem, a qualidade das curvas de nível utilizadas para a geração do MDE, e a extensão da área. Nas duas áreas analisadas, foram utilizadas curvas de nível de boa qualidade e o ângulo de aquisição das imagens também se encontrava dentro dos parâmetros, considerados de boa qualidade. Dessa forma, e levando em consideração que somente as dimensões das áreas eram relativamente pequenas, principalmente as do Plano Piloto de Brasília, em torno de 25km^2 e as dimensões de Sobradinho em torno de 100 km^2 . Entretanto, esse fato não invalida a qualidade dos resultados que foram obtidos com base nas ortorretificações.

Com relação aos aspectos relativos à ortorretificação e precisão da imagem, recomenda-se que o método exposto no presente trabalho possa ser validado em outros ambientes que possuam características diferentes das apresentadas nas áreas de teste e aplicação deste trabalho.

Os testes e análises realizadas para geração de um mapa do uso da terra por meio da imagem IKONOS ORTHO KIT não demonstraram boa qualidade, em razão dos aspectos relativos às respostas espectrais dos diversos alvos componentes do ambiente intra-urbano, uma resposta compatível e de boa qualidade para análise e, principalmente, quantificação.

A mistura de respostas espectrais dos alvos urbanos, em razão das classes funcionais possuírem geralmente semelhanças espectrais, apresentou grandes limitações na geração dos produtos propostos no presente estudo, uma vez que a utilização das imagens IKONOS para geração de mapas de uso da terra com base nos processos de classificação supervisionada e não supervisionada não responde de forma satisfatória. A melhor das classificações encontradas foi a MAXVER (Maxivossimilhança)

Pode-se verificar que o grande desafio será encontrar para a utilização nos processos de classificação das imagens de alta resolução novos modelos que possam avaliar não somente as respostas espectrais, como também as formas, texturas e outros elementos. Um horizonte para tal desiderato serão as pesquisas voltadas aos processos de orientação a objetos, a lógica Fuzzy, geometria de fractais, videografia e a combinação de interpretações Fuzzy e de Fractais com as redes neurais.

A dificuldade encontrada na classificação é que passa a influenciar a quantificação dos elementos classificados deverá ser analisada com muito cuidado e rigor, pois poderá conduzir a resultados com valores quantitativos que não representam a realidade das feições classificadas.

Como os mapas de uso da terra são ferramentas importantíssimas para os estudos urbanos, pela possibilidade de espacialização e estabelecimento e organização das funcionalidades urbanas, não foi possível justificar a plena utilização das imagens IKONOS para geração desse produto em razão das dificuldades de interpretação espectral.

A imagem IKONOS ORTHO KIT apresenta ampla capacidade para a geração de mapa demonstrativo da qualidade e relação das áreas verdes urbanas com as funcionalidades intra-urbanas (áreas residenciais, comerciais e industriais), permitindo uma diferenciação de excelente qualidade e, sobretudo, a quantificação dessas diferenças.

Destaca-se, ainda, que o método de geração das análises do verde, poderá ocorrer conforme demonstrado na presente pesquisa, com a utilização do método NDVI.

O desafio de avaliar a combinação de imagens LANDSAT (canal termal) com imagens IKONOS para estudo do clima urbano, que permitisse analisar as alterações de temperatura no ambiente intra-urbano, com base na geração de um mapa das ilhas de calor ocasionadas principalmente pelas alterações antrópicas, demonstrou-se totalmente viável.

O valor dessa constatação traz um novo campo de integração de imagens de diferentes resoluções espaciais na prospecção interna no ambiente urbano. As análises demonstraram que as imagens IKONOS respondem plenamente a este objetivo, favorecendo estudos e subsidiando atividades de planejamento urbano.

Após todas as considerações desenvolvidas, é possível afirmar que as imagens IKONOS, no que se refere a trabalhos de gestão e planejamento urbano, podem ser utilizadas nos diversos campos de atuação, evidentemente, respeitadas as limitações apresentadas.

Pode-se enfim afirmar que os objetivos definidos para a presente pesquisa foram plenamente atendidos, haja vista que foi possível descortinar o véu que limitava e ao mesmo tempo criava um campo árido na utilização desse produto pelos diversos usuários potenciais. Assim o desafio de avaliar as limitações das imagens IKONOS não se prendeu às caracterizações e definições dos fornecedores, e sim, em dados técnicos levantados em campos e analisados com critérios e isenção.

Os usuários de imagens bem como os técnicos voltados às atividades de planejamento urbano, possuirão um instrumento norteador, evidentemente, conforme esclarecido, novas pesquisas deverão ocorrer e trarão contribuições significativas.

Finalmente, vale esclarecer que foi possível constatar as grandes alterações ocorridas na cidade satélite de Sobradinho que vão desde a ocupação do solo, com a descaracterização de áreas rurais, extrema relação de desigualdade do verde urbano em relação ao espaço construído (residencial, comercial), representaram fator determinante para as alterações de temperatura e criação das ilhas de calor. Essas constatações fazem parte de um conjunto de atividades que devem compor qualquer trabalho relativo ao planejamento urbano, e que, com base na presente pesquisa e sobretudo com a definição dos limites de utilização das imagens IKONOS, poderão ser implementadas em sua totalidade.

CAPÍTULO 8 - REFERÊNCIAS

ABRAHÃO FILHO, R. E. IKONOS: turbulência no aerolevante. INFOGeo, ano 3, n. 14, 2000. p. 36 - 41.

ADMINISTRAÇÃO DE SOBRADINHO. Apresenta dados técnicos, socioeconômicos,, populacionais e fisiográficos. Disponível em: <<http://www.sobradinho.df.gov.br>> Acesso em: 10 mar. 2002.

AGENDA 21 (1998) Ministério do Meio Ambiente. Agenda 21: o caso do Brasil: perguntas e respostas. Brasília, 1998. 40 p.

ANDERSON, R. J.; **HARDY**, E. E.; **ROACH**, J. T.; **WITNER**, R. E. Sistemas de Classificação do uso da terra e do revestimento do solo para utilização com dados de sensores remotos. (trad) Harold Strang. IBGE. Rio de Janeiro, 1979. 80 p.

ANDRADE, J. B. Fotogrametria. Curitiba: Ed. SBEE, 1998. 258 p.

ANDRADE, L. A. Possibilidades de obtenção de produtos cartográficos com utilização de imagens do satélite SPOT. In: Anais V SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 5., 1988, Natal. p. 245– 252.

ANJOS, R. S. A. Modelagem dos processos espaciais formadores da dinâmica urbana no Distrito Federal do Brasil. 1995. 220 f. Tese de Doutorado em Engenharia de Transportes - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

ANTUNES, A. F. B. Resolução temática de imagem híbrida resultante da fusão SPOT-LANDSAT. Revista Brasileira de Cartografia, Rio de Janeiro, n. 52, p. 48-56, 2000.

ANTUNES, A. F. B.; **ARAKI**, H.; **MARKUS**, F. Avaliação da aplicabilidade das imagens de alta resolução para o cadastro técnico municipal. In: Anais X CONGRESSO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, ,2001, Foz do Iguaçu. INPE, p. 1139-1145.

ANTUNES, A. F. B.; **LINGNAU**, C. Classificação digital de imagem de alta resolução: uma proposta metodológica. In: Anais GIS BRASIL 2001. São Paulo, 2001. 7 p.

ASHTech. Reliance Workabout: manual de operação de campo. Rio de Janeiro, 1997. 19 p. Versão em português do documento Ashtech n. 630169-01 Rev C.

ASSIS, R. R. Utilização de imagens orbitais e aéreas no estudo da ocupação e planejamento urbano. 2001. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Geoprocessamento, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.

BALZEREK, H. Applicability of IKONOS – Satellite Scenes Monitoring, Classification and Evaluation of Urbanisation Processes in Africa. Case Study of Gombe/Nigéria. Disponível em: <<http://www.rzuser.uni-heidelberg.de/~bu1/sfb/d1/regensb/balzerek.htm> > Acesso em: 20 abr. 2002.

BAPTISTA, G. M. M. ; **BIAS**, E. S. Espacialização do seqüestro de carbono intra-urbano, por meio de sensoriamento remoto hiperespacial: o estudo de duas superquadras do plano piloto de Brasília. In: ECOURBS, 5º Congresso Internacional sobre Planejamento e Gestão Ambiental em Centro Urbanos. 9-12 dez. Florianópolis, 2002. Cidade de publicação: Instituto Ambiental Biosfera., 2002. 4 p.

BAPTISTA, G. M. M. Ilhas Urbanas de Calor. In. Scientific American. Ano 1 n. 8 Jan-2003. p. 54-59.

BARROS, F. L. Desenvolvimento urbano, meio ambiente e qualidade de vida: estudo e movimentos sociais no Distrito Federal. 1993. 273 f. Dissertação Mestrado - Departamento de Sociologia, Universidade de Brasília, Brasília, 1993.

BIAS, E. S. ; **BAPTISTA**, G. M. M. ; **LOMBARDO**, M. A. Análise do fenômeno de ilhas de calor urbanas, por meio da combinação de dados LANDSAT e IKONOS. Trabalho aceito para apresentação no XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Belo Horizonte 5-10 abr. 2003.

BIAS, E. S. ; **BAPTISTA**, G. M. M. Utilização de imagens de alta resolução espacial na análise do verde urbano como ferramenta ao planejamento. In: ECOURBS, 5º Congresso Internacional sobre Planejamento e Gestão Ambiental em Centro Urbanos. 9-12 dez. Florianópolis, 2002. Cidade de publicação: Instituto Ambiental Biosfera., 2002. 4 p.

BIAS, E. S. Técnicas de geoprocessamento: sua aplicação como suporte a análise, planejamento e implantação de redes elétricas. 1998. 161 f. Dissertação (Mestrado em...Geociências e Meio Ambiente. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1998.

BOCHICCHIO, V. R. ; **ONOFRIO**, J. C. F. ; **VIANNA JÚNIOR**, H. V. ; **KOEHNTOPP**, D. ; **FERREIRA**, W. P. ; **BEJAR**, O. I. G. Normas técnicas para cartografia regional e urbana. Brasília: 1979. 251 p.

BOTELHO, M. F.; **VIEIRA**, C. A. O. Aplicação de Redes Neurais para Identificação de Feições Espaciais. Disponível em <<http://www.ufv.br/nugeo/ufvgeo2002/resumos/7-mosar.pdf>> Acesso em: 10 dez. 2002.

BRANCO, A. Desafios do planejamento urbano em Salvador. In: SEMINÁRIO SOBRE QUESTÕES AMBIENTAIS NA GRANDE SALVADOR, 1., 2001, Salvador. Disponível em: < <http://www.urbanismo.hpg.ig.com.br/artigos004.htm>>. Acesso em: 15 ago. 2002.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2000. 393 p.

CÂMARA, G. Imagens de alta resolução: quais são as alternativas? Info Geo, Curitiba, ano 3, n. 14, p. 14, 2000.

CAMPOS FILHO, C. M. Cidades brasileiras: seu controle ou o caos: o que os cidadãos devem fazer para humanização das cidades no Brasil. 3. ed. São Paulo: Studio Nobre, 1999. 143 p.

CAMPOS, C. V. Análise das redes de infra-estrutura e vazios urbanos com uso de geoprocessamento. 2001. 135 f. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2001.

CARVALHO B. N. R. Um sistema de informações para a prática do gerenciamento e planejamento urbano. In: GIS BRASIL 1999, Salvador: Fator Gis, 1999. CD-ROM.

CAVALLI, A. C. Novo Sistema de Sensoriamento Remoto Garante maior definição de áreas analisadas. Disponível em <http://www.iac.br/oagronomico/522-3/5223_p34_t_gps.pdf> Acesso em 10 dez 2002.

CECCATO, V. A. Proposta metodológica para avaliação da qualidade de vida urbana a partir de dados convencionais e de sensoriamento remoto, Sistema de Informações Geográficas e Banco de Dados Relacional. 1994. 137 f. Dissertação Mestrado em Sensoriamento Remoto - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1994.

CHOHFI, R. E. Imagens de alta resolução em mapeamento urbano: oportunidades e problemas. InfoGEO, cidade, ano 2, n. 6, p. 50-52, 1999.

CHRISTOFOLETTI, L. H. A.; **CHRISTOFOLETTI**, A. A abordagem fractal em geociências. In: Geociências V 14(1) jan-jun 1995. p. 227-26.

CODEPLAN Relatório sintético: cadastro técnico do Distrito Federal. Brasília, 1976. 86 p.

COHEN E.; **FRANCO**, R. Avaliação de projetos sociais. Ed. Vozes. Petrópolis, 1993. 312 p.

CORREIA, J. D. Atualização cartográfica na escala 1:50.000 utilizando imagens SPOT. 1997, 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Cartográfica) – Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 1997.

CORREIO BRAZILIENSE (2002) Municípios crescem sem planejamento. **CORREIO BRAZILIENSE**, DF, 14 set. 2002. Caderno A. p. 3.

COSTA S. M. F. ; **CINTRA**, J. P. Proposta de estudo de áreas metropolitanas: um modelo utilizando as tecnologias de SIG e sensoriamento remoto. In: GIS BRASIL 1999, 1999, Salvador: Fator Gis, 1999. CD-ROM.

COSTA S. M. F. Metodologia alternativa para o estudo do espaço metropolitano, integrando as tecnologias de SIG e sensoriamento remoto: aplicação à área metropolitana de Belo Horizonte. 1996. 177 f. Tese (Doutorado em Engenharia) Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

D'ALGE, J. C. L. Cartografia para geoprocessamento. In:. Introdução à ciência da geoinformação. Org. **CÂMARA** G.; **DAVIS**, C.; **MONTEIRO**, A. M. V. 1999. Disponível em < <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd>> Acesso em: 02 mai. 2002.

_____. Perspectivas de atualização de mapeamento sistemático através de imagens orbitais. In: V SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 5., 1988, Natal. Anais INPE, São José dos Campos, 1988. p. 240 – 244.

DAVIS JUNIOR, C. A. Geoprocessamento municipal. Fator GIS, Curitiba, ano 4, n. 13, p. 21, 1996.

_____. O futuro do GIS urbano. InfoGEO, Curitiba, ano 2, n. 8, p. 32-33, 1999.

DAVIS, C. H. ; **WANG**, X. Planimetric accuracy of IKONOS 1-m panchromatic image products. Disponível em: <http://www.pcigeomatics.com/tech-papers/ASPRS_2001_ikonos.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2002.

DEL RIO, V. Introdução ao desenho urbano no processo de planejamento. São Paulo: Pini, 1990. 198p.

DIAL, G.; **GRODECKI**, J. Understanding the geometry of IKONOS images. In: Imaging Notes. Sep-Oct, 2001. v. 16 n. 5 p. 6-7.

DINIZ, J. A. F. ; **FERREIRA**, I. C. B. ; **PAVIANI**, A. Brasília e sua periferia: problemas de relacionamento. In: Problemas urbanos do Distrito Federal: uma contribuição ao planejamento. Org. PAVIANI, A. Brasília: 1974. p. 14-21. (Série Geografia).

ENGESAT (2002) Satélites disponíveis. Apresenta relação de satélites comerciais. Disponível em: <<http://www.engesat.com.br>> Acesso em: 05 fev. 2002.

ENGESPAÇO (2001) Imagens de Alta Resolução Substituirão as fotografias aéreas? Apresenta uma pesquisa sobre o futuro das imagens de alta resolução. Disponível em <www.engespaço.com.br> São Paulo, 2001. Acesso em: 25 set. 2001.

ENVI Manual do usuário On Line. Disponível em < www.envi.com.br > Acesso em 09 mar. 2001.

FATOR GIS (2001) Lançamento do satélite Quick Bird. Disponível em: <http://www.fatorgis.com.br> Acesso em: 30 nov. 2001.

FERREIRA, I. C. B. ; **PAVIANI**, A. As correntes migratórias para o Distrito Federal: aspectos sócio-econômicos. In: : Problemas urbanos do Distrito Federal: uma contribuição ao planejamento. Org. PAVIANI, A. Brasília: 1974 p. 22-26. (Série Geografia).

FILHO, A. F. Aspectos atuais do planejamento urbano. Cadernos de Arquitetura 2. Planejamento Urbano, Experiências e Perspectivas. IAB/DF, Brasília, p. 1-14, 1968.

FORESTI, C. Estimativa populacional e de crescimento de áreas urbanas no estado de São Paulo, com utilização de imagens de satélite. 1978. 115 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto)- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1978.

FORSTER, B. C. An examination of some problems and solutions in monitoring urban areas from satellite platforms. In: Internation Journal of Remote Sensing, v. 6, n. 1, 1985, p.139-151.

FRAGASSI, A. P. M. Desenvolvimento e implementação de um aplicativo para extração de feições arquitetônicas sobre imagens digitais. 1998. 223 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésica) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

FREITAS, M. A. R. R. O uso de imagens de satélite na análise dos padrões de verticalização em áreas metropolitanas: estudo de caso: São Paulo. 1997. 139 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - FFCL Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

GALINDO, R. Qual a melhor solução para mapear o Brasil. INFOGeo, Curitiba, ano 2, n. 5, p. 50-53, 1999.

GANAS, A.; **LAGIOS**, E.; **TZAMMETOS**, N. An investigation on the spatial accuracy of the IKONOS 2 orthoimagery within an urban environment. Disponível em: < http://www.pcigeomatics.com/tech-papers/ijrspaperfinal_1_.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2001.

GARCIA, G. J. Satélites de alta resolução, seu potencial e expectativas. A Mira, Criciúma-SC, ano 8, n. 85, p. 56 – 62, 1998.

GOBBI, C. Sistemas de informação automatizados como instrumento para o planejamento urbano: uma abordagem a nível municipal. 1989. 218 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 1989.

GONÇALVES, L.; **FONSECA**, M. A.; **CAETANO**, M.: Exploração de imagens de alta resolução do satélite IKONOS. Disponível em <http://cnig.igeo.pt/cdi/Portugues/html/esig2001/papers/esig41.pdf>. Acesso em 10 abr. 2002.

GRAEFF, E. A. Brasília e o futuro da cidade. In.: Cadernos de Arquitetura 2. Planejamento Urbano Experiências e Perspectivas. IAB/DF. Brasília 1968. Instituto de Arquitetos do Brasil. Departamento de Brasília. 15 p.

GRAHAM, R.; **HASUN**, T.; **BRADLEY**, B.; **YOUNG**, R. Projeto de ampliação de áreas verdes da igreja beneficia o meio ambiente no centro da cidade. Disponível em: <<http://www.idl.org/media2/display>. Acesso em 13 nov. 2002.

GRANJA, L. V. C.; **OLIVEIRA**, T. A. Monitoramento do Uso da Ocupação do Solo. In: Olhares sobre o Lago Paranoá. FONSECA, F. (Org.) Brasília: 2002. p. 328-330.

GUEVARA, V.; **REYES**, A.; **SALCEDO**, R. ; **RUIZ**, A. ; **TORRES**, W.: Evaluación de la precisión en la ortorectificación de imágenes del satélite IKONOS en la área urbana de Caracas. 7 p. 2002 Disponível em < http://www.asovig.org/Documentos/Guevara_Victor_IKONOS%20.pdf> Acesso em 17 nov. 2002.

HAMBURGER, D. S. Utilização de informações derivadas de características textuais de imagens orbitais na definição de classes de uso do solo urbano. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto)- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1993. 122 p.

INTERSAT, 2002. Conceitos Básicos. Apresenta conceitos básicos sobre sensoriamento remoto. Disponível em: < <http://www.intersat.com.br> > Acesso em: 10 jun. 2002.

ISHIKAWA, M. I.: Potencialidades de uso de imagens IKONOS/GEO para aplicações em Áreas Urbanas. Dissertação de Mestrado, UNESP, Presidente Prudente. São Paulo. 2001 82 p.

KLEINER, R. M.; **MENEGUETTE**, A. A. C. Fotografias aéreas ou imagens orbitais de alta resolução: qual destes produtos escolher para aquisição de dados? Presidente Prudente: 2002. No prelo.

KONECNY, G.; **SCHIEWE**, J.: Mapping from Digital Satellite Image Data With Spatial Reference the MOMS-02. International Society of Photogrammetry & Remote Sensing - Journal of Photogrammetry & Remote Sensing. V. 51, 1996, p. 173-181.

KURKDJIAN, M. L. N. O., II, S. S.: Integração de Imagens SPOT Multiespectral e Aerofoto Pancromática para Estudo do Uso do Solo Urbano. In.: Simpósio Latino Americano de Percepção Remota, 4. Bariloche, 1989.

KURKDJIAN, M. L. N. O.: Um método para a identificação e análise de setores residenciais urbanos homogêneos, através de dados de sensoriamento remoto, com vistas ao planejamento urbano. Tese de Doutorado. USP/FAU. São Paulo, 1986. 158 p.

LIBAULT, A. Geocartografia. Cia Editora Nacional. Ed. USP, 1975. 388 p.

LOBO, M. L. C.: A Gestão Municipal Inteligente. In.: Revista Fator Gis. 1999. On Line. Disponível em www.fatorgis.com.br. Acesso em 15 mar. 2001, 6 p.

LOMBARDO, M. A. & **MACHADO**, R. P. P.: Aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas nos estudos urbanos. In.: Revista de Geografia Depto de Geografia. USP. São Paulo, 1996. p. 5-11.

LOMBARDO, M. A. Ilha de Calor na Metrópoles: o exemplo de São Paulo: Hucitec, São Paulo, 1985. 243 p.

_____. Qualidade Ambiental e Planejamento Urbano: Considerações de Método. Tese de Livre Docência. USP. FFLCH. São Paulo, 1995, 490 p.

LUGNANI, J. B.: Introdução à fototriangulação. Curitiba: Ed. UPPR. 1987. 134 p

MANZANO, A. L. ; **MANZANO**, M. I. N. G. Informática Básica. São Paulo: Erica, 1998. 178 p.

MARKUS, F. F.; **PASSOS**, A. C. P.; **ANTUNES**, A. F. B. Avaliação da aplicabilidade de imagem de alta resolução para o cadastro técnico municipal. In. Gis Brasil 1999. CD ROM.

MARTINS, F. L.; **THOMAZ**, H. R.; **ASSIS**, R.; **DAMACENO**, D.; **MORAES**, F. E. ; **BERREDO**, R. Teste cartográfico imagem IKONOS. Belo Horizonte: INFOSTRATA, 2002. 16 p.

MATIAS, L. F. ; **FERREIRA**, N. C. Reflexões sobre o uso e a aplicação do termo SIG. In.: Simpósio Internacional sobre novas tecnologias digitais em geografia e cartografia. USP. 1996. p. 90-95.

MATIAS, L. F. Sistema de Informações Geográficas (SIG): Teoria e Método para Representação do Espaço Geográfico. Tese de Doutorado. FFLCH, USP. 2001. 313 p.

_____. Proposta Metodológica para Mapeamento da Qualidade Ambiental de Áreas Urbanas Através de um SIG. Trabalho de Graduação. UNESP Rio Claro. São Paulo. 1991. 136 p.

MEDEIROS, J. S. Banco de Dados Geográficos e Redes Neurais Artificiais: Tecnologia de Apoio à Gestão do Território. Tese de Doutorado. Depto de Geografia USP. São Paulo 1999. 234 p.

MENEGUETTE, A. A. C.: Exatidão cartográfica e conteúdo informativo de imagens de satélite para compilação e revisão de mapas digitais. In.: V Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Natal 1988. p. 232-235.

MENEZES, P. R.; **ASSAD**, E. D.; **SANO**, E. E. Introdução ao processamento de imagens digitais de sensoriamento remoto. Brasília : Universidade de Brasília, 1991. 96 p.

MOREIRA, F. R. S. Uso e Avaliação De Técnicas de Integração e Análise Espacial de Dados em Pesquisa Mineral Aplicadas ao Planalto de Poços de Caldas. Dissertação de Mestrado. INPE. São José dos Campos, 2001. Disponível em < <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/teses.html>> Acesso em: 18 nov. 2002.

MOWRER, H. T. Accuracy (Re) assurance: selling uncertainty assessment to the uncertain. In: Spatial Accuracy Assessment: land information uncertainty in natural resources. Org. LOWELL, K.; JATON, A. Quebec-Canadá: 1999. p. 3-10.

NEIA, M. A.: Opções de Atualização. In.: InfoGEO. Ano 1 n° 2 jul/ago 1998.

NIERO, M.; **FORESTI**, C. Uso do solo urbano da área metropolitana de São Paulo através da análise automática de dados LANDSAT. São José dos Campos: INPE, 1983. 34 p.

NOVAES PINTO, M. Caracterização Geomorfológica do Distrito Federal. In: Cerrado Org. NOVAES PINTO, M. Ed. UnB/SEMATEC. 2ª Ed. Brasília, 1993. 681 p.

NOVAES, A. G. Modelos em planejamento urbano, regional e de transportes. São Paulo: Edgar Blucher, 1981. 290 p.

NOVAK, K. Mobile Mapping Technology for GIS Data Collection. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. V. 61, N. 5, May 1995. p. 493-501

NOVO, E. M. L. M. Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. São Paulo: Edgard Blucher, 1993. 308 p.

OLIVEIRA, C. Dicionário cartográfico. 4. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1983. 646 p.

OLIVEIRA, M. N.; **FORESTI**, C.; **NIERO**, M. ; **PARREIRAS**, E. M. M. F. Estudo da Evolução Urbana de Brasília através do Uso de Dados LANDSAT. São José dos Campos: INPE, 1984. 26 p.

_____. Aplicações de Dados dos Satélites LANDSAT no Estudo da Evolução Urbana de Brasília. São José dos Campos: INPE, 1984. 15 p.

PASSOS, A. C. P.; MARKUS, F. F.; ANTUNES, A. F. B.; ARAKI, H.: Avaliação da aplicabilidade de imagem de alta resolução para cadastro técnico municipal. In: Congresso Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Foz de Iguaçu, 2001. p. 1139-1145.

PAVIANI, A.; FERREIRA, I. C. B.: Cidades satélites: Organização do espaço urbano no Distrito Federal. In.:Problemas urbanos do Distrito Federal: Uma contribuição ao planejamento. Série Geografia -1 Novembro 1974. p. 1-13.

PAVIANI, A. (Org). Urbanização e metropolização. Brasília: Ed. Universidade de Brasília, Codeplan, 1987. 256 p.

PCI Geomatics 2002. OrthoEngine IKONOS models technical specifications. Disponível em: < <http://www.pcigeomatics.com/> >. Acesso em: 22 mar. 2002.

PONZONI, F. J. Comportamento espectral da vegetação. In: MENEZES, P. R.; MADEIRA NETTO, J. S. Sensoriamento remoto :reflectância dos alvos naturais. Brasília: Ed. UnB, 2001. p. 157-199.

QUEIROZ FILHO, A. P. Ortofoto digital para atualização cartográfica em um sistema de informação geográfica. Dissertação de Mestrado. USP, São Paulo, 1993, 134p.

QUINTANILHA, J. A.: Erros em bases digitais de dados espaciais para uso em sistemas de informação geográfica. Tese de Doutorado em Engenharia. USP. São Paulo, 1996. 236p.

RATTENER, H. Planejamento Urbano e Regional. São Paulo : Ed. Nacional, 1974. 161p.

RIO DE JANEIRO (Cidade). Prefeitura. Arborização pública. Disponível em: < <http://www.rio.rj.gov.br/> >. Acesso em: 11 out. 2002.

ROCHA, C. H. B. Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar. Juiz de Fora: Ed. do Autor, 2000. 220 p.

ROCHA, V. L.; **FORESTI**, C. O uso do solo urbano e os problemas ambientais da cidade de Iguape-SP. In.: IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Santos, 1998. CD ROM.

ROSA, R. Introdução ao sensoriamento remoto. Uberlândia: Ed. UFU, 1990. 136p.

SAMPAIO, S. S. A atividade industrial e a qualidade do meio ambiente. Documentos de Geografia da ARGEO, nº 6, Rio Claro, 1983.

SANTOS, J. N. dos: Uma Metodologia para Atualização Planimétrica de Cartas a Partir de Imagens de Satélites. In.: Revista Brasileira de Cartografia. N. 43 Jan.1989. p. 63-66.

SANTOS, M. Espaço e método. São Paulo: Nobel, 1997. 88 p.

SANTOS, M. J. Z dos: Mudanças climáticas no estado de São Paulo. In.: Geografia. V 21, n. 2 out/1996. Rio Claro. São Paulo. p. 111-172.

SCHIMIDLIN, D. Imagens de satélite destacando as de alta resolução.(apost) GeoBrasil 2001. São Paulo 2001.

_____. Uma nova geração de imagens orbitais. In.: InfoGEO, Ano 1 nº 1, mai/jun 1998. p. 48 – 51.

SILVA, A. M. G. E.; **FIGUEIREDO**, L. C.; **ZEIDAN**, M. H.; **CRUZ**, V. C. I CadUrb – Cadastro Urbanístico. In: Gis Brasil 1999. CD ROM.

SILVA, A. M.; **SILVA**, M.; **SANTINI**, D. Mapeamento topográfico usando imagens IKONOS. Gisplan Rio de Janeiro, 2002, 8 p. (no prelo)

SILVA, T. E. P. P.; **OTTONI**, M. V. A importância da cartografia para o sucesso da implantação do geoprocessamento no município de Belo Horizonte. Belo Horizonte: Prodabel, 1994. Disponível em <<http://www.pbh.gov.br/prodabel/cde/publicações/1995/silva1995.pdf>> Acesso em: 10 abr. 2002.

SISGRAPH (2000) GIS para administrações municipais. In: GIS Brasil 2000. (apostila) 15 p.

SPACE IMAGING (2001) IKONOS: Product Guide. Disponível em <http://www.spaceimaging.com> Acesso em: 10 jan. 2001.

_____. (2001) Dados Técnicos das Imagens IKONOS. São Paulo, 2001. Apresenta dados técnicos do satélite IKONOS. Disponível em <www.spaceimagem.com> Acesso em: 25 set. 2001.

TAL A.: Surface temperatures and urban land-use from satellite imagery - the case of tel aviv-jaffa. 2nd Symposium Remote Sensing of Urban Areas 22 - 23 June, Regensburg (Germany) 2001. p.322-329.

TAVARES, P. Com que Mapas Trabalhamos. In.: InfoGEO. Ano 2 nº 5 Janeiro/Fevereiro 1999, p. 55-56.

_____. Compartilhar é o caminho. In.: InfoGEO. Ano 2 nº 8 Julho/Agosto 1999, p. 48.

_____. Evolução das Técnicas de Levantamento. In.: InfoGEO. Ano 1 nº 4 nov/dez 1998.

TAVARES. R. Curso de Cartografia. (apost) FVE-UNIVAP. São Paulo, 2000. 5 p.

TEIXEIRA, A. A. & **MATIAS**, L. F. & **NOAL**, R. H. & **MORETTI**, E.: A História dos SIGS. In.: Fator GIS Ano 3 N. 10 Jul/Ago/Set. 1995

TEIXEIRA, A. L. A.; **CHRISTOFOLETTI**, A.: Sistema de Informação Geográfica. Dicionário Ilustrado. Ed. Hucitec. São Paulo, 1997. 244 p.

TORRES, E. P. Estudo da Expansão Urbana na Bacia do Lago Descoberto Através de Geoprocessamento. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil e Recursos Hídricos. Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília. Brasília, 1997. 149 p.

TOUTIN, T.; CARNBONNEAU, 1992. La création d'ortho-images avec mne: description d'un nouveau système. Canadian Journal of Remote Sensing, 18(3): p.136-141.

TOUTIN, T.; CHENG, P. Demystification of IKONOS. Disponível em: < <http://www.eomonline.com/common/currentissues/july/toutin.htm>>. Acesso em : 05 mar. 2001.

TRIMBLE (2000) TRIMBLE NAVIGATION LIMITED. Trimble Reference Station. Software User Guide. 2000.

VIADANA, M. I. C. Atualização de cartas topográficas utilizando imagens orbitais – metodologia alternativa para microcomputadores. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da USP. Departamento de Transportes. São Paulo, 1995. 135 p.

VICENT T. C. ; YOUNG H. The rational function model: a tool for processing high-resolution imagery. Disponível em: < <http://www.eomonline.com/Common/currentissues/Jan01/yong.htm> >. Acesso em: 22 out. 2002.

VIEIRA, M. G. & CUNHA, J. da C. J. & BORGES, K. A. de V. & JÚNIOR, C. A. D. da: Atualização da Base Geográfica Digital: A Experiência de Belo Horizonte com o Percurso Urbano. In.: GisBrasil 2000. 1 CD ROM.

VILLARINHO DE LIMA, A.: Urbanização acelerada e qualidade de vida. Caso: Sobradinho (DF). Dissertação de Mestrado em Geografia. Instituto de Ciências Humanas. Departamento de Geografia. Universidade de Brasília. 2000. 156 p.

ZAVATINI, J. A.: Dinâmica climática no Mato Grosso do Sul. In.: Geografia v. 17 n. 2 out/1992. Rio Claro, São Paulo. p. 65-92.

ANEXOS

Questionário 1

Pesquisa com usuários que testaram os produtos IKONOS

1. Identificação da Empresa

Nome:

Brandt Meio Ambiente

Ramo de Atuação:

Estudos Ambientais, Engenharia

Localidade onde foi desenvolvido o projeto:

Municípios de Nova Lima, Rio Acima, Raposos, Itabirito, Caeté, Barão de Cocais, Santa Bárbara, Brumadinho, Catas Altas, Ibirité, Mário Campos e Sarzedo em Minas Gerais.

Características físicas da área do projeto: (Tipo de urbanização, Tipo do Relevo, etc)

Área bastante urbanizada (região metropolitana de Belo Horizonte), relevo montanhoso

2. Finalidade do Projeto

Cadastro topográfico

☐

Cadastro de Redes de Infra-estruturas

☐

Estudos e Planejamento Urbano

☒

Estudos Ambientais

☒

3. Já foram feitas outras experiências utilizando imagens orbitais

SIM

☐

NÃO

☒

4. A opção pela utilização do IKONOS teve como base:

Experimentar a nova tecnologia ☐

Avaliar qualidade e precisão do produto ☒

Avaliar diferença de custo ☐

Outros (descrever) ☐

5. Resultados obtidos foram satisfatórios?

SIM ☐ NÃO ☐ (Projeto em andamento)

6. Caso a aplicação tenha sido voltado à cadastro topográfico ou à redes de infraestrutura, foram avaliados os padrão de precisão e acurária do produto final?

SIM ☐ NÃO ☐

7. Descreve quais os maiores problemas e/ou dificuldades encontradas na utilização do produto.

8. Tempo de entrega da imagem pela empresa distribuidora

Rápido ☐ Aceitável ☐ Lento ☐ Ainda não recebemos ☐

9. O imagem atendeu aos objetivos do projeto?

SIM ☐ NÃO ☐

10. Faça suas considerações e complementações que achar necessárias sobre o produto IKONOS

1. Identificação da Empresa

Nome:

ENGEFOTO Engenharia e Aerolevantamentos S/A

Ramo de Atuação:

Mapeamento, cartografia, cadastro, geoprocessamento, engenharia viária, consultoria.

Localidade onde foi desenvolvido o projeto:

Área urbana do município de Rio Negro – PR, próximo à divisa com o estado de Santa Catarina.

Características físicas da área do projeto: (Tipo de urbanização, Tipo do Relevo, etc.)

Área urbana com relevo movimentado próximo às margens do Rio Negro.

2. Finalidade do Projeto

Cadastro topográfico



Cadastro de Redes de Infra-estruturas



Estudos e Planejamento Urbano



Estudos Ambientais



Foi um projeto piloto para avaliação dos dados obtidos a partir das imagens IKONOS na atualização cadastral

3. Já foram feitas outras experiências utilizando imagens orbitais?

SIM



NÃO



4. A opção pela utilização da Imagem IKONOS teve como base:

Experimentar a nova tecnologia ☐

Avaliar qualidade e precisão do produto ☒

Avaliar diferença de custo ☐

Outros (descrever) ☐

5. Os resultados obtidos foram satisfatórios?

SIM ☒ NÃO ☐

6. Caso a aplicação tenha sido voltada a cadastro topográfico ou a redes de infra-estrutura, foram avaliados os padrões de precisão e acurácia do produto final?

SIM ☒ NÃO ☐

7. Cite quais os maiores problemas e/ou dificuldades encontrados na utilização do produto.

- Utilizamos imagem do tipo GEO para realização dos testes e a maior constatação é que somente é possível a utilização das imagens de alta resolução mediante o emprego de métodos fotogramétricos, ou seja, a utilização conjunta de pontos apoio de GPS ou de bases planialtimétricas precisas (1:2.000) e modelo numérico de terreno (DTM) para correção das imperfeições causadas pelo deslocamento devido ao relevo;
- Concluindo, a geometria da imagem foi o maior problema.

8. Tempo de entrega da imagem pela empresa distribuidora

Rápido ☐ Aceitável ☒ Lento ☐

9. A imagem atendeu aos objetivos do projeto?

SIM ☒ NÃO ☐

10. Faça as considerações e complementações que achar necessárias sobre o produto IKONOS

É um excelente produto quando utilizado para fins compatíveis com o grau de correção efetuado na imagem.

1. Identificação da Empresa

Nome:

FURNAS
IBGE

Ramo de Atuação:

Energia Elétrica
Pesquisas Estatísticas e de Geociências

Localidade onde foi desenvolvido o projeto:

Reservatório da Usina Hidrelétrica de Funil

Características físicas da área do projeto: (Tipo de urbanização, Tipo do Relevo, etc.)

Relevo moderado, com BR próxima (Via Dutra), áreas urbanas, rurais e industriais.

2. Finalidade do Projeto

Cadastro topográfico

☐

Cadastro de Redes de Infra-estruturas

☐

Estudos e Planejamento Urbano

☐

Estudos Ambientais

☒

3. Já foram feitas outras experiências utilizando imagens orbitais?

SIM

☒

NÃO

☐

4. A opção pela utilização da Imagem IKONOS teve como base:

Experimentar a nova tecnologia

☒

Avaliar qualidade e precisão do produto

☐

Avaliar diferença de custo

☐

Outros (descrever)

☐

5. Os resultados obtidos foram satisfatórios?

SIM

☒

NÃO

☐

6. Caso a aplicação tenha sido voltada a cadastro topográfico ou a redes de infra-estrutura, foram avaliados os padrões de precisão e acurácia do produto final?

SIM

☐

NÃO

☐

7. Cite quais os maiores problemas e/ou dificuldades encontrados na utilização do produto.

As imagens com nível de correção GEO apresentaram um erro externo médio de 220m (contrariando os 50m esperados pela Space Imaging) dificultando, às vezes, a identificação de alvos naturais, por exemplo, torres de linhas de transmissão próximas.

8. Tempo de entrega da imagem pela empresa distribuidora

Rápido

☐

Aceitável

☒

Lento

☐

9. A imagem atendeu aos objetivos do projeto?

SIM

☒

NÃO

☐

10. Faça as considerações e complementações que achar necessárias sobre o produto IKONOS

Apenas foram avaliadas as capacidades de discriminar alvos naturais e artificiais, deixando-se a questão de qualidade geométrica para o momento em que se dispor de programa que possa geocodificar imagens IKONOS (está previsto para breve, pela PCI e ERDAS)

Questionário 2

Pesquisa com órgãos e instituição de planejamento urbano

Projeto de Tese de Doutorado

Programa de PG em Geografia - Concentração: Análise da Informação Espacial
Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro
Pesquisa para Levantamento de Dados

Solicitamos de V.Sa. informar-nos os dados abaixo, que farão parte de pesquisa de doutorado intitulada: “**Vantagens e Limitações das Imagens de Alta Resolução como Suporte ao Planejamento Urbano: O Exemplo de Sobradinho – Distrito Federal**”.

Empresa/Instituição: Emplasa	Responsável pelas Informações: Francisca Luiza Gimenez Cardieri Heloisa Raimundo Holanda Rolim
Ramo de Atuação: Planejamento	

1. É efetuado acompanhamento da evolução da dinâmica urbana com a identificação de vetores de crescimento da ocupação do uso do solo?

SIM ☒ NÃO ☐

2. Caso a pergunta anterior tenha tido resposta positiva, de que forma é efetuado este acompanhamento?

Fotografias Aéreas ☒ Imagens de Satélite ☒ Levant. em Campo ☒

3. Qual a escala temporal de planejamento?

Anual ☐ Plurianual ☐ De acordo com política govern. ☒

4. De que forma é efetuada a escala de abordagem dos estudos de planejamento?

Municipal ☐ Setorial ☒ Regional ☒

5. O desenho urbano é efetuado levando-se em consideração aspectos relativos à qualidade ambiental?

SIM ☐ NÃO ☐

6. São efetuados estudos relativos à paisagem urbana, verde urbano e ao clima urbano?

SIM ☒ NÃO ☐

7. Caso a pergunta anterior tenha tido resposta positiva, de que forma são efetuados esses estudos?

Imagens de Satélite ☐ Levantamento em Campo ☒

Fontes Secundárias ☒

Projeto de Tese de Doutorado

Programa de PG em Geografia - Concentração: Análise da Informação Espacial
Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro
Pesquisa para Levantamento de Dados

8. Caso a resposta à pergunta “6” tenha tido resposta negativa, como são efetuadas as análises referentes às condições relativas ao conforto térmico no ambiente urbano?

Convênio com Inst. Meteorológicos ☐ Não são efetuados ☒

9. Identifique os aspectos abaixo que são levados em consideração na realização de estudos e atividades de planejamento urbano.

Uso/Ocup. ☒ Saneamento ☒ Água ☐ Esgoto ☐
Drenagem ☒ Transporte ☒ Habitação ☒
Rede Urbana ☒ Sustentabilidade ☒ Controle Impactos ☒

10. Qual(is) a(s) escala(s) cartográfica(s) mais utilizadas para atividades de planejamento urbano?

1:1.000 ☐ 1:2.000 ☐ 1:5.000 ☐ 1:10.000 ☐
1:25.000 ☒ 1:50.000 ☒ 1:50.000 ☐

11. Quais os níveis de informação que são exigidos nos estudos e análise relativos ao planejamento urbano.

Arruamento ☐ Center Lines ☐ Quadras ☐
Lotes ☐ Edificações ☐ Outros: Informações agregadas
em universos maiores: ex zonas, distritos, municípios.

12. As bases existentes são utilizadas em ambiente de Geoprocessamento?

SIM ☐ NÃO ☐

13. Caso a resposta anterior tenha tido resposta positiva, qual(is) o(s) softwares utilizados?

14. As aquisições das bases sempre foram em meio digital?

SIM ☐ NÃO ☒

15. A conversão da(s) base(s) cartográfica(s) de analógica para digital foi (ram) efetuada(s) pela própria empresa?

SIM ☐ NÃO ☒

Projeto de Tese de Doutorado

Programa de PG em Geografia - Concentração: Análise da Informação Espacial
Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro
Pesquisa para Levantamento de Dados

16. Existe uma sistemática definida para a atualização das bases cartográficas?

SIM ☐ NÃO ☒

17. Quais os procedimentos para a realização das atualizações?

A Emplasa faz o Monitoramento da Expansão urbana a partir de imagens de satélite na escala de 1:100 000. A partir de fotografias aéreas de 1974/77/80/86 e 94 foi feito o mapeamento da Expansão Urbana na escala de 1:50 000 e 1:25 000.

18. Caso a pergunta anterior tenha sido positiva, existe convênio com outras empresas para realização das atualizações?

SIM ☐ NÃO ☒

19. Caso a pergunta anterior tenha tido resposta positiva, qual a sistemática e a periodicidade utilizada para recebimento de dados?

20. Existe definição de periodicidade para realização de vôos visando à atualizando cartográfica?

SIM ☐ NÃO ☒

21. Qual o nível de precisão é exigido para os trabalho, relacionados ao planejamento urbano?

É o PEC, isto é, 0,5 mm na escala do mapeamento

22. Existe uma área responsável pela atualização cartográfica?

SIM ☒ NÃO ☒

23. Existe sistemática de validação da qualidade, bem como do grau de precisão e acurácia dessa qualidade?

SIM ☒ NÃO ☐

Projeto de Tese de Doutorado

Programa de PG em Geografia - Concentração: Análise da Informação Espacial

Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro

Pesquisa para Levantamento de Dados

24. Já foi utilizado na atualização da base cartográfica algum método não convencional?

Obs.: Entende-se como método não convencional o desenvolvimento de atualização a partir de imagens de satélite ou por outro método que não de restituição aerofotogramétrica.

SIM ☒ NÃO ☐

25. Já foi ou está sendo utilizado para os trabalhos de planejamento urbano algum tipo de imagem orbital?

LANDSAT TM 5	☒	LANDSAT TM 7	☒	SPOT 4	☒	SPOT 5
IKONOS (GEO)	☐	SPOT 5	☒			
IKONOS (ORTO KIT)	☐					

Projeto de Tese de Doutorado

Programa de PG em Geografia - Concentração: Análise da Informação Espacial
Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro
Pesquisa para Levantamento de Dados

Solicitamos de V.Sa. informar-nos os dados abaixo, que farão parte de pesquisa de doutorado intitulada: **“Vantagens e Limitações das Imagens de Alta Resolução como Suporte ao Planejamento Urbano: O Exemplo de Sobradinho – Distrito Federal”**.

Empresa/Instituição: IPPUC	Responsável pelas Informações: Oscar Ricardo Schmeiske
Ramo de Atuação: Planejamento Urbano	

1. É efetuado acompanhamento da evolução da dinâmica urbana com a identificação de vetores de crescimento da ocupação do uso do solo?

SIM ☒ NÃO ☐

2. Caso a pergunta anterior tenha tido resposta positiva, de que forma é efetuado este acompanhamento?

Fotografias Aéreas ☒ Imagens de Satélite ☒ Levantamento em Campo ☒

3. Qual a escala temporal de planejamento.

Anual ☒ Plurianual ☒ De acordo com política governamental ☒

4. De que forma é efetuada a escala de abordagem dos estudos de planejamento?

Municipal ☒ Setorial ☒

5. O desenho urbano é efetuado levando-se em consideração aspectos relativos à qualidade ambiental?

SIM ☒ NÃO ☐

6. São efetuados estudos relativos à paisagem urbana, verde urbano e ao clima urbano?

SIM ☒ NÃO ☐

7. Caso a pergunta anterior tenha tido resposta positiva, de que forma são efetuados esses estudos?

Imagens de Satélite ☒ Levantamento em Campo

8. Caso a resposta à pergunta “6” tenha tido resposta negativa, como são efetuadas as análises referentes as condições relativas ao conforto térmico no ambiente urbano?

Convênio com Inst. Meteorológicos ☒ Não são efetuados ☒

Projeto de Tese de Doutorado

Programa de PG em Geografia - Concentração: Análise da Informação Espacial
Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro
Pesquisa para Levantamento de Dados

9. Identifique os aspectos abaixo que são levados em consideração na realização de estudos e atividades de planejamento urbano?

Uso/Ocup. ☒ Saneamento ☒ Água ☒ Esgoto ☒
Drenagem ☒ Transporte ☒ Habitação ☒
Rede Urbana ☒ Sustentabilidade ☒ Controle Impactos ☒

10. Qual(is) a(s) escalas cartográfica(s) mais utilizadas para atividades de planejamento urbano?

1:1.000 ☐ 1:2.000 ☒ 1:5.000 ☐ 10.000 ☐
1:25.000 ☐ 1:50.000 ☐ 1:50.000 ☐

11. Quais os níveis de informação que são exigidos nos estudos e análise relativos ao planejamento urbano.

Arruamento ☒ Center Lines ☒ Quadras ☒
Lotes ☒ Edificações ☐ Outros: _____

12. As bases existentes são utilizadas em ambiente de Geoprocessamento?

SIM ☒ NÃO ☐

13. Caso a resposta anterior tenha tido resposta positiva, qual(is) o(s) softwares utilizados?

Arc View e extensões
Arc Info e extensões
Auto Desk World
Auto Cad Map
Maxicad

14. As aquisições das bases sempre foram em meio digital?

SIM ☐ NÃO ☐

15. A conversão da(s) base(s) cartográfica(s) de analógica para digital foi (ram) efetuada(s) pela própria empresa?

SIM ☒ NÃO ☐

16. Existe uma sistemática definida para a atualização das bases cartográficas?

SIM ☐ NÃO ☒

Projeto de Tese de Doutorado

Programa de PG em Geografia - Concentração: Análise da Informação Espacial
Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro
Pesquisa para Levantamento de Dados

17. Quais os procedimentos para a realização das atualizações?

Identificação de necessidades
Levantamento de Recursos
Contratação

18. Caso a pergunta anterior tenha sido positiva, existe convênio com outras empresas para realização das atualizações?

SIM ☒ NÃO ☐

19. Caso a pergunta anterior tenha tido resposta positiva, qual a sistemática e a periodicidade utilizada para recebimento de dados?

A periodicidade é variável

20. Existe definição de periodicidade para realização de vôos visando à atualizando cartográfica?

SIM ☐ NÃO ☒

21. Qual o nível de precisão é exigido para os trabalho, relacionados ao planejamento urbano?

Aqueles relativos à escala 1/2000 ou melhor

22. Existe uma área responsável pela atualização cartográfica?

SIM ☒ NÃO ☐

23. Existe sistemática de validação da qualidade, bem como do grau de precisão e acurácia dessa qualidade?

SIM ☒ NÃO ☐

24. Já foi utilizado na atualização da base cartográfica algum método não convencional?

Obs.: Entende-se como método não convencional o desenvolvimento de atualização a partir de imagens de satélite ou por outro método que não de restituição aerofotogramétrica.

SIM ☒ NÃO ☐

Projeto de Tese de Doutorado

Programa de PG em Geografia - Concentração: Análise da Informação Espacial

Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro

Pesquisa para Levantamento de Dados

25. Já foi ou está sendo utilizado para os trabalhos de planejamento urbano

algum tipo de imagem orbital?

LANDSAT TM 5	☒	LANDSAT TM 7	☒	SPOT 4	☒	SPOT 5
IKONOS (GEO)	☐					
IKONOS (ORTO KIT)	☐					

Projeto de Tese de Doutorado

Programa de PG em Geografia - Concentração: Análise da Informação Espacial
Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro
Pesquisa para Levantamento de Dados

Solicitamos de V.Sa. informar-nos os dados abaixo, que farão parte de pesquisa de doutorado intitulada: **“Vantagens e Limitações das Imagens de Alta Resolução como Suporte ao Planejamento Urbano: O Exemplo de Sobradinho – Distrito Federal”**.

Empresa/Instituição: SEPLAN – Recife	Responsável pelas Informações: Lenilda Guedes da Silveira
Ramo de Atuação: Secretaria de Planejamento Urbano	

1. É efetuado acompanhamento da evolução da dinâmica urbana com a identificação de vetores de crescimento da ocupação do uso do solo?

SIM ☒ NÃO ☐

2. Caso a pergunta anterior tenha tido resposta positiva, de que forma é efetuado este acompanhamento?

Fotografias Aéreas ☐ Imagens de Satélite ☐ Levantamento em Campo ☐

3. Qual a escala temporal de planejamento.

Anual ☐ Plurianual ☐ De acordo com política governamental ☒

4. De que forma é efetuada a escala de abordagem dos estudos de planejamento?

Municipal ☒ Setorial ☒

5. O desenho urbano é efetuado levando-se em consideração aspectos relativos à qualidade ambiental?

SIM ☒ NÃO ☐

6. São efetuados estudos relativos à paisagem urbana, verde urbano e ao clima urbano?

SIM ☐ NÃO ☐ (As vezes)

7. Caso a pergunta anterior tenha tido resposta positiva, de que forma são efetuados esses estudos?

Imagens de Satélite ☐ Levantamento em Campo ☒

8. Caso a resposta à pergunta “6” tenha tido resposta negativa, como são efetuadas as análises referentes as condições relativas ao conforto térmico no ambiente urbano?

Convênio com Inst. Meteorológicos ☐ Não são efetuados ☒

Projeto de Tese de Doutorado

Programa de PG em Geografia - Concentração: Análise da Informação Espacial
Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro
Pesquisa para Levantamento de Dados

9. Identifique os aspectos abaixo que são levados em consideração na realização de estudos e atividades de planejamento urbano.

Uso/Ocup. ☒ Saneamento ☒ Água ☐ Esgoto ☐
Drenagem ☐ Transporte ☐ Habitação ☐
Rede Urbana ☐ Sustentabilidade ☒ Controle Impactos ☒

10. Qual(is) a(s) escalas cartográfica(s) mais utilizadas para atividades de planejamento urbano?

1:1.000 ☒ 1:2.000 ☒ 1:5.000 ☐ 10.000
1:25.000 ☒ 1:50.000 ☐ > 1:50.000

11. Quais os níveis de informação que são exigidos nos estudos e análise relativos ao planejamento urbano?

Arruamento ☒ Center Lines ☒ Quadras ☒
Lotes ☒ Edificações ☒ Outros: Hidrografia

12. As bases existentes são utilizadas em ambiente de Geoprocessamento?

SIM ☒ NÃO ☐

13. Caso a resposta anterior tenha tido resposta positiva, qual(is) o(s) softwares utilizados?

Softwares da família ESRI – ArcInfo, Arcview

14. As aquisições das bases sempre foram em meio digital?

SIM ☒ NÃO ☐

15. A conversão da(s) base(s) cartográfica(s) de analógica para digital foi (ram) efetuada(s) pela própria empresa?

SIM ☒ NÃO ☐

16. Existe uma sistemática definida para a atualização das bases cartográficas?

SIM ☒ NÃO ☐

17. Quais os procedimentos para a realização das atualizações?

Definição de parcerias em um consórcio entre Prefeituras e concessionárias de serviço urbano, com procedimentos padrões de levantamento aerofotogramétrico.

Projeto de Tese de Doutorado

Programa de PG em Geografia - Concentração: Análise da Informação Espacial
Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro
Pesquisa para Levantamento de Dados

18. Caso a pergunta anterior tenha sido positiva, existe convênio com outras empresas para realização das atualizações?

SIM ☒ NÃO ☐

19. Caso a pergunta anterior tenha tido resposta positiva, qual a sistemática e a periodicidade utilizada para recebimento de dados?

Consórcio metropolitano, por aerofotogrametria, 8 anos.

20. Existe definição de periodicidade para realização de vôos visando à atualizando cartográfica?

SIM ☐ NÃO ☒

21. Qual o nível de precisão é exigido para os trabalho, relacionados ao planejamento urbano?

É utilizado o PEC para as escalas até 1:25.000 e, especialmente no levantamento 1:1.000 (0,5 mm da escala da carta).

22. Existe uma área responsável pela atualização cartográfica?

SIM ☒ NÃO ☐

23. Existe sistemática de validação da qualidade, bem como do grau de precisão e acurácia dessa qualidade?

SIM ☒ NÃO ☐

24. Já foi utilizado na atualização da base cartográfica algum método não convencional?

Obs.: Entende-se como método não convencional o desenvolvimento de atualização a partir de imagens de satélite ou por outro método que não de restituição aerofotogramétrica.

SIM ☐ NÃO ☒

25. Já foi ou está sendo utilizado para os trabalhos de planejamento urbano algum tipo de imagem orbital?

LANDSAT TM 5 ☐ LANDSAT TM 7 ☐ SPOT 4 ☐ SPOT 5 ☐
IKONOS (GEO) ☐
IKONOS (ORTO KIT) ☐ Está sendo providenciado análise com o Quick Bird

Projeto de Tese de Doutorado

Programa de PG em Geografia - Concentração: Análise da Informação Espacial
Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro
Pesquisa para Levantamento de Dados

Solicitamos de V.Sa. informar-nos os dados abaixo, que farão parte de pesquisa de doutorado intitulada: “**Vantagens e Limitações das Imagens de Alta Resolução como Suporte ao Planejamento Urbano: O Exemplo de Sobradinho – Distrito Federal**”.

Empresa/Instituição: SUDUR - SEDUH	Responsável pelas Informações: Tadeu Almeida e Gisele Mancini
Ramo de Atuação: Planejamento Territorial e Urbano do Distrito Federal	

1. É efetuado acompanhamento da evolução da dinâmica urbana com a identificação de vetores de crescimento da ocupação do uso do solo?

SIM ☒ NÃO ☐

2. Caso a pergunta anterior tenha tido resposta positiva, de que forma é efetuado este acompanhamento?

Fotografias Aéreas ☒ Imagens de Satélite ☒ Levantamento em Campo ☐

3. Qual a escala temporal de planejamento.

Anual ☐ Plurianual ☐ De acordo com política governamental ☒

4. De que forma é efetuada a escala de abordagem dos estudos de planejamento?

Municipal ☐ Setorial ☒

5. O desenho urbano é efetuado levando-se em consideração aspectos relativos à qualidade ambiental?

SIM ☒ NÃO ☐

6. São efetuados estudos relativos à paisagem urbana, verde urbano e ao clima urbano?

SIM ☒ NÃO ☐

7. Caso a pergunta anterior tenha tido resposta positiva, de que forma são efetuados esses estudos?

Imagens de Satélite ☐ Levantamento em Campo ☒

8. Caso a resposta à pergunta “6” tenha tido resposta negativa, como são efetuadas as análises referentes as condições relativas ao conforto térmico no ambiente urbano?

Convênio com Inst. Meteorológicos ☒ Não são efetuados ☒

Projeto de Tese de Doutorado

Programa de PG em Geografia - Concentração: Análise da Informação Espacial
Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro
Pesquisa para Levantamento de Dados

9. Identifique os aspectos abaixo que são levados em consideração na realização de estudos e atividades de planejamento urbano?

Uso/Ocup. ☒ Saneamento ☒ Água ☒ Esgoto ☒
Drenagem ☒ Transporte ☒ Habitação ☒
Rede Urbana ☐ Sustentabilidade ☐ Controle Impactos ☒

10. Qual(is) a(s) escalas cartográfica(s) mais utilizadas para atividades de planejamento urbano?

1:1.000 ☐ 1:2.000 ☒ 1:5.000 ☐ 1:10.000 ☒
1:25.000 ☒ 1:50.000 ☒ > 1:100.000 ☐

11. Quais os níveis de informação que são exigidos nos estudos e análise relativos ao planejamento urbano?

Arruamento ☒ Center Lines ☒ Quadras ☒
Lotes ☒ Edificações ☐ Outros: _____

12. As bases existentes são utilizadas em ambiente de Geoprocessamento?

SIM ☒ NÃO ☐

13. Caso a resposta anterior tenha tido resposta positiva, qual(is) o(s) softwares utilizados?

ArcView

14. As aquisições das bases sempre foram em meio digital?

SIM ☒ NÃO ☒

Complementamos bases objeto de restituição com informações de projeto.

15. A conversão da(s) base(s) cartográfica(s) de analógica para digital foi (ram) efetuada(s) pela própria empresa?

SIM ☒ NÃO ☐

A complementação sim.

16. Existe uma sistemática definida para a atualização das bases cartográficas?

SIM ☐ NÃO ☐

A SUDUR não atualiza suas bases cartográficas, que são provenientes do SICAD.

Projeto de Tese de Doutorado
Programa de PG em Geografia - Concentração: Análise da Informação Espacial
Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro
Pesquisa para Levantamento de Dados

17. Quais os procedimentos para a realização das atualizações?

Vide observação anterior.

18. Caso a pergunta anterior tenha sido positiva, existe convênio com outras empresas para realização das atualizações?

SIM ☐ NÃO ☐

19. Caso a pergunta anterior tenha tido resposta positiva, qual a sistemática e a periodicidade utilizada para recebimento de dados?

20. Existe definição de periodicidade para realização de vôos visando à atualizando cartográfica?

SIM ☐ NÃO ☐

21. Qual o nível de precisão é exigido para os trabalho, relacionados ao planejamento urbano?

22. Existe uma área responsável pela atualização cartográfica?

SIM ☐ NÃO ☐

23. Existe sistemática de validação da qualidade, bem como do grau de precisão e acurácia dessa qualidade?

SIM ☐ NÃO ☐

Projeto de Tese de Doutorado

Programa de PG em Geografia - Concentração: Análise da Informação Espacial
Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro
Pesquisa para Levantamento de Dados

24. Já foi utilizado na atualização da base cartográfica algum método não convencional?

Obs.: Entende-se como método não convencional o desenvolvimento de atualização a partir de imagens de satélite ou por outro método que não de restituição aerofotogramétrica.

SIM ☒ NÃO ☐

25. Já foi ou está sendo utilizado para os trabalhos de planejamento urbano algum tipo de imagem orbital?

LANDSAT TM 5 ☒ LANDSAT TM 7 ☒ SPOT ☒ SPOT 5 ☐ IKONOS
(GEO) ☐
IKONOS (ORTO KIT) ☐

Obs.: As perguntas de nº 16 a 24 não foram respondidas uma vez que a SUDUR não realiza restituição cartográfica.

METADOS DAS IMAGENS IKONOS ORTHO KIT

Imagem IKONOS do Plano Piloto de Brasília

Company Information

Address

Space Imaging
12076 Grant Street
Thornton, Colorado 80241
U.S.A.

Contact Information

On the Web: <http://www.spaceimaging.com>
Customer Service Phone (U.S.A.): 1.800.232.9037
Customer Service Phone (World Wide): 301.552.0537
Customer Service Fax (World Wide): 301.552.3762
Customer Service Email: info@spaceimaging.com
Customer Service Center hours of operation:
Monday - Friday, 7:00am - 11:00pm Eastern Standard Time

Product Order Metadata

Creation Date: 12/06/01
Product Work Order Number: 00056778
Product Order Number: 84836
Customer Project Name: Brasilia Georth o PSM
Product Order Area (Geographic Coordinates)
Number of Coordinates: 4
Coordinate: 1
Latitude: -15.83691700 degrees
Longitude: -47.93946300 degrees
Coordinate: 2
Latitude: -15.74698400 degrees
Longitude: -47.93946300 degrees

Coordinate: 3

Latitude: -15.74698400 degrees

Longitude: -47.84596000 degrees

Coordinate: 4

Latitude: -15.83691700 degrees

Longitude: -47.84596000 degrees

Product Order Area (Map Coordinates in Map Units)

Coordinate: 1

Map X (Easting): 184990.88 meters

Map Y (Northing): 8256857.16 meters

Coordinate: 2

Map X (Easting): 195018.37 meters

Map Y (Northing): 8256994.67 meters

Coordinate: 3

Map X (Easting): 195153.10 meters

Map Y (Northing): 8247036.44 meters

Coordinate: 4

Map X (Easting): 185130.05 meters

Map Y (Northing): 8246898.22 meters

Sensor Type: Satellite

Processing Level: Standard Geometrically Corrected

Image Type: PAN/MSI

Interpolation Method: Cubic Convolution

Multispectral Algorithm: Projective

Stereo: Mono

Mosaic: No

Map Projection: Universal Transverse Mercator

UTM Specific Parameters

Hemisphere: S

Zone Number: 23

Datum: WGS84

Product Order Pixel Size: 1.00 meters

Product Order Map Units: meters

MTFC Applied: Yes

DRA Applied: No
Media: CD
File Format: GeoTIFF
TIFF Tiled: No
Bits per Pixel per Band: 11 bits per pixel
Multispectral Files: Separate Files

Source Image Metadata

Number of Source Images: 2

Source Image ID: 2001062313301130000011615532
Product Image ID: 000
Sensor: IKONOS-2
Acquired Nominal GSD
Cross Scan: 0.84 meters
Along Scan: 0.85 meters
Scan Azimuth: 179.99 degrees
Scan Direction: Reverse
Panchromatic TDI Mode: 13
Nominal Collection Azimuth: 351.4589 degrees
Nominal Collection Elevation: 78.90701 degrees
Sun Angle Azimuth: 33.5038 degrees
Sun Angle Elevation: 43.40481 degrees
Acquisition Date/Time: 2001-06-23 13:30 GMT

Source Image ID: 2001062313302500000011615531
Product Image ID: 001
Sensor: IKONOS-2
Acquired Nominal GSD
Cross Scan: 0.82 meters
Along Scan: 0.82 meters
Scan Azimuth: 359.99 degrees
Scan Direction: Forward

Panchromatic TDI Mode: 13
Nominal Collection Azimuth: 317.1398 degrees
Nominal Collection Elevation: 86.28009 degrees
Sun Angle Azimuth: 33.5402 degrees
Sun Angle Elevation: 43.38596 degrees
Acquisition Date/Time: 2001-06-23 13:30 GMT

Product Space Metadata

Number of Image Components: 2

X Components: 1

Y Components: 1

Product MBR Geographic Coordinates

Number of Coordinates: 4

Coordinate: 1

Latitude: -15.83692245 degrees

Longitude: -47.94076132 degrees

Coordinate: 2

Latitude: -15.74574244 degrees

Longitude: -47.93944514 degrees

Coordinate: 3

Latitude: -15.74700050 degrees

Longitude: -47.84469663 degrees

Coordinate: 4

Latitude: -15.83818817 degrees

Longitude: -47.84597054 degrees

Product Map Coordinates (in Map Units)

UL Map X (Easting): 184990.88 meters

UL Map Y (Northing): 8256994.67 meters

Pixel Size X: 1.00 meters

Pixel Size Y: 1.00 meters

Product Order Map Units: meters

Columns: 10164 pixels

Rows: 10100 pixels

Reference Height: 1047.39 meters

Product Component Metadata

Number of Components: 2

Component ID: 0000000

Product Image ID: 000

Component File Name: po_84836_red_0000000.tif po_84836_grn_0000000.tif
po_84836_blu_0000000.tif po_84836_nir_0000000.tif

Component Geographic Corner Coordinates

Number of Coordinates: 4

Coordinate: 1

Latitude: -15.83689749 degrees

Longitude: -47.88416400 degrees

Coordinate: 2

Latitude: -15.74649841 degrees

Longitude: -47.88288421 degrees

Coordinate: 3

Latitude: -15.74700038 degrees

Longitude: -47.84470596 degrees

Coordinate: 4

Latitude: -15.83740249 degrees

Longitude: -47.84596886 degrees

Component Map Coordinates (in Map Units)

UL Map X (Easting): 191057.88 meters

UL Map Y (Northing): 8256994.67 meters

Pixel Size X: 1.00 meters

Pixel Size Y: 1.00 meters

Product Order Map Units: meters

Columns: 4096 pixels

Rows: 10013 pixels

Component ID: 0010000

Product Image ID: 001

Component File Name: po_84836_red_0010000.tif po_84836_grn_0010000.tif
po_84836_blu_0010000.tif po_84836_nir_0010000.tif

Component Geographic Corner Coordinates

Number of Coordinates: 4

Coordinate: 1

Latitude: -15.83689536 degrees

Longitude: -47.94076093 degrees

Coordinate: 2

Latitude: -15.74604941 degrees

Longitude: -47.93944955 degrees

Coordinate: 3

Latitude: -15.74700797 degrees

Longitude: -47.86754280 degrees

Coordinate: 4

Latitude: -15.83785973 degrees

Longitude: -47.86882220 degrees

Component Map Coordinates (in Map Units)

UL Map X (Easting): 184990.88 meters

UL Map Y (Northing): 8256960.67 meters

Pixel Size X: 1.00 meters

Pixel Size Y: 1.00 meters

Product Order Map Units: meters

Columns: 7714 pixels

Rows: 10063 pixels

Imagem IKONOS de Sobradinho

Company Information

Address

Space Imaging
12076 Grant Street
Thornton, Colorado 80241
U.S.A.

Contact Information

On the Web: <http://www.spaceimaging.com>
Customer Service Phone (U.S.A.): 1.800.232.9037
Customer Service Phone (World Wide): 301.552.0537
Customer Service Fax (World Wide): 301.552.3762
Customer Service Email: info@spaceimaging.com
Customer Service Center hours of operation:
Monday - Friday, 7:00am - 11:00pm Eastern Standard Time

Product Order Metadata

Creation Date: 12/18/01
Product Work Order Number: 00056779
Product Order Number: 84775
Customer Project Name: Sobradinho Georth PSM
Product Order Area (Geographic Coordinates)
Number of Coordinates: 4
Coordinate: 1
Latitude: -15.67505200 degrees
Longitude: -47.84448100 degrees
Coordinate: 2
Latitude: -15.58475700 degrees
Longitude: -47.84323400 degrees
Coordinate: 3
Latitude: -15.58594200 degrees
Longitude: -47.75007000 degrees
Coordinate: 4

Latitude: -15.67624400 degrees
Longitude: -47.75127600 degrees
Product Order Area (Map Coordinates in Map Units)
Coordinate: 1
Map X (Easting): 195069.81 meters
Map Y (Northing): 8264961.74 meters
Coordinate: 2
Map X (Easting): 195069.80 meters
Map Y (Northing): 8274961.72 meters
Coordinate: 3
Map X (Easting): 205069.84 meters
Map Y (Northing): 8274961.74 meters
Coordinate: 4
Map X (Easting): 205069.88 meters
Map Y (Northing): 8264961.79 meters
Sensor Type: Satellite
Processing Level: Standard Geometrically Corrected
Image Type: PAN/MSI
Interpolation Method: Cubic Convolution
Multispectral Algorithm: Projective
Stereo: Mono
Mosaic: No
Map Projection: Universal Transverse Mercator
UTM Specific Parameters
Hemisphere: S
Zone Number: 23
Datum: WGS84
Product Order Pixel Size: 1.00 meters
Product Order Map Units: meters
MTFC Applied: Yes
DRA Applied: Yes
Media: CD
File Format: GeoTIFF
TIFF Tiled: No

Bits per Pixel per Band: 11 bits per pixel
Multispectral Files: Separate Files

Source Image Metadata

Number of Source Images: 1

Source Image ID: 2001121013282910000011620701

Product Image ID: 000

Sensor: IKONOS-2

Acquired Nominal GSD

Cross Scan: 0.87 meters

Along Scan: 0.84 meters

Scan Azimuth: 180.01 degrees

Scan Direction: Reverse

Panchromatic TDI Mode: 13

Nominal Collection Azimuth: 100.7381 degrees

Nominal Collection Elevation: 76.47453 degrees

Sun Angle Azimuth: 111.8874 degrees

Sun Angle Elevation: 66.20800 degrees

Acquisition Date/Time: 2001-12-10 13:28 GMT

Product Space Metadata

Number of Image Components: 1

X Components: 1

Y Components: 1

Product MBR Geographic Coordinates

Number of Coordinates: 4

Coordinate: 1

Latitude: -15.67504302 degrees

Longitude: -47.84448098 degrees

Coordinate: 2

Latitude: -15.58475684 degrees

Longitude: -47.84323400 degrees
Coordinate: 3
Latitude: -15.58594235 degrees
Longitude: -47.75004242 degrees
Coordinate: 4
Latitude: -15.67623574 degrees
Longitude: -47.75124866 degrees
Product Map Coordinates (in Map Units)
UL Map X (Easting): 195069.80 meters
UL Map Y (Northing): 8274961.74 meters
Pixel Size X: 1.00 meters
Pixel Size Y: 1.00 meters
Product Order Map Units: meters
Columns: 10004 pixels
Rows: 10000 pixels
Reference Height: 1119.29 meters

Product Component Metadata

Number of Components: 1

Component ID: 0000000

Product Image ID: 000

Component File Name: po_84775_red_0000000.tif po_84775_grn_0000000.tif
po_84775_blu_0000000.tif po_84775_nir_0000000.tif

Component Geographic Corner Coordinates

Number of Coordinates: 4

Coordinate: 1

Latitude: -15.67505205 degrees

Longitude: -47.84448111 degrees

Coordinate: 2

Latitude: -15.58475684 degrees

Longitude: -47.84323400 degrees

Coordinate: 3

Latitude: -15.58594200 degrees

Longitude: -47.75007037 degrees

Coordinate: 4

Latitude: -15.67624442 degrees

Longitude: -47.75127674 degrees

Component Map Coordinates (in Map Units)

UL Map X (Easting): 195069.80 meters

UL Map Y (Northing): 8274961.74 meters

Pixel Size X: 1.00 meters

Pixel Size Y: 1.00 meters

Product Order Map Units: meters

Columns: 10001 pixels

Rows: 10001 pixels

Orientação sobre a utilização do SCRIPT para geração de quadrícula no software ArcView

Função:

Criar os reticulados sobre imagem IKONOS.

FORMA DE UTILIZAÇÃO

1. Ative a View;

Clique sobre o ícone (um reticulado que está aparecendo na barra de ferramentas);

2. Preencha o formulário;

2.1. Nome do estudo - cada grid será denominado "Nome do estudo" + "Reticulado" + tamanho da célula + "m**2);

2.2. X,Y iniciais;

2.3. Tamanho da célula (em metros). É considerada uma célula quadrada;

2.4. Número de linhas e colunas da célula de menor dimensão. As quantidades dos demais reticulados serão calculadas em função deste valor (o próximo inteiro que contenha integralmente todas as células de menor dimensão)

2.5. Numeração ou não das células (uma letra + 1 número)

Selecione o diretório de trabalho onde serão gravados os shapes dos reticulados (cada arquivo chama-se retic + N.shp, onde N é um número sequencial)

Projeto de Tese de Doutorado

Programa de PG em Geografia - Concentração: Análise da Informação Espacial
Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro
Pesquisa para Levantamento de Dados

Solicitamos de V.Sa. informar-nos os dados abaixo, que farão parte de pesquisa de doutorado intitulada: “**Vantagens e Limitações das Imagens de Alta Resolução como Suporte ao Planejamento Urbano: O Exemplo de Sobradinho – Distrito Federal**”.

Empresa/Instituição: Emplasa	Responsável pelas Informações: Francisca Luiza Gimenez Cardieri Heloisa Raimundo Holanda Rolim
Ramo de Atuação: Planejamento	

1. É efetuado acompanhamento da evolução da dinâmica urbana com a identificação de vetores de crescimento da ocupação do uso do solo?

SIM ☒ NÃO ☐

2. Caso a pergunta anterior tenha tido resposta positiva, de que forma é efetuado este acompanhamento?

Fotografias Aéreas ☒ Imagens de Satélite ☒ Levant. em Campo ☒

3. Qual a escala temporal de planejamento?

Anual ☐ Plurianual ☐ De acordo com política govern. ☒

4. De que forma é efetuada a escala de abordagem dos estudos de planejamento?

Municipal ☐ Setorial ☒ Regional ☒

5. O desenho urbano é efetuado levando-se em consideração aspectos relativos à qualidade ambiental?

SIM ☐ NÃO ☐

6. São efetuados estudos relativos à paisagem urbana, verde urbano e ao clima urbano?

SIM ☒ NÃO ☐

7. Caso a pergunta anterior tenha tido resposta positiva, de que forma são efetuados esses estudos?

Imagens de Satélite ☐ Levantamento em Campo ☒

Fontes Secundárias ☒

Projeto de Tese de Doutorado

Programa de PG em Geografia - Concentração: Análise da Informação Espacial
Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro
Pesquisa para Levantamento de Dados

8. Caso a resposta à pergunta “6” tenha tido resposta negativa, como são efetuadas as análises referentes às condições relativas ao conforto térmico no ambiente urbano?

Convênio com Inst. Meteorológicos ☐ Não são efetuados ☒

9. Identifique os aspectos abaixo que são levados em consideração na realização de estudos e atividades de planejamento urbano.

Uso/Ocup. ☒ Saneamento ☒ Água ☐ Esgoto ☐
Drenagem ☒ Transporte ☒ Habitação ☒
Rede Urbana ☒ Sustentabilidade ☒ Controle Impactos ☒

10. Qual(is) a(s) escala(s) cartográfica(s) mais utilizadas para atividades de planejamento urbano?

1:1.000 ☐ 1:2.000 ☐ 1:5.000 ☐ 1:10.000 ☐
1:25.000 ☒ 1:50.000 ☒ 1:50.000 ☐

11. Quais os níveis de informação que são exigidos nos estudos e análise relativos ao planejamento urbano.

Arruamento ☐ Center Lines ☐ Quadras ☐
Lotes ☐ Edificações ☐ Outros: Informações agregadas
em universos maiores: ex zonas, distritos, municípios.

12. As bases existentes são utilizadas em ambiente de Geoprocessamento?

SIM ☐ NÃO ☐

13. Caso a resposta anterior tenha tido resposta positiva, qual(is) o(s) softwares utilizados?

14. As aquisições das bases sempre foram em meio digital?

SIM ☐ NÃO ☒

15. A conversão da(s) base(s) cartográfica(s) de analógica para digital foi (ram) efetuada(s) pela própria empresa?

SIM ☐ NÃO ☒

Projeto de Tese de Doutorado

Programa de PG em Geografia - Concentração: Análise da Informação Espacial

Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro

Pesquisa para Levantamento de Dados

16. Existe uma sistemática definida para a atualização das bases cartográficas?

SIM ☐ NÃO ☒

17. Quais os procedimentos para a realização das atualizações?

A Emplasa faz o Monitoramento da Expansão urbana a partir de imagens de satélite na escala de 1:100 000. A partir de fotografias aéreas de 1974/77/80/86 e 94 foi feito o mapeamento da Expansão Urbana na escala de 1:50 000 e 1:25 000.

18. Caso a pergunta anterior tenha sido positiva, existe convênio com outras empresas para realização das atualizações?

SIM ☐ NÃO ☒

19. Caso a pergunta anterior tenha tido resposta positiva, qual a sistemática e a periodicidade utilizada para recebimento de dados?

20. Existe definição de periodicidade para realização de vôos visando à atualizando cartográfica?

SIM ☐ NÃO ☒

21. Qual o nível de precisão é exigido para os trabalho, relacionados ao planejamento urbano?

É o PEC, isto é, 0,5 mm na escala do mapeamento

22. Existe uma área responsável pela atualização cartográfica?

SIM ☒ NÃO ☒

23. Existe sistemática de validação da qualidade, bem como do grau de precisão e acurácia dessa qualidade?

SIM ☒ NÃO ☐

Projeto de Tese de Doutorado

Programa de PG em Geografia - Concentração: Análise da Informação Espacial

Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro

Pesquisa para Levantamento de Dados

24. Já foi utilizado na atualização da base cartográfica algum método não convencional?

Obs.: Entende-se como método não convencional o desenvolvimento de atualização a partir de imagens de satélite ou por outro método que não de restituição aerofotogramétrica.

SIM ☒ NÃO ☐

25. Já foi ou está sendo utilizado para os trabalhos de planejamento urbano algum tipo de imagem orbital?

LANDSAT TM 5 ☒ LANDSAT TM 7 ☒ SPOT 4 ☒ SPOT 5
IKONOS (GEO) ☐ SPOT 5 ☒
IKONOS (ORTO KIT) ☐