

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

FRANCIELLE DO MONTE LIMA

**MAPEAMENTO DAS CULTURAS GRANÍFERAS DE VERÃO DO  
DISTRITO FEDERAL**

BRASÍLIA  
2015

FRANCIELLE DO MONTE LIMA

MAPEAMENTO DAS CULTURAS GRANÍFERAS DE VERÃO DO  
DISTRITO FEDERAL

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e  
Medicina Veterinária como requisito parcial à  
obtenção do título de bacharel em Agronomia.

Orientadora: Dr<sup>a</sup> Marina Rolim Bilich Neumann

BRASÍLIA  
2015

## FICHA CATALOGRÁFICA

Lima, Francielle do Monte. Mapeamento das culturas graníferas de verão do Distrito Federal. Francielle do Monte Lima; orientação de Marina Rolim Bilich Neumann. Brasília, 2015. 45 p. : il.

Monografia de graduação em Agronomia – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2015.

1.Sensoriamento Remoto 2. OLI/Landsat-8 3. MODIS 4. Geoprocessamento 5. Análise de Componentes Principais. I. Lima, F. M. II. Mapeamento das culturas graníferas de verão do Distrito Federal.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Lima, F. M. Mapeamento das culturas graníferas de verão do Distrito Federal. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2015, 45 p. Monografia de Graduação.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DA AUTORA: Francielle do Monte Lima.

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO: Mapeamento das culturas graníferas de verão do Distrito Federal. GRAU: Bacharel ANO: 2015

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva – se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

---

Francielle do Monte Lima

E-mail: francielledomonte@gmail.com

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

MAPEAMENTO DAS CULTURAS GRANÍFERAS DE VERÃO DO DISTRITO FEDERAL

FRANCIELLE DO MONTE LIMA

MATRÍCULA: 2010/0029531

MONOGRAFIA SUBMETIDA À FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM AGRONOMIA.

APROVADA POR:

---

MARINA ROLIM BILICH NEUMANN, Doutora em Geociências Aplicadas – IG/UnB.

(Orientadora): E-mail: marinabilich@unb.br

---

ANDRÉ LUIZ FARIAS DE SOUZA, Doutor em Meteorologia – IAG/USP.

E-mail: andre.souza@conab.gov.br

---

LUCAS BARBOSA FERNANDES, Mestre em Estatística – UnB.

E-mail: lucas.barbosa@conab.gov.br

BRASÍLIA, 10 JULHO DE 2015.

a Deus e minha família...

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus e minha família por todo o apoio. Minha mãe Maria, meu pai Francisco e minhas irmãs Francianne e Francislene.

À querida orientadora e amiga Dr<sup>a</sup> Marina Rolim Bilich Neumann, a quem tenho um enorme carinho, admiração e gratidão.

Aos meus colegas da Gerência de Geotecnologia da Companhia Nacional de Abastecimento – Conab, pelo aprendizado e imensa ajuda na realização deste trabalho: Társis, Patrícia, André, Fernando, Lucas, Clóvis e Joaquim.

Aos técnicos e engenheiros agrônomos da Emater-DF, por todo o suporte e disponibilização de dados para a realização deste trabalho.

Ao José Negreiros da Superintendência Regional da Conab no DF, pelo suporte nas saídas de campo e disponibilização de dados.

Aos meus professores de toda a graduação em Agronomia na UnB.

A todo pessoal do Laboratório de Geoprocessamento da FAV: Professora Marilusa, Manuel, Fabiana, Rosana, Taís e Patrícia, que me ajudaram nos primeiros passos do ArcGIS.

Aos meus amigos, sejam da Agronomia, de outros cursos ou outras épocas. São tantas pessoas que não consigo colocar o nome de todos! Cada um teve sua importância até aqui.

Muito obrigada!

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivo Geral.....	14
2.2 Objetivos Específicos.....	14
3. JUSTIFICATIVA.....	14
4. REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
4.1 Estimativas agrícolas.....	15
4.2 Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento e Sistemas de Informações Geográficas....	16
4.3 Sensores Remotos.....	17
4.3.1 OLI/Landsat-8.....	17
4.3.2 MODIS.....	18
4.4 Comportamento espectral de culturas agrícolas anuais.....	18
4.5 Análise de Componentes Principais - ACP.....	20
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
5.1 Caracterização da área de estudo.....	21
5.2 Mapeamento com imagens Landsat-8.....	22
5.3 Mapeamento com imagens MODIS.....	29
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
7. CONCLUSÕES.....	36
REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO.....	37

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Localização do Distrito Federal.....	21
<b>Figura 2:</b> Fluxograma da metodologia utilizada no trabalho.....	22
<b>Figura 3:</b> Distribuição espacial dos pontos de controle georreferenciados coletados em campo.....	23
<b>Figura 4:</b> Imagem Landsat-8 do dia 20 de outubro de 2014, composição colorida RGB-654.....	24
<b>Figura 5:</b> Imagem Landsat-8 do dia 21 de novembro de 2014, composição colorida RGB-654.....	24
<b>Figura 6:</b> Imagem Landsat-8 do dia 08 de janeiro de 2015, composição colorida RGB-654.....	25
<b>Figura 7:</b> Imagem Landsat-8 do dia 08 de janeiro de 2015, composição colorida RGB-764.....	25
<b>Figura 8:</b> Imagem Landsat-8 do dia 25 de fevereiro de 2015, composição colorida RGB-764.....	26
<b>Figura 9:</b> Detalhe do mosaico de ortofotos do Distrito Federal disponibilizado pela Codeplan-DF.....	26
<b>Figura 10:</b> Localização dos pontos sorteados para a validação do mapeamento.....	28
<b>Figura 11:</b> Componentes Principais - CP analisadas.....	30
<b>Figura 12:</b> Mapa com a localização das lavouras com culturas graníferas de verão do Distrito Federal, safra 2014/2015, mapeadas por meio de imagens do sensor OLI/Landsat-8.....	31
<b>Figura 13:</b> Mapa com a localização das lavouras com culturas graníferas de verão do Distrito Federal, safra 2014/2015, mapeadas por meio de imagens do sensor MODIS.....	32
<b>Figura 14:</b> Sobreposição dos mapeamentos Landsat-8 e MODIS.....	33

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Calendário de plantio e colheita do Distrito Federal (safra 2014/2015).....	23
<b>Tabela 2:</b> Área mapeada com culturas graníferas de verão no DF, safra 2014/2015, por meio de imagens de satélite.....	32
<b>Tabela 3:</b> Matriz de Confusão/Erro e índice Kappa do mapeamento por meio de imagens do sensor OLI/Landsat-8.....	34

## LISTA DE ABREVIACOES

ACP – Análise de Componentes Principais  
CODEPLAN – Companhia de Planejamento do Distrito Federal  
CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento  
DF – Distrito Federal  
EMATER – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural  
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
EVI – *Enhanced Vegetation Index*  
GPS – *Global Positioning System*  
IAF – ndice de rea Foliar  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
ILWIS – *Integrated Land and Water Information System*  
ITC – *Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences*  
LSPA – Levantamento Sistemtico da Produo Agrícola  
MODIS – *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*  
NASA – *National Aeronautics and Space Administration*  
NDVI – *Normalized Difference Vegetation Index*  
OLI – *Operational Land Imager*  
PAD-DF – Programa de Assentamento Dirigido do Distrito Federal  
RGB – *Red, Green e Blue*  
SIG – Sistema de Informao Geográfica  
SR – Sensoriamento Remoto  
TIRS – *Thermal Infrared Sensor*  
TM – *Thematic Mapper*  
USGS – *United States Geological Survey*

## RESUMO

O Distrito Federal - DF destaca-se no cenário agrícola brasileiro por apresentar altas produtividades médias em suas lavouras de grãos como feijão, milho e soja, apesar de não possuir uma grande área, comparado aos demais estados da federação, e não estar entre os maiores produtores de grãos do Brasil. Portanto, a espacialização e a quantificação das áreas cultivadas com culturas graníferas no DF é de grande importância para o auxílio nas estimativas agrícolas. O objetivo do trabalho foi mapear as áreas cultivadas com culturas graníferas de verão (feijão, milho e soja), por meio de imagens dos sensores remotos OLI/Landsat-8 e MODIS, no Distrito Federal. Para a realização do mapeamento por meio de imagens OLI/Landsat-8, foi utilizada a metodologia de interpretação visual de uma série temporal de imagens obtidas entre outubro de 2014 e fevereiro de 2015. A delimitação dos polígonos foi feita de forma manual no *software* ArcGIS 9.3. No mapeamento utilizando imagens do sensor MODIS, foi aplicada a Análise de Componentes Principais, em uma série temporal do índice EVI no período de outubro de 2014 a abril de 2015. A classificação visual das imagens do sensor OLI/Landsat-8 mostrou-se uma ótima ferramenta para o mapeamento de culturas anuais, apresentando uma Exatidão Geral de 0,97 e índice Kappa de 0,95. Entretanto, essa metodologia demanda um maior tempo em sua execução, comparado ao mapeamento por meio de imagens do sensor MODIS, e pode ser inviabilizada pela cobertura de nuvens na época de cultivo. A utilização da Análise de Componentes Principais para a classificação das imagens multitemporais do sensor MODIS mostrou-se adequada para o mapeamento das culturas graníferas de verão no Distrito Federal, já que 69,29% das áreas se sobreporam nas áreas do mapeamento realizado com imagens do sensor OLI/Landsat-8. Portanto, o mapeamento MODIS mostra-se adequado para o auxílio no monitoramento agrícola.

**Palavras-chave:** Sensoriamento Remoto, OLI/Landsat-8, MODIS, Geoprocessamento, Análise de Componentes Principais.

## ABSTRACT

The Distrito Federal - DF stands out in the Brazilian agricultural scenario by presenting high average productivity in their grain crops as bean, corn and soybeans, despite not having a large area, compared to other states of the federation, and not be among the largest producers of grains in Brazil. Therefore, the spatial distribution and quantification of areas cultivated with grain crops in the Distrito Federal is of great importance for assistance in agricultural estimates. The objective was to map the areas cultivated with summer grain crops (beans, corn and soybeans), through images of remote sensors OLI/Landsat-8 and MODIS, in the Distrito Federal. To carry out the mapping through OLI/Landsat-8 images, we used the visual interpretation methodology of a time series of images taken between October 2014 and February 2015. The demarcation of the polygons was done manually in the ArcGIS software 9.3. Mapping through images of the MODIS sensor was applied to Principal Component Analysis in a time series of EVI index from October 2014 to April 2015. The visual classification of images of OLI/Landsat-8 proved a great tool for mapping of annual crops, with a overall accuracy of 0.97 and Kappa index of 0.95. However, this method requires a longer time in its execution, compared to mapping using MODIS images, and can be frustrated by the cloud cover in the growing season. Using the Principal Component Analysis for the classification of multi-temporal images of the MODIS sensor was adequate for mapping the summer grain crops in the Distrito Federal, since 69.29% of the areas are overlapped in the areas of mapping performed with images the OLI/Landsat-8 sensor. Therefore, the MODIS mapping is shown suitable for assistance in agricultural monitoring.

**Keywords:** Remote Sensing, OLI/Landsat-8, MODIS, Geoprocessing, Principal Component Analysis.

## 1. INTRODUÇÃO

A agricultura representa uma das principais atividades na economia brasileira, sendo um setor importante no equilíbrio da balança comercial. Entretanto, para que o Brasil seja competitivo no mercado internacional, a detenção de informações agrícolas internas e dos países concorrentes se faz necessária. Para que isso ocorra, é importante a realização de previsões ágeis que captem as mudanças mais sutis no panorama agrícola nacional. Assim, avanços nos sistemas de monitoramento, estimativas e previsão de safras podem ocasionar melhorias nas políticas agrícolas, principalmente na regularização dos estoques e na comercialização (Pino, 1999; D'arco, 2008).

Atualmente, as estimativas de área e de produção agrícola do Brasil são realizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE e pela Companhia Nacional de Abastecimento - Conab, a partir de pesquisas com produtores rurais e cooperativas, de dados de financiamento agrícola e da utilização de dados históricos. A natureza desse tipo de informação torna as estimativas de safra sujeitas à subjetividade e à imprecisão. Além disso, os dados oficiais não trazem informações sobre a distribuição espacial da produção, imprescindíveis para a realização de estimativas de produtividade de culturas, dada a alta correlação desse parâmetro com as condições agrometeorológicas (Johann et al., 2012).

Sendo assim, as imagens de satélite podem ser utilizadas para extrair informações dos recursos naturais da Terra de maneira precisa, rápida e econômica. Desta forma, o sensoriamento remoto pode ser visto como um importante sistema de aquisição de informações para as diversas áreas do conhecimento, entre elas as ciências agrárias, sendo uma técnica rápida e menos onerosa, não apenas para uso agrícola, como também para estudos ambientais (Genú, 2006).

Diversos pesquisadores (Epiphânio e Formaggio, 1991; Luiz et al., 2001; Rizzi e Rudorff, 2005; D'arco et al., 2007; Ferraz et al., 2007; Silva et al., 2013; Campos et al., 2013; Silva Júnior et al., 2014) vem avaliando o uso de imagens de satélite e técnicas de geoprocessamento como uma ferramenta auxiliar na estimativa de áreas agrícolas plantadas.

Apesar da metodologia tradicional utilizada por órgãos oficiais ainda ser bastante empregada (Adami et al., 2010), a proposição e a incorporação de novos métodos é importante para complementar os dados da metodologia adotada em programas oficiais. O projeto GeoSafras tem desenvolvido e testado metodologias objetivas, com uso de geotecnologias (Figueiredo, 2007). Várias metodologias também tem sido testadas com uso do sensoriamento remoto, com relativo êxito (Adami et al., 2004; Rizzi & Rudorff, 2005; Rojas et al., 2005; Lamparelli et al., 2008; Sugawara et al., 2008; Mercante et al., 2010; Esquerdo et al., 2011). Essas metodologias de mapeamento por imagens fornecem a localização e a quantificação das áreas plantadas com culturas de verão, o que pode direcionar e facilitar o trabalho de campo dos avaliadores do IBGE.

Apesar de não possuir uma grande área, comparado aos demais estados da federação, e não estar entre os maiores produtores de grãos do Brasil, o Distrito Federal destaca-se no cenário agrícola brasileiro por apresentar altas produtividades médias em suas lavouras de grãos como soja, milho, feijão, trigo e sorgo (Conab, 2014). Portanto, a espacialização e a quantificação das áreas cultivadas com culturas graníferas (feijão, milho e soja) no DF é de grande importância.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Mapear as áreas cultivadas com culturas graníferas de verão (feijão, milho e soja), por meio de imagens dos sensores remotos OLI/Landsat-8 e MODIS, no Distrito Federal.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Avaliar a acurácia do mapeamento realizado com imagens OLI/Landsat-8;
- Comparar o resultado dos mapeamentos utilizando imagens OLI/Landsat-8 e MODIS;
- Verificar a adequação do mapeamento utilizando imagens MODIS para o auxílio no monitoramento das safras;
- Estimar a área cultivada com culturas graníferas de verão no Distrito Federal, 1ª safra 2014/2015.

## **3. JUSTIFICATIVA**

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 (Gürtler, 2003).

Sendo assim, um estudo que auxilie na confiabilidade das estimativas de área cultivada de grãos no Distrito Federal, é relevante e oportuno.

## 4. REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 Estimativas agrícolas

O mercado possui necessidade crescente de saber o que, quanto, quando e aonde vai ser produzido determinado bem. Quando se traz estas incógnitas para o mercado agrícola, as necessidades de informações são ainda maiores, pois não afetam apenas as cotações, mas a segurança alimentar de toda uma população. Dessa forma, há muito tempo o homem tem se preocupado com a previsão de safras (Adami, 2004).

As estimativas de safras, bem como sua distribuição no espaço geográfico, propiciam ao governo aprimorar o enfoque das ações nas políticas públicas para o agronegócio, possibilitando estabelecer uma melhor logística de atuação nas mais diversas situações. Ainda no âmbito das políticas públicas, o governo pode planejar com maior segurança as atividades que envolvem os principais elos da cadeia produtiva, sobretudo no que diz respeito às pontas extremas da sequência, onde estão produtores e consumidores (Figueiredo, 2007).

Para a obtenção de uma estimativa adequada da produção total, torna-se necessário conhecer detalhadamente dois componentes: a área cultivada com cada espécie nas diferentes regiões e o respectivo rendimento esperado por unidade de área (Assad e Sano, 1998). O grande desafio do cálculo da área cultivada para fins de previsão de safra reside em desenvolver uma rotina sistemática que permita operacionalizar essa fase de acordo com o cronograma dos levantamentos oficiais. Quando expandida para grandes extensões territoriais, o volume de dados a analisar e a dificuldade de obter imagens orbitais com cobertura de nuvens aceitável e em tempo hábil podem impossibilitar a geração de resultados satisfatórios sobre a área cultivada (Smith et al., 1987; Chagarlamudi e Plunkett, 1993).

Quanto à previsão do rendimento da cultura, diversos trabalhos realizados evidenciam que as condições meteorológicas ocorridas durante o ciclo de desenvolvimento das culturas são as principais responsáveis pela definição do rendimento final, sendo possível desenvolver modelos agrometeorológicos e agrometeorológico-espectral com a finalidade de estimar o rendimento esperado (Berlato, 1987; Barni, 1994; Matzenauer et al., 1995; Rizzi e Rudorff, 2007; Rosa, 2007; Mercante et al., 2010).

O Levantamento Sistemático da Produção Agrícola - LSPA, realizado pelo IBGE, é uma pesquisa de previsão e acompanhamento das safras agrícolas, que fornece estimativas de área, produção e rendimento médio, desde a fase de intenção de plantio até o final da colheita, de cada cultura investigada. Por meio de questionários, são levantadas informações junto aos produtores, associações de classe, cooperativas, órgãos estaduais, etc (IBGE, 2002).

A Companhia Nacional de Abastecimento - Conab, realiza levantamentos e avaliações mensais da safra brasileira de grãos e de outras lavouras. Nesses levantamentos são coletadas informações de área plantada, desenvolvimento fenológico, pacote tecnológico utilizado pelos produtores e condições climáticas. Essas informações são provenientes da colaboração de agrônomos, técnicos de cooperativas, de Secretarias de Agricultura e órgãos de Assistência Técnica e Extensão Rural (oficiais e privados), agentes financeiros de mercado e de insumos. A Conab utiliza metodologias que envolvem trabalhos de campo, tecnologias relacionadas ao sensoriamento remoto, posicionamento por satélites, sistemas de informações geográficas e modelos estatísticos, agrometeorológicos e espectrais, que são aplicados nas estimativas de área e produtividade (Conab, 2014).

#### **4.2 Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento e Sistemas de Informações Geográficas**

O Sensoriamento Remoto - SR é definido como sendo a tecnologia que permite a aquisição de informações sobre objetos sem manter contato físico com eles. É a utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento de dados, entre outros, com o objetivo de estudar o ambiente terrestre por meio do registro e análise das interações entre a radiação eletromagnética e as diversas coberturas que compõem a superfície terrestre (Novo, 1989).

O Sensoriamento Remoto tem desempenhado um papel fundamental na agricultura, sendo útil na redução da subjetividade dos métodos operacionais de estimativa de área e produtividade das safras como os utilizados pela Conab e pelo IBGE (Piffer et al., 2009; Lohmann et al., 2009; Silva et al., 2013).

Atualmente, existem diversos sensores remotos passíveis de serem utilizados no monitoramento da atividade agrícola, cada um com características particulares. No monitoramento de áreas agrícolas para fins de estimativas de produção, a resolução temporal e a resolução espacial são as mais importantes. Entretanto, uma melhora numa resolução significa uma perda em outra resolução (D'arco, 2008).

O termo Geoprocessamento denota uma disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas. O geoprocessamento tem influenciado de maneira crescente as áreas de cartografia, análise de recursos naturais, transportes, comunicações, energia, entre outras. As ferramentas computacionais para geoprocessamento, chamadas de Sistemas de Informação Geográfica - SIG, permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados. (Camara e Medeiros, 1998).

Raper e Maguire (1992) definem os Sistemas de Informações Geográficas - SIG como sistemas computacionais capazes de capturar, armazenar, consultar, manipular, analisar, exibir e imprimir dados referenciados espacialmente sobre/sob a superfície da Terra.

Os Sistemas de Informações Geográficas possibilitam a união de informações espectrais, espaciais e temporais, características de dados de sensores orbitais, em banco de dados georreferenciados. Estes bancos de dados possibilitam armazenar dados históricos das áreas de interesse, integrando-os a outros dados disponíveis, constituindo assim, um conjunto de dados úteis, com possibilidade de consultas instantâneas e respostas derivadas de manipulações realizadas no sistema. Além das aplicações na análise ambiental, que interessam diretamente à agricultura, um SIG é útil na previsão de safras agrícolas, no planejamento do escoamento da produção, na localização de silos e agroindústrias, no manejo de talhões etc. (Assad e Sano, 1998).

### **4.3 Sensores Remotos**

#### **4.3.1 OLI/Landsat-8**

A continuidade da série de satélites Landsat deu-se com o lançamento do Landsat-8 em 2013 na Base aérea de Vandenburg, Califórnia. O Landsat-8 foi desenvolvido através de uma parceria interinstitucional entre a *National Aeronautics and Space Administration* - NASA e o *U.S. Geological Survey* - USGS (Irons e Loveland, 2013).

O Landsat-8 carrega dois sensores, o *Operational Land Imager* - OLI e o *Thermal Infrared Sensor* – TIRS. As novas cenas Landsat-8, juntamente com as mais de 4 milhões de cenas adquiridas pelas missões Landsat anteriores, estão armazenadas no arquivo Landsat e são distribuídas gratuitamente via internet (Woodcock et al., 2008).

O sensor OLI opera com nove bandas multiespectrais com resolução espacial de 30 metros (1 a 7 e 9), sendo que a banda 8 (pancromática) possui resolução espacial de 15 metros. Já o sensor TIRS, opera com bandas do infravermelho termal (10 e 11), sendo úteis no fornecimento de temperaturas da superfície terrestre. A resolução radiométrica do sensor OLI é de 12 bits e disponibilizada para usuários em 16 bits e com ortorretificação (Roy et al., 2014).

Campos et al. (2015) utilizaram imagens do sensor OLI/Landsat-8 para estimar a área plantada com arroz irrigado no estado do Rio Grande do Sul. Segundo os autores, os dados obtidos através de imagens orbitais foram muito próximos aos dados oficiais, o que nem sempre é observado quando comparados com outras estatísticas oficiais.

### 4.3.2 MODIS

O sensor MODIS veio preencher uma lacuna na disponibilidade efetiva de dados de sensoriamento remoto de alta resolução temporal e espectral e moderada resolução espacial, voltados para aplicações sobre a dinâmica terrestre, além da melhoria das correções geométrica e atmosférica (Rizzi e Rudorff, 2007).

O satélite Terra foi lançado em dezembro de 1999, começando a coletar dados em fevereiro de 2000. O sensor MODIS capta imagens da cobertura global, a cada 1-2 dias. Apresenta 36 bandas espectrais que variam do comprimento de onda de 0,4  $\mu\text{m}$  a 14,4  $\mu\text{m}$  e resolução espacial de 250 m (para os canais do vermelho e infravermelho próximo) e 500 m (para a banda do azul) (Justice et al., 2002a).

Diversos produtos são gerados a partir de dados do sensor, o MOD 13 apresenta os produtos relativos aos índices de vegetação. O MODIS possui dois índices de vegetação, o *Normalized Difference Vegetation Index* - NDVI e o *Enhanced Vegetation Index* - EVI, que são produzidos globalmente com 1 Km, 500 m e 250 m de resolução e composições no período de 16 dias. Enquanto o NDVI é sensível à clorofila, o EVI é mais sensível a variações na resposta estrutural do dossel, incluindo o Índice de Área Foliar - IAF, a fisionomia da planta e a arquitetura do dossel (Huete et al., 2002). Estes dois índices se complementam em estudos globais da vegetação e fornecem informações sobre detecção de mudanças vegetais e parâmetros biofísicos do dossel.

Os índices de vegetação resultam de um mosaico de *pixels* escolhidos entre as imagens diárias de 16 dias, ou seja, selecionar pixels com visadas próximos ao nadir e sem a ocorrência de nuvens e sombras, objetivando extrair pixels com melhor qualidade (Huete et al., 1996).

Diversos trabalhos vem utilizando dados do produto MOD13Q na agricultura para monitoramento de áreas de cana, estimativa de previsão de safra de café, soja e da área plantada com arroz (Aguiar, et al., 2008; Rosa, 2007; D'Arco, et al., 2007; Lohmann, et al., 2009).

### 4.4 Comportamento espectral de culturas agrícolas anuais

Em culturas agrícolas de ciclo curto, há variação da quantidade de material vegetal contido no dossel da plantação durante o desenvolvimento fenológico. Esta variação é de máxima importância na interação da radiação eletromagnética com a cultura, pois leva as informações da cultura até os sensores remotos (Formaggio, 1989). Assim, segundo esse mesmo autor, a extensão do ciclo de uma cultura pode ser subdividida, de maneira simplificada, em três fases fenologicamente distintas:

1. Ocorre o domínio do solo nas interações com a radiação eletromagnética: é a fase

que envolve o plantio, a germinação e o desenvolvimento inicial, em que a cultura recobre pouca porcentagem da superfície do solo;

2. Ocorre o domínio da cobertura verde nas interações da cultura com a radiação eletromagnética: neste ponto já se pode considerar formada a lavoura; e na segunda metade dessa fase já ocorre o florescimento e a formação dos grãos; e

3. Sobrevêm a maturação e a senescência: ocorre o secamento e a queda acentuada das folhas, voltando a expor grande porcentagem do solo e, assim, ocorre o domínio conjugado da vegetação seca e do solo exposto.

Ao se considerar a aplicação direta da interpretação de imagens na área de identificação de culturas e levantamento de áreas, constata-se que a interpretação é baseada na premissa de que culturas específicas podem ser identificadas pelo seu padrão de resposta espectral e pela textura. A identificação de culturas, para ser bem sucedida, requer um conhecimento dos estádios de desenvolvimento de cada lavoura na área a ser levantada. Essa informação é geralmente resumida na forma de um calendário agrícola, que lista os estados de desenvolvimento esperados e a aparência de cada espécie cultivada em uma área ao longo do ano. Por causa das mudanças nas características das culturas durante a estação de crescimento, é geralmente desejável usar imagens obtidas em diversas datas durante o ciclo de crescimento para a identificação da lavoura (Luiz, 2009).

Como mostra um estudo realizado por Williams et al. (1987), a classificação visual apresentou melhores resultados na identificação e separação das culturas quando comparada à classificação digital. Variações espectrais ao longo do desenvolvimento de uma cultura são tratadas pelos algoritmos como classes distintas, enquanto que as características de coloração e padrão espacial auxiliam a interpretação visual, diminuindo assim a confusão entre as classes, gerada principalmente pela resposta espectral.

Rudorff e Sugawara (2007) utilizaram imagens de satélite para o mapeamento da cana-de-açúcar na região Centro-Sul do Brasil. Segundo os autores, a classificação digital das imagens foi útil no mapeamento das áreas canavieiras em reforma, mas a interpretação visual continua sendo uma atividade imprescindível para a obtenção de uma estimativa precisa e correta da área.

Ortiz et al. (1997), realizaram um trabalho para identificação de culturas agrícolas por meio de uma metodologia onde utilizaram imagens multitemporais de SR, SIG e dados históricos. Os intérpretes que realizaram a classificação com o auxílio dos dados históricos/multitemporais tiveram melhores resultados dos que fizeram o uso da classificação tradicional sem o uso destes dados. Os autores comentam que só o conhecimento espectral não é suficiente para se fazer uma boa classificação das culturas agrícolas em uma região específica, sendo necessário a utilização de

informações adicionais sobre a área, que podem ser obtidas por meio do uso de uma base de dados ou da experiência acumulada ao longo dos anos dos fotointérpretes sobre a área.

#### 4.5 Análise de Componentes Principais - ACP

A análise de componentes principais - ACP é uma técnica estatística que aplica a análise de estruturas de variância e desvio-padrão das variáveis, tais como reflectâncias espectrais das bandas de uma imagem adquirida. O primeiro componente principal representa a primeira banda selecionada explicando a maior parte da variância total em todas as bandas usadas, o segundo componente explica a segunda maior parte. A maior correlação entre as imagens das bandas-chaves, o menor número das bandas-chave ou componentes, é necessário para explicar a maior parte da variância total das imagens originais. Portanto, a ACP é um método comum para melhorar a interpretação das imagens multiespectrais e multitemporais (Liu, 2006). Para obter os componentes principais de um conjunto de dados  $x$ , a matriz de variância  $S^2$  é calculada pela equação 1.

$$S^2 = [1/(N - 1)] \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad \text{Equação (1)}$$

$$\bar{x} = (1/N) \sum_{i=1}^n x_i \quad \text{Equação (2)}$$

Em que:

$S^2$  = matriz da variância das amostras  $N$ ;

$N$  = amostras de  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ ;

$\bar{x}$  = valor médio das amostras.

As Componentes Principais adquirem importância no âmbito do Sensoriamento Remoto porque possibilitam que informações redundantes, trazidas por diferentes bandas espectrais ocasionadas por assinaturas espectrais semelhantes de alvos diferentes, sejam removidas por meio de uma transformação matemática. O princípio básico da transformação matemática resume-se no fato de que as componentes principais, por meio das matrizes de covariância, procuram identificar um conjunto de eixos que proporcionem menor variabilidade dentro das classes e alta variabilidade entre as classes (Richards e Jia, 2006).

Em estudos multitemporais, a utilização da ACP explora a correlação das bandas de imagens multitemporais de regiões que sofrem modificações substanciais na paisagem (Richards, 1993). Ela pode também ser utilizada para integrar a informação de imagens de duas datas, bem como na preparação dos dados para posteriores análises e processamentos digitais (Byrne et al., 1980). A técnica de componentes principais permite reduzir a dimensionalidade dos dados e representar a

variabilidade no tempo de cada pixel que compõe a imagem (Mather, 1999).

Lamparelli et al. (2011) avaliaram as informações obtidas das imagens do satélite Landsat/TM5, utilizando a técnica de Análise por Componentes Principais e Fator de Iluminação oriundo de um Modelo de Elevação do Terreno no mapeamento de áreas de café em terreno montanhoso na região sul de Minas Gerais. Foram calculadas as componentes principais e escolhidas as duas primeiras, as quais possuíam 94% das informações, para a definição das amostras. Os resultados mostraram que a técnica de ACP foi efetiva no estabelecimento de classes de iluminação.

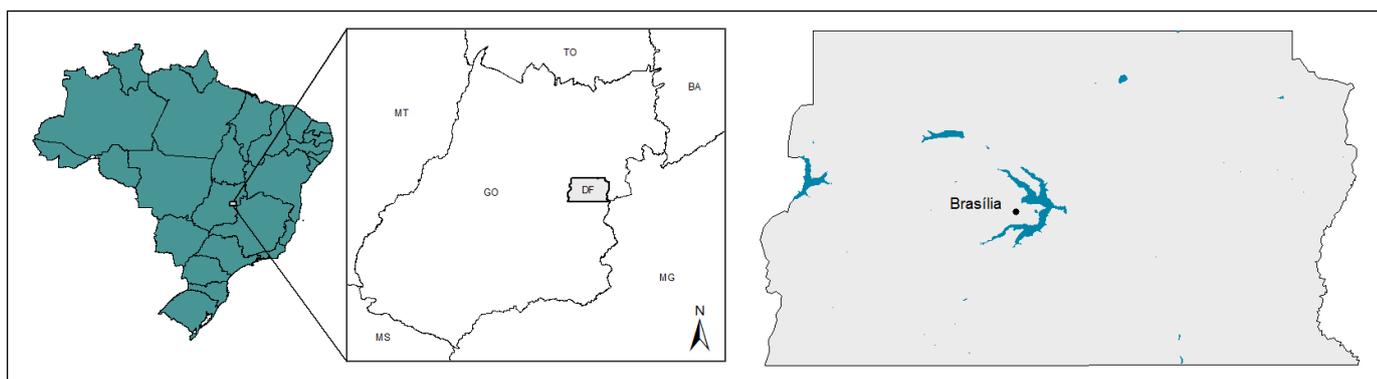
## 5. MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 Caracterização da área de estudo

O Distrito Federal está localizado entre os paralelos 15°030'S e 16°003'W, no planalto central do Brasil (Figura 1). Ocupa área de 5.783 km<sup>2</sup> e compreende a unidade da federação onde está situada a capital brasileira, Brasília. A altitude média da região é de 1.100 m (Codeplan 1984).

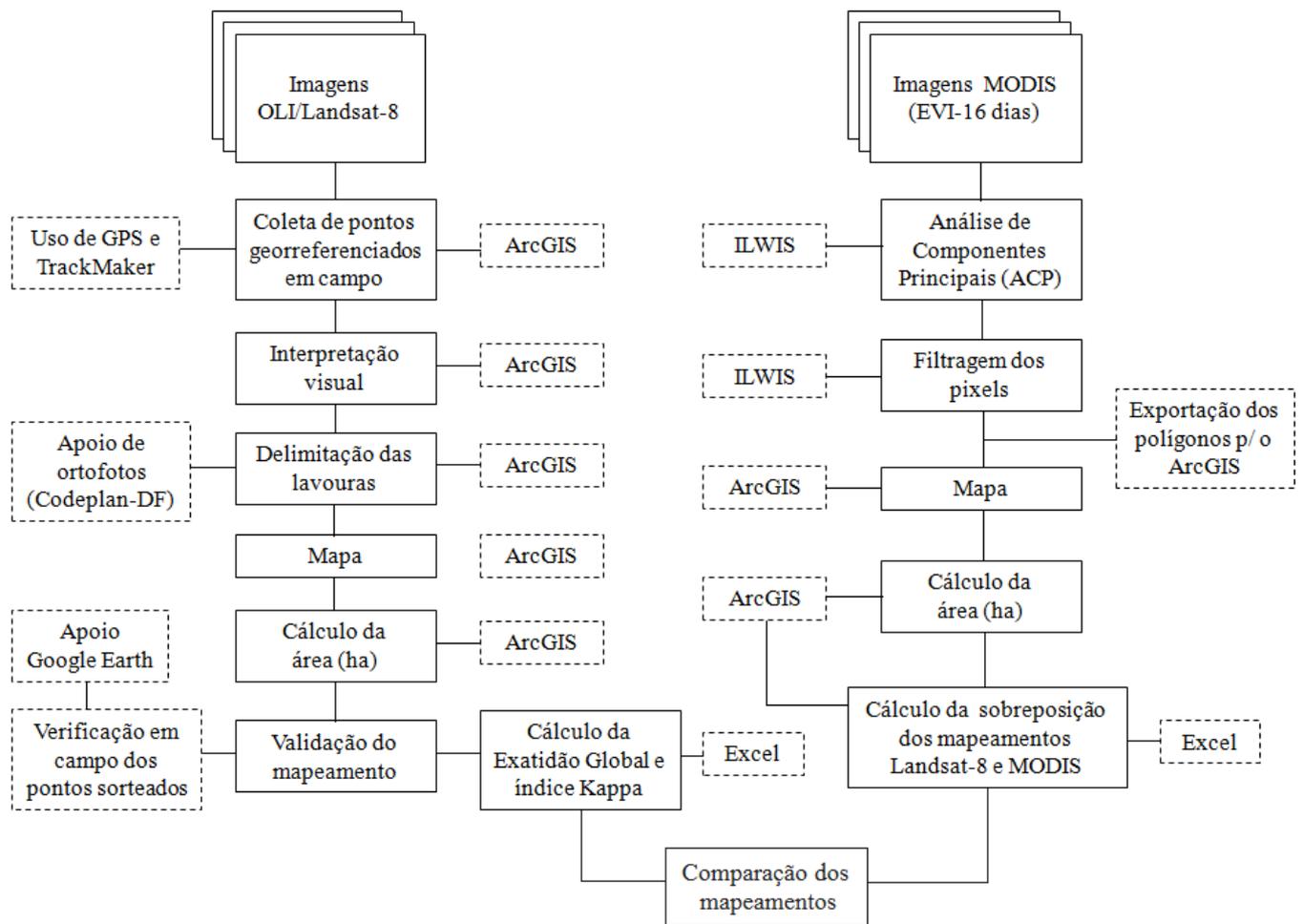
O clima predominante na região de estudo, segundo a classificação de Köppen, enquadra-se entre “tropical de savana” e “temperado chuvoso de inverno seco”, com concentração da precipitação pluviométrica no verão. É caracterizado pela existência de duas estações: uma chuvosa e quente, que se inicia no mês de outubro e termina em abril e outra, fria e seca, que se estende de maio a setembro (Martins, 1998).

Com base no mapeamento pedológico realizado pelo Serviço Nacional de Levantamentos de Solos (Embrapa, 1978), revisado por Embrapa (2004), as classes de solos dominantes são: Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho-Amarelo e Cambissolo, recobrendo cerca de 90% da área do Distrito Federal.



**Figura 1:** Localização do Distrito Federal.

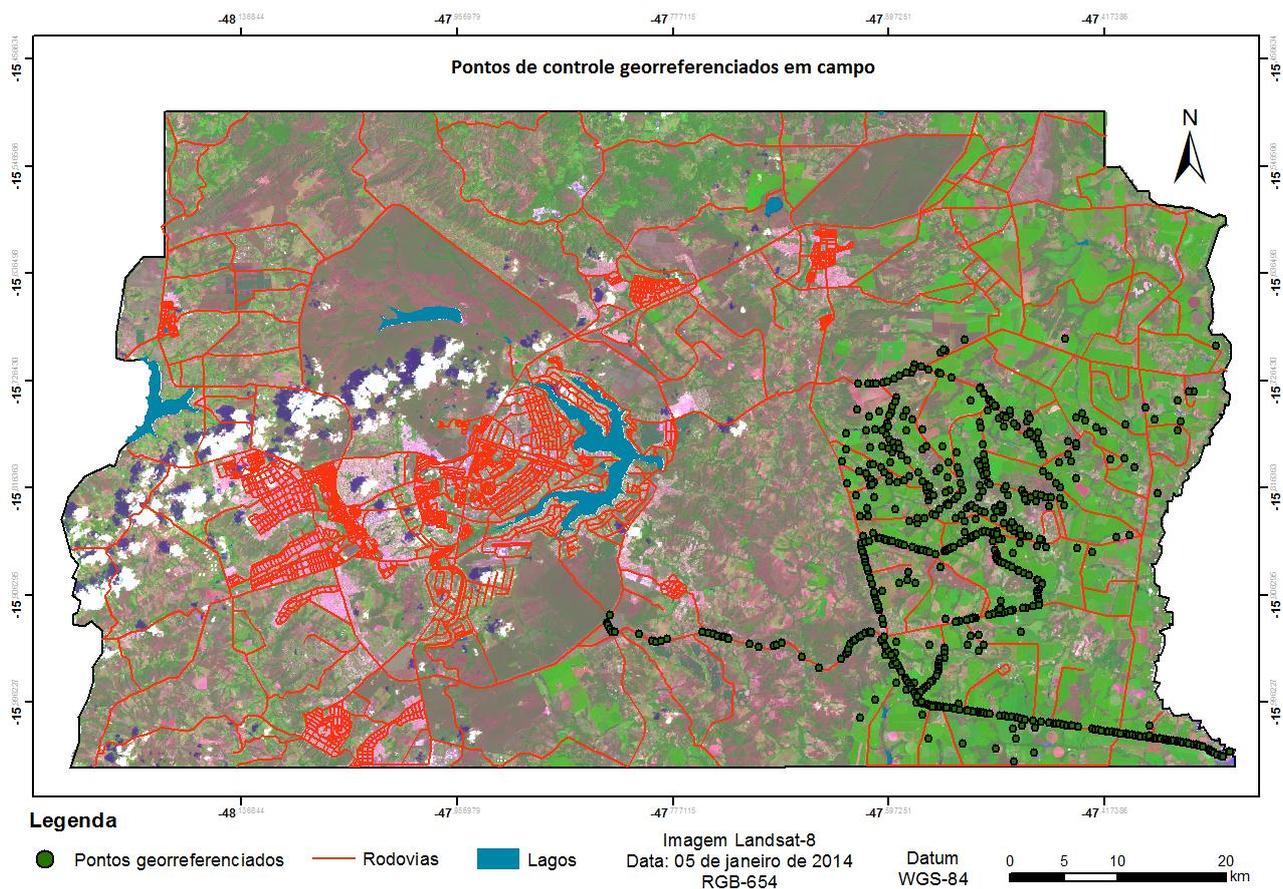
A seguir está apresentado o fluxograma da metodologia utilizada neste trabalho, demonstrando os passos seguidos para efetuar os mapeamentos com imagens de satélite.



**Figura 2:** Fluxograma da metodologia utilizada no trabalho.

## 5.2 Mapeamento com imagens Landsat-8

Para a realização do mapeamento das áreas cultivadas com graníferas de verão no Distrito Federal, primeiramente foi realizado o levantamento de dados da produção agrícola no DF (Emater-DF, 2014), calendário agrícola da região (Tabela 1), aquisição de imagens do sensor OLI/Landsat-8 correspondente à órbita-ponto 221/71, mapas de estradas e delimitação dos núcleos regionais da Emater-DF. De posse desses dados, foi realizado o levantamento dos pontos de controle georreferenciados em campo, com o auxílio de um aparelho de GPS e o *software* de navegação TrackMaker®. Os pontos de controle auxiliaram na interpretação visual das imagens de satélite, pois forneceram a informação *in loco* do uso atual do solo. Na figura 3, encontra-se a distribuição dos pontos coletados.



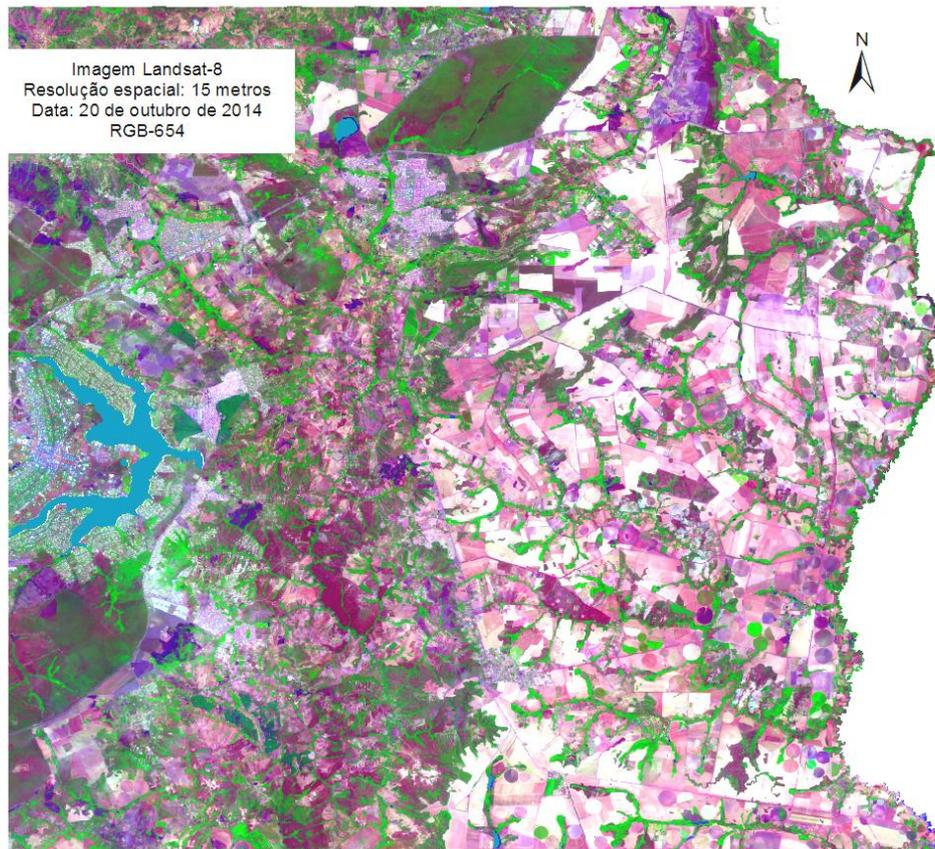
**Figura 3:** Distribuição espacial dos pontos de controle georreferenciados coletados em campo.

Para a identificação das áreas cultivadas, foram utilizadas quatro imagens de datas distintas e diferentes composições coloridas RGB (Figuras 4 a 8), além do mosaico de ortofotos disponibilizado pela Companhia de Planejamento do Distrito Federal - CODEPLAN obtidas no ano 2014 (Figura 9). As imagens selecionadas contemplam todo o ciclo das culturas de verão no DF, conforme o calendário agrícola elaborado pela Conab (Conab, 2014) e foram obtidas nas seguintes datas: 20 de outubro de 2014, 21 de novembro de 2014, 08 de janeiro de 2015 e 25 de fevereiro de 2015.

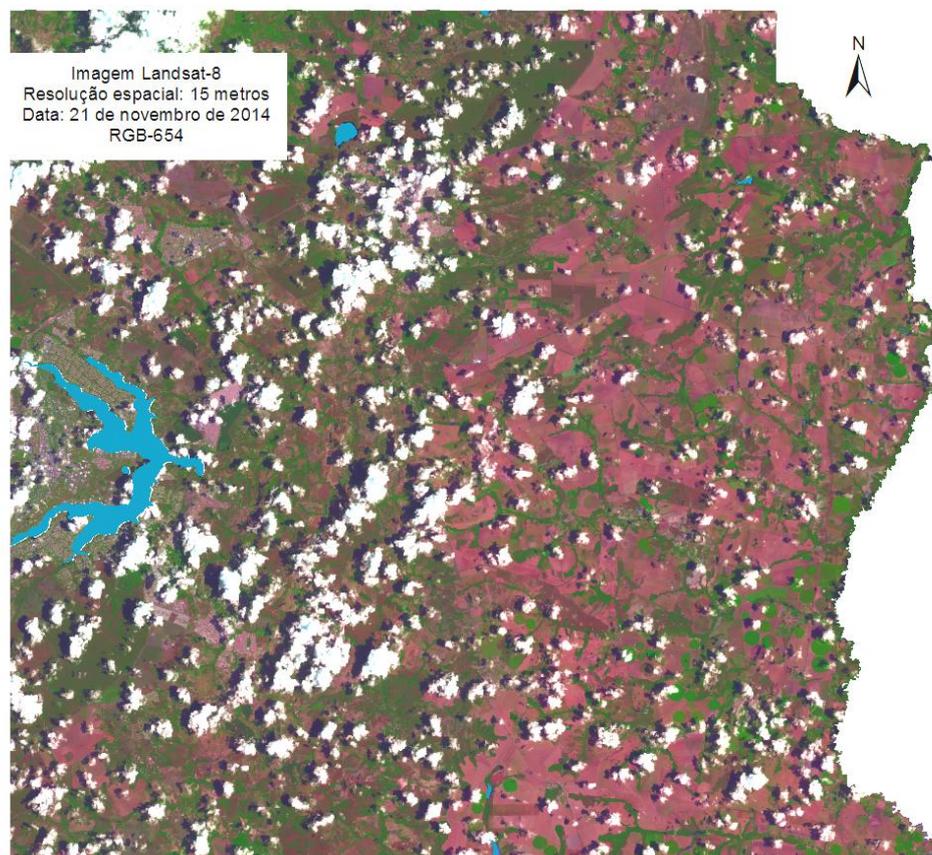
**Tabela 1:** Calendário de plantio e colheita do Distrito Federal (safra 2014/2015). Fonte: Conab.

Calendário de plantio e colheita do Distrito Federal							
Cultura	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr
Feijão 1a safra	P	P	P		C	C	
Milho 1a safra			P			C	
Soja		P				C	

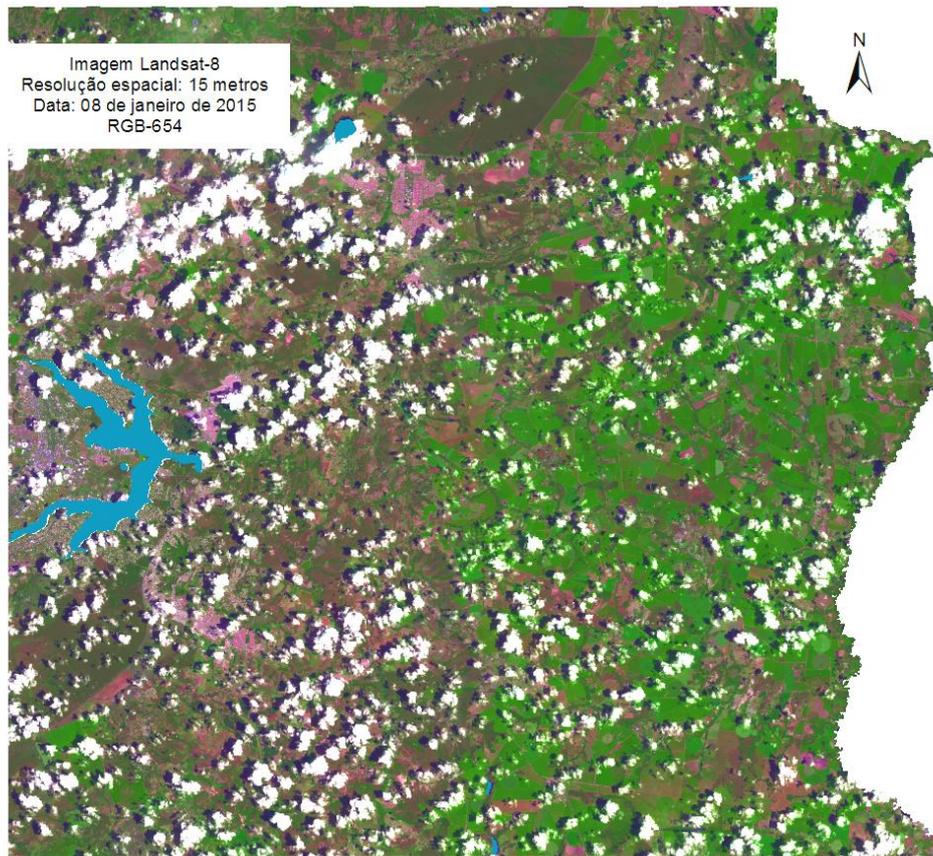
Fonte: Conab Legenda: P - Plantio; C - Colheita



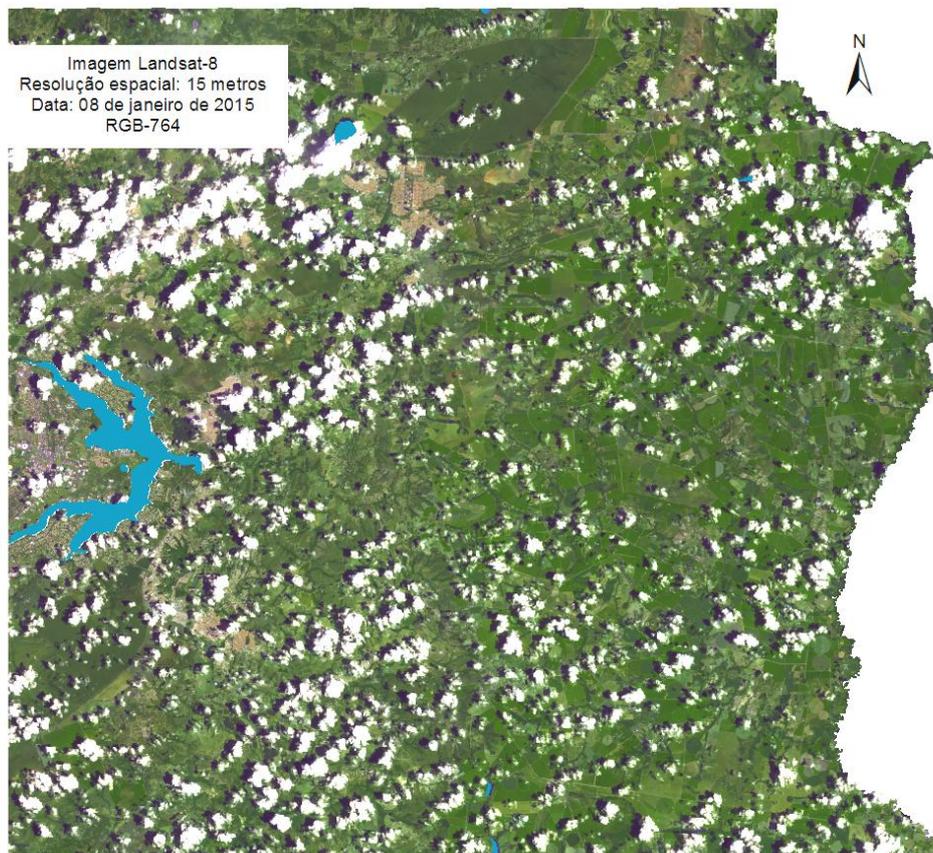
**Figura 4:** Imagem Landsat-8 do dia 20 de outubro de 2014, composição colorida RGB-654.



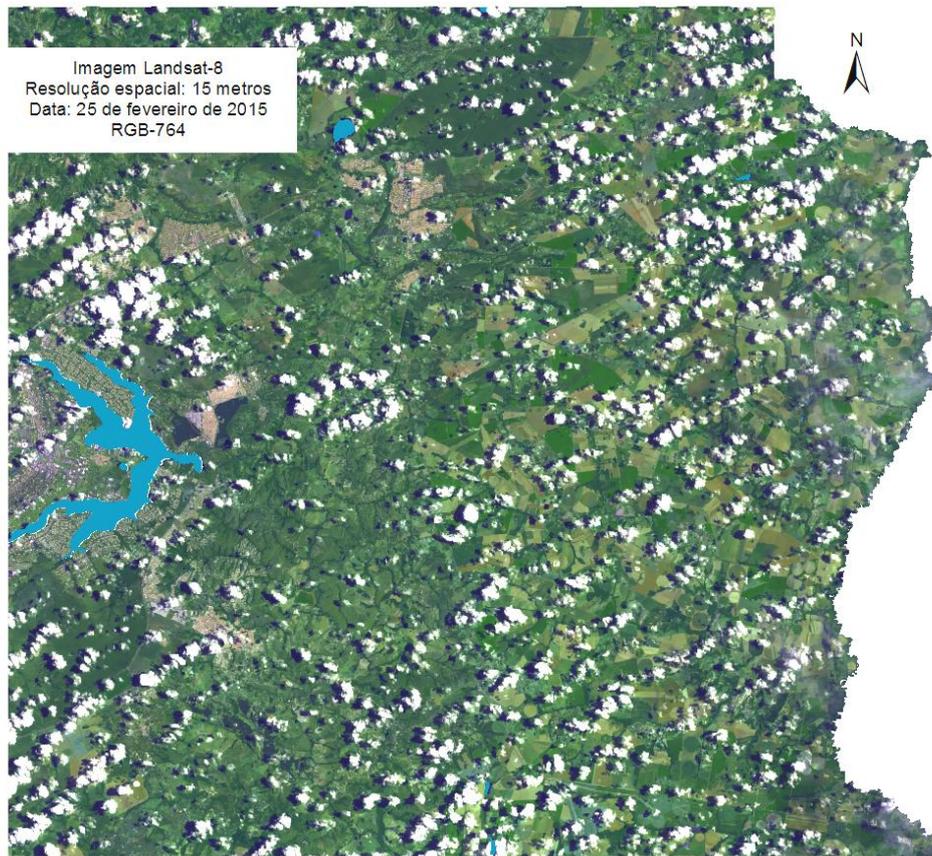
**Figura 5:** Imagem Landsat-8 do dia 21 de novembro de 2014, composição colorida RGB-654.



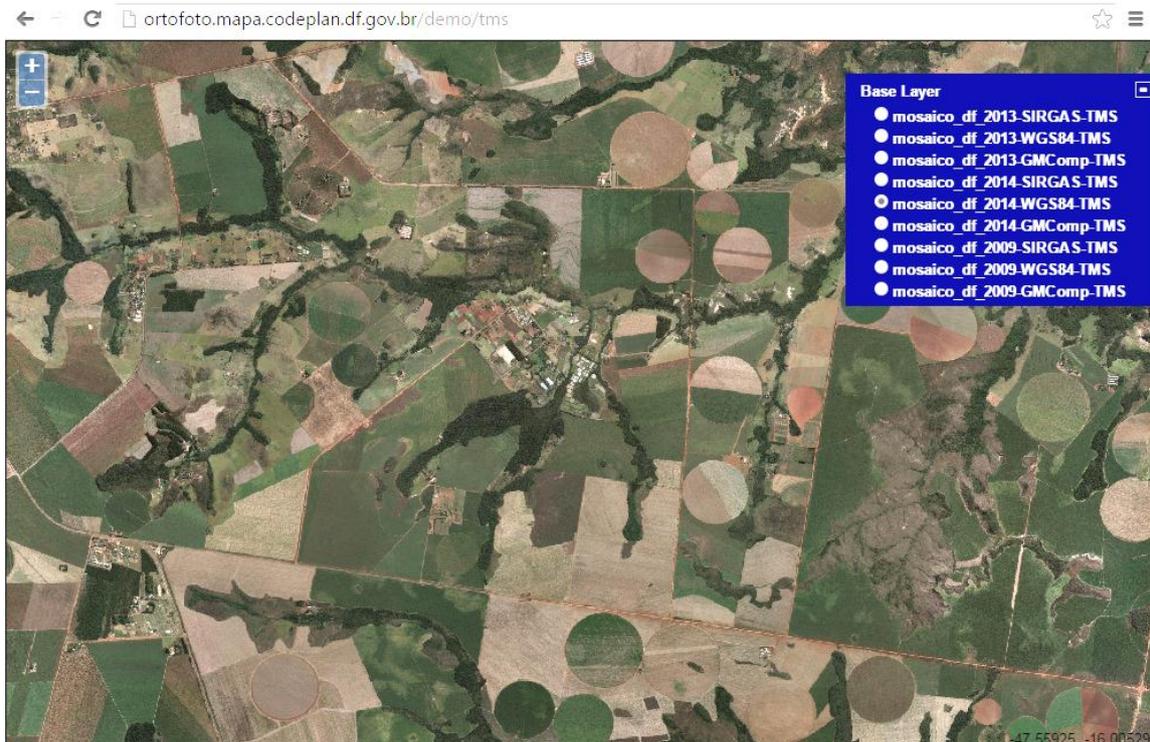
**Figura 6:** Imagem Landsat-8 do dia 08 de janeiro de 2015, composição colorida RGB-654.



**Figura 7:** Imagem Landsat-8 do dia 08 de janeiro de 2015, composição colorida RGB-764.



**Figura 8:** Imagem Landsat-8 do dia 25 de fevereiro de 2015, composição colorida RGB-764.



**Figura 9:** Detalhe do mosaico de ortofotos do Distrito Federal disponibilizado pela Codeplan-DF.

As imagens do sensor OLI/Landsat-8 foram adquiridas gratuitamente na página do *United States Geological Survey* – USGS. O processamento dessas imagens (composição RGB, fusão com

a banda pancromática, recorte da imagem com a delimitação do DF, etc) foi realizado no *software* ArcGIS 9.3. A fusão das composições coloridas com a banda pancromática foi realizada para melhorar a resolução espacial das imagens Landsat-8, que passou de 30 m para 15 m. O recorte das imagens com a delimitação do DF foi realizado para diminuir o volume de dados no armazenamento.

Assim como Crusco (2006), a metodologia desenvolvida neste trabalho para o mapeamento por meio das imagens do sensor OLI/Landsat-8 não utiliza classificadores automáticos na avaliação das imagens multitemporais. Interpretando as diferentes respostas espectrais dos alvos nas imagens, juntamente com a informação dos pontos georreferenciados, foi possível delimitar os polígonos das áreas no *software* ArcGIS 9.3, de forma manual. Posteriormente, foi extraída a área em hectares dos polígonos.

Para avaliar a acurácia do mapeamento feito com imagens Landsat-8, foi realizado o cálculo da Exatidão Geral e do índice Kappa com a utilização de 151 pontos sorteados com ponderação, de acordo com a área em hectares mapeada de cada núcleo regional, e distribuídos aleatoriamente na área agrícola do Distrito Federal (Figura 10). Tais pontos foram divididos em dois tipos: área mapeada com grãos (grão) e área não-mapeada (não-grão) e calculados através da função binomial apresentada na equação 3 (Congalton, 1988; Congalton e Green, 1999; Thompson, 2002).

$$n = \frac{(z_{\alpha/2})^2 pq}{E^2} \quad \text{Equação (3)}$$

Em que, n = número total de elementos a serem amostrados; z = distribuição normal padrão;  $\alpha$  = nível de significância; p = exatidão desejada; q = (1-p); E = um erro de amostragem.

A Exatidão Geral, bem como sua variância, são determinadas pelas seguintes equações 4 e 5.

$$G = \frac{\sum_{i=1}^M n_{ii}}{N} \quad \text{Equação (4)}$$

$$\sigma_G^2 = \frac{P_0(1 - P_0)}{N} \quad \text{Equação (5)}$$

De forma semelhante, para o índice Kappa, tem-se:

$$K = \frac{P_0 - P_C}{1 - P_C} \quad \text{Equação (6)}$$

$$\sigma_K^2 \approx \frac{P_0(1 - P_0)}{N(1 - P_C)^2} \quad \text{Equação (7)}$$

As relações para  $P_0$  e  $P_C$  podem ser explicitadas por:

$$P_0 = \frac{\sum_{i=1}^M n_{ii}}{N} \quad \text{Equação (8)}$$

$$P_c = \frac{\sum_{i=1}^M n_{i+} n_{+i}}{N^2} \quad \text{Equação (9)}$$

Em que:

N = número total de pontos contemplados pela matriz de erros;

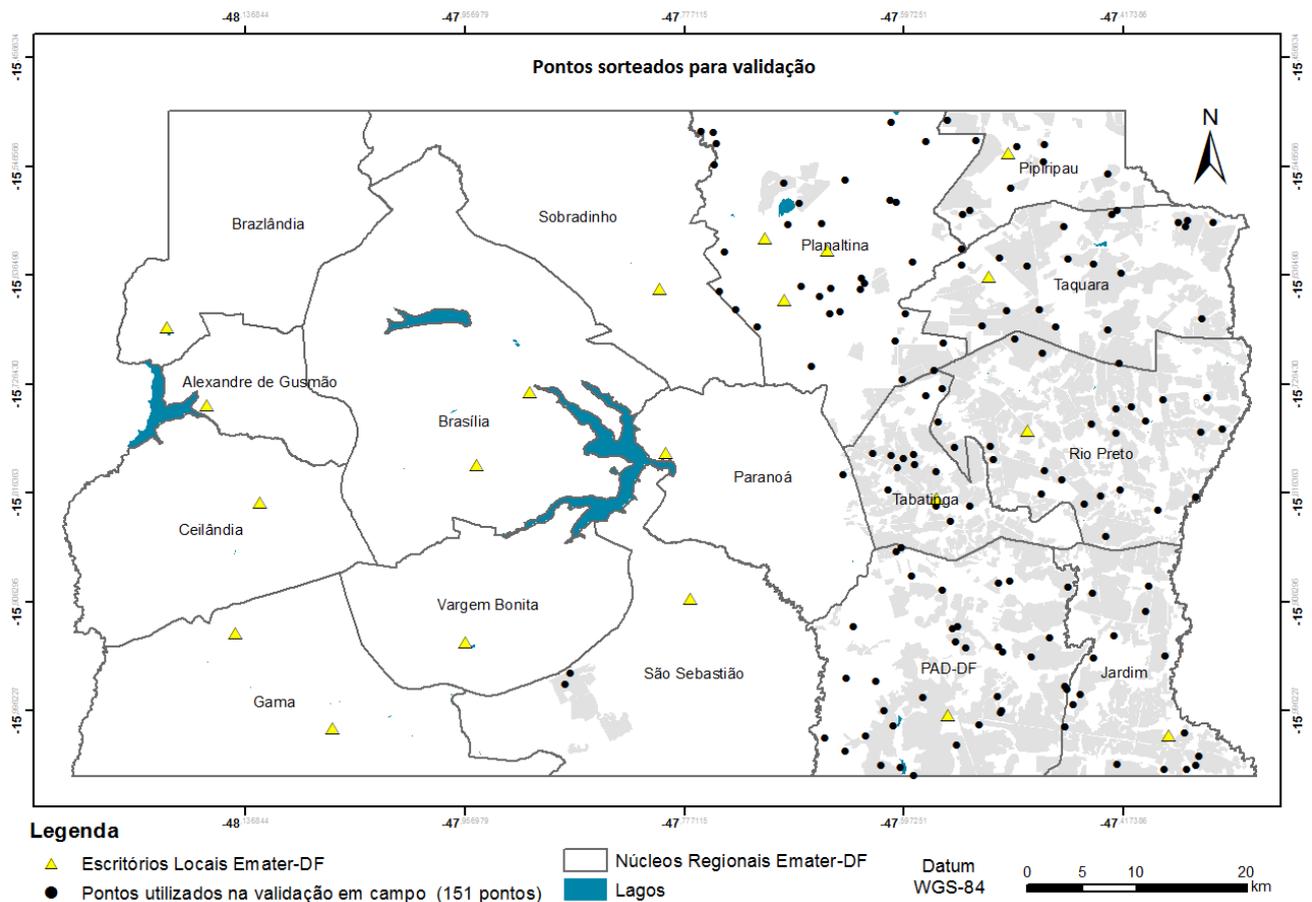
n = elementos da matriz de erros;

M = número de categorias informacionais presentes na matriz de erros;

i+ = total da linha para uma dada categoria informacional;

+i = total da coluna para esta mesma categoria informacional.

Com o auxílio de técnicos e engenheiros agrônomos da Emater-DF, imagens de alta resolução espacial do *Google Earth* e visita a campo, foi possível identificar os pontos e verificar a exatidão do mapeamento.



**Figura 10:** Localização dos pontos sorteados para a validação do mapeamento.

O cálculo da exatidão geral do mapeamento foi feito por meio de uma Matriz de Confusão ou Matriz de Erro (Tabela 3). Essas matrizes comparam o mapeamento estudado com os dados de referência (verificação em campo) e permitem o cálculo de três estimativas de exatidão para cada região: exatidão do produtor, do usuário e geral (Adami et al., 2009).

A avaliação da acurácia pode ser obtida por meio de coeficientes de concordância, dentre os mais usuais, se destaca o índice Kappa (Cohen, 1960). Esse índice se caracteriza por ser uma técnica multivariada discreta usada na avaliação da precisão de mapeamentos temáticos, utilizando todos os elementos da matriz de erros em seu cálculo.

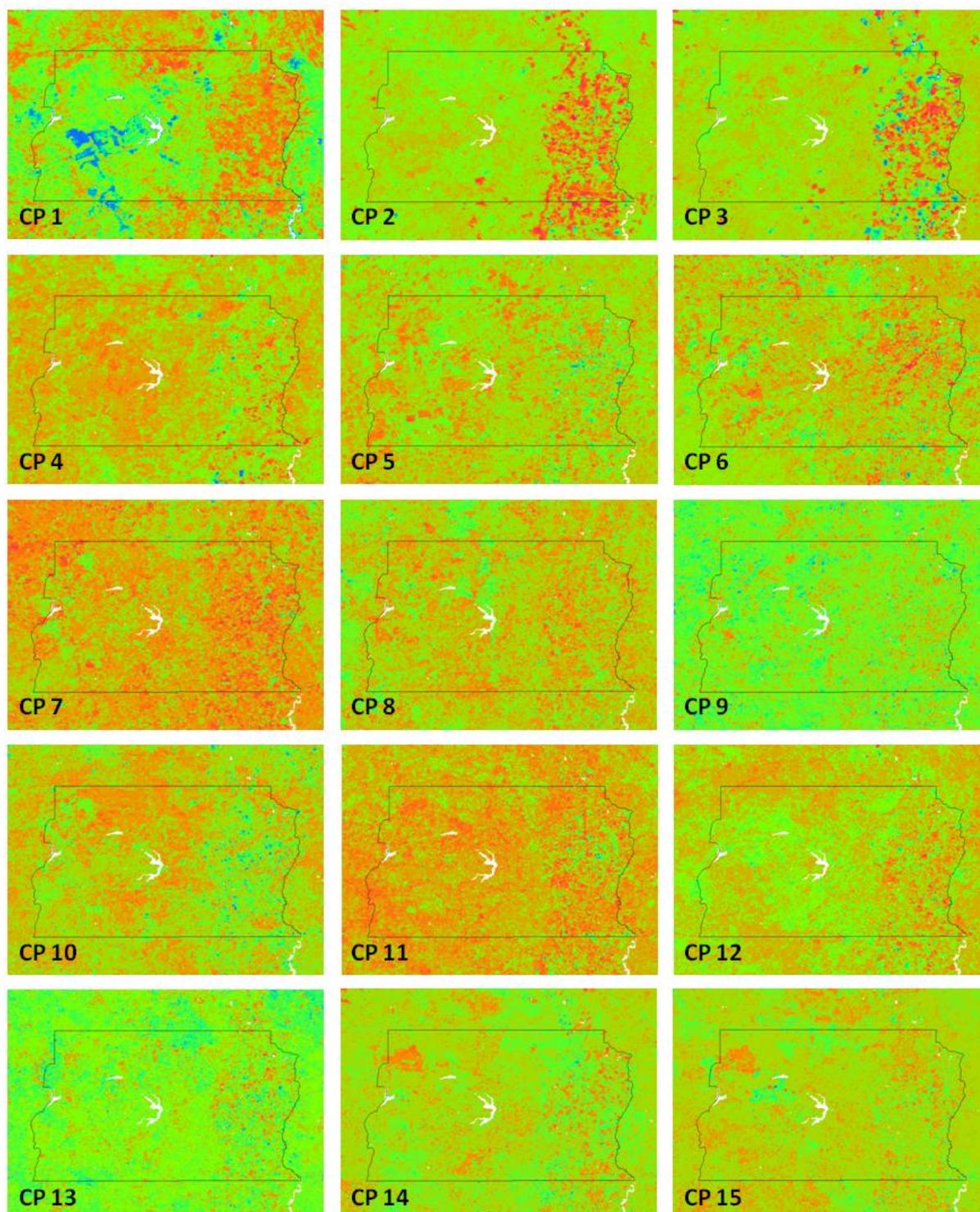
### 5.3 Mapeamento com imagens MODIS

Para gerar o mapa das principais culturas de verão produzidas na região (Figura 13) foi coletada uma série temporal do índice EVI, gerado a cada 16 dias, oriundo do produto MOD13Q1 do sensor MODIS, entre o período de outubro de 2014 a abril de 2015, totalizando 15 imagens. As imagens selecionadas contemplaram todo o ciclo das culturas de verão no DF (fase de plantio, germinação, desenvolvimento vegetativo, floração, enchimento de grão, maturação e colheita), conforme o calendário agrícola elaborado pela Conab (Tabela 1) e são disponibilizadas gratuitamente pela Embrapa, por meio do Banco de Produtos MODIS.

O processamento dessas imagens foi realizado no *software Integrated Land and Water Information System - ILWIS 3.7*, que é um sistema de informação geográfica desenvolvido pelo *Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences - ITC*, da Holanda, que possui as funções básicas de um SIG e um módulo específicos para o tratamento de dados digitais obtido por meio das técnicas de Sensoriamento Remoto (Van Westen e Farifteh, 1997).

Uma lista de imagens foi criada para agregar e armazenar o conjunto de imagens pré-selecionadas em uma série temporal para a análise da safra de verão 2014/2015. A essa lista foi aplicada a Análise de Componentes Principais, que é um método matemático para identificar relações entre muitas variáveis (padrões) e para reduzir a quantidade de dados necessários para definir as relações entre o conjunto de imagens agrupado na lista.

Após a Análise de Componentes Principais, efetuou-se a escolha da componente que melhor evidenciou as áreas cultivadas para a safra analisada. A componente número 2 foi a que melhor evidenciou as culturas graníferas, então foi realizada a filtragem aplicando o filtro *Average filter 3x3* selecionando somente os *pixels* cujos parâmetros representavam a intensidade de cultivos de verão, basicamente soja e milho.



**Figura 11:** Componentes Principais - CP analisadas. Legenda: Cada cor apenas representa grupos de *pixels* com padrões semelhantes.

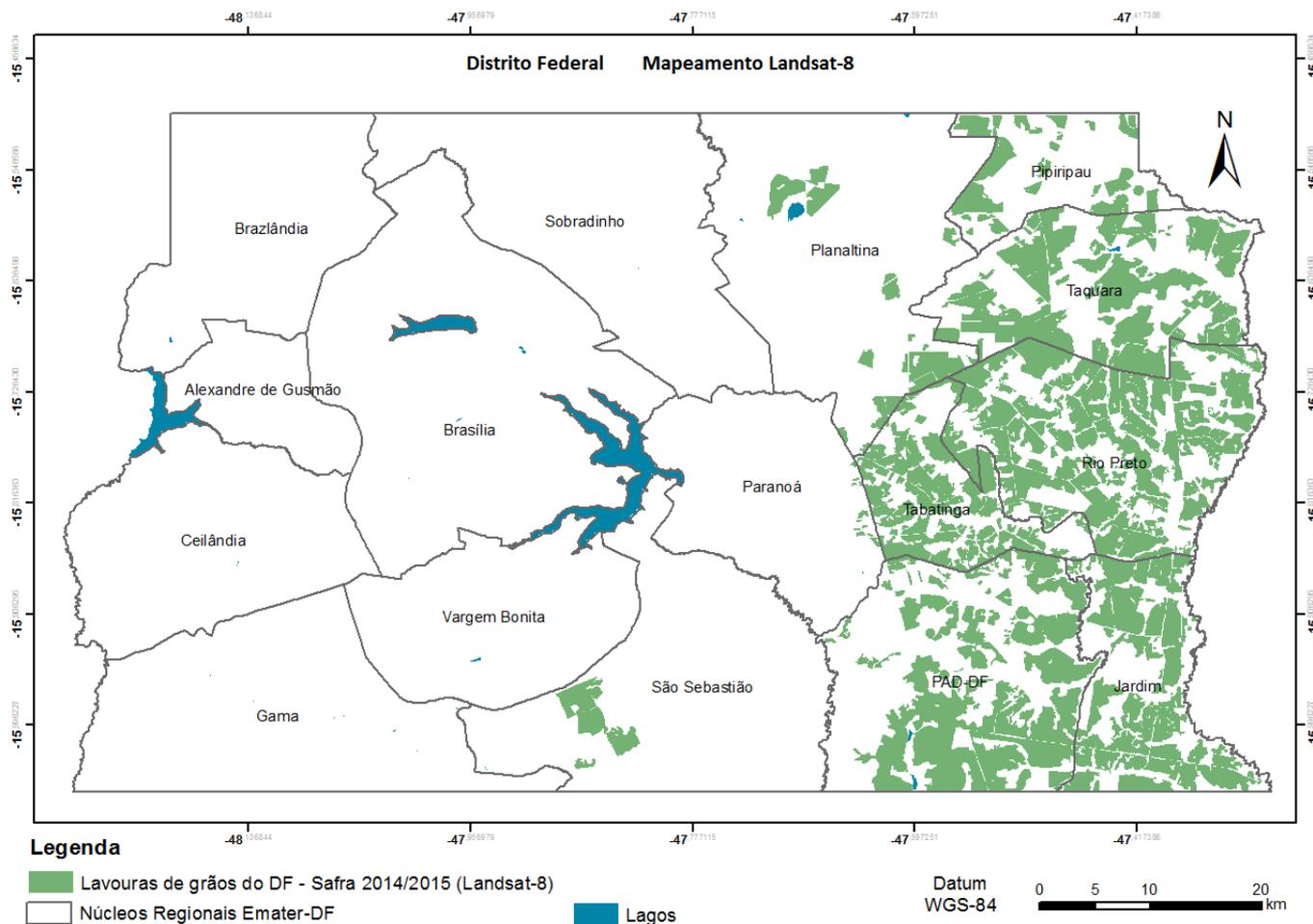
Após a filtragem, realizou-se a conversão da imagem *raster* para o formato *GeoTiff*. No *software* ArcGIS 9.3 converteu-se o *GeoTiff* para o formato vetorial. Os polígonos foram gerados e recortados para a área de interesse. Após agregar os polígonos, a área foi calculada em hectares.

Para a avaliação do mapeamento por imagens MODIS, foi realizada uma sobreposição dos

mapeamentos Landsat-8 e MODIS (Figura 14) a fim de quantificar a porcentagem de áreas mapeadas com culturas graníferas de verão por ambos os sensores.

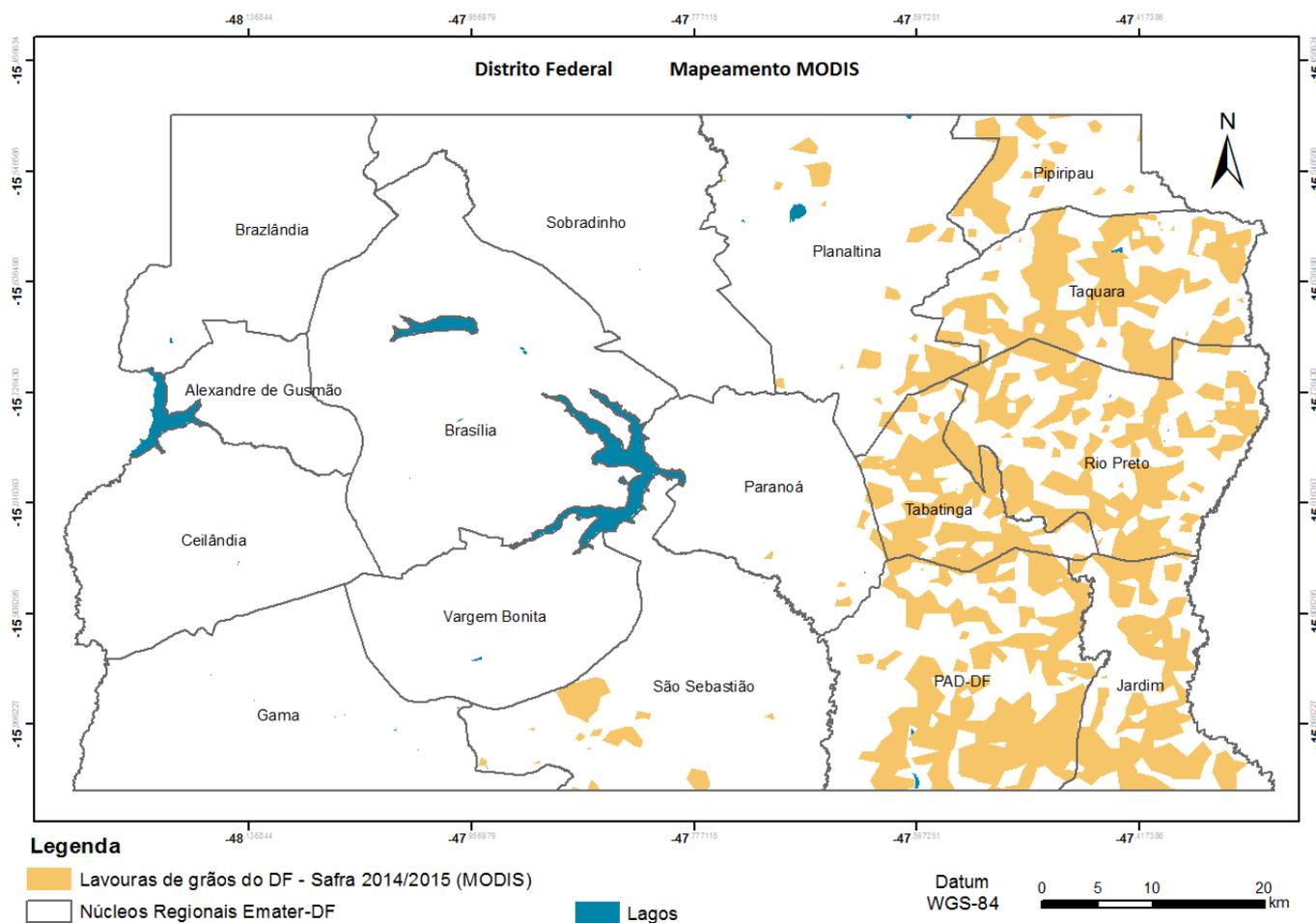
## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir são apresentados os mapas com a localização das lavouras com culturas graníferas de verão no Distrito Federal, safra 2014/2015.



**Figura 12:** Mapa com a localização das lavouras com culturas graníferas de verão do Distrito Federal, safra 2014/2015, mapeadas por meio de imagens do sensor OLI/Landsat-8.

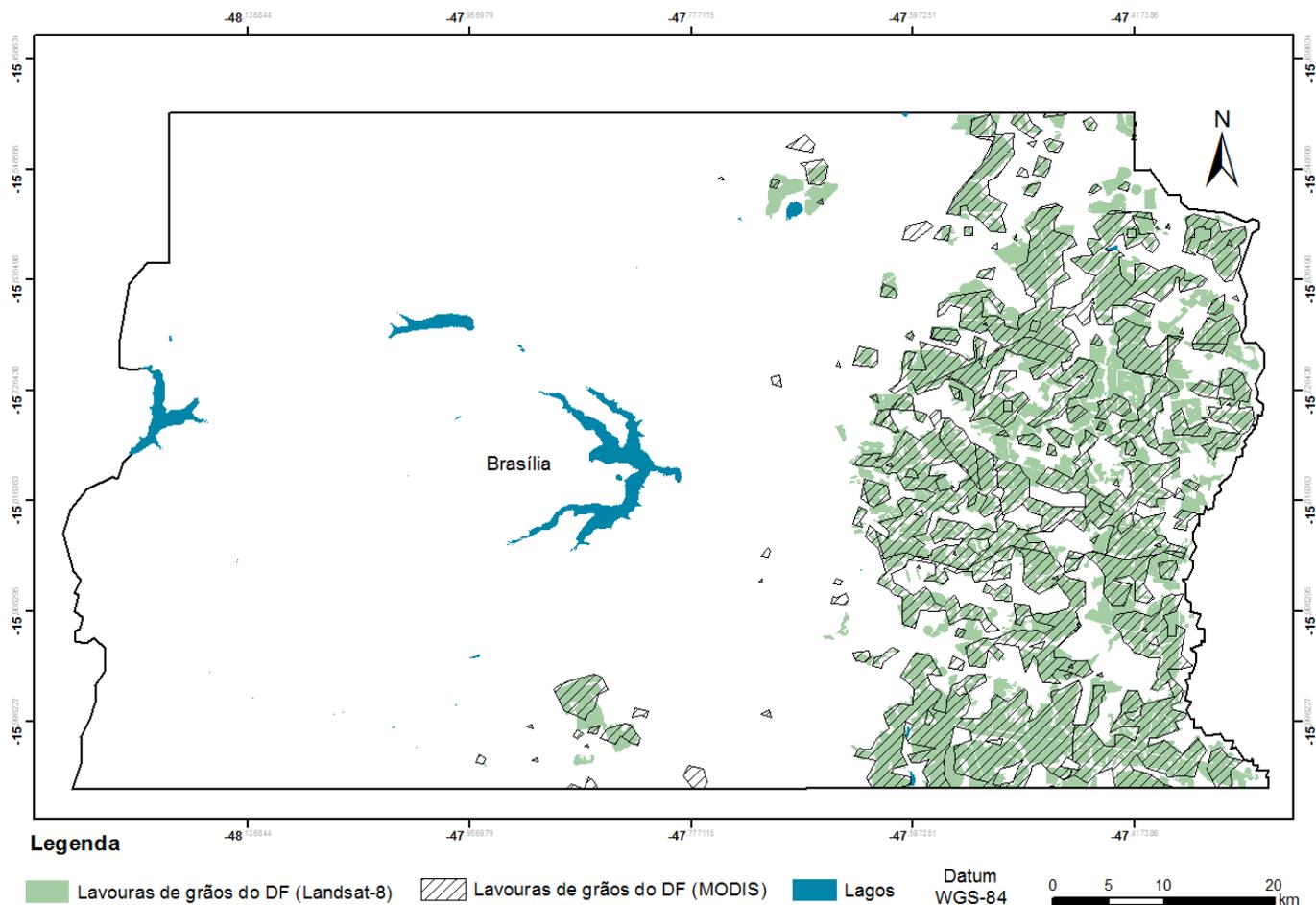
Avaliando as figuras 12 e 13 foi possível observar que as áreas cultivadas com culturas graníferas de verão estão concentradas na parte leste do Distrito Federal, abrangendo os núcleos regionais: Jardim, PAD-DF, São Sebastião, Paranoá, Tabatinga, Rio Preto, Taquara, Planaltina e Píripipau.



**Figura 13:** Mapa com a localização das lavouras com culturas graníferas de verão do Distrito Federal, safra 2014/2015, mapeadas por meio de imagens do sensor MODIS.

**Tabela 2:** Área mapeada com culturas graníferas de verão no DF, safra 2014/2015, por meio de imagens de satélite.

Núcleo Rural	MODIS Área (ha)	Landsat-8 Área (ha)	Área sobreposta	(%) Sobreposição
Jardim	11.062,74	12.600,51	8.933,58	70,90
PAD-DF	20.198,66	19.070,98	15.322,40	80,34
São Sebastião	2.181,64	1.879,27	1.248,78	66,45
Paranoá	450,29	199,78	103,15	51,63
Tabatinga	9.501,38	8.819,46	6.691,54	75,87
Rio Preto	17.635,94	22.302,87	13.256,96	59,44
Taquara	15.061,55	15.425,78	11.346,71	73,56
Planaltina	3.335,28	3.776,67	1.814,81	48,05
Pipiripau	3.684,83	4.218,96	2.461,31	58,34
<b>TOTAL</b>	<b>83.112,32</b>	<b>88.294,29</b>	<b>61.179,24</b>	<b>69,29</b>



**Figura 14:** Sobreposição dos mapeamentos Landsat-8 e MODIS.

O uso dos pontos de controle georreferenciados nas lavouras foram de extrema importância na execução do mapeamento por meio de imagens do sensor OLI/Landsat-8, dada a considerável presença de nuvens no período de pleno desenvolvimento das culturas, observado na imagem de 8 de janeiro de 2015 (Figura 6).

O mosaico de ortofotos disponibilizado pela Codeplan-DF foi uma importante ferramenta para o refinamento da delimitação das áreas, limitada pela resolução espacial das imagens Landsat-8. A disponibilidade de fotografias aéreas gratuitas é uma particularidade do Distrito Federal, entretanto, as imagens de alta resolução disponibilizadas pelo *Google Earth* de forma gratuita podem exercer o mesmo papel das fotografias aéreas utilizadas neste estudo, devendo-se observar a data das imagens e o conhecimento do fotointérprete sobre região a ser mapeada. Deve-se ressaltar que o uso dessa ferramenta é mais indicado para o mapeamento de áreas agrícolas bem estabelecidas, tradicionalmente cultivadas com as culturas a serem mapeadas. Moreira et al. (2007), utilizaram imagens de alta resolução do *Google Earth* para auxiliar no mapeamento de áreas cafeeiras em Minas Gerais. Reis (2013) utilizou imagens de alta resolução espacial do satélite

Rapideye em conjunto com imagens TM/Landsat no mapeamento de cana-de-açúcar e afirmou que a utilização de imagens Rapideye foi importante para mapear com maior precisão a área ocupada com a cultura.

A exatidão geral do mapeamento por meio de imagens do sensor OLI/Landsat-8 foi de 0,97 e o índice Kappa de 0,95, como demonstrado na Tabela 3. São valores próximos aos obtidos por Silva Júnior et al. (2014) no mapeamento de áreas de soja com imagem monotemporal TM/Landsat-5 em Mato Grosso do Sul, com uma exatidão geral de 0,99 e índice Kappa de 0,98. Segundo Landis e Koch (1977), valores de índice Kappa superiores a 0,80 são classificados como “qualidade excelente”.

**Tabela 3:** Matriz de Confusão/Erro e índice Kappa do mapeamento por meio de imagens do sensor OLI/Landsat-8.

		Campo		Exatidão do usuário
		Grão	Não-grão	
Mapeamento Landsat-8	Grão	78	1	<b>0,99</b>
	Não-grão	3	69	<b>0,96</b>
Exatidão do produtor		<b>0,96</b>	<b>0,99</b>	
Exatidão Geral		<b>0,97</b>		
Índice Kappa		<b>0,95</b>		

A metodologia de Análise de Componentes Principais utilizada para o mapeamento por meio de imagens MODIS mostrou-se satisfatória, principalmente pela rápida execução e potencial de espacialização das culturas graníferas de verão, podendo subsidiar órgãos oficiais responsáveis pelas estatísticas agrícolas no aprimoramento dos dados de levantamentos de safra realizado a campo, conforme também observado por Novaes et al. (2009), Campos et al. (2013) e Santos et al. (2014).

As três primeiras componentes apresentaram 62,09% da variância total das imagens MODIS utilizadas. A CP1 realçou áreas urbanas, representadas pela cor azul na figura 11. A componente principal que melhor identificou áreas com culturas graníferas de verão foi a CP2, são as áreas representadas pela cor vermelha na figura 11.

Num trabalho de comparação de áreas de soja obtidas por meio da interpretação de imagens TM/Landsat e MODIS no município de Maracaju-MS, Silva Júnior et al. (2014) verificaram que a utilização dos componentes principais apresentou resultados de mapeamento superior aos demais, exceto quando utilizado apenas a imagem monotemporal TM/Landsat-5. Os autores ainda comentam que, embora a utilização do sensor MODIS tenha demonstrado resultados de estimativas

de áreas com menor desempenho, ainda é aconselhável sua utilização, tendo em vista a alta resolução temporal, que neste caso é uma boa alternativa para estimar áreas com culturas agrícolas anuais como a soja. Já as imagens Landsat com poucas nuvens são raras, devido sua resolução temporal e consequente frequência de cobertura de nuvens na época do cultivo da soja.

Fontana et al. (2000), Rizzi e Rudorff (2005) e Rudorff e Sugawara (2007) relatam que a freqüente cobertura de nuvens nas imagens obtidas pelos satélites da série Landsat dificulta e até mesmo impede que elas sejam utilizadas para fins de mapeamento e estimativa de área cultivada de culturas agrícolas no Brasil, particularmente as de verão. Como afirma Sano et al. (2007), quanto maior for a resolução temporal, maior será a probabilidade de se obter uma imagem livre de cobertura de nuvens.

Apesar da adequada resolução temporal (1-2 dias), a resolução espacial moderada (250 m) das imagens do sensor MODIS dificulta a identificação precisa das lavouras agrícolas, particularmente, em regiões de minifúndios, onde as áreas de soja são muito fragmentadas (Rudorff et al., 2007; Wardlow & Egbert, 2008). Tal particularidade é encontrada no Distrito Federal, onde há grande presença de propriedades rurais com lavouras de pequena extensão em área.

A maior sobreposição entre os mapeamentos Landsat-8 e MODIS foi observada no núcleo rural PAD-DF, apresentando um valor de 80,34% (Tabela 2). O núcleo rural PAD-DF é caracterizado por possuir em sua região uma grande quantidade de lavouras com áreas extensas. O mesmo foi observado nos núcleos rurais Taquara e Jardim, com 73,56% e 70,90% de sobreposição, respectivamente. Apesar de possuir muitas lavouras com áreas bem fragmentadas, o núcleo rural Tabatinga apresentou 75,87% de sobreposição entre os mapeamentos. No DF, a sobreposição final totalizou-se em 69,29%.

A área mapeada com culturas graníferas de verão no DF, safra 2014/2015, utilizando imagens do sensor OLI/Landsat-8 foi de 88.294 ha. O mapeamento utilizando o sensor MODIS apresentou uma área de 83.112 ha, são 5.182 ha a menos que o mapeamento Landsat-8. Doraiswamy et al. (2004) mencionaram que o sensor MODIS é adequado para monitorar áreas maiores que 25 ha, devido sua resolução espacial de 250 metros, o que pode explicar a pequena diferença de área mapeada entre os sensores no Distrito Federal.

Além da quantificação das áreas com culturas graníferas de verão no DF, os mapeamentos gerados no presente trabalho mostram a localização dessas áreas, permitindo desta forma o acompanhamento da dinâmica da área agrícola, ao longo do tempo e no espaço, tornando-se uma importante ferramenta para o monitoramento ao longo da safra e estudos sobre uso e ocupação do solo.

## 7. CONCLUSÕES

- A classificação visual das imagens do sensor OLI/Landsat-8 mostrou-se uma ótima ferramenta para o mapeamento de culturas anuais, apresentando uma Exatidão Geral de 0,97 e índice Kappa de 0,95. Entretanto, essa metodologia demanda um maior tempo em sua execução, comparado ao mapeamento por meio de imagens do sensor MODIS, e pode ser inviabilizada pela cobertura de nuvens na época de cultivo.

- A utilização da Análise de Componentes Principais para a classificação das imagens multitemporais do sensor MODIS mostrou-se adequada para o mapeamento das culturas graníferas de verão no Distrito Federal.

- Observou-se que 69,29% das áreas mapeadas por meio de imagens do sensor MODIS sobreporam-se nas áreas do mapeamento realizado com imagens do sensor OLI/Landsat-8. Portanto, o mapeamento por meio de imagens do sensor MODIS mostra-se adequado para o auxílio no monitoramento das safras.

## REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ADAMI, M. **Estimativa de áreas agrícolas por meio de técnicas de sensoriamento remoto, geoprocessamento e amostragem.** São José dos Campos. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). INPE, 183 p., 2004.

ADAMI, M.; MOREIRA, M.A.; RUDORFF, B.F.T.; FREITAS, C. C. Análise da eficiência dos estimadores de expansão direta e de regressão para áreas cultivadas com café, milho e soja no Município de Cornélio Procópio, Estado do Paraná. **Agricultura em São Paulo**, v.51, p.5-13, 2004.

ADAMI, M.; MOREIRA, M.A.; BARROS, M.A.; MARTINS, V.A , RUDORFF, B.F.T. Avaliação da exatidão do mapeamento da cultura do café no Estado de Minas Gerais. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.** p. 1-8. 2009.

ADAMI, M.; RIZZI, R.; MOREIRA, M.A.; RUDORFF, B.F.T.; FERREIRA, C.C. Amostragem probabilística estratificada por pontos para estimar a área cultivada com soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.585-592, 2010.

AGUIAR, D. A.; RUDORFF, B. F. T.; RIZZI, R.; SHIMABUKURO, Y. E. Monitoramento da colheita da cana-de-açúcar por meio de imagens MODIS. RBC. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 60, p. 375-383, 2008.

ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistemas de informações geográficas: aplicações na agricultura.** 2ed. Brasília: Embrapa - SPI/ Embrapa Cerrado, 1998, 434 p.

BARNI, N. A. **Modelos de crescimento, desenvolvimento e rendimento do girassol em função da radiação solar, temperatura e disponibilidade hídrica.** Porto Alegre. Tese de Doutorado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 249 p., 1994.

BERLATO, M. A. **Modelo de relação entre o rendimento de grãos de soja e o déficit hídrico para o Estado do Rio Grande do Sul.** São José dos Campos. Tese (Doutorado em Meteorologia). INPE, 93 p., 1987.

BYRNE, G.F.; CRAPPER, P.F.; MAYO, K.K. Monitoring land cover change by principal components analysis of multitemporal Landsat data. **Remote Sensing of Environment**, v.10, p.175-185, 1980

CAMARA, G., MEDEIROS, J.S. Sistemas de Informações Geográficas. Aplicações na Agricultura. Cap 1 - **Princípios Básicos em Geoprocessamento**. 2ª Ed. Embrapa. SPI. 1998.

CAMPOS. P. M.; SOUZA. A.L.F.; PIFFER, T. R. O.; LIMA, F. A. S.; FERNANDES, L. B. Área plantada do milho 2ª safra no município de Sorriso, Mato Grosso, Brasil. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, 18. Belém, PA, 2013.

CAMPOS. P. M.; LIMA, F. A. S.; SOUZA. A.L.F.; OLIVEIRA, D.; FERNANDES, L. B.; LIMA, F. M.; HANEMANN, L.; PIFFER, T. R. O. Mapeamento do arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul – Safra 2013/2014. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17. (SBSR), 2015, João Pessoa, PB. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2015. p. 1463-1469.

CHARGALAMUDI, P.; PLUNKETT, G. W. Mapping applications for low-cost remote sensing and geographic information systems. **International Journal of Remote Sensing**. Vol. 14, p. 3181-3190. 1993.

CODEPLAN. **Atlas do Distrito Federal II**. Governo do Distrito Federal, Brasília. 1984.

COHEN, J. A. Coefficient of Agreement for Nominal scales. **Educational and Psychological Measurement**. v. 20, nº1. 1960.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Acompanhamento da Safra brasileira de grãos - Safra 2013/14. Brasília. **Levantamento da Safra de Grãos**. v.1, n.12, 127p., set. 2014. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14\\_09\\_10\\_14\\_35\\_09\\_boletim\\_graos\\_setembro\\_2014.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_09_10_14_35_09_boletim_graos_setembro_2014.pdf) (acesso em dezembro de 2014).

CONGALTON, R. G.; GREEN, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices**. New York: Lewis Publishers, 1999. 136 p.

CONGALTON, R.G. A comparison of sampling schemes used in generating error matrices for assessing the accuracy of maps generated from remotely sensed data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 54, n. 5, p. 593-600, 1988.

CRUSCO, N. A. **Sensoriamento remoto para análise multitemporal da dinâmica de áreas agrícolas**. São José dos Campos. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). INPE, 105 p. 2006.

D'ARCO, E.; RUDORFF, B.F.T.; RIZZI, R. Índice de vegetação para estimativa de área plantada com arroz irrigado. In: Rudorff, B.F.T.; Shimabukuro, Y. E.; Ceballos, J.C. (Eds.): **O sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil**. São José dos Campos: Ed. Bookimage, p. 123 - 131, 2007.

D'ARCO, E. **O uso de geotecnologias para estimativa da área plantada de arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul**. São José dos Campos. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto). INPE, 206 p. 2008.

DORAISWAMY, P. C.; HATFIELD, J. L.; JACKSON, T. J.; AKHMEDOV, B.; PRUEGER, J.; STERN, A. Crop condition and yield simulations using Landsat and MODIS. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 92, p.548-59, 2004.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL – EMATER-DF. **Informações Agropecuárias do Distrito Federal, 2013**. Brasília, 19p., 2014. Disponível em: [http://www.emater.df.gov.br/index.php?option=com\\_phocadownload&view=category&id=72&Itemid=55](http://www.emater.df.gov.br/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=72&Itemid=55) (acesso em dezembro de 2014).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Levantamento de Reconhecimento dos solos do Distrito Federal, **Boletim Técnico**, n. 53, SNLCS, Rio de Janeiro, 455p. 1978.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Mapa Pedológico Digital – SIG atualizado do Distrito Federal, Escala 1:100.000 e uma síntese do texto explicativo. **Documentos 120**. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2004.

EPIPHÂNIO, J. C. N.; FORMAGGIO, A. R. Sensoriamento Remoto de três parâmetros

agronômicos de trigo e de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n.10, p. 1615-1624, 1991.

ESQUERDO, J. C. D. M.; ZULLO JUNIOR, J.; ANTUNES, J. F. G. Use of NDVI/AVHRR time series profiles for soybean crop monitoring in Brazil. **International Journal of Remote Sensing**, v.32, p.3711-3727, 2011.

FERRAZ, P.; ÂNGULO FILHO, R.; PIEDADE, S. M. S.; MONTEIRO, R. O. C. Influência do ângulo de visada na resposta espectral da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, p. 6335-6342. 2007.

FIGUEIREDO, D. C. Projeto GeoSafras – aprimoramento metodológico das estimativas de safras. **Anais...** XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Florianópolis-SC, 2007, p. 191-195.

FONTANA, D.C.; WEBER, E.; DUCATI, J.; FIGUEIREDO, D. C.; BERLATO, M. A.; BERGAMASCHI, H. Monitoramento e previsão de safras no Brasil. In: SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE PERCEPCIÓN REMOTA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN ESPACIAL (SELPER), 9, 2000, Puerto Iguazú. **Anais...** Puerto Iguazú: SELPER, 2000. p.87-96.

FORMAGGIO, A. R. **Características Agronômicas e espectrais para sensoriamento remoto de trigo e feijão**. Piracicaba. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP. Tese de Doutorado, 161 p., 1989.

GENÚ, A. M. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento na caracterização e avaliação pontual e espacial de solos e seus atributos**. Piracicaba. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP. Tese de Doutorado, 120 p., 2006.

GÜRTLER, S. **Estimativa de área agrícola a partir de sensoriamento remoto e banco de dados de pixels amostrais**. São José dos Campos. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). INPE, 179 p., 2003.

HUETE, A.; JUSTICE, C.; VAN LEEUWEN, W. Modis Vegetation Index (MOD13) Algorithm Theoretical Basis Document. v2. NASA - GSFC, Greenbelt, MD. 1996.

HUETE, A.; DIDAN, K.; MIURA, T.; RODRIGUEZ, E. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. (Special Issue) **Remote Sensing of Environment**, v. 83, n. 1-2, p. 195–213, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Levantamento sistemático da produção agrícola – LSPA - **Manual de instruções**. Rio de Janeiro: IBGE, 2002. 26p.

IRONS, J. R.; LOVELAND, T. R. Eighth Landsat satellite becomes operational. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 79, p. 398–401, 2013.

JOHANN, J. A.; ROCHA, J. V.; DUFT, D. G.; LAMPARELLI, R. A. C. Estimativa de áreas com culturas de verão no Paraná , por meio de imagens multitemporais EVI/Modis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 1, p. 1295–1306, set. 2012.

JUSTICE, C. O.; TOWNSHEND, J. R. G.; VERMOTE, E. F.; MASUOKA, E.; WOLFE, R.E.; SALEOUS, N.; ROY, D. P.; MORISETTE, J. T. An overview of MODIS Land data processing and product status. **Remote Sensing of Environment**, v. 83, p. 3 –15. 2002a.

LAMPARELLI, R. A. C.; CARVALHO, W. M. O. DE; MERCANTE, E. Mapeamento de semeaduras de soja (*Glycine max* (L.) Merr.) mediante dados MODIS/Terra E TM/Landsat 5: um comparativo. **Revista Engenharia Agrícola**, v.28, p.334-344, 2008.

LAMPARELLI, R. A. C.; NERY, L.; ROCHA, J. V. Utilização da técnica por componentes principais (acp) e fator de iluminação, no mapeamento da cultura do café em relevo montanhoso. **Engenharia Agrícola**, v.31, n.3, p.584- 597, 2011.

LANDIS, R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, Texas, v.33, n.1, p.159-74, 1977.

LIU, W. T. H. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Campo Grande: Ed. UNIDERP, 2006. 908p.

LOHMANN, M.; DEPPE, F.; SIMÕES, K.; MARTINI, L. Monitoramento da evolução temporal da cultura da soja no estado do Paraná utilizando imagens do sensor MODIS. In: XIV Simpósio

Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009. Natal, RN, **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 263- 269.

LUIZ, A. J. B.; BARROS, M. G. M. DE; FORMAGGIO, A. R.; EPIPHÂNIO, J. C. N. Comportamento espectral associado a parâmetros agronômicos de soja (*Glycine Max*) e feijão (*Phaseolus vulgaris*). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10, 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, p. 103-110, 2001.

LUIZ, A. J. B. **Estatísticas agrícolas por amostragem auxiliadas pelo sensoriamento remoto.** São José dos Campos. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto). INPE, 112 p., 2009.

MARTINS, E. S. Sistemas pedológicos do Distrito Federal. In: **Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal.** Brasília: IEMA/SEMATEC/UnB, MMA-SRH, CD-ROM, v. 1, p. 139-163, 1998.

MATHER, P.M. **Computer processing of remotely-sensed images: an introduction.** 2nd ed. Chichester: John Wiley & Sons, 1999. 292p.

MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A.; REBOLDI, J. Relações entre rendimento de milho e variáveis hídricas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.3, p. 85-92. 1995.

MERCANTE, E.; LAMPARELLI, R. A. C.; URIBE-OPAZO, M. A.; ROCHA, J. V. Modelos de regressão lineares para estimativa de produtividade da soja no Oeste do Paraná, utilizando dados espectrais. **Engenharia Agrícola**, v.30, p.504-517, 2010.

MOREIRA, M. A.; BARROS, M. A.; ROSA, V. G. C.; ADAMI, M. Tecnologia de informação: imagens de satélite para o mapeamento de áreas de café de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, v. 28, n. 241, p. 27-37, 2007.

NOVAES, M. R.; BERNARDES, T.; FRANÇA, D.; ADAMI, M.; FORMAGGIO, A. R. Dados mono e multi-temporais MODIS na estimativa da área plantada com soja no estado do Mato Grosso. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14. (SBSR), 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, p.317-323. 2009.

NOVO, E.L.M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgar Blucher, p. 1-8, 1989.

ORTIZ, M. J.; FORMAGGIO, A. R.; EPIPHANIO, 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.

PIFFER, T. R. O.; AMARAL, G. M.; CAMPOS, P. M.; SILVA, R. A.B. Mapeamento de áreas cultivadas. In: CONAB (Ed.). **Agricultura e Abastecimento alimentar: políticas públicas e mercado agrícola**. Brasília: Conab, 2009. p. 312 – 322.

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

RAPER, J. F.; MAGUIRE. D. J. Designe Models and Functionality in GIS. **Computers and geosciences**, London. V. 18, n. 4. P. 387-400, 1992.

REIS, L. N.G. **Mapeamento multitemporal e conversão do uso da terra a partir da expansão canavieira no Triângulo Mineiro (2000-2010)**. Uberlândia. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, 126 f., 2013.

RICHARDS, J. A. **Remote Sensing digital image analysis: an introduction**. 2.ed. Austrália: Springer-Verlag, 1993. 340p.

RICHARDS, J.A.; JIA, X. **Remote sensing digital image analysis: an introduction**. 3.ed. New York: Springer: Verlag Berlin Heidelberg, 2006.

RIZZI, R.; RUDORFF, B.F.T. Estimativa da área de soja no Rio Grande do Sul por meio de imagens Landsat. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 57 n. 3, p. 226-234, 2005.

RIZZI, R.; RUDORFF, B.F.T. Imagens do sensor MODIS associadas a um modelo agrônômico para estimar a produtividade de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. V. 42, n.1, p. 73-80. 2007.

ROJAS, O.; REMBOLD, F.; ROYER, A.; NEGRE, T. Real-time agrometeorological crop yield monitoring in Eastern Africa. **Agronomy for Sustainable Development**, v.25, p.63-77, 2005.

ROSA, V. G. C. **Modelo agrometeorológico-espectral para monitoramento e estimativa da produtividade do café na região sul/sudoeste do estado de Minas Gerais.** São José dos Campos. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). INPE, 142 p., 2007.

ROY, D.P.; WULDER, M.A.; LOVELAND, T.R.; WOODCOCK, C.E.; ALLEN, R.G.; ANDERSON, M.C.; HELDER, D.; IRONS, J.R.; JOHNSON, D.M.; KENNEDY, R.; SCAMBOS, T.A.; SCHAAF, C.B.; SCHOTT, J.R.; SHENG, Y.; VERMOTE, E.F.; BELWARD, A.S.; BINDSCHADLER, R.; COHEN, W.B.; GAO, F.; HIPPLE, J.D.; HOSTERT, P.; HUNTINGTON, J.; JUSTICE, C.O.; KILIC, A.; KOVALSKYY, V.; LEE, Z.P.; LYMBURNER, L.; MASEK, J.G.; MCCORKEL, J.; SHUAI, Y.; TREZZA, R.; VOGELMANN, J.; WYNNE, R.H.; ZHU, Z. Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. **Remote Sensing of Environment**, v. 145, p. 154–172, 2014.

RUDORFF, C. M.; RIZZI, R.; RUDORFF, B. F. T.; SUGAWARA, L. M.; VIEIRA, C. A. O. Superfícies de resposta espectro-temporal de imagens do sensor MODIS para classificação de área de soja no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v.37, p.118-125, 2007.

RUDORFF, B.F.T.; SUGAWARA, L.M. Mapeamento da cana-de-açúcar na região Centro-Sul via imagens de satélites. **Informe Agropecuário**, v.28, p.79-86, 2007.

SANO, E. E.; FERREIRA, L. G.; ASNER, G. P.; STEINKE, E. T. Spatial and temporal probabilities of obtaining cloud-free Landsat images over the Brazilian tropical savanna. **International Journal of Remote Sensing**, London, v. 28, n. 12, p. 2739-2752, 2007.

SANTOS, J. S.; FONTANA, D. C.; SILVA, T. S. F.; RUDORFF, B. F. T. Identificação da dinâmica espaço-temporal para estimar área cultivada de soja a partir de imagens MODIS no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.1, p.54-63, 2014.

SILVA JUNIOR, C. A. DA; MOREIRA, E. P.; FRANK, T.; MOREIRA, M. A.; BARCELLOS, D. Comparação de áreas de soja (*Glycinemax* (L) Merr.) obtidas por meio da interpretação de imagens TM/Landsat e MODIS/Terra no município de Maracaju (MS). **Bioscience Journal**. Uberlândia, v. 30, supplement 2, p. 707-716, 2014.

SILVA, M. R. DA; SOUZA, A. L. F.; AMARAL, G. M.; PIFFER, T. R. O.; FIGUEIREDO, D. C. Utilização de imagens MODIS para geração de máscaras de culturas de verão para o ano-safra 2011/2012 na Região Centro-Oeste. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 16, 2013, Foz do Iguaçu, PR, **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013, p. 4907-4913.

SMITH, T. R.; MENON, S.; STAR, J. L.; ESTES, J. Requirements and principles for the implementation and construction of large-scale geographic information systems. **International Journal of Geographic Information Systems**, vol. 1, p. 13-31. 1987.

SUGAWARA, L.M.; RUDORFF, B.F.T.; ADAMI, M. Viabilidade de uso de imagens do Landsat em mapeamento de área cultivada com soja no Estado do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.1777-1783, 2008.

THOMPSON, S.K. **Sampling**, 2 ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2002. 343 p.

VAN WESTEN, C.; FARIFTEH, J. **ILWIS: user's guide**. Enschede, ITC. 510 p. 1997.

WARDLOW, B. D.; EGBERT, S. L. Large-area crop mapping using time-series MODIS 250 m NDVI data: an assessment for the U.S. Central Great Plains. **Remote Sensing of Environment**, v.112, p.1096-1116, 2008.

WILLIAMS, V. L.; PHILIPSON, W. R.; PHILPOT, W. D. Identifying vegetable crops with Landsat Thematic Mapper data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v.53, n.2, p. 187-191, 1987.

WOODCOCK, C. E.; ALLEN, R.; ANDERSON, M.; BELWARD, A.; BINDSCHADLER, R. COHEN, W. B.; GAO, F.; GOWARD, S. N.; HELDER, D.; HELMER, E.; NEMANI, R.; OREOPOULOS, L.; SCHOTT, J.; THENKABAIL, P.S.; VERMOTE, E. F.; VOGELMANN, J.; WULDER, M.A.; WYNNE, R. Free access to Landsat imagery. **Science**, 320, p. 1011, 2008.