



JOSÉ JAIRO DE MIRANDA

SENSORIAMENTO REMOTO E
GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO
ACOMPANHAMENTO DA ÁREA
PLANTADA DE SOJA NO MUNICÍPIO
DE UNAÍ - MG

X Curso de Especialização em Geoprocessamento 2007



UFMG
Instituto de Geociências
Departamento de Cartografia
Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha
Belo Horizonte
cartografia@igc.ufmg.br

JOSÉ JAIRO DE MIRANDA

GEOPROCESSAMENTO APLICADO NO
ACOMPANHAMENTO DA ÁREA PLANTADA
DE SOJA NO MUNICÍPIO DE UNAÍ – MG.

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de especialista em Geoprocessamento, Curso de Especialização em Geoprocessamento, Departamento de Cartografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais.

Orientador: Prof. Luciano Vieira Dutra

**BELO HORIZONTE
2007**

Miranda, José Jairo.

Geoprocessamento Aplicado no Acompanhamento da Área Plantada de Soja no Município de Unaí - MG
V, 43f: il.

José Jairo de Miranda. Belo Horizonte, 2007.

Monografia (Especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de
Geociências. Departamento de Cartografia, 2006.
Orientador: Luciano Vieira Dutra

1 . Processamento digital de imagens 2. Sensoriamento Remoto 3. Geoprocessamento. 4. Soja

I.Título

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por minha vida, onde sempre esteve presente.

A minha esposa Tânia e meus filhos Pietro, José Jairo e Paola pela compreensão e apoio no decorrer deste curso.

Ao meu orientador Luciano Vieira Dutra, pela atenção dispensada em todos os momentos que necessitei de suas intervenções.

A coordenadora Ana Clara Mourão Moura, que teve grande importância neste estudo, no incentivo e na orientação.

Aos demais professores pela dedicação na transmissão de conhecimento e apoio na realização deste projeto.

Aos colegas da Unidade Regional da EMATER-G em Unai Manoel e Wanderley pelo apoio ao levantamento de campo e informações necessárias ao projeto.

À Diretoria da EMATER-MG, que em momento algum mediu esforços para me ajudar neste projeto.

Ao gerente do CIAGRO, Valdo Berbert e do DETEC Feliciano Nogueira pela compreensão e incentivo e também por disponibilizar tempo, equipamento e material, sempre que necessário.

Aos colegas de trabalho, Guabiraba, José Fernando, Alfredo Milton e Alexsandra Caetano pelas sugestões e apoio durante este projeto.

Aos monitores, Bráulio e em especial Charles, pela excelente didática de transmitir seus conhecimentos e de grande interesse em orientar.

À Colega de Trabalho Ana Cláudia Albanez, pelo apoio e liberação dos mapas digitais do Município de Unai.

Aos colegas do Curso de especialização, principalmente Flávio Freire, Daniel e Felipe, por dividirem comigo as minhas dúvidas e pela amizade construída.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	vi
RESUMO.....	vii
CAPÍTULO I – APRESENTAÇÃO.....	8
1 – INTRODUÇÃO.....	8
2 – OBJETIVOS.....	10
3 – ESTADO DA ARTE.....	11
CAPÍTULO II - FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	14
1 – CICLO DA SOJA.....	14
2 - TRATAMENTOS DE IMAGENS DIGITAIS.....	16
2.1 PRÉ-PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS.....	17
2.2 CORREÇÃO GEOMÉTRICA E REGISTRO.....	17
2.3 REALCE.....	18
2.4 COMPORTAMENTO ESPECTRAL E TEMPORAL DE ALVOS AGRÍCOLAS.....	19
2.5 CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS DIGITAIS.....	20
3 - ANÁLISES ESPACIAIS COMPUTADORIZADAS.....	23
3.1 - ANÁLISE <i>BOOLEANA</i>	23
CAPÍTULO III - MATERIAIS E MÉTODOS.....	24
1 – LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	24
2 – MATERIAIS UTILIZADOS.....	27
3 – METODOLOGIA.....	27
3.1 – PRÉ-PROCESSAMENTO DA IMAGEM.....	28
3.2 – COLETA DE DADOS DE CAMPO.....	29
3.3 – CLASSIFICAÇÃO.....	31
3.4 – MONITORAMENTO SAFRA 2005/2006.....	35
CAPÍTULO IV – RESULTADOS E CONCLUSÕES.....	36
1 - RESULTADOS.....	36
2 - DISCUSSÕES DOS RESULTADOS.....	40
3 - CONCLUSÃO.....	42
CAPÍTULO VII – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização do município de Unaí/MG.....	26
Figura 2 - Organograma da metodologia.....	28
Figura 3 - Levantamento dos pontos cotados das áreas de soja.....	30
Figura 4 - Codificação da linguagem LEGAL.....	35
Figura 5 - Imagem representativa das amostras.....	31
Figura 6 - Mapa temático da classificação de soja 2005.....	36
Figura 7 - Mapa temático da classificação de soja 2006.....	37
Figura 8 - Monitoramento das áreas de soja 2005/2006.....	39
Figura 9 - Evolução do plantio de soja – safra 2005/2006.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Cultivares de soja inscrita no Registro Nacional de Cultivares e indicadas para o Estado de Minas Gerais.....	15
Tabela 2 – Qualidade de classificação associada aos valores da estatística KAPPA.....	23
Tabela 3 - Pontos de controle.....	29
Tabela 4 - Chave de classificação.....	32
Tabela 5 - Estatística dos resultados da classificação – Imagem 2005.....	33
Tabela 6 - Estatística dos resultados da classificação – Imagem 2006.....	34
Tabela 7 - Comparação de dados obtidos das Imagens LANDSAT TM e dados da EMATER-MG.....	38

RESUMO

A soja adquiriu um crescimento expressivo no Estado de Minas Gerais, principalmente nas regiões de cerrado, devido aos incentivos políticos proporcionados na década de 1970, pelo então ministro da agricultura Alysson Paulinelli, com a criação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). A soja tornou-se um *Commodity*, atingindo, com base nas informações obtidas na EMATER-MG, na safra de 2004/2005 uma produção de 2.756.573 toneladas em uma área de 1.109.384 ha no Estado. É, portanto, necessário um acompanhamento deste processo de crescimento. O município de Unaí foi escolhido para realização deste projeto em função da sua aptidão voltada à cultura em questão, por apresentar uma topografia com declividade suave, fator que possibilita a utilização de mecanização agrícola e que se destacou com uma expansão de área plantada de 51.000 ha nos últimos nove anos, correspondendo a um percentual de 159% de aumento. Nossa proposta é avaliar o uso das tecnologias de geoprocessamento e sensoriamento remoto, com o objetivo de aperfeiçoar o sistema de acompanhamento feito pelos Órgãos responsáveis. Para realização do produto final deste projeto foram utilizadas imagens de satélite LANDSAT TM, do período correspondente às safras de 2004/2005 e 2005/2006, do município, processadas pelos aplicativos Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas (SPRING 4.3) e ArcView 9.2 para efeito de comparação com os dados da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais EMATER-MG. Foram, assim, gerados os mapas correspondentes às áreas de soja e não soja daquele município, além dos mapas de expansão para análises e futuros trabalhos. Foram comparados os dados da EMATER-MG com os dados obtidos das imagens chegando a resultados que mostram através do uso destas técnicas, que é possível gerarem informações, em grandes áreas de culturas, subsidiando as tomadas de decisões sobre o planejamento destas culturas no Estado.

CAPÍTULO I – APRESENTAÇÃO

1 - INTRODUÇÃO

A soja teve um grande incremento na produção nos últimos anos no Brasil baseado no aumento de área e nos índices de produtividade conseguidos por meio da utilização de sementes melhoradas, do desenvolvimento de técnicas de cultivo e da mecanização das lavouras. Esse crescimento acabou transformando a cultura da soja em uma das principais fontes geradoras de renda agrícola, tornando-se um dos principais produtos na pauta de exportação do País. O governo teve participação direta nesse crescimento através de incentivos, sendo o mais significativo, os subsídios ao crédito agrícola mediante o financiamento da atividade com baixas taxas de juros e condições facilitadas de pagamentos.

Na medida em que a área aumentava, crescia a demanda por tecnologia, exigindo trabalho constante de pesquisadores e extensionistas no desenvolvimento de técnicas que aperfeiçoaram significativamente o sistema de produção da cultura.

A globalização da economia afeta todas as áreas geradoras de divisas sem deixar de fora o setor agrícola, que necessita de grande parcela de importação de insumos, sem os quais o setor produtivo não se desenvolveria. Diante dessa situação e a conseqüente competitividade ao nível mundial, tornou-se fundamental para expansão das lavouras de soja, a redução de custos na produção e o aumento de produtividade. A cada dia as técnicas precisam ser aperfeiçoadas e os produtores, cada vez mais, necessitam de apoio à produção. Esse apoio é concretizado através da liberação de fontes de financiamento, da assistência técnica no cultivo e apoio à comercialização. E, para a concretização desses apoios, que sob o ponto de vista mais específico, dentro do setor produtivo, chama-se "tecnologia", um insumo torna-se fundamental e indispensável. Esse insumo, sob o ponto de vista mais global, chama-se "informação".

Atualmente, a EMATER-MG para levantamento de informações da área plantada de soja no Estado, utiliza-se de uma metodologia subjetiva. Sendo a informação, a principal base para

definições de ações estratégicas do governo nas definições de políticas públicas de abastecimento e comercialização e de apoio aos produtores, necessita, cada vez mais, de obter dados confiáveis que possam ser gerenciados transformando-se em informações precisas. Informações estas que vão subsidiar os governos e instituições privadas no planejamento de diferentes programas.

Portanto, pesquisadores brasileiros têm concentrado esforços com o intuito de desenvolver metodologias que possibilitem a incorporação das geotecnologias nos atuais sistemas de levantamentos de safras agrícolas, seja na estimativa da área plantada, seja na estimativa da produtividade agrícola, variáveis essenciais para se estimar a produção final de uma cultura.

Em adição, a grande extensão territorial brasileira, aliada o dinâmico espaço temporal da atividade agrícola, torna difícil a obtenção de informações atualizadas e confiáveis sobre este setor da economia. Por outro lado, a utilização das chamadas *geotecnologias*, que envolvem imagens de sensoriamento remoto, Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e Sistemas de Posicionamento Global (GPS), podem auxiliar na obtenção dessas informações de forma mais rápida, precisa e com menor custo, quando comparadas às geradas pelas técnicas subjetivas tradicionalmente utilizadas. Assim, pesquisadores brasileiros têm concentrado esforços com o intuito de desenvolver metodologias que possibilitem a incorporação das geotecnologias nos atuais sistemas de levantamentos de safras agrícolas, seja na estimativa da área plantada, seja na estimativa da produtividade agrícola, variáveis essenciais para se estimar a produção final de uma cultura. Pesquisas relacionadas à identificação de culturas, bem como à medição da área por elas ocupadas, estão concentradas principalmente na classificação de imagens adquiridas por sensores ópticos de média resolução espacial a bordo dos satélites da série LANDSAT TM, tendo como auxílio informações obtidas a campo e amparadas por sistemas de amostragem. Já as pesquisas envolvendo estimativa da produtividade agrícola vêm sendo desenvolvidas utilizando dados agrometeorológicos, associados ou não, às imagens de sensoriamento remoto, através de modelos matemáticos.

2 – OBJETIVOS

Este estudo propõe definir as áreas plantadas de soja nos anos de 2005 e 2006 do município de Unaí, comparando a evolução de uma safra com outra, confrontando-se com os dados obtidos pela EMATER-MG através de metodologia específica. Avaliando desta forma as técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao acompanhamento de estimativa de safra.

Especificamente, busca realizar o mosaico das cenas LANDSAT TM 220.71, 220.72 que cobrem o município em estudo, produzindo, a partir de classificação de imagens, mapas das áreas plantadas de soja nas safras de 2004/2005 e 2005/2006 e utilizando-se análise *booleana*, monitorar a evolução das safras em questão. Finalmente verificar os valores encontrados face às informações do banco de dados da EMATER-MG para os respectivos períodos.

3 – ESTADO DA ARTE

Atualmente, os índices de crescimento populacional têm aumentado significativamente, especialmente nos países menos desenvolvidos. A degradação das terras, o alto custo de energia e dificuldade de acesso às tecnologias tem sido apontado como as principais causas do declínio da produção “per capita” de alimentos nas últimas décadas. Portanto, criar mecanismos de alimentação adequada para atender os seres humanos tem sido um grande desafio dos gestores públicos. A pesquisa agropecuária e a assistência técnica desempenham um papel de suma importância nesta empreitada, especialmente nas áreas de expansão da fronteira agrícola com os cerrados brasileiros, seguramente a maior e mais importante opção para o desenvolvimento de uma agricultura sustentada, capaz de suprir toda a necessidade de alimentos para o Brasil e gerar excedentes para a exportação.

O conhecimento dos recursos naturais (solos, clima, vegetação, minerais de interesse agrícola e relevo) e das características sócio-econômicas (população, produção, evolução da fronteira agrícola e uso atual) constitui o embasamento indispensável para a avaliação do potencial de uso das terras necessário para identificação das áreas passíveis de utilização com atividades agrícolas sustentáveis e das áreas que devem ser preservadas formando assim um planejamento indispensável para o desenvolvimento do País como coloca ASSAD (1998).

Para constituir as análises espaciais e os devidos estudos destas classes podemos observar que o campo da informática e o aperfeiçoamento dos sistemas de aquisição de imagens (sensores remotos de vários tipos equipados em aeronaves e satélites), vêm possibilitando, cada vez mais, o estudo dos recursos naturais de grandes superfícies do terreno, com custo mínimo em relação aos trabalhos de campo. Neste contexto, tanto as imagens provenientes de aerofotogrametria (imagens fotográficas) quanto imagens provenientes de satélites (imagens não fotográficas) são utilizadas como material de base para a aplicação em diversos métodos relacionados à obtenção de informações sobre o uso da terra e o revestimento do solo como afirma DUTRA (2003).

Uma das premissas necessárias em um sistema de levantamento de safras agrícolas é a estimativa da área plantada com as diferentes culturas presentes em uma determinada região. A identificação de áreas ocupadas pelas culturas através da classificação de imagens de sensoriamento remoto parte do princípio que as culturas, em função de suas características intrínsecas, possuem comportamento espectral distintos, os quais são manifestados em uma imagem digital. Além da possibilidade da identificação e quantificação da área ocupada, uma imagem classificada possibilita a localização espacial dos talhões, o que facilita uma aferição diretamente no campo, bem como a estimativa/previsão em anos subsequentes.

Entretanto, somente certas culturas podem ser monitoradas com imagens de média resolução espacial. São aquelas que ocupam as maiores áreas, sendo cultivadas mecanicamente e, portanto, em talhões cujas dimensões mínimas geralmente superam uma quantidade maior de hectares e que, conseqüentemente, são as que possuem maior importância econômica.

Além disso, em regiões caracterizadas pela presença de várias espécies agrícolas ou quando o plantio das culturas é distribuído ao longo de uma estação do ano, deve ser levado em consideração o aspecto multitemporal das imagens de sensoriamento remoto, pelo fato das diferentes culturas apresentarem respostas espectrais características em função do estágio fenológico.

RIZZI, (2004) apud Medeiros *et al.*, (1996) utilizaram uma imagem LANDSAT TM na estimativa da área plantada com as culturas da cana-de-açúcar, milho e soja, em nível municipal, na região norte de São Paulo. Os resultados apontaram grandes discrepâncias entre a estimativa de área plantada, obtida através da classificação digital da imagem e a estimativa pelo LSPA/IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Apesar de não apontarem a origem dessas discrepâncias, os autores destacam que as imagens de satélite podem fornecer informações objetivas e confiáveis de estimativa de área plantada.

RIZZI, (2004) apud Fontana *et al.*, (2001) utilizaram imagens LANDSAT TM na estimativa da área plantada com soja em nível nacional para o ano-safra 1999/00. Apesar de abranger cerca de 60% da área cultivada com a cultura no Brasil, o estudo esbarrou no problema relacionado à cobertura de nuvens por ocasião da obtenção das imagens. Isto ocorreu também em virtude de os autores terem utilizado somente imagens adquiridas pelo sensor TM, que não foi satisfatório para a aquisição de imagens livres de nuvens no período considerado ideal, devido à sua baixa resolução temporal para este estudo.

Portanto, muitos trabalhos com base em dados de sensores remotos limitam-se à utilização, parcial ou completa, da classificação básica em relação ao uso da terra, na qual as classes empregadas no sistema, na maioria das vezes, são fenômenos físicos e por causa disso, passíveis de identificação através de imagens de sensoriamento remoto. Cabe ressaltar que uso de sensores remotos é proposto, principalmente, para o fornecimento de dados básicos, a partir dos quais os tipos de uso da terra são interpretados. Por essa razão é necessário valer-se de outros tipos de dados e de aplicar-se associações entre alvos identificados no terreno e atividades efetivamente desenvolvidas a fim de obter informações sobre as reais atividades de uso da terra, aí incluídas as classes de uso múltiplo, em que mais de uma atividade são realizadas em uma mesma área.

CAPÍTULO II - FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1 – CICLO DA SOJA

A duração do ciclo da soja oscila, dependendo do cultivar, da latitude, da altitude, da pluviosidade, da temperatura e da época de semeadura. De acordo com a duração de seu ciclo, os cultivares são classificados em semiprecoce, médio, semitardio e tardio, segundo informações da EMBRAPA (2007).

Grupo de Maturação

Semiprecoce (101 a 110 dias)	Médio (111 a 125 dias)	Semitardio (126 a 145 dias)	Tardio (> 145 dias)
A 7001	BRS 217 (Flora)	A 7002	BRS Celeste
A 7005	BRS 218 (Nina)	BRS 252 (Serena)	BRS Nova Savana
BRSGO ARAÇU	BRS Favorita RR	BRS Baliza RR	BRS Pétala
BRSMG 750SRR	BRS Rosa	BRS Carla	BRS Raimunda
CD 204	BRSGO 204 (Goiânia)	BRS Milena	BRS Silvânia RR
CD 205	BRSGO Caiopânia	BRS Valiosa RR	BRSGO Amaralina
CD 217	BRSGO Iara	BRSGO Indiara	BRSGO Chapadões
CS 935142	BRSMG 68 (Vencedora)	BRSGO Raissa	BRSGO Edéia
DM 118	BRSMG Liderança	BRSMG 250 (Nobreza)	BRSGO Ipameri
DM Rainha	CD 211	BRSMG 251 (Robusta)	BRSGO Jataí
Emgopa 316	CD 222	BRSMG 850GRR	BRSGO Luziânia
M-SOY 2002	CS 201	BRSMT Pintado	BRSGO Paraíso
M-SOY 6101	CS 801	CAC 1	BRSGO Santa Cruz

M-SOY 7901	CS 821	Emgopa 315 (Rio Vermelho)	BRSMG Garantia
M-SOY 8001	DM 247	MG/BR 46 (Conquista)	BRSMT Uiranpuru
P98C21	DM Soberana	Monarca	DM 309
P98N41	FMT Tucunaré	M-SOY 8757	DM 339
UFV 20 (Florestal)	M-SOY 109	M-SOY 8800	DM Nobre
	M-SOY 8400	M-SOY 8914P98C81	DM Nobre
	M-SOY 8411	P98N71	DM Vitória
	M-SOY 8550	P98N82	Elite
	UFU Futura	Suprema	Emgopa 313
	UFUS Riqueza	UFU Milionária	M-SOY 9010
	UFV 16 (Capinópolis)	UFUS Impacta	M-SOY 9030
	UFV 19 (Triângulo)	UFV 17 (Minas Gerais)	UFV 18 (P.Minas)
	UFVS 2001	UFVS 2002	UFVS 2003
	UFVS 2006	UFVS 2017	UFVS 2004
	UFVS 2008	UFVS 2018	UFVS 2005
	UFVS 2009	UFVTN 101	UFVS 2010
	UFVS 2013	UFVTN 103	UFVS 2011
		UFVTN 105	UFVTN 102
		UFVTNK 106	UFVTN 104

Tabela 1. Cultivares de soja inscrita no Registro Nacional de Cultivares e indicadas para o Estado de Minas Gerais.

Fonte: EMBRAPA (2007)

A emergência das sementes de soja ocorre entre 5 a 7 dias após a semeadura. A duração entre a emergência até a passagem do estágio vegetativo para o reprodutivo varia de 40 a 70 dias, e deste até o início da frutificação, entre 7 e 15 dias. A maturação fisiológica dos grãos ocorre de 40 a 70 dias após a passagem para o estágio de frutificação e a colheita mecânica é realizada quando 95% dos grãos atingirem 13 a 16% de umidade. (EMBRAPA 2007)

Quanto mais densa e vigorosa a cobertura vegetal, maior a superfície de interface células/ar, o que acarreta um aumento das reflexões, refrações e transmissões da REM e conseqüentemente, maior a reflectância nesta porção do espectroeletr magnético. Entre 1,3 e 2,5 μm (infravermelho médio), a reflectância das folhas diminui em função das bandas de absorção da água, por volta dos comprimentos de onda 1,4; 1,9 e 2,7 μm .

Portanto, a cena ideal para este projeto seriam as cenas referentes ao mês de março do ano de 2005 e 2006 onde a soja se encontra em pleno vigor físico devido a cultivar mais utilizada naquele município têm o ciclo tardio.

2 - TRATAMENTOS DE IMAGENS DIGITAIS

As imagens digitais consistem de um arranjo bidimensional de elementos denominados *pixels*, cada um com uma localização geográfica definida, que representam a média da intensidade da energia eletromagnética refletida ou emitida pelos diferentes materiais presentes na área de superfície correspondente à sua resolução e em determinada faixa espectral. As imagens de Sensoriamento Remoto, normalmente são multiespectrais, isto é, a mesma cena é imageada simultaneamente em várias bandas do espectro eletromagnético, por sensores com respostas espectrais diferentes; geralmente 4 a 7 canais do visível ao infravermelho.

A escolha da faixa ou das faixas (bandas) espectrais a serem utilizadas na análise da imagem depende dos objetivos do trabalho. “Características dos alvos auxiliam a escolha de faixas mais adequadas. Tanto para a vegetação quanto para levantamentos de uso da terra, diversos

estudos realizados demonstram que os canais 5 e 7 são os melhores para a identificação dos diferentes tipos de cobertura vegetal”. (MARTINS, 1997, p. 31).

2.1 PRÉ-PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS

É a fase do tratamento de imagens em que os dados digitais são preparados para a classificação, mediante o emprego de técnicas ou funções dos sistemas que corrigem ou atenuam anomalias relativas à posição do *pixel* (distorções geométricas) e aos níveis de cinza (distorções radiométricas ou atmosféricas).

Segundo MOREIRA (2003), as técnicas mais utilizadas nesta etapa são: remoção de ruídos; realce de imagem; correção e retificação geométrica e registro; e redução da dimensionalidade.

2.2 CORREÇÃO GEOMÉTRICA E REGISTRO

A abordagem mais utilizada para a realização da correção geométrica é aquela que aplica modelos matemáticos para corrigir os erros, de posicionamento dos *pixels*, relacionando a localização dos mesmos a uma posição geográfica (coordenada) da área de interesse através de pontos conhecidos na imagem (pontos de controle). O registro é baseado em um sistema de projeção cartográfica sobre o qual se deseja ajustar a imagem, a partir de outra imagem já corrigida. Quando a correção é de uma imagem a partir de um mapa, o termo mais usado é “georeferenciamento”, contudo, também se usa dizer “registro imagem x mapa”.

Em relação aos procedimentos envolvidos, DUTRA (2003) explica que: inicialmente são identificados os pontos de controle, isto é, são pontos comuns localizados na imagem que se pretende corrigir e no mapa de referência (ou imagem de referência). Em seguida são definidos modelos matemático-estatísticos que descrevam as distorções entre os pontos de controle a imagem e seus correspondentes na referência, permitindo construir uma nova imagem corrigida. Os níveis de cinza dos *pixels* da imagem distorcida são transferidos para a

nova posição na imagem corrigida, cujos valores são calculados através de funções que levam em consideração a vizinhança do *pixel* e, que alteram o mínimo possível à informação radiométrica contida no mesmo.

2.3 REALCE

Consiste de um conjunto de funções aplicadas para melhorar o contraste de canais com baixa qualidade visual ou enfatizar alguma característica de interesse para uma aplicação específica. Segundo MOREIRA (2003, p. 268), o tipo de realce mais empregado é a ampliação do contraste de feições na cena, ou seja, os níveis de cinza mais baixos são arrastados para próximos de zero (tonalidade mais escura) e os mais altos, para próximos de 255 (cinza-claro). A ferramenta mais usada é o histograma, representado por um gráfico que dá o número de *pixels* na imagem para cada nível de cinza ou para um intervalo de *pixels*. A base do histograma (espalhamento), que está relacionada com a variância, ou seja, a largura dessa base dá a medida do contraste existente na imagem, pode ser manipulada para produzir o realce por contraste. Cada banda da imagem é relacionada à cor aplicada para visualização e pode ter a base de seu histograma manipulado para realçá-la.

Outra técnica, denominada filtragem, produz transformações com base em uma vizinhança dos pontos da imagem. As transformações mediante a aplicação do modelo IHS (intensidade, matiz e saturação de cores) também podem realçar as imagens em termos de seu contraste de cor.

2.4 COMPORTAMENTO ESPECTRAL E TEMPORAL DE ALVOS AGRÍCOLAS

Cada objeto apresenta um comportamento diferente frente à relação entre a radiação que nele incide e a radiação por ele refletida, transmitida e absorvida, denominado de *comportamento* ou *resposta espectral*. Além das propriedades físico-químicas, outras características inerentes aos alvos interferem no seu comportamento espectral.

Para que se possam compreender os fenômenos da interação da radiação eletromagnética com a vegetação, é fundamental o conhecimento das propriedades espectrais das plantas, responsáveis pelo comportamento espectral do dossel como um todo, bem como das características associadas ao solo.

A interação da radiação solar com a vegetação ocorre principalmente nas folhas, onde acontece o processo da fotossíntese. Na porção visível do espectro eletromagnético (0,4 a 0,7 μm) a vegetação apresenta uma alta absorção da radiação incidente, promovida pelos pigmentos fotossintéticos presentes nas folhas (clorofila, xantofila etc.). Os picos de absorção ocorrem nas regiões do vermelho e do azul, havendo um pico de refletividade em torno do comprimento de onda de 0,55 μm (verde). O vermelho é um intervalo do espectro eletromagnético no qual existe uma relação inversamente 57 proporcional entre a intensidade da REM refletida e a quantidade de clorofila presente no dossel vegetal. Assim, com o aumento da cobertura vegetal e conseqüentemente o incremento na quantidade de pigmentos celulares por área, presentes em um maior número de folhas, a quantidade da REM refletida no vermelho diminui, devido ao aumento da absorção da REM incidente.

Acima de 0,7 μm , mais especificamente entre 0,7 e 1,3 μm (infravermelho próximo), a reflectância aumenta consideravelmente quando comparada à região do visível. Isto resulta do forte contraste entre os índices de refração do conteúdo celular (rico em água) e do espaço intercelular (rico em ar), que provoca reflexões e refrações da REM no interior da folha.

Como esta porção da radiação solar não é utilizada pelas plantas, estas possuem um mecanismo de baixa absorção e grande reflexão e transmissão da energia incidente. A baixa absorção evita um maior aquecimento da planta, que ocasionaria uma maior transpiração e, conseqüentemente, maior demanda hídrica. Por este motivo, quanto mais densa e vigorosa a cobertura vegetal, maior a superfície de interface células/ar, o que acarreta um aumento das reflexões, refrações e transmissões da REM e, conseqüentemente, maior a reflectância nesta porção do espectro eletromagnético. Entre 1,3 e 2,5 μm (infravermelho médio), a reflectância das folhas diminui em função das bandas de absorção da água, por volta dos comprimentos de onda 1,4; 1,9 e 2,7 μm .

2.5 CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS DIGITAIS

A classificação digital de imagens consiste em um processo de decisão, no qual um grupo de *pixels* é definido como pertencente a uma determinada classe. O resultado de uma classificação é uma imagem temática, na qual os *pixels* classificados são representados por símbolos gráficos ou cores, associados a uma classe definida pelo usuário.

Os métodos de classificação digital de imagens podem ser divididos em três categorias, de acordo com o tipo de treinamento: supervisionados, não-supervisionados e híbridos.

RIZZI, (2004) apud Fontana *et al.*, (2001) o tipo de treinamento supervisionado se baseia na disponibilidade prévia de amostras representativas, identificadas na imagem, para cada classe de interesse. O algoritmo classificador utiliza, então, a informação estatística referente a essas amostras na classificação dos demais *pixels* da imagem. Em função disso, para que a classificação seja bem sucedida, é fundamental que as amostras de treinamento sejam homogêneas e representativas das classes de interesse. Entre os métodos de classificação supervisionada, destacam-se o paralelepípedo e a máxima verossimilhança, ou MAXVER, como sendo os mais utilizados.

O método do paralelepípedo é um classificador do tipo determinístico, onde são identificados os valores mínimos e máximos dos histogramas das amostras das classes em cada uma das bandas, que são usados para definir os vértices de um paralelepípedo no espaço de atributos. Assim, o *pixel* cujo valor do nível de cinza se encontrar dentro desse paralelepípedo é rotulado como pertencente à classe correspondente. Em outras palavras, um *pixel* só será classificado como pertencente a uma determinada classe se o valor do seu nível de cinza estiver entre os valores máximos e mínimos das amostras, em cada banda espectral selecionada para classificação. Muito embora seja relativamente simples, o método do paralelepípedo apresenta algumas limitações. Alguns *pixels* podem não se enquadrar dentro dos valores que definem os paralelepípedos, não sendo, portanto, classificados.

O classificador de máxima verossimilhança (MAXVER) é um classificador estatístico que utiliza os valores de cinza de cada classe previamente definidas a partir das amostras de treinamento, avaliando a probabilidade que cada *pixel* da imagem tem de pertencer a cada uma das classes identificadas e o designa àquela cuja probabilidade é maior.

O tipo de treinamento não-supervisionado diferencia das técnicas de classificação supervisionada é o fato de as classes não serem definidas pelo analista e sim pelo algoritmo de agrupamento. Esse algoritmo associa cada *pixel* da imagem a uma classe espectral, com base nas propriedades intrínsecas do conjunto de dados (DUTRA 2003).

O tipo de treinamento híbrido é um procedimento de classificação que utiliza as duas abordagens descritas anteriormente (supervisionada e não supervisionada). Essa classificação é recomendada principalmente em estudos que envolvem uma estratificação temática mais detalhada, onde, separadamente os métodos supervisionados e não-supervisionados não retornam resultados satisfatórios. Primeiramente, através da classificação não-supervisionada, a imagem é agrupada em regiões espectralmente homogêneas. Tais regiões são utilizadas para a aquisição das amostras de treinamento, que serão utilizadas na classificação supervisionada.

Segundo CENTENO (2003), o problema da classificação de imagens de satélite também pode ser encarado do ponto de vista estatístico, atribuindo o *pixel* para a classe mais provável em

função de seus valores do contador digital. Para isto, alguns conceitos básicos de probabilidades são necessários.

Deve se levar em consideração que nem todos os valores possíveis ocorrem de fato numa imagem real. Por exemplo, em uma imagem da região amazônica, a probabilidade de se encontrar *pixels* correspondentes à classe “mar” é muito pequena, se não nula. A probabilidade de se encontrar um *pixel* com um vetor de estado x numa imagem pode ser então representada por $p(x)$.

Segundo, como na imagem existem apenas certos vetores x , o processo de classificação consiste em definir a classe mais provável para estes *pixels*. Ou seja, dado um vetor de x definir a classe mais provável (w_j), dentre em conjunto de classes possíveis finito: $W = w_1, w_2, \dots, w_n$. Isto pode ser expresso pela probabilidade condicional $p(w_j | x)$.

O conceito de probabilidade condicional também pode ser usado para descrever a frequência dos *pixels* numa classe. Ou seja, dada uma classe, pode-se descrever a probabilidade de se encontrar um determinado *pixel* neste grupo ($p(x | w_j)$).

Por exemplo, dada a classe “vegetação” ($w_j = \text{vegetação}$), a probabilidade de se encontrar *pixels* com alto valor nas bandas do infravermelho próximo é grande. Já se a classe considerada for água ($w_j = \text{água}$), a probabilidade de se encontrar *pixels* com alto valor no infravermelho próximo é pequena.

No processo de classificação não existe interesse direto em conhecer os verdadeiros valores da probabilidade. Apenas uma comparação entre os valores é necessária. A decisão a ser tomada obedece à regra: o *pixel* x pertence à classe w_j se a probabilidade que associa este *pixel* à classe w_j é maior que a probabilidade que associa o *pixel* a qualquer outra classe.

A partir dos valores destas probabilidades conjuntas, torna-se viável calcular a probabilidade de um *pixel* ocorrer na imagem, pois este valor está associado à probabilidade do *pixel* ocorrer em qualquer uma das classes.

Um dos métodos mais utilizados para a avaliação da exatidão é a estatística KAPPA, que pode ser empregada com o auxílio do próprio sistema computacional utilizado para a classificação.

A estatística KAPPA é um método não-paramétrico do grupo de técnicas de análise discreta multivariada. É um coeficiente de concordância que indicará o grau de precisão para uma dada classificação.

Para analisar os resultados pode-se usar apenas como referência, a descrição da Tabela 1.

VALOR DE KAPPA	QUALIDADE DO MAPA TEMÁTICO
< 0,00	Péssima
0,00 – 0,20	Ruim
0,20 – 0,40	Razoável
0,40 – 0,60	Boa
0,60 – 0,80	Muito boa
0,80 – 1,00	Excelente

Tabela 2: Qualidade da classificação associada aos valores da estatística KAPPA

3 – ANÁLISES ESPACIAIS COMPUTADORIZADAS

3.1 - ANÁLISE *BOOLEANA*

Operações *booleanas* são aquelas que atribuem o valor 0 ou 1 para as respectivas variáveis. Caracteriza, assim, se uma afirmativa é verdadeira ou falsa. Esta técnica, em princípio, se assemelha à consagrada forma de análise utilizando a sobreposição de mapas em formatos translúcidos. Este apelo à simplicidade, no entanto, apresenta a considerável limitação de não ponderar suas entradas, de acordo com seus respectivos níveis de importância.

CAPÍTULO III - MATERIAIS E MÉTODOS

1- LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo deste trabalho foi o município de Unaí, devido a sua grande importância na agricultura do estado de Minas Gerais, figurando entre os maiores produtores de soja do Estado.

Situado na Mesorregião do Noroeste de Minas e na Microrregião de Unaí, entre os paralelos 15°40'00''S e 17°00'00''S, e meridianos 46°10'00''W e 47°30'00''W, com área de 8.492 km², limita-se ao norte com os municípios de Cabeceira Grande, Buritis e Arinos; ao sul com Paracatu e Brazilândia de Minas; a leste com Dom Bosco, Natalândia, Bonfinópolis de Minas e Uruana de Minas, e a oeste com Cristalina (GO).

A Sede Municipal, a 600 metros de altitude, tem sua posição geográfica determinada pelo paralelo de 16° 22' 45'' de latitude sul, em sua interseção com o meridiano de 46° 53' 45'' de longitude oeste.

O clima é tropical úmido com temperaturas variando entre máximas de 35°C e mínimas de 10°C. A temperatura média anual é de 24°C. A precipitação pluviométrica média anual é de 1.200 mm.

Entre os principais acidentes geográficos destacam-se: Gruta do Tamboril, Gruta do Gentio, Cachoeira da Jibóia, Cachoeira do Queimado, Cachoeira do Rio Preto, Gruta do Quilombo, Pedra, Serra Geral do Rio Preto, correspondente ao divisor das micro bacias dos Rios Preto e Uruçuaia, Serra do Pico e Serra do Jataí, alongadas e paralelas.

No Plano econômico, é um Município de características essencialmente agropecuárias. O Município destacou-se como o maior produtor nacional de feijão, com 66,6 mil toneladas no ano de 2004 ou 2,25% da produção brasileira e 14,34% da produção mineira. Além disso, ocupa a oitava posição entre os maiores produtores de sorgo (57,6 mil toneladas) e a 10ª em produção de milho, com 292,8 mil toneladas em 46 mil hectares.

O perfil tecnológico da produção agrícola de Unaí é comparável aos melhores do mundo, dispondo inclusive de alto índice de áreas irrigadas, perfazendo cerca de 35 mil hectares sob pivô central. Esta tecnologia aliada ao perfil também empreendedor do produtor rural, permitiu que Unaí se destacasse com o maior PIB agropecuário de Minas Gerais, segundo estudos realizados pela Fundação João Pinheiro.

Unaí apresenta uma malha rodoviária bem distribuída, atendendo a contento as necessidades que o município tem com relação ao escoamento da produção para outras partes do estado e do país.

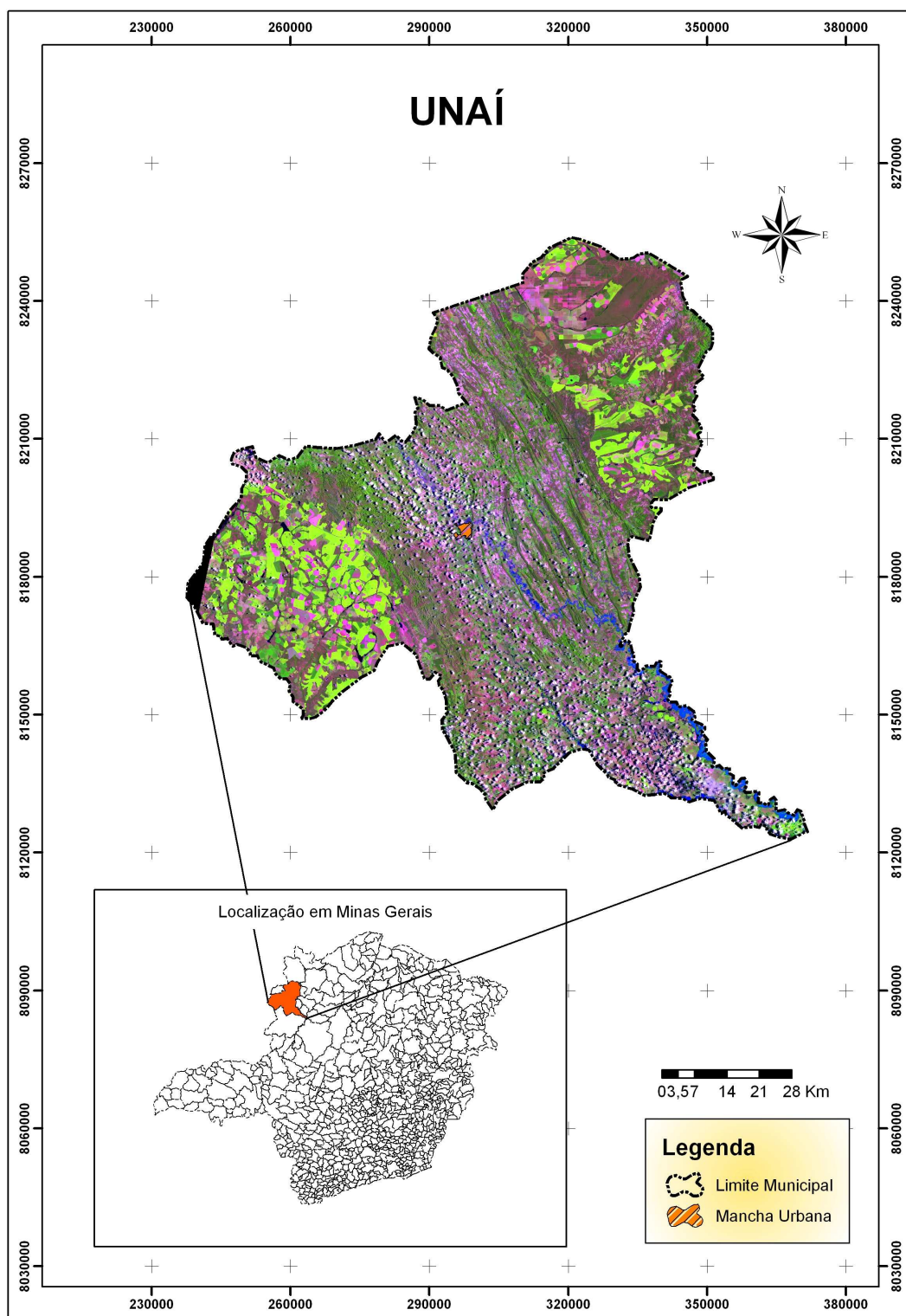


Figura 1: Mapa de localização do município de Unai/MG

2-MATERIAIS UTILIZADOS

- Imagens multiespectrais compostas pelas bandas 3, 4, 5 do satélite LANDSAT TM, cedida pelo INPE.
- Levantamento de campo determinando os pontos de controle utilizando GPS modelo PROXR da *Trimble*.
- Softwares especializados: *SPRING 4.3* e *ArcView 9.2*.

As imagens utilizadas foram as cenas 220-71 e 220-72 de 06/02/2005 e 220-71 e 220-72 de 24/01/2006.

3- METODOLOGIA

A primeira etapa cuidou do mapeamento temático da cobertura do solo da área de estudo, mediante a utilização da técnica de classificação multiespectral supervisionada por máxima verossimilhança (Maxver), contemplando as seguintes classes: água, solo, soja, mata, campo e outras culturas.

A segunda etapa constou na elaboração de um mapa temático de monitoramento das alterações entre uma safra e outra, utilizando-se a álgebra de mapas em uma abordagem *booleana*.

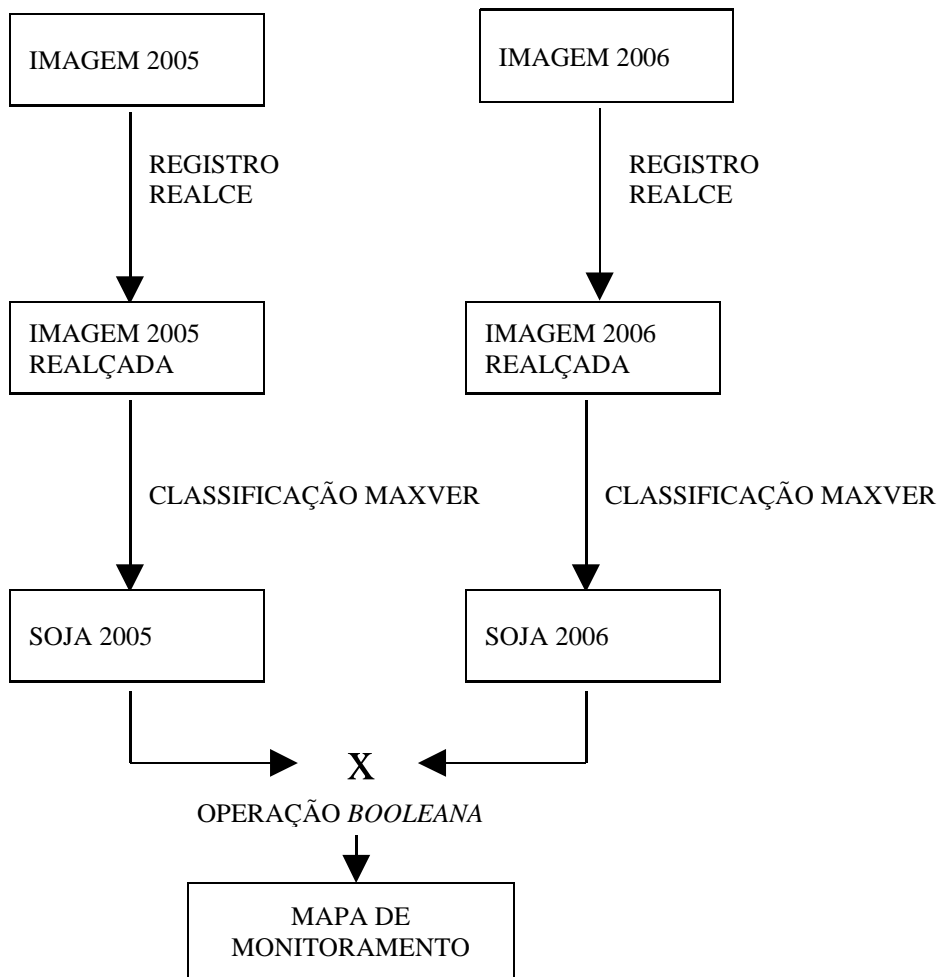


Figura 2: Organograma da Metodologia

3.1 – PRÉ-PROCESSAMENTO DA IMAGEM

Inicialmente criou-se um banco de dados geográficos e um projeto de desenvolvimento do trabalho, no SPRING, para o qual foram importadas, pelo módulo IMPIMA, as bandas: 3, 4 e 5 (resoluções de 30m) da imagem selecionada.

A imagem, no formato TIFF, foi transformada em formato GRIB, para o uso no SPRING 4.3 e ajustada conforme os parâmetros do retângulo envolvente.

Em seguida as bandas da imagem foram corrigidas geometricamente com uma função linear de primeiro grau, através da utilização de pontos de controle obtidos por seleção de *pixels* em feições facilmente reconhecíveis em uma imagem de referência, disponibilizada pelo laboratório de geoprocessamento da UFMG, previamente corrigida. Esses pontos foram cuidadosamente identificados na imagem de referência e na imagem GRIB, obtendo-se como valores dos resíduos médios da correção geométrica inferior a 24 metros, ou seja, dentro do *pixel*.

A técnica de realce através da manipulação do histograma nas cores da composição colorida foi aplicada nas bandas da imagem para aumentar o contraste e, por conseguinte, melhorar o desempenho da interpretação. A composição escolhida foi a RGB 543 para ambas as datas.

3.2 – COLETA DE DADOS DE CAMPO

O levantamento de dados de campo foi realizado em 1 dia (Figura 3), percorrendo as regiões mais representativas com áreas plantadas de soja considerando:

- Devido o rotacionamento de culturas entre a safra de 2004/2005 e 2005/2006 caracterizaram-se os pontos nas mesmas áreas com denominação das culturas do respectivo período, auxiliando assim na interpretação da imagem.
- Foram registrados pontos de outras culturas tais como milho, feijão e outros alvos importantes como veredas, pastos e estradas.
- A Tabela 3 apresenta os pontos medidos em campo.

X	Y	CULTURA
268187	8168712	Soja 2005
268163	8168705	Milho 2006
269160	8170016	Milho 2006
269162	8170023	Feijão 2006
252253	8182874	Soja 2005
252254	8182867	Milho 2006
273457	8188384	Soja 2006
273466	8188388	Milho 2005
277171	8182984	Soja 2005
277161	8182981	Milho 2006
277311	8182853	Soja 2006
277308	8182853	Soja 2006

Tabela 3: Pontos de Controle

A Figura 3 mostra o levantamento com GPS de pontos cotados de uma das áreas de plantio de soja.



Figura 3: Levantamento dos pontos cotados das áreas de soja

3.3 CLASSIFICAÇÃO

Optamos por realizar uma classificação supervisionada utilizando o classificador MAXVER-ICM, definindo-se seis classes temáticas (água, soja, solo, mata, campo e outras culturas), dando-se especial atenção à classe de interesse soja, que se apresentou, segundo os pontos de controle, conforme Tabela 4.

A Figura 5 mostra a imagem LANDSAT já classificada, composição RGB543.

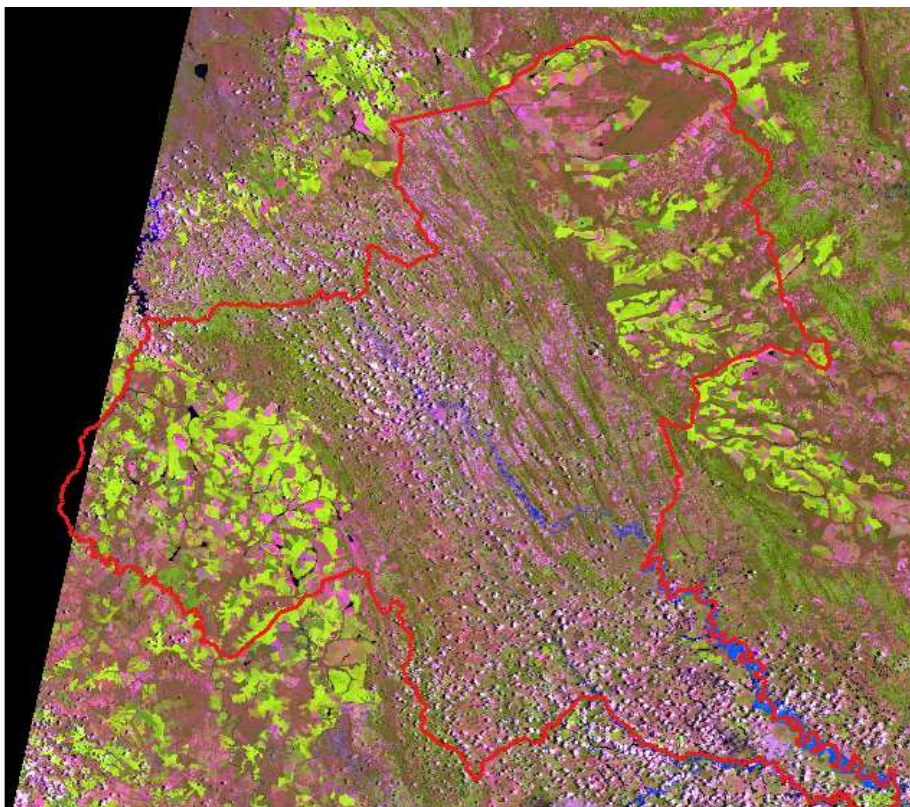


Figura 5: Imagem representativa das amostras

A Tabela 4 apresenta as amostras com suas respectivas respostas espectrais.

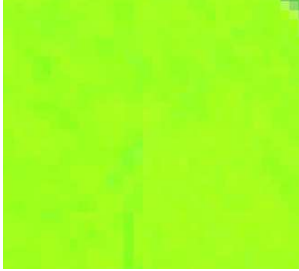
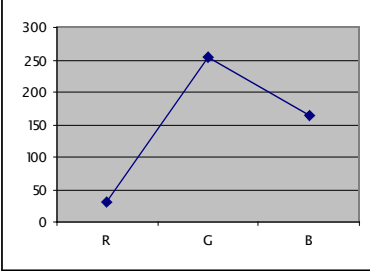

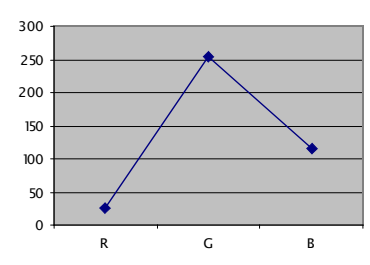
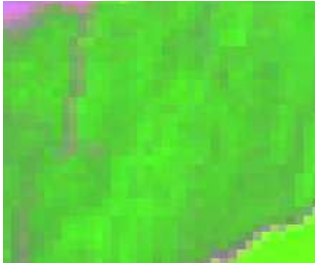
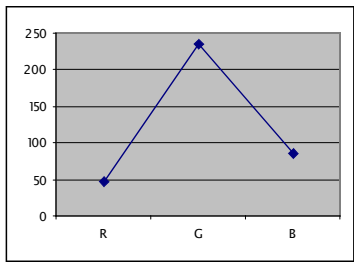
AMOSTRA	RESP. ESPECTRAL MÉDIA	TEXTURA								
	 <table border="1"> <caption>Data for Smooth Green Surface</caption> <thead> <tr> <th>Channel</th> <th>Response</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>R</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>G</td> <td>250</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>160</td> </tr> </tbody> </table>	Channel	Response	R	30	G	250	B	160	LISA
Channel	Response									
R	30									
G	250									
B	160									
	 <table border="1"> <caption>Data for Smooth Green Surface with Spots</caption> <thead> <tr> <th>Channel</th> <th>Response</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>R</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>G</td> <td>250</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>110</td> </tr> </tbody> </table>	Channel	Response	R	30	G	250	B	110	LISA
Channel	Response									
R	30									
G	250									
B	110									
	 <table border="1"> <caption>Data for Rough Green Surface</caption> <thead> <tr> <th>Channel</th> <th>Response</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>R</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>G</td> <td>230</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>80</td> </tr> </tbody> </table>	Channel	Response	R	50	G	230	B	80	RUGOSA
Channel	Response									
R	50									
G	230									
B	80									

Tabela 4: Chave de Classificação

As Tabelas 5 e 6 apresentam os resultados para o teste de classificação evidenciando o desempenho, segundo o parâmetro KAPPA.

MATRIZ DE ERROS DE CLASSIFICACAO								
(colunas: dados de referencia)								
	soja	outras_cul	mata	agua	campo	solo	Abstencao	Soma lin.
soja	4092 11.63%	94 0.27%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	4186
outras_cul	0 0.00%	3435 9.76%	347 0.99%	0 0.00%	0 0.00%	53 0.15%	0 0.00%	3835
mata	0 0.00%	217 0.62%	4201 11.94%	0 0.00%	27 0.08%	2 0.01%	0 0.00%	4447
agua	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	3741 10.63%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	3741
campo	0 0.00%	24 0.07%	0 0.00%	0 0.00%	9488 26.97%	407 1.16%	0 0.00%	9919
solo	0 0.00%	202 0.57%	0 0.00%	0 0.00%	14 0.04%	8839 25.12%	0 0.00%	9055
Soma col.	4092	3972	4548	3741	9529	9301	0	35183

	Exatidao do produtor	Exatidao do usuario
soja	100.00%	97.75%
outras_cul	86.48%	89.57%
mata	92.37%	94.47%
agua	100.00%	100.00%
campo	99.57%	95.65%
solo	95.03%	97.61%

Desempenho geral: 96.06 %
 Confusao media : 3.94 %
 Abstencao media : 0.00 %
 Estistica KHAT : 95.08 %
 Variancia KHAT : 1.670e-006
 Estistica TAU : 95.27 %

Tabela 5: Estatística dos resultados da classificação IMAGEM 2005

MATRIZ DE ERROS DE CLASSIFICACAO								
(colunas: dados de referencia)								
	soja	outras_cul	mata	agua	campo	solo	Abstencao	Soma lin.
soja	6001 13.66%	49 0.11%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	75 0.17%	6125
outras_cul	14 0.03%	3526 8.03%	180 0.41%	0 0.00%	10 0.02%	0 0.00%	12 0.03%	3742
mata	0 0.00%	52 0.12%	861 1.96%	0 0.00%	9 0.02%	0 0.00%	0 0.00%	922
agua	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	865 1.97%	1 0.00%	0 0.00%	40 0.09%	906
campo	0 0.00%	92 0.21%	16 0.04%	0 0.00%	14012 31.89%	1131 2.57%	469 1.07%	15720
solo	0 0.00%	13 0.03%	0 0.00%	0 0.00%	1752 3.99%	14418 32.82%	338 0.77%	16521
Soma col.	6015	3732	1057	865	15784	15549	934	43936

	Exatidao do produtor	Exatidao do usuario
soja	99.77%	99.19%
outras_cul	94.48%	94.53%
mata	81.46%	93.38%
agua	100.00%	99.88%
campo	88.77%	91.88%
solo	92.73%	89.09%

Desempenho geral: 90.32 %
 Confusao media : 7.55 %
 Abstencao media : 2.13 %
 Estistica KHAT : 86.52 %
 Variancia KHAT : 3.840e-006
 Estistica TAU : 88.38 %

Tabela 6: Estatística dos resultados da classificação IMAGEM 2006

3.4 MONITORAMENTO SAFRA 2005/2006

Concluída a etapa de classificação, com o uso da linguagem LEGAL, integrada ao SPRING desenvolveu-se uma rotina que executou a reclassificação das imagens temáticas contendo as 6 classes mapeadas em uma imagem temática contendo apenas 2 classes soja e não soja. Em seguida realizamos uma análise *booleana*, que produziu uma imagem temática contendo 3 classes, a classe TORNOUSE, que equivale às áreas que não eram plantadas soja em 2005 e que em 2006 foram plantadas, a classe MANTEVESE que equivale às áreas que eram plantadas de soja tanto em 2005 quanto em 2006 e por fim a classe DEIXOUDESER que equivale às áreas plantadas de soja em 2005 e que em 2006 não foram plantadas.

Na Figura 4 pode-se verificar os detalhes da rotina desenvolvida.

```

Tematico clas05, clas06("COBERTURA_SOLO");
Tematico soja5, soja6, analis("ANALISES");

Tabela reclass (Reclassificacao);

clas05=Recupere(Nome="cob_final_2005");
clas06=Recupere(Nome="cob_final_2006");

soja5=Novo(Nome= "soja_2005", ResX=30, ResY=30, Escala = 100000);
soja6=Novo(Nome= "soja_2006", ResX=30, ResY=30, Escala = 100000);

reclass = Novo (CategoriaIni = "COBERTURA_SOLO", CategoriaFim = "ANALISES",
  "MATA": "OUTROS",
  "ÁGUA": "OUTROS",
  "SOLO": "OUTROS",
  "OUTRAS_CULTURAS": "OUTROS",
  "CAMPO": "OUTROS",
  "NUVENS": "OUTROS",
  "SOJA": "SOJA");

soja5=Reclassifique (clas05,reclass);
soja6=Reclassifique (clas06,reclass);

analis=Novo(Nome= "MONITORAMENTO_05_06", ResX=30, ResY=30, Escala = 100000);
analis = Atribua (CategoriaFim = "ANALISES")
{
  "TORNOUSE": (soja5.Classe == "OUTROS" && soja6.Classe == "SOJA"),
  "MANTEVESE": (soja5.Classe == "SOJA" && soja6.Classe == "SOJA"),
  "DEIXOUDESER": (soja5.Classe == "SOJA" && soja6.Classe == "OUTROS")
};
}

```

Figura 4: Codificação da Linguagem LEGAL

CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E CONCLUSÕES

1- RESULTADOS

A classificação das imagens de 2005 e 2006 estão representadas nas Figuras 5 e 6 respectivamente.

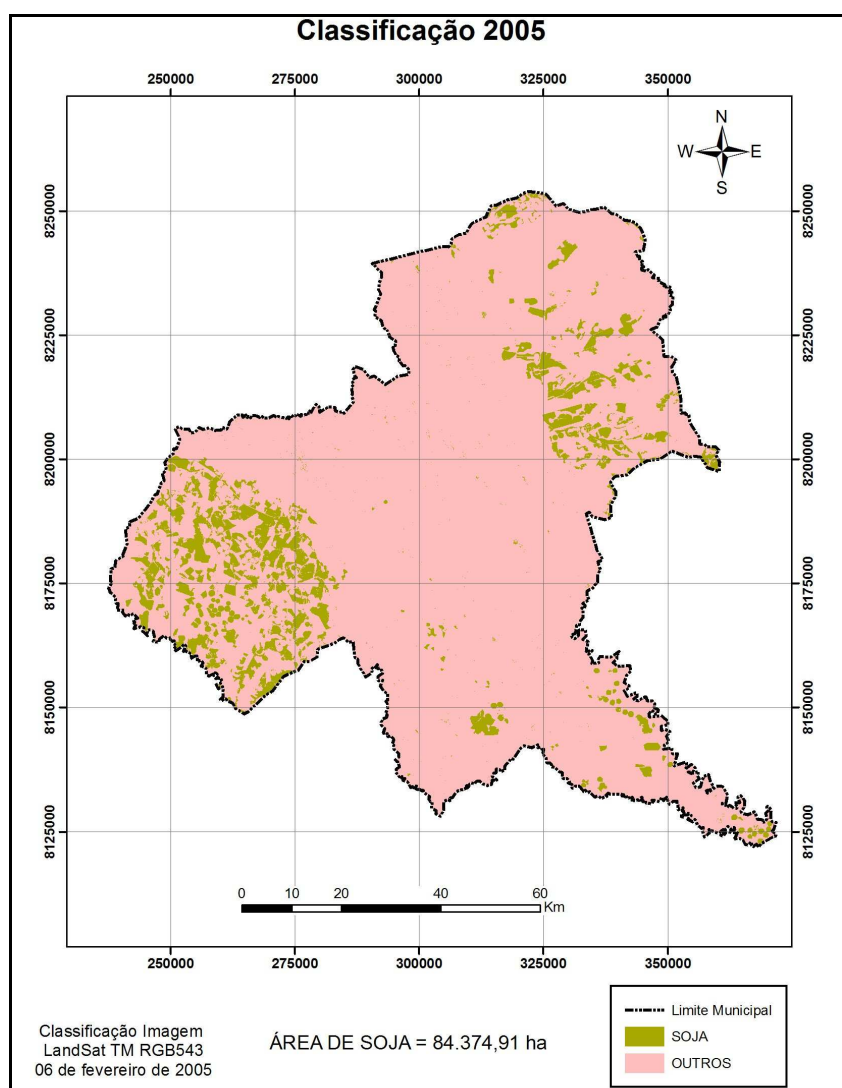


Figura 6: Mapa Temático da Classificação de Soja de 2005

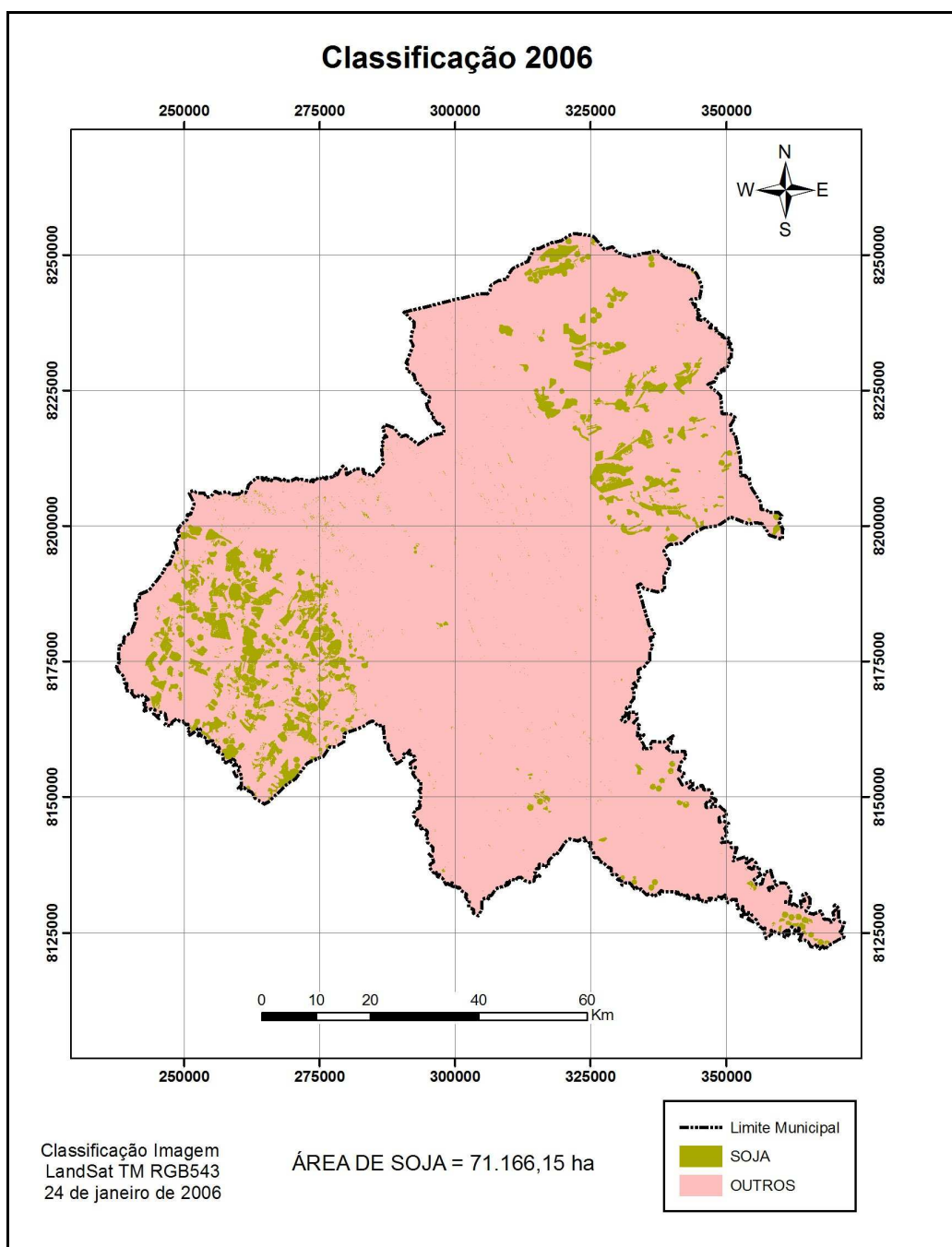


Figura 7: Mapa Temático da Classificação de Soja de 2006

A Tabela 7 apresenta os valores da área plantada de soja. Dados obtidos a partir das imagens LANDSAT TM, em comparação com os valores informados pela EMATER-MG, apresentando as diferenças encontradas:

ANO	LANDSAT (ha)	EMATER-MG (ha)	DIFERENÇA (%)
2005	84.374,91	75.000	11,1
2006	71.166,15	83.000	-14,25

Tabela 7: Comparação de dados obtidos das imagens LANDSAT TM e dados da EMATER-MG

O mapa temático representado na Figura 8 apresenta dados do monitoramento das safras em questão, indicando as áreas que permaneceram sojas, as que se tornaram soja e as que deixaram de ser soja, no período de 2005 a 2006.

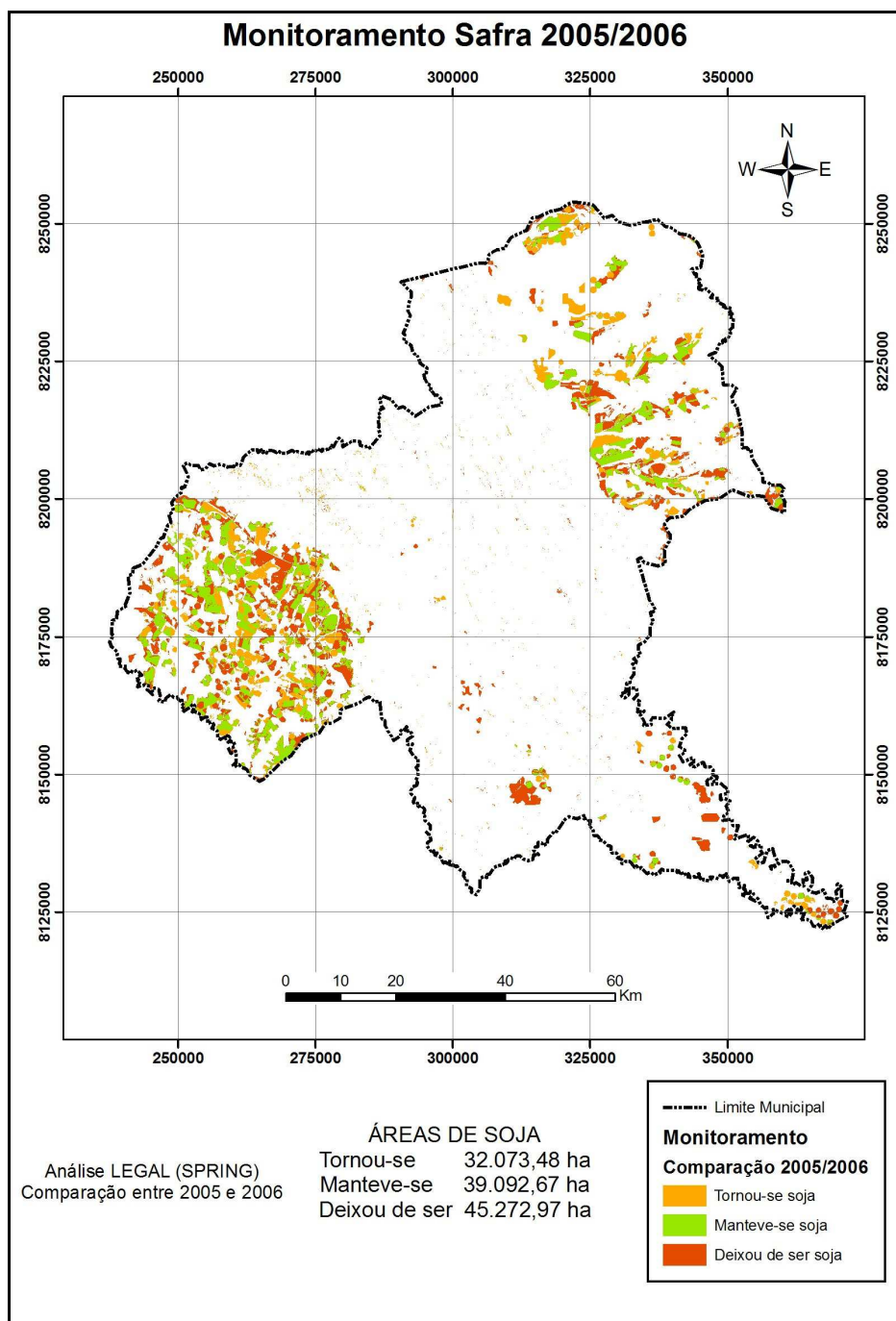


Figura 8: Monitoramento das áreas de soja 2005/2006

2- DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

O parâmetro KAPPA obtido em ambas as imagens enquadram-se no padrão excelente, fornecendo, portanto segurança na utilização dos mapas temáticos. Durante o processo de classificação observou-se que o aumento do número de classes implicava na redução do parâmetro KAPPA em consequência do aumento da confusão média, indicando que o método pode funcionar bem para algumas classes específicas e outras não. No caso específico de interesse, soja, os resultados obtidos são satisfatórios, utilizando-se este método.

A diferença observada entre os valores de áreas plantadas de soja obtidas e as informadas pelo órgão podem ser avaliadas sob dois olhares distintos, em um primeiro momento as áreas obtidas através da classificação poderiam estar subestimadas, uma vez que as datas de imageamento utilizadas (janeiro e fevereiro) não correspondem à data ideal (março), levando-se em consideração que este mês representa o período de vigor máximo da planta, este problema pode ser maximizado levando-se em consideração o tipo de cultivar mais adotado na região que é de ciclo tardio. A grande concentração de nuvens inviabilizou o uso das imagens do mês de março. Um segundo olhar pode indicar problemas na metodologia utilizada pelo órgão na determinação das áreas plantadas, já que o método é subjetivo e não apresenta ferramentas de controle. Observamos que houve, segundo os dados da EMATER-MG, um aumento das áreas cultivadas com soja no município entre a safra 2005/2006, enquanto nossos resultados mostram uma tendência inversa, com diminuição da área cultivada com soja entre a safra 2005/2006, o que acompanha a tendência apresentada nos estudos do IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, apresentando também redução da área planta de soja no Estado. A figura a seguir mostra um gráfico da evolução dos valores obtidos e informados pelo órgão, em comparação com a evolução do plantio de soja no Estado de Minas Gerais informado pelo IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

A Figura 9 apresenta a evolução do plantio de soja safra 2005/2006.

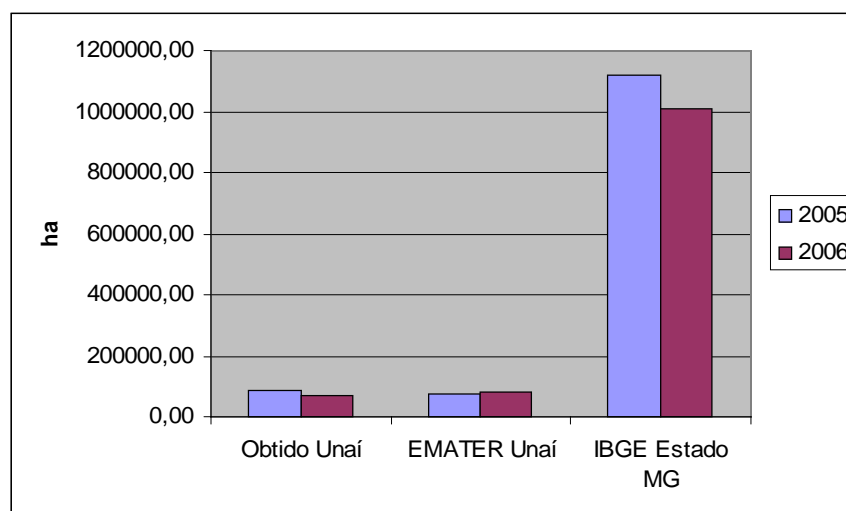


Figura 9: Evolução do plantio de soja – safra 2005/2006

A grande alternância da localização geográfica das áreas plantadas de soja de um ano a outro, conforme pode ser verificado no mapa de monitoramento, indicam resultados esperados, uma vez que é comum na região a prática de rotatividade de culturas, principalmente entre soja, feijão e milho.

3- CONCLUSÃO

Foram observadas discrepâncias entre a estimativa da área plantada com soja no município de Unaí, obtida através da classificação das imagens LANDSAT, em comparação à informada pela EMATER-MG provocando uma superestimativa de 11,1% para a safra 2004/2005 e uma subestimativa de 14,25 % para a safra de 2005/2006.

A partir das discrepâncias encontradas na estimativa oficial da área plantada foi possível reavaliar os dados do banco de dados da EMATER-MG.

As datas de imageamento utilizadas além do conhecimento prévio da área em estudo mostraram-se não corresponder na identificação e delimitação das áreas com soja.

No caso específico do presente estudo, foi observado que a data ideal para delimitação das áreas de soja seria o mês de março devido ser o período que a soja se apresenta em melhor vigor físico.

Levando em consideração todos os resultados obtidos concluímos que o método de classificação utilizado é válido, e a EMATER-MG pode adaptar o uso desta tecnologia como forma de controle da metodologia hoje aplicada, ajustando àquela já utilizada pela empresa.

A utilização desta tecnologia pode ser aplicada, não só para estimar as áreas plantadas, mas auxiliar no controle da produtividade.

Além do controle de área plantada o monitoramento serve como instrumento de controle no processo de rotatividade das culturas, procedimento importante nas práticas agrícolas.

Para estudos futuros é importante indicar a utilização de imagens obtidas por sensores ativos (RADAR) que não estão sujeitas às condições atmosféricas desfavoráveis, como por exemplo, a interferência provocada pelas nuvens, até que surgem novos satélites com sensores óticos com uma melhor resolução temporal. Há pesquisas que exigem que as informações coincidam com épocas de cultivo, principalmente o cultivo de grãos.

CAPÍTULO 7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSAD, Eduardo Delgado. SANO, Edson Eyji. *Sistema de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura*. 2ª ed. Brasília: EMBRAPA-SPI/EMBRAPA-CPAC, 1998.434p.

DUTRA, L.V. *Fundamentos de processamento digital de imagens de sensoriamento remoto*. Notas de aula. Curso de Especialização em Geoprocessamento. Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 2003.

RIZZI, R. *Geotecnologias em um sistema de estimativa da produção de soja: estudo de caso no Rio Grande do Sul* /INPE-12271-TDI/983. 212p.

EMBRAPA. *Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil – 2007*. 225p.

EMBRAPA. *Recomendações Técnicas para a Cultura da Soja na Região Central do Brasil, 1996/97*. Londrina, 1996. 164p.

MARTINS, C. S. *Estudo das Transformações do Uso da Terra no Município de Paracatu/MG através da Combinação de Técnicas de Análise de Dados*. Dissertação para obtenção do título de mestre do Curso de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, 1997.

MOREIRA, M. A.; *Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologia de aplicação*; 2.ed. Viçosa: UFV, 2003. 299p.

CENTENO, Jorge Antônio Silva. *Sensoriamento remoto e processamento de imagens digitais*/ Jorge Antônio Silva Centeno – Curitiba: Ed. Curso de Pós Graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná, 2003.219p.

ROCHA, César Henrique Barra. *Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar* / César Henrique Barra Rocha. – Juiz de Fora, MG: 3.ed. do Autor, rev. e atual., 2007. 220p.