



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

INPE-9774-TDI/858

**ESTIMATIVA DE ÁREA AGRÍCOLA A PARTIR DE
SENSORIAMENTO REMOTO E BANCO DE DADOS DE
PIXELS AMOSTRAIS**

Salete Gürtler

Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto, orientada pelo Dr. José Carlos
Neves Epiphânio, aprovada em 28 de março de 2003.

528.711.7

GÜRTLER, S.

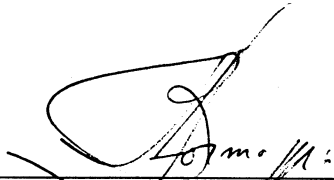
Estimativa de área agrícola a partir de sensoriamento remoto e banco de dados de pixels amostrais / S. Gürtler. – São José dos Campos: INPE, 2003.

179p. – (INPE-9774-TDI/858).

1.Imagens de satélite. 2.Sistemas de Informação Geográfica (SIG). 3.Identificação de culturas. 4.Landsat-5. 5.Agricultura. 6.Cana-de-açúcar. 7.Soja. 8.Milho. 9.Amostragem. I.Título.

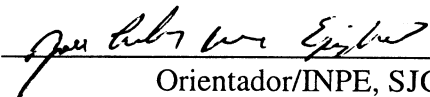
Aprovada pela Banca Examinadora em
cumprimento a requisito exigido para a
obtenção do Título de **Mestre** em
Sensoriamento Remoto.

Dr. Antonio Roberto Formaggio



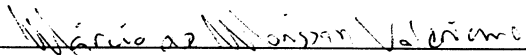
Presidente/INPE, SJCampos-SP

Dr. José Carlos Neves Epiphanyo



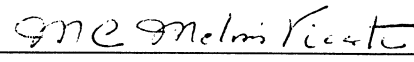
Orientador/INPE, SJCampos-SP

Dr. Márcio de Morisson Valeriano



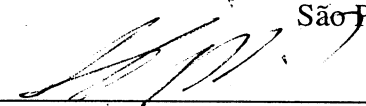
Membro da Banca/INPE, SJCampos-SP

Dr^a Maria Carlota Meloni Vicente



Membro da Banca
Convidada Instituto de Economia Agrícola
São Paulo-SP

Dr. Hilton Silveira Pinto



Membro da Banca
Convidado UNICAMP
Campinas-SP

Candidata: Salete Gürtler

São José dos Campos, 28 de março de 2003.

*“A mente que se abre para uma nova idéia
jamais volta ao seu tamanho natural.”*

ALBERT EINSTEIN

*A meus pais,
DANILO CESAR GÜRTLER e
DILZA APARECIDA DESTRO GÜRTLER.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Fundação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pelo auxílio financeiro.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, pela oportunidade de estudos e utilização de suas instalações.

Aos professores do INPE, pelo conhecimento compartilhado.

Ao Dr. José Carlos Neves Epiphanyo, pela orientação e apoio na realização deste trabalho e principalmente pela amizade.

Ao amigo Alfredo José Barreto Luiz, pelas discussões e valiosos ensinamentos.

Aos colegas José Marinaldo Gleriani e Rogério de Campos, pelas conversas e risadas.

Aos colegas de curso, pela amizade e companheirismo, em especial agradeço à Melissa Carvalho, Renata Cilene Dainese e Marcos Adami.

Ao Murilo Gonçalves de Aguiar, que há alguns anos me acompanha, sempre me apoiando e torcendo por mim.

Agradeço a meus pais e irmãos pelos momentos de alegria e união.

RESUMO

As metodologias para levantamentos de safras agrícolas em escala municipal, estadual ou nacional estão muito aquém do ideal em termos de custo operacional e qualidade das estimativas. Este estudo teve como objetivo principal criar uma metodologia baseada em banco de dados geográficos relacional, para facilitar a identificação de pontos amostrais em imagens orbitais e permitir gerar estimativas de área agrícola para as principais culturas presentes na área de estudo (cana-de-açúcar, soja e milho), por município, nas safras de 2000, 2001 e 2002. Foram utilizadas 22 imagens dos sensores TM/Landsat-5 e ETM+/Landsat-7 para determinar o uso agrícola e não-agrícola, nos trezentos pontos que constituem o painel amostral dos municípios paulistas de Guará, Ipuã e São Joaquim da Barra, para as três safras. O emprego de imagens de satélite para a identificação da cultura por análise visual, associado a um painel de pontos amostrais, permitiu o levantamento do uso agrícola, reduzindo o trabalho de campo e fornecendo estimativas objetivas de área agrícola ocupada por grandes culturas, como a cana-de-açúcar e a soja. Além disso, as informações geradas, armazenadas em um banco de dados geográfico, permitiu o estudo multitemporal da área de estudo, o que facilitou o aproveitamento das informações associadas ao dinamismo da paisagem agrícola. As estimativas originadas pelo método de expansão direta dos dados amostrais apresentaram baixo coeficiente de variação para as estimativas de cana-de-açúcar e soja, inferior a 15%. Para as culturas de baixa ocorrência como milho, algodão, feijão, sorgo e milheto, as estimativas apresentaram alto coeficiente de variação. As estimativas calculadas neste trabalho foram comparadas às estimativas de safra do IBGE e do IEA/CATI. No caso da cana-de-açúcar, o resíduo em relação aos dados oficiais foi pequeno para as safras de 2000 e 2002, em torno de 1% e de 3%; enquanto que para 2001, atingiu -18%. Para a soja, o erro relativo ficou próximo de 11%, 11% e 13% para 2000, 2001 e 2002, respectivamente. De maneira geral, a metodologia apresentada neste trabalho foi útil para estimar áreas agrícolas, e poderia ser considerada como uma ferramenta para gerar as estimativas oficiais.

ESTIMATES OF CROP AREA USING REMOTE SENSING AND DATABASE OF SAMPLING PIXELS

ABSTRACT

The methodology for national, state and municipal agriculture crop surveys must be efficient in terms of budget and estimate quality. This study has as main objective to create a methodology based on relational geographic database, in order to improve the identification of sampling points using orbital images to generate crop area estimates for the main cultures in the study area for three years. We used 22 images from TM/Landsat-5 and ETM+/Landsat-7 and field work as the main data source. A sampling frame of 300 points were randomly selected for municipalities of Guar, Ipu and São Joaquim da Barra and were monitored for three consecutive years. Multitemporal satellite images, used to identify the crops by visual analysis associated to a sampling frame, improved the crop surveys, reduced the fieldwork and provided objective estimates of the main cultures such as sugarcane and soybean. Furthermore, the estimate data recorded into the relational geographic database allowed the multitemporal study and the analysis of the dynamic of the agriculture landscape. The estimates generated by the direct expansion method of the sampling data seemed to provide good quality to the estimates when measured by coefficient of variation, mainly for crops with large areas, such as sugarcane and soybean. The crops of low occurrence, such as corn, cotton, bean and sorghum, presented high coefficient of variation for the estimates. The estimates calculated in these study were compared to the official estimates. For sugarcane the relative errors in relation to the official data were small for 2000 and 2002 - around 1% and 3%, while for 2001 it was -18%. For soybean, the relative errors were around 11%, 11% and 13% for 2000, 2001 and 2002, respectively. In general, the methodology applied to this study region proved to be useful for crop areas estimates, and could be considered as a tool for improving official estimates.

SUMÁRIO

Pág.

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CAPÍTULO 1- INTRODUÇÃO	23
CAPÍTULO 2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	27
2.1 Estatísticas Agrícolas.....	27
2.2 Levantamentos Agrícolas.....	27
2.3 Estimadores	31
2.4 Levantamento de Áreas Agrícolas Utilizando Sensoriamento Remoto	32
2.5 Programas Nacionais de Levantamento Agrícola	36
2.6 Pré-processamento das Imagens.....	40
2.6.1 Registro	41
2.6.2 Correção Atmosférica.....	41
2.6.3 Uniformização de Imagens	48
2.7 Sistema de Informação Geográfica e Banco de Dados Geográficos.....	50
2.8 Banco de Dados Multitemporal para Discriminação do Uso Agrícola	55
2.9 Metadados	57
CAPÍTULO 3 - ÁREA DE ESTUDO	59
3.1 Localização, Área e População	59
3.2 Caracterização Físico-climática da Área de Estudo	60
3.3 Uso Atual do Solo.....	62
3.4 Condições de Plantio para as Principais Culturas	69
3.4.1 Cana-de-açúcar	71
3.4.2 Soja	73
3.4.3 Milho e Milho Safrinha.....	73
3.4.4 Sorgo e Milheto	74
CAPÍTULO 4 - MATERIAL E MÉTODOS.....	75
4.1 Material.....	75
4.1.1 Dados de Sensoriamento Remoto.....	75
4.1.2 Software	76
4.1.3 Equipamento.....	76
4.2 Metodologia	76
4.2.1 Pré-processamento Digital das Imagens de Satélite	79

4.2.2	Painel Amostral	86
4.2.3	Definição das Safras	92
4.2.4	Classificação das Imagens e Trabalho de Campo	93
4.2.5	Obtenção dos Dados de Campo	96
4.2.6	Estimativa de Área Agrícola para as Principais Culturas	97
4.2.7	Auditoria	98
4.2.8	Geração de Consultas ao Banco de Dados	99
4.2.9	Avaliação dos Resultados	100
4.2.10	Metadados	101
4.2.11	Levantamento dos Custos	102
CAPÍTULO 5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....		103
5.1	Painel Amostral	103
5.2	Seleção das Imagens de Satélite	104
5.3	Pré-processamento Digital das Imagens de Satélite	106
5.3.1	Registro	106
5.3.2	Correção Atmosférica	106
5.3.3	Uniformização das Imagens	110
5.4	Banco de Dados	111
5.5	Classificação dos Pontos e Trabalho de Campo	112
5.6	Época de Plantio	117
5.7	Estimativa de Área Plantada	120
5.8	Consultas no Banco de Dados	145
5.9	Metadados	149
5.10	Levantamento dos Custos	151
CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES		153
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		157
APÊNDICE A.....		165
APÊNDICE B.....		167
APÊNDICE C.....		169
APÊNDICE D.....		177

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
2.1 Componentes de um banco de dados de estimativas agrícolas.....	54
3.1 Localização da área de estudo no Estado de São Paulo e dos municípios que fazem parte do EDR de Orlândia. Os municípios estudados neste trabalho estão destacados.	59
3.2 Normais de temperatura média mensal e precipitação mensal dos municípios de Guará e São Joaquim da Barra – SP.	61
3.3 Uso do solo, hidrografia e vias de acesso da área de estudo.....	63
3.4 Imagem RGB 453 da área de estudo de 05 de janeiro de 2002 (a) e de 17 de agosto de 2002 (b).	68
4.1 Fluxograma das atividades em modelagem OMT-G (Object Modeling Technique para aplicações Geográficas)	77
4.2 Frequência dos NDs da banda 1 (a) e seu crescimento relativo percentual (b).	82
4.3 Exemplo de alvo claro e de alvo escuro em cinco datas.....	85
4.4 Variação no tamanho amostral para o diversos alvos agrícolas em três municípios do EDR de Orlândia.	87
4.5 Variação do CV em função do tamanho amostral (n) para diferentes probabilidades de ocorrência.....	89
4.6 Ilustração do procedimento de interpretação visual dos pontos e edição na tabela do banco de dados.	96
5.1 Ilustração da carta contendo o painel amostral.	103
5.2 Histogramas de frequência da imagem do dia 05/01/2002 antes da correção atmosférica, bandas 3(a), 4(b) e 5(c), e depois da correção por SPE, bandas 3(d), 4(e) e 5(f).	108
5.3 Trecho da imagem do dia 05/01/2002 antes da correção atmosférica, bandas 3(a), 4(c) e 5(e), e depois da correção por SPE, bandas 3(b), 4(d) e 5(f); e em composição colorida RGB 453 sem correção (g) e corrigida (h).....	109

5.4	Quadro da resposta espectral das principais culturas nas bandas 3, 4 e 5 e em composição colorida, em escala 1:25.000. Os valores em parênteses correspondem aos valores digitais médios.....	112
5.5	Fator de reflectância médio dos alvos agrícolas presentes na área de estudo nas imagens ETM+ do dia 05/01/2002 (a) do dia 29/05/2002 (b).	114
5.6	Intensidade da presença das culturas na área de estudo no ano.	118
5.7	Tela da planilha Excel, exemplificando o processo de determinação da safra para cada ponto.....	121
5.8	Área de cultivo associado nos três municípios (a), em Guará (b), Ipuã (c) e São Joaquim da Barra (d).....	129
5.9	Participação estimada das culturas nos três municípios para as safras de 2000 (a), 2001 (b) e 2002 (c).....	139
5.10	Participação estimada das culturas nas safras de 2000, 2001 e 2002 em Guará (a), (d) e (g); em Ipuã (b), (e) e (h) e em São Joaquim da Barra (c), (f) e (i).	140
5.11	Visualização de um agrupamento por município, para as estimativas de área de cana-de-açúcar, soja e milho, na safra de 2000.	145
5.12	Exemplo de consulta aos atributos de um objeto.	146
5.13	Consulta aos pontos que apresentam a associação cana-de-açúcar/soja em 2002.	147
5.14	Ilustração da consulta aos pontos cujo uso foi alterado de pasto para cultivo, ou vice-versa, em 2001.....	147
5.15	Ilustração do município que apresentou a área de cana-de-açúcar entre 20.000 e 30.000 hectares em 2001.	148
5.16	Consulta ao município que, na safra de 2001, apresentou área estimada de soja superior à área estimada de cana-de-açúcar.....	149
5.17	Visualização dos metadados com as informações de identificação do banco de dados.....	150
5.18	Visualização dos metadados que descrevem as imagens do banco de dados.	150

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
2.1 Produtos investigados pelo LSPA.....	39
2.2 Situação atmosférica para diferentes valores de pixel escuro e o modelo de espalhamento relativo, considerando a banda 1 do TM/Landsat 5.....	42
2.3 Valores de espalhamento para o modelo de atmosfera muito limpa, para o sensor ETM+.....	43
2.4 Radiância mínima (Lmin) e máxima (Lmax) dos satélites Landsat 5 e 7, em $w.m^{-2}.st.\mu m$	44
2.5 Valores de offset, ganho e ganho normalizado para as bandas do sensor ETM+, obtidas depois de 1º de julho de 2000, considerando alto ganho.....	45
2.6 Representações dos modelos de dados do SPRING.....	52
2.7 Padrão de metadados INFORMS-MTDD-1999.....	58
3.1 Área e população dos municípios da área de estudo.....	60
3.2 Uso da terra no Escritório de Desenvolvimento Regional de Orlândia.....	62
3.3 Total de área cultivada por tipo de cultura na área de estudo na safra de 1995/1996.....	64
3.4 Área cultivada (hectares) entre 1995 e 1996, por município da área de estudo....	64
3.5 Tamanho mínimo, máximo e médio (entre parênteses) das unidades de produção agropecuária, em hectares.....	65
3.6 Quantidade produzida (em toneladas) para as principais culturas encontradas na área de estudo, no Brasil e no Estado de São Paulo, em 2001.....	66
3.7 Calendário agrícola e rendimento médio para as culturas temporárias e permanentes, para o Estado de São Paulo.....	66
4.1 Imagens que constituem o banco de dados.....	75
4.2 Grupos de imagens Landsat divididas de acordo com a época e o sensor.....	81
4.3 Valores de pixel escuro e ângulo de elevação solar para as imagens referência. .	83
4.4 Número de pontos, resolução percentual e área mínima para a área de estudo....	90

4.5	Atributos dos pontos do painel amostral.....	91
4.6	Data das imagens TM e ETM+ que compõem as safras agrícolas anuais de 2000, 2001 e 2002.....	93
4.7	Legenda explicativa utilizada no banco de dados para a classificação das imagens.....	94
4.8	Conteúdo das tabelas de metadados inseridas no banco de dados.....	101
5.1	Intervalo entre as datas de aquisição das imagens.....	104
5.2	Erro de registro das imagens.....	106
5.3	Parâmetros das equações de correção por SPE para as imagens-referência.....	107
5.4	Equações de regressão utilizadas para a uniformização.....	110
5.5	Valores de SQR para as imagens uniformizadas em relação à imagem referência.....	111
5.6	Cor e características dos principais alvos agrícolas encontrados na área de estudo.....	116
5.7	Total de pontos do painel amostral em imagens de satélite e percentual (entre parênteses) com uso agrícola e não-agrícola.....	117
5.8	Épocas prováveis para encontrar as culturas da região.....	119
5.9	Legenda das culturas simples e associadas encontradas na área de estudo.....	122
5.10	Número de pontos amostrais em imagens e percentual, entre parênteses, com cada classe de uso, e de cana-de-açúcar não-colhida, na safra de 2000.....	123
5.11	Número de pontos amostrais em imagens e percentual, entre parênteses, com cada classe de uso, e de cana-de-açúcar não-colhida, na safra de 2001.....	124
5.12	Número de pontos amostrais em imagens e percentual, entre parênteses, com cada classe de uso, e de cana-de-açúcar não-colhida, na safra de 2002.....	125
5.13	Estimativa de área agrícola (em hectares) para a safra de 2000 em Guará, Ipuã e São Joaquim da Barra.....	126
5.14	Estimativa de área agrícola (em hectares) para a safra de 2001 em Guará, Ipuã e São Joaquim da Barra.....	127

5.15	Estimativa de área agrícola (em hectares) para a safra de 2002 em Guará, Ipuã e São Joaquim da Barra.	128
5.16	Área plantada e colhida (em hectares) para as principais culturas encontradas na área de estudo, em 2000 e 2001, estimada pelo IBGE.....	130
5.17	Área colhida e área nova de cana (em hectares) para as principais culturas encontradas na área de estudo, em 2000, 2001 e 2002, estimada pelo IEA/CATI.....	131
5.18	Número de pontos amostrais e percentual, entre parênteses, com cada cultura colhida e com cana-de-açúcar não colhida, na safra de 2000.	132
5.19	Estimativa de área agrícola de Guará para a safra de 2000, por cultura.....	133
5.20	Estimativa de área agrícola de Ipuã para a safra de 2000, por cultura.	133
5.21	Estimativa de área agrícola de São Joaquim da Barra para a safra de 2000, por cultura.	134
5.22	Estimativa de área agrícola total, para os três municípios, para a safra de 2000, por cultura.	134
5.23	Número de pontos amostrais e percentual, entre parênteses, com cada cultura colhida e com cana-de-açúcar não colhida, na safra de 2001.	134
5.24	Estimativa de área agrícola de Guará para a safra de 2001, por cultura.....	135
5.25	Estimativa de área agrícola de Ipuã para a safra de 2001, por cultura.	135
5.26	Estimativa de área agrícola de São Joaquim da Barra para a safra de 2001, por cultura.	135
5.27	Estimativa de área agrícola total, para os três municípios, para a safra de 2001, por cultura.	136
5.28	Número de pontos amostrais e percentual, entre parênteses, com cada cultura colhida e com cana-de-açúcar não colhida, na safra de 2002.	136
5.29	Estimativa de área agrícola de Guará para a safra de 2002, por cultura.....	136
5.30	Estimativa de área agrícola de Ipuã para a safra de 2002, por cultura.	137
5.31	Estimativa de área agrícola de São Joaquim da Barra para a safra de 2002, por cultura.	137

5.32	Estimativa de área agrícola total, para os três municípios, para a safra de 2002, por cultura.	137
5.33	Diferença entre as estimativas calculadas pelo método proposto e as estimativas do IEA/CATI (em hectares) para a safra de 2000.....	141
5.34	Diferença entre as estimativas calculadas pelo método proposto e as estimativas do IEA/CATI (em hectares) para a safra de 2001.....	142
5.35	Diferença entre as estimativas calculadas pelo método proposto e as estimativas do IEA/CATI (em hectares) para a safra de 2002.....	142
5.36	Estimativas de área de mata e de mata de galeria para 2000, 2001 e 2002.	143
5.37	Área de mata e área de pastagem em Guará, Ipuã e São Joaquim da Barra.	144

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CATI	– Coordenadoria de Assistência Técnica Integral
CASS	– Computer Aided Stratification and Sampling
COMEIA	– Comissão Municipal de Estatísticas Agropecuárias
COREIA	– Comissão Regional de Estatísticas Agropecuárias
EDR	– Escritório de Desenvolvimento Regional
EMBRAPA	– Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETM+	– Enhanced Thematic Mapper Plus
FAO	– Food and Agriculture Organization
GCEIA	– Grupo de Coordenação de Estatísticas Agropecuárias
IBGE	– Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEA	– Instituto de Economia Agrícola
INFORMS	– Sistema de Informações Geográficas Urbanas do Estado da Bahia
INMET	– Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	– Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Lmin	– Radiância mínima
Lmax	– Radiância máxima
LSPA	– Levantamento Sistemático de Produção Agrícola
LUPA	– Levantamento das Unidades de Produção Agropecuária
MARS	– Monitoring Agriculture with Remote Sensing
OMT-G	– Object Modeling Technique para aplicações Geográficas
PREVS	– Pesquisa Objetiva de Previsão de Safras
SPE	– Subtração do Pixel Escuro
SIG	– Sistema de Informação Geográfica
SQR	– Soma do Quadrado dos Resíduos
TM	– Thematic Mapper
UTM	– Universal Transverse Mercator
WRS	– Worldwide Reference System

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A informação estatística sobre a agropecuária tem se tornado extremamente importante para que empresas e países atuem numa economia globalizada (Pino, 2001).

Entre as variáveis agrícolas estão as estimativas de produção, que são essenciais para orientar as políticas econômicas de um país e devem ser, portanto, confiáveis e rápidas de serem adquiridas. Os preços dos produtos agrícolas e os excedentes exportáveis, por exemplo, são calculados com base nestes dados. No entanto, para obter estimativas de produção para uma determinada região, além da informação de produtividade de cada cultura, são necessárias informações de extensão da área plantada.

As informações sobre as áreas agrícolas são úteis para diversos setores, podendo ser destacados tanto a iniciativa privada como os órgãos governamentais, que utilizam essas informações para tomar decisões de preço, importação, exportação, incentivos, negócios, etc. Além disso, a Lei no. 8.510, de 29/12/93, do Estado de São Paulo, estabelece que, na apuração dos índices de participação dos municípios no produto de arrecadação do Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Serviços de Transporte Interestadual e sobre Comunicação (ICMS), 3% devem se basear na relação entre área cultivável de cada município, no ano anterior ao da apuração, e a área cultivada total do Estado (Pino, 1999b). Essa é uma das razões porque se deve procurar o desenvolvimento de métodos mais objetivos e estatisticamente verificáveis para a estimativa de safras.

No Brasil, a previsão da safra agrícola anual é realizada pelo IBGE e é baseada no Levantamento Sistemático de Produção Agrícola (LSPA). Este levantamento baseia-se em informações fornecidas por pessoas ligadas ao meio agrícola. É considerado subjetivo e não permite a realização de avaliações estatísticas.

Luiz e Epiphanyo (2001) citam como fatores que dificultam a obtenção de informação agrícola atualizada, a existência de algumas características inerentes às atividades agropecuárias, como a ampla dispersão espacial, o grande número de produtores, a variabilidade do tamanho das propriedades e a inexistência ou fragilidade de associações de produtores.

As principais razões responsáveis pela carência de estatísticas agrícolas em muitos países são, segundo a “Food and Agriculture Organization” (FAO), a falta de suporte político, o alto custo dos levantamentos agrícolas, a falta de experiência técnica em levantamentos e a inexistência de métodos adequados (FAO, 1996).

Estimativas de área cultivada, obtidas a partir de procedimentos que utilizam os dados gerados por técnicas de sensoriamento remoto, podem fornecer resultados rápidos e confiáveis por causa da visão sinóptica dos sensores e do seu recobrimento repetitivo. No entanto, atualmente, apenas as culturas que ocupam maior área podem ser monitoradas através de sensoriamento remoto (Luiz e Epiphanyo, 2001).

Segundo Boissezon e Sharman (1993), as imagens de sensoriamento remoto podem ser utilizadas para obter estimativas objetivas, com custo e tempo reduzidos em relação aos métodos tradicionais. Ressaltam que estudos multitemporais são de fundamental importância devido à característica dinâmica das culturas agrícolas. A utilização de imagens de várias épocas do ano garante melhores resultados do que métodos que utilizam apenas uma data, pois, inevitavelmente, as culturas em alguma época do ano estarão desenvolvidas na data de aquisição da imagem, facilitando a identificação (Pax-Lenney e Woodcock, 1997). No entanto, o que limita sua utilização é a ausência de estudos de padrões e procedimentos para transformar os dados de sensoriamento remoto em dados estatísticos de produção agropecuária (Pino, 2001).

Informações relativas a culturas agrícolas podem ser armazenadas e manipuladas por meio de Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados. Além de permitir atualizações das informações periodicamente, tais sistemas também permitem que essas informações sejam consultadas. Assim, estimativas sempre atualizadas de área agrícola, por cultura, por município, e em diferentes períodos do ano agrícola podem ser feitas.

A combinação de Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) com sistemas gerenciadores de banco de dados é bastante útil para aplicações agrícolas, pois permite que se aliem dados espaciais, como imagens de satélite, cartas e mapas com dados tabulares relativos às culturas agrícolas. A inserção e uso de imagens de diversas datas permite que seja feita uma análise temporal com o objetivo de perceber e avaliar a dinâmica do uso do solo em sistemas agrícolas.

Assim, tendo em vista a escassez de metodologias eficientes para fazer a estimativa de área agrícola por município em escala estadual e nacional, e a possibilidade de criar metodologias mais modernas que utilizem sensoriamento remoto e SIG, este estudo teve como objetivo principal criar uma metodologia baseada em banco de dados geográficos relacional, que facilitasse a identificação de pontos amostrais em imagens orbitais e permitisse gerar estimativas de área agrícola para as principais culturas presentes na área de estudo (cana-de-açúcar, soja e milho), por município, nas safras de 2000, 2001 e 2002. Para isso, os objetivos específicos foram:

- Gerar um banco de dados computacional em um Sistema de Informações Geográficas, composto por painel amostral e imagens de satélite;
- Classificar os pontos do painel amostral em cada imagem por interpretação visual e trabalho de campo;
- Estimar as áreas agrícolas para cana-de-açúcar, soja e milho para as safras dos anos 2000, 2001 e 2002; e
- Comparar essas estimativas com as estimativas oficiais.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Estatísticas Agrícolas

Estatística agrícola pode ser entendida como o conjunto de estatísticas sobre variáveis referentes ao setor agropecuário (Pino, 1999a). As principais variáveis envolvidas em um levantamento agrícola são área de cultivo (A), rendimento (R) e produção (P), cuja relação de dependência é mostrada na Equação (2.1). Estas variáveis são obtidas a partir de levantamentos agrícolas, geralmente realizados por órgãos de governo e institutos de pesquisa, em escala estadual ou nacional.

$$P = A \cdot R \quad (2.1)$$

Segundo a FAO, os valores de cada uma das variáveis agrícolas podem ser adquiridos por meio de dois mecanismos básicos, que são os censos agropecuários e os levantamentos baseados em amostragens da população agrícola (FAO, 1996).

A qualidade dos dados estatísticos depende da magnitude dos erros cometidos para sua obtenção. Desta forma, quanto menor o erro da informação estatística, mais próxima é ela do seu real valor e, portanto, maior é a sua qualidade. Os erros que afetam as estatísticas agrícolas são causados pelo delineamento do esquema amostral, por falhas durante a coleta ou manuseio dos dados, ou pelo estimador utilizado (Pino, 1999a).

2.2 Levantamentos Agrícolas

Em geral, o objetivo do levantamento agrícola é obter estimativas de muitas variáveis de interesse para uma certa área total pré-definida. A estimativa de cada variável para o levantamento é um número obtido através de um procedimento de inferência baseado nos valores das variáveis em todas as unidades ou numa amostra de unidades, que são as propriedades rurais (FAO, 1996).

A determinação das variáveis a serem estudadas e o nível de exatidão requerido devem ser claramente estabelecidos no início do planejamento do levantamento, pois isto tem uma relação direta com o delineamento amostral e, em particular, com os tipos de estimadores, com o tipo do questionário e com os procedimentos de coleta de dados (FAO, 1996).

Pino (2001) sugere quatro métodos de levantamento de dados. O primeiro tipo, amplamente utilizado no Brasil para estimar safras agrícolas, consiste em perguntar aos especialistas a extensão da área plantada e a produção num município ou Estado. Esta informação é considerada subjetiva, o que compromete a sua precisão e não permite ser avaliada estatisticamente. O segundo tipo consiste em visitar locais de produção e perguntar aos responsáveis, por exemplo, o quanto foi plantado. Este método pode ser aplicado em toda a população, por exemplo, em todas as propriedades num Estado; este procedimento caracteriza um levantamento censitário; se for uma amostra da população, fica caracterizado um levantamento amostral. O terceiro tipo consiste em visitar os locais de produção e realizar contagens ou medições de forma objetiva. Este levantamento também pode ser censitário ou amostral. E o quarto tipo consiste em identificar as áreas com as atividades agrícolas de interesse em imagens de satélite e calcular suas extensões automaticamente.

Um censo é um levantamento no qual o valor de cada variável para a área do levantamento é obtida a partir dos valores das variáveis em todas as unidades, que são geralmente as propriedades. O objetivo primário dos censos agrícolas é fornecer uma classificação detalhada da estrutura agrícola de um país. O censo não é um mecanismo prático de fornecer dados agrícolas correntes (anual ou periódico) para uma grande população, pois é um procedimento caro e que consome muito tempo, tanto para a aquisição dos dados no campo como para o tratamento destes; em geral, os resultados são disponibilizados para o público somente depois de dois a cinco anos da coleta. Além disso, é sujeito a erros consideráveis por causa da dificuldade de controlar a qualidade do trabalho (FAO, 1996). Outra desvantagem, segundo Tsiligrídes (1998), é que os dados de censo são organizados de forma tabular, gerando valores absolutos totais, não

especializados. Em geral, os países elaboram censos a cada cinco ou dez anos, e levantamentos parciais do setor agrícola no período entre-censos (Gallego, 1995).

Um levantamento agrícola amostral é aquele para o qual o procedimento de inferência para estimar cada variável do levantamento para a área total é baseado nos valores das variáveis obtidas por uma amostragem das unidades, onde questionários são completados para cada uma das amostras das unidades (FAO, 1996). A teoria de amostragem fornece ferramentas para fazer uma extrapolação objetiva para a totalidade da população a partir da observação de apenas uma pequena parcela da população.

O tamanho da amostra em cada estrato, o tamanho do segmento alvo e o tamanho total da amostra podem ser estabelecidos com base em considerações de coeficientes de variação das principais variáveis, de erros não amostrados, e de custos e tempo disponível para o levantamento (FAO, 1996).

Os levantamentos podem ainda ser divididos em probabilísticos (objetivos) ou não probabilísticos (subjetivos).

Nos levantamentos subjetivos, como os dados não são medidos, não é possível medir a precisão estatística das estimativas, o que torna este tipo de levantamento útil apenas em casos onde não são necessários dados exatos ou quando não existem recursos financeiros. Porém, os levantamentos amostrais agrícolas deveriam usar métodos amostrais probabilísticos, o que permitiria o cálculo da precisão estatística das estimativas com um significado matemático preciso (FAO, 1996).

Os levantamentos amostrais agrícolas probabilísticos podem ser classificados como: levantamentos amostrais por área, por lista ou levantamentos amostrais múltiplos, onde são combinados os dois primeiros. Na escolha do modelo de levantamento agrícola mais adequado a ser adotado deve-se considerar as vantagens, desvantagens e requerimentos para cada tipo (FAO, 1996).

Entre os levantamentos por área, estão os baseados em painéis amostrais, que fornecem uma representação de todas as áreas do terreno com a probabilidade de seleção

conhecida (Cotter e Tomczak, 1994).

Alguns levantamentos amostrais por área dividem a área total em estratos, de acordo com a proporção de área cultivada, predominância de certas culturas, práticas agrícolas especiais, tamanho médio de campos cultivados, áreas agro-urbanas ou outras características de uso do solo (FAO, 1996).

A estratificação em um levantamento amostral pode reduzir a variância amostral aumentando a precisão das estimativas mais importantes. O agrupamento de unidades similares dentro de estratos pode fazer com que o alvo apresente uma menor variação entre as unidades dentro de um estrato e uma alta variação entre estratos (FAO, 1996). Segundo Francisco e Pino (2000), o processo de estratificação tem sido utilizado habitualmente em levantamentos agrícolas para obter estatísticas tanto regionalizadas como para diferentes grupos de exploração (por exemplo, quanto ao seu tamanho). Também tem sido utilizada para diminuir o tamanho da amostra, pois produz um nível satisfatório de variância amostral com uma amostra menor do que aquela que seria necessária caso não tivesse havido estratificação.

Além disso, a estratificação permite que todos os esforços de levantamento sejam aplicados nas porções do painel que contêm área agrícola ou pasto, que são os alvos de interesse, não levando em conta outros alvos como floresta, desertos, etc. (FAO, 1996).

A amostragem por pontos amostrais em estratos consiste na seleção de pontos aleatórios num mapa ou imagem dentro de uma área especificada. É mais freqüentemente feito fixando uma grade com coordenadas X e Y sobre a área de interesse e selecionando o número desejado de pontos amostrais na grade usando uma tabela de número aleatórios. Os pontos são marcados no mapa ou imagem. A unidade amostral é definida pela procura do conjunto mais próximo de bordas que circunda o ponto, formando um segmento que terá uma probabilidade diferente de seleção (proporcional ao tamanho) (FAO, 1996).

Comparado ao painel amostral de área por segmentos, o painel de amostras de pontos é mais fácil de ser produzido porque não necessita de digitalização dos segmentos

(Gallego, 1995).

As vantagens dos métodos por amostragem em relação ao de contagem integral (censos) são, segundo Cochran (1965), custo reduzido, maior rapidez, maior amplitude e maior exatidão. Os resultados dos levantamentos por amostragem são sempre sujeitos a um certo grau de incerteza, porque somente uma parte da população foi medida e por causa dos erros de medição. A especificação do grau de precisão desejado nos resultados é uma providência importante e deve ser obtido junto a quem vai utilizar os dados.

2.3 Estimadores

Um estimador é uma função numérica definida para cada amostra possível das unidades amostrais. Os métodos utilizados para estimar as variáveis agrícolas obtidas por amostragem são por expansão direta ou por análise de regressão das informações amostradas. González-Alonso et al. (1991) testaram duas metodologias para estimar áreas agrícolas: uma usando o método dos segmentos quadrados e outra usando o método dos segmentos irregulares. A exatidão dos estimadores obtidos por expansão direta é similar tanto para o método que utiliza segmentos regulares quanto para o método que usa o segmento irregular.

O coeficiente de variação (CV) é um indicativo da precisão de uma amostra estimada, e é obtido pela divisão do desvio padrão da estimativa para uma cultura pela própria estimativa (FAO, 1996). Desta maneira, é possível definir previamente a precisão desejada, que melhora quanto maior for o número de amostras.

Para o método que utiliza pontos amostrais, a estimativa por expansão direta consiste na multiplicação da proporção de pontos de cada cultura em um município pela área municipal e é dada pela equação 2.2 (FAO, 1998):

$$z_{hc} = v_h \cdot n_{hc} \quad (2.2)$$

onde: z_{hc} = área estimada da cultura c no município h;

n_{hc} = número de pontos da categoria c;

v_h = fator de expansão para um ponto.

O fator de expansão é dado pela razão

$$v_h = a_h / n_h \quad (2.3)$$

onde a_h = área total do município h;

n_h = número de pontos amostrais no município h.

No entanto, o estimador por expansão direta não é eficiente para estimar itens raros ou itens concentrados em pequenas áreas geográficas.

2.4 Levantamento de Áreas Agrícolas Utilizando Sensoriamento Remoto

Luiz et al. (2002) afirmam que a área de cada classe de cobertura do solo em uma região pode ser estimada a partir de levantamentos por sensoriamento remoto, nos quais a cobertura do solo é interpretada em fotografias aéreas ou em imagens de satélite.

Pino (2001) ressalta que os levantamentos de dados agropecuários a partir de sensoriamento remoto, em comparação a outras formas de levantamento, tem como vantagens a rapidez e a precisão, além do baixo preço quando utilizado em larga escala. Além disso, o caráter repetitivo da aquisição de imagens pelos satélites possibilita a atualização periódica da ocupação da superfície de interesse, sendo, portanto, uma boa ferramenta para classificar o uso do solo e medir o terreno (FAO, 1996).

Segundo Cotter e Tomczak (1994), um fator que restringe o uso das imagens de sensoriamento remoto é a interferência de nuvens. Principalmente para a agricultura, pois, a época chuvosa é, em geral, também o período de desenvolvimento da maioria das culturas, o que dificulta a obtenção de imagens livres de nuvens. É essencial que as imagens contenham baixa ou nenhuma cobertura de nuvens, que, segundo a FAO (1996), não deve exceder 5% ou 10%.

No entanto, o sensoriamento remoto ainda não é utilizado amplamente no Brasil para levantamentos agropecuários. Os motivos, segundo Pino (2001), são a falta de padrões e procedimentos para transformar os dados de sensoriamento remoto em dados estatísticos.

A transformação de dados de sensoriamento remoto em dados estatísticos passa por uma interpretação das imagens de satélite. A interpretação visual de imagens é baseada em um conjunto de elementos de fotointerpretação. Os elementos incluem localização, tamanho, forma, tonalidade, textura, sombra, situação e padrão (que é o arranjo espacial dos objetos no solo) (Jensen, 2000).

King (2002) afirma que muitos procedimentos estatísticos para análise de imagens orbitais são baseados somente em um elemento de fotointerpretação - a reflectância; ignoram-se outros elementos utilizados na interpretação visual, como a forma, o tamanho e a posição. Considerar apenas a reflectância para distinguir os alvos agrícolas num ambiente que é bastante dinâmico e diversificado, como as áreas rurais, que podem ser ocupadas por diversas espécies, pode levar a resultados insatisfatórios. Além disso, para uma mesma espécie, a resposta espectral pode ser diferente dentro do ciclo fenológico.

Jensen (2000) comenta como o comportamento de um pixel em uma área agrícola pode variar no vermelho e no infravermelho durante o desenvolvimento da cultura. Se o campo foi preparado, até o início do desenvolvimento a resposta será baixa no infravermelho próximo. Desde a emergência da cultura até o fechamento do dossel, a reflectância no infravermelho próximo tende a aumentar e a reflectância no vermelho tende a diminuir. A partir da senescência, a resposta no infravermelho próximo diminui e a resposta no vermelho aumenta até a colheita, quando a resposta volta a ser a do solo. E também existem classes de transição quando, por exemplo, uma cultura está no início do desenvolvimento ou a palha está sendo incorporada ao solo. Neste caso, a resposta do pixel será uma mistura das duas classes.

Gibson e Power (2000) discutem que quando se trata de monitoramento ambiental, as resoluções espaciais e temporais necessárias dependem da aplicação do trabalho e frequência de atualização requerida. O monitoramento de culturas agrícolas requer detalhamento espacial e frequência de atualização semanal ou mensal. Apontam as imagens obtidas pelo satélite Landsat como as mais indicadas, pois possuem resolução

espacial de 30 metros para as bandas do visível e infravermelho próximo e médio e resolução temporal de 16 dias.

Em relação às bandas mais importantes para a agricultura, Jensen (2000) chama a atenção para a importância da banda do infravermelho médio para discriminar tipos de culturas e afirma que composições que utilizam as bandas do visível e do infravermelho próximo são menos eficientes para determinação de tipos de culturas que as composições que utilizam o visível e o infravermelho médio. Segundo o autor, a banda 3 do sensor ETM+, da região do vermelho, é uma das mais importantes bandas para discriminação da vegetação, pois é a banda de absorção da clorofila. A banda 4 do mesmo sensor, localizada na região do infravermelho próximo, está relacionada com a biomassa da vegetação e é útil para identificação das culturas, pois realça os contrastes solo/cultura e solo/água. Já a banda 5, localizada na região do infravermelho médio, é sensível à quantidade de água presente nas plantas.

Jensen (2000) cita as variáveis que afetam a reflectância bidirecional de uma área vegetada, além da geometria de iluminação e do sensor. Essas variáveis são propriedades da vegetação - o dossel (tipo, cobertura, orientação), a copa (forma, diâmetro), o tronco ou caule (densidade, diâmetro), a folha (área foliar, ângulo foliar) - e do solo (textura, cor, componentes). O autor afirma ainda que somente é possível discriminar duas culturas, quando se usam dados de sensores remotos com resolução relativamente grosseira como a do Landsat, se as culturas:

- forem plantadas com um intervalo de pelo menos dez dias, o que causa uma diferença no desenvolvimento do dossel;
- receberem diferentes processos de irrigação, o que garante uma diferença na produção de biomassa;
- desenvolverem-se em ritmos diferentes, uma mais rapidamente que a outra, devido à fertilização ou a cuidados especiais;

- tiverem o espaçamento entre linha ou a orientação no campo diferente entre as duas culturas; ou
- tiverem estrutura de dossel diferente.

Entretanto, para diferenciar muitas culturas usando dados de sensoriamento remoto é essencial conhecer as características dos ciclos fenológicos delas. Esta informação é usada para determinar a época ótima do ano para coletar os dados de sensoriamento remoto para discriminar uma cultura da outra (Jensen, 2000).

Cada região tem um calendário agrícola próprio, determinado pelas condições climáticas locais e tradição de plantio. Segundo Gibson e Power (2000), no contexto agrícola, a representação visual da fenologia mostrada na imagem de satélite ilustra o calendário local das culturas, cujo ciclo sazonal é solo arado, plantio, emergência, desenvolvimento, maturação, colheita e solo. Segundo os autores, a identificação da cultura é facilitada pelo conhecimento do ciclo de desenvolvimento de culturas individuais. A utilização de muitas imagens obtidas em diferentes épocas pode auxiliar a discriminar culturas de diferentes estações.

Além de indicar a época de presença da cultura no campo, o calendário agrícola apresenta o intervalo de tempo para o desenvolvimento das culturas, pois contém os meses de plantio e colheita.

Outras informações podem facilitar a interpretação visual de imagens em áreas agrícolas, como a presença de formas de irrigação, como o pivô central, que é facilmente detectado na imagem e pode determinar a cultura, o tamanho do talhão e a presença de carreadores. Talhão é a menor unidade em que a área ocupada por uma cultura é dividida.

Em estudos para o levantamento das culturas de fumo e milho, Jensen (2000) relata que é difícil diferenciar essas duas culturas no Estado da Carolina do Sul, nos Estados Unidos, mas a distinção é possível se for obtida uma imagem no meio de junho, quando o fumo perde folhas. Da mesma maneira, é possível discriminar entre soja e algodão se

uma imagem do final de julho ou começo de agosto for utilizada, pois é quando a soja tem um fechamento do dossel maior que o algodão.

Luiz e Epiphanyo (2001) propõem um método rápido para estimar a área plantada com culturas que ocupem uma área acima de 10 hectares. Neste método, as unidades amostrais correspondem aos elementos de cena ou pixels de uma imagem de sensoriamento remoto, que são, portanto, regulares e de probabilidade conhecida, o que possibilita o cálculo do erro amostral. Além disso, como a área não é dividida em estratos e as amostras são diretamente sorteadas sobre a área de estudo, pode-se obter de maneira mais imediata estimativas de área cultivada.

2.5 Programas Nacionais de Levantamento Agrícola

Neste tópico serão apresentados brevemente os programas de levantamento agrícola baseados em painel amostral desenvolvidos pelo Brasil, Estados Unidos e União Européia.

No Brasil, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) tem mantido o Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA), com dados em escala municipal obtidos de forma subjetiva; um censo agropecuário com periodicidade ora decenal ora quinquenal e informações em escala de estabelecimento rural; e em alguns Estados, um levantamento por amostragem de áreas tendo imagens de satélite como sistema referencial (Pino, 1999).

Este último levantamento foi desenvolvido com a colaboração técnica do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), sendo denominado de Pesquisa Objetiva de Previsão e Acompanhamento de Safras Agrícolas – PREVS. A PREVS, inicialmente proposta para quatro Estados (Santa Catarina, São Paulo, Paraná e Distrito Federal) e atualmente implantada somente no Estado do Paraná, é baseada em métodos probabilísticos, nos quais são combinados dados amostrais obtidos através de levantamento de campo, com dados obtidos por sensoriamento remoto. Tendo em vista que os levantamentos realizados tradicionalmente adotam um procedimento subjetivo

de coleta de informações, o desenvolvimento deste projeto significa um avanço no sentido de caminhar para um método objetivo (Collares et al., 1993; FAO, 1998).

Na metodologia da PREVS, os painéis de amostras são gerados com o auxílio de imagens de satélite, fotografias aéreas e outros materiais cartográficos. As imagens são utilizadas para delimitar os estratos, o material cartográfico serve de base para a delimitação das unidades de contagem, e as fotografias aéreas, por possuírem escala maior, determinam os segmentos. Os estratos, as unidades de contagem e os segmentos foram considerados como polígonos irregulares, ou seja, possuem limites que se referem a feições físicas do terreno (Collares et al., 1993).

A metodologia utilizada no Brasil foi criada e é adotada nos Estados Unidos. Uma inovação dos Estados Unidos é o *software* CASS (*Computer Aided Stratification and Sampling*), que foi desenvolvido para automatizar a construção de painéis amostrais e a seleção de amostras.

Tanto no Brasil como nos Estados Unidos, as amostras relacionadas nos painéis são observadas no campo e um questionário é preenchido a partir de entrevista feita com o proprietário. Posteriormente, é realizada uma extrapolação por expansão direta dos dados amostrais para toda a área considerada.

Diferente desta metodologia, a proposta da União Européia é obter estimativas agrícolas sem realizar pesquisas no campo através de questionários (FAO, 1998). O programa MARS (Monitoring Agriculture with Remote Sensing), criado pela União Européia, propõe a utilização de painéis amostrais com segmentos regulares de 700 por 700 metros. As vantagens em relação ao método anterior é que este permite a criação de relatórios atualizados regularmente. A limitação deste método é que nem todas as culturas podem ser identificadas na imagem.

Na França todas as estatísticas do setor agrícola são obtidas por censo realizado a cada nove anos e por levantamentos amostrais anuais baseados em listas amostrais de propriedades. No levantamento amostral, denominado TER-UTI, o esquema amostral consiste na sobreposição de uma grade de 10,8 por 10,8 quilômetros de resolução sobre

todo o território nacional. Cada quadrado de 10,8 km x 10,8 km, chamado de PSU (*Primary Sampling Unit*), é subdividido em 360.000 segmentos quadrados de 9 m² (3 m x 3 m). Em seguida, a amostragem é feita com uma fração amostral de 1/100.000. Para o território da França, que é de 549.192 km², são amostrados 555.903 pontos. Cada ponto selecionado para a amostragem é visitado no campo, e é feita a classificação de uma área de 9 m² ao redor do ponto quanto à cobertura ou uso do solo da maior parte desta área (FAO, 1998).

A vantagem deste método, segundo (Gallego, 1995), é que no campo somente o tipo de uso é registrado, não sendo necessário fazer o mapeamento do segmento, reduzindo o tempo de levantamento de dados.

No Brasil, a estimativa de safras divulgada mensalmente é elaborada pelo IBGE no Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA).

O Levantamento Sistemático da Produção Agrícola é uma pesquisa de previsão e acompanhamento das safras agrícolas de âmbito nacional, abrangendo todos os municípios brasileiros, fornecendo estimativas de área, produção e rendimento médio de 35 produtos (Tabela 2.1). As estimativas são divulgadas mensalmente para todos os produtos e são calculadas com base na informação de área efetivamente colhida, ou na área que deverá ser colhida, ou ainda na intenção de plantio (IBGE, 2002c).

A safra do ano é calculada pelo somatório da área colhida de cada produto em cada mês, dentro do ano civil, de janeiro a dezembro. Estas informações são fornecidas pela rede de coleta do IBGE, por técnicos de outros órgãos que atuam na área, por produtores e outros colaboradores sediados nos diversos municípios e por representantes técnicos de entidades públicas e privadas que participam dos colegiados técnicos de estatísticas agropecuárias estaduais, regionais e municipais (GCEA, COREA e COMEA).

Os primeiros relatórios são ainda muito incertos, pois a produção agrícola depende de outros fatores - econômicos e climáticos, e são baseados na intenção de plantio e nas informações complementares sobre meteorologia, ação dos agentes climáticos adversos, financiamentos concedidos, comercialização, industrialização, demanda de insumos

tecnológicos (sementes fiscalizadas, corretivos, fertilizantes, etc.) e outras informações correlatas que são obtidas nos registros administrativos mantidos pelas entidades públicas e privadas que atuam no setor.

TABELA 2.1 - Produtos investigados pelo LSPA.

1. Abacaxi	11. Café (em coco)	23. Maçã
2. Algodão Arbóreo (em caroço)	12. Cana-de-açúcar	24. Malva (fibra)
3. Algodão Herbáceo (em caroço)	13. Castanha de caju	25. Mamona
4. Alho	14. Cebola	26. Mandioca
5. Amendoim (em casca)	15. Centeio	27. Milho (em grão)
5.1 Amendoim (em casca) 1ª safra	16. Cevada	27.1 Milho (em grão) 1ª safra
5.2 Amendoim (em casca) 2ª safra	17. Coco-da-bahia	27.2 Milho (em grão) 2ª safra
6. Arroz (em casca)	18. Feijão (em grão)	28. Pimenta-do-reino
7. Aveia (em grão)	18.1 Feijão (em grão) 1ª safra	29. Rami (fibra)
8. Banana	18.2 Feijão (em grão) 2ª safra	30. Sisal ou Agave (fibra)
9. Batata-inglesa	18.3 Feijão (em grão) 3ª safra	31. Soja (em grão)
9.1 Batata-inglesa 1ª safra	19. Fumo (em folha)	32. Sorgo (em grão)
9.2 Batata-inglesa 2ª safra	20. Guaraná (semente)	33. Tomate
9.3 Batata-inglesa 3ª safra	21. Juta (fibra)	34. Trigo (em grão)
10. Cacau (em amêndoa)	22. Laranja	35. Uva

Mas, ao longo do ano as informações vão se concretizando e o dado vai se aproximando mais da realidade, sendo que o último relatório contém apenas a informação da área que realmente foi colhida.

Objecções podem ser feitas quanto à adoção do ano civil como período de referência para o LSPA ao invés de considerar o ano agrícola (período compreendido entre 1º. de julho e 31 de dezembro de um ano, e entre 1º. de janeiro e 30 de junho do ano seguinte), pois este compreende o ciclo completo das culturas anuais. No entanto, os Censos Econômicos, inclusive o Agropecuário, e as pesquisas agropecuárias contínuas adotam o ano civil como período de referência. Além disso, as informações são usadas no cálculo do PIB (Produto Interno Bruto), que se reporta ao ano civil.

Além dos relatórios mensais, são elaborados no LSPA, nos meses de outubro e dezembro, os prognósticos da Produção Agrícola para o ano subsequente, contendo a

área plantada ou a ser plantada. Registram-se, também, a produção e o rendimento médio esperados. Esses prognósticos são elaborados somente para as regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Rondônia.

No caso de previsão de safras utilizando sensoriamento remoto, a antecipação máxima da informação de área colhida é no início do ciclo da cultura, apenas quando for possível identificá-la no campo. Para a soja, por exemplo, que é plantada em setembro/outubro, somente serão estimadas a área colhida nos meses de dezembro/janeiro, quando as folhas já estiverem desenvolvidas e cobrindo o solo.

Além disso, outra informação que é fornecida pelos relatórios mensais LSPA é a área perdida de produção. A utilização de sensoriamento remoto isoladamente não permite obter esta informação, já que é necessário saber não somente a área plantada, mas também a área colhida.

2.6 Pré-processamento das Imagens

Diversos trabalhos que utilizam dados obtidos por sensoriamento remoto levam em conta séries temporais e, por isso, necessitam de um conjunto multitemporal de imagens de satélite, seja de imagens abrangendo um intervalo de anos, seja de imagens dentro de um mesmo ano abrangendo diferentes épocas. Em alguns estudos desse tipo ocorre a necessidade de uniformizar as imagens, pois estas apresentam valores digitais distintos para um mesmo alvo com reflectância supostamente invariante. Esse fenômeno ocorre devido às diferenças dos parâmetros do sensor, do ângulo solar e, também, ao espalhamento atmosférico, o qual contribui, principalmente, com um efeito aditivo na radiância captada e transformada em sinal elétrico e depois em número digital (ND) pelo sensor.

No entanto, nem todos os trabalhos que adotam uma abordagem multitemporal requerem a correção atmosférica. Quando é realizada a classificação em cada imagem separadamente, e a comparação intertemporal se dá sobre os mapas temáticos originados dessas classificações, por exemplo, ela é desnecessária. Mesmo porque, todas as transformações realizadas sobre os dados de uma imagem, com o fim de

corrigi-la radiométrica e atmosféricamente, são lineares e uniformes para todos os pixels, não alterando a posição relativa dos mesmos no espaço de atributos, quer eles estejam representados em número digital, radiância ou reflectância.

Entre as técnicas de pré-processamento de imagens destacam-se o registro, a correção atmosférica e as transformações radiométricas.

2.6.1 Registro

O registro de imagens compreende uma transformação geométrica que relaciona coordenadas de imagem (linha, coluna) com coordenadas de um sistema de referência, segundo alguma projeção cartográfica. O registro de imagens é utilizado para o georreferenciamento delas e sua posterior inserção em uma base de dados. O registro é importante para combinar imagens de sensores diferentes sobre uma mesma área ou para realizar estudos multitemporais, caso em que se usam imagens tomadas em épocas distintas (INPE, 2002).

O registro é feito a partir de equações polinomiais do 1º ou 2º grau ajustadas pelo uso de pontos de controle da imagem referência e da imagem que será registrada. Esses pontos de controle devem estar bem distribuídos pela imagem, já que as equações são determinadas para a região próxima aos pontos. Para a utilização do polinômio de 1º grau são necessários, no mínimo, três pontos (Fonseca, 2000).

2.6.2 Correção Atmosférica

Até mesmo os trabalhos mais recentes (Pax-Lenney et al., 2001) concluem que não existem, atualmente, técnicas mais avançadas para a correção dos efeitos atmosféricos porque os satélites hoje em órbita não fornecem dados sobre as condições atmosféricas no local, data e hora da obtenção da imagem.

Uma metodologia bastante utilizada para corrigir os efeitos do espalhamento atmosférico aditivo (Rayleigh) é a técnica da Subtração do Pixel Escuro (SPE), ou DOS (*dark object subtraction*).

A técnica SPE desenvolvida por Chavez (1988) realiza a estimativa do espalhamento para as bandas, com ganho e intercepto normalizados, a partir de um modelo de espalhamento atmosférico relativo que utiliza como valor de entrada o espalhamento de apenas uma banda. Esse método considera que existem alvos escuros na imagem, em geral sombras da topografia ou de nuvens, que deveriam apresentar um valor muito baixo de número digital na imagem, equivalente a cerca de 1% de reflectância (Chavez, 1989). Entretanto, o valor do pixel mais escuro encontrado na imagem é geralmente superior a esse valor, devido ao espalhamento atmosférico, e cuja maior interferência ocorre nos comprimentos de onda mais curtos. Portanto, um determinado valor, calculado a partir do mínimo valor de ND, é atribuído ao espalhamento atmosférico e deve ser removido de todos os pixels da imagem.

Na prática, o método proposto por Chavez necessita, preferencialmente, do valor do pixel escuro da banda de menor comprimento de onda, que pode ser identificado no histograma de frequência. O valor desse pixel escuro é utilizado para identificar a condição atmosférica no momento da obtenção da imagem, classificada pelo autor como sendo de “muito limpa” até “opaca” (Tabela 2.2).

TABELA 2.2 - Situação atmosférica para diferentes valores de pixel escuro e o modelo de espalhamento relativo, considerando a banda 1 do TM/Landsat 5.

Pixel escuro	Atmosfera	Modelo de espalhamento relativo
≤ 55	Muito limpa	λ^{-4}
56 – 75	Limpa	λ^{-2}
76 – 95	Moderada	λ^{-1}
96 – 115	Com bruma	$\lambda^{-0,7}$
> 115	Com muita bruma	$\lambda^{-0,5}$

FONTE: Chavez (1988).

A partir do modelo de espalhamento relativo, calcula-se o espalhamento em cada banda espectral. Esse procedimento baseia-se no fato de que atmosferas muito claras são caracterizadas pelo espalhamento Rayleigh; atmosferas moderadas, pelo espalhamento Rayleigh e Mie; e atmosferas opacas são influenciadas por espalhamento Rayleigh e Mie, mas com o espalhamento Mie sendo mais importante que na atmosfera moderada (Chavez, 1988).

O espalhamento em cada banda é calculado elevando-se o comprimento de onda médio da banda à potência referente ao modelo de espalhamento escolhido. Em seguida, esses valores são normalizados em função da banda 1, sendo denominado de “fator”. A seguir é apresentada a tabela com os valores para o modelo de espalhamento considerando a atmosfera muito limpa.

TABELA 2.3 - Valores de espalhamento para o modelo de atmosfera muito limpa, para o sensor ETM+.

Banda ETM+	λ^a	λ^{-4}	Fator
1	0,485	18,07	1
2	0,57	9,47	0,52
3	0,66	5,27	0,29
4	0,84	2,01	0,11
5	1,65	0,13	0,01
7	2,22	0,04	0,00

^acomprimento de onda médio da banda espectral do sensor ETM+, em μm .

O cálculo do fator para outras condições atmosféricas é feito elevando o comprimento médio de cada banda espectral à potência referente à condição atmosférica e normalizando esses valores em função da banda utilizada para extrair o valor do pixel escuro.

O valor a ser subtraído em cada banda é o valor calculado pelo método Chavez (1988) a partir do valor do pixel escuro (PE) na banda 1, reduzido do valor de ND referente a 1% de reflectância nesta mesma banda ($ND_{0,01;1}$), que resulta no espalhamento da banda 1 ($ND_{\text{Despalhamento}_1}$).

$$ND_{\text{Despalhamento}_1} = PE - ND_{0,01;1} \quad (2.4)$$

De acordo com Chavez (1988), para as demais bandas, os valores de espalhamento devem ser ajustados para os diferentes ganhos e offsets usados pelo sistema imageador para coletar os dados. Os valores de Lmin e Lmax podem ser encontrados na Tabela 2.4.

TABELA 2.4 - Radiância mínima (Lmin) e máxima (Lmax) dos satélites Landsat 5 e 7, em $w.m^{-2}.st.\mu m$.

Banda	TM/Landsat 5 ¹		ETM+/Landsat 7 ²							
	Lmin	Lmax	Antes de 1/7/2000				Após 1/7/2000			
			Baixo ganho		Alto ganho		Baixo ganho		Alto ganho	
			Lmin	Lmax	Lmin	Lmax	Lmin	Lmax	Lmin	Lmax
1	-1,5	185	-6,2	297,5	-6,2	194,3	-6,2	293,7	-6,2	191,6
2	-3,1	342	-6	303,4	-6	202,4	-6,4	300,9	-6,4	196,5
3	-2,7	245	-4,5	235,5	-4,5	158,6	-5	234,4	-5	152,9
4	-2,5	270	-4,5	235	-4,5	157,5	-5,1	241,1	-5,1	157,4
5	-0,45	36	-1	47,7	-1	31,76	-1	47,57	-1	31,06
7	-0,3	19	-0,35	16,6	-0,35	10,932	-0,35	16,54	-0,35	10,8
8	-	-	-5	244	-5	158,4	-4,7	243,1	-4,7	158,3

FONTE: ¹ESA (2002).

²NASA (2002b).

Onde $ganho = \frac{255}{L_{\text{max}} - L_{\text{min}}}$ e $offset = -(L_{\text{min}} \times ganho)$.

Os valores de ganho também devem ser normalizados em função da banda 1 (Tabela 2.5).

TABELA 2.5 - Valores de offset, ganho e ganho normalizado para as bandas do sensor ETM+, obtidas depois de 1º de julho de 2000, considerando alto ganho.

Banda ETM+	offset	ganho	ganho normalizado ¹
1	7,99	1,29	1,00
2	8,04	1,26	0,97
3	8,07	1,61	1,25
4	8,00	1,57	1,22
5	7,95	7,95	6,17
7	8,00	22,87	17,74

¹ ganho normalizado para a banda 1.

Assim, o valor do espalhamento para cada banda em números digitais ($ND_{\text{Espalhamento}_\lambda}$) pode ser encontrado da seguinte maneira:

$$Espalhamento_\lambda = (ND_{\text{Espalhamento}_1} - offset_1) \times fator_\lambda \quad (2.5)$$

$$ND_{\text{Espalhamento}_\lambda} = Espalhamento_\lambda \times ganho_{\text{normalizado}} \quad (2.6)$$

No entanto, a subtração do pixel escuro deve ser realizada em valores de reflectância. Os dados necessários para a transformação de número digital para reflectância são o ângulo de elevação solar, a distância Sol-Terra (d), a irradiância solar (E) em cada banda e também os dados de calibração do sensor, conhecidos como Lmin e Lmax (Tabela 2.4). É importante ter em conta que o satélite Landsat 7 trabalha em alto e baixo ganho, dependendo da época do ano. Para a órbita 220 e ponto 74, o sensor trabalha sempre em baixo ganho para as bandas 1, 2, 3, 5 e 7, operando em alto ganho apenas na banda 4, entre o período de 22 de abril a 22 de agosto (NASA, 2002a).

A equação para a transformação de números digitais em valores de radiância é:

$$L = L_{\min} + ND \cdot (L_{\max} - L_{\min}) / ND_{\max} \quad (2.7)$$

onde: ND é o número digital que será transformado;

ND_{max} = 255; e

L_{min} e L_{max} são os parâmetros de calibração do sensor para uma determinada banda e ganho (Tabela 2.4).

Assim, a radiância corrigida em relação ao espalhamento atmosférico é dada por:

$$L - L_{\text{esp}} = [L_{\min} + ND \cdot (L_{\max} - L_{\min}) / ND_{\max}] - [L_{\min} + ND_{\text{Despalhamento}} \cdot (L_{\max} - L_{\min}) / ND_{\max}] \quad (2.8)$$

$$L - L_{\text{esp}} = [ND \cdot (L_{\max} - L_{\min}) / ND_{\max}] - [ND_{\text{Despalhamento}} \cdot (L_{\max} - L_{\min}) / ND_{\max}] \quad (2.9)$$

Onde ND_{Despalhamento} é o ND do espalhamento na banda;

ND é valor de número digital da imagem original;

L é a radiância da imagem;

L_{esp} é o valor em radiância do espalhamento, e

Substituindo $b = (L_{\max} - L_{\min}) / ND_{\max}$, tem-se:

$$L - L_{\text{esp}} = (ND \cdot b) - (ND_{\text{Despalhamento}} \cdot b) = b (ND - ND_{\text{Despalhamento}}) \quad (2.10)$$

Para obter o fator de reflectância, que varia entre zero e um, tem-se que:

$$\text{Reflec} = (\pi d^2 \cdot L) / (E \cdot \cos(\text{zen})) \quad (2.11)$$

Onde: d é a distância Sol-Terra;

L é a radiância;

E é a irradiância solar numa determinada banda espectral;

zen é o ângulo zenital (90° menos o ângulo de elevação solar).

Para obter o fator de reflectância corrigido em relação aos efeitos da atmosfera, pelo método do Chavez, é necessário inserir a radiância corrigida, obtendo a seguinte equação:

$$\text{Reflec} = (\pi d^2 \cdot (L - \text{NDespalhamento})) / (E \cdot \cos(\text{zen})) \quad (2.12)$$

$$\text{Reflec} = (\pi d^2 \cdot b \cdot (\text{ND} - \text{NDespalhamento})) / (E \cdot \cos(\text{zen})) \quad (2.13)$$

$$\text{Reflec} = [(\pi d^2 \cdot b) / (E \cdot \cos(\text{zen}))] \cdot (\text{ND} - \text{NDespalhamento}) \quad (2.14)$$

Assumindo j para os valores constantes da equação:

$$j = (\pi d^2 \cdot b) / (E \cdot \cos(\text{zen})) \quad (2.15)$$

Desta maneira, pode-se obter valores de reflectância corrigidos em relação ao efeito aditivo de uma maneira bastante simplificada.

$$\text{Reflec} = j \cdot (\text{ND} - \text{NDespalhamento}), \quad (2.16)$$

sendo NDespalhamento o valor do pixel escuro em números digitais.

Em muitos trabalhos realiza-se a transformação dos valores da reflectância dos alvos (expressos por um número real) em valores digitais (números naturais positivos) simplesmente multiplicando estes valores por 255. Esta transformação é necessária porque os valores de reflectância dos alvos variam entre zero e um, sendo expressos com quantas casas decimais permitir a precisão dos cálculos, enquanto que os programas que possibilitam a visualização da imagem reflectância, seja na tela ou em forma impressa, trabalham com valores digitais, geralmente em 8 bits, ou seja, com 256 valores discretos possíveis. No entanto, como já foi visto, o valor máximo de ND de cada banda espectral do sensor ETM+ não corresponde ao valor 1 do fator de reflectância e, portanto, ao fazer essa transformação ocorre uma perda de informação, ocasionada pela compressão dos 256 valores originais captados pelo sensor em um intervalo menor.

Portanto, para realizar essa transformação corretamente, respeitando as configurações da engenharia do sensor e a geometria de iluminação e visada no momento da aquisição dos dados, é preciso encontrar o valor da reflectância máxima por banda em cada imagem e calcular um multiplicador para cada uma, da seguinte maneira:

$$\text{Mult}_\lambda = 255 \div \text{Ref}_{\text{max},\lambda} \quad (2.17)$$

Para a construção da imagem reflectância, com a máxima expressão da variação espectral que ocorre na cena e sem perda de informação, basta aplicar esse multiplicador aos valores de reflectância e fazer a aproximação para o número inteiro mais próximo, obtendo-se então os novos valores de número digital para a imagem reflectância da banda λ :

$$\text{ND}_{\text{ImRef},\lambda} \cong \text{Mult}_\lambda \times \text{Ref}_\lambda \quad (2.18)$$

Com esse procedimento, além de não se perder nenhuma informação, é obtido um pequeno contraste na imagem e o resultado é uma imagem com o histograma de frequência de ND praticamente igual ao histograma da imagem original.

2.6.3 Uniformização de Imagens

Ao tratar desse tema, muitos artigos adotam os termos retificação radiométrica (Hall et al., 1991), normalização (Du et al., 2001; Yuan e Elvidge, 1996) ou até calibração (Furby e Campbell, 2001; Tokola et al., 1999). No entanto, não se pode garantir que as imagens transformadas terão um comportamento “normal” ou que seus valores serão “normalizados”, no sentido estatístico do termo. O que se consegue ao final do procedimento aqui apresentado é um comportamento uniforme no que diz respeito à resposta espectral de alvos considerados invariantes com o tempo, por isso é adotado o termo “uniformização”.

Não são raros os trabalhos relacionados à agricultura que trabalham com séries multitemporais de imagens, pois os alvos agrícolas apresentam, por natureza, um comportamento dinâmico ao longo do tempo. Um assunto bastante discutido na literatura é a necessidade da correção radiométrica que, dependendo da pesquisa a ser

desenvolvida, mesmo que trabalhe com um conjunto de cenas ou imagens da mesma órbita/ponto, não necessitam desse tipo de correção. Um exemplo são os trabalhos que utilizam as imagens apenas para mapeamento, sem se importar em comparar curvas espectrais das diferentes imagens ou realizar operações matemáticas entre bandas de diferentes datas. Segundo Hill e Sturm (1991), a correção radiométrica permite que sejam realizadas comparações quantitativas com a reflectância dos alvos obtidas de imagens ou até de medições de campo.

A correção radiométrica, tratada neste texto como uniformização de imagens, pode ser realizada a partir de alvos pseudo-invariantes, que são usados para encontrar o relacionamento entre cada imagem e uma imagem referência (Hill e Sturm, 1991). Segundo Caselles e López García (1989), imagens de diferentes datas de aquisição podem ser comparadas ajustando uma função de regressão entre alvos-referência claros e escuros e assumindo reflectância estável.

Considerando que não houve alteração no uso do solo, pixels com a mesma localização geográfica em imagens obtidas em diferentes datas correspondem ao mesmo alvo e a relação entre eles deve ser linear. E, se os efeitos forem homogêneos em toda a cena, são necessários apenas dois pares de pixels para encontrar a relação linear entre duas datas (Du et al., 2001). Dessa maneira, a uniformização como que altera as condições atmosféricas e de iluminação de uma imagem qualquer para aquelas da cena usada como referência (Hill e Sturm, 1991).

Destacam-se, nessa linha de pesquisa, os trabalhos de Hill e Sturm (1991), Caselles e López García (1989) e Furby e Campbell (2001), que realizaram a correção radiométrica de imagens Landsat aplicando uma equação de regressão linear obtida a partir de pares de pixels localizados em alvos invariantes numa imagem referência e em outra imagem da mesma cena em outra data. Olsson (1993) testou diferentes tipos de funções de regressão para uma comparação da calibração temporal relativa dos dados do TM/Landsat. Para realizar a uniformização ele utilizou como referência espectral amostras de pixels de floresta boreal, pois a mudança é muito pequena em poucos anos.

Olsson (1993) chama de calibração relativa a uniformização obtida a partir de uma função de regressão para prever os valores dos pixels de uma aquisição posterior, e de calibração absoluta, aquela em que os dados de duas aquisições são transformados em uma escala de reflectância absoluta, sendo necessários para esta última: os dados de desempenho do sensor, as características da atmosfera e a irradiância solar, que deve ser conhecida ou estimada. O autor afirma ainda que uma calibração absoluta de reflectância poderia ser uma etapa de pré-processamento útil antes da calibração relativa entre cenas ser aplicada.

No entanto, o problema que ocorre com os métodos de calibração relativa é que, mesmo áreas que não mudaram podem apresentar uma variação natural na reflectância entre as aquisições, seja por causa da variação natural sazonal, ou por causa da diferença de iluminação ou geometria de visada (Olsson, 1993).

Vale ressaltar que, como a técnica de uniformização utiliza uma equação de regressão linear para aproximar uma imagem da outra, ela trabalha, portanto, com pares de pixels de duas aquisições diferentes. Isso significa que a correção geométrica deve ser realizada cuidadosamente, para que o erro seja de dimensões sub-pixel entre as duas imagens.

2.7 Sistema de Informação Geográfica e Banco de Dados Geográficos

Burrough e McDonnell (1998) definem SIG (Sistema de Informação Geográfica) como um conjunto poderoso de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados do mundo real para um objetivo específico. Os fenômenos do mundo real são representados em função de sua posição dentro de um sistema de coordenadas conhecido, de seus atributos e de suas inter-relações com outros dados.

Câmara e Medeiros (1998a) indicam como principais características do SIG a capacidade de inserir e integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados censitários e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno; e oferecer mecanismos para combinar as várias informações através de algoritmos de manipulação e análise, bem

como para consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados georreferenciados.

O SIG SPRING (Sistema para Processamento de Informações Georreferenciadas) é um sistema de informação geográfica desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2002a), e que apresenta as seguintes características:

- opera como um banco de dados geográfico sem fronteiras e suporta grande volume de dados (sem limitações de escala, projeção e fuso), mantendo a identidade dos objetos geográficos ao longo de todo o banco;
- administra tanto dados vetoriais como dados matriciais (“raster”), e realiza a integração de dados de sensoriamento remoto num SIG;
- provê um ambiente de trabalho amigável e poderoso, através da combinação de menus e janelas com uma linguagem espacial facilmente programável pelo usuário (LEGAL - Linguagem Espaço-Geográfica baseada em Álgebra).

No SPRING, os dados geográficos são organizados em “planos de informação” (PI), que devem estar associados a uma categoria. As representações de um PI são diferenciadas em função do modelo de dados ao qual pertencem: temático, numérico, imagem, cadastral ou rede (INPE, 2002b). A seguir, são apresentados os tipos de categoria e as suas respectivas representações (Tabela 2.6).

O SPRING é um SIG que permite trabalhar com banco de dados relacional. A principal vantagem é que permite associar um plano de informação a uma tabela de atributos. Além disso, permite fazer operações “booleanas”, consultas, gerar coleções, construir gráficos e atualizações. O banco de dados opera com gerenciadores comerciais bastante conhecidos e de fácil utilização, como o DBASE ou o ACCESS.

TABELA 2.6 – Representações dos modelos de dados do SPRING.

Modelo de dados	Representações
Temático	pontos 2D, linhas, polígonos, formato matricial dos vetores, pontos/linhas/polígonos associados à classes e texto
Numérico	pontos 3D, isolinhas, grade retangular, grade triangular, imagem em níveis de cinza da grade e texto
Imagem	matriz de valores discretos, visualizados em níveis de cinza ou em composição colorida RGB
Rede	linhas e nós associados a objetos e texto
Cadastral	pontos 2D, linhas e polígonos associados a objetos e texto

Segundo Rigaux et al. (2002), um banco de dados é uma grande coleção de dados interrelacionados armazenada dentro de um ambiente computacional. Neste contexto, um Sistema Gerenciador de Banco de Dados Geográficos (SGBD) é definido como um conjunto de *softwares* que gerencia a estrutura do banco de dados e controla o acesso aos dados armazenados neste banco. O SGBD facilita o processo de:

- definição de um banco de dados, pois especifica os tipos de dados e estruturas;
- construção do banco de dados;
- manipulação do banco de dados;
- consulta para recuperação de dados específicos; e
- atualização do banco de dados.

As principais características do Sistema Gerenciador de Banco de Dados Geográficos, segundo os mesmos autores, são:

- representação de temas por relações (tabelas). Um objeto geográfico é uma tupla (linha) de uma mesma relação. Cada coluna é um atributo;
- atributos têm tipos alfanuméricos; e
- consulta baseada em SQL (*Structured Query Language*).

Do ponto de vista computacional, Arvanitis et al. (2000) apontam como vantagens de trabalhar com Sistema Gerenciador de Banco de Dados Relacional (SGBDR):

- Redundância dos dados;
- Eficiência da performance;
- Integridade dos dados;
- Ambiente multiusuário;
- Segurança;
- Backup; e
- Arquitetura cliente-servidor (rede).

Um Sistema Gerenciador de Banco de Dados Geográficos é considerado um meio eficiente para manipular informações relativas às culturas agrícolas, pois representa de modo adequado os fenômenos do mundo real em função de dados de coordenadas geográficas, seus atributos (época de plantio, situação da cultura), suas inter-relações com outros dados, ou seja, sua topologia.

A Figura 2.1 apresenta o esquema de um banco de dados para estimativas agrícolas que é composto por pontos coletados por GPS, amostragem, cálculos estatísticos, SIG e um sistema gerenciador de banco de dados.

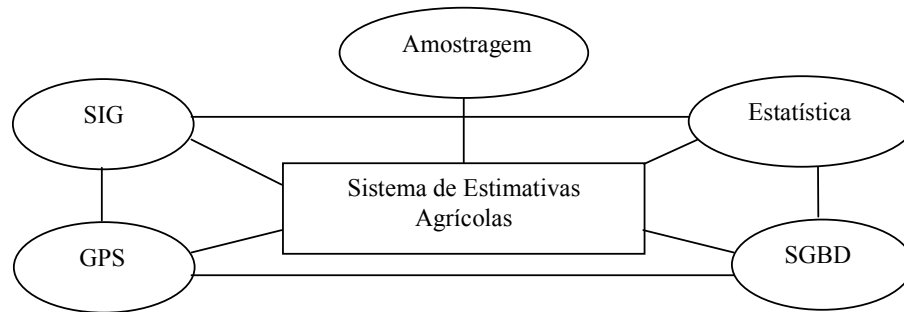


FIGURA 2.1 - Componentes de um banco de dados de estimativas agrícolas.
 FONTE: Adaptada de Arvanitis et al. (2000).

Um banco de dados geográficos pode conter múltiplas representações, de acordo com cada aplicação. Segundo Davis Júnior (2000), a representação de cada objeto geográfico é determinada durante o processo de modelagem de dados.

O modelo de dados formula a estrutura do banco de dados, incluindo os tipos de dados, os relacionamentos e as restrições aos dados (Elmasri et al. 2000, citados por Davis Júnior, 2000). O modelo OMT-G (*Object Modeling Technique* para aplicações Geográficas) é uma técnica orientada a objetos voltada para modelagem de aplicações geográficas, e foi proposto inicialmente por Borges (1997) para trabalhar elementos no nível de representação. Segundo Davis Júnior (2000), a vantagem do modelo é a sua expressividade gráfica e sua capacidade de representação, já que anotações textuais são substituídas por desenhos de relacionamentos explícitos que representam a interação entre os diversos objetos espaciais e não-espaciais.

A organização dos dados em um banco de dados é um fator importante e que determina a funcionalidade dele. As decisões a serem tomadas quando se planeja a estrutura do banco vão desde definir o tipo de dado (numérico, texto) e seu tamanho máximo até, no caso de um banco de dados multitemporal, se a tabela será única ou, para evitar que muitas colunas sejam criadas, particionada, de modo a que os dados fiquem em várias tabelas por ano, o que facilita tanto o acesso aos dados como a inserção de novos. No entanto, deve-se atentar para o fato de que tabelas separadas não podem interagir

diretamente, não sendo possível realizar consultas rápidas em várias tabelas na mesma consulta.

Desta maneira, informações relativas a culturas agrícolas podem ser armazenadas e manipuladas por meio de um Sistema Gerenciador de Banco de Dados, que, além de permitir atualizações das informações periodicamente, permite que estas informações sejam consultadas. Assim, podem ser feitas estimativas sempre atualizadas de área agrícola, por cultura, por município e em diferentes períodos do ano agrícola. A análise dessas informações espaciais e temporais permite caracterizar a dinâmica do uso do solo em sistemas agrícolas.

Atualmente, os métodos de levantamento amostral de área têm incorporado avanços tecnológicos importantes que ocorreram no processamento de dados de computador. De fato, métodos de amostragem por área permitem o uso de imagens de satélite, dados de satélite como parte de SIG, GPS (*Global Positioning System*) e uma variedade de procedimentos automáticos e técnicas para seleção amostral e análise dos dados (FAO, 1996).

2.8 Banco de Dados Multitemporal para Discriminação do Uso Agrícola

A análise dos dados de sensoriamento remoto obtidos numa só data dificilmente permite a discriminação precisa das áreas ocupadas com as culturas de interesse, por causa da grande dinâmica do uso do solo em sistemas agrícolas. Pax-Lenney e Woodcock (1997) propuseram a utilização de imagens de diferentes épocas do ano para discriminar culturas.

Ortiz et al. (1997) analisaram um banco de dados tabular e concluíram que é possível afirmar que a maioria dos produtores possui a característica de cultivar as mesmas culturas ano após ano. Isto sustenta a hipótese de que informações históricas podem ser usadas para subsidiar os procedimentos de identificação de alvos agrícolas em produtos de sensoriamento remoto, pois áreas plantadas com a mesma cultura em anos sucessivos criam um padrão de interpretação para o intérprete.

Pax-Lenney e Woodcock (1997) afirmam que imagens multitemporais são necessárias para monitorar áreas agrícolas devido ao caráter dinâmico da paisagem, mas a escolha do número de imagens necessárias, do período dentro do calendário agrícola e do intervalo entre as datas de aquisição das imagens pode afetar os resultados. No entanto, os autores ressaltam que existem poucas pesquisas publicadas que focalizam a análise de qual o número de imagens e em qual período de pleno desenvolvimento das culturas seria o melhor para adquirir imagens, de modo a possibilitar a identificação de áreas não-produtivas, pois, áreas sem nenhuma cultura não são necessariamente não-produtivas porque podem estar em pousio ou no período de entressafra.

A interpretação multitemporal é facilitada quando os dados são radiometricamente corrigidos. O uso da reflectância no topo da atmosfera permite uma análise visual do uso do solo de uma maneira que independe da data de aquisição da imagem (Terres et al., 1995).

A retificação radiométrica tratada por Hall et al. (1991) compensa as diferenças entre imagens causadas pela calibração do sensor, pela atmosfera e pela iluminação. Na metodologia aplicada por esses autores as imagens são retificadas em relação a uma imagem de referência selecionada, não necessitando de dados de calibração do sensor ou das condições atmosféricas.

Ortiz et al. (1997) apresentaram uma metodologia para classificar áreas agrícolas usando dados multitemporais/históricos de imagens e de solos referentes a 3 anos consecutivos. Os dados foram inseridos em sistemas de processamento de imagens e SIG, e integrados em banco de dados. Para avaliar a utilidade do banco de dados para a classificação de culturas, a área de estudo foi classificada por duas metodologias: a metodologia proposta usando classificação por máxima verossimilhança, assistida por um banco de dados histórico e a classificação por máxima verossimilhança convencional. Os resultados foram comparados usando estatística Kappa e indicaram como melhores resultados aqueles cuja metodologia foi baseada no uso de banco de dados históricos.

A Pesquisa de Previsão e Acompanhamento de Safras (PREVS) realizada pelo IBGE consiste de um levantamento probabilístico que tem como base um painel de amostras de áreas. A montagem de um banco de dados, implantado no SIG ArcView, contendo a localização pela coordenada média de cada segmento da amostra na forma de pontos, integrados com os dados apurados no campo permitiu a obtenção dos resultados num curto espaço de tempo e permitiu disponibilizar aos técnicos os recursos de consulta e análise (Morelli, 2001).

2.9 Metadados

De acordo com Lima et al. (2001) os metadados descrevem o conteúdo, a condição, o histórico, a localização e o formato do dado, sendo utilizado para identificar qual dado existe, a sua qualidade e como acessá-lo e usá-lo. A principal proposta de padrão de metadados é do FGDC (*Federal Geographic Data Committee*), comitê que promove a coordenação do uso, troca e disseminação de dados espaciais nos EUA.

O padrão FGDC (FGDC, 2002) estabelece um conjunto comum de definições para a documentação do dado geográfico, incluindo: identificação, qualidade do dado, organização espacial do dado, referência espacial, informação sobre entidade e atributo, distribuição e referência do metadado.

Lima et al. (2001) afirmam que o grande problema da proposta do FGDC (e do uso de metadados em geral) é a excessiva ênfase em informações que descrevem o processo de produção dos dados. Os autores destacam que o essencial no FGDC são as informações sobre quando, onde, como e quem produziu os dados.

Para o INFORMS, que é um sistema de informações geográficas urbanas do Estado da Bahia, é utilizada uma adaptação do padrão de metadados do FGDC, denominado INFORMS-MTDD-1999 (INFORMS, 2002). Os dados disponibilizados no padrão INFORMS-MTDD-1999 são subdivididos em 7 categorias, descritas na Tabela 2.7.

TABELA 2.7 – Padrão de metadados INFORMS-MTDD-1999.

Categoria	Conteúdo
1. Identificação	Informações básicas sobre o conjunto de dados
2. Referência dos Metadados	Informações sobre a atualidade dos metadados e declaração de responsabilidade
3. Distribuição	Informações sobre o distribuidor e as formas de obter os conjuntos de dados
4. Qualidade dos Dados	Avaliação geral da qualidade dos dados
5. Organização Espacial dos Dados	Mecanismo usado para representar espacialmente os dados
6. Referência Espacial	Descrição da referência geográfica
7. Entidades e Atributos	Informações sobre o conjunto de dados, tipos de entidades, seus atributos e domínios

CAPÍTULO 3

ÁREA DE ESTUDO

3.1 Localização, Área e População

A área de estudo localiza-se ao norte do Estado de São Paulo, entre as coordenadas geográficas: 48°13' e 47°37' de longitude oeste e 20°39' e 20°17' de latitude sul. É composta por três dos doze municípios que compõem o Escritório de Desenvolvimento Regional (EDR) de Orllândia, mostrados na Figura 3.1: Guará, Ipuã e São Joaquim da Barra.

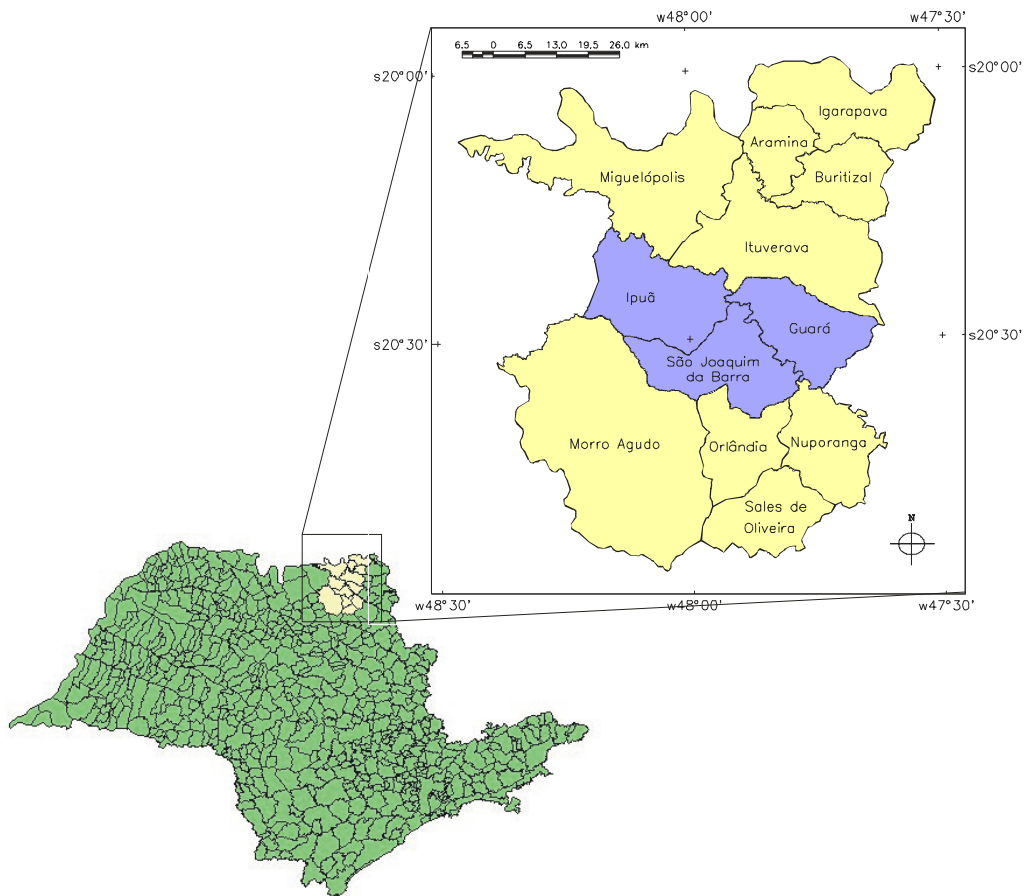


FIGURA 3.1 - Localização da área de estudo no Estado de São Paulo e dos municípios que fazem parte do EDR de Orllândia. Os municípios estudados neste trabalho estão destacados.

Essa área foi escolhida pelo fato de já existir uma base de dados contendo imagens de setembro de 1999 até outubro de 2001 com a informação de uso do solo de 300 pontos de três dos doze municípios do EDR (Guará, Ipuã e São Joaquim da Barra). Além disso, a predominância de uso agrícola na região, com áreas agrícolas de grande extensão e de poucos produtos, motivou a escolha da área.

Em conjunto, os três municípios abrangem uma área total de 124.100 ha, sendo o maior deles o município de Ipuã com 46.600 ha de área, seguido por São Joaquim da Barra com uma área de 41.200 ha e, por último, o município de Guará com 36.300 ha (Tabela 3.1). A área de estudo total é coberta pela órbita 220 e ponto 74 dos satélites Landsat 5 e 7.

TABELA 3.1 - Área e população dos municípios da área de estudo.

Município	Área total (em ha)	Área rural (em ha)	Área rural (%)	População total	População rural
Guará	36.300	25.000	69	18.916	957
Ipuã	46.600	32.200	69	11.870	677
São Joaquim da Barra	41.200	37.100	90	41.587	788
Total	124.100	94.300	76	72.373	2.422

FONTE: IBGE (2002a).

3.2 Caracterização Físico-climática da Área de Estudo

A área de estudo está inserida nas bacias hidrográficas do Rio Sapucaí e do Rio Pardo, afluentes do Rio Grande. As altitudes nos três municípios variam de 500 a 800 metros, segundo IBGE (1972a, 1972b, 1972c, 1972d, 1972e e 1972f).

Segundo Oliveira et al. (1999), os solos predominantes na área de estudo são da classe LATOSSOLO VERMELHO, além da presença, em menor escala, da classe LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO.

Os LATOSSOLOS VERMELHOS Distrofêricos, com A moderado e proeminente, textura argilosa em relevo suave ondulado ocorrem em grande parte da área de estudo, desde a porção leste do município de Ipuã até quase que totalmente, os municípios de

Guará e São Joaquim da Barra. Há também uma mancha de LATOSSOLO VERMELHO Distroféricos e Eutroféricos, com A moderado, textura argilosa em relevo suave ondulado entre o sul de Ipuã e o oeste de São Joaquim da Barra. A porção oeste de Ipuã é coberta por LATOSSOLOS VERMELHOS Acriféricos e Distroféricos, com A moderado e textura argilosa em relevo suave ondulado. Na região nordeste de Guará ocorrem os LATOSSOLOS VERMELHOS Distroféricos, com A moderado e textura argilosa em relevo ondulado e suave ondulado. Os LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos, com A moderado e proeminente, textura média, associados a LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos com A moderado e textura média a argilosa, ambos em relevo suave ondulado aparecem na região sudeste de Guará e no sul de São Joaquim da Barra.

O clima da região é o tropical de altitude Cwa, segundo a classificação de Köppen, que é caracterizado por apresentar verões chuvosos e invernos secos (Koffler, 1996). Nessa classificação a temperatura do mês mais frio é entre 18°C e -3°C e a precipitação máxima de verão é pelo menos dez vezes a precipitação do mês mais seco.

A Figura 3.2 apresenta as normais climatológicas da temperatura média mensal e da precipitação mensal dos municípios de Guará e São Joaquim da Barra. Em geral, as temperaturas mais baixas ficam em torno de 18°C e as mais altas se aproximam dos 24°C e a precipitação anual ultrapassa 1.500 mm.

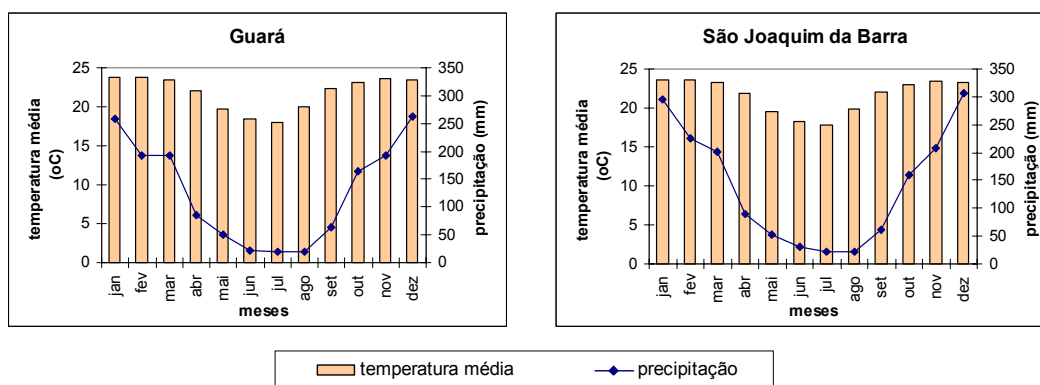


FIGURA 3.2 – Normais de temperatura média mensal e precipitação mensal dos municípios de Guará e São Joaquim da Barra – SP.

FONTES: Rede Nacional de Agrometeorologia (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2003).

3.3 Uso Atual do Solo

No EDR, segundo os dados do LUPA (Levantamento Censitário de Unidades de Produção do Estado de São Paulo), grande parte da área agrícola é ocupada por culturas semiperenes (cana-de-açúcar), culturas anuais (soja, milho, algodão, feijão, sorgo e milho) e pastagem, o que determina que o uso da terra predominante é a agricultura (Tabela 3.2 e Figura 3.3). As principais culturas da região são cana-de-açúcar, soja e milho. A Tabela 3.3 apresenta os dados do Projeto LUPA para as principais culturas encontradas na área de estudo, na safra de 1995/1996.

TABELA 3.2 - Uso da terra no Escritório de Desenvolvimento Regional de Orlândia.

USO	Área total (ha)	%
Cultura perene	2.440,1	0,43
Cultura semiperene	269.818,6	48,08
Cultura anual	129.098,2	23,00
Pastagem	102.217,9	18,21
Reflorestamento	839,8	0,15
Vegetação natural	25.114,9	4,47
Área inaproveitada	12.692,4	2,26
Área inaproveitável	10.229,1	1,82
Área complementar	8.791,1	1,57
Área total	561.242,1	100,00

FONTE: Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, Projeto LUPA (CATI, 2001).

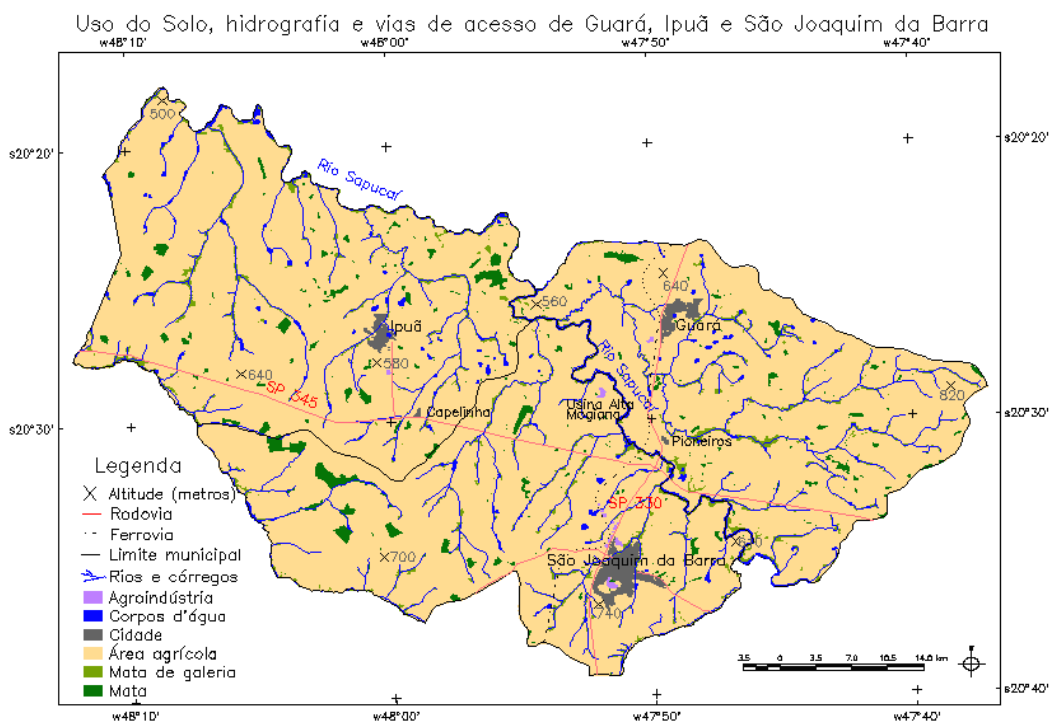


FIGURA 3.3 – Uso do solo, hidrografia e vias de acesso da área de estudo.

O caráter agrícola da área de estudo deve-se à presença de solos relativamente férteis, do relevo pouco acidentado, da boa quantidade e distribuição das chuvas e da excelente malha viária da região (Luiz et al., 2002).

Além disso, a disponibilidade de água e energia, originada pela farta presença de rios e pela proximidade de hidrelétricas, tem contribuído para intensificar a agricultura irrigada, principalmente por sistemas de pivôs centrais (Epiphanyo et al., 2001).

Segundo Luiz et al. (2002), estas características levaram a que mais de 75% da área destes três municípios fossem cultivadas, pelo menos uma vez ao ano, com o que se denominou de grandes culturas (cana-de-açúcar, milho e soja).

TABELA 3.3 - Total de área cultivada por tipo de cultura na área de estudo na safra de 1995/1996.

Cultura	Área (ha)	%
Soja	62.389,90	38,28
Cana-de-açúcar	56.768,50	34,83
Milho	28.243,90	17,33
Braquiária	10.181,10	6,25
Algodão	1.124,80	0,69
Sorgo	563,40	0,35
Feijão-fradinho	161,80	0,10
Capim-colonião	2.438,80	1,50
Feijão	451,50	0,28
Nabiça	111,30	0,07
Alho-poró	101,70	0,06
Outras culturas	437,00	0,27

FONTE: Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, Projeto LUPA (CATI, 2001).

TABELA 3.4 - Área cultivada (hectares) entre 1995 e 1996, por município da área de estudo.

Cultura	Guará	Ipuã	São Joaquim da Barra
Soja	20.370,0	36.503,4	5.516,5
Cana-de-açúcar	10.513,6	19.440,3	26.814,6
Milho	9.103,7	17.124,4	2.015,8
Braquiária	4.807,7	2.356,1	3.017,3
Algodão	1.124,8	-	-
Sorgo	217,8	241,4	104,2
Feijão-fradinho	161,8	-	-
Capim-colonião	148,0	521,2	1.769,6
Feijão	-	322,5	129,0
Nabiça	-	111,3	-
Alho-poró	-	101,7	-
Outras culturas	117,5	183,8	135,7

FONTE: Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, Projeto LUPA (CATI, 2001).

Em relação ao tamanho das Unidades de Produção Agropecuária (UPAs), a cana-de-açúcar e a soja se destacam, chegando a atingir UPAs superiores a 2.000 ha (Tabela 3.5). Em média, as UPAs para as principais culturas da área de estudo, ficam em torno de 100 ha para a cana-de-açúcar, 200 ha para a soja e 50 ha para o milho.

TABELA 3.5 - Tamanho mínimo, máximo e médio (entre parênteses) das unidades de produção agropecuária, em hectares.

Cultura	Guará	Ipuã	São Joaquim da Barra
Soja	2 - 765 (100)	4 - 1244 (122)	1 - 1000 (70)
Cana-de-açúcar	4 - 561 (122)	0 - 1433 (237)	1 - 2150 (202)
Milho	1 - 249 (46)	1 - 532 (62)	2 - 245 (40)
Braquiária	1 - 465 (29)	0 - 235 (20)	1 - 261 (24)
Algodão	19 - 264 (70)	-	-
Sorgo	218 - 218 (218)	2 - 63 (17)	4 - 43 (21)
Feijão-fradinho	7 - 60 (32)	-	-
Capim-colonião	2 - 46 (15)	8 - 161 (58)	3 - 300 (68)
Feijão	9 - 9 (9)	12 - 91 (36)	18 - 40 (32)
Nabiça	-	111 - 111 (111)	-
Alho-poró	-	102 - 102 (102)	-
Eucalipto	1 - 13 (6)	1 - 23 (6)	1 - 43 (8)
Outras	89 - 90 (90)	149 - 167 (158)	61 - 102 (80)

FONTE: Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, Projeto LUPA (CATI, 2001).

A região de Orlândia é grande produtora das principais culturas produzidas no País. Em 2000 o Escritório de Desenvolvimento Regional de Orlândia foi responsável por 28% da produção de soja no Estado de São Paulo e 1% da produção nacional. No mesmo ano, a produção de cana-de-açúcar atingiu 9% da produção do Estado, o que corresponde a 5% da produção brasileira. Os valores produzidos para a cana-de-açúcar, milho e soja são apresentados na Tabela 3.6.

TABELA 3.6 - Quantidade produzida (em toneladas) para as principais culturas encontradas na área de estudo, no Brasil e no Estado de São Paulo, em 2001.

Cultura	Guará	Ipuã	São Joaquim da Barra	Somatório	Brasil	Estado de São Paulo	Brasil ¹ (%)	SP ² (%)
Algodão herbáceo (em caroço)	2.250	527	-	2.777	2.643.524	166.219	0,11%	1,67%
Cana-de-açúcar	880.000	1.920.000	2.256.000	5.056.000	344.292.922	198.932.127	1,47%	2,54%
Feijão (em grão)	-	388	-	388	2.453.681	320.887	0,02%	0,12%
Milho (em grão)	22.200	42.000	9.090	73.290	41.962.475	4.200.120	0,17%	1,74%
Soja (em grão)	25.320	43.700	12.600	81.620	37.907.259	1.355.680	0,22%	6,02%
Sorgo granífero (em grão)	960	1.400	720	3.080	914.452	70.900	0,34%	4,34%

¹ É o percentual da produção dos três municípios em relação à produção total do Brasil;

² É o percentual da produção dos três municípios em relação à produção total do Estado de São Paulo;

FONTE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2003a).

Os ciclos e datas de plantio e colheita das principais culturas encontradas na área de estudo determinam as variações mensais da quantidade de área foliar, volume de fitomassa e cobertura de solo (Ippoliti-Ramilo, 1999). Portanto, é de fundamental importância o conhecimento do calendário agrícola da área para compreender a resposta espectral apresentada pelos talhões num determinado período do ano. Na Tabela 3.7 são apresentados os meses indicados para o plantio de algumas culturas existentes na área.

Em geral, a data recomendada para o plantio no Estado de São Paulo, para as culturas encontradas na área de estudo, corresponde ao início do período chuvoso (outubro). Mas, na área, encontram-se também espécies plantadas na época seca, como é o caso do milho safrinha e das culturas irrigadas, principalmente nos pivôs centrais.

TABELA 3.7 - Calendário agrícola e rendimento médio para as culturas temporárias e permanentes, para o Estado de São Paulo.

Produto agrícola	Fase	Meses												Rendimento médio	
		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez		
ALGODÃO HERBÁCEO	Preparo do solo							X	X	X					1500-3000 kg/ha
	Plantio										X	X			
	Colheita			X	X	X	X								
	Comercialização					X	X	X	X	X	X				
CANA-DE-AÇUCAR (18 MESES)	Preparo do solo	X	X	X									X	30000-100000 kg/ha	
	Plantio	X	X	X											
	Colheita						X	X	X	X	X	X	X		
	Comercialização						X	X	X	X	X	X	X		

(continua)

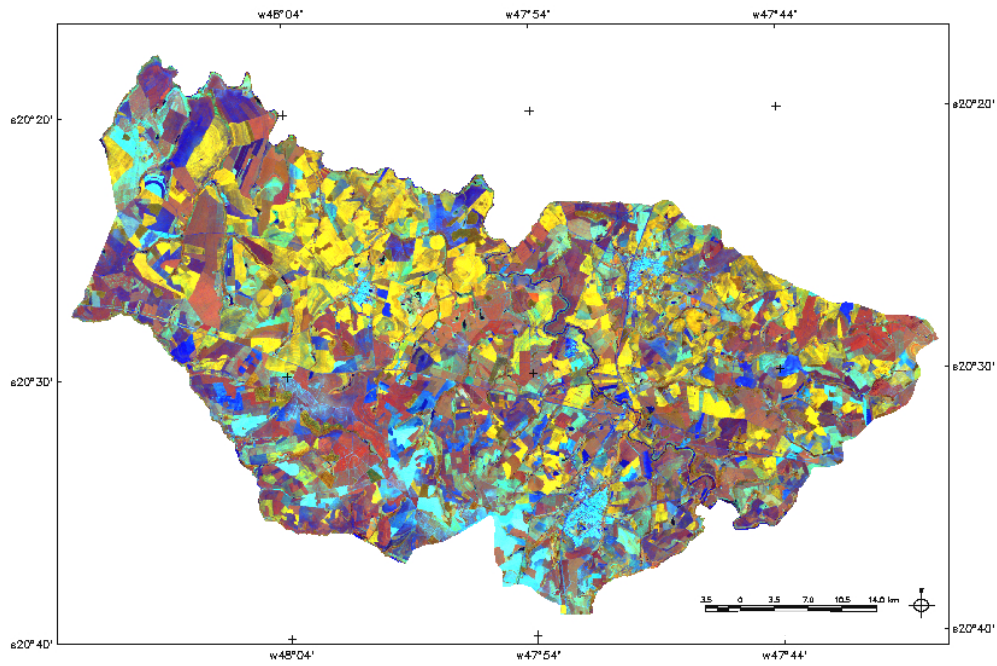
TABELA 3.7 (Conclusão).

Produto agrícola	Fase	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Rendimento médio
CANA-DE-AÇUCAR (12 MESES)	Preparo do solo								X	X	X			30000-100000 kg/ha
	Plantio									X	X	X		
	Colheita						X	X	X	X	X	X	X	
	Comercialização						X	X	X	X	X	X	X	
FEIJÃO 1ª SAFRA (DAS ÁGUAS)	Preparo do solo								X	X	X			500-1800kg/ha 2000-2500kg/ha (irrigado)
	Plantio								X	X	X	X		
	Colheita	X	X								X	X	X	
	Comercialização	X	X	X										
FEIJÃO 2ª SAFRA (DA SECA)	Preparo do solo	X	X										X	500-1800kg/ha 2000-2500kg/ha (irrigado)
	Plantio	X	X	X										
	Colheita			X	X	X	X							
	Comercialização				X	X	X	X	X					
FEIJÃO DE INVERNO	Preparo do solo				X	X	X							500-1800kg/ha 2000-2500kg/ha (irrigado)
	Plantio					X	X	X						
	Colheita								X	X	X			
	Comercialização									X	X	X		
MILHO	Preparo do solo							X	X	X	X			2000-6000 kg/ha
	Plantio										X	X		
	Colheita				X	X	X	X						
	Comercialização					X	X	X	X	X	X			
MILHO (SAFRINHA)	Preparo do solo		X											1500-3000 kg/ha
	Plantio		X	X										
	Colheita							X	X					
	Comercialização							X	X	X				
SOJA	Preparo do solo								X	X	X	X		1800-2500 kg/ha
	Plantio										X	X	X	
	Colheita				X	X	X							
	Comercialização					X	X	X	X					
SORGO GRANÍFERO	Preparo do solo								X	X	X	X		1500-5000 kg/ha
	Plantio	X									X	X	X	
	Colheita		X	X	X	X	X	X	X					
	Comercialização			X	X	X	X	X	X					

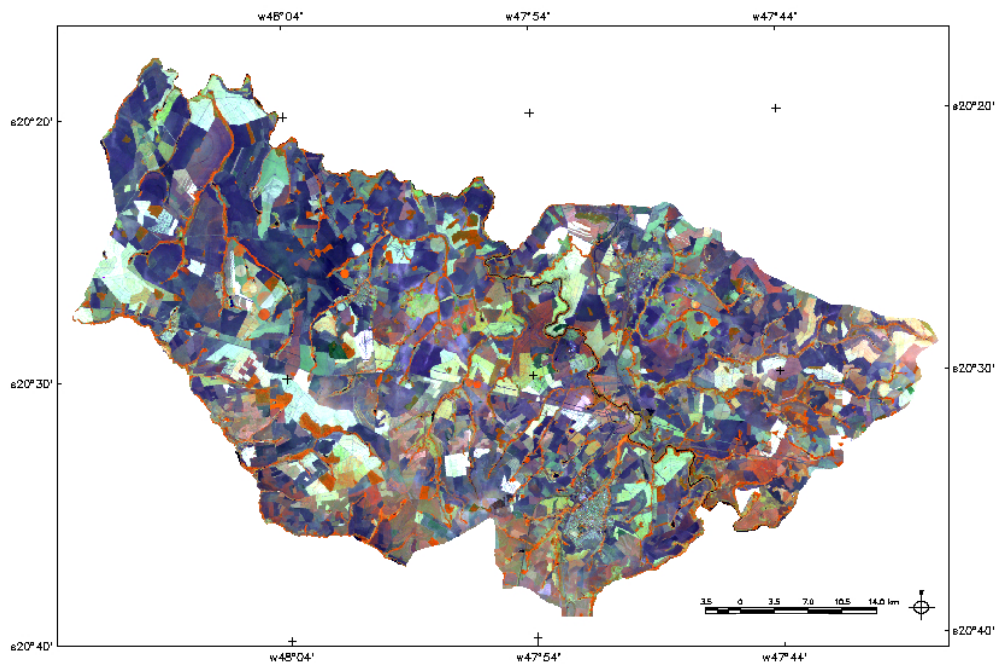
* Os meses destacados indicam o período de maior desenvolvimento da cultura.

FONTE: IBGE (2003b).

A Figura 3.4 apresenta imagens da área de estudo em duas épocas diferentes. A Figura 3.4a é uma imagem da época chuvosa, obtida em janeiro, quando as culturas economicamente mais importantes estão na fase adulta (por exemplo, as áreas amareladas que correspondem às áreas com soja). Já a Figura 3.4b é da época seca e difere bastante em relação ao uso, que é baixo, estando muitas das áreas com solo exposto (em azul escuro), ou ocupados por cana-de-açúcar, que é de ciclo longo.



(a)



(b)

FIGURA 3.4 – Imagem RGB 453 da área de estudo de 05 de janeiro de 2002 (a) e de 17 de agosto de 2002 (b).

3.4 Condições de Plantio para as Principais Culturas

O conhecimento das condições de plantio das principais culturas encontradas na área de estudo fornece a base para o entendimento do comportamento espectral, o que auxilia na interpretação visual dos alvos agrícolas.

Na região, é comum encontrar talhões de soja e milho em plantio direto. O plantio direto é uma técnica de manejo que se contrapõe ao sistema tradicional. Trata-se de um sistema de produção conservacionista e fundamenta-se na ausência de preparo do solo e na manutenção dos restos da colheita, a palha, sobre o solo (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, 2003a).

A Figura 3.5 ilustra os principais alvos agrícolas encontrados na área e as técnicas de manejo utilizadas – plantio direto e convencional.

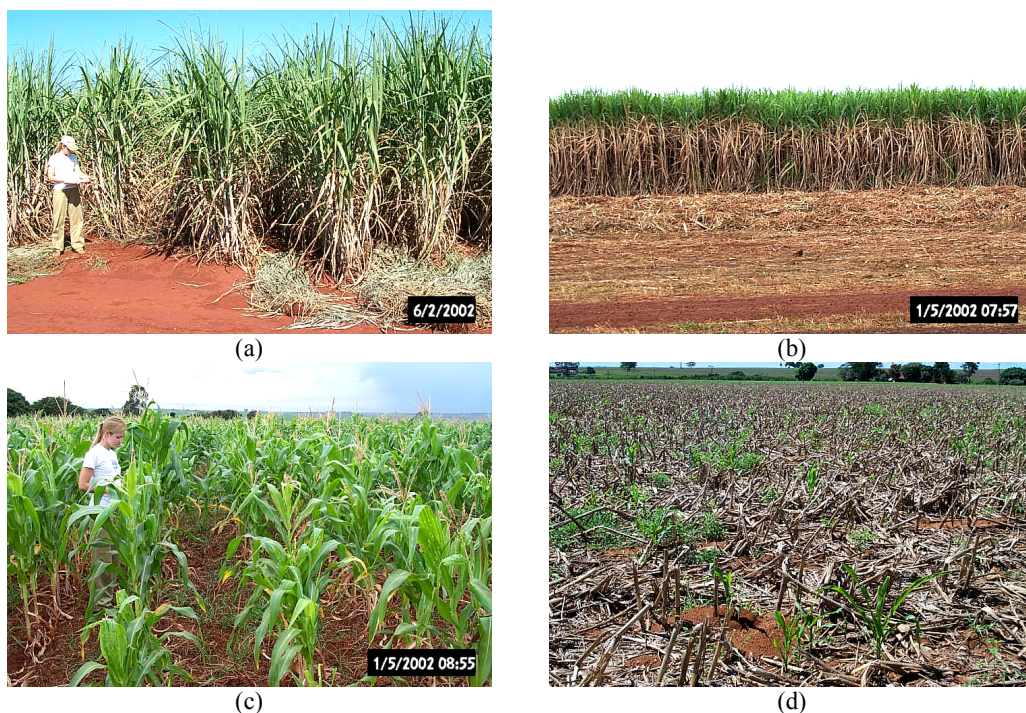


FIGURA 3.5 – Fotografias dos diferentes usos agrícolas da área de estudo: cana-de-açúcar adulta (a e b), milho maduro (c), palha de milho (d), soja (e), palha de soja (f), pastagem com mata de galeria ao fundo (g), talhão em pousio (h), sorgo (i), sorgo em plantio direto (j), milheto (l), solo preparado com palha (m), plantio tradicional (n) e rebrota de cana-soca (o). (continua)



(e)



(f)



(g)



(h)



(i)



(j)



(l)



(m)

FIGURA 3.5 (Continuação)

(continua)



FIGURA 3.5 (Conclusão).

A rotação de culturas também é presente na região e é utilizada por diferentes razões. A rotação entre cana-de-açúcar e soja é utilizada para fixar nitrogênio em talhões de cana, com o plantio da soja somente na reforma do talhão. Outras associações são utilizadas para, além de obter lucro com a produção, produzir a palha para proteção do solo. Para esta última forma de rotação observa-se soja e milho, soja e milheto, e soja e sorgo.

3.4.1 Cana-de-açúcar

As agroindústrias do setor de produção e industrialização da cana-de-açúcar podem ser compostas por empresas agroindustriais (usinas e destilarias) ou por fornecedores autônomos.

As empresas agroindustriais possuem áreas extensas de plantação, quando comparadas a outras explorações, com 5.000 a 20.000 hectares ou mais. No caso dos fornecedores de cana às indústrias, há uma variabilidade muito grande no tamanho das áreas cultivadas (Brugnaro, 1993).

Por tratar de áreas extensas, o agricultor deve fazer o planejamento agrícola da cana-de-açúcar, atentando para a demanda de equipamentos e de mão-de-obra, e pensando sempre em que época plantar e quanto plantar para que as áreas madurem em tempos diferentes, dando tempo do agricultor colher, evitando perdas. As duas atividades que mais consomem, em termos de recursos humanos e materiais envolvidos, são o plantio e a colheita. Isso levou a um aumento no plantio de cana de ano e meio, para evitar a coincidência de operações de plantio de cana de ano (Brugnaro, 1993).

Talhão é a menor unidade em que a área de cana é dividida. O tamanho e o formato dos talhões são influenciados pelos seguintes fatores principais: capacidade diária de moagem, número de frentes de corte, relevo, propriedades do solo e tipo de colheita programado. Deve-se buscar um dimensionamento tal que se possa colher um número de talhões que forneça matéria-prima para um dia de moagem. No caso de colheita mecanizada, são desejáveis talhões com maior comprimento possível, pois diminuem o número de manobras necessárias, visando aproveitar a capacidade operacional das colhedoras (Brugnaro, 1993).

Para uma operação eficiente das áreas de cana é necessária uma malha viária de acesso e escoamento. As vias que circundam os talhões são usualmente denominadas carreadores, que fluem para estradas secundárias e estas para estradas principais, seja para viabilizar o transporte da cana para a indústria, seja para carrear pessoal, maquinaria e insumos para os talhões. A indicação da largura das estradas secundárias deve ser pouco menor que as principais (6 metros) (Brugnaro, 1993).

Em relação à indicação de plantio, o espaçamento entre linhas pode variar entre 0,90 e 1,50 metros, e em geral, um menor espaçamento favorece a produtividade (Câmara, 1993).

A cana-de-açúcar é uma gramínea semi-perene, chamada de “cana de ano” quando é plantada no início da estação chuvosa, entre setembro e novembro, pois apresenta um ciclo vegetativo com duração média de 12 meses. Quando é plantada no meio da estação chuvosa, é chamada de “cana de ano e meio” e seu ciclo vegetativo se estende de 14 até 21 meses. A variação na duração do ciclo depende, principalmente, do ambiente e das técnicas de manejo (Câmara, 1993).

Antes do primeiro corte, a cana é denominada de “cana-planta”. Após o corte restam no campo as socas ou soqueiras que, em torno de 20 a 30 dias brotam, originando a “cana-soca”, e seu ciclo se completa em, aproximadamente, um ano (Câmara, 1993). De acordo com Rolim (1993), normalmente o canavial é reformado após 4 a 6 anos do plantio. A soqueira é removida do solo por gradeações pesadas, que são realizadas, em média, após 1 a 2 meses da colheita.

3.4.2 Soja

A soja é uma leguminosa de ciclo anual. Para o plantio, o espaçamento entre fileiras indicado é de 40 a 50 cm. Espaçamentos mais estreitos que 40 cm resultam em fechamento mais rápido da cultura, contribuindo para o controle das plantas daninhas.

Como a soja tem baixa produção de palha, a rotação de culturas permite a permanente cobertura e suficiente reposição de palhada sobre a superfície do solo, viabilizando o sistema de plantio direto (Embrapa, 2003a). É comum em campos de soja haver rotação com outras culturas como o milho safrinha, o sorgo e o milheto.

Os cultivares indicados para o Estado de São Paulo pertencem a quatro grupos de maturação: precoce (até 120 dias), semiprecoce (de 121 a 130 dias), médio (de 131 a 140 dias) e semitardio (de 141 a 150 dias).

3.4.3 Milho e Milho Safrinha

O milho é uma gramínea anual e, na área de estudo, ocorrem os cultivares de verão, cujo plantio é entre agosto e novembro, os cultivares de milho irrigado, plantados em qualquer época do ano, e os cultivares de safrinha, plantados entre fevereiro e abril. A colheita ocorre, aproximadamente, 120 dias após o plantio, mesmo tempo que vale para a safrinha. Atualmente, o mercado possui 206 cultivares diferentes. As de ciclo precoce dominam, com 63%; seguidas pelas de ciclo superprecoce, com 20%; e de ciclo normal, com 17% (Revista Rural, 2002).

Com relação à técnica de plantio, o espaçamento entre linhas varia de 70 a 100 cm, com uma tendência de se usar cada vez mais os espaçamentos reduzidos, pois, aumentam o rendimento de grãos pela melhor distribuição das plantas na área; melhoram o controle de plantas daninhas; e reduzem a erosão, pela cobertura antecipada da superfície do solo (Instituto Ceba, 2003).

3.4.4 Sorgo e Milheto

Embora em menor ocorrência, o milheto e o sorgo estão entre as cinco culturas mais importantes da área de estudo.

O milheto é uma gramínea bem tolerante ao estresse hídrico. Quando cultivado no início das águas, a cultura se desenvolve mais rapidamente, atingindo boa fitomassa ao redor dos 45-50 dias (Instituto Agronômico de Campinas - IAC, 1999). Pela sua versatilidade, rusticidade e crescimento rápido, a cultura do milheto tem-se expandido de forma acelerada na região dos Cerrados, principalmente para utilização no plantio direto. A altura média da planta é de 180 cm (Embrapa, 2003b).

O sorgo granífero também é uma gramínea. Na área de estudo, é comumente plantado na “segunda safra”, em substituição ao milho, por ser uma cultura que exige menor quantidade de água e é mais resistente à seca (Coopercitrus, 2002).

O ciclo do sorgo se completa entre 100 e 120 dias e o espaçamento entre plantas indicado é de 50 cm entre linhas com 10 plantas por metro linear (Ruralnet, 2003).

CAPÍTULO 4

MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

4.1.1 Dados de Sensoriamento Remoto

Para o desenvolvimento do trabalho foram selecionadas 22 imagens dos sensores ETM+/Landsat 7 e TM/Landsat 5, da órbita e ponto WRS 220/74.

Como um dos objetivos do trabalho foi obter a estimativa de área cultivada por ano civil, que equivale ao período que se inicia em 1º. de janeiro e termina em 31 de dezembro, para as safras de 2000, 2001 e 2002, as imagens selecionadas para o estudo foram adquiridas pelo sensor entre janeiro de 2000 e janeiro de 2003. Pretendeu-se obter imagens com baixa ou nenhuma cobertura de nuvens e com um intervalo entre elas não superior a sessenta dias, já que algumas culturas encontradas na área são de ciclo curto.

A Tabela 4.1 apresenta as datas e os sensores correspondentes às imagens que foram utilizadas neste estudo. Apenas seis imagens foram obtidas pelo sensor TM/Landsat 5, sendo o restante obtidas pelo sensor ETM+/Landsat 7.

TABELA 4.1 - Imagens que constituem o banco de dados.

#	Data imagem	Sensor/Satélite	#	Data imagem	Sensor/Satélite
1	08/01/2000	TM/Landsat 5	12	14/08/2001	ETM+/Landsat 7
2	05/04/2000	ETM+/Landsat 7	13	04/12/2001	ETM+/Landsat 7
3	16/06/2000	TM/Landsat 5	14	05/01/2002	ETM+/Landsat 7
4	19/08/2000	TM/Landsat 5	15	06/02/2002	ETM+/Landsat 7
5	20/09/2000	TM/Landsat 5	16	10/03/2002	ETM+/Landsat 7
6	22/10/2000	TM/Landsat 5	17	11/04/2002	ETM+/Landsat 7
7	09/12/2000	TM/Landsat 5	18	29/05/2002	ETM+/Landsat 7
8	18/01/2001	ETM+/Landsat 7	19	30/06/2002	ETM+/Landsat 7
9	19/02/2001	ETM+/Landsat 7	20	17/08/2002	ETM+/Landsat 7
10	23/03/2001	ETM+/Landsat 7	21	20/10/2002	ETM+/Landsat 7
11	11/06/2001	ETM+/Landsat 7	22	08/01/2003	ETM+/Landsat 7

Além disso, foram escolhidas as bandas que compreendem a região do vermelho, do infravermelho próximo e do infravermelho médio do espectro eletromagnético, correspondentes às bandas 3, 4 e 5 dos sensores TM e ETM⁺ (a bordo dos satélites

Landsat 5 e Landsat 7), pelo fato de estas bandas localizarem-se nas regiões do espectro em que as características bio-físico-químicas da vegetação exercem grande influência.

4.1.2 Software

O Sistema de Informações Geográficas (SIG) utilizado neste trabalho foi o SPRING - versão 3.6.03, pois este permite a manipulação de informações espacializadas, associadas a um banco de dados relacional. O gerenciador de banco de dados escolhido para trabalhar conjuntamente com o SPRING foi o Microsoft Access 2000. As estatísticas do trabalho foram calculadas no programa Microsoft Excel 2000.

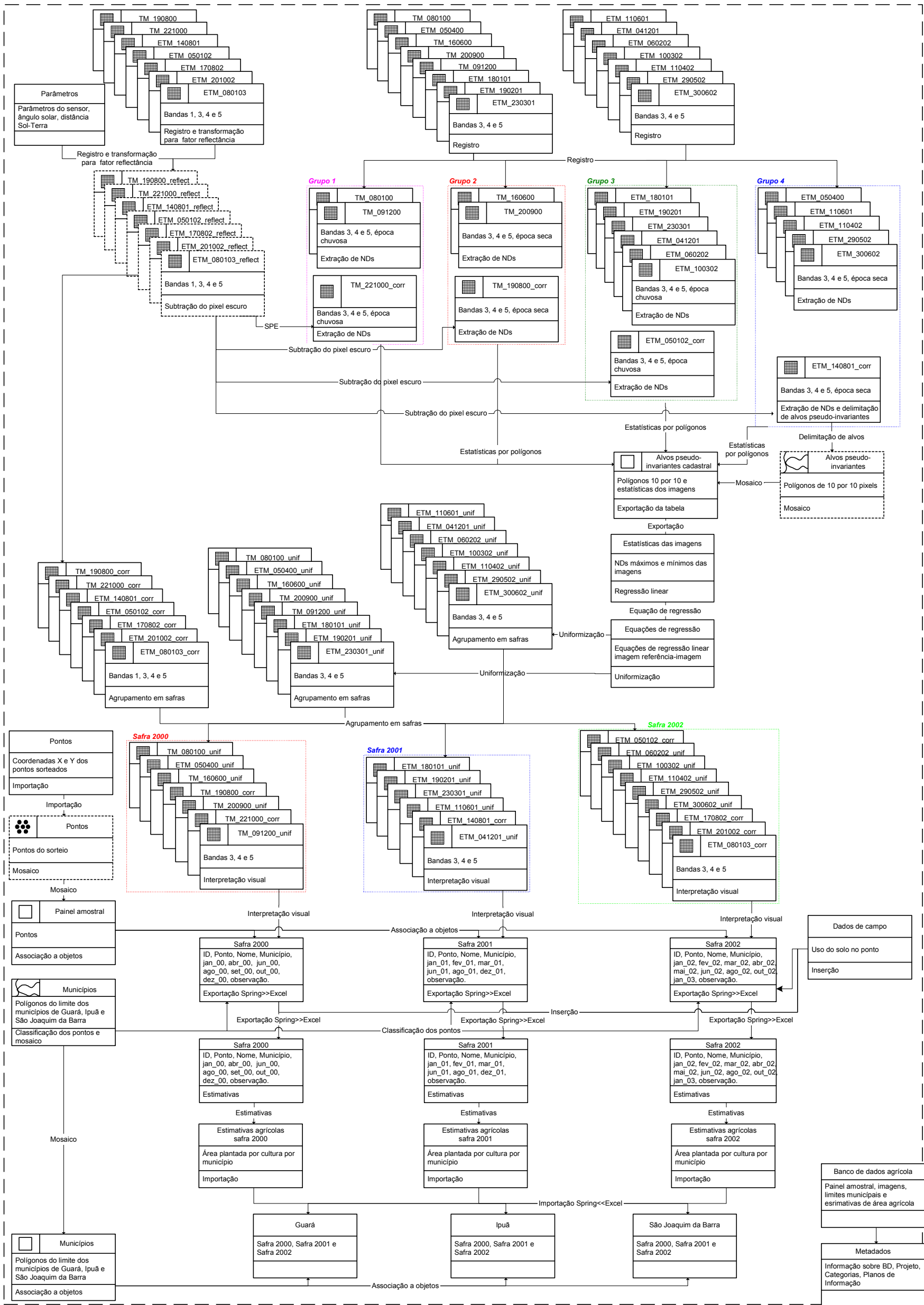
4.1.3 Equipamento

Durante os trabalhos de campo foi fundamental a utilização do equipamento GPS (Global Positioning System), que contribuiu para a localização dos pontos do painel amostral na área de estudo.

4.2 Metodologia

O desenvolvimento do trabalho foi realizado de acordo com os procedimentos descritos a seguir, apresentados também no fluxograma das atividades (Figura 4.1).

FIGURA 4.1 - Fluxograma das atividades em modelagem OMT-G (Object Modeling Technique para aplicações Geográficas).



4.2.1 Pré-processamento Digital das Imagens de Satélite

Nesta etapa foram realizadas operações de pré-processamento visando ao registro das imagens, à correção atmosférica da imagem referência pelo método de subtração do pixel escuro (SPE), e à uniformização das imagens das demais datas pelo método da regressão.

4.2.1.1 Registro

As imagens foram recortadas no módulo Impima 3.6 do SPRING 3.6. A área recortada foi de mesma dimensão para todas as bandas e datas. Para atender esse requisito, foram adotados diferentes retângulos envolventes, de acordo com o sensor e o tamanho do pixel da imagem.

A primeira imagem registrada em tela foi a da data de 05/01/02, com os 13 pontos de controle obtidos no campo com GPS. Para a confirmação do registro desta imagem-base, foram utilizados 4 pontos de controle e 9 pontos de teste. Destes 4 pontos, dois estão sobre cruzamentos de estradas e os outros dois estão em pontes sobre rios. Os pontos foram salvos e a imagem foi importada, utilizando o interpolador *vizinho mais próximo*.

As demais imagens foram registradas a partir dessa imagem corrigida, pois como o painel amostral, a ser descrito posteriormente, é fixo, a localização dos pixels amostrais deve ser exatamente, ou muito próxima da localização do pixel da primeira imagem, ou seja, deve corresponder à mesma área no terreno. Foram utilizados os mesmos quatro pontos de controle considerados como os melhores pontos para a imagem de 5 de janeiro de 2002. A importação das outras imagens seguiu o mesmo procedimento adotado na importação da imagem-base. Somente foram importadas as bandas 3, 4 e 5 de cada data. Para as imagens de 19/08/2000, 22/10/2000, 14/08/2001, 05/01/2002, 17/08/2002, 20/10/2002 e 08/01/2003 também foi importada a banda 1. Este procedimento foi necessário para cumprir a etapa de correção atmosférica, que foi realizada apenas nestas imagens e que será explicado mais adiante.

4.2.1.2 Definição dos Grupos

Para que as imagens ficassem visualmente semelhantes entre si, considerando os alvos de referência que não mudaram, foi necessário realizar uma uniformização nas imagens, item que será apresentado a seguir (4.2.1.4). No entanto, havia imagens adquiridas por dois sensores diferentes (TM e ETM⁺) e, além disso, as datas correspondiam a dois períodos diferentes do ano: ao período chuvoso e ao período da seca.

Como os parâmetros de calibração do sensor variam para sensor e para data, pois para o sensor ETM⁺ os parâmetros para as imagens obtidas antes de 1 de julho de 2000 são diferentes dos parâmetros para as imagens obtidas depois dessa data; e ainda, os parâmetros para a área de estudo, para as imagens entre 22 de abril e 23 de agosto, na banda 4 são para alto ganho, e nas demais datas, baixo ganho; para evitar que imagens de diferentes características de aquisição (diferentes sensores, influência da atmosfera, ângulo de iluminação) fossem ajustadas entre si forçadamente, dividiu-se o conjunto de imagens em quatro grupos, apresentados a seguir:

- Grupo 1: imagens do sensor TM, da época chuvosa;
- Grupo 2: imagens do sensor TM, da época seca;
- Grupo 3: imagens do sensor ETM⁺, da época chuvosa;
- Grupo 4: imagens do sensor ETM⁺, da época seca;

A época do ano foi considerada seca quando compreendida entre abril e setembro, e chuvosa, quando compreendida entre outubro e março, totalizando seis meses para cada época do ano. Em cada grupo foi selecionada uma imagem referência, escolhida pelo critério de ser a imagem com menor incidência de nuvens do grupo. A Tabela 4.2 apresenta as imagens de cada grupo e a respectiva imagem referência.

TABELA 4.2 - Grupos de imagens Landsat divididas de acordo com a época e o sensor.

Grupo	Data	Total de imagens	Imagem referência
Grupo 1	08/01/2000, 22/10/2000 e 09/12/2000	3	22/10/2000
Grupo 2	16/06/2000, 19/08/2000 e 20/09/2000	3	19/08/2000
Grupo 3	29/11/1999, 18/01/2001, 19/02/2001, 23/03/2001, 04/12/2001, 05/01/2002, 06/02/2002 e 10/03/2002	9	05/01/2002
Grupo 4	05/04/2000, 11/06/2001, 14/08/2001, 11/04/2002, 29/05/2002 e 30/06/2002	5	14/08/2001

As imagens de 17/08/2002, 20/10/2002 e 08/01/2003 não foram inseridas nos grupos pelo fato de apresentarem resolução de trinta metros, mas foram processadas como as imagens-referência dos grupos.

4.2.1.3 Correção Atmosférica

As imagens-referência foram corrigidas em relação à atmosfera pelo método de subtração do pixel escuro (SPE) proposto por Chavez em 1988.

Na etapa de correção atmosférica da imagem-referência por SPE, fez-se a seleção do pixel escuro diretamente no histograma de frequência da banda 1 da imagem-referência, e escolheu-se o de menor ND (número digital) com frequência significativa. Para auxiliar na escolha do pixel, já que alguns números digitais apresentam frequência muito baixa, calculou-se o crescimento da frequência ao se passar de um ND para outro nível mais alto, sendo escolhido o ND onde o crescimento foi máximo, indicando que haveria uma perda muito maior de informação se fosse escolhido um ND superior a este. A Figura 4.2 apresenta a frequência, em escala logarítmica, de cada ND (a) e o crescimento relativo (b), para a imagem do dia 05/01/2002, cujo ND escolhido foi o 58.

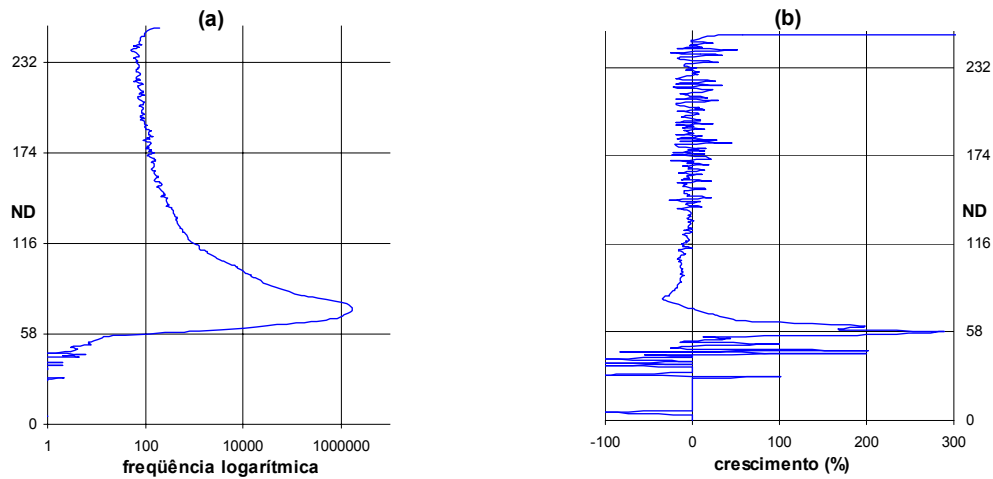


FIGURA 4.2 - Frequência dos NDs da banda 1 (a) e seu crescimento relativo percentual (b).

O crescimento percentual da frequência de um ND para o seguinte ($C\%$), foi calculado a partir da equação:

$$C \%_i = 100 \times \frac{f_{i+1} - f_i}{f_i} \quad (4.1)$$

onde: f_i é a frequência do ND_i ; e f_{i+1} é a frequência do ND_{i+1} .

Em seguida, calculou-se, a partir do ND do pixel escuro, a quantidade de espalhamento para as demais bandas espectrais da imagem referência, considerando o modelo de espalhamento relativo adequado para cada imagem (Tabela 2.2). Esses valores de ND referentes ao espalhamento em cada banda foram subtraídos da imagem referência, o que resultou na imagem corrigida em relação ao espalhamento atmosférico. A Tabela 4.3 apresenta os valores de ND do pixel escuro em cada imagem referência e a condição da atmosfera segundo a classificação de Chavez (1988).

TABELA 4.3 - Valores de pixel escuro e ângulo de elevação solar para as imagens referência.

Grupo	Imagem referência	Ângulo de elevação solar (em graus)	Pixel escuro na banda 1	Reflectância	Atmosfera
Grupo 1	22/10/2000	59,29	74	9,7%	Limpa
Grupo 2	19/08/2000	41,92	51	8,8%	Muito limpa
Grupo 3	05/01/2002	59,18	58	7,0%	Limpa
Grupo 4	14/08/2001	42,56	44	6,8%	Muito limpa
	17/08/2002	42,12	46	7,1%	Muito limpa
	20/10/2002	60,92	65	8,0%	Limpa
	08/01/2003	58,82	58	7,0%	Limpa

As imagens da época chuvosa apresentaram um valor de pixel escuro mais elevado, o que resultou na utilização do modelo de espalhamento para atmosfera limpa. Em contrapartida, as imagens da época seca apresentaram um valor que corresponde ao modelo de atmosfera muito limpa. Este fato se deve à presença de maior quantidade de partículas de vapor d'água na atmosfera nos meses de verão, quando comparado aos meses de inverno; e, pode ser comprovado pela Figura 3.2 (Capítulo 3), onde são apresentadas as normais de precipitação mensal para a área de estudo.

A partir desses valores de pixel escuro para a banda 1, foi estimado o espalhamento atmosférico para esta banda, que corresponde ao valor do pixel escuro subtraído do valor referente a 0,01 de reflectância (Equação 2.4). Os valores de espalhamento para as bandas 3, 4 e 5 foram obtidos pelas Equações 2.5 e 2.6 a partir do espalhamento na banda 1. A Equação 2.16 foi utilizada para gerar as equações para correção atmosférica de cada banda, e para obter os valores de reflectância. Para obter a imagem com valores digitais, calculou-se um multiplicador para cada banda (Equação 2.17).

4.2.1.4 Uniformização das Imagens

Este procedimento foi realizado com o intuito de uniformizar os valores radiométricos de alvos pseudo-invariantes presentes na imagem. Com isto, pretende-se eliminar as diferenças causadas pelos fatores que afetam a aquisição das imagens. Pode-se, desta maneira, supor que as diferenças resultantes nas imagens são causadas por uma alteração no uso do solo. Para isto, foram obtidos os valores digitais desses alvos pseudo-invariantes nas diferentes datas, e ajustados, por uma regressão linear, aos valores digitais da imagem referência corrigida, respeitando sempre o grupo a que a imagem pertença.

Então, foram selecionados visualmente alvos fixos claros e escuros na imagem do dia 05/01/2002. Os alvos claros correspondem a construções de concreto ou telhados com uma reflectância muito alta em todas as bandas. Os alvos escuros correspondem a corpos d'água muito limpos, livres de sedimentos, apresentando reflectância muito baixa nas três bandas. Os alvos foram observados em todas as imagens para evitar que em alguma data o alvo não estivesse presente. Após esta seleção, houve 12 alvos selecionados, sendo seis claros e seis escuros.

Como esses alvos são irregulares, e um pequeno erro de registro poderia influenciar nos limites dos alvos de uma data para outra, foi feito um quadrado de dez por dez pixels no centro do alvo, a fim de garantir que o alvo seria amostrado. Esses alvos quadrados foram transformados em objetos e associados a um identificador, o que facilitou a extração dos valores digitais máximos e mínimos para cada imagem: corrigida e não-corrigida. Adotou-se o critério de utilizar os valores mínimos como os valores digitais dos alvos escuros e os valores máximos como os valores digitais dos alvos claros. Com os valores das imagens referência (corrigidas) e das imagens a serem uniformizadas, foram ajustadas equações de regressão linear para cada data, sendo a variável x os valores mínimos e máximos das imagens a serem uniformizadas e a variável y os valores mínimos e máximos das imagens referência. No entanto, foram eliminados dois alvos claros dos doze alvos selecionados devido à ocorrência de valor digital igual a 255. Esta medida foi tomada porque os valores desses alvos prejudicariam o ajuste já

que este ND poderia significar que houve saturação. A Figura 4.3 mostra um exemplo do quadrado de cem pixels sobre o alvo claro e sobre o alvo escuro em cinco datas.

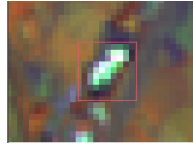
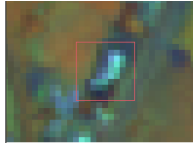
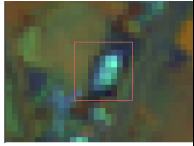
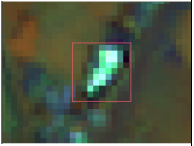
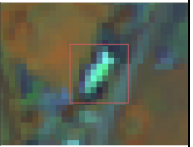
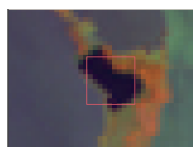
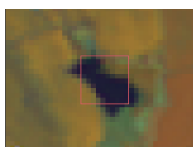
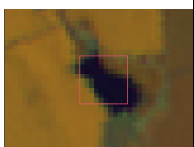
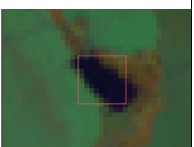
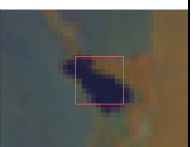
alvos	Nov/99	Jan/01	Fev/01	Mar/01	Dez/01
claros					
escuros					

FIGURA 4.3 - Exemplo de alvo claro e de alvo escuro em cinco datas.

Uma etapa adicional de avaliação da uniformização consistiu na verificação do erro a partir dos resíduos.

A avaliação do método de uniformização foi realizada pela análise dos resíduos entre os números digitais estimados para os 10 alvos supostamente invariantes, utilizados no ajuste da regressão.

$$e_{b,i} = Y_{b,i} - \hat{Y}_{b,i} \quad (4.2)$$

onde: $e_{b,i}$ = resíduo entre os valores de ND encontrado e o estimado na banda b , no pixel i ;

$Y_{b,i}$ = valor de ND encontrado na banda b , no pixel i da imagem referência;

$\hat{Y}_{b,i}$ = valor de ND estimado na banda b , no pixel i da imagem uniformizada.

A partir dos resíduos foi possível calcular a soma do quadrado dos resíduos (SQR), cuja interpretação indica as imagens em que a uniformização foi melhor e pior; portanto, esta é uma análise relativa (Equação 4.3).

$$SQR = \sum (Y_{b,i} - \hat{Y}_{b,i})^2 \quad (4.3)$$

4.2.2 Painel Amostral

4.2.2.1 Definição do Número de Pontos Amostrais

O número de amostras de uma população determina o grau de confiabilidade dos resultados, sendo que tamanhos amostrais maiores tendem a ser mais próximos dos valores verdadeiros. Portanto, o número de amostras deve ser definido previamente, analisando o esforço demandado e o erro aceitável, pois um tamanho amostral muito grande demanda um esforço de coleta de dados muito elevado, e um número insuficiente de amostras pode estar longe de representar a verdade.

No presente trabalho, em relação aos pontos do painel amostral, a distribuição que descreve as ocorrências de sucesso destes dados é a binomial, pois é indicada para amostragens sem substituição, a partir de uma população finita. Portanto, o erro ou o desvio padrão das estimativas é calculado a partir desta distribuição, com um intervalo de confiança de 0,90. O coeficiente de variação (CV) é o quociente entre o desvio padrão e a média amostral. Como o desvio padrão diminui com o aumento do número de amostras, o CV tende a diminuir.

Desta maneira, o número de pontos amostrais para toda a área de estudo foi determinado com base em cálculos estatísticos a fim de minimizar os erros de amostragem e evitar que fosse coletado um número exagerado de pontos amostrais. A influência do tamanho amostral pode ser verificada pelos gráficos apresentados na Figura 4.4. A partir de um conjunto de dados já existentes, com o uso do solo nos 300 pontos para os três municípios, foram simulados diferentes tamanhos amostrais com 20, 40, 60, 80, 100 e 120 pontos amostrais, sendo 4 repetições para cada tamanho e em duas datas.

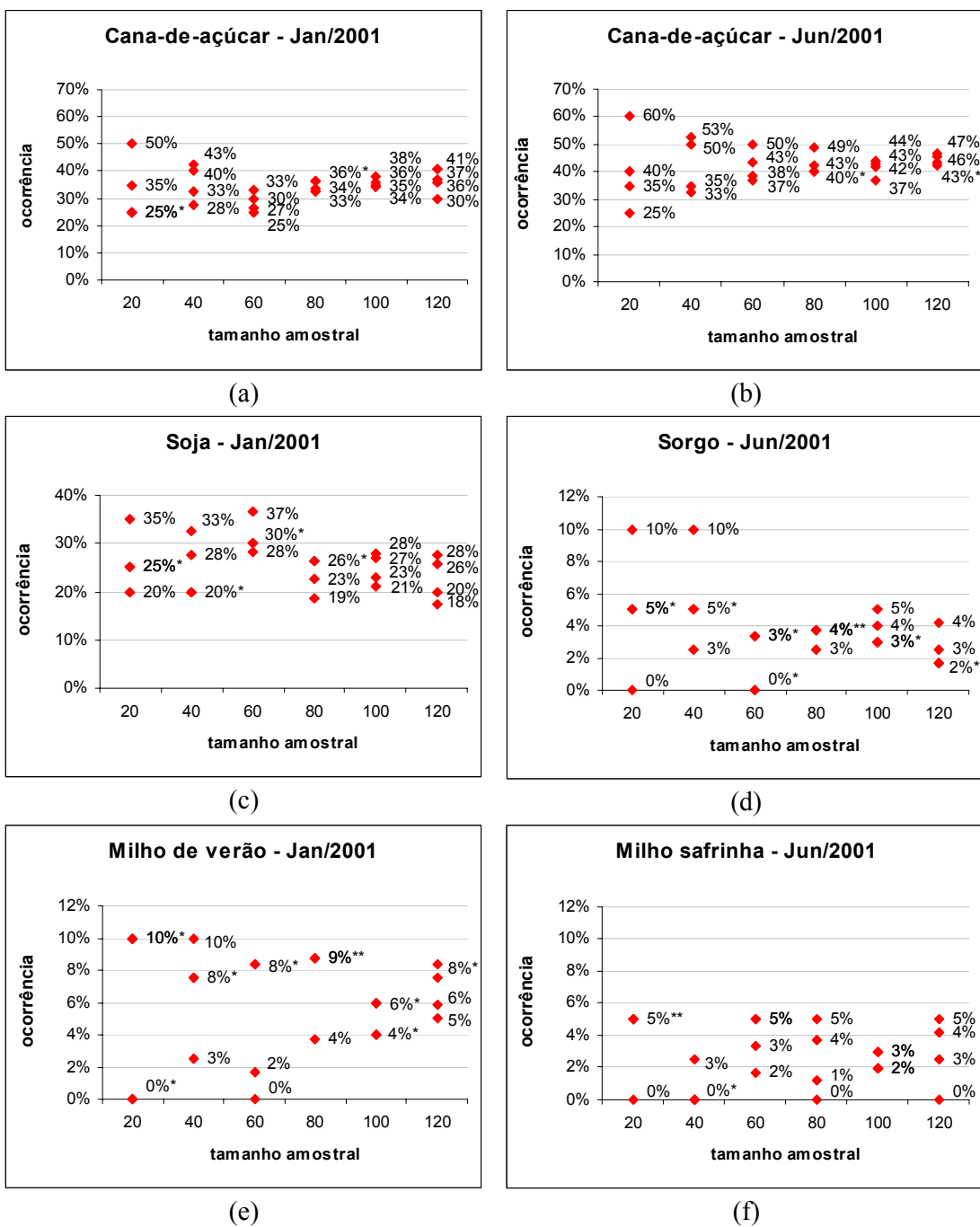


FIGURA 4.4 - Variação no tamanho amostral para o diversos alvos agrícolas em três municípios do EDR de Orlândia.

* valores duplicados

** valores triplicados

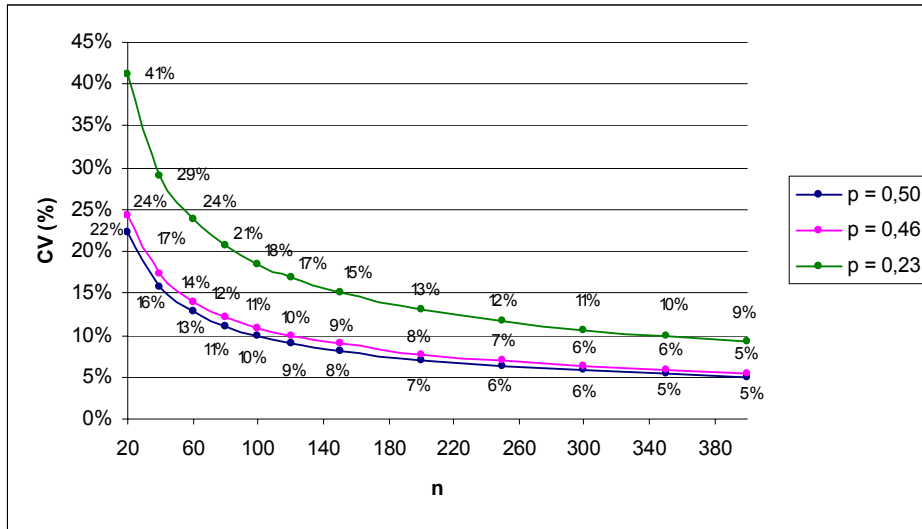
Observa-se que, com o aumento do tamanho amostral, as ocorrências entre as repetições se aproximam, o que fornece um indicativo do número de pontos que deverão ser amostrados. Pode-se dizer que os menores tamanhos amostrais podem estar superestimando ou subestimando a ocorrência dos alvos agrícolas considerados.

Como o ambiente agrícola é muito dinâmico, a intenção é coletar um número razoável de pontos amostrais, assumindo um determinado erro, que seja possível classificar em um intervalo de tempo relativamente curto. Para coletar 200 pontos amostrais por município, por exemplo, considerando os três municípios, deveriam ser coletados 600 pontos para cada data.

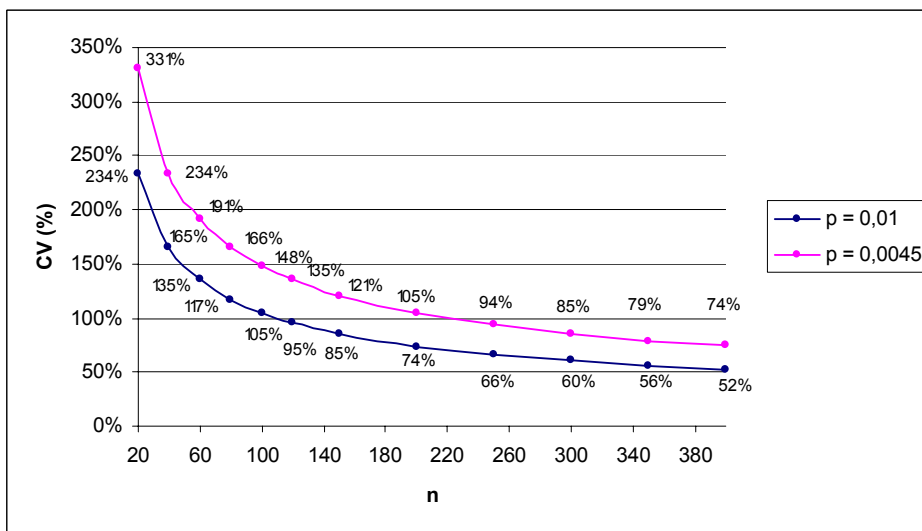
Para as culturas de soja, milho de verão e milho safrinha, como pode ser verificado nas Figuras 4.4c, 4.4e e 4.4f, a menor variação entre a ocorrência da cultura foi entre 1 e 7%, com o tamanho amostral de 100 pontos. Já para a cana-de-açúcar, em janeiro, e para o sorgo, a variação foi menor, 3 e 1% respectivamente, com o tamanho de 80 pontos. A cana-de-açúcar em junho de 2001 teve a menor variação em 4%, com 120 pontos amostrais.

No entanto, para as culturas de pequena extensão na área de estudo, como o sorgo e o milho, a variação é considerada muito grande já que mesmo para os tamanhos amostrais maiores, a ocorrência variou entre 3 e 4% para o sorgo, entre 4 e 6% para o milho de verão e entre 2 e 3% para o milho safrinha.

Considerando os dados do último censo agropecuário, o LUPA, foram calculados os percentuais de ocupação das culturas de grande extensão (cana-de-açúcar, soja e milho) e das de pequena extensão (algodão e o sorgo), nos três municípios. Considerando este percentual de ocupação de cada cultura como a probabilidade de ocorrência, foram simulados diferentes tamanhos amostrais para verificar os coeficientes de variação em cada caso.



(a)



(b)

FIGURA 4.5 - Variação do CV em função do tamanho amostral (n) para diferentes probabilidades de ocorrência.

Na Figura 4.5a, para as culturas com probabilidades 0,50 (soja) e 0,46 (cana-de-açúcar), é possível atingir um CV de aproximadamente 6% com 300 pontos amostrais. Com esse número amostral, o CV para o milho (p=0,23) fica em torno de 11%. Para as culturas de baixa ocorrência como o algodão (p=0,01) e o sorgo (p=0,0045), um valor baixo para o

CV só seria possível se fosse coletado um número muito grande de amostras (Figura 4.5b). Para 300 pontos amostrais, o CV resultante fica em torno de 60% para o algodão e de 85% para o sorgo.

No presente estudo foi adotado o número de 300 pontos para os três municípios em conjunto, o que garante a mesma probabilidade de ocorrência para cada ponto. No entanto, o número de pontos em cada município varia em função da área do município.

4.2.2.2 Construção do Painel Amostral

O painel de pixels amostrais foi construído no Sistema de Informação Geográfica SPRING, inserindo as coordenadas geográficas de cada ponto sorteadas anteriormente. O PI (plano de informação) criado no SPRING pertence à categoria cadastral, que permite a inserção de coordenadas dos pontos, e de outros atributos em tabelas e associados à representação espacial. O sorteio das coordenadas geográficas desses pontos amostrais foi realizada de maneira automática utilizando o *software Microsoft Excel*, onde em uma planilha foram discriminadas as coordenadas geográficas centrais de todos os pixels da imagem que compreendem a área de estudo; em seguida, os 300 pontos amostrais foram sorteados pela função geração de números aleatórios. O resultado foi 79 pontos para Guará, 115 pontos para Ipuã e 106 pontos para São Joaquim da Barra.

A quantidade de pontos em cada município variou em função de sua área; devido ao método de sorteio adotado, a resolução percentual é diferente para cada município (Tabela 4.4).

TABELA 4.4 – Número de pontos, resolução percentual e área mínima para a área de estudo.

	Pontos	Área (em ha)	Resolução percentual	Área mínima (em ha)
Ipuã	115	46.600	0,87%	405
São Joaquim da Barra	106	41.200	0,94%	389
Guará	79	36.300	1,27%	459
TOTAL	300	124.100	0,33%	414

Considerando os três municípios, com 300 pontos é garantida a resolução percentual de 0,33%, que é a representatividade de cada ponto. Com isso, as culturas que ocupam uma área superior a 0,33% da área destes três municípios, ou seja, superior a 414 ha, poderiam ser estimadas, pois seriam representadas por pelo menos um ponto. Teoricamente, áreas contíguas que ocupem, pelo menos, o equivalente à área de um pixel tem chance de ser sorteado; entretanto, a esperança matemática é que áreas superiores a 414 ha, para um determinado uso, façam parte da amostra.

Considerando individualmente cada município, a resolução percentual é maior, ficando em torno de 1%, o que permite estimar áreas a partir de aproximadamente 400 ha de área plantada com um ponto amostrado.

4.2.2.3 Banco de Dados

O banco de dados, criado no Sistema de Informação Geográfica SPRING 3.5.1, contém as categorias imagem, temática, cadastral e objeto. As categorias do tipo imagem são utilizadas para as 22 imagens consideradas neste estudo, e as categorias temáticas são para os limites municipais e pontos de controle. As categorias do tipo cadastral são usadas para os pontos do painel amostral e também para os alvos pseudo-invariantes. Associada ao cadastral, a categoria objeto contém os atributos dos pontos do painel amostral (Tabela 4.5).

TABELA 4.5 – Atributos dos pontos do painel amostral.

Nome do atributo	Significado	Exemplo
ID	É o identificador do ponto, e é utilizado como chave primária	10
nome	É o nome do ponto	10
rótulo	É o rótulo do ponto	10
ponto	É o número do ponto	10
município	É o município em que o ponto está inserido	Ipuã
prancha	É o código da prancha de campo em que o ponto está inserido	A

(continua)

TABELA 4.5 (Conclusão).

Nome do atributo	Significado	Exemplo
jan_00, abr_00, jun_00, ago_00, set_00, out_00, dez_00, jan_01, fev_01, mar_01, jun_01, ago_01, dez_01, jan_02, fev_02, mar_02, abr_02, mai_02, jun_02, jul_02, ago_02, out_02, jan_03	Contém as siglas das classificações de cada ponto em cada data (Tabela 4.8)	SJ
visitado_em_040202, visitado_em_300402	Contém “sim” se foi visitado na data e “não”, caso contrário	SIM
forma_irrigação	Contém o tipo de irrigação do talhão, se houver	PIVÔ

Além dos atributos citados, para alguns pontos do painel amostral foram associadas fotografias obtidas em campo.

Em relação à resolução espacial do banco de dados, foi adotada como sendo 25 metros, pois a resolução de dezoito das vinte e duas imagens consideradas possuíam resolução espacial amostrada para 25 metros. As três imagens com resolução espacial de trinta metros, de 5 de abril de 2000, 17 de agosto de 2002, 20 de outubro de 2002 e 08 de janeiro de 2003, foram mantidas com esta resolução.

4.2.3 Definição das Safras

Como as estimativas de área cultivada foram calculadas por ano civil, que equivale ao período que se inicia em 1º de janeiro e termina em 31 de dezembro, definiram-se, com as imagens selecionadas, três safras agrícolas: safras 2000, 2001 e 2002. A escolha do ano civil e não do ano agrícola como período de referência deve-se ao fato de que as estimativas geradas pelo IBGE referem-se ao ano civil, e essas estimativas serão a base para comparação com as estimativas geradas no presente estudo.

As imagens que participam de cada safra agrícola são mostradas na Tabela 4.6. A imagem de 08/01/2003 foi necessária para diagnosticar as culturas que foram colhidas e as que permaneceram no campo.

TABELA 4.6 - Data das imagens TM e ETM+ que compõem as safras agrícolas anuais de 2000, 2001 e 2002.

Ano civil	Data das imagens	Total de imagens
2000	08/01/2000, 05/04/2000, 16/06/2000, 19/08/2000, 20/09/2000, 22/10/2000, 09/12/2000	7
2001	18/01/2001, 19/02/2001, 23/03/2001, 11/06/2001, 14/08/2001, 04/12/2001	6
2002	05/01/2002, 06/02/2002, 10/03/2002, 11/04/2002, 29/05/2002, 30/06/2002, 17/08/2002, 20/10/2002 e 08/01/2003	9

4.2.4 Classificação das Imagens e Trabalho de Campo

A classificação se deu por interpretação visual das imagens, em composição colorida RGB 453, nos pontos amostrais em cada data. Para solucionar as dúvidas que existiram durante a interpretação, foram realizados dois trabalhos de campo, sendo que, no primeiro trabalho de campo, realizado em fevereiro de 2002, foram visitados 60 pontos e no segundo trabalho de campo, em maio do mesmo ano, foram visitados 56 pontos. Para os meses de janeiro e abril de 2002, realizou-se a interpretação visual das imagens e em seguida fizeram-se os trabalhos de campo para sanar as dúvidas. Estas informações de campo foram utilizadas para realizar a interpretação das demais datas do mesmo ano (fevereiro, março, maio, junho, agosto e outubro). Para os demais meses dos anos 2000 e 2001, tomaram-se como verdade de campo outros quatro trabalhos de campo realizados em abril e julho de 2000 e abril e agosto de 2001 na mesma área de estudo, mas não especificamente nos pontos do painel amostral.

A classificação foi feita de acordo com a resposta espectral do ponto na imagem, ou seja, mesmo que no campo já era detectada a presença de alguma cultura em início de desenvolvimento, se a resposta na imagem era de solo exposto, o ponto foi classificado como solo exposto. Em fases de transição de solo exposto ou palha para alguma cultura, ou de palha para solo exposto, a classificação foi subjetiva para uma classe ou outra, a mais semelhante a uma das classes, segundo o intérprete. No entanto, o registro de

mudança é importante, principalmente entre solo exposto e a rebrota de cana-de-açúcar. Isto ocorre com a cana soca, que se desenvolve rapidamente após o corte, podendo não ser detectada a colheita se entre a resposta de solo e a de cana-de-açúcar, o ponto for classificado como cana-de-açúcar.

Para facilitar a inserção dos dados no banco de dados, foi utilizada uma legenda para a classificação. Esta legenda foi definida em função das culturas que ocorrem na área de estudo, sendo elas: cana-de-açúcar, soja, algodão, feijão, milho, milho safrinha, milheto e sorgo. A presença de duas siglas para o milho é pela necessidade de distinção dos dois tipos de cultivo. Além das culturas, outras classes adicionais foram inseridas: aeroporto, rede ferroviária, estrada, mata de galeria, lagoa de vinhaça, mata, palha, pastagem, solo exposto, área urbana e usina. Não foram utilizadas legendas padrão ou de aplicação universal como, por exemplo, a legenda para mapas de uso da terra do IBGE (IBGE, 1999), porque esta não compreende culturas associadas e nem classes ocupadas por água (rios, lagos e represas). A Tabela 4.7 mostra a sigla utilizada para cada classe de uso encontrada na área de estudo.

TABELA 4.7 - Legenda explicativa utilizada no banco de dados para a classificação das imagens.

Sigla	Significado
AE	Aeroporto - pista do aeroporto.
AL	Algodão - cultura em pé, do início do desenvolvimento até a fase de colheita.
CA	Cana-de-açúcar – cultura em pé, do início do desenvolvimento até a fase de pré-colheita.
RF	Rede ferroviária.
ES	Estrada (estradas asfaltadas ou de terra).
FE	Feijão – cultura em pé, do início do desenvolvimento até a fase de colheita.
GA	Mata de galeria.

(continua)

TABELA 4.7 (Conclusão).

Sigla	Significado
LA	Lagoa de vinhaça – lagoas com a substância liberada durante o processo de industrialização do açúcar; é utilizada como adubo para cana-de-açúcar, sendo, portanto, armazenada em lagoas inseridas nos talhões de cana-de-açúcar para serem aplicadas na cultura por meio de dutos especiais.
MA	Mata – mata primária ou secundária, exceto mata de galeria.
MI	Milho de verão – milho plantado e cultivado na época chuvosa do ano, entre outubro e janeiro; é considerado com esta classificação o milho em pé até o amadurecimento.
ML	Milheto – cultura em pé, do início do desenvolvimento até a fase de colheita.
MS	Milho safrinha – milho plantado e cultivado no período seco do ano; pode estar irrigado, principalmente pelo sistema de pivôs centrais; é considerado com esta classificação o milho em pé até o amadurecimento.
PA	Palha – esta classificação serve para a palha de soja, de cana-de-açúcar e de milho que é deixada no solo quando a colheita é mecanizada.
PS	Pasto – área com a presença de gramíneas para gado.
SE	Solo exposto – solo preparado para o plantio ou não, mas com resposta espectral de solo.
SJ	Soja – cultura em pé, do início do desenvolvimento até a fase de colheita.
SR	Sorgo – cultura em pé, do início do desenvolvimento até a fase de colheita.
UR	Área urbanizada.
US	Usina – telhado de usina de açúcar, ou parte da edificação.

A classificação dos pontos amostrais foi realizada concomitante à interpretação visual. O procedimento de interpretação consistiu na seleção do ponto na tabela e sua visualização em uma ampliação na imagem. Após a identificação do uso do solo no ponto amostral, a informação, segundo a legenda, era inserida na tabela. A Figura 4.6 ilustra este procedimento.

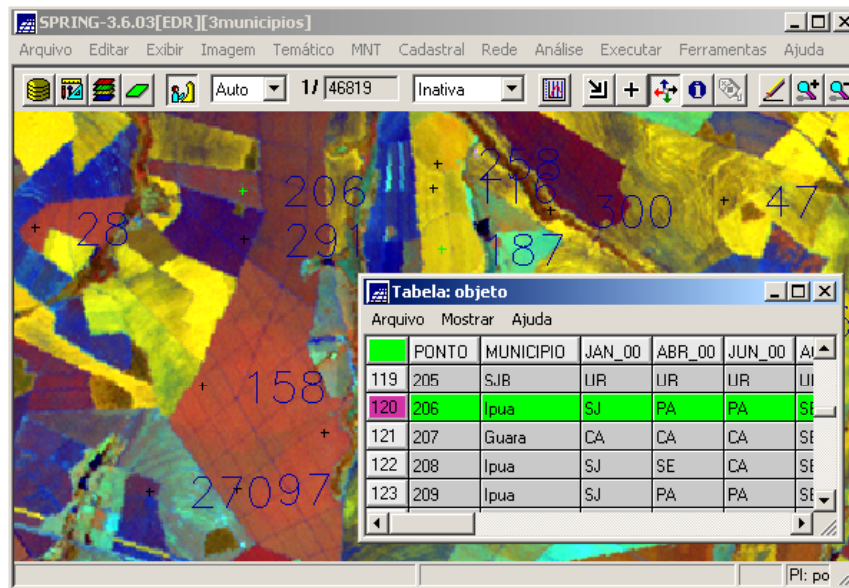


FIGURA 4.6 – Ilustração do procedimento de interpretação visual dos pontos e edição na tabela do banco de dados.

4.2.5 Obtenção dos Dados de Campo

Foram realizados dois trabalhos de campo no decorrer da pesquisa, nos meses de fevereiro e maio, para completar os dados existentes. As imagens de datas próximas às datas dos trabalhos de campo, 05/01/2002 para o campo de fevereiro e 17/04/2002 para o campo de maio, foram organizadas em 14 “pranchas” e impressas em papel A4 em escala 1:60.000. A interpretação dos pontos do painel amostral para estas duas imagens foi feita inicialmente no escritório, preenchendo fichas de campo (Apêndice B). Apenas os pontos que não puderam ser identificados no escritório foram visitados no campo. Essas imagens e as fichas foram levadas ao campo; e, com o auxílio do GPS, localizaram-se os talhões cujos pontos suscitaram dúvidas de interpretação. O ponto é apenas o indicador do talhão; portanto, foi desnecessário atingir a coordenada geográfica exata do ponto amostral no campo, bastando identificar o talhão até mesmo à distância. A ficha de campo foi preenchida com o tipo de uso da terra em cada ponto, de acordo com a legenda do banco de dados. A maioria dos talhões visitados foi fotografada. Mesmo quando se tratava de área colhida, foi possível identificar o uso pretérito pela observação da presença de restos vegetais (palhada, frutos, etc.) ou

indicativos de práticas de cultivo. Os dados de campo eram inseridos no banco de dados, e era feita a consequente atualização dos dados do painel amostral.

4.2.6 Estimativa de Área Agrícola para as Principais Culturas

Neste estudo, a unidade básica de amostragem é a divisão política municipal; portanto, os limites municipais foram respeitados, sendo cada ponto pertencente a um dos três municípios. As estimativas foram calculadas para o ano civil, período em que podem ser observadas até três safras agrícolas, que foram divididas de acordo com a metodologia do IBGE/LSPA. A primeira safra refere-se à área colhida entre os meses de janeiro e abril, que corresponde ao plantio que teve seu início em outubro do ano anterior. Para a segunda safra, a colheita ocorre entre os meses de maio e agosto, e para a terceira safra a colheita ocorre até dezembro. Para tornar automático o método de determinação das safras em cada ano, a partir de informações mensais, foram criadas rotinas condicionais em planilha eletrônica.

A presença de solo exposto ou palha era um indicativo de que havia uma cultura e de que ela foi colhida. Então, a primeira safra era determinada se em maio ou junho houvesse solo exposto ou palha, e entre janeiro e abril alguma cultura. Considerou-se a segunda safra quando a cultura era encontrada em meses que antecediam os meses de junho e agosto quando estes apresentavam solo exposto ou palha. A terceira safra era caracterizada pela presença de cultura nos meses anteriores a outubro e janeiro do ano seguinte e quando estes apresentavam palha ou solo exposto.

Uma vez determinada a área plantada com cada cultura para cada safra do ano civil, fez-se o somatório dos pontos com cada cultura, inicialmente por cultivo simples e cultivos associados, e, em seguida, o somatório por cultura. O total de pontos de cada classe de uso permitiu obter a área cultivada para cada cultura por município para os anos 2000, 2001 e 2002, pelo método de expansão direta apresentado no item 2.3 (Equações 2.2 e 2.3). Segundo o método, calcula-se a proporção de cada cultura por município em cada ano, e depois multiplica-se essa proporção pela área do município.

O somatório das áreas de cultivo simples com as áreas de cultivo associado resultam na área agrícola total do município. Porém, o somatório da área ocupada por cultura resulta

num valor superior à área física rural, pois as áreas que são cultivadas duas ou três vezes por ano são contabilizadas mais de uma vez. Este procedimento é o mesmo adotado pelo LSPA (IBGE, 2002c).

No entanto, para que o somatório das estimativas por município seja equivalente à estimativa calculada para a área total, dos três municípios, é preciso fazer uma correção. Como a amostragem foi realizada considerando a área total, o número de pontos esperados em cada município deveria ser proporcional às suas respectivas áreas, ou seja, 87,75 pontos para Guará; 112,65 para Ipuã e 99,60 para São Joaquim da Barra. No entanto, o número de pontos por município sorteado variou ligeiramente, com 79 pontos em Guará, 115 em Ipuã e 106 em São Joaquim da Barra. Então, como a estimativa para a área total é mais precisa que as estimativas por município, deve-se multiplicar as estimativas municipais por um coeficiente de correção.

Este coeficiente é calculado pela divisão do número de pontos da amostragem do município pelo número de pontos esperados no mesmo município. Assim, os coeficientes para Guará, Ipuã e São Joaquim da Barra são, respectivamente, 0,90; 1,02 e 1,06. O somatório das estimativas corrigidas de área agrícola por município é exatamente igual ao valor estimado de área agrícola para a área total.

A metodologia permite obter estimativas periódicas para cada cultura em cada município, que são somadas ao longo do ano. Esses relatórios, somados, geram, no final do ano civil, a safra agrícola para o ano.

4.2.7 Auditoria

Após a classificação dos 300 pontos em todas as datas, realizou-se uma auditoria nos dados com o intuito de identificar e corrigir erros. Esta auditoria baseou-se em ocorrências ou seqüências inverossímeis. Consistiu na utilização de uma expressão lógica do Excel para encontrar determinadas combinações nas três células que correspondem à primeira, segunda e terceira safras, e que retornava uma expressão específica para cada caso. Se num mesmo ponto os três campos estiverem em branco e não for um ponto ocupado por cana-de-açúcar, será retornada a expressão “SEM USO”. Se os três campos estiverem em branco e o uso for cana-de-açúcar, será retornada a

expressão “VERIFICAR”, pois, significa que o ponto foi classificado como cana-de-açúcar o ano todo ou parte dele, e não foi classificado como “palha” ou “solo exposto” em nenhuma data. É possível que tenha se passado um período longo sem colheita, mas, como a rebrota da cana-de-açúcar ocorre rapidamente, a colheita pode ter ocorrido entre uma data e outra e não ter sido registrada.

Ou ainda, quando houver um ponto classificado como “solo exposto” numa data, seguido de “palha” numa segunda data, o retorno será a expressão “ERRO”. Se não for erro de interpretação, provavelmente, no intervalo entre as datas ocorreu alguma cultura que, na segunda data, já havia sido colhida.

Nos pontos em que não foi detectada nenhuma das três situações, não houve o retorno de expressão. Os pontos sinalizados com a expressão foram reinterpretados nas imagens de satélite das datas respectivas. Em alguns casos foram detectados erros de interpretação, que foram devidamente corrigidos. Mas, em outros casos, não foi possível, sendo detectada a ausência de informação. Isto ocorreu quando o intervalo entre uma data e a seguinte foi muito longo, principalmente em épocas mais significativas para a agricultura, que são as épocas chuvosas.

A cana não colhida também foi determinada por uma expressão lógica. Se na última data do ano o ponto foi classificado como cana-de-açúcar e no primeiro mês do ano seguinte for classificado como cana, a este ponto será atribuída a expressão “cana não colhida”.

4.2.8 Geração de Consultas ao Banco de Dados

A organização dos dados em um banco de dados multitemporal permite que sejam realizadas inúmeras consultas, tanto numa determinada data, como num conjunto de datas, onde podem ser detectadas, por exemplo, alterações no uso do solo. Uma das vantagens do SPRING é a possibilidade de realizar consultas em linguagem SQL (*Structured Query Language*), a partir de expressões lógicas que utilizam os operadores *igual*, *diferente*, *maior que* e *menor que* (=, <>, > e <), segundo os objetivos desejados.

Estas consultas foram realizadas com os dados do painel amostral a fim de mostrar as potencialidades do banco de dados na extração de informações espaciais. Como exemplo, foram criadas três consultas espaciais:

a) Quais são os pontos amostrais que possuem o cultivo associado com cana-de-açúcar e soja?

Esta pesquisa busca os pontos amostrais que eram ocupados por cana-de-açúcar numa determinada data e passaram a ser ocupados por soja na data seguinte.

b) Quais as áreas que eram pasto e começaram a ser cultivadas ou que eram cultivadas e tornaram-se pasto?

Esta consulta retorna os pontos amostrais que foram identificados como pastagem numa data e em outra data foram identificados como outra classe. Portanto, esta consulta apresenta as áreas em que a pastagem foi substituída por algum tipo de cultura ou que uma área cultivável foi substituída por pastagem.

c) Quais os municípios que, para a safra de 2001, tiveram entre 20.000 e 30.000 hectares ocupados por cana-de-açúcar?

Esta consulta retorna os municípios que tiveram estimativa de área agrícola para a cultura da cana-de-açúcar, na safra de 2001, entre 20.000 e 30.000 hectares.

d) Quais são os municípios cuja área ocupada por soja, na safra de 2001, foi superior à área ocupada por cana-de-açúcar?

Esta consulta retorna os municípios que tiveram área estimada de soja, para a safra de 2001, superior à área estimada de cana-de-açúcar.

4.2.9 Avaliação dos Resultados

As estimativas de área agrícola para cada cultura por município, para as safras de 2000 e 2001 foram comparadas com os dados oficiais do IBGE (LSPA) e com os dados coletados pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA) em parceria com a Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI).

4.2.10 Metadados

Para a representação dos metadados do banco de dados deste estudo foi adotado o padrão INFORMS-MTDD-1999, que organiza a descrição dos dados nas sete categorias: identificação, referência dos metadados, distribuição, qualidade dos dados, organização espacial dos dados, referência espacial, e entidades e atributos. Estas categorias são as mesmas propostas pelo padrão FDGC (Federal Geographic Data Committee), mas o conteúdo é mais simplificado.

A inserção dessas informações foi realizada de maneira improvisada, pois o SPRING não possui visualização de tabelas não espaciais. Então, pontos sem significado foram inseridos em um PI do tipo cadastral e associados a tabelas por tema de metadados. Foram criadas cinco tabelas gerais divididas por tema e denominadas como identificação, referência dos metadados, organização, referência espacial, e entidades e atributos. Além dessas tabelas, outras sete foram criadas para detalhar os planos de informação, sendo denominadas como vetores, cadastral, imagem, matriz, objetos, legenda e metadados (Tabela 4.8).

TABELA 4.8 – Conteúdo das tabelas de metadados inseridas no banco de dados.

Tabela	Conteúdo
1. identificação	Autor, data de publicação, local, título, objetivo, resumo, data inicial, data final, progresso, frequência de atualização, cobertura geográfica, retângulo envolvente, restrições de acesso, tamanho e contato
2. referência dos metadados	Data de geração e responsável
3. organização	Organização, formatos e conteúdo
4. referência espacial	Sistema, projeção, fuso, meridiano central e datum
5. entidades e atributos	Nome do banco de dados, Nome do projeto e planos de informação
5.1. vetores	Nome do plano de informação, categoria, resolução, escala, tipo de dado e qualidade

(continua)

TABELA 4.8 (Conclusão).

Tabela	Conteúdo
5.2. cadastral	Nome do PI, categoria, escala, tipo de dado, quantidade, qualidade, objetos associados e observação
5.3. imagem	Nome do PI, categoria, resolução, amostragem, qualidade, processamento e observação
5.4. matriz	Nome do PI, categoria, conteúdo, resolução, escala, tipo de dado, qualidade e observação
5.5. objetos	Nome do PI, tipo de dado, atributos, número de registros, tabela, qualidade, cadastral associado e observação
5.6. legenda	Sigla, significado
5.7. metadados	Nome do PI, categoria, objetos associados, tabela e observação

4.2.11 Levantamento dos Custos

A aplicabilidade da metodologia está atrelada à relação custo-benefício. A proposta de estendê-la para uma abrangência estadual deve ser avaliada segundo esta perspectiva. Portanto, neste trabalho é feita uma análise que procura mostrar os custos envolvidos na aplicação da metodologia descrita.

CAPÍTULO 5

RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Painel Amostral

O painel amostral criado no SPRING é mostrado na Figura 5.1. A inserção dos pontos como objetos no banco de dados, que permitiu associá-los à categoria cadastral, foi muito eficiente para armazenar os dados. Além disso, facilitou a etapa de interpretação das imagens, pois os pontos eram rapidamente localizados na tabela e visualizados na tela, e a edição pôde ser feita diretamente na tabela junto ao próprio SPRING, não necessitando de outro software para inserir os dados da classificação.

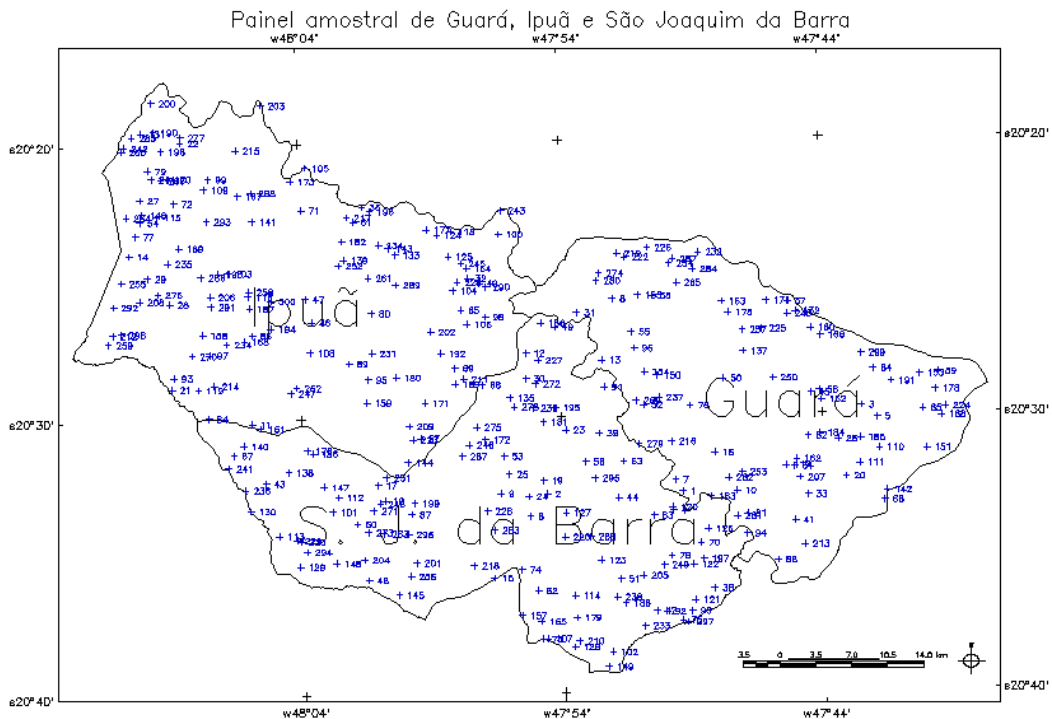


FIGURA 5.1 – Ilustração da carta contendo o painel amostral.

5.2 Seleção das Imagens de Satélite

Em relação ao conjunto de imagens obtidas, pode-se dizer que em média obteve-se uma imagem a cada 52 dias, ou seja, uma imagem a cada três ou quatro passagens do satélite, o que foi considerado bom para os propósitos desse trabalho. No entanto, algumas imagens estão muito distantes em relação à data de outras, o que pode causar uma falta de registro de alguma cultura eventualmente plantada e colhida dentro deste intervalo de tempo. Como pode ser visto na Tabela 5.1, a imagem do dia 04/12/01 foi obtida 112 dias após a imagem anterior (14/08/01). Ao considerar que em agosto muitas culturas foram colhidas e só serão plantadas em outubro, mas para serem colhidas no ano seguinte, conclui-se que o impacto da perda de informação é minimizado. Um caso mais crítico é o intervalo de 88 dias entre as imagens das datas de 08/01/00 e de 05/04/00. Como a imagem do dia 08/01/00 é a mais antiga do banco de dados, não há, portanto, informações anteriores. Assim, os pontos duvidosos podem não ter sido esclarecidos adequadamente, pois foram interpretados apenas em uma imagem (08/01/00) e, na imagem seguinte, de 05/04/00, muitos talhões já haviam sido colhidos.

TABELA 5.1 – Intervalo entre as datas de aquisição das imagens.

Datas	Intervalo	Datas	Intervalo
08/01/00 - 05/04/00	88	14/08/01 - 04/12/01	112
05/04/00 - 16/06/00	72	04/12/01 - 05/01/02	32
16/06/00 - 19/08/00	64	05/01/02 - 06/02/02	32
19/08/00 - 20/09/00	32	06/02/02 - 10/03/02	32
20/09/00 - 22/10/00	32	10/03/02 - 11/04/02	32
22/10/00 - 09/12/00	48	11/04/02 - 29/05/02	48
09/12/00 - 18/01/01	40	29/05/02 - 30/06/02	32
18/01/01 - 19/02/01	32	30/06/02 - 17/08/02	48
19/02/01 - 23/03/01	32	17/08/02 - 20/10/02	64
23/03/01 - 11/06/01	80	20/10/02 - 08/01/03	80
11/06/01 - 14/08/01	64		

Na verdade, não foram obtidas todas as imagens que foram gravadas na estação de recepção e que estavam sem nuvens. Ao analisar todas as passagens de satélite que potencialmente poderiam gerar imagens úteis, constata-se que houve uma passagem de

satélite a cada oito dias, no período de 08/01/2000 a abril de 2002 e, a partir desta data, até 08/01/2003, uma a cada dezesseis dias, totalizando 121 passagens. No entanto, houve um período em que o INPE não pôde gravar as imagens, entre fevereiro e junho de 2000, que corresponde a 14 passagens. E no período imediatamente seguinte, somente as imagens do sensor TM foram adquiridas até novembro, enquanto que nove passagens do Landsat 7 não puderam ser gravadas. Embora este fato não impedisse que as imagens fossem adquiridas por outra estação de recepção, não foi possível verificar se houve alguma falha na recepção e quais imagens estavam livres de nuvens. Para este estudo, neste período, foi adquirida uma imagem de empresa particular.

Desconsiderando, então, essas 23 passagens, é possível discutir as 98 passagens restantes quanto a falha na recepção e ausência de nuvens. Em relação às falhas de gravação, foram detectadas onze passagens em que não houve gravação, sendo cinco do satélite Landsat 5 e seis do Landsat 7. Além disso, em quatro imagens gravadas, o satélite Landsat 5 apresentou falhas em alguns detectores, o que afetou parte da imagem.

Entre as 83 passagens que foram gravadas pelo INPE e estão livres de problemas, 21 foram adquiridas, enquanto que 41 apresentam um percentual de cobertura de nuvem que impediria a classificação dos pontos. Portanto, 21 imagens estão disponíveis e livres de nuvens mas não foram adquiridas para este trabalho.

Nos intervalos discutidos anteriormente, verificou-se que o intervalo crítico de 112 dias poderia ser reduzindo, pois, há três passagens com imagens gravadas e livres de nuvens neste intervalo. No entanto, como já discutido, para estas datas, considerando os ciclos das culturas, não seria necessário reduzir este intervalo.

Para o segundo intervalo crítico, de 88 dias, não haveria solução, pois as quatro imagens gravadas estão cobertas por nuvens. Em relação ao número e intervalo de imagens adquiridas, pode-se dizer que foram adequadas para o estudo. Não obstante, deve ser considerado que, ao menos em certo período, contou-se com os Landsats 5 e 7 operando conjuntamente. Isso leva a considerar fortemente a necessidade de ter sistemas de satélites que operem em intervalos de tempo menores.

5.3 Pré-processamento Digital das Imagens de Satélite

5.3.1 Registro

Os erros obtidos no registro de cada imagem são apresentados na Tabela 5.2.

TABELA 5.2 - Erro de registro das imagens.

Imagem	Data da imagem	Erro em metros	Imagem	Data da imagem	Erro em metros
1	08/01/2000	7,23	12	14/08/2001	5,58
2	05/04/2000	7,35	13	04/12/2001	6,75
3	16/06/2000	6,73	14	05/01/2002	4,78
4	19/08/2000	6,58	15	06/02/2002	4,10
5	20/09/2000	6,90	16	10/03/2002	6,10
6	22/10/2000	6,15	17	11/04/2002	6,00
7	09/12/2000	6,35	18	29/05/2002	7,10
8	18/01/2001	6,40	19	30/06/2002	7,40
9	19/02/2001	6,28	20	17/08/2002	7,53
10	23/03/2001	6,25	21	20/10/2002	7,92
11	11/06/2001	6,68	22	08/01/2003	4,74

Em média, os erros ficaram em torno de 6,5 metros; os maiores erros são os referentes às imagens de 17/08/2002 e 20/10/2002, que possuem trinta metros de resolução.

5.3.2 Correção Atmosférica

A Tabela 5.3 apresenta os valores dos parâmetros j e N Despalhamento utilizados para obter a reflectância corrigida e o parâmetro Mult, utilizado para gerar uma imagem a partir da reflectância.

A separação das imagens em grupos, considerando o sensor, a época e a resolução mostrou-se adequada, pois os modelos de espalhamento relativo indicados e, conseqüentemente, os valores subtraídos, diferiram entre os grupos. Verificou-se que nas imagens da época seca, de agosto, o modelo indicado é o de “atmosfera muito limpa”, enquanto que nas imagens da época chuvosa o modelo foi “atmosfera limpa”, que pode ser atribuído ao maior acúmulo de moléculas de vapor d’água. Deve ser

mencionado que, nas imagens onde o modelo de espalhamento relativo foi “atmosfera limpa”, o valor subtraído (NDespalhamento) na banda 5 foi superior aos valores subtraídos na banda 4 e mesmo aos na banda 3, na imagem do dia 22/10/2000.

TABELA 5.3 – Parâmetros das equações de correção por SPE para as imagens-referência.

Grupo	Sensor	Resolução	Imagem referência	Atmosfera	Bandas	J ¹	NDespalhamento	Mult ²
1	TM	25	22/10/2000	Limpa	3	0,002265	28,17	441,50
					4	0,003702	16,93	270,13
					5	0,002291	30,76	436,59
2	TM	25	19/08/2000	Muito limpa	3	0,003015	11,85	331,66
					4	0,004928	5,64	202,93
					5	0,003049	4,73	327,98
3	ETM+	25	05/01/2002	Limpa	3	0,001412	31,64	708,22
					4	0,003271	14,84	305,74
					5	0,001970	26,52	507,59
4	ETM+	25	14/08/2001	Muito limpa	3	0,001903	16,36	525,46
					4	0,002910	11,22	343,68
					5	0,002655	9,00	376,60
	ETM+	30	17/08/2002	Muito limpa	3	0,001881	17,07	531,59
					4	0,002876	11,50	347,69
					5	0,002625	9,09	380,99
	ETM+	30	20/10/2002	Limpa	3	0,001423	36,41	702,80
					4	0,003296	16,77	303,40
					5	0,001985	30,28	503,70
	ETM+	30	08/01/2003	Limpa	3	0,001417	31,66	705,52
					4	0,003283	14,85	304,57
					5	0,001978	26,54	505,65

Em relação ao sensor, não houve diferença no modelo de espalhamento, mas os valores a serem subtraídos variaram. Entre as imagens com resolução de trinta metros (17/08/2002 e 20/10/2002), além de não haver diferença no modelo de espalhamento, os valores a serem subtraídos ficaram muito próximos, o que pode ser concluído que estas duas imagens poderiam ter sido consideradas nos grupos 4 e 3, respectivamente, e sido

¹ $J = (\pi d^2 \cdot b) / (E \cdot \cos(\text{zen}))$; é a equação 2.15 do item 2.6.2.

² Mult é o multiplicador utilizado para transformar os valores de reflectância em números digitais.

apenas uniformizadas, sem a correção atmosférica.

Nos parâmetros J e Mult, há diferença entre os grupos de diferentes sensores e épocas, não havendo grande diferença entre as imagens com resolução de trinta metros e as com vinte e cinco metros. Isso confirma a idéia de que as imagens de trinta metros, em se tratando da correção atmosférica, poderiam ser inseridas nos grupos das imagens com vinte e cinco metros. No entanto, a vantagem de inserir estas imagens nos seus respectivos grupos é não precisar corrigi-las, fazendo somente a uniformização. Como a uniformização utiliza alvos de tamanho fixo, o número de pixels dentro desses alvos nas imagens de trinta metros seria inferior ao das imagens com vinte e cinco metros, o que poderia influenciar nos resultados.

A seguir são apresentados os histogramas das bandas 3, 4 e 5 da imagem do dia 05/01/2002 sem a correção por SPE e com a correção (Figura 5.2).

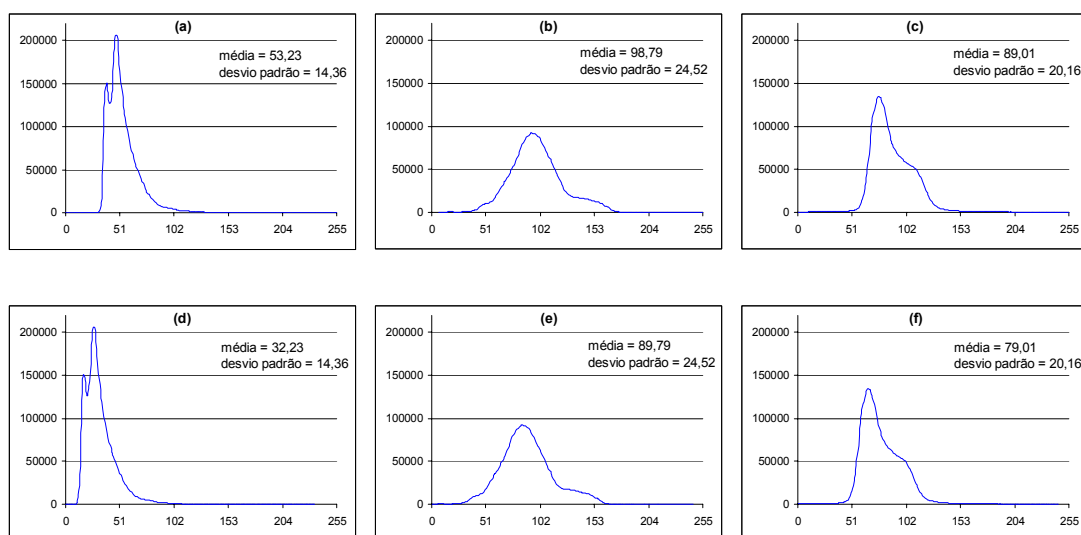


FIGURA 5.2 - Histogramas de frequência da imagem do dia 05/01/2002 antes da correção atmosférica, bandas 3(a), 4(b) e 5(c), e depois da correção por SPE, bandas 3(d), 4(e) e 5(f).

É possível constatar que não houve alteração no desvio padrão dos NDs da imagem; somente as médias dos NDs foram alteradas, devido ao deslocamento da curva para a esquerda, ocasionado pela correção atmosférica, obtida pela subtração de um valor de ND correspondente ao espalhamento. A consequência é um escurecimento da imagem.

Este método não ocasiona compressão e nem distensão do histograma, portanto, não altera a distribuição original dos números digitais da imagem. A Figura 5.3 apresenta um pequeno trecho da imagem de mesma data com e sem a correção por SPE, nas três bandas consideradas neste trabalho (3, 4, e 5).

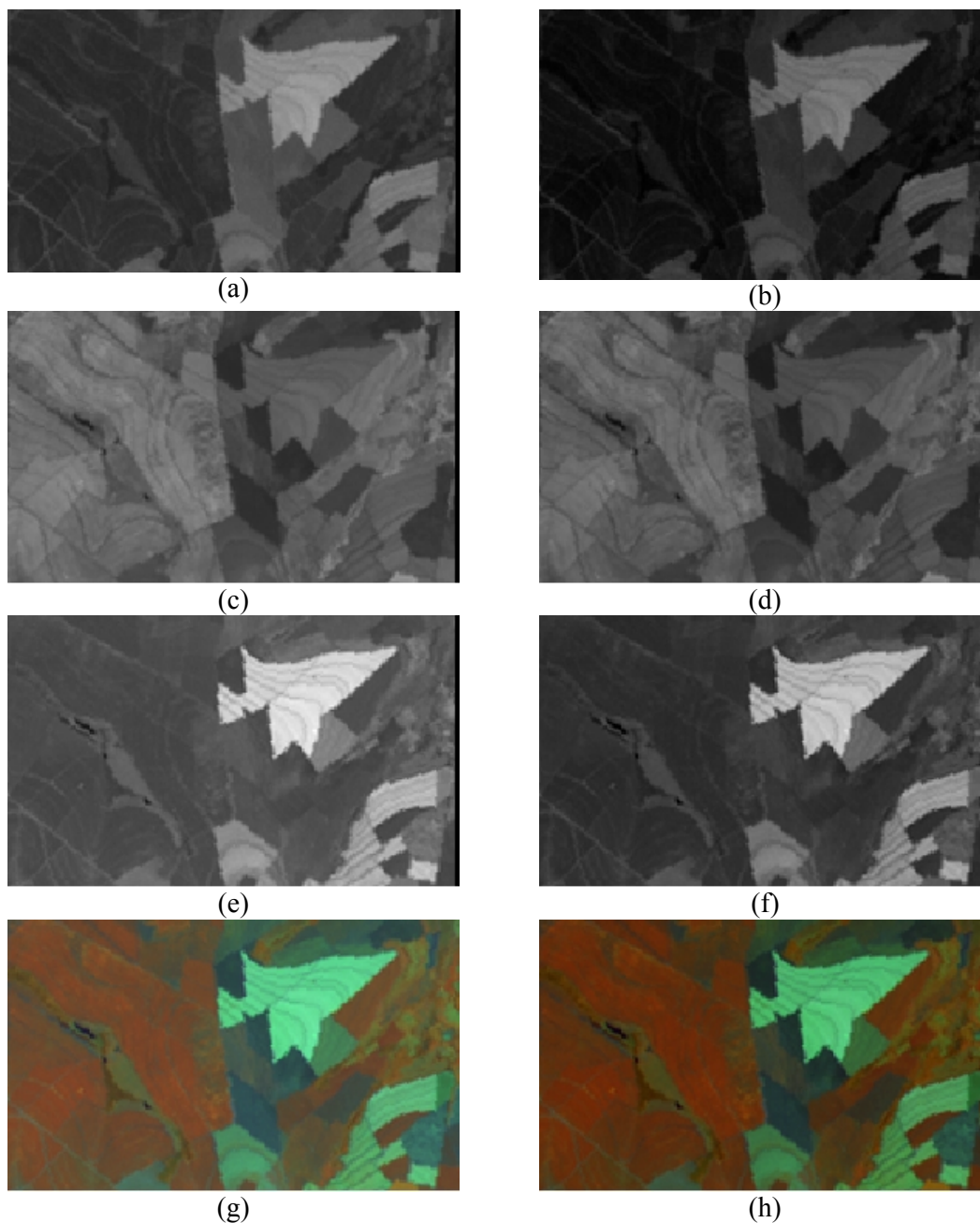


FIGURA 5.3 – Trecho da imagem do dia 05/01/2002 antes da correção atmosférica, bandas 3(a), 4(c) e 5(e), e depois da correção por SPE, bandas 3(b), 4(d) e 5(f); e em composição colorida RGB 453 sem correção (g) e corrigida (h).

A vantagem da correção por SPE para a interpretação é a melhoria visual causada pela redução do aspecto de névoa na imagem.

5.3.3 Uniformização das Imagens

A Tabela 5.4 apresenta as equações de regressão utilizadas na uniformização das imagens, onde x é o número digital dos alvos pseudo-invariantes da imagem antes da uniformização e y é o número digital dos mesmos alvos após a uniformização, considerando dez alvos; e os respectivos coeficientes de determinação (R^2).

TABELA 5.4 - Equações de regressão utilizadas para a uniformização.

Data	Banda 3	R^2	Banda 4	R^2	Banda 5	R^2
08/1/2000	$y = 1,0483x - 29,084$	0,95	$y = 0,8657x - 14,588$	0,92	$y = 0,9732x - 14,044$	0,96
05/4/2000	$y = 0,8039x - 9,934$	0,96	$y = 0,7149x - 4,5215$	0,98	$y = 0,8141x - 3,9511$	0,96
16/6/2000	$y = 1,0936x - 9,9893$	0,97	$y = 1,0829x - 5,137$	0,97	$y = 1,2067x - 2,4607$	0,99
20/9/2000	$y = 0,7645x - 10,308$	0,99	$y = 0,7025x - 3,5426$	0,98	$y = 0,8384x - 3,5151$	0,99
09/12/2000	$y = 0,7553x - 15,2$	1,00	$y = 0,7315x - 7,4895$	0,98	$y = 0,7373x - 5,2117$	0,99
18/1/2001	$y = 1,0376x - 48,994$	0,93	$y = 0,8891x - 25,407$	0,86	$y = 0,9314x - 29,182$	0,94
19/2/2001	$y = 1,1349x - 30,882$	1,00	$y = 1,0333x - 12,549$	0,99	$y = 0,9974x - 7,8101$	0,99
23/3/2001	$y = 1,1579x - 29,157$	0,98	$y = 1,1252x - 12,607$	0,99	$y = 0,9696x - 8,115$	0,99
11/6/2001	$y = 1,1407x - 14,982$	0,99	$y = 1,0225x - 8,8599$	0,94	$y = 1,0226x - 6,9302$	0,99
04//12/01	$y = 0,9727x - 37,29$	1,00	$y = 1,0389x - 19,791$	0,99	$y = 0,8637x - 13,205$	0,98
06/2/2002	$y = 0,9745x - 26,936$	0,98	$y = 1,0906x - 14,193$	0,99	$y = 0,9531x - 8,0186$	1,00
10/3/2002	$y = 1,099x - 32,321$	1,00	$y = 1,1599x - 16,511$	0,98	$y = 0,9777x - 11,364$	1,00
11/4/2002	$y = 0,8095x - 11,623$	0,99	$y = 1,1807x - 10,289$	0,99	$y = 0,8153x - 5,5772$	0,97
29/5/2002	$y = 1,2422x - 42,814$	0,95	$y = 1,3536x - 48,414$	0,95	$y = 1,3994x - 38,945$	0,98
30/6/2002	$y = 1,0883x - 13,793$	0,98	$y = 1,7581x - 12,036$	0,99	$y = 1,1205x - 8,5698$	0,99

Esta técnica foi considerada boa já que todos os coeficientes de determinação calculados ficaram acima de 0,92, exceto um, de 0,86. Além disso, algumas bandas apresentaram o valor máximo (1). Este resultado indica que os pixels referentes aos alvos pseudoinvariantes nas imagens são altamente correlacionadas entre si.

A avaliação da uniformização foi realizada pela análise dos resíduos entre as imagens referência e as imagens uniformizadas. Os valores de SQR (soma dos quadrados dos resíduos) são apresentados na Tabela 5.5.

TABELA 5.5 - Valores de SQR para as imagens uniformizadas em relação à imagem referência.

Data	Banda 3	Banda 4	Banda 5	Média
08/01/2000	716,32	1409,57	2301,22	1475,70
05/04/2000	689,72	470,65	1555,29	905,22
16/06/2000	274,78	277,50	285,95	279,41
20/09/2000	56,44	138,23	627,47	274,05
09/12/2000	59,57	278,59	342,13	226,76
18/01/2001	3020,97	3165,68	4029,39	3405,34
19/02/2001	126,54	117,18	351,56	198,43
23/03/2001	813,25	309,87	959,98	694,37
11/06/2001	176,30	1222,92	498,50	632,57
04/12/2001	189,87	232,40	1115,63	512,64
06/02/2002	822,85	252,54	174,74	416,71
10/03/2002	142,00	392,89	289,54	274,81
11/04/2002	269,61	138,86	1223,76	544,08
29/05/2002	962,05	877,69	819,31	886,35
30/06/2002	305,26	165,45	268,11	246,27

A análise dos valores de SQR permite observar que os valores mais elevados, em média, são os da imagem do dia 18/01/2001, que também apresentou a menor correlação.

5.4 Banco de Dados

O banco possibilitou, além das estimativas de área agrícola, a extração de informações sobre o manejo das culturas, como, por exemplo, se o plantio é direto ou mecanizado, se há rotação de culturas, a época provável de plantio e de colheita e o período da cultura no campo.

5.5 Classificação dos Pontos e Trabalho de Campo

A análise visual das imagens uniformizadas permitiu a distinção das classes de uso agrícola e não-agrícola, garantindo a classificação de grande parte dos pontos. A Figura 5.4 mostra fragmentos das imagens ETM+ Landsat 7 de 05/01/2002 com correção atmosférica e de 29/05/2002 uniformizada, ambas com contraste linear, para exemplificar os usos encontrados na área de estudo.

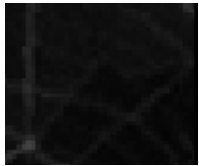
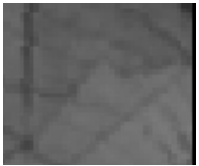
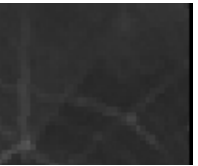
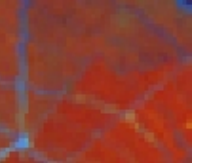











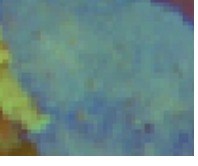

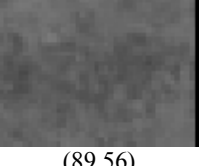
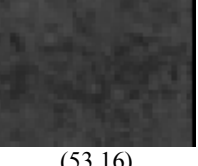

Cultura	Banda 3	Banda 4	Banda 5	RGB (453)
Cana-de-açúcar ¹	 (12,96)	 (101,96)	 (44,68)	
Soja ¹	 (8,24)	 (124,08)	 (84,48)	
Milho ¹	 (11,76)	 (100,60)	 (56,44)	
Pastagem ¹	 (40,96)	 (73,04)	 (76,84)	
Mata ¹	 (4,92)	 (89,56)	 (53,16)	

FIGURA 5.4 - Quadro da resposta espectral das principais culturas nas bandas 3, 4 e 5 e em composição colorida, em escala 1:25.000. Os valores em parênteses correspondem aos valores digitais médios.

¹Imagem do dia 05/01/2002. ²Imagem do dia 29/05/2002. (continua)



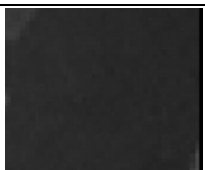



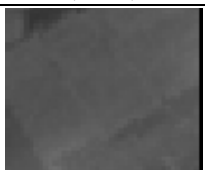
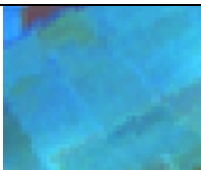

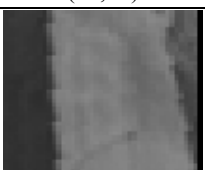
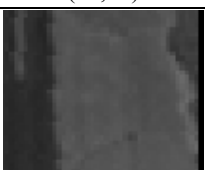

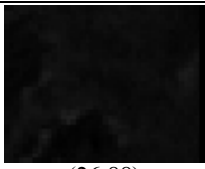
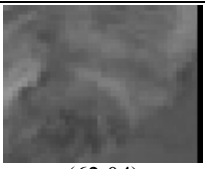



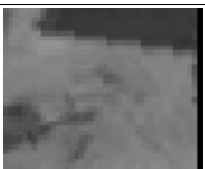
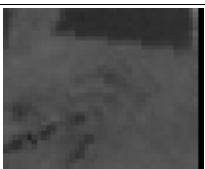
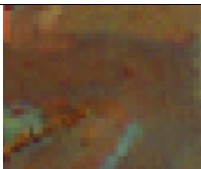
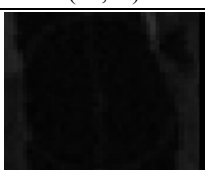


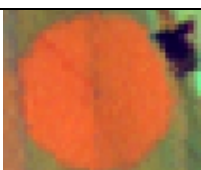
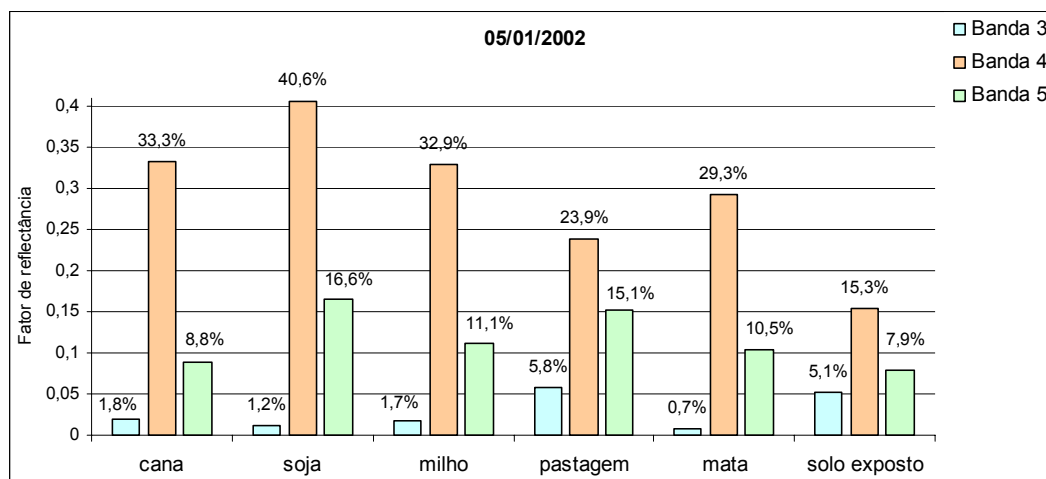
Cultura	Banda 3	Banda 4	Banda 5	RGB (453)
Solo exposto ¹	 (36,40)	 (46,92)	 (40,00)	
Palha ¹	 (63,44)	 (53,20)	 (88,84)	
Sorgo ²	 (30,40)	 (66,04)	 (58,40)	
Milheto ²	 (26,88)	 (62,04)	 (44,16)	
Milho safrinha ²	 (17,80)	 (63,84)	 (39,48)	
Milho safrinha Irrigado ²	 (22,68)	 (140,60)	 (53,96)	

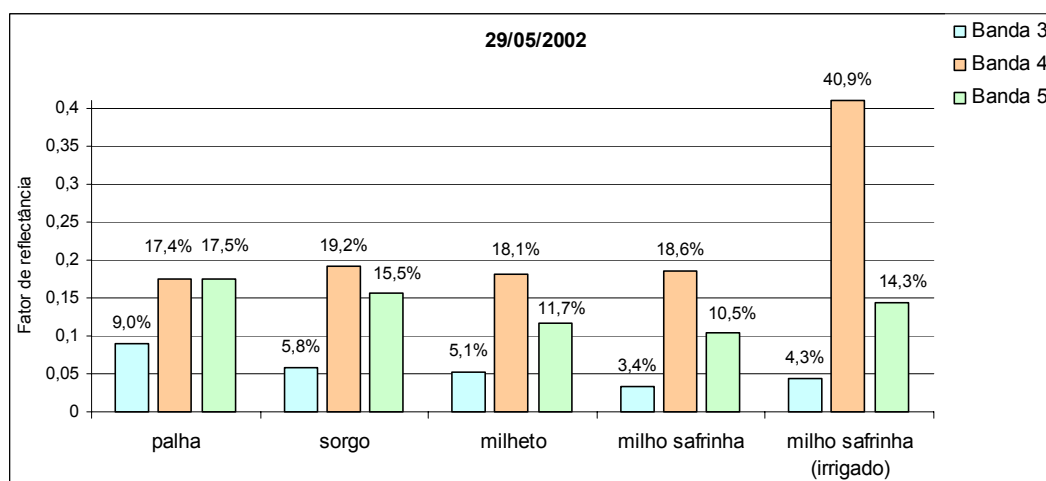
FIGURA 5.4 (Conclusão).

A distinção entre os alvos foi possível graças a uma diferenciação de resposta espectral entre eles, o que garante uma resposta peculiar para cada alvo. A Figura 5.5 apresenta o fator de reflectância médio de talhões típicos encontrados na área de estudo, nas imagens do dia 05/01/2002 e 29/05/2002. Na Figura 5.5a verifica-se o comportamento

espectral dos alvos da safra de verão, enquanto que na Figura 5.5b, os alvos da segunda safra. Como os gráficos correspondem aos fatores de reflectância dos alvos, é possível compará-los entre si, mesmo que obtidos em imagens diferentes.



(a)



(b)

FIGURA 5.5 – Fator de reflectância médio dos alvos agrícolas presentes na área de estudo nas imagens ETM+ do dia 05/01/2002 (a) do dia 29/05/2002 (b).

Em geral, a vegetação, em completo desenvolvimento foliar, correspondente aos diversos alvos comporta-se de maneira similar, com alta absorção na banda 3 e alta

reflectância nas bandas 4 e 5. A distinção da soja, que é uma leguminosa, em relação aos outros alvos se dá pela sua elevada reflectância nas bandas 4 e 5, superior à reflectância da cana-de-açúcar, do milho e da mata, o que resulta numa tonalidade amarelada em composições coloridas RGB 345. Há uma grande semelhança entre os alvos cana-de-açúcar e milho, que são gramíneas, mas é possível uma pequena distinção, dada pelo valor mais elevado de reflectância na banda 5, para o milho.

O solo exposto apresenta valores baixos de reflectância nas três bandas, enquanto que a palha apresenta valores altos nas três bandas. A pastagem apresenta resposta espectral significativa nas três bandas, sendo a mais intensa a reflectância desse alvo na banda 4 e a menos intensa a reflectância na banda 3.

Na Figura 5.5b as culturas de sorgo, milheto e milho safrinha, que são gramíneas, apresentam o mesmo padrão de reflectância, com uma sutil diferença na resposta entre as culturas para as três bandas, o que resulta em diferentes tonalidades marrom-avermelhadas. Quando irrigada, a cultura pode alterar sua resposta espectral, como pode ser percebido para o milho safrinha irrigado, que apresentou um aumento na reflectância da banda 4.

Além da tonalidade, outras características que distinguem os alvos foram identificadas. A Tabela 5.6 apresenta as diferentes classes de uso e suas características na área de estudo.

Para as culturas de baixa ocorrência na área de estudo (algodão, feijão, sorgo e milheto) não foi possível determinar as características intrínsecas para cada uma, apesar de essas culturas não se confundirem com as culturas caracterizadas na Tabela 5.6. Neste caso, o tipo de uso deve ser determinado em trabalho de campo.

É importante ressaltar que normalmente o intérprete não parte de todas as opções para escolher uma. Na realidade, ao verificar, no banco de dados, as classificações passadas, poucas alternativas restam para ser escolhidas. Por exemplo, se há dúvida entre um alvo ser cana-de-açúcar ou milho, mas numa data imediatamente anterior o alvo era cana, então nesta data o alvo é cana. Ou, ainda, se esse mesmo alvo, na data imediatamente

anterior era solo exposto, e, por meio de consulta a anos anteriores, onde se pode constatar a tradição de cultivo, verifica-se que aquele talhão sempre foi cultivado com milho, há grandes chances de que atualmente seja milho.

TABELA 5.6 – Cor e características dos principais alvos agrícolas encontrados na área de estudo.

Classe	Cor na composição RGB 453	Características
Cana-de-açúcar	Vermelho	Talhões grandes, com carregadores, geralmente rodeados pela mesma cultura; por ser de ciclo longo, fica muitos meses no campo.
Soja	Amarelo	Raramente em pivôs-centrais; fica pouco tempo no campo e somente entre outubro e março. É comum ser plantada em áreas de cana-de-açúcar.
Milho de verão	Vermelho-alaranjado	A cor pode ser confundida com a cana; mas não apresenta carregadores e fica poucos meses no campo, cerca de quatro meses e na época chuvosa.
Milho safrinha	Vermelho-alaranjado	É cultivado entre abril e agosto e possui as mesmas características do milho de verão.
Milho irrigado	Alaranjado	É plantado em pivôs centrais, possui coloração intensa e pode ser cultivado o ano todo.
Solo exposto	Azul escuro	Como os solos da região são muito escuros, a coloração na imagem também é escura.
Palhada	Azul ou ciano muito claro ou branco	Pode ocorrer após a cultura do milho, da soja e da cana
Pastagem	Acinzentado	Normalmente, ocorre próximo à drenagem e em terrenos mais acidentados, tendo, portanto, formas irregulares.
Construções	Azul vivo	Simétrico em cor intensa.
Mata	Vermelho a marrom	Áreas fragmentadas, com textura rugosa.
Mata de galeria	Vermelho a marrom	Estreitas faixas em torno dos rios, com textura rugosa.

Como o painel amostral foi gerado aleatoriamente, parte dos trezentos pontos amostrais correspondem a alvos não-agrícolas, como mata, mata de galeria e áreas construídas (área urbana, estrada, ferrovia, lagoa de vinhaça, usina e aeroporto). Daquele total, 258 foram considerados alvos agrícolas, incluindo as áreas de pastagem (Tabela 5.7)

Apenas 7 dos 300 pontos do painel amostral corresponderam a alvos não-agrícolas antrópicos, sendo dois sobre área urbana e um para cada uma dessas outras classes: aeroporto, usina, rede ferroviária, estrada e lagoa de vinhaça.

TABELA 5.7 - Total de pontos do painel amostral em imagens de satélite e percentual (entre parênteses) com uso agrícola e não-agrícola.

Municípios Alvos	GUARÁ	IPUÃ	SÃO JOAQUIM DA BARRA	TOTAL
Agrícola e pastagem	69 (87,34%)	99 (86,09%)	90 (84,91%)	258 (86,00%)
Mata	3 (3,80%)	3 (2,61%)	0 (0,00%)	6 (2,00%)
Galeria	7 (8,86%)	12 (10,43%)	10 (9,43%)	29 (9,67%)
Construções	0 (0,00%)	1 (0,87%)	6 (5,66%)	7 (2,33%)
TOTAL	79 (100,00%)	115 (100,00%)	106 (100,00%)	300 (100,00%)

A auditoria na classificação dos pontos permitiu encontrar interpretações inconsistentes e corrigi-las. No entanto, alguns pontos permaneceram com interpretações incoerentes, pois não foi possível identificar a cultura que ocorreu no intervalo. Para a safra de 2000, no intervalo entre as imagens de janeiro e a de abril, passaram-se 88 dias, o que é um intervalo muito grande para uma cultura como a soja, que tem um ciclo de 90 a 120 dias e que só depois do desenvolvimento das folhas pode ser identificada na imagem. Com isso, dois pontos (193, 182) tiveram a interpretação de suas culturas omitidas na primeira safra. Para esta mesma safra, o intervalo de 72 dias entre a imagem de abril e a de junho não permitiu a determinação da cultura presente no ponto 261, que também apresentou a incoerência citada.

Na safra de 2001, dois pontos (214 e 224) apresentaram interpretações incoerentes entre os meses de agosto e dezembro, que compreendeu um intervalo de 112 dias sem imagens.

5.6 Época de Plantio

A época de plantio foi determinada pela ocorrência ou não das culturas durante os meses e anos considerados no trabalho. É importante dizer que não foram analisados todos os meses dos anos estudados, chegando a ter até três meses consecutivos de ausência de imagens, o que pode distorcer ou mascarar os resultados. Além disso, a época de plantio pode variar em dias ou até meses, de ano para ano, em função das condições climáticas e outros fatores. Apesar disso, esta análise pode contribuir bastante para a escolha das datas das imagens a compor o banco de dados.

Os dados coletados em diversos trabalhos de campo referentes ao tipo de uso do solo em 300 pontos amostrais localizados nos municípios de Ipuã, Guará e São Joaquim da Barra permitiram identificar a época de ocorrência das principais culturas ao longo do ano na área de estudo. A Figura 5.6 apresenta a frequência de pontos amostrais que foram classificados, por tipo de cultura, a partir de interpretação visual de imagens dos satélites Landsat 5 e 7 e trabalhos de campo, para cada mês. Os pontos que foram classificados como outros usos, como área urbana, ferrovia e estrada, não foram incluídos nessa tabela, o que resultou em 258 pontos ocupados por alguma cultura. É importante ressaltar que estes dados não cobrem todos os meses do ano, mas apenas os meses em que foram adquiridas imagens. Esses dados não indicam a data de plantio das espécies, pois a resposta espectral da cultura só pôde ser verificada dias após o plantio, após o desenvolvimento de folhas e uma certa extensão de cobertura do solo.

Observa-se na Figura 5.6 que a cana-de-açúcar ocorre em todos os meses do ano, enquanto que a soja ocorre nos meses de chuva, entre outubro e abril. Também nos meses de chuva ocorrem o feijão, o algodão e o milho de verão. Já o milho safrinha é plantado na entressafra, a partir de janeiro. Para o milheto, devido à sua baixa ocorrência, não é possível determinar com certeza os meses em que é cultivado, mas se sabe que, assim como o sorgo, é cultivado no período da entressafra.

Cultura	2000							2001						2002						03			
	jan	abr	jun	ago	set	out	dez	jan	fev	mar	jun	ago	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	out	jan
CA	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
MI	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
ML	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
MS	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
SR	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
FE	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
SJ	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
AL	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Legenda:					
Frequência	0%	1 - 25 %	26 - 50%	51 - 75%	76-100%
Intensidade	Não ocorre	Ocorre muito pouco	Ocorre pouco	Ocorre	Ocorre muito

FIGURA 5.6 – Intensidade da presença das culturas na área de estudo no ano.

O fato da cana-de-açúcar, ao contrário das outras culturas, estar presente em todos os meses do ano ocorre porque a cana-de-açúcar pode se desenvolver num ciclo anual, com plantio entre setembro e novembro, ou num ciclo de 18 meses, com plantio em janeiro e fevereiro. O milho foi encontrado nos meses de janeiro a abril de 2000, de setembro de 2000 a junho de 2001 e de dezembro de 2001 a fevereiro de 2002. O milho safrinha foi encontrado de abril a outubro de 2000, de março a agosto de 2001 e de março a agosto de 2002. Há uma sobreposição das datas de presença do milho e do milho safrinha. A classificação do ponto numa dessas classes se dá em função da data de plantio. As épocas de presença no campo das demais culturas foram determinadas da mesma maneira, cujos dados estão sintetizados na Tabela 5.8.

TABELA 5.8 - Épocas prováveis para encontrar as culturas da região.

Cultura	Época de presença
Cana-de-açúcar	todo o ano
Milho	de setembro a junho
Milheto	de abril a setembro
Milho safrinha	de março a outubro
Sorgo	de abril a setembro
Feijão	de janeiro a agosto
Soja	de dezembro a abril
Algodão	de janeiro a junho

Considerando que as culturas de soja, milho, feijão e algodão são plantadas no período de verão e que as culturas de milho safrinha, milheto e sorgo são plantadas na entressafra, considerou-se como período de safra de verão aquele compreendido entre outubro e abril, e o período de entressafra aquele compreendido entre maio e setembro. No entanto, observou-se que em alguns pontos amostrais ocorreram três safras em um mesmo ano agrícola. Portanto, pode ser constatada a primeira safra (primeira entressafra) entre agosto e outubro, a segunda safra entre dezembro a fevereiro ou março e a terceira safra (segunda entressafra) entre março ou abril e junho. O mês de março é um mês de transição, pois em alguns pontos a colheita da safra de verão ainda não havia sido realizada enquanto que em outros pontos já havia ocorrido o plantio da entressafra.

5.7 Estimativa de Área Plantada

O somatório dos pontos de cada cultura foi feito em planilha de dados do software Excel. Para facilitar esta etapa, elaborou-se um comando de automação para determinar as safras de cada ponto para cada ano agrícola, eliminando-se as classes solo exposto e palha. Um exemplo da linha de comando que foi inserida é:

```
=SE(OU(D2="AE";D2="UR";D2="MA";D2="GA";D2="RF";D2="PS";D2="US";  
D2="LA";D2="ES");D2;SE(E(D2<>E2;D2<>"PA";D2<>"SE");D2;SE(E(E2<>F2;  
E2<>"PA";E2<>"SE");E2;SE(E(F2<>G2;F2<>"PA";F2<>"SE");F2;"")))).
```

Esta linha de comando retorna o conteúdo da célula (D2) da planilha se esse corresponde a uma das classes “AE”, “UR”, “MA”, “GA”, “RF”, “PS”, “US”, “LA” ou “ES”. Senão, é feita uma comparação entre o conteúdo da célula na data atual (D2) com o conteúdo na próxima data (E2). No caso de serem diferentes entre si, retornará o conteúdo de D2 se, na data atual, ele for diferente das classes “PA” e “SE”. Caso contrário, o comando analisa a data seguinte (E2), e retorna a classe se esta for diferente da célula que corresponde a uma terceira data (F2), e diferente das classes “PA” e “SE”. Se a condição ainda não for aceita, testa-se a célula da terceira data (F2) e retorna o valor se for diferente da quarta data (G2) e das classes “PA” e “SE”. Se nenhuma das condições for atendida, a célula permanece vazia.

Dessa maneira, identifica a cultura colhida em uma das safras anuais ou a classe, quando o ponto for ocupado por uma classe não-agrícola. Se o ponto foi classificado como aeroporto, área urbana, mata, mata de galeria, rede ferroviária, pastagem, usina, lagoa de vinhaça ou estrada, o campo “primeira safra” será preenchido com a sigla correspondente. Se o ponto não foi classificado por nenhum desses usos, a alteração no uso entre uma data e outra, determina uma colheita, e o campo “primeira safra” é preenchido com o uso na primeira data, desde que a classe da primeira data seja diferente de solo exposto e palha, o que indicaria o plantio de uma nova cultura. O resultado é composto pelas três colunas apresentadas na Figura 5.7: 1ª. Safra, 2ª. Safra e 3ª Safra.

	A	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	PONTO	JAN 01	FEV 01	MAR 01	JUN 01	AGO 01	DEZ 01	JAN 02	1a. Safra	2a. Safra	3a. Safra
74	073	RF	RF	RF	RF	RF	RF	RF	RF		
75	074	CA	CA	CA	CA	CA	CA	PA			CA
76	075	CA	CA	CA	CA	CA	CA	CA			
77	076	SJ	SJ	PA	SE	SE	CA	CA	SJ		
78	077	CA	CA	CA	CA	PA	PA	PA		CA	
79	078	CA	CA	CA	PA	PA	CA	CA	CA		
80	079	SJ	SJ	PA	PA	SE	SE	SJ	SJ		
81	080	MI	PA	PA	PA	PA	SE	SJ	MI		
82	081	CA	PA	PA	CA	CA	CA	CA	CA		
83	082	GA	GA	GA	GA	GA	GA	GA	GA		

FIGURA 5.7 - Tela da planilha Excel, exemplificando o processo de determinação da safra para cada ponto.

Novas linhas de comando foram criadas para determinar áreas “sem uso”, quando para um determinado ponto, não houve indicação de produção em nenhuma das três safras anuais; e áreas de “cana nova”, que são áreas em que ocorreu a reforma do canavial, que passaram à denominação de cana-planta, mas que não foi colhida no ano em questão.

Em seguida, os pontos foram somados por tipo de uso e por município para cada safra anual. As culturas temporárias podem ser plantadas em cultivo simples, que é o plantio de uma única cultura temporária em uma determinada área no ano, ou em cultivo associado, quando duas ou mais culturas temporárias são plantadas numa mesma área no mesmo ano, em épocas diferentes. A área plantada, informada para cada cultura, deverá ser igual à área total da associação. A Tabela 5.9 apresenta a legenda para as culturas simples e associadas encontradas na área de estudo e utilizadas nas Tabelas 5.10 a 5.15.

TABELA 5.9 - Legenda das culturas simples e associadas encontradas na área de estudo.

	CULTURA	SIGNIFICADO
Cultivo simples	AL	Algodão
	CA	Cana-de-açúcar
	FE	Feijão
	MI	Milho de verão
	SJ	Soja
	SR	Sorgo
Cultivo associado	CACA	Cana-de-açúcar colhida duas vezes numa mesma área
	FEMS	Feijão e milho safrinha
	MIFE	Milho de verão e feijão
	MIMI	Milho de verão plantado no início e no fim do ano
	MIMS	Milho de verão e milho safrinha
	MISR	Milho de verão e sorgo
	MISRMI	Milho plantado no início e no fim do ano, e sorgo plantado no inverno
	MLAL	Milheto e algodão
	SJCA	Soja e cana-de-açúcar
	SJCN	Soja e cana-de-açúcar não colhida no ano
	SJMI	Soja e milho de verão
	SJML	Soja e milheto
	SJMS	Soja e milho safrinha
	SJMMSI	Soja, milho safrinha e milho de verão
	SJPS	Soja e pastagem
	SJSR	Soja e sorgo
	SEM USO	Área não cultivada durante o ano, exceto pastagem
	CN	Cana-de-açúcar não colhida no ano
	PS	Pastagem
	MA	Mata
	GA	Mata de galeria

As Tabelas 5.10 a 5.12 apresentam o número de pontos com cultivo simples e associado para as safras de 2000, 2001 e 2002.

TABELA 5.10 - Número de pontos amostrais em imagens e percentual, entre parênteses, com cada classe de uso, e de cana-de-açúcar não-colhida, na safra de 2000.

	Classe ³	Guará	Ipuã	São Joaquim da Barra	Total
Cultivo simples	AL	0	0	0	0
	CA	29(36,7)	31(27,0)	56(52,9)	116(38,7)
	CN	2(2,5)	1(0,9)	7(6,6)	10(3,3)
	FE	0	0	0	0
	MI	2(2,5)	3(2,6)	0	5(1,7)
	SJ	5(6,3)	27(23,5)	3(2,8)	35(11,7)
	SR	3(3,8)	0	0	3(1,0)
Cultivo associado	CACA	0	0	0	0
	FEMS	0	0	0	0
	MIFE	0	0	0	0
	MIMI	0	1(0,9)	0	1(0,3)
	MIMS	1(1,3)	1(0,9)	0	2(0,7)
	MISR	0	1(0,9)	0	1(0,3)
	MISRFI	0	1(0,9)	0	1(0,3)
	MLAL	1(1,3)	0	0	1(0,3)
	SJCA	0	0	0	0
	SJCN	6(7,6)	13(11,3)	4(3,8)	23(7,7)
	SJMI	0	0	0	0
	SJML	0	0	0	0
	SJMS	8(10,1)	5(4,4)	3(2,8)	16(5,3)
	SJMRFI	0	0	0	0
	SJPS	0	0	0	0
SJSR	0	1(0,9)	0	1(0,3)	
SOMA	57(72,1)	85(74,0)	73(68,9)	215(71,7)	
SEM USO	1(1,3)	2(1,7)	0	3(1,0)	
PS	11(13,9)	12(10,4)	17(16,0)	40(13,3)	
MA	3(3,8)	3(2,6)	0	6(2,0)	
GA	7(8,9)	12(10,4)	10(9,4)	29(9,7)	
Construções	0	1(0,9)	6(5,7)	7(2,3)	
TOTAL	79(100)	115(100)	106(100)	300(100)	

³ A legenda para as classes de uso é apresentada na Tabela 5.9.

TABELA 5.11 - Número de pontos amostrais em imagens e percentual, entre parênteses, com cada classe de uso, e de cana-de-açúcar não-colhida, na safra de 2001.

	Classe ⁴	Guará	Ipuã	São Joaquim da Barra	Total
Cultivo simples	AL	1(1,3)	0	0	1(0,3)
	CA	23(29,1)	41(35,7)	52(49,1)	116(38,7)
	CN	7(8,9)	2(1,7)	8(7,6)	17(5,7)
	FE	0	0	1(0,9)	1(0,3)
	MI	4(5,1)	8(7,0)	1(0,9)	13(4,3)
	SJ	5(6,3)	9(7,9)	4(3,8)	18(6,0)
	SR	0	0	0	0
Cultivo associado	CACA	0	0	0	0
	FEMS	0	2(1,7)	0	2(0,7)
	MIFE	0	1(0,9)	0	1(0,3)
	MIMI	0	0	0	0
	MIMS	0	0	0	0
	MISR	1(1,3)	1(0,9)	0	2(0,7)
	MISRMI	0	0	0	0
	MLAL	0	0	0	0
	SJCA	0	0	0	0
	SJCN	10(12,7)	15(13,0)	8(7,6)	33(11,0)
	SJMI	0	1(0,9)	0	1(0,3)
	SJML	0	2(1,7)	0	2(0,7)
	SJMS	5(6,3)	3(2,6)	0	8(2,7)
	SJMSMI	0	0	0	0
	SJPS	0	0	0	0
	SJSR	4(5,1)	2(1,7)	1(0,9)	7(2,3)
SOMA	60(75,9)	87(75,7)	75(70,8)	222(74,0)	
SEM USO	0	0	0	0	
PS	9(11,4)	12(10,4)	15(14,2)	36(12,0)	
MA	3(3,8)	3(2,6)	0	6(2,0)	
GA	7(8,9)	12(10,4)	10(9,4)	29(9,7)	
Construções	0	1(0,9)	6(5,7)	7(2,3)	
TOTAL	79(100)	115(100)	106(100)	300(100)	

⁴ A legenda para as classes de uso é apresentada na Tabela 5.9.

TABELA 5.12 - Número de pontos amostrais em imagens e percentual, entre parênteses, com cada classe de uso, e de cana-de-açúcar não-colhida, na safra de 2002.

	Classe ⁵	Guará	Ipuã	São Joaquim da Barra	Total
Cultivo simples	AL	0	0	0	0
	CA	34(43,0)	55(47,8)	58(54,7)	147(49,0)
	CN	2(2,5)	0	7(6,6)	9(3,0)
	FE	1(1,3)	0	0	1(0,3)
	MI	0	1(0,9)	0	1(0,3)
	SJ	6(7,6)	13(11,3)	2(1,9)	21(7,0)
	SR	0	0	0	0
Cultivo associado	CACA	1(1,3)	1(0,9)	0	2(0,7)
	FEMS	0	0	0	0
	MIFE	0	0	0	0
	MIMI	0	0	0	0
	MIMS	0	0	1(0,9)	1(0,3)
	MISR	0	0	0	0
	MISRMI	0	0	0	0
	MLAL	0	0	0	0
	SJCA	3(3,8)	0	0	3(1,0)
	SJCN	1(1,3)	4(3,5)	4(3,8)	9(3,0)
	SJMI	0	0	0	0
	SJML	0	1(0,9)	0	1(0,3)
	SJMS	11(13,9)	4(3,5)	0	15(5,0)
	SJMSMI	0	1(0,9)	0	1(0,3)
	SJPS	1(1,3)	0	0	1(0,3)
SJSR	3(3,8)	7(6,1)	1(0,9)	11(3,7)	
SOMA	63(79,7)	87(75,7)	73(68,9)	223(74,4)	
SEM USO	0	0	1(0,9)	1(0,3)	
PS	6(7,6)	12(10,4)	16(15,1)	34(11,3)	
MA	3(3,8)	3(2,6)	0	6(2,0)	
GA	7(8,9)	12(10,4)	10(9,4)	29(9,7)	
Construções	0	1(0,9)	6(5,7)	7(2,3)	
TOTAL	79(100)	115(100)	106(100)	300(100)	

⁵ A legenda para as classes de uso é apresentada na Tabela 5.9.

As estimativas de área agrícola para as mesmas safras foram obtidas a partir do número de pontos em cada cultura simples ou associada (Tabelas 5.13, 5.14 e 5.15).

TABELA 5.13 - Estimativa de área agrícola (em hectares) para a safra de 2000 em Guará, Ipuã e São Joaquim da Barra.

	Classe ⁶	Guará	Ipuã	São Joaquim da Barra	Total
Cultivo simples	AL	0	0	0	0
	CA	13.325,32	12.561,74	21.766,04	47.985,33
	CN	918,99	405,22	2.720,75	4.136,67
	FE	0	0	0	0
	MI	918,99	1.215,65	0	2.068,33
	SJ	2.297,47	10.940,87	1.166,04	14.478,33
	SR	1.378,48	0	0	1.241,00
Cultivo associado	CACA	0	0	0	0
	FEMS	0	0	0	0
	MIFE	0	0	0	0
	MIMI	0	405,22	0	413,67
	MIMS	459,49	405,22	0	827,33
	MISR	0	405,22	0	413,67
	MISRFI	0	405,22	0	413,67
	MLAL	459,49	0	0	413,67
	SJCA	0	0	0	0
	SJCN	2.756,96	5.267,83	1.554,72	9.514,33
	SJMI	0	0	0	0
	SJML	0	0	0	0
	SJMS	3.675,95	2.026,09	1.166,04	6.618,67
	SJMRFI	0	0	0	0
	SJPS	0	0	0	0
	SJSR	0	405,22	0	413,67
	SOMA	26.191,14	34.443,48	28.373,58	88.938,33
SEM USO	459,49	810,43	0	1.241,00	
PS	5.054,43	4.862,61	6.607,55	16.546,67	
MA	1.378,48	1.215,65	0	2.482,00	
GA	3.216,46	4.862,61	3.886,79	11.996,33	
Construções	0	405,22	2.332,08	2.895,67	
TOTAL	36.300,00	46.600,00	41.200,00	124.100,00	

⁶ A legenda para as classes de uso é apresentada na Tabela 5.9.

TABELA 5.14 - Estimativa de área agrícola (em hectares) para a safra de 2001 em Guará, Ipuã e São Joaquim da Barra.

	Classe ⁷	Guará	Ipuã	São Joaquim da Barra	Total
Cultivo simples	AL	459,49	0	0	413,67
	CA	10.568,35	16.613,91	20.211,32	47.985,33
	CN	3.216,46	810,43	3.109,43	7.032,33
	FE	0	0	388,68	413,67
	MI	1.837,97	3.241,74	388,68	5.377,67
	SJ	2.297,47	3.646,96	1.554,72	7.446,00
	SR	0	0	0	0
Cultivo associado	CACA	0	0	0	0
	FEMS	0	810,43	0	827,33
	MIFE	0	405,22	0	413,67
	MIMI	0	0	0	0
	MIMS	0	0	0	0
	MISR	459,49	405,22	0	827,33
	MISRMI	0	0	0	0
	MLAL	0	0	0	0
	SJCA	0	0	0	0
	SJCN	4.594,94	6.078,26	3.109,43	13.651,00
	SJMI	0	405,22	0	413,67
	SJML	0	810,43	0	827,33
	SJMS	2.297,47	1.215,65	0	3.309,33
	SJMMSI	0	0	0	0
	SJPS	0	0	0	0
SJSR	1.837,97	810,43	388,68	2.895,67	
SOMA	27.569,62	35.253,91	29.150,94	91.834,00	
SEM USO	0	0	0	0	
PS	4.135,44	4.862,61	5.830,19	14.892,00	
MA	1.378,48	1.215,65	0	2.482,00	
GA	3.216,46	4.862,61	3.886,79	11.996,33	
Construções	0	405,22	2.332,08	2.895,67	
TOTAL	36.300,00	46.600,00	41.200,00	124.100,00	

⁷ A legenda para as classes de uso é apresentada na Tabela 5.9.

TABELA 5.15 - Estimativa de área agrícola (em hectares) para a safra de 2002 em Guará, Ipuã e São Joaquim da Barra.

	Classe ⁸	Guará	Ipuã	São Joaquim da Barra	Total
Cultivo simples	AL	0	0	0	0
	CA	15.622,78	22.286,96	22.543,40	60.809,00
	CN	1.378,48	1.620,87	4.275,47	7.446,00
	FE	459,49	0	0	413,67
	MI	0	405,22	0	413,67
	SJ	2.756,96	5.267,83	777,36	8.687,00
	SR	0	0	0	0
Cultivo associado	CACA	459,49	405,22	0	827,33
	FEMS	0	0	0	0
	MIFE	0	0	0	0
	MIMI	0	0	0	0
	MIMS	0	0	388,68	413,67
	MISR	0	0	0	0
	MISRMI	0	0	0	0
	MLAL	0	0	0	0
	SJCA	1.378,48	0	0	1.241,00
	SJCN	0	0	0	0
	SJMI	0	0	0	0
	SJML	0	405,22	0	413,67
	SJMS	5.054,43	1.620,87	0	6.205,00
	SJMIMI	0	405,22	0	413,67
	SJPS	459,49	0	0	413,67
SJSR	1.378,48	2.836,52	388,68	4.550,33	
SOMA	28.948,10	35.253,91	28.373,58	92.247,66	
SEM USO	0	0	388,68	413,67	
PS	2.756,96	4.862,61	6.218,87	14.064,67	
MA	1.378,48	1.215,65	0	2.482,00	
GA	3.216,46	4.862,61	3.886,79	11.996,33	
Construções	0	405,22	2.332,08	2.895,67	
TOTAL	36.300,00	46.600,00	41.200,00	124.100,00	

Essas tabelas indicam as culturas presentes nos 300 pontos, englobando as de cultivo simples e as de cultivo associados. Portanto, o somatório é igual ao total de pontos na área de estudo.

Os cultivos associados mais comuns para área de estudo incluem a soja como uma das culturas, sendo eles: soja/cana-de-açúcar e soja/milho safrinha, que na safra de 2000 ocuparam uma área de 13.651 ha e 6.619 ha, respectivamente; e soja/sorgo, que

⁸ A legenda para as classes de uso é apresentada na Tabela 5.9.

ocuparam 4.550 ha na safra de 2002. As associações da soja com o milho safrinha e com o sorgo são comuns porque o ciclo da soja é curto, favorecendo mais de um cultivo ao ano e, conseqüentemente, um melhor aproveitamento da área. Em geral, este tipo de associação se mantém de ano para ano nas mesmas áreas, mas difere da associação da soja com a cana-de-açúcar, a qual só é realizada quando o agricultor reforma o talhão de cana-de-açúcar plantando soja, que, pela sua relação simbiótica com bactérias, contribui para a fixação de nitrogênio no solo.

A Figura 5.8 apresenta os gráficos da área com cultivo associado.

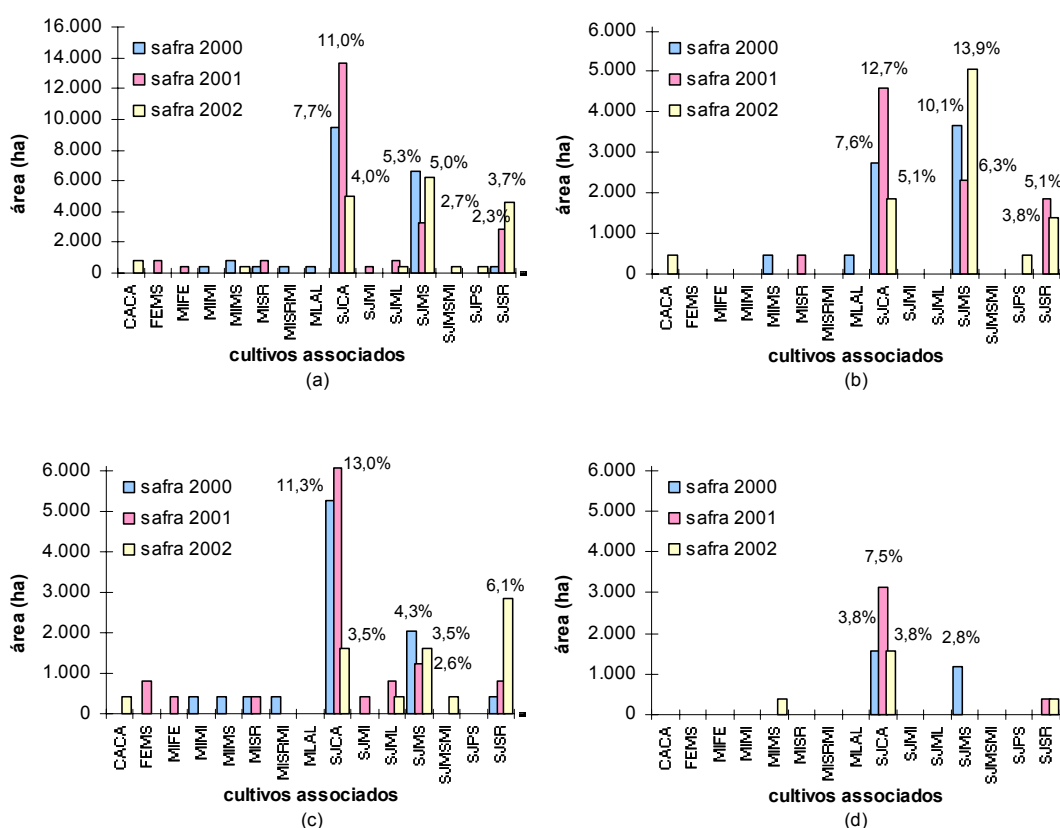


FIGURA 5.8 – Área de cultivo associado nos três municípios (a), em Guará (b), Ipuã (c) e São Joaquim da Barra (d).

Entre os municípios, o que possui menor área com associação de cultivos é São Joaquim da Barra, com áreas expressivas apenas para soja/cana, com 3.109 ha associados em 2001, e para soja/milho safrinha, com 1.666 ha associados em 2000. A baixa ocorrência de cultivos associados neste município deve-se ao fato de que é pequena a área plantada

com soja, sendo a cana-de-açúcar a cultura predominante, que é associada à soja apenas a cada quatro ou cinco anos, quando o talhão é reformado.

Com o intuito de comparar as estimativas calculadas com as estimativas oficiais, será feita uma breve discussão em relação às estimativas publicadas pelo IBGE e pelo IEA/CATI, que estão contidas nas Tabelas 5.16 e 5.17, respectivamente.

TABELA 5.16 - Área plantada e colhida (em hectares) para as principais culturas encontradas na área de estudo, em 2000 e 2001, estimada pelo IBGE.

Cultura Município	2000				2001			
	Guará	Ipuã	São Joaquim da Barra	Total	Guará	Ipuã	São Joaquim da Barra	Total
Cana-de-açúcar	9.000	14.500	23.800	47.300	11.000	24.000	23.500	58.500
Soja	10.900	19.500	5.400	35.800	10.550	16.200	5.000	31.750
Milho	7.680	18.500	3.360	29.540	7.300	8.500	3.000	18.800
Sorgo granífero	400	1.517	1.200	3.117	400	1.000	500	1.900
Feijão	0	170	0	170	0	196	0	196
Algodão herbáceo	400	210	0	610	750	213	0	963

FONTE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2003a).

Para as safras de 2000 e 2001 estimadas pelo IBGE, não houve perda alguma de produção para as culturas apresentadas na Tabela 5.16, sendo a área colhida igual à área plantada.

Ao comparar os dados do IBGE com os dados do IEA/CATI notam-se algumas semelhanças, o que pode sugerir que alguns desses números tenham sido obtidos de fontes similares. No entanto, para a maioria das classes de culturas estudadas, exceto para a soja e o algodão, o IEA/CATI (Montraggio, 2003) apresenta um detalhamento, de acordo com a época de plantio ou destino da cultura. A cana-de-açúcar é dividida em cana para indústria e para forragem, o feijão é dividido em feijão das águas e de inverno irrigado, o milho em milho em grão, milho em grão (safrinha), milho em grão irrigado e milho para silagem; e o sorgo, em forrageiro, da seca e das águas. Além disso, fornece a área nova de cana-de-açúcar. É considerada área nova aquela que está plantada mas, não será colhida no ano agrícola em questão.

TABELA 5.17 - Área colhida e área nova de cana (em hectares) para as principais culturas encontradas na área de estudo, em 2000, 2001 e 2002, estimada pelo IEA/CATI.

ÁREA EM PRODUÇÃO (ha)	2000				2001				2002			
	Guará	Ipuã	SJB	Total	Guará	Ipuã	SJB	Total	Guará	Ipuã	SJB	Total
Algodão em Carçoço	400	213	0	613	900	213	0	1.113	257	0	0	257
Cana para Forragem	0	90	0	90	100	90	50	240	0	0	0	0
Cana para Indústria	9.000	14.500	23.800	47.300	11.000	24.000	23.500	58.500	16.501	25.000	24.000	65.501
Feijão das Águas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10
Feijão de Inverno Irrigado	0	130	0	130	0	196	0	196	0	110	100	210
Milho em grão	1.000	3.500	360	4.860	1.300	5.500	700	7.500	800	2.000	400	3.200
Milho em Grão (Safrinha)	6.680	15.000	3.000	24.680	6.000	2.500	2.300	10.800	2.000	2.500	790	5.290
Milho em Grão Irrigado	0	0	0	0	0	0	0	0	200	0	10	210
Milho para Silagem	100	50	25	175	100	10	40	150	0	0	0	0
Soja	10.900	19.500	5.400	35.800	10.550	16.500	5.000	32.050	4.442	16.500	3.800	24.742
Sorgo Forrageiro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	25
Sorgo Granífero da Seca	400	1.500	1.200	3.100	400	1.000	300	1.700	1.000	2.000	300	3.300
Sorgo Granífero das Águas	0	17	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0
Área nova de cana	1.000	4.000	2.800	7.800	2.300	5.000	1.600	8.900	2.300	1.300	4.000	7.600

FONTE: Instituto de Economia Agrícola (IEA, 2003).

Em relação aos números registrados pelos dois institutos, pela comparação das safras de 2000 e 2001, a área de milho estimada pelo IBGE é o somatório das áreas estimadas pelo IEA/CATI para as classes milho em grão, milho em grão (safrinha) e milho em grão irrigado; não inclui, portanto, a classe milho para silagem. Mas mesmo não considerando esta última classe para Ipuã em 2001, a estimativa do IEA/CATI é 500 hectares inferior à do IBGE - 8.000 contra 8.500 hectares. Outras diferenças foram para a área de soja estimada em Ipuã para o ano 2001, quando o IBGE calculou 16.200 ha e o IEA/CATI estimou 16.500, e para a área de sorgo em São Joaquim da Barra para o mesmo ano, em que o IBGE estimou como sendo de 500 ha e o IEA/CATI como sendo de 300 ha. As áreas estimadas de algodão e feijão diferiram entre os dois Institutos em todos os municípios e anos em que ocorreram.

Como as estimativas de área agrícola por município para a safra de 2002 ainda não foram publicadas pelo IBGE, e como estas são muito semelhantes às divulgadas pelo IEA/CATI, as estimativas calculadas neste trabalho serão comparadas apenas às estimativas do IEA/CATI.

Além do número de pontos amostrais atribuídos a cada cultura e da área agrícola estimada, em cada safra, são apresentados nas Tabelas de 5.18 a 5.32 os limites inferior e superior, o desvio padrão, o coeficiente de variação e as estimativas de área do IEA/CATI, sendo cada tabela referente a um município ou à área total. Os limites inferior e superior foram calculados a partir do ajuste a uma distribuição binomial, com intervalo de confiança de 90%. Em alguns casos, o limite inferior calculado foi negativo, o que não tem significado. Nesses casos, utilizou-se a expressão menor que zero (< 0) para representar esses valores. As estimativas de safra do IEA/CATI foram agrupadas por cultura para permitir a comparação com os dados do trabalho.

TABELA 5.18 - Número de pontos amostrais e percentual, entre parênteses, com cada cultura colhida e com cana-de-açúcar não colhida, na safra de 2000.

Cultura	Guará	Ipuã	São Joaquim da Barra	Total
Cana-de-açúcar	29 (36,7%)	31 (27,0%)	56 (52,8%)	116 (38,7%)
Soja	19 (24,1%)	46 (40,0%)	10 (9,4%)	75 (25,0%)
Milho	12 (15,2%)	15 (13,0%)	3 (2,8%)	30 (10,0%)
Sorgo	3 (3,8%)	3 (2,6%)	0	6 (2,0%)
Milheto	1 (1,3%)	0	0	1 (0,3%)
Feijão	0	0	0	0
Algodão	1 (1,3%)	0	0	1 (0,3%)
Sem uso	1 (1,3%)	2 (1,7%)	0	3 (1,0%)
Cana-de-açúcar não colhida	8 (10,1%)	14 (12,2%)	11 (10,4%)	33 (11,0%)
Pastagem	11 (13,9%)	12 (10,4%)	17 (16,0%)	40 (13,3%)
SOMA	85 (107,6%)	123 (107,0%)	97 (91,5%)	305 (101,7%)

TABELA 5.19 - Estimativa de área agrícola de Guará para a safra de 2000, por cultura.

Cultura	Área (ha)	Desvio padrão	LI ⁹	LS ¹⁰	CV(%) ¹¹	IEA/CATI (ha) ¹²
Cana-de-açúcar	13.325	1.969	10.087	16.564	14,8%	9.000
Soja	8.730	1.745	5.859	11.602	20,0%	10.900
Milho	5.514	1.514	3.023	8.005	27,5%	7.780
Sorgo	1.378	781	94	2.663	56,6%	400
Milheto	459	457	< 0	1.211	99,4%	0
Feijão	0	-	-	-	-	0
Algodão	459	457	< 0	1.211	99,4%	400
Sem uso	459	457	< 0	1.211	99,4%	-
Cana-de-açúcar não colhida	3.676	1.232	1.649	5.703	33,5%	1.000
Pastagem	5.054	1.414	2.729	7.380	28,0%	-

TABELA 5.20 - Estimativa de área agrícola de Ipuã para a safra de 2000, por cultura.

Cultura	Área (ha)	Desvio padrão	LI	LS	CV(%)	IEA/CATI (ha)
Cana-de-açúcar	12.562	1.928	9.390	15.734	15,4%	14.590
Soja	18.640	2.129	15.138	22.142	11,4%	19.500
Milho	6.078	1.528	3.564	8.592	25,1%	18.550
Sorgo	1.216	693	76	2.355	57,0%	1.517
Milheto	0	-	-	-	-	0
Feijão	0	-	-	-	-	130
Algodão	0	-	-	-	-	213
Sem uso	810	568	< 0	1.745	70,1%	-
Cana-de-açúcar não colhida	5.673	1.421	3.336	8.010	25,0%	4.000
Pastagem	4.863	1.328	2.677	7.048	27,3%	-

⁹ LI é o limite inferior para o intervalo de confiança da Distribuição Binomial, considerando $\alpha=0,05$; quando esse limite calculado é negativo, adota-se a notação menor que zero (< 0).

¹⁰ LS é o limite superior para o intervalo de confiança da Distribuição Binomial, considerando $\alpha=0,05$.

¹¹ CV(%) é o coeficiente de variação em valores percentuais.

¹² Estimativas de safra do IEA em conjunto com a CATI.

TABELA 5.21 - Estimativa de área agrícola de São Joaquim da Barra para a safra de 2000, por cultura.

Cultura	Área (ha)	Desvio padrão	LI	LS	CV(%)	IEA/CATI (ha)
Cana-de-açúcar	21.766	1.998	18.480	25.052	9,2%	23.800
Soja	3.887	1.170	1.963	5.811	30,1%	5.400
Milho	1.166	664	74	2.258	56,9%	3.385
Sorgo	0	-	-	-	-	1.200
Milheto	0	-	-	-	-	0
Feijão	0	-	-	-	-	0
Algodão	0	-	-	-	-	0
Sem uso	0	-	-	-	-	-
Cana-de-açúcar não colhida	4.275	1.220	2.268	6.283	28,5%	2.800
Pastagem	6.608	1.468	4.192	9.023	22,2%	-

TABELA 5.22 - Estimativa de área agrícola total, para os três municípios, para a safra de 2000, por cultura.

Cultura	Área (ha)	Desvio padrão	LI	LS	CV(%)	IEA/CATI (ha)
Cana-de-açúcar	47.985	3.489	42.246	53.725	7,3%	47.390
Soja	31.025	3.103	25.921	36.129	10,0%	35.800
Milho	12.410	2.211	8.773	16.047	17,8%	29.715
Sorgo	2.482	1.003	832	4.132	40,4%	3.117
Milheto	414	413	< 0	1.093	99,8%	0
Feijão	0	-	-	-	-	130
Algodão	414	413	< 0	1.093	99,8%	613
Sem uso	1.241	713	68	2.414	57,4%	-
Cana-de-açúcar não colhida	13.651	2.242	9.963	17.339	16,4%	7.800
Pastagem	16.547	2.436	12.540	20.553	14,7%	-

TABELA 5.23 - Número de pontos amostrais e percentual, entre parênteses, com cada cultura colhida e com cana-de-açúcar não colhida, na safra de 2001.

Cultura	Guará	Ipuã	São Joaquim da Barra	Total
Cana-de-açúcar	23 (29,1%)	41 (35,7%)	52 (49,1%)	116 (38,7%)
Soja	24 (30,4%)	32 (27,8%)	13 (12,3%)	69 (23,0%)
Milho	10 (12,7%)	16 (13,9%)	1 (0,9%)	27 (9,0%)
Sorgo	5 (6,3%)	3 (2,6%)	1 (0,9%)	9 (3,0%)
Milheto	0	2 (1,7%)	0	2 (0,7%)
Feijão	0	3 (2,6%)	1 (0,9%)	4 (1,3%)
Algodão	1 (1,3%)	0	0	1 (0,3%)
Sem uso	0	0	0	0
Cana-de-açúcar não colhida	17 (21,5%)	17 (14,8%)	16 (15,1%)	50 (16,7%)
Pastagem	9 (11,4%)	12 (10,4%)	15 (14,2%)	36 (12,0%)
SOMA	89 (112,7%)	126 (109,6%)	99 (93,4%)	314 (104,7%)

TABELA 5.24 - Estimativa de área agrícola de Guará para a safra de 2001, por cultura.

Cultura	Área (ha)	Desvio padrão	LI	LS	CV(%)	IEA/CATI (ha)
Cana-de-açúcar	10.568	1.855	7.516	13.620	17,6%	11.100
Soja	11.028	1.878	7.938	14.118	17,0%	10.550
Milho	4.595	1.406	2.282	6.908	30,6%	7.400
Sorgo	2.297	994	662	3.933	43,3%	400
Milheto	0	-	-	-	-	0
Feijão	0	-	-	-	-	0
Algodão	459	457	< 0	1.211	99,4%	900
Sem uso	0	-	-	-	-	-
Cana-de-açúcar não colhida	7.811	1.678	5.050	10.572	21,5%	2.300
Pastagem	4.135	1.298	2.001	6.270	31,4%	-

TABELA 5.25 - Estimativa de área agrícola de Ipuã para a safra de 2001, por cultura.

Cultura	Área (ha)	Desvio padrão	LI	LS	CV(%)	IEA/CATI (ha)
Cana-de-açúcar	16.614	2.081	13.190	20.038	12,5%	24.090
Soja	12.967	1.947	9.763	16.170	15,0%	16.500
Milho	6.483	1.564	3.910	9.057	24,1%	8.010
Sorgo	1.216	693	76	2.355	57,0%	1.000
Milheto	810	568	< 0	1.745	70,1%	0
Feijão	1.216	693	76	2.355	57,0%	196
Algodão	0	-	-	-	-	213
Sem uso	0	-	-	-	-	-
Cana-de-açúcar não colhida	6.889	1.542	4.352	9.426	22,4%	5.000
Pastagem	4.863	1.328	2.677	7.048	27,3%	-

TABELA 5.26 - Estimativa de área agrícola de São Joaquim da Barra para a safra de 2001, por cultura.

Cultura	Área (ha)	Desvio padrão	LI	LS	CV(%)	IEA/CATI (ha)
Cana-de-açúcar	20.211	2.000	16.921	23.502	9,9%	23.550
Soja	5.053	1.313	2.894	7.212	26,0%	5.000
Milho	389	387	< 0	1.025	99,5%	3.040
Sorgo	389	387	< 0	1.025	99,5%	300
Milheto	0	-	-	-	-	0
Feijão	389	387	< 0	1.025	99,5%	0
Algodão	0	-	-	-	-	0
Sem uso	0	-	-	-	-	-
Cana-de-açúcar não colhida	6.219	1.433	3.862	8.575	23,0%	1.600
Pastagem	5.830	1.395	3.536	8.125	23,9%	-

TABELA 5.27 - Estimativa de área agrícola total, para os três municípios, para a safra de 2001, por cultura.

Cultura	Área (ha)	Desvio padrão	LI	LS	CV(%)	IEA/CATI (ha)
Cana-de-açúcar	47.985	3.489	42.246	53.725	7,3%	58.740
Soja	28.543	3.015	23.583	33.503	10,6%	32.050
Milho	11.169	2.102	7.712	14.626	18,8%	18.450
Sorgo	3.723	1.222	1.712	5.734	32,8%	1.700
Milheto	827	583	< 0	1.786	70,5%	0
Feijão	1.655	822	303	3.007	49,7%	196
Algodão	414	413	< 0	1.093	99,8%	1.113
Sem uso	0	-	-	-	-	-
Cana-de-açúcar não colhida	20.683	2.670	16.291	25.076	12,9%	8.900
Pastagem	14.892	2.328	11.062	18.722	15,6%	-

TABELA 5.28 - Número de pontos amostrais e percentual, entre parênteses, com cada cultura colhida e com cana-de-açúcar não colhida, na safra de 2002.

Cultura	Guará	Ipuã	São Joaquim da Barra	Total
Cana-de-açúcar	39 (49,4%)	57 (49,6%)	58 (54,7%)	154 (51,3%)
Soja	24 (30,4%)	26 (22,6%)	3 (2,8%)	53 (17,7%)
Milho	11 (13,9%)	7 (6,1%)	2 (1,9%)	20 (6,7%)
Sorgo	3 (3,8%)	7 (6,1%)	1 (0,9%)	11 (3,7%)
Milheto	0	1 (0,9%)	0	1 (0,3%)
Feijão	1 (1,3%)	0	0	1 (0,3%)
Algodão	0	0	0	0
Sem uso	0	0	1 (0,9%)	1 (0,3%)
Cana-de-açúcar não colhida	3 (3,8%)	4 (3,5%)	11 (10,4%)	18 (6,0%)
Pastagem	7 (8,9%)	12 (10,4%)	16 (15,1%)	35 (11,7%)
SOMA	88 (111,4%)	114 (99,1%)	92 (86,8%)	294 (98,0%)

TABELA 5.29 - Estimativa de área agrícola de Guará para a safra de 2002, por cultura.

Cultura	Área (ha)	Desvio padrão	LI	LS	CV(%)	IEA/CATI (ha)
Cana-de-açúcar	17.920	2.042	14.561	21.279	11,4%	16.501
Soja	11.028	1.878	7.938	14.118	17,0%	4.442
Milho	5.054	1.414	2.729	7.380	28,0%	3.000
Sorgo	1.378	781	94	2.663	56,6%	1.000
Milheto	0	-	-	-	-	0
Feijão	459	457	< 0	1.211	99,4%	0
Algodão	0	-	-	-	-	257
Sem uso	0	-	-	-	-	-
Cana-de-açúcar não colhida	1.378	781	94	2.663	56,6%	2.300
Pastagem	3.216	1.161	1.307	5.126	36,1%	-

TABELA 5.30 - Estimativa de área agrícola de Ipuã para a safra de 2002, por cultura.

Cultura	Área (ha)	Desvio padrão	LI	LS	CV(%)	IEA/CATI (ha)
Cana-de-açúcar	23.097	2.173	19.523	26.671	9,4%	25.000
Soja	10.536	1.818	7.546	13.526	17,3%	16.500
Milho	2.837	1.054	1.103	4.570	37,2%	4.500
Sorgo	2.837	1.039	1.127	4.546	36,6%	2.000
Milheto	405	403	< 0	1.069	99,6%	0
Feijão	0	-	-	-	-	110
Algodão	0	-	-	-	-	0
Sem uso	0	-	-	-	-	-
Cana-de-açúcar não colhida	1.621	796	311	2.931	49,1%	1.300
Pastagem	4.863	1.328	2.677	7.048	27,3%	-

TABELA 5.31 - Estimativa de área agrícola de São Joaquim da Barra para a safra de 2002, por cultura.

Cultura	Área (ha)	Desvio padrão	LI	LS	CV(%)	IEA/CATI (ha)
Cana-de-açúcar	22.543	1.992	19.267	25.820	8,8%	24.000
Soja	1.166	664	74	2.258	56,9%	3.800
Milho	777	547	< 0	1.677	70,4%	1.200
Sorgo	389	387	< 0	1.025	99,5%	325
Milheto	0	-	-	-	-	0
Feijão	0	-	-	-	-	110
Algodão	0	-	-	-	-	0
Sem uso	389	387	< 0	1.025	99,5%	-
Cana-de-açúcar não colhida	4.275	1.220	2.268	6.283	28,5%	4.000
Pastagem	6.219	1.433	3.862	8.575	23,0%	-

TABELA 5.32 - Estimativa de área agrícola total, para os três municípios, para a safra de 2002, por cultura.

Cultura	Área (ha)	Desvio padrão	LI	LS	CV(%)	IEA/CATI (ha)
Cana-de-açúcar	63.705	3.581	57.814	69.596	5,6%	65.501
Soja	21.924	2.733	17.429	26.419	12,5%	24.742
Milho	8.273	1.804	5.306	11.241	21,8%	8.700
Sorgo	4.550	1.347	2.335	6.765	29,6%	3.325
Milheto	414	413	< 0	1.093	99,8%	0
Feijão	414	413	< 0	1.093	99,8%	220
Algodão	0	-	-	-	-	257
Sem uso	414	413	< 0	1.093	99,8%	-
Cana-de-açúcar não colhida	7.446	1.702	4.647	10.245	22,9%	7.600
Pastagem	14.478	2.300	10.695	18.262	15,9%	-

De maneira geral, os coeficientes de variação obtidos foram maiores quando tratados em escala municipal, que quando tratados para os três municípios em conjunto. Além disso, como era de esperar, quanto maior a área ocupada por uma cultura, menor é o CV.

Para a cana-de-açúcar, em 2000 e 2001 foram encontrados CVs de até 17% por município e de 7%, para os dois anos, para os três municípios. Para 2002, com um aumento significativo na área ocupada por essa cultura, os CVs por município caíram, atingindo no máximo 11% (Guará), e o CV para os três municípios chegou a 5%.

A soja, que ocupa uma área menor, teve um CV de 10%, para os anos 2000 e 2001, e de 12,5% para 2002, para os três municípios, devido à redução na área ocupada. O aumento no CV para o milho se deve ao mesmo fato. Para 2000 e 2001, encontrou-se um CV de 17,8% e 18,8%, respectivamente, e em 2002 o CV elevou para 21,8%.

Para as culturas menos expressivas, como o sorgo, o milheto, o feijão e o algodão, os CVs, mesmo quando analisados na área total, são elevados, acima de 30%, atingindo até 99,8%.

Os valores de CV para as grandes culturas ficaram próximos do ideal (menores que 15%). Já para as culturas que ocupam menor área nos municípios, esses valores foram insatisfatórios.

Gomez e Gallego (2000) obtiveram valores de CV que variaram entre 13% e 46%, para cinco culturas agrícolas, que ocupam áreas entre 1.000 ha e 30.000 ha. Esses valores de CV foram considerados elevados pelos autores, que atribuíram o fato ao pequeno número de amostras. No entanto, quando as estimativas são somadas, por exemplo, dois tipos de milho, o CV diminui. As estimativas de área agrícola por município tornam-se mais precisas quando são somadas e consideradas por região, pois o CV é reduzido com o aumento do número de amostras.

Analisando a área ocupada pelas culturas nos três anos, pode-se observar que o uso agropecuário que ocupa maior área nos três municípios é a cana-de-açúcar, seguido pela

soja e pela pastagem. A Figura 5.9 apresenta a participação de cada cultura nos três municípios, em 2000, 2001 e 2002. Nota-se um aumento na área ocupada pela cana-de-açúcar, que em 2000 ocupava 49% da área rural, em 2001 passou a ocupar 54% e em 2002, atingiu 59% da área rural. O inverso ocorreu com a soja nesses três anos, reduzindo a área ocupada de 25% em 2000, para 18% em 2002.

Considerando a área total ocupada por milho, houve um decréscimo de 3% na área plantada, passando de 10% em 2000 para 7% em 2003. Em relação à área de pastagem, houve pouca alteração, variando entre 11 e 13% a área ocupada.

O sorgo, o milheto, o feijão e o algodão aparecem na área de estudo como culturas menos significativas, e no caso do feijão e do algodão, não foram encontrados nos três anos.

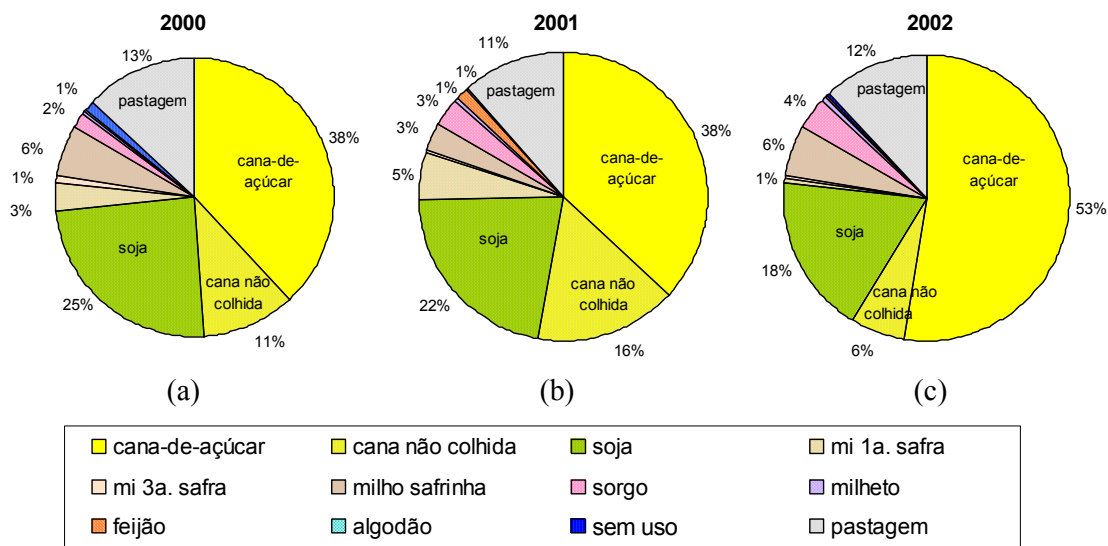


FIGURA 5.9 – Participação estimada das culturas nos três municípios para as safras de 2000 (a), 2001 (b) e 2002 (c).

A Figura 5.10 apresenta a participação de cada cultura, por município.

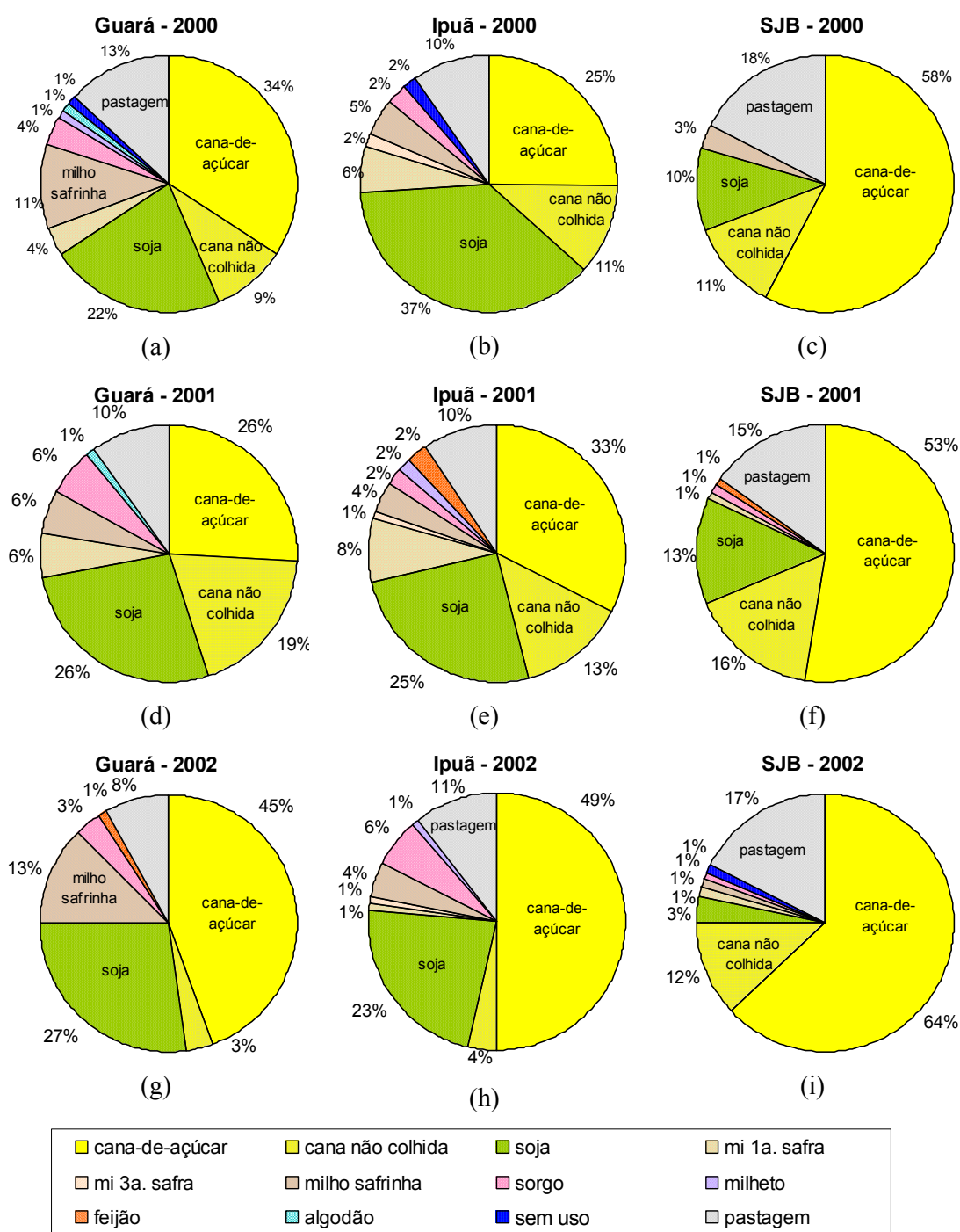


FIGURA 5.10 – Participação estimada das culturas nas safras de 2000, 2001 e 2002 em Guará (a), (d) e (g); em Ipuã (b), (e) e (h) e em São Joaquim da Barra (c), (f) e (i).

O município de São Joaquim da Barra surge, entre os três municípios, como o principal produtor de cana-de-açúcar, chegando a ocupar, no ano 2002, 76% (26.818 ha) da área rural do município. O município de Ipuã, que em 2000 chegou a possuir 37% da área rural (18.640 ha) de soja, substituiu parte dessa área pela cultura da cana-de-açúcar, que passou a ocupar, em 2002, 10.536 ha.

As diferenças entre as estimativas do IEA/CATI e as estimativas calculadas segundo a metodologia aqui delineada estão apresentadas nas de Tabelas 5.33 a 5.35, para cada safra. No entanto, como a área ocupada pelas grandes culturas, como a cana-de-açúcar e a soja, é muito superior à área ocupada por culturas de baixa ocorrência na área de estudo, como o feijão e o algodão, elaborou-se o estudo do erro em relação à área ocupada, denominado, nas tabelas, de erro relativo.

TABELA 5.33 - Diferença entre as estimativas calculadas pelo método proposto e as estimativas do IEA/CATI (em hectares) para a safra de 2000.

Municípios	Guará		Ipuã		São Joaquim da Barra		Total	
	IEA/CATI (ha)	Diferença (%)	IEA/CATI (ha)	Diferença (%)	IEA/CATI (ha)	Diferença (%)	IEA/CATI (ha)	Diferença (%)
Cana-de-açúcar	9.000	+4.325 (48%)	14.590	-2.028 (-14%)	23.800	-2.034 (-9%)	47.390	+595 (1%)
Soja	10.900	-2.170 (-20%)	19.500	-860 (-4%)	5.400	-1.513 (-28%)	35.800	-4.775 (-13%)
Milho	7.780	-2.266 (-29%)	18.550	-12.472 (-67%)	3.385	-2.219 (-66%)	29.715	-17.305 (-58%)
Sorgo	400	+978 (245%)	1.517	-301 (-20%)	1.200	-1.200 (-100%)	3.117	-635 (-20%)
Feijão	-	-	130	-	-	-	130	-
Algodão	400	+59 (15%)	213	-213 (-100%)	-	-	613	-199 (-33%)
Cana não colhida	1.000	+2.676 (268%)	4.000	+1.673 (42%)	2.800	+1.475 (100%)	7.800	+5.851 (75%)

TABELA 5.34 - Diferença entre as estimativas calculadas pelo método proposto e as estimativas do IEA/CATI (em hectares) para a safra de 2001.

Municípios	Guará		Ipuã		São Joaquim da Barra		Total	
	IEA/CATI (ha)	Diferença (%)	IEA/CATI (ha)	Diferença (%)	IEA/CATI (ha)	Diferença (%)	IEA/CATI (ha)	Diferença (%)
Cana-de-açúcar	11.100	-532 (-5%)	24.090	-7.476 (-31%)	23.550	-3.339 (-14%)	58.740	-10.755 (-18%)
Soja	10.550	+478 (5%)	16.500	-3.533 (-21%)	5.000	+53 (1%)	32.050	-3.507 (-11%)
Milho	7.400	-2.805 (-38%)	8.010	-1.527 (-19%)	3.040	-2.651 (-87%)	18.450	-7.281 (-39%)
Sorgo	400	+1.897 (474%)	1.000	+216 (22%)	300	+89 (30%)	1.700	+2.023 (119%)
Feijão	-	-	196	+1.020 (-)	0	+389 (-)	196	+1.459 (744%)
Algodão	900	-441 (-49%)	213	-213 (-100%)	-	-	1.113	-699 (-63%)
Cana não colhida	2.300	+5.511 (240%)	5.000	+1.889 (38%)	1.600	+4.619 (289%)	8.900	+11.783 (132%)

TABELA 5.35 - Diferença entre as estimativas calculadas pelo método proposto e as estimativas do IEA/CATI (em hectares) para a safra de 2002.

Municípios	Guará		Ipuã		São Joaquim da Barra		Total	
	IEA/CATI (ha)	Diferença (%)	IEA/CATI (ha)	Diferença (%)	IEA/CATI (ha)	Diferença (%)	IEA/CATI (ha)	Diferença (%)
Cana-de-açúcar	16.501	+1.419 (9%)	25.000	-1.903 (-8%)	24.000	-1.457 (-6%)	65.501	-1.796 (-3%)
Soja	4.442	+6.586 (148%)	16.500	-5.964 (-36%)	3.800	-2.634 (-69%)	24.742	-2.818 (-11%)
Milho	3.000	+2.054 (68%)	4.500	-1.663 (-37%)	1.200	-423 (-35%)	8.700	-427 (-5%)
Sorgo	1.000	+378 (38%)	2.000	+837 (42%)	325	+64 (20%)	3.325	+1.225 (37%)
Feijão	0	+459 (-)	110	-110 (-)	110	-110 (-)	220	+194 (88%)
Algodão	257	-257 (-100%)	0	-	0	-	257	-257 (-100%)
Cana não colhida	2.300	-922 (-40%)	1.300	+321 (25%)	4.000	+275 (100%)	7.600	-154 (-2%)

Como as estimativas fornecidas pelo IEA/CATI ou pelo IBGE são de origem subjetiva, não existe uma avaliação ou indicação da magnitude do erro desses valores. Especificamente na área de estudo, acredita-se que as estimativas do IBGE e do IEA/CATI para a cana-de-açúcar são calculadas com base em informações fornecidas por pessoal ligado às usinas locais. Os talhões de cana-de-açúcar da região são, em sua maioria, cultivadas para as usinas; portanto, a informação de área cultivada com esta cultura pode ser considerada precisa. No entanto, para as demais culturas, cuja produção

não é tão bem caracterizada e é mais pulverizada por múltiplos produtores, a informação pode ser menos precisa.

Considerando que as estimativas oficiais para a cana-de-açúcar são mais confiáveis, e como as estimativas calculadas neste trabalho ficaram muito próximas a estas, pode-se concluir que a metodologia fornece uma boa estimativa. Além do mais, as estimativas por pontos amostrais sobre imagens de satélite possuem a vantagem de apresentarem uma indicação de erro e de coeficiente de variação. Observaram-se sensíveis diferenças para as demais culturas. Porém, deve ser considerado que as estimativas oficiais não possuem a mesma precisão de cultura para cultura, como explicitado para o caso da cana-de-açúcar, não há como saber o grau de confiabilidade destas. No entanto, para as estimativas deste trabalho, a confiabilidade é a mesma para qualquer cultura, pois a metodologia é a mesma.

Além das áreas agropecuárias, foram encontradas as estimativas de mata e de mata de galeria para os três municípios. Na classe mata, considerou-se qualquer tipo de vegetação arbórea, natural ou reflorestada, sem exploração agrícola. Para a área estimada de mata e de mata galeria, nos três municípios, não houve alteração entre os anos 2000, 2001 e 2002. A Tabela 5.36 apresenta essas estimativas.

TABELA 5.36 – Estimativas de área de mata e de mata de galeria para 2000, 2001 e 2002.

Município	Cultura	Área (ha)	%	Desvio padrão	LI	LS	CV(%)
Guará	Mata	1.378	3,8%	781	94	2.663	56,6%
	Mata de galeria	3.216	8,9%	1.161	1.307	5.126	36,1%
Ipuã	Mata	1.216	2,6%	693	76	2.355	57,0%
	Mata de galeria	4.863	10,4%	1.328	2.677	7.048	27,3%
São Joaquim da Barra	Mata	0	0,0%	-	-	-	-
	Mata de galeria	3.887	9,4%	1.170	1.963	5.811	30,1%
Três municípios	Mata	2.482	2,0%	1.003	832	4.132	40,4%
	Mata de galeria	11.996	9,7%	2.117	8.513	15.479	17,6%

O município de Ipuã possui a maior área de mata de galeria, 10,4% de seu território, o que equivale a 4.863 ha. Para a área de mata, a maior estimativa foi para o município de Guará com 1.378 ha. Para São Joaquim da Barra a estimativa de mata foi zero. Destaca-

se que não houve nenhum tipo de análise quanto à qualidade e ao grau de alteração das matas.

Essas estimativas foram comparadas com dados do censo agropecuário, realizado pelo IBGE em 1996, e com os dados do LUPA, realizado pelo IEA/CATI em 1995/1996. Além disso, também foram comparadas as áreas de pastagem obtidas neste trabalho, embora os levantamentos anuais, o LSPA e as estimativas do EIA/CATI, não abordem essa classe de uso.

Os dados de pastagem natural e de pastagem plantada fornecidos pelo censo agropecuário foram somados e considerados apenas como pastagem. As áreas do censo agropecuário e do LUPA de floresta natural foram somadas às de reflorestamento, sendo considerados como mata. Para essas duas fontes de dados não há nenhuma classe com referência à mata de galeria. Portanto, foi suposto que as áreas de mata englobam também as áreas de mata de galeria. A Tabela 5.37 apresenta as área de mata e a área média de pastagem, para os três anos, estimadas neste trabalho e as áreas para as mesmas classes do LUPA e do censo agropecuário.

TABELA 5.37 – Área de mata e área de pastagem em Guará, Ipuã e São Joaquim da Barra.

Classe	Município	Área (ha)	Área (ha) LUPA	Área (ha) CENSO
pastagem	Guará	4.135,44	5.398,20	5.474,43
	Ipuã	4.862,61	3.742,10	3.472,13
	São Joaquim da Barra	6.218,87	5.274,30	5.881,75
mata	Guará	4.594,94	850	556,05
	Ipuã	6.078,26	1.648,00	991,388
	São Joaquim da Barra	3.886,79	2.145,70	1.401,55

Apesar de a área de pastagem estimada no presente trabalho se aproximar dos dados do censo agropecuário e do LUPA, a área de mata, para os três municípios, foi superestimada. Uma possível explicação é que os dados usados para comparação abordam a mata de galeria.

5.8 Consultas no Banco de Dados

Neste tópico pretende-se exemplificar algumas consultas que podem ser realizadas no banco de dados que foi gerado.

Uma possibilidade é inserir gráficos do tipo “torta”, utilizando a função “agrupamento”. A seguir é apresentada a ilustração de um agrupamento por município, com os dados de área estimada de cana-de-açúcar, soja e milho, para a safra de 2000 (Figura 5.11).

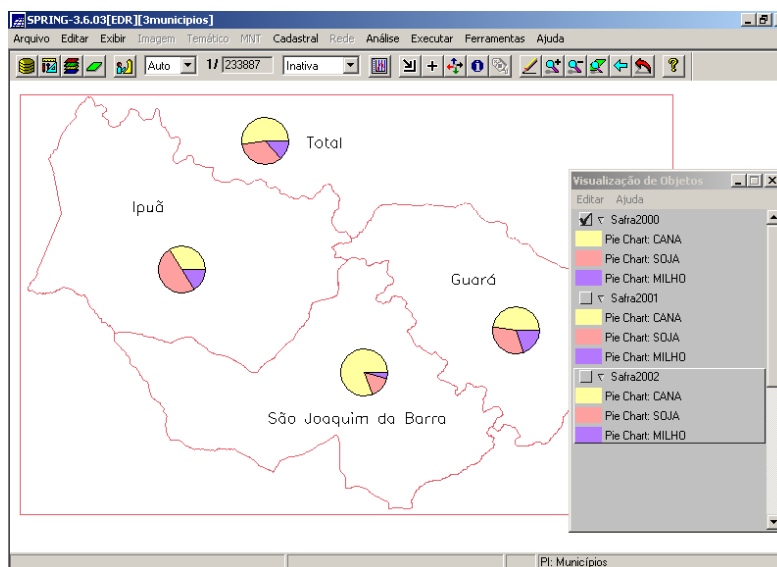


FIGURA 5.11 – Visualização de um agrupamento por município, para as estimativas de área de cana-de-açúcar, soja e milho, na safra de 2000.

A consulta aos atributos de um ponto pode ser realizada pela tabela ou por um *click* duplo no ponto visualizado na tela. Além dos atributos alfanuméricos, foram inseridos arquivos vinculados aos objetos. Esses arquivos contêm fotografias e sons obtidos em campo. Para facilitar o trabalho de campo, as descrições de campo foram gravadas oralmente na própria máquina fotográfica digital. A Figura 5.12 exemplifica a consulta a um ponto e ilustra a exibição da fotografia e da gravação que estão associados ao ponto.

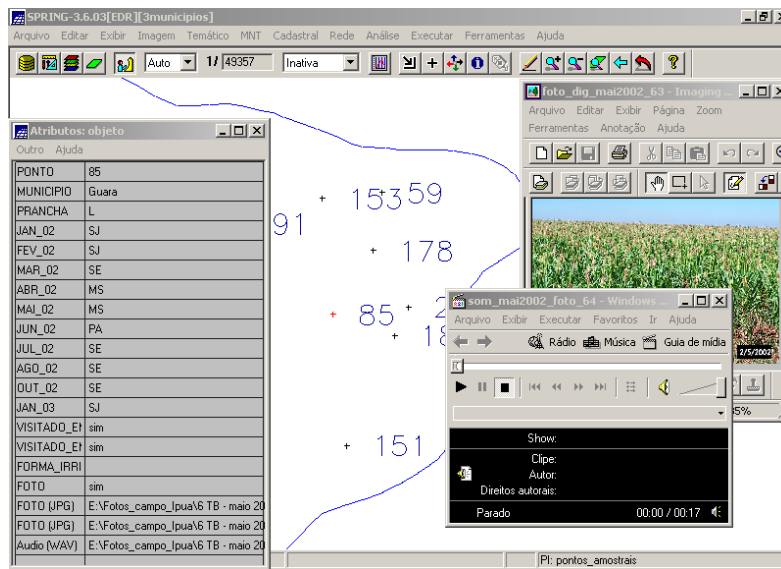


FIGURA 5.12 - Exemplo de consulta aos atributos de um objeto.

Considerando os dois tipos de objetos existentes no banco, pontos e polígonos, onde os pontos se referem ao painel amostral e os polígonos se referem aos municípios, foram realizados dois tipos de consultas: consultas pontuais e por município. As consultas pontuais foram realizadas na tabela de pontos com o uso do solo em cada data. As consultas por área foram realizadas na tabela das estimativas, com os municípios.

Foram realizadas duas consultas por pontos, apenas para ilustrar. A primeira questão é quais os pontos que apresentaram a associação cana-de-açúcar/soja, na safra de 2002. A resposta é apresentada espacialmente e por uma tabela, com a visualização apenas dos pontos e atributos que atendem à pergunta. A Figura 5.13 apresenta os doze pontos que atendem à expressão lógica.

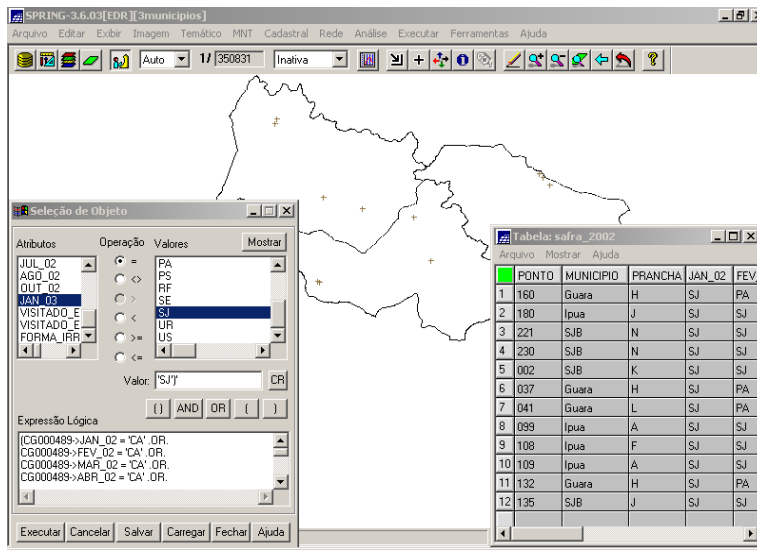


FIGURA 5.13 – Consulta aos pontos que apresentam a associação cana-de-açúcar/soja em 2002.

A segunda consulta pontual refere-se à mudança de uso da terra. A expressão lógica foi criada com o intuito de encontrar os pontos amostrais que eram utilizados como pastagem e passaram a ser cultivados, ou que eram cultivados e foram transformados em pasto. Para a safra de 2001, apenas um ponto atende a essa consulta, como pode ser visualizado na Figura 5.14.

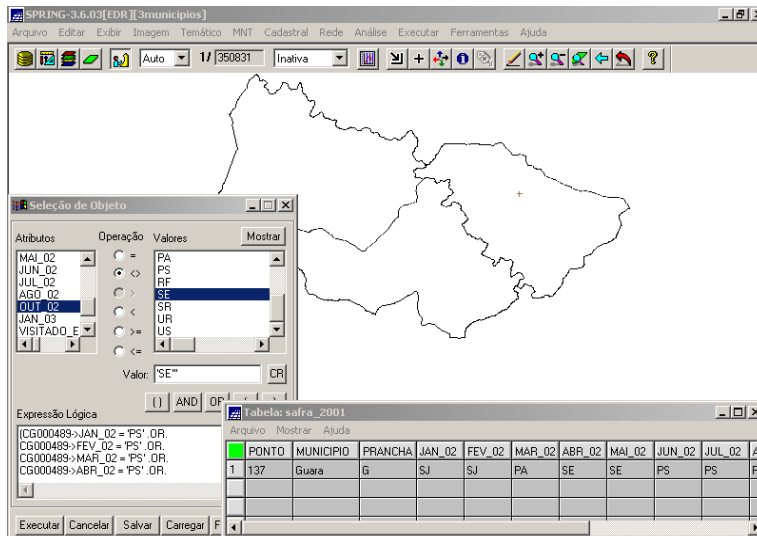


FIGURA 5.14 – Ilustração da consulta aos pontos cujo uso foi alterado de pasto para cultivo, ou vice-versa, em 2001.

Para exemplificar as consultas por município, foram criadas mais duas expressões. A primeira responde à pergunta de quais os municípios que, para a safra de 2001, apresentaram uma estimativa de área de cana-de-açúcar entre 20.000 e 30.000 hectares. Na safra considerada, apenas o município de São Joaquim da Barra, atendeu a essa pergunta (Figura 5.15).

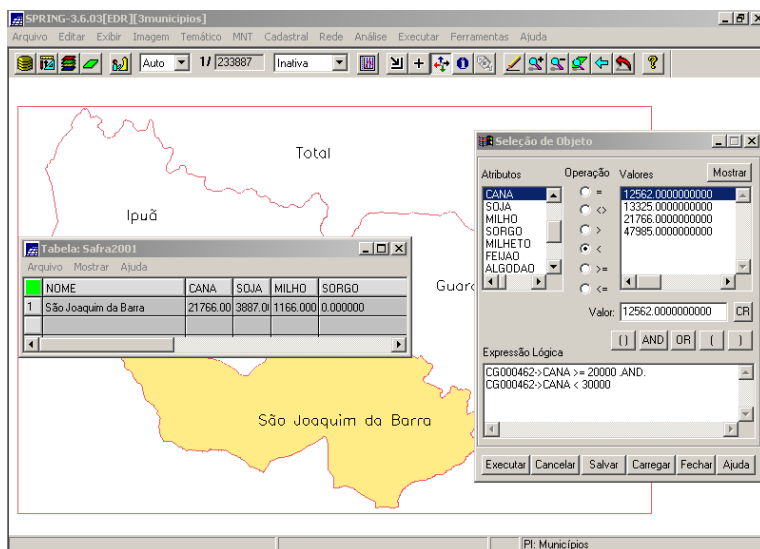


FIGURA 5.15 – Ilustração do município que apresentou a área de cana-de-açúcar entre 20.000 e 30.000 hectares em 2001.

E por fim, foi realizada a consulta aos municípios que apresentaram área estimada de soja superior à área estimada de cana-de-açúcar. Como ilustra a Figura 5.16, apenas o município de Guará apresentou essa característica.

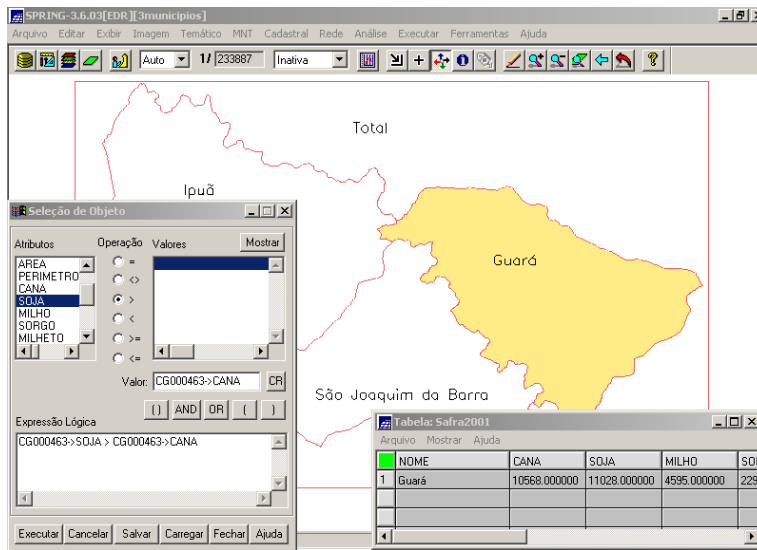


FIGURA 5.16 – Consulta ao município que, na safra de 2001, apresentou área estimada de soja superior à área estimada de cana-de-açúcar.

De maneira geral, as consultas são fáceis de serem executadas, pois são realizadas diretamente no SIG. Além disso, muitas outras consultas podem ser criadas, visando atender às necessidades dos usuários.

5.9 Metadados

Atualmente, o SPRING não permite a inserção dos metadados de um banco de dados. O SPRING permite a visualização de algumas informações do banco de dados, como o sistema de projeção, o retângulo envolvente e a resolução de cada plano de informação. No entanto, essas informações são apresentadas isoladamente, pois, não existe uma tabela única, que contemple todas as informações do banco de dados de maneira organizada. Além disso, outras informações deveriam ser incluídas como a qualidade dos dados, a fonte dos dados e a identificação dos autores. As imagens inseridas no banco de dados, por exemplo, deveriam ser acompanhadas dos erros de registro e do método de amostragem para gerar a imagem.

Diante da necessidade de ter os metadados no mesmo ambiente SIG do banco de dados, as informações sobre os dados foram inseridas no SPRING em tabelas espaciais, cujas

representações espaciais não possuíam significado. Esta estratégia foi tomada porque este SIG não possui uma função de visualização de tabelas não espaciais.

A inserção dos metadados no banco de dados permitiu a consulta direta das informações gerais sobre o banco de dados e também das informações específicas sobre os PI. As tabelas de metadados, adaptadas do padrão INFORMS MTDD-1999 (Informs, 2002), são apresentadas a seguir nas Figuras 5.17 e 5.18, no modo de consulta do SPRING. As tabelas de metadados estão anexadas no Apêndice C.

	AUTOR	DATA_DE_PUBLICAÇÃO	LOCAL	TÍTULO	OBJETIVO
1	Salete Gürtler	em andamento	INPE - São José dos Campos	Banco de dados para estimativa de área agrícola	Visualizar imagem

FIGURA 5.17 – Visualização dos metadados com as informações de identificação do banco de dados.

	NOME_PI	CATEGORIA	QUALIDADE	RESOLUÇÃO	AMOSTRAGEM	PROCESSAMENTO	OBS
1	b3_B_b4_R_b5_G	Imagem_000819_TM5	erro de registro = 6,58m	25	convolução cúbica	correção atmosférica	Ban
2	b3_B_b4_R_b5_G	Imagem_010814_ETM7	erro de registro = 5,58m	25	convolução cúbica	correção atmosférica	Ban
3	b3_B_b4_R_b5_G	Imagem_021020_ETM7	erro de registro = 7,92m	30	vizinho mais próximc	correção atmosférica	Ban
4	b3_B_b4_R_b5_G	Imagem_020817_ETM7	erro de registro = 7,53m	30	convolução cúbica	correção atmosférica	Ban
5	b3_B_b4_R_b5_G	Imagem_001022_TM5	erro de registro = 6,15m	25	convolução cúbica	correção atmosférica	Ban
6	b3_B_b4_G_b5_G	Imagem_020105_ETM7	erro de registro = 4,78m	25	convolução cúbica	correção atmosférica	Ban

FIGURA 5.18 – Visualização dos metadados que descrevem as imagens do banco de dados.

O SPRING permite que as tabelas sejam salvas como texto, o que possibilita a geração de um relatório completo, com todas as informações do banco de dados.

5.10 Levantamento dos Custos

A intenção neste tópico não é fazer um estudo exaustivo de custos, mas apenas dar uma indicação da viabilidade do método em termos de custo.

O custo resultante deste estudo está relacionado com o material e com a mão-de-obra. Em relação às imagens, Luiz et al. (2002) mostram que o custo para trabalhar com imagens de satélite em levantamentos agrícolas é baixo em relação à utilização de fotografias aéreas. Para as imagens Landsat 7, o custo é de R\$ 1.050,00 para cada cena de 180 km por 180 km (32.400km²), ou seja, R\$ 0,04 por km² no terreno.

Considerando que foram utilizadas 22 cenas, o custo em imagens ficou em torno de R\$ 23.100,00 para estimar três anos de safra agrícola, ou seja, R\$ 7.700,00 por safra. Ao extrapolar para o Estado de São Paulo, que pode ser recoberto por 15 imagens, o custo seria em torno de R\$ 15.750,00, para cada data. Se fosse utilizada uma cena a cada dois meses seriam necessárias 6 cenas por ano, a um custo total de R\$ 94.500,00 por ano.

A implantação da metodologia para obtenção de estimativas de área plantada em escala municipal, regional e nacional requer custos mínimos de compra de equipamento, material e contratação de pessoal especializado. Além disso, o custo de imagens para esta finalidade específica deve ser reduzido, uma vez que as mesmas imagens podem ser usadas para muitas outras finalidades diferentes.

A metodologia aqui apresentada pode ser utilizada para a obtenção de estatísticas agrícolas, principalmente dados de área cultivada das principais culturas de uma determinada área, em escalas municipais. Porém, não parece haver impedimentos técnicos para que esta metodologia possa ser adaptada para grandes regiões (Estado ou país). Os principais aspectos que devem ser levados em conta para a determinação da viabilidade da metodologia são os custos operacionais, de equipe técnica, estrutura física e computacional.

Em se tratando de levantamentos agrícolas é importante lembrar que as culturas agrícolas se desenvolvem rapidamente no terreno e que a área a ser estudada num levantamento é muito grande, já que todo o município, ou toda a região devem ser

verificados. Levando estas características intrínsecas da agricultura em consideração, esta metodologia baseada em amostragem para o levantamento dos dados é altamente intensiva em uso de imagens de satélite. Além disso, é necessário que os dados sejam obtidos de maneira rápida, já que as culturas, como já foi dito, se desenvolvem rapidamente no terreno. Portanto, para sua implantação, é fundamental que haja uma reformulação dos processos operacionais de gravação e geração de dados de sensoriamento remoto com vistas a agilizar o processo de fornecimento desses dados aos órgãos executores.

No caso de montagem de um sistema para levantamento da extensão da área de cada cultura nos municípios a função da equipe de escritório envolve a extração inicial da informação a partir da interpretação visual e também o processamento final das informações para a geração das estimativas. A equipe de campo tem basicamente a finalidade de identificar o uso nos pontos de dúvida que a equipe de escritório não soube identificar.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A metodologia aplicada para gerar estimativas de área agrícola numa área teste e a manipulação dos dados em um sistema de informação geográfica permitiu, a partir dos resultados obtidos, concluir a eficiência do método e fazer algumas sugestões.

De maneira geral, as 22 imagens selecionadas no trabalho foram suficientes para identificar as culturas presentes na área de estudo, nos três anos considerados. Isso desmistifica a idéia de que não é possível trabalhar com imagens de satélite obtidas na época chuvosa do ano. No entanto, vale lembrar que ao menos em certo período, contou-se com os Landsats 5 e 7 operando conjuntamente. Isso leva a considerar fortemente a necessidade de ter sistemas de satélites que operem em intervalos de tempo menores.

As etapas de pré-processamento das imagens (correção atmosférica por subtração do pixel escuro de imagens-referência e uniformização das demais imagens) foram viáveis em termos de tempo de execução, já que a rapidez nos processos que envolvem estas metodologias é fundamental para manter a agilidade na extração das informações. A divisão do conjunto de imagens em grupos de acordo com o sensor, a época do ano e a resolução espacial foi exagerado. O ideal seria considerar apenas dois grupos, independente do sensor e da resolução espacial, em função apenas da época do ano, seca ou chuvosa.

Além disso, visualmente, os alvos agrícolas das imagens corrigidas e uniformizadas ficaram melhores para a interpretação visual, mas ficaram longe de apresentarem os mesmos valores digitais em diferentes datas, o que dificulta a criação de chaves de interpretação genéricas.

A associação entre a interpretação visual das imagens e o trabalho de campo para esclarecer as dúvidas foi essencial para diagnosticar o tipo de uso em cada ponto do painel amostral. Alguns alvos confundem-se em relação à resposta espectral, principalmente o milho e a cana-de-açúcar. As culturas de baixa ocorrência, como o

milheto, o sorgo e o feijão, também são difíceis de identificar. Para esses alvos, o trabalho de campo é fundamental. Mas vale lembrar que há outras características que auxiliam a classificação dos pontos, como a duração do ciclo e o tipo de uso em datas passadas, o que reduz o número de pontos duvidosos.

O somatório do número de pontos com cada cultura colhida no ano, realizado em planilha do Excel, e a utilização de expressões lógicas automatizaram o processo. A etapa de auditoria possibilitou a verificação de erros na interpretação dos pontos, o que possibilitou a correção. O somatório realizado em culturas associadas e simples permitiu a detecção de sistemas de rotação de culturas.

O método de amostragem aleatória simples permitiu o cálculo estimado de área agrícola para cada cultura em cada município com os respectivos desvios padrão, intervalos de confiança e coeficientes de variação. Em relação aos coeficientes de variação obtidos, esses foram razoáveis para as grandes culturas, como a cana-de-açúcar e a soja, melhorando bastante quando considerado para os três municípios em conjunto. Para as culturas de menor ocorrência, foram encontrados CVs inaceitáveis.

Assim como no LSPA, a metodologia proposta visa fornecer estimativas parciais das culturas durante todo o ano agrícola, imediatamente após a coleta da imagem. Essas estimativas parciais devem ser somadas ao longo do ano para, no final do ano, apresentar o somatório de área colhida no ano. Portanto, as etapas de pré-processamento das imagens, interpretação dos pontos e cálculo das estimativas devem ser realizadas num intervalo de tempo reduzido.

Além disso, apesar de a metodologia estar baseada na maneira mais simples de interpretação do uso agrícola, permite que métodos mais avançados sejam utilizados para interpretar as culturas. Por exemplo, pode-se distinguir facilmente a cana-de-açúcar da soja, mas entre a cana-de-açúcar e o milho há confusão. Neste caso, outros produtos poderiam ser gerados para interpretar pontos duvidosos. A análise de outras bandas, a geração de novas imagens por operações entre bandas, a utilização de algoritmos de redes neurais, poderia auxiliar na solução do problema.

A manipulação dos dados em um banco de dados geográfico, dentro do SIG SPRING, possibilitou a inclusão, manipulação e atualização dos dados de maneira eficiente, permitindo a rápida localização dos pontos sobre a imagem e a imediata interpretação e atualização. Além disso, possibilita que sejam realizadas consultas para atender às necessidades dos usuários do meio agrícola, auxiliando no gerenciamento de dados agrônômicos. O sistema de informação geográfica SPRING suporta grandes volumes de informação e é fornecido gratuitamente, o que viabiliza a sua utilização em escalas municipal, regional, estadual e nacional.

A única limitação detectada em relação ao SIG utilizado é quanto à inserção de metadados que, no presente trabalho, foram inseridos de maneira *ad hoc*. Portanto, foi detectada a necessidade de criar uma ferramenta no SPRING para inserir os metadados adequadamente.

Como nos dias atuais os órgãos oficiais do governo realizam estimativas de área agrícola por métodos subjetivos, a metodologia aqui proposta, por se tratar de um método objetivo, deveria ser analisada como uma possibilidade a ser implementada em seus programas nacionais de levantamento agrícola.

Quanto aos custos de implementação da metodologia, parecem ser bastante viáveis em âmbito estadual e nacional, considerando o equipamento e a mão-de-obra necessários. Para aplicá-la em todo o Estado de São Paulo, por exemplo, seriam necessários cerca de 64.500 pontos, considerando uma média de 100 pontos por município. Isso garantiria uma resolução percentual de 1% para o município e de 0,00155% para o Estado. Além disso, poderia ser aproveitada a estrutura já existente, como, por exemplo, as agências do IBGE espalhados pelo país e as casas de agricultura do Estado de São Paulo. Haveria necessidade de equipar uma central, que seria responsável por tratar as imagens, interpretar parte dos pontos e enviar o material para as agências, onde os próprios funcionários visitariam os pontos de dúvida.

Recomenda-se o estudo de algumas adaptações que podem ser aplicadas ao método de amostragem e de identificação do uso do solo, visando melhorar os resultados. São elas:

- Testar outras técnicas de amostragem (estratificada, sistemática, eliminando os alvos não-agrícolas, fixando o número de pontos em cada município, etc.);
- Definir o CV previamente para um valor desejado, manipulando o tamanho amostral em função da ocorrência das culturas;
- Identificar o uso do solo em cada ponto por outras bandas ou por outros produtos como os obtidos por outros satélites (Cbers, Aster) ou utilizar algoritmos de classificação, etc.
- Pesquisar as imagens mais indicadas para identificar o uso agrícola em função da resolução espacial, da resolução temporal das imagens e da resolução espectral.

Também é sugerido repetir a técnica em uma região menos favorecida e com relevo mais acentuado, ocupada por uma variedade de pequenas culturas, para verificar se são obtidos os mesmos resultados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arvanitis, L. G.; Ramachandran B.; Brackett, D.P.; Rasol, H.A.E.; Du, X. Multiresource inventories incorporating GIS, GPS and database management systems: a conceptual model. **Computers and Eletronics in Agriculture**, v. 28, p. 89-100, 2000.
- Boissezon, H.; Sharman, M. Rapid estimation of crop production using remote sensing: European experience. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 7., Curitiba, 1993. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 1993. v. 4, p. 442-449.
- Borges, K. A. V. **Modelagem de dados geográficos**: uma extensão do modelo OMT para aplicações geográficas. Belo Horizonte. 128p. Dissertação (Mestrado em Administração Pública) - Fundação João Pinheiro, 1997.
- Brugnaro, C. Planejamento agrícola em cana-de-açúcar. In: Câmara, G. M. S; Oliveira, E. A. M. ed. **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 18-30.
- Burrough, P. A.; McDonnell, R. A. **Principles of geographical information systems**. Oxford: Oxford University Press, 1998. 333 p.
- Câmara, G.; Medeiros, J. S. Princípios básicos em geoprocessamento. In: Assad, E. D.; Sano, E. E. ed. **Sistema de Informações geográficas**: aplicações na agricultura. 2.ed. Brasília: Embrapa, 1998a. Cap. 1, p. 3-11.
- Câmara, G.; Medeiros, J. S. Modelagem de dados em geoprocessamento. In: Assad, E. D.; Sano, E. E. ed. **Sistema de Informações geográficas**: aplicações na agricultura. 2.ed. Brasília: Embrapa, 1998b. Cap. 4, p. 47-66.
- Câmara, G. M. S. Ecofisiologia da cultura da cana-de-açúcar. In: Câmara, G. M. S; Oliveira, E. A. M. ed. **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 31-64.
- Caselles, V.; López García, M. J. An alternative simple approach to estimate atmospheric correction in multitemporal studies. **International Journal of Remote Sensing**, v. 10, p. 1127-1134, 1989.
- Chavez Jr., P. S. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. **Remote Sensing of Environment**, v. 24, p. 459-479, 1988.
- Chavez Jr., P. S. Radiometric calibration of Landsat Thematic Mapper multispectral images. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 55, p. 1285-1294, 1989.
- Cochran, W. G. **Técnicas de amostragem**. 1. ed. Brasileira. Rio de Janeiro: Editora Fundo de Cultura, 1965. 555 p.

Collares, J. E. R.; Lauria, C. A.; Carrilho, M. M. Pesquisa de previsão e acompanhamento de safras baseada em painéis de amostras de áreas. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 7., Curitiba, 1993. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 1993. v. 1, p. 450-453.

Coopercitrus. Sorgo é uma alternativa segura para a safrinha. **Revista Coopercitrus**. n. 186, 2002. Disponível em: <http://www.revistacoopercitrus.com.br/edicao186/Sorgo%C3%A9_m_86.asp>. Acesso em: 2 fev. 2003.

Coordenadoria de Assistência Técnica Integral – CATI. **SERVIÇOS/LUPA**. Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br>>. Acesso em 3 jul. 2001.

Cotter, J. J.; Tomczak, C. M. An image analysis system to develop area sampling frames for agricultural surveys. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 60, n. 3, p. 299-306, Mar. 1994.

Davis Junior, C. A. **Múltiplas representações em sistemas de informação geográficos**. Belo Horizonte. 106 p. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2000.

Du, Y.; Cihlar, J.; Beaubien, J.; Latifovic, R. Radiometric normalization, composition, and quality control for satellite high resolution image mosaics over large areas. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 39, p. 623-634, 2001.

Elmasri, R.; Navathe, S. **Fundamentals of database systems**. 3 ed. Massachusetts: Addison-Wesley, 2000.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). **Zoneamento agropecuário**. Disponível em: <<http://www.embrapa.gov.br>>. Acesso em: 12 ago. 2001.

_____. **Tecnologias de produção de soja** – região central do Brasil 2003. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/sistemasdeproducao/>>. Acesso em: 14 fev. 2003a.

_____. **Milho e sorgo**. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/index.html>>. Acesso em: 14 fev. 2003b.

European Space Agency (ESA). **Full resolution system corrected data**. Disponível em: <www.earth.esa.int/0xc1cce41c_0x0000069c>. Acesso em: 12 set. 2002.

Epiphânio, J. C. N.; Barros Neto, O. O.; Luiz, A. J. B.; Formaggio, A. R. Sistema de amostragem em imagens como base para estimativa de áreas de culturas agrícolas no município de Ipuã. [CD-ROM]. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 10., Foz do Iguaçu, 2001. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 2001. 8 p.

Federal Geographic Data Committee (FGDC). **Content standard for digital geospatial metadata workBook**. Reston, VA, Federal Geographic Data Committee. Disponível em:

<http://www.fgdc.gov/publications/documents/metadata/workbook_0501_bmk.pdf>.

Acesso em: 11 jan. 2003.

Fonseca, L. M. G. **Processamento digital de imagens**: Apostila de aula (INPE). São José dos Campos, 2000. 105 p.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). **Multiple frame agricultural surveys**: current surveys based on area and list sampling methods. Rome: FAO, 1996. v. 1. 119 p. (FAO Statistical Development Series, 7).

_____. **Multiple frame agricultural surveys**: agricultural survey programmes based on area frame or dual frame (area and list) sample designs. Rome: FAO, 1998. v.2. 242 p. (FAO Statistical Development Series, 10).

Francisco, V. F. S.; Pino, F. A. Estratificação de unidades de produção agrícola para levantamentos por amostragem no Estado de São Paulo. **Agricultura em São Paulo**, v.47, n.1, p.79-110, 2000.

Furby, S. L.; Campbell, N. A. Calibrating images from different dates to 'like-value' digital counts. **Remote Sensing of Environment**, v. 77, p. 186-196, 2001.

Gallego, F. J. **Sampling frames of square segments**. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 1995. 72 p.

Gibson, P. J.; Power, C. H. **Introductory remote sensing**: digital image processing and applications. New York: Routledge Taylor & Francis Group, 2000. 288 p.

Gomez, S. N.; Gallego, J. Crop area estimation pilot project: Zimbabwe. In: International Symposium on Remote Sensing of Environment, 28., South Africa, 2000. **Proceedings**. South Africa: ICRSE and CSIR, 2000. 4 p.

González-Alonso, F.; Soria, S. L.; Cuevas, J. M. Comparing two methodologies for crop area estimation in Spain using Landsat TM images and ground-gathered data. **Remote Sensing of Environment**, v. 35, n. 1, p. 29-35, 1991.

Hall, F. G.; Strebel, D. E.; Nickeson, J. E.; Goetz, S. J. Radiometric rectification: toward a common radiometric response among multirate, multisensor images. **Remote Sensing of Environment**, v. 35, n. 1, p. 11-27, 1991.

Hill, J.; Sturm, B. Radiometric correction of multitemporal Thematic Mapper data for use in agricultural land-cover classification and vegetation monitoring. **International Journal of Remote Sensing**, v. 12, p. 1471-1491, 1991.

Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). Plantio direto na Alta Mogiana. **O Agrônomo**. v. 51, n. (2/3), 1999. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/New/OAgronomico/512-3/informacoestecnicas/agr51231.htm>>. Acesso em: 23 fev. 2003.

INFORMS – Sistema de informações geográficas do estado da Bahia. **METADADOS**. Disponível em: <<http://www.seplantec.ba.gov.br/condor/informs/>>. Acesso em: 10 dez. 2002.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Ipuã**: Folha SF-22-X-B-III-4. [Rio de Janeiro], 1972a. Carta do Brasil – Escala 1:50.000.

_____ **Ituverava**: Folha SF-23-V-A-I-3. [Rio de Janeiro], 1972b. Carta do Brasil – Escala 1:50.000.

_____ **Jeriquara**: Folha SF-23-V-A-I-4. [Rio de Janeiro], 1972c. Carta do Brasil – Escala 1:50.000.

_____ **Morro Agudo**: Folha SF-22-X-B-VI-2. [Rio de Janeiro], 1972d. Carta do Brasil – Escala 1:50.000.

_____ **São Joaquim da Barra**: Folha SF-23-V-A-IV-1. [Rio de Janeiro], 1972e. Carta do Brasil – Escala 1:50.000.

_____ **São José da Bela Vista**: Folha SF-23-V-A-IV-2. [Rio de Janeiro], 1972f. Carta do Brasil – Escala 1:50.000.

_____ **Manual técnico de uso da terra**. Rio de Janeiro: IBGE, 1999. v. 7. 50 p. (Manuais técnicos em geociências, 7).

_____ **CIDADES**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 17 fev. 2002a.

_____ **ECONOMIA**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 11 fev. 2002b.

_____ **Levantamento sistemático da produção agrícola**: Manual de instruções. Rio de Janeiro: IBGE, 2002c. 26p.

_____ **SIDRA**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?z=t&o=11>>. Acesso em: 8 jan. 2003a.

_____ **CalendárioSP**. Disponível em: <rosana@ibge.gov.br>. Acesso em: 7 jan. 2003b.

Instituto de Economia Agrícola (IEA). **PRODUÇÃO-ANUÁRIO**. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br>>. Acesso em: 13 fev. 2002.

_____. **Dados de área plantada**. Disponível em: <anamonstragio@iea.sp.gov.br>. Acesso em: 22 jan. 2003.

Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina (Instituto Cepa). **Observatório nacional**. Disponível em: <<http://www.icepa.com.br/observatorio/noticias0902/no0309b.htm>>. Acesso em: 11 fev. 2003.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). **SPRING: Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/download.html>>. Acesso em: 3 maio 2002a.

_____. **SPRING: tutorial de geoprocessamento**. [on line]. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/teoria/index.html>>. Acesso em: 21 out. 2002b.

Ippoliti-Ramilo, G. A. **Imagens TM/Landsat-5 da época de pré-plantio para a previsão da área de culturas de verão**. São José dos Campos. 182 p. (INPE-7116-TDI/668). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1999.

Jensen, J. R. **Remote sensing of the environment: an earth resource perspective**. New Jersey: Prentice Hall, 2000, ISBN 0-13-489733-1. 544 p.

Koffler, N. F. **Elementos ambientais de planejamento territorial: Apontamentos de aula**. Bauru: Universidade Estadual Paulista, 1996. 101 p.

King, R. B. Land cover mapping principles: a return to interpretation fundamentals. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n.18, p. 3525-3545, 2002.

Lima, P.; Câmara, G.; Paiva, J. A.; Monteiro, A. M. V. Intercâmbio de dados geográficos: modelos, formatos e conversores. In: Simpósio Brasileiro de Geoinformática, 3., Rio de Janeiro, 2001. **Anais eletrônicos**. Rio de Janeiro: Geoinfo, 2001. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/papers/geobr_geoinfo2002.pdf>. Acesso em: 4 jan. 2003.

Luiz, A. J. B.; Epiphanyo, J. C. N. Amostragem por pontos em imagens de sensoriamento remoto para estimativa de área plantada por município. [CD-ROM]. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 10., Foz do Iguaçu, 2001. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 2001. 8 p.

Luiz, A. J. B.; Oliveira, J. C.; Epiphanyo, J. C. N.; Formaggio, A. R. Auxílio das imagens de satélite aos levantamentos por amostragem em agricultura. **Agricultura em São Paulo**, v.49, n.1, p.41-54, 2002.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Rede nacional de agrometeorologia**. Disponível em: <<http://www.masrv54.agricultura.gov.br/rna/>>. Acesso em: 9 maio 2003.

Morelli, J. C. L. **Geoprocessamento e integração de dados na pesquisa de previsão de safras**. Disponível em: <www.labgis.uerj.br/fgeorj/segeo1996/134/>. Acesso em: 13 maio 2001.

National Aeronautics and Space Administration - NASA. **Chapter 6 - Data Properties**. Disponível em: <http://www.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook/handbook_htmls/chapter6/chapter6.html>. Acesso em: 11 nov. 2002a.

_____ **Chapter 11 - Data Products**. Disponível em: <http://www.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook/handbook_htmls/chapter11/chapter11.html>. Acesso em: 11 nov. 2002b.

Oliveira, J. B.; Camargo, M. N.; Rossi, M.; Calderano Filho, B. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. Escala 1:500.000. A legenda expandida encontra-se em separado na publicação de mesmo nome (ISBN 85-85864-05-2).

Olsson, H. Regression functions for multitemporal relative calibration of Thematic Mapper data over boreal forest. **Remote Sensing of Environment**, v. 46, p. 89-102, 1993.

Ortiz, M. J.; Formaggio, A. R.; Epiphanyo, J. C. N. Classification of croplands through integration of remote sensing, GIS and historical database. **International Journal of Remote Sensing**, v. 18, n.1, p. 95-105, 1997.

Pax-Lenney, M.; Woodcock, C. E. Monitoring agricultural lands in Egypt with multitemporal Landsat TM imagery: How many images are needed? **Remote Sensing of Environment**, v. 59, n. 3, p. 522-529, 1997.

Pax-Lenney, M.; Woodcock, C.E.; Macomber, S.A.; Gopal, S.; Song, C. Forest mapping with a generalized classifier and Landsat TM data. **Remote Sensing of Environment**, v. 77, p. 241-250, 2001.

Pino, F. A. Área cultivada e ICMS. **Informações Econômicas**, v.29, n.3, p.7-14, 1999a.

_____ Estatísticas agrícolas para o século XXI. **Agricultura em São Paulo**, v.46, n.2, p.71-105, 1999b.

_____ Tendências em informações agropecuárias. [CD-ROM]. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 10., Foz do Iguaçu, 2001. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 2001. 5 p.

- Revista Rural. O “vice rei” do planeta. **Revista Rural**. 59, 2002. Disponível em: <http://www.revistarural.com.br/Revistas/2002/Artigos/rev59_vicerei.htm>. Acesso em: 5 fev. 2003.
- Rigaux, P.; Scholl, M.; Voisard, A. **Spatial databases**: with application to GIS. San Diego: Academic Press, 2002. 410 p.
- Rolim, J. C. Instalação da cultura e sistemas de produção. In: Câmara, G. M. S; Oliveira, E. A. M. ed. **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 120-146.
- Ruralnet. **Sorgo granífero**. Disponível em: <<http://www.ruralnet.com.br/cereais/sorgogranifero.asp>>. Acesso em: 15 fev. 2003.
- Terres, J. M.; Delince, J.; Van de Steene, M.; Hawkins, A. The use of remote sensing and GIS capabilities to support the reform of common agricultural policy of the european community. **Remote Sensing Reviews**, v. 12, p. 53-60. 1995.
- Tokola, T.; Löfman, S.; Erkkilä, A. Relative calibration of multitemporal Landsat data for forest cover change detection. **Remote Sensing of Environment**, v. 68, p. 1-11, 1999.
- Tsiligirides, T. A. Remote sensing as a tool for agricultural statistics: a case study of area frame sampling methodology in Hellas. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 20, n. 1, p.45-77, Jan. 1998.
- Yuan, D.; Elvidge, C. D. Comparison of relative radiometric normalization techniques. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 51, p. 117-126, 1996.

APÊNDICE A

PROGRAMA EM LEGAL PARA CORREÇÃO ATMOSFÉRICA DAS IMAGENS REFERÊNCIA

```
{
// Programa para correção atmosférica das imagens referência, utilizando o método da
subtração do pixel
// escuro (Chaves, 1989), transformação para valores de reflectância e geração de
imagem exibição de
// reflectância

// Declaração das variáveis
Imagem Im13, Im14, Im15 ("Imagem_221000");
Imagem Imare13, Imare14, Imare15 ("Imagens_corrigidas");
Numerico Imnt13, Imnt14, Imnt15 ("Reflectancia");

// Instanciações
Im13=Recupere (Nome="220_74_TM5_221000_b3");
Im14=Recupere (Nome="220_74_TM5_221000_b4");
Im15=Recupere (Nome="220_74_TM5_221000_b5");

// imagem "exibição" da reflectância
Imare13=Novo (Nome="221000_b3", ResX=25, ResY=25, Nbits=8);
Imare14=Novo (Nome="221000_b4", ResX=25, ResY=25, Nbits=8);
Imare15=Novo (Nome="221000_b5", ResX=25, ResY=25, Nbits=8);

// Reflectância em PI Numerico
Imnt13=Novo (Nome="221000_b3", ResX=25, ResY=25, Escala=50000, Min=0,
Max=300);
Imnt14=Novo (Nome="221000_b4", ResX=25, ResY=25, Escala=50000, Min=0,
Max=300);
Imnt15=Novo (Nome="221000_b5", ResX=25, ResY=25, Escala=50000, Min=0,
Max=300);

// Valor do espalhamento para o pixel escuro encontrado no histograma da banda 1 e
reduzido 1% de reflectancia (Chavez, 1988)

Qdark13 = 28.172293;
Qdark14 = 16.934326;
Qdark15 = 30.757595;
```

```

J13 = 0.002265;
J14 = 0.0037019;
J15 = 0.0022905;

MULT13 = 441.4971;
MULT14 =270.13202;
MULT15 =436.59232;

// Operações
// geração da reflectância (grade numérica) com valores de I e J para as bandas 3, 4 e 5 e
da imagem
// exibição da reflectância

// Reflec = J * (ND-Ndhaze) e ND = Reflec/J + Ndhaze
Imnt13= J13 * (Digital (Im13) - Qdark13) ;
Imare13 = Imagem (Imnt13)* MULT13 ;
Imnt14= J14 * (Digital (Im14) - Qdark14) ;
Imare14 = Imagem (Imnt14)* MULT14 ;
Imnt15= J15 * (Digital (Im15) - Qdark15) ;
Imare15 = Imagem (Imnt15)* MULT15 ;

}

```


APÊNDICE B

MODELO DE FICHA DE CAMPO

6º Trabalho de campo na EDR de Ortândia (Município de Ipuã)										Data: /05/2002	Prancha A
Ponto	Longitude	Latitude	Jan01	Ago01	Jan02	Fev02	Mar 2002	Abr 2002	% de cobertura	Observação	
22	48 8 23,4	20 19 33,5	CA	CA	CA	CA	CA	CA	0-25-50-75-100		
27	48 9 57,2	20 21 36,1	CA	CA	PA	CA	CA	CA	0-25-50-75-100		
72	48 8 39,8	20 21 44,0	CA	CA	SE	CA	CA	CA	0-25-50-75-100		
79	48 9 41,2	20 20 27,3	SJ	SE	SJ	SJ	SE		0-25-50-75-100		
99	48 7 20,4	20 20 52,6	CA	CA	SJ	SJ	PA	SE	0-25-50-75-100		
109	48 7 30,3	20 21 15,2	CA	CA	SJ	SJ	PA	SE	0-25-50-75-100		
131	48 9 52,5	20 19 11,6	CA	CA	CA	CA			0-25-50-75-100		
167	48 6 13,1	20 21 29,6	SE	CA	CA	CA	CA	CA	0-25-50-75-100		

APÊNDICE C

METADADOS

Metadados do banco de dados para estimativa da área agrícola de Ipuã, São Joaquim da Barra e Guará:

1. Identificação

AUTOR:	Salete Gürtler
DATA_DE_PUBLICAÇÃO:	em andamento
LOCAL:	INPE - São José dos Campos
TÍTULO:	Banco de dados para estimativa da área agrícola de Ipuã, São Joaquim da Barra e Guará
OBJETIVO:	Visualizar imagens e permitir a extração e o armazenamento de dados espaciais e multitemporais de uso do solo, para a serem utilizados para estimativas de área agrícola. As estimativas calculadas a partir de interpretação visual de imagens orbitais, inseridas em banco de dados geográficos permite além do armazenamento, a atualização da informação. Além disso, possibilita consultas espaciais.
RESUMO:	
DATA_INICIAL:	2001
DATA_FINAL:	Fevereiro de 2003
PROGRESSO:	Terminado
FREQÜÊNCIA_DE_ATUALIZAÇÃO:	Bimestral
COBERTURA_GEOGRÁFICA:	Área municipal de Ipuã, São Joaquim da Barra e Guará.
RETÂNGULO_ENVOLVENTE:	162.000 (limite oeste), 228.000 (limite leste), 7.710.000 (limite norte) e 7.755.000 (limite sul).
RESTRIÇÕES_DE_ACESSO:	Sem restrições de acesso.
TAMANHO:	410 MB
CONTATO:	Salete Gürtler; Telefone: (12) 3945-6452; e-mail: salete@ltid.inpe.br

2. Referência dos metadados

DATA_GERAÇÃO:	7/2/2003
RESPONSÁVEL:	Salete Gürtler

3. Organização

ORGANIZAÇÃO:	Banco de dados geográfico em SIG SPRING, versão 3.6.03, gerenciador de banco de dados ACCESS 2000. Este banco contém um conjunto de planos de informação e objetos de distintas categorias, inseridos dentro de um projeto.
FORMATOS:	Dados disponibilizados nos modelos raster , vetorial e alfanumérico.
CONTEÚDO:	Imagens dos satélites Landsat e Aster; mapas vetoriais de vias de acesso, hidrografia e limites municipais; pontos que compõem o painel amostral; tabelas geocorrelacionadas.

4. Referência espacial

SISTEMA: UTM
PROJEÇÃO: transversa de Mercator
FUSO: 23
MERIDIANO_CENTRAL: 45°
DATUM: SAD 69

5. Entidades e atributos

NOME_DO_BD: EDR
NOME_DO_PROJETO: 3municipios
PLANOS_DE_INFORMAÇÃO: Estão descritos em tabelas de metadados, por tipo de dado.

5.1. Vetores

Nome_PI	Categoria	Resolução	Escala	Tipo_dado	Qualidade
3_municipios_lim	Limite	25	50000	polígono	Limite total dos municípios de Guarará, "Ipuã" e "São Joaquim da Barra".
Guará, Ipuã, São_Joaquim_da_Barra	Limite	25	50000	polígonos	Limite municipal extraído do Atlas IBGE (SPRING), para melhorá-los foi feita a edição dos limites sobre a imagem.
Hidrografia	Hidrografia	25	50000	linhas	A vetorização da hidrografia foi realizada por análise visual sobre a imagem de 11/abril/2002; e utilizando as cartas topográficas.
Vias_de_acesso	Vias	25	50000	linhas	A vetorização das vias de acesso foi realizada por análise visual sobre a imagem de 11/abril/2002; e utilizando as cartas topográficas.

5.2. Cadastral

Nome_PI	Categoria	Escala	Tipo_dado	Quantidade	Qualidade	Obj_associados	Observação
alvos_claros	Alvos_fixos	50000	quadrados de 100 pixels	12		alvosclaros	Gerados a partir do centro de alvos claros e escuros.
alvos_escuros	Alvos_fixos	50000	quadrados de 100 pixels	8		alvosescuros	Gerados a partir do centro de alvos claros e escuros.
Municípios	Municípios	50000	polígonos	4		Safra_2000; Safra_2001; Safra_2002	Limites municipais e um polígono externo que representa toda a área de estudo
pontos_amostrais	pontos_amostrais	50000	pontos	300		objetos	Pontos sorteados para compor o painel amostral.

5.3. Imagem

Nome_PI	Categoria	Qualidade	Resolução	Amostragem	Processamento	Observação
b3_B ,b4_R, b5_G	Imagem_000819__TM5	erro de registro = 6,58m	25	convolução cúbica	correção atmosférica	Bandas com contraste linear; 3(J=0,003015,Ndesp=11,85, Mult=331,66);4(J=0,0049278, Ndesp=5,64,Mult=202,93); 5 (J=0,003049,Ndesp=4,73, Mult=327,98).Nome da imagem corresponde a banda e ao filtro indicado; o nome da categoria corresponde a ano/mês/dia e sensor.
B3_B, b4_R, b5_G	Imagem_010814_ETM7	erro de registro = 5,58m	25	convolução cúbica	correção atmosférica	Bandas com contraste linear; 3(J=0,001903,Ndesp=16,36, Mult=525,46);4(J=0,0029097, Ndesp=11,22,Mult=343,68); 5(J=0,0026553,Ndesp=9, Mult=376,60). Nome da imagem corresponde a banda e ao filtro indicado; o nome da categoria corresponde a ano/mês/dia e sensor.
B3_B, b4_R, b5_G	Imagem_021020_ETM7	erro de registro = 7,92m	30	vizinho mais próximo	correção atmosférica	Bandas com contraste linear; 3(J=0,0014229,Ndesp=36,41, Mult=702,8);4 (J=0,003296, Ndesp=16,77,Mult=303,4); 5(J=0,001985, Ndesp=30,28, Mult=503,7).Nome da imagem corresponde a banda e ao filtro indicado; o nome da categoria corresponde a ano/mês/dia e sensor.
B3_B, b4_R, b5_G	Imagem_020817_ETM7	erro de registro = 7,53m	30	convolução cúbica	correção atmosférica	Bandas com contraste linear; 3(J=0,00188, Ndesp=17,07, Mult=531,59);4 (J=0,002876, Ndesp=11,5,Mult=347,69); 5 (J=0,0026247,Ndesp=9,09, Mult=380,99).Nome da imagem corresponde a banda e ao filtro indicado; o nome da categoria corresponde a ano/mês/dia e sensor.
B3_B, b4_R, b5_G	Imagem_001022_TM5	erro de registro = 6,15m	25	convolução cúbica	correção atmosférica	Bandas com contraste linear; 3(J=0,002265,Ndesp=28,17, Mult=441,5);4(J=0,0037019, Ndesp=16,93,Mult=270,13); 5(J=0,0022905,Ndesp=30,76, Mult=436,59).Nome da imagem corresponde a banda e ao filtro indicado;o nome da categoria corresponde a ano/mês/dia e sensor.
B3_B, b4_G, b5_G	Imagem_020105_ETM7	erro de registro = 4,78m	25	convolução cúbica	correção atmosférica	Bandas com contraste linear; 3(J=0,001412,Ndesp=31,64, Mult=708,22);4 (J=0,0032708, Ndesp=14,84,Mult=305,74); 5(J=0,00197,Ndesp=26,52, Mult=507,59). Nome da imagem corresponde a banda e ao filtro indicado; o nome da categoria corresponde a ano/mês/dia e sensor.
B3_B, b4_R, b5_G	Imagem_030108_ETM7	erro de registro = 4,74m	30	vizinho mais próximo	correção atmosférica	Bandas com contraste linear; 3 (J=0,001417,Ndesp=31,66, Mult=705,5);4(J=0,00328, Ndesp=14,85,Mult=304,57); 5 (J=0,0019777,Ndesp=26,54, Mult=505,65). Nome da imagem corresponde a banda e ao filtro indicado; o nome da categoria corresponde a ano/mês/dia e sensor.

(continua)

Continuação

Nome_PI	Categoria	Qualidade	Resolução	Amostragem	Processamento	Observação
B3_B, b4_R, b5_G	Imagem_000108_TM5	erro de registro = 7,23m	25	convolução cúbica	uniformização	Bandas uniformizadas com contraste linear; 3(y = 1,0483x – 29,084, R2=0,95); 4(y = 0,8657x – 14,588, R2=0,92); 5(y = 0,9732x – 14,044, R2=0,96). Nome da imagem corresponde a banda e ao filtro indicado; o nome da categoria corresponde a ano/mês/dia e sensor.
b3_B, b4_R, b5_G	Imagem_000405_ETM5	erro de registro = 7,35m	25	convolução cúbica	uniformização	Bandas uniformizadas com contraste linear; 3(y = 0,8039x – 9,934, R2=0,96); 4(y = 0,7149x – 4,5215, R2=0,98); 5(y = 0,8141x – 3,9511, R2=0,96). Nome da imagem corresponde a banda e ao filtro indicado; o nome da categoria corresponde a ano/mês/dia e sensor.
B3_B, b4_R, b5_G	Imagem_000616_TM5	erro de registro = 6,73m	25	convolução cúbica	uniformização	Bandas uniformizadas com contraste linear; 3(y = 1,0936x – 9,9893, R2=0,97); 4(y = 1,0829x – 5,137, R2=0,97); 5(y = 1,2067x – 2,4607, R2=0,99). Nome da imagem corresponde a banda e ao filtro indicado; o nome da categoria corresponde a ano/mês/dia e sensor.
B3_B, b4_R, b5_G	Imagem_000920_TM5	erro de registro = 6,9m	25	convolução cúbica	uniformização	Bandas uniformizadas com contraste linear; 3(y = 0,7645x – 10,308, R2=0,99); 4(y = 0,7025x – 3,5426, R2=0,98); 5(y = 0,8384x – 3,5151, R2=0,99). Nome da imagem corresponde a banda e ao filtro indicado; o nome da categoria corresponde a ano/mês/dia e sensor.
B3_B, b4_R, b5_G	Imagem_001209_TM5	erro de registro = 6,35m	25	convolução cúbica	uniformização	Bandas uniformizadas com contraste linear; 3(y = 0,7553x – 15,2, R2=1,00); 4(y = 0,7315x – 7,4895, R2=0,98); 5(y = 0,7373x – 5,2117, R2=0,99). Nome da imagem corresponde a banda e ao filtro indicado; o nome da categoria corresponde a ano/mês/dia e sensor.
B3_B, b4_R, b5_G	Imagem_010118_ETM7	erro de registro = 6,4m	25	convolução cúbica	uniformização	Bandas uniformizadas com contraste linear; 3(y = 1,0376x – 48,994, R2=0,93); 4(y = 0,8891x – 25,407, R2=0,86); 5(y = 0,9314x – 29,182, R2=0,94). Nome da imagem corresponde a banda e ao filtro indicado; o nome da categoria corresponde a ano/mês/dia e sensor.
B3_B, b4_R, b5_G	Imagem_010219_ETM7	erro de registro = 6,28m	25	convolução cúbica	uniformização	Bandas uniformizadas com contraste linear; 3(y = 1,1349x – 30,882, R2=1,00); 4(y = 1,0333x – 12,549, R2=0,99); 5(y = 0,9974x – 7,8101, R2=0,99). Nome da imagem corresponde a banda e ao filtro indicado; o nome da categoria corresponde a ano/mês/dia e sensor.
B3_B, b4_R, b5_G	Imagem_010611_ETM7	erro de registro = 6,68m	25	convolução cúbica	uniformização	Bandas uniformizadas com contraste linear; 3(y = 1,1407x – 14,982, R2=0,99); 4(y = 1,0225x – 8,8599, R2=0,94); 5(y = 1,0226x – 6,9302, R2=0,99). Nome da imagem corresponde a banda e ao filtro indicado; o nome da categoria corresponde a ano/mês/dia e sensor.

(continua)

Continuação

Nome_PI	Categoria	Qualidade	Resolução	Amostragem	Processamento	Observação
B3_B, b4_R, b5_G	Imagem_011204_ETM7	erro de registro = 6,75m	25	convolução cúbica	uniformização	Bandas uniformizadas com contraste linear; 3(y = 0,9727x - 37,29, R2=1,00); 4(y = 1,0389x - 19,791, R2=0,99); 5(y = 0,8637x - 13,205, R2=0,98). Nome da imagem corresponde a banda e ao filtro indicado; o nome da categoria corresponde a ano/mês/dia e sensor.
b3_B, b4_R, b5_G	Imagem_020206_ETM7	erro de registro = 4,1m	25	convolução cúbica	uniformização	Bandas uniformizadas com contraste linear; 3(y = 0,9745x - 26,936, R2=0,98); 4(y = 1,0906x - 14,193, R2=0,99); 5(y = 0,9531x - 8,0186, R2=1,00). Nome da imagem corresponde a banda e ao filtro indicado; o nome da categoria corresponde a ano/mês/dia e sensor.
b3_B, b4_R, b5_G	Imagem_020310_ETM7	erro de registro = 6,1m	25	convolução cúbica	uniformização	Bandas uniformizadas com contraste linear; 3(y = 1,099x - 32,321, R2=1,00); 4(y = 1,1599x - 16,511, R2=0,98); 5(y = 0,9777x - 11,364, R2=1,00). Nome da imagem corresponde a banda e ao filtro indicado; o nome da categoria corresponde a ano/mês/dia e sensor.
b3_B, b4_R, b5_G	Imagem_020411_ETM7	erro de registro = 6m	25	convolução cúbica	uniformização	Bandas uniformizadas com contraste linear; 3(y = 0,8095x - 11,623, R2=0,99); 4(y = 1,1807x - 10,289, R2=0,99); 5(y = 0,8153x - 5,5772, R2=0,97). Nome da imagem corresponde a banda e ao filtro indicado; o nome da categoria corresponde a ano/mês/dia e sensor.
b3_B, b4_R, b5_G	Imagem_020529_ETM7	erro de registro = 7,1m	25	convolução cúbica	uniformização	Bandas uniformizadas com contraste linear; 3(y = 1,2422x - 42,814, R2=0,95); 4(y = 1,3536x - 48,414, R2=0,95); 5(y = 1,3994x - 38,945, R2=0,98). Nome da imagem corresponde a banda e ao filtro indicado; o nome da categoria corresponde a ano/mês/dia e sensor.
b3_B, b4_R, b5_G	Imagem_020630_ETM7	erro de registro = 7,4m	25	convolução cúbica	uniformização	Bandas uniformizadas com contraste linear; 3(y = 1,0883x - 13,793, R2=0,98); 4(y = 1,7581x - 12,036, R2=0,99); 5(y = 1,1205x - 8,5698, R2=0,99). Nome da imagem corresponde a banda e ao filtro indicado; o nome da categoria corresponde a ano/mês/dia e sensor.
b3_B, b4_R, b5_G	Imagem_010323_ETM7	erro de registro = 6,25m	25	convolução cúbica	uniformização	Bandas uniformizadas com contraste linear; 3(y = 1,1579x - 29,157, R2=0,98); 4(y = 1,1252x - 12,607, R2=0,99); 5(y = 0,9696x - 8,115, R2=0,99). Nome da imagem corresponde a banda e ao filtro indicado; o nome da categoria corresponde a ano/mês/dia e sensor.

5.4. Matriz

Nome_PI	Categoria	Conteúdo	Resolução	Escala	Tipo_dado	Qualidade	Observação
uso_do_solo	Uso_solo	Uso do solo simplificado	25	50000	matricial	Classificação não supervisionada, com treinamento.	Classificação Iseseg (limiar de 95%) da imagem de 11/04/2002 (345 com contraste), utilizando amostras de treinamento e segmentação realizada nas mesmas bandas ("Crescimento por regiões", limiar de similaridade 30 e limiar de área 20, arcos suavizados).

5.5. Objetos

Nome_PI	Tipo_dado	Atributos	Num_registros	Tabela	Qualidade	Cad_associado	Observação
Alvos	alfanumérico	ID, NOME, ROTULO, AREA, PERIMETRO, OBJ_ID, OBJ_ROTULO, POLIGONO, IMAGEM, NPIXEL, MINIMO, MAXIMO, AMPLITUDE, MEDIA, VARIANCIA, DESVIOPADRAO, ASSIMETRIA, CURTOSE, COEFVARIACAO, MEDIANA, MODA, LINHA	20	CG000147		alvos_fixos	Estatísticas geradas pela operação do SPRING "Estatísticas por polígono", sobre as imagens corrigidas e as que serão corrigidas."
safra_2000	alfanumérico	ID, NOME, ROTULO, AREA, PERIM, PONTO, MUNIC, PRANCHA, JAN_00, ABR_00, JUN_00, AGO_00, SET_00, OUT_00, DEZ_00, VISITADO_EM, IRRIGAÇÃO	300	CG000423		pontos_amostrais	Os atributos com o nome de mês_ano correspondem ao uso nas imagens das respectivas datas, determinado por interpretação visual.
safra_2001	alfanumérico	ID, NOME, ROTULO, AREA, PERIM, PONTO, MUNIC, PRANCHA, JAN_01, FEV_01, MAR_01, JUN_01, AGO_01, DEZ_01, VISITADO_EM, IRRIGAÇÃO	300	CG000424		pontos_amostrais	Os atributos com o nome de mês_ano correspondem ao uso nas imagens das respectivas datas, determinado por interpretação visual.
safra_2002	alfanumérico	ID, NOME, ROTULO, AREA, PERIM, PONTO, MUNIC, PRANCHA, JAN_02, FEV_02, MAR_02, ABR_02, MAI_02, JUN_02, JUL_02, AGO_02, OUT_02, JAN_03, VISITADO_EM, IRRIGAÇÃO	300	CG000489		pontos_amostrais	Os atributos com o nome de mês_ano correspondem ao uso nas imagens das respectivas datas, determinado por interpretação visual.

(continua)

Continuação

Nome_PI	Tipo_dado	Atributos	Num_registros	Tabela	Qualidade	Cad_associado	Observação
objetos	alfanumérico	ID, NOME, ROTULO, AREA, PERIM, PONTO, MUNIC, PRANCHA, NOV_95, SET_97, ABR_99, NOV_99, JAN_00, ABR_00, JUN_00, AGO_00, SET_00, OUT_00, DEZ_00, JAN_01, FEV_01, MAR_01, JUN_01, AGO_01, DEZ_01, JAN_02, FEV_02, MAR_02, ABR_02, MAI_02, JUN_02, JUL_02, AGO_02, OUT_02, JAN_03, VISITADO_EM, IRRIGAÇÃO	300	CG000027		pontos_amostrais	Os atributos com o nome de mês_ano correspondem ao uso nas imagens das respectivas datas, determinado por interpretação visual.
Safra_2000	numérico	ID, NOME, ROTULO, AREA, PERIMETRO, CANA, SOJA, MILHO, SORGO, MILHETO, FEIJAO, ALGODAO, SEM_USO, CN	4	CG000462		Municípios	Estimativas geradas a partir da tabela objetos", pelo método de expansão direta."
Safra_2001	numérico	ID, NOME, ROTULO, AREA, PERIMETRO, CANA, SOJA, MILHO, SORGO, MILHETO, FEIJAO, ALGODAO, SEM_USO, CN	4	CG000463		Municípios	Estimativas geradas a partir da tabela objetos", pelo método de expansão direta."
Safra_2002	numérico	ID, NOME, ROTULO, AREA, PERIMETRO, CANA, SOJA, MILHO, SORGO, MILHETO, FEIJAO, ALGODAO, SEM_USO, CN	4	CG000464		Municípios	Estimativas geradas a partir da tabela objetos", pelo método de expansão direta."

5.6. Legenda

Sigla	Significado
PI/Objeto	pontos_amostrais/objeto
AE	aeroporto
AL	algodão
CA	cana
RF	rede ferroviária
ES	estrada
FE	feijão
GA	galeria
LA	lagoa de vinhaça
MA	mata
MI	milho de verão
ML	milheto
MS	milho safrinha
PA	palha
PS	pasto

(continua)

Continuação

Sigla	Significado
SE	solo exposto
SJ	soja
SR	sorgo
UR	urbana
US	usina

5.7. Metadados

Nome_PI	Categoria	Obj_associados	Tabela	Observação
Banco de dados	Metadados	Descrição_geral	CG000466	Descreve o Banco de Dados de uma maneira geral.
Cadastral	Metadados	cadastr	CG000468	Descreve os PI do tipo cadastral do Banco.
Grade_numérica	Metadados	numer	CG000473	Descreve os PI do tipo MNT do Banco.
Imagens	Metadados	imagens	CG000470	Descreve os PI do tipo imagem do Banco.
Matrizes	Metadados	matriz	CG000474	Descreve os PI do tipo matriz do Banco, exceto imagens.
Objetos	Metadados	obj	CG000469	Descreve os objetos do Banco.
Legenda	Metadados	Legenda	CG000481	Descreve a legenda usada no PI/Obj pontos_amostrais/objeto.
Vetores	Metadados	vetor	CG000472	Descreve os PI do tipo vetor do Banco.

APÊNDICE D

BANCO DE DADOS

O CD-ROM contém o banco de dados gerado durante o desenvolvimento dessa dissertação. Nesse CD_ROM também está gravado o programa de instalação do sistema de informações geográficas SPRING 3.6.03, que deve ser utilizado para acessar o banco de dados. Após a instalação do SPRING, copie a pasta “Banco_de_Dados” diretamente no *drive* c:, d:, e: ou f:. O banco de dados, entre outros planos de informações, contém o painel amostral, que possui diversos atributos, entre eles fotografias associadas aos objetos. Para exibir as fotografias e as gravações, na tela de atributos, clique com o botão direito do mouse sobre a fotografia ou o som que deseja abrir. Note que a localização de arquivo está quadruplicada, mas em *drives* diferentes (c:, d:, e: e f:). Abra a que contém o mesmo *drive* em que foi gravado o banco de dados. Se o banco não estiver sendo executado em nenhum desses *drives*, as fotografias e as gravações não poderão ser abertas diretamente no SIG. Além disso, é necessário ter instalado no computador algum aplicativo que abra arquivos dos formatos JPG e WAV.

