



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO AMBIENTAL

**CLASSIFICAÇÃO ORIENTADA A OBJETO PARA O  
MONITORAMENTO DO USO DO SOLO EM ASSENTAMENTO  
DA REFORMA AGRÁRIA UTILIZANDO REFLECTÂNCIA  
ACUMULADA DE IMAGENS SENTINEL-2**

**Ramon Chaves de Araújo**

MONOGRAFIA

BRASÍLIA  
2017



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO AMBIENTAL

**Ramon Chaves de Araújo**

**CLASSIFICAÇÃO ORIENTADA A OBJETO PARA O  
MONITORAMENTO DO USO DO SOLO EM ASSENTAMENTO  
DA REFORMA AGRÁRIA UTILIZANDO REFLECTÂNCIA  
ACUMULADA DE IMAGENS SENTINEL-2**

**Monografia de especialização em  
Geoprocessamento Ambiental  
apresentada a banca examinadora  
do Instituto de Geociências como  
exigência para a obtenção do  
título de especialista em  
Geoprocessamento**

**Aprovada em \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_**

**BANCA EXAMINADORA:**

**Prof<sup>ª</sup>. Tati de Almeida (IG / UnB – orientadora)**

**Prof<sup>ª</sup>. Rejane Enner Ciccerelli (IG / UnB)**

**MSc. Elton Souza Oliveira (IG / UnB)**

## RESUMO

A utilização do sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento podem otimizar o tempo, reduzir custos e qualificar as atividades de monitoramento do uso e ocupação do solo realizadas pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária em Projetos de Assentamento. Este trabalho teve o intuito de aplicar e discutir algumas destas técnicas: a classificação orientada ao objeto de imagens do satélite Sentinel-2, utilizando a reflectância acumulada (obtida através da soma das bandas de imagens de diferentes datas) e a mineração de dados. O estudo foi feito para a área dos Projetos de Assentamento Colônia I e II, localizados no município de Padre Bernardo/GO. Para tal, foram utilizados apenas softwares livres e gratuitos: QGIS no pré-processamento das imagens Sentinel-2, edições vetoriais e confecção do layout final do mapa de classificação; InterImage na segmentação das imagens, definição e exportação dos atributos de cada segmento que basearam a classificação e; Weka na mineração de dados dos atributos escolhidos, identificando os limiares das diferentes classes a serem mapeadas. As classificações com técnica da reflectância acumulada tiveram melhores índices de acurácia (exatidão global e Kappa), mas a melhora se deu nas classes relativas a vegetação natural, não ocorrendo nas classes de Culturas Diversas e Silvicultura. Os programas utilizados executaram de forma satisfatória todos os procedimentos propostos para a consecução dos objetivos do trabalho demonstrando sua aplicabilidade no monitoramento dos Projetos de Assentamento.

## ABSTRACT

The use of remote sensing and geoprocessing techniques can optimize time, reduce costs and qualify the monitoring activities of land use and occupation by the National Institute of Colonization and Agrarian Reform (INCRA) in rural settlements. This work was intended to apply and discuss some of these techniques: the object-oriented classification of images of the Sentinel-2 satellite, using accumulated reflectance and data mining. The study was made for the area of Colonia I and Colônia II rural settlements, in Padre Bernardo / GO. In this study only free software were used: QGIS in the pre-processing of Sentinel-2 images, vector editions and preparation of the final layout of the classification map; InterImage in the segmentation of the images, definition and export of the attributes of each segment that based the classification and; Weka in the data mining of the chosen attributes, identifying the thresholds of the different classes to be mapped. The classifications with the accumulated reflectance technique improve the accuracy (global accuracy and Kappa) as a whole, but only occurred in the classes related natural vegetation unlike the classes Cultures and Forestry. The programs used performed satisfactorily all the procedures proposed to achieve the objectives of the work demonstrating their applicability in the monitoring of the Settlement Projects.

**Palavras chave:** Sentinel-2, classificação orientada ao objeto, segmentação, reflectância acumulada, mineração de dados, sensoriamento remoto, software livre, reforma agrária, QGIS, Interimage, Weka.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1. APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>5</b>
<b>1.2. OBJETIVOS .....</b>	<b>5</b>
<b>1.3. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA .....</b>	<b>6</b>
<b>2. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>7</b>
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>8</b>
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>9</b>
<b>4.1. PROGRAMAS UTILIZADOS.....</b>	<b>9</b>
<b>4.2. DEFINIÇÃO DAS CLASSES.....</b>	<b>10</b>
<b>4.3. ACESSO AS IMAGENS ORBITAIS.....</b>	<b>11</b>
<b>4.4. PRÉ-PROCESSAMENTO DAS IMAGENS.....</b>	<b>12</b>
<b>4.5. SEGMENTAÇÃO E EXTRAÇÃO DE ATRIBUTOS PARA AS CLASSES .....</b>	<b>13</b>
<b>4.6. MINERAÇÃO DE DADOS .....</b>	<b>15</b>
<b>4.7. CLASSIFICAÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>4.8. ANÁLISE DA QUALIDADE DA CLASSIFICAÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>18</b>
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>30</b>
<b>7. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>30</b>

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1. Apresentação**

O Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA, é uma autarquia federal, órgão público responsável pela política de criação e desenvolvimento de Projetos de Assentamento da Reforma Agrária.

Em síntese, um Projeto de Assentamento pode ser considerado um conjunto de unidades agrícolas independentes entre si, instaladas onde originalmente existia um imóvel rural que pertencia a um único proprietário. O acompanhamento da efetividade de políticas públicas direcionadas ao público assentado, como crédito agrícola e assistência técnica, é uma demanda permanente do INCRA, que exige grande aplicação de recursos materiais e humanos, uma vez que atualmente existem 9.354 assentamentos criados, os quais ocupam uma área maior que de 88 milhões de hectares em todos os estados Brasileiros (INCRA, 2017).

A aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento podem contribuir na missão institucional do INCRA, em especial no que diz respeito ao monitoramento do uso e ocupação do solo dos assentamentos. O uso de imagens de satélite para o acompanhamento e registro de mudança da paisagem produtiva e, a interpretação automática dessas imagens por meio de algoritmos de classificação são exemplos de aplicações que podem otimizar as ações desenvolvidas pelo órgão na identificação da realidade produtiva e ambiental em determinadas parcelas dentro de assentamentos e assim orientar as áreas prioritárias a serem visitadas “in loco”.

Visando contribuir neste sentido, dado a existência de diferentes ferramentas e métodos disponíveis para o monitoramento do uso e ocupação do solo, o presente projeto trabalha na utilização e avaliação de um conjunto de técnicas de sensoriamento remoto, focando na análise da paisagem de um Projeto de Assentamento da Reforma Agrária, utilizando exclusivamente dados e ferramentas livres e gratuitas que podem ser adotadas nos procedimentos da administração pública sem nenhum custo adicional.

### **1.2. Objetivos**

O **Objetivo Geral** deste trabalho é a avaliação da aplicabilidade da Classificação Orientada ao Objeto de imagens do Satélite Sentinel-2, a partir da reflectância acumulada de diferentes datas, combinada com a técnica de Mineração de Dados, como ferramentas para discriminação das classes existentes no Uso e Ocupação do Solo em Projetos de Assentamento da Reforma Agrária.

Os objetivos específicos, são:

. Analisar a viabilidade do uso das imagens do satélite Sentinel-2 para o acompanhamento de atividades desenvolvidas em assentamentos, considerando suas características relativas a Resolução Espacial, Temporal e Espectral;

. Analisar a viabilidade de utilização exclusiva de programas livres e gratuitos para realização de todos os procedimentos de processamento digital das imagens e o

emprego das técnicas de geoprocessamento necessárias para a classificação proposta no trabalho.

### 1.3. Localização da Área

A área escolhida para realização da classificação das imagens Sentinel-2 foi a dos Projetos de Assentamento Colônia I e Colônia II, que são vizinhos e estão localizados no município de Padre Bernardo no estado de Goiás, nas coordenadas 48°15'40" S, 15°36'54" W, ocupando uma área total de 1.173,04 hectares.

Estes assentamentos ficam aproximadamente a sessenta quilômetros de Brasília, quinze quilômetros de Brazlândia e setenta quilômetros da sede do município de Padre Bernardo, conforme ilustrado na Figura 01.

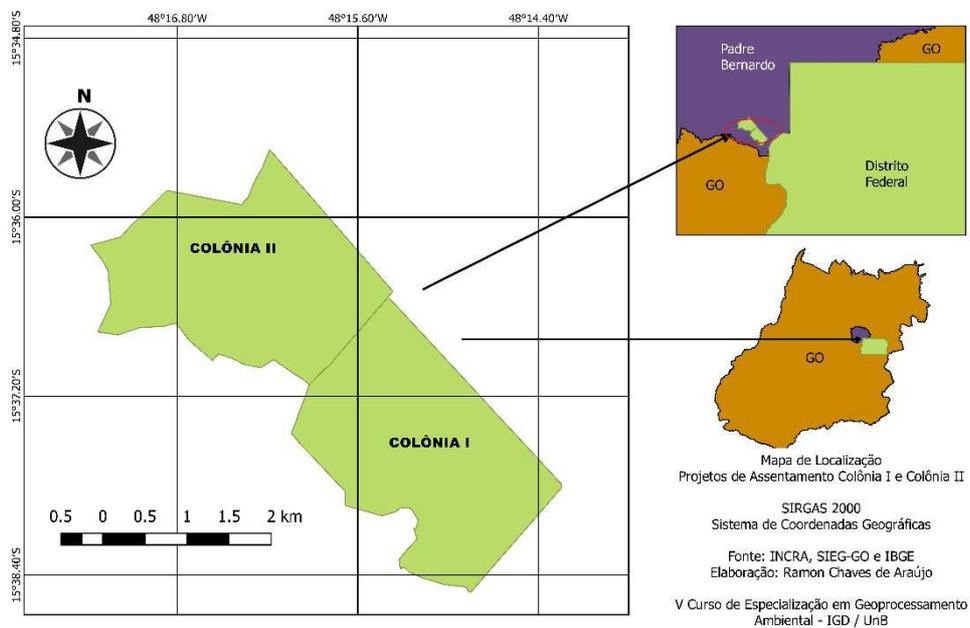


Figura 01: Mapa de localização dos Projetos de Assentamento Colônia I e II.

## 2. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área do estudo em questão está no bioma Cerrado, dentro da Área de Proteção Ambiental (APA) do Descoberto, instituída em 1983 pelo Decreto 88.940.

Os Projetos de Assentamento Colônia I e Colônia II foram criados em meados dos anos 90 pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA, tendo respectivamente 595,81 e 577,23 hectares, possuindo cada um, 23 famílias assentadas. As parcelas (lotes) de cada família estão delimitadas, e também existem áreas coletivas destinadas a reserva legal ambiental e a produção, ocupadas estas últimas atualmente com pastagem para animais. As atividades produtivas são diversificadas, com foco na horticultura e fruticultura, sendo boa parte destas cultivadas de forma orgânica fazendo estes assentamentos uma referência na comercialização de produtos agroecológicos no Distrito Federal.

Estes assentamentos foram escolhidos devido existência e disponibilidade de imagens de alta resolução para análise da acurácia dos procedimentos realizados, em especial as imagens de Ortofoto do Governo do Distrito Federal, que cobrem toda a área estudada, uma vez que a mesma é limítrofe ao DF.

A Figura 02, a seguir, apresenta a área de estudo conforme a classificação realizada no Projeto TerraClass Cerrado, na qual foi utilizada imagens LandSat-8 (sensor OLI), em uma escala cartográfica de 1:250.000 e área mínima mapeável de 6,25 hectares (Brasil, 2013), onde é captado basicamente a existência das classes de Vegetação Natural e Pastagem.

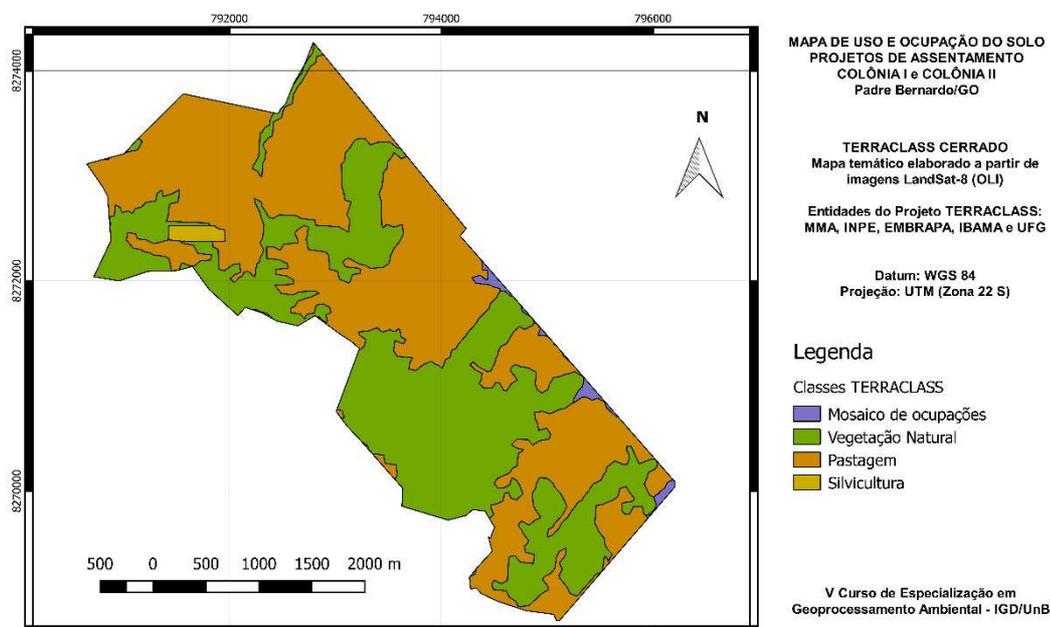


Figura 02: Uso e Ocupação do Solo dos Projetos de Assentamento Colônia I e II – TerraClass Cerrado.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Conforme afirmam Menezes e Sano (2012), o sensoriamento remoto tem como um dos seus principais objetivos a extração das informações contidas nas imagens e a sua codificação em documentos que possam ser lidos nas formas de tabelas, gráficos ou mapas, sendo necessário estabelecer métodos de análises com regras claras e lógicas, para que possam ser replicadas por qualquer analista na interpretação do significado do dado, daí surgindo as técnicas de classificação digital de imagens, que automatizam o processo de extração de informações das imagens eliminando a subjetividade da interpretação humana e reduzindo o esforço de trabalho do analista.

Neste escopo, a técnica de classificação por pixel utiliza a informação espectral de cada pixel isolado para encontrar regiões homogêneas, traçando assim uma probabilidade de um determinado pixel analisado pertencer ou não a uma determinada classe. Já a técnica de classificação baseada em objeto ou por regiões, leva em consideração a variabilidade espacial e a textura natural e, ao invés de considerar as características espectrais de um determinado pixel no processo de decisão, um agrupamento de pixels é selecionado e usado como unidade de classificação, simulando o comportamento de um fotointérprete ao reconhecer áreas homogêneas nos dados orbitais, baseados nas propriedades espectrais e espaciais dessas áreas na imagem (Sadeck 2010).

Objetivando aumentar a acurácia dos métodos de classificação e qualificar as discriminações de alvos da vegetação, Hermuche e outros (2011) utilizaram a técnica de reflectância acumulada de imagens multitemporais obtendo resultados positivos na identificação de fitofisionomias específicas do cerrado. Trabalho similar foi desenvolvido por Grande e outros (2016) utilizando reflectância acumulada e mineração de dados na classificação orientada ao objeto de área de cerrado antropizado, tendo por conclusão que estas técnicas têm potencial na diferenciação de alvos nativos e antrópicos na região estudada.

Ainda como uma possibilidade de melhorar as classificações de imagens, a técnica de Mineração de Dados, definida como a operação de algoritmos computacionais que extraem novas informações de uma base de dados, se mostra de valiosa utilidade devido a grande quantidade de atributos que podem ser extraídos na caracterização de segmentos na classificação orientada a objeto (Grande et al. 2015) e na identificação de padrões entre estes, o que faz com que a sua aplicação neste campo seja objeto de vários estudos na atualidade.

Em sintonia com os métodos de classificação mais adequados a determinado objetivo, o acesso a imagens com boas especificações de resolução espacial, espectral e temporal, que estejam de acordo com a escala em que se pretende trabalhar, é peça fundamental deste conjunto. Neste sentido, o satélite Sentinel-2 apresenta-se como uma novidade interessante, tendo começado a disponibilizar imagens recentemente para todo o globo, com acesso livre e sem custos (ESA,2016). Embora a administração pública tenha adquirido recentemente, com custos financeiros para a União, imagens de alta e altíssima resolução espacial, como as dos satélites Rapid Eye (5 metros), SPOT (1,5

metros) e PLEIADES (0,5 metros), estas estão disponíveis apenas para determinadas datas específicas de acordo com o contrato de compra realizado pelo Governo brasileiro. Já as imagens Sentinel-2, a cada 10 dias estão disponíveis, podendo servir para um acompanhamento mais sistemático de determinada área, considerando as suas possibilidades de resolução espacial.

## **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1. Programas Utilizados**

. **QGIS versão 14.0:** Sistema de Informação Geográfica (SIG) em constante desenvolvimento por um conjunto de pessoas em todo o mundo, sendo um software livre (código aberto) licenciado sob a “GNU General Public License” e um projeto oficial da Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). Suporta vários formatos vetoriais, raster, de banco de dados e outras funcionalidades, executando algoritmos de outros conceituados SIG livres como o SAGA e o GRASS GIS, o qual teve algumas de suas ferramentas utilizadas neste trabalho sendo operadas por dentro do QGIS (QGIS, 2016).

. **InterImage versão 1.43:** Software de código aberto baseado no aplicativo GeoAIDA, desenvolvido pelo Instituto de Tecnologia de Informação da Universidade de Hannover (Alemanha), sendo parte de um projeto de cooperação científica internacional envolvendo o Laboratório de Visão Computacional do Departamento de Engenharia Elétrica da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. É um programa com ferramentas interessantes para segmentação, identificação e exportação de atributos existentes em regiões das imagens e para a classificação orientada ao objeto em geral. (LVC-PUC-RJ, 2012)

. **Weka versão 3.7.4:** programa desenvolvido pela Universidade de Waikato (Nova Zelândia), gratuito e de código aberto, utilizado para mineração de dados. No caso deste trabalho, foi usado para estabelecer os padrões de diferenciação das classes de nosso interesse, de acordo com os atributos previamente identificados e extraídos no InterImage.

A Tabela 01 apresenta os procedimentos que foram realizados com cada programa, os quais serão detalhados nos itens 4.4 a 4.8.

**Tabela 01 – Síntese dos Programas Utilizados**

<b>Programa</b>	<b>Tipo de Processamento Realizado</b>
QGIS	Pré-Processamento das Imagens
InterImage	Segmentação e extração de atributos
Weka	Mineração dos dados dos atributos
QGIS + GRASS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Correção topológica do arquivo vetorial de segmentos (GRASS);</li> <li>- Classificação (seleção dos segmentos de acordo com o padrão apontado no Weka);</li> <li>- Dissolução dos polígonos de mesma classe;</li> <li>- Criação de pontos aleatórios para verificação da qualidade da classificação;</li> <li>- Confecção do mapa de classificação final.</li> </ul>

#### **4.2. Definição das Classes**

Para discriminar uso e ocupação do solo nos Projetos de Assentamento objeto deste trabalho por meio da classificação de imagens do satélite Sentinel-2, foram definidas as classes: Culturas Diversas, Silvicultura, Pastagens, Cerrado Campestre / Arbóreo, Cerrado Formação Florestal.

Estas classes foram baseadas no modelo de classes de cobertura de uso da terra do IBGE, em seu nível II, descritas no Manual Técnico de Uso da Terra (Brasil, 2013), com uma adequação: as classes de culturas temporárias e anuais foram unidas em uma só: Culturas Diversas. Esta classe, em conjunto com as classes Silvicultura e Pastagens representam as principais ocupações produtivas nos Projetos de Assentamento em estudo, e embora estejam generalizadas, o uso das mesmas seria satisfatório para os objetivos do presente estudo e seus possíveis desdobramentos futuros no INCRA, pois já indicam a existência ou não de atividades agrícolas em desenvolvimento na área. Já as classes Cerrado Campestre / Arbóreo e Cerrado Formação Florestal refletem, também de forma generalizada, as paisagens naturais presentes neste ambiente.

### 4.3. Acesso as Imagens Orbitais

As imagens utilizadas foram do Satélite Sentinel-2, lançado pela Agência Espacial Europeia (ESA - European Space Agency) em junho de 2015. Este satélite compõe a chamada Missão Sentinel 2, que objetiva o monitoramento terrestre por imagens óticas de alta resolução, a ser realizada pelos Satélites Sentinel-2A e Sentinel-2B, sendo que este ainda não está em órbita. O Sentinel-2 tem resolução radiométrica de 12 bits, possuindo o sensor MSI (Multi Spectral Instrument) que trabalha em 13 bandas com diferentes resoluções espectrais e espaciais:

**Tabela 02: Características das bandas MSI-Sentinel 2. Fonte: ESA, 2016**

Banda	Nome da Banda	Comprimento de Onda Central (nm)	Resolução Espacial
B01	Aerosol	443	60
B02	Blue	490	10
B03	Green	560	10
B04	Red	665	10
B05	Red Edge 1	705	20
B06	Red Edge 2	740	20
B07	Red Edge 3	783	20
B08	NIR	865	20
B08A	Red Edge 4	1610	20
B09	Water Vapor	940	60
B10	Cirrus	1375	60
B11	SWIR 1	1610	20
B12	SWIR 2	2190	20

A imagens são fornecidas gratuitamente pela ESA já processadas no chamado Level 1C: ortorretificadas e com os dados em reflectância no topo da atmosfera (TOA). Para a obtenção das imagens com dados em reflectância de superfície (BOA), Level 2A, a ESA disponibiliza livremente em seu site o aplicativo SNAP (Sentinel Application Platform) que faz esta conversão, dentre outros processamentos das imagens Sentinel, como composição colorida, cálculo de índices, matemática de bandas, e etc.

Outra característica que dá destaque a este satélite é a sua resolução temporal, disponibilizando imagens de uma mesma área a cada 10 dias e, quando estiver em pleno funcionamento da missão (com o satélite Sentinel-2B em órbita, previsto para 2017), este período será de apenas 05 dias (ESA, 2016).

Para o presente trabalho, foram utilizadas as bandas B02 (azul), B03 (verde), B04 (vermelho) e B08 (infravermelho próximo). Esta escolha se deu por serem estas as bandas de melhor resolução espacial: 10 metros.

As imagens classificadas foram da grade 22-L-GH, que se referem região de localização dos Projetos de Assentamento Colônia I e II (Fuso 22 e área de cobertura “L – GH”), das datas de 13 de maio de 2016, 01 de agosto de 2016, 11 de agosto de 2016, 10 de setembro de 2016 e 20 de setembro de 2016. Estas datas foram selecionadas devido a inexistência de nuvens na região de interesse.

#### **4.4. Pré-processamento das Imagens**

Obtidas as imagens Sentinel-2, as etapas de Pré-processamento ocorreram no programa QGIS. Através da Calculadora Raster e do complemento Semi Automatic Classification Plugin (SCP), que possui um grande conjunto de funcionalidades para processamento de imagens, foram realizados:

- . Alteração da extensão original dos dados Sentinel-2 (JPEG2000) para o formato TIFF, que é melhor aceito em vários programas, em especial no InterImage.

- . Padronização dos valores de reflectância (0 a 1) para todas as bandas de todas as datas.

- . Exclusão dos pixels sem dados (No Data Value), uma vez que algumas imagens Sentinel-2 vem com a “borda preta”, sem imagens. Outras imagens não possuem a borda preta e não necessitam desta exclusão.

- . Subtração do Pixel Escuro (método DOS-1), que é uma forma simplificada de correção atmosférica, pelo uso do limite inferior dos valores digitais cada banda. Neste procedimento é assumido que cada banda da imagem deveria conter alguns pixels com valores próximos ou iguais a zero, cujas origens mais comuns seriam as áreas de sombras de relevo. Mas, devido aos efeitos do espalhamento atmosférico é adicionado um valor de brilho a todos os pontos da imagem, e as áreas sombreadas deixam de exibir pixels com valores zero ou bem próximos de zero (Menezes e Almeida, 2012). Um estudo Lantzanakis e outros (2016) comparou 04 métodos de correção atmosférica, para imagens Sentinel-2, entre eles o DOS-1 e o FLAASH, visando transformar valores de reflectância do topo da atmosfera em reflectância de superfície, chegando a avaliação de que para vários alvos analisados, o resultado obtido pelos diferentes métodos, entre eles o DOS-1, é similar.

- . Recorte da área de interesse (Projetos de Assentamento Colônia I e II).

- . Montagem um Mosaico (B2, B3, B4 e B8) para cada data: os 04 arquivos das diferentes bandas foram empilhados em um só, permitindo a visualização da imagem em composição colorida, bem como sua operação no InterImage para posterior segmentação e extração de atributos.

- . Operação de soma das bandas das diferentes datas: através da calculadora raster foi feita a soma “banda por banda” para obter a reflectância acumulada. Foi gerado um arquivo com a soma de cada banda das datas 13 de maio de 2016 e 20 de setembro de 2016 (chamado neste trabalho de “Imagem B - 02 datas”), e outro arquivo com a soma de cada banda das datas de 13 de maio de 2016, 01 de agosto de 2016, 11 de agosto de 2016, 10 de setembro de 2016 e 20 de setembro de 2016 (“Imagem C - 05 datas”). Para análise comparativa do uso da reflectância acumulada para classificação de imagens, além destes dois arquivos citados, nos passos posteriores foram realizados todos os procedimentos para classificação de um arquivo com apenas uma data, 13 de maio de 2016 (“Imagem A - 01 data”), conforme detalhado na Tabela 03:

Tabela 03: Especificação dos Arquivos Utilizados na Classificação

Nome do Arquivo	Datas das Imagens Sentinel-2 Utilizadas para obter a Reflectância Acumulada	Bandas Utilizadas
Imagem A – 01 data	13 de maio de 2016	B2, B3, B4 e B8
Imagem B – 02 datas	13 de maio e 20 de setembro de 2016	B2, B3, B4 e B8
Imagem C – 05 datas	13 de maio, 01 de agosto, 11 de agosto, 10 de setembro e 20 de setembro de 2016	B2, B3, B4 e B8

#### 4.5. Segmentação e Extração de Atributos para as Classes

Nesta etapa, para realizar a segmentação por regiões e extrair os atributos que permitissem um padrão para a diferenciação das classes, foi utilizado o InterImage.

Inicialmente, construiu-se a rede semântica com as cinco classes desejadas: Culturas Diversas, Silvicultura, Pastagens, Cerrado Campestre / Arbóreo, Cerrado Formação Florestal.

Em seguida foi utilizada a ferramenta Samples Editor, que permite realizar a segmentação através da escolha de um dos vários algoritmos disponíveis, bem como coletar amostras e seus atributos, gerando um arquivo formato shapefile ao final do processo. Foram utilizados os seguintes parâmetros para a segmentação:

Tabela 04: Parâmetros Utilizados na Segmentação - InterImage

Operador	TA Baatz Segmenter
Bandas	0,1,2,3 (referentes as bandas 02, 03, 04, 08 do Sentinel-2)
Peso das Bandas	1,1,1,1
Peso para Compacidade	1
Peso para Cor	1
Escala	1
Otimização	Não
Confiança	0.2
Distância Euclidiana	20

Foram escolhidas amostras para cada uma das classes, visando a extração de seus atributos. Estes, foram assim definidos para cada banda: pixel mínimo, pixel máximo, média (valor médio dos pixels de cada banda) e moda (valor mais frequente de pixel em cada banda). As Figuras 03 e 04 apresentam uma das segmentações realizadas no InterImage e a árvore semântica construída neste Programa para extrair os atributos de cada segmento:



Figura 03: Procedimento de segmentação - InterImage

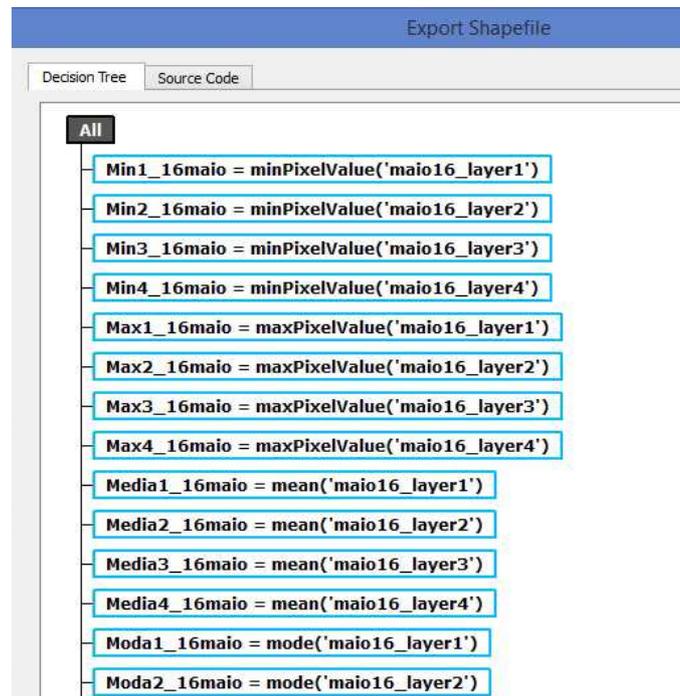


Figura 04: Rede semântica para exportação dos atributos da segmentação – InterImage

O resultado do processo é um arquivo vetorial que contém a toda a segmentação da imagem em forma polígonos, onde cada polígono é uma feição e cada feição possui os atributos definidos anteriormente.

#### **4.6. Mineração de dados**

A partir dos dados tabulares (extensão “dbf”) dos arquivos Shapefile exportados pelo Interimage, foi gerado arquivo em formato “csv” para leitura e processamento no Weka visando a mineração dos dados. Para tal, utilizou-se o algoritmo J48 (Antunes et al. 2015) que analisa os atributos existentes, estabelecendo um limiar entre eles para identificação de cada classe definida.

O Weka também apresenta um índice Kappa e uma matriz de confusão que permitem verificar as possíveis confusões existentes entre as classes de acordo com os seguimentos escolhidos como amostra, os quais foram satisfatórios para a mineração de dados realizada para os atributos dos três arquivos trabalhados. Os índices Kappa resultantes dos processamentos de mineração foram 80% para o Arquivo A – 01 data, 87,6% para o Arquivo B - 02 datas e 85% para o Arquivo C – 05 datas.

Ao final deste processo, foi obtida a chamada árvore de decisão, que apontou os principais atributos que pudessem diferenciar as classes amostradas.

#### **4.7. Classificação**

Foi inserido no QGIS o arquivo vetorial da segmentação e atributos, exportado inicialmente pelo InterImage, e através da ferramenta “seleção por expressão” foram selecionadas as feições (polígonos) de acordo com os limiares apresentados na árvore de decisão fornecida pelo Weka. Identificadas as feições, foi incluído o atributo “classe” com a informação nominal da classe a qual pertenciam. Ao final deste procedimento, todos os polígonos estavam devidamente identificados e classificados em cada uma das 05 classes pré-definidas. A Figura 05 apresenta a construção das expressões para selecionar os segmentos (a esquerda), de acordo com a árvore de decisão do Weka, e apresenta as seleções já realizadas (a direita):

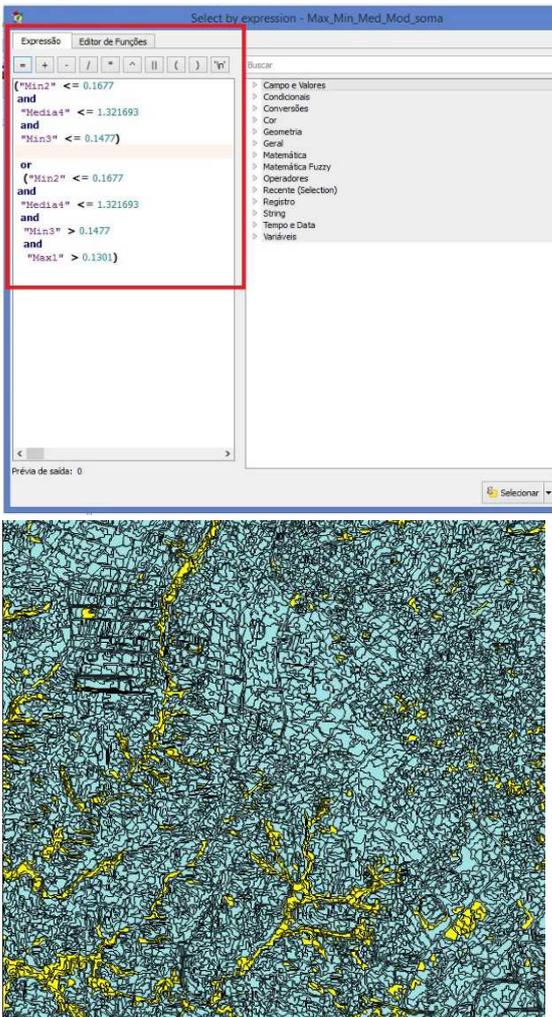


Figura 05: seleção por expressão da classe Cerrado Formação Florestal para o Arquivo C – 05 datas (QGIS)

O arquivo vetorial oriundo do IntelImage apresentou problemas de topologia, que impediram a realização de tarefas básicas de geoprocessamento de vetor no QGIS, como a dissolução de todos os polígonos de mesma classe em uma só feição ou a possibilidade de criação de pontos aleatórios categorizados por classe (para validação da classificação). Foi então realizada a correção topológica do vetor, com a ferramenta “v.clean” função “break” do GRASS, sendo operada completamente dentro do próprio QGIS.

Por fim, utilizou-se a ferramenta “Dissolver”, para colocar os polígonos de mesma classe em uma única feição, através do atributo comum “classe”, que foi preenchido no momento de seleção.

#### 4.8. Análise da Qualidade da Classificação

Para validação da classificação, foi aplicado o modelo de exatidão global e o índice Kappa, calculados através de uma matriz de confusão composta pelas classes em questão.

Foram gerados 150 pontos aleatórios, sendo definidos 30 pontos por classe dentro da classificação feita para o Arquivo A – 01 data. Estes mesmos 150 pontos foram utilizados na confecção da matriz de confusão de todos os outros arquivos com reflectância acumulada (Arquivo B – 02 datas e Arquivo C – 05 datas). Os 150 pontos gerados foram salvos em uma camada vetorial, onde cada feição (ponto) recebeu um atributo com o nome da classe do local onde se encontrava, em cada um dos três arquivos trabalhados (pela ferramenta “unir atributos por localização”).

Como referência da chamada “verdade de campo”, foram usadas as imagens fornecidas pelo Google Earth Pro (Digital Globe / CNES Astrium), do satélite Pleiades (resolução espacial de 1,5 metros) que datam de maio de 2016 e também a Ortofoto do Distrito Federal (2015), fornecida no Geoportal da Secretaria de Estado de Gestão do Território e Habitação do DF – SEGETH (a área mapeada pela Ortofoto também abrange todo o perímetro dos PA Colônia I e II, pois eles são limítrofes ao DF), sendo imagens de altíssima resolução, não deixando dúvidas quanto a definição das classes, como pode ser observado nas Figuras 06 e 07 a seguir:

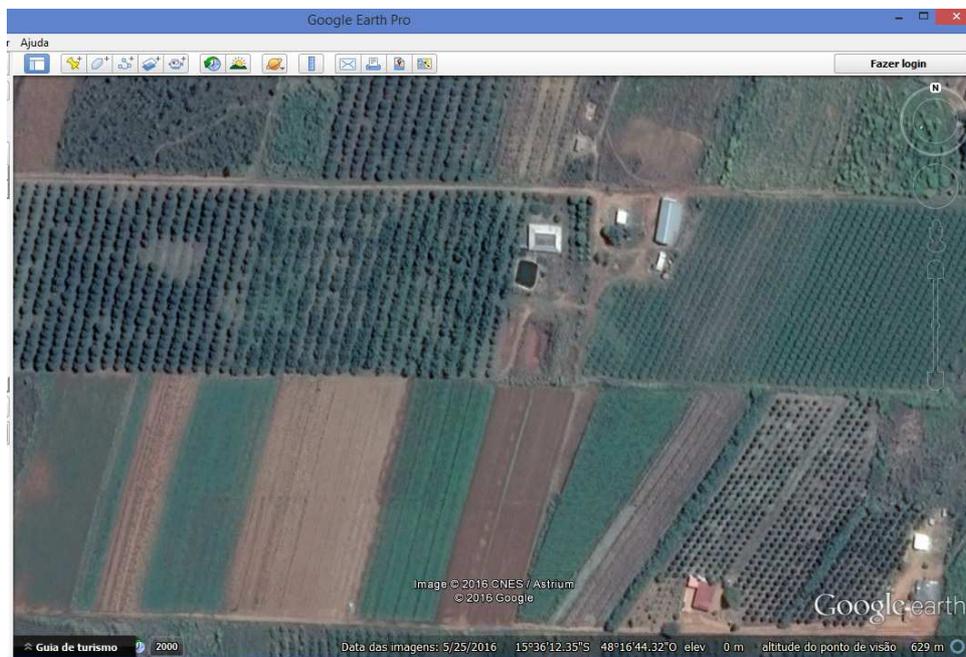


Figura 06: Verdade de campo: detalhe PA Colônia I – Google Earth

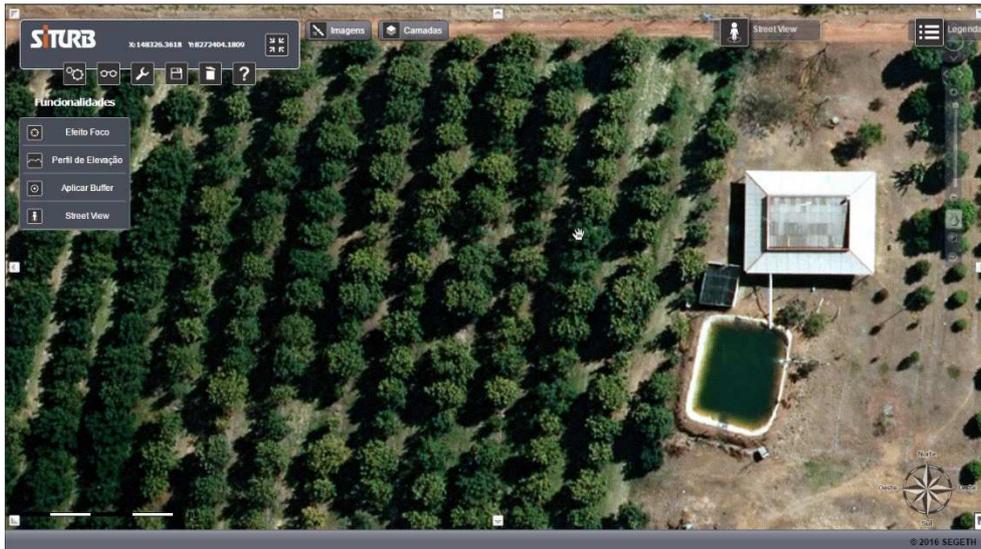


Figura 07: Verdade de campo: detalhe PA Colônia I – Ortofoto / DF

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação ao satélite Sentinel-2, suas imagens demonstraram ser uma ferramenta satisfatória para acompanhamento do uso e ocupação do solo mesmo em pequenos Projetos de Assentamento da Reforma Agrária, como os do presente estudo, sendo uma alternativa para trabalhos que não exijam altíssima resolução espacial, não só por serem imagens fornecidas gratuitamente, mas por sua disponibilidade a cada 10 dias para qualquer região do país, o que permite um acompanhamento mais sistemático das mudanças na paisagem dentro das possibilidades de sua resolução espacial. Como citado anteriormente, a resolução espectral fornecida pelo Sentinel-2 cobre faixas de comprimento de onda são interessantes para um acompanhamento visual da paisagem e também para estudo da vegetação.

Como observa-se nas Figuras 08 e 09, as imagens da composição de cores das bandas do visível e infravermelho próximo (Bandas 02, 03, 04 e 08) já permitem identificar visualmente a existência de atividades dentro dos próprios lotes nos Projetos de Assentamento estudados, como as áreas de culturas temporárias ou permanentes, áreas de reflorestamento, pastagens, as distinguindo das áreas de vegetação natural.



Figura 08: Detalhe PA Colônia II: imagem Sentinel-2 composição 432(RGB) -13 de maio de 2016.

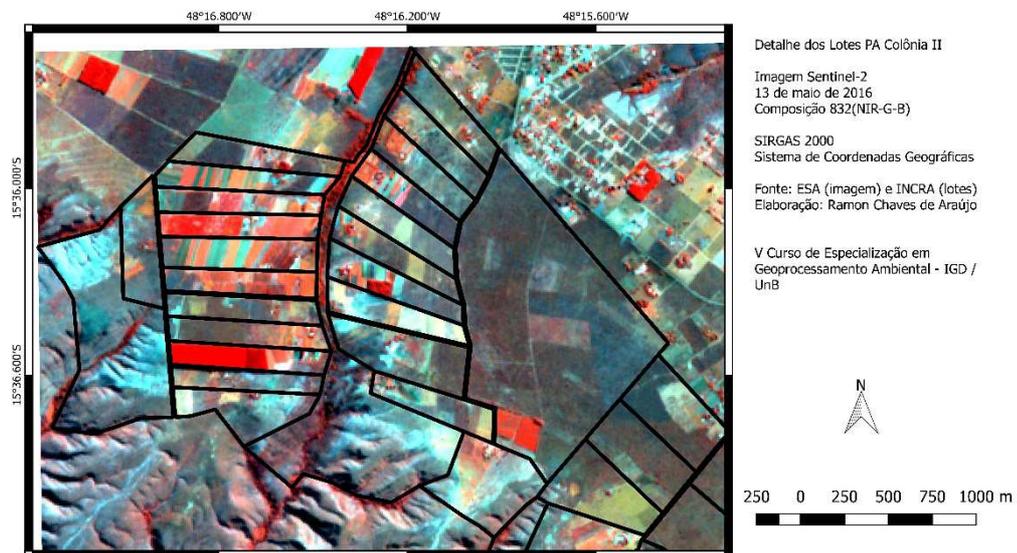


Figura 09: Detalhe PA Colônia II: imagem Sentinel-2 composição 832(NIR-G-B) -13 de maio de 2016.

Quanto a mineração de dados utilizando o Weka, o algoritmo J48 demonstra grande capacidade de rapidamente interpretar nos atributos, alguns padrões que dificilmente

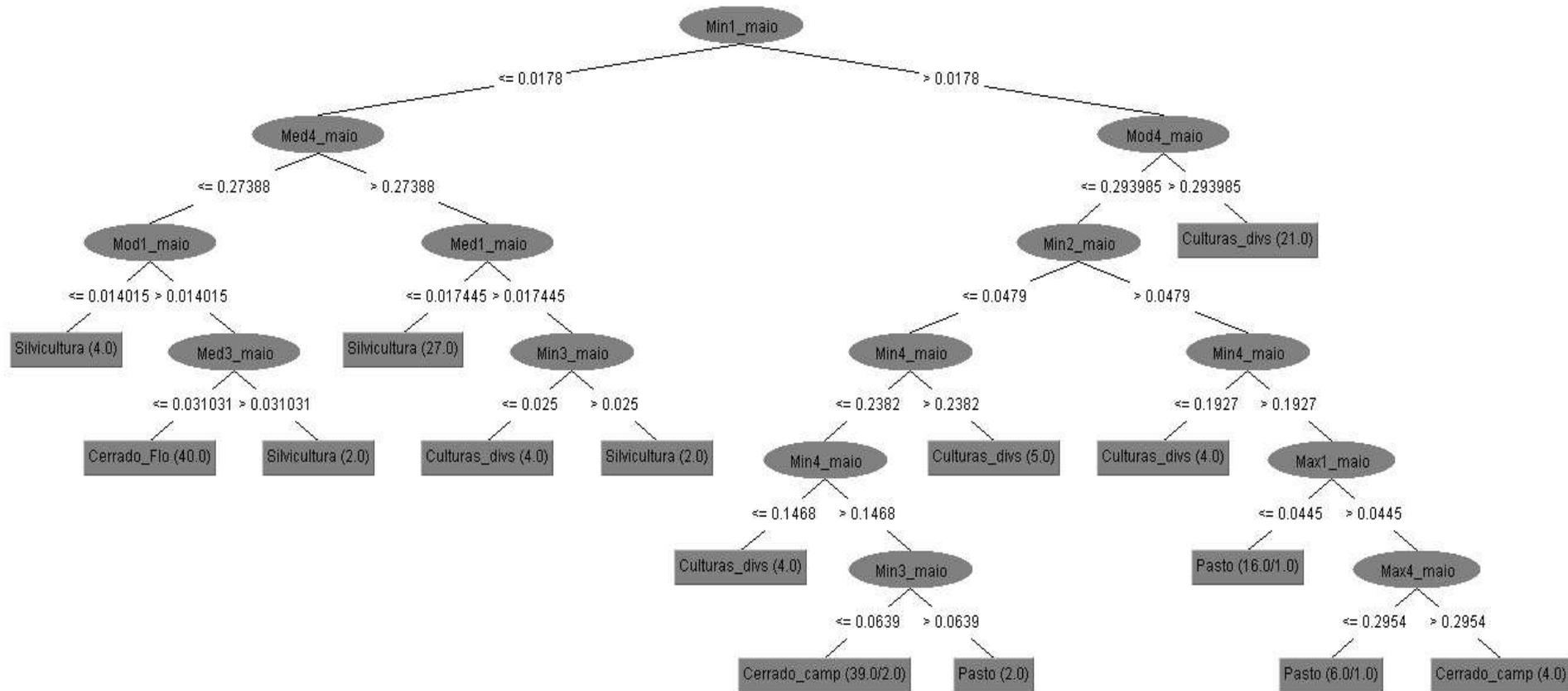
seriam identificados pela pessoa que executa a classificação, contribuindo para estabelecer os limiares das classes. Alia-se a isso, a análise das amostras e atributos inseridos inicialmente no programa, que são apresentados por exemplo na matriz de confusão gerada, permitindo identificar a qualidade do material amostrado e a necessidade de refazer ou não este procedimento.

Neste trabalho, pode-se observar ainda que a medida em que se procede o aumento da reflectância acumulada, a árvore de decisão torna-se mais simples (menor ramificação), demonstrando que a discriminação das classes fica mais evidente, conforme detalhado nas Figuras 10, 11 e 12. Este aspecto também facilita a operacionalização da classificação, tornando mais ágil a etapa de construção da rede semântica de seleção das classes, seja através de feições em um SIG, como feito neste trabalho, ou em um processamento posterior no InterImage, já que outros trabalhos de classificação realizados neste software se depararam com problemas no momento de processar árvores de decisão mais complexas (Grande et al. 2015).

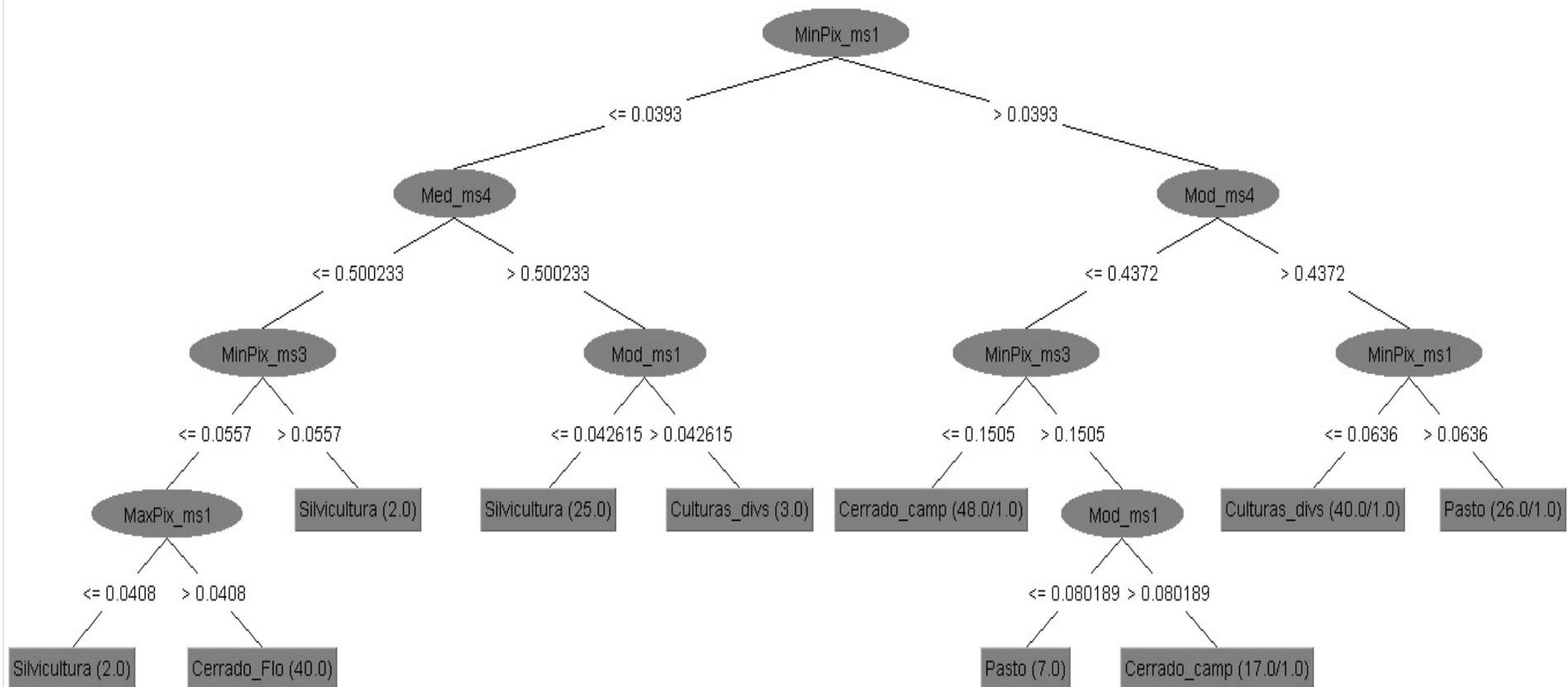
Isso evidencia-se no número de atributos considerados na árvore de decisão em geral: no Arquivo A – 01 data, existem 11 atributos definidos, nos Arquivo B – 02 datas, e Arquivo C – 05 datas, são apenas 07 atributos a serem trabalhados. A mesma lógica segue na definição dos limiares das diferentes classes. A classe “Culturas Diversas”, por exemplo, na árvore decisão do Arquivo A – 01 data, aparece em 04 ramos diferentes, enquanto na árvore de decisão do Arquivo B – 02 datas, aparece em dois ramos, e no Arquivo C – 05 datas, aparece em apenas 01 ramo, o que torna mais simples a compreensão de seu limiar com as demais classes e facilitando a execução do procedimento de classificação. Para todas as demais classes isso também ocorreu.

De forma geral, independente da utilização ou não do procedimento de acúmulo de reflectância, a mineração de dados apresentou-se como uma poderosa ferramenta para análise dos atributos, e também para avaliação das amostras escolhidas na segmentação (pela matriz de confusão gerada no Weka pelo algoritmo J48). As árvores de decisão resultantes, encontram-se nas figuras a seguir:

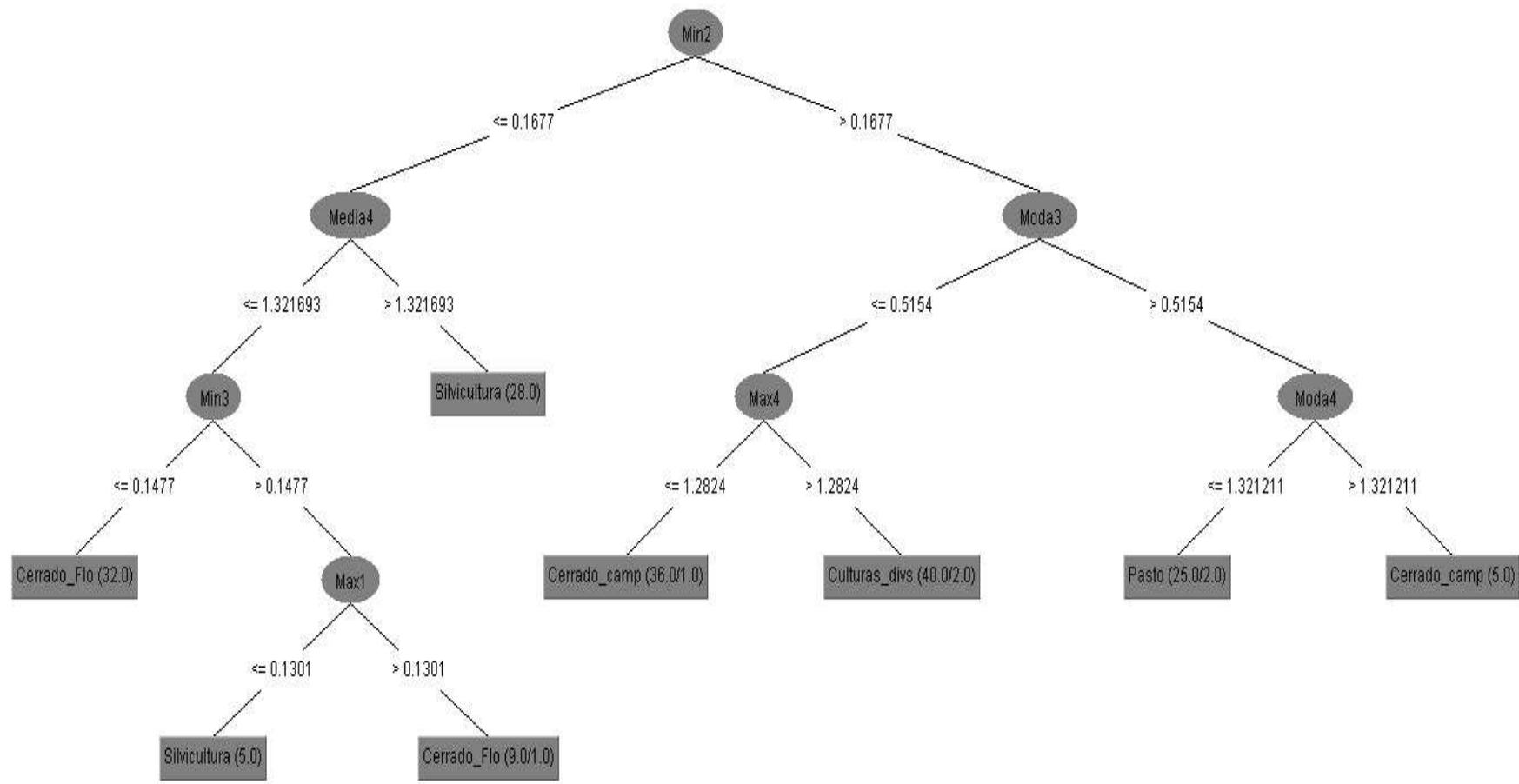




**Figura 10: Árvore de decisão dos atributos (Weka) Arquivo A – 01 data.** Min1\_maio = Pixel mínimo do segmento para a Banda01, Min2\_maio = Pixel mínimo do segmento para a Banda02, Min3\_maio = Pixel mínimo do segmento para a Banda03, Min4\_maio = Pixel mínimo do segmento para a Banda04, Max1\_maio = Pixel máximo do segmento para a Banda01, Med1\_maio = valor médio dos pixels para a Banda01, Mod1\_maio = Valor da moda do segmento, e assim por diante. O número das bandas 1, 2, 3 e 4 está relacionado a ordem em que foram inseridas no InterImage (programa que realizou a exportação destes dados), sendo para este trabalho em específico: 1 = B02 Sentinel (Blue), 2 = B03 Sentinel (Green), 3 = B04 Sentinel (Red) e 4 = B08 Sentinel (NIR).



**Figura 11: Árvore de decisão dos atributos (Weka) Arquivo B – 02 datas.** MinPix\_ms1 = Pixel mínimo do segmento para a Banda01, MinPix\_ms2 = Pixel mínimo do segmento para a Banda02, MinPix\_ms3 = Pixel mínimo do segmento para a Banda03, MinPix\_ms4 = Pixel mínimo do segmento para a Banda04, MaxPix\_ms1 = Pixel máximo do segmento para a Banda01, Med\_ms4 = valor médio dos pixels para a Banda04, Mod1\_maio = Valor da moda do segmento, e assim por diante. O número das bandas 1, 2, 3 e 4 está relacionado a ordem em que foram inseridas no InterImage (programa que realizou a exportação destes dados), sendo para este trabalho em específico: 1 = B02 Sentinel (Blue), 2 = B03 Sentinel (Green), 3 = B04 Sentinel (Red) e 4 = B08 Sentinel (NIR).



**Figura 12: Árvore de decisão dos atributos (Weka) Arquivo C – 05 datas.** Min2 = Pixel mínimo do segmento para a Banda02, Min3 = Pixel mínimo do segmento para a Banda03, Max1 = Pixel máximo do segmento para a Banda01, Media1 = valor médio dos pixels para a Banda01, Moda1 = Valor da moda do segmento, e assim por diante. O número das bandas 1, 2, 3 e 4 está relacionado a ordem em que foram inseridas no InterImage (programa que realizou a exportação destes dados), sendo para este trabalho em específico: 1 = B02 Sentinel (Blue), 2 = B03 Sentinel (Green), 3 = B04 Sentinel (Red) e 4 = B08 Sentinel (NIR).

No que tange a acurácia das classificações para os diferentes arquivos, após analisadas as amostras de pontos geradas aleatoriamente, foi obtido:

Tabela 05: Acurácia das Classificações

Arquivo Classificado	Kappa	Exatidão Global
Arquivo A – 01 data	55%	64%
Arquivo B – 02 datas	66%	74%
Arquivo C – 05 datas	72%	79%

Obs: Arquivo A – 01 data se refere a data de 13 de maio de 2016, Arquivo B – 02 datas se refere a reflectância acumulada das datas 13 de maio de 2016 e 20 de setembro de 2016, Arquivo C – 05 datas se refere a reflectância acumulada das datas de 13 de maio de 2016, 01 de agosto de 2016, 11 de agosto de 2016, 10 de setembro de 2016 e 20 de setembro de 2016.

Tabela 06: Matriz de Confusão – Classificação Arquivo A

Matriz de Confusão – Arquivo A - 01 data									
Classificação	Referência							Total	% acerto
	Culturas	Silvicultura	Pastagens	Cerrado Cam Arb	Cerrado Florestal				
Culturas	17	2	1	10	1	31	62,96		
Silvicultura	5	8		10	9	32	80,00		
Pastagens	3	-	19	8	-	30	82,81		
Cerrado Camp Arb	2	-	3	24	-	29	46,15		
Cerrado Florestal		-	-	-	28	28	73,68		
Total	27	10	23	52	38	150			
Índice Kappa								55%	
Exatidão Global								64%	

Tabela 07: Matriz de Confusão – Classificação Arquivo B

Matriz de Confusão – Arquivo B - 02 datas									
Classificação	Referência							Total	% acerto
	Culturas	Silvicultura	Pastagens	Cerrado Cam Arb	Cerrado Florestal				
Culturas	16	1	1	5	-	23	59,26		
Silvicultura	1	8	-	2	3	14	80,00		
Pastagens	4	-	17	5	-	26	73,21		
Cerrado Camp Arb	5	1	5	38	3	52	73,08		
Cerrado Florestal	1	-	-	2	32	35	84,21		
Total	27	10	23	52	38	150			
Índice Kappa								66%	
Exatidão Global								74%	

Tabela 08: Matriz de Confusão – Classificação Arquivo C

<b>Matriz de Confusão – Arquivo C - 05 datas</b>								
		<b>Referência</b>						
<b>Classificação</b>		<b>Culturas</b>	<b>Silvicultura</b>	<b>Pastagens</b>	<b>Cerrado Cam Arb</b>	<b>Cerrado Florestal</b>	<b>Total</b>	<b>% acerto</b>
	<b>Culturas</b>	15	2	-	1	1	19	55,56
	<b>Silvicultura</b>	-	7	-	-	3	10	70,00
	<b>Pastagens</b>	7	-	23	11	-	41	100
	<b>Cerrado Camp Arb</b>	5	-	-	40	1	46	76,92
	<b>Cerrado Florestal</b>	-	1	-	-	33	34	86,84
<b>Total</b>		27	10	23	52	38	150	
<b>Índice Kappa</b>								<b>72%</b>
<b>Exatidão Global</b>								<b>79%</b>

A classificação realizada sobre a reflectância acumulada apresenta um índice crescente de acurácia a medida que são adicionadas novas datas. Inicialmente isso leva a conclusão de que a aplicação desta técnica tende a melhorar o procedimento de classificação como um todo, por aumentar os limites de discriminação entre as classes, como observado anteriormente no comparativo das diferentes árvores de decisão apresentadas no Weka.

Analisando o processo em cada classe, identifica-se que a melhora expressiva na classificação se deu de forma mais representativa nas classes de vegetação nativa: Cerrado Campo Arbóreo e Cerrado Florestal. A classe Cerrado Campo Arbóreo na apresentou um percentual de acerto crescente, a medida que foram incluídas mais datas no procedimento de reflectância acumulada: 46,15% na classificação de uma data, 73,08% na classificação de duas datas e 76,92% na classificação de 05 datas. O mesmo ocorreu para a classe Cerrado Formação Florestal: 73,68% de acerto na classificação de uma data, 84,21% de acerto na classificação de duas datas e 86,84% na classificação de 05 datas. Isso corrobora os resultados encontrados nos trabalhos que avaliaram a reflectância acumulada na discriminação de alvos do cerrado, como Hermuche e outros (2011) e Grande e outros (2016). Já a classe Pastagens, apresentou acerto de 82,81% de acerto na classificação de uma data (Arquivo A), caindo para 73,91% classificação da reflectância acumulada em duas datas (Arquivo B), e chegando a 100% na classificação da reflectância acumulada de 05 datas

Entretanto, para as classes Culturas Diversas e Silvicultura, não houve este comportamento de aumento na acurácia a medida em que se aumenta a reflectância acumulada. A classe Culturas Diversas apresentou uma diminuição na acurácia: 62,96% de acerto na classificação de uma data (arquivo A), 59,26% de acerto na classificação da reflectância acumulada de duas datas (arquivo B) e 55,56% na classificação da reflectância acumulada de 05 datas (arquivo C). Isso ocorreu porque estavam presentes nesta classe tanto culturas perenes quanto culturas temporárias, sendo que a paisagem no local destas últimas sofre grandes variações em curto período de tempo, com as

imagens captando inclusive o solo completamente exposto onde em meses anteriores estavam plenamente estabelecidas certas culturas. Neste sentido, a avaliação inicial de que não seria necessário realizar a distinção em “Culturas Temporárias” e “Culturas Perenes”, se mostrou equivocada. Uma alternativa a ser testada para minimizar esse problema ao se utilizar a técnica de reflectância acumulada, é, no momento de selecionar as amostras para a Classe “Culturas Temporárias”, escolher intencionalmente áreas onde se faz presente o solo ainda em preparo, conjuntamente com amostras de destas culturas em fase inicial e plenamente estabelecidas, para assim representá-la melhor. A Figura 13, a seguir, mostra a classificação realizada no Arquivo C – 05 datas e uma imagem de 13 de maio de 2016 na composição NIR-G-B (Bandas 08-03-02), onde é ressaltada a vegetação em vermelho), destacando locais de culturas temporárias classificados erroneamente como pastagens ou cerrado campo / arbóreo.

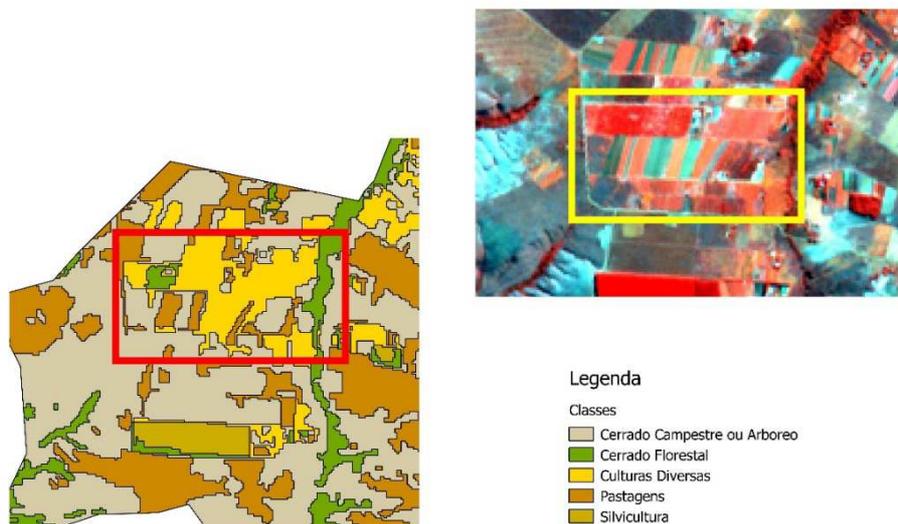


Figura 13: Classificação Arquivo C – 05 datas e imagem Sentinel-2 – detalhe em área com culturas

A classe Silvicultura apresentou acerto de 80% de acerto tanto na classificação de uma data (Arquivo A), quanto na classificação da reflectância acumulada em duas datas (Arquivo B), com este percentual caindo para 70% na classificação da reflectância acumulada de 05 datas.

Portanto, o aumento da acurácia com o incremento da reflectância acumulada se deu devido a melhoria de acerto nas classes de vegetação nativa (Cerrado Campo / Arbóreo e Cerrado Formação Florestal), por estas comporem a maior parte da área avaliada, e não devido a uma melhoria na discriminação em todos os alvos.

Além de uma maior precisão na escolha das amostras, a avaliação da inclusão de outros atributos no momento de exportar os segmentos no InterImage é algo a ser melhor estudado para qualificar a classificação, já que estes podem contribuir para expressar diferentes comportamentos dos alvos e, portanto, aumentar sua discriminação. Outro aspecto a ser considerado é a otimização da resolução espectral disponível pelo Sentinel-2 com a inclusão de outras bandas, em especial as que captam os comprimentos de onda no espectro chamado Red-Edge, que podem ser boas alternativas para melhorar ainda mais a discriminação dos alvos de vegetação.

A classificação final para os três arquivos, é apresentada nas Figuras 14, 15 e 16, a seguir:

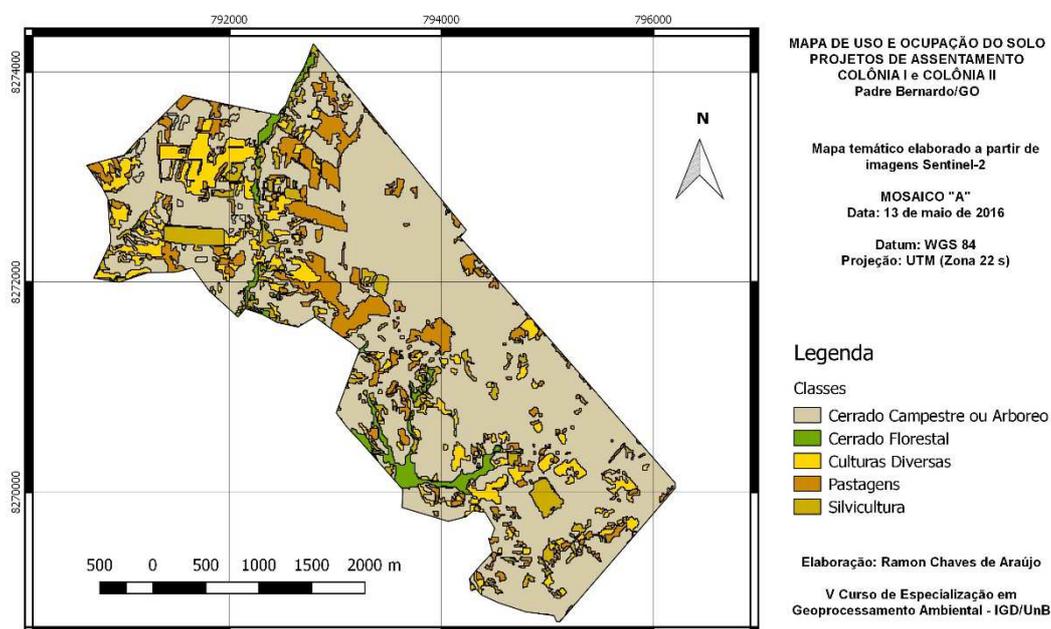


Figura 14: Mapa temático com a Classificação do Arquivo A – 01 data

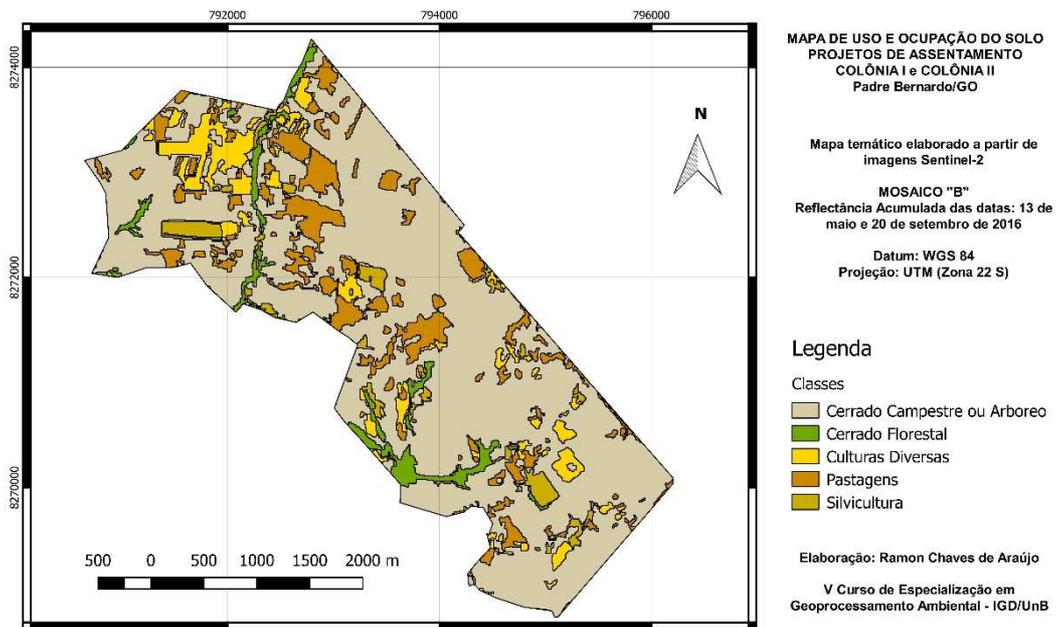


Figura 15: Mapa temático com a Classificação do Arquivo B – 02 datas (reflectância acumulada)

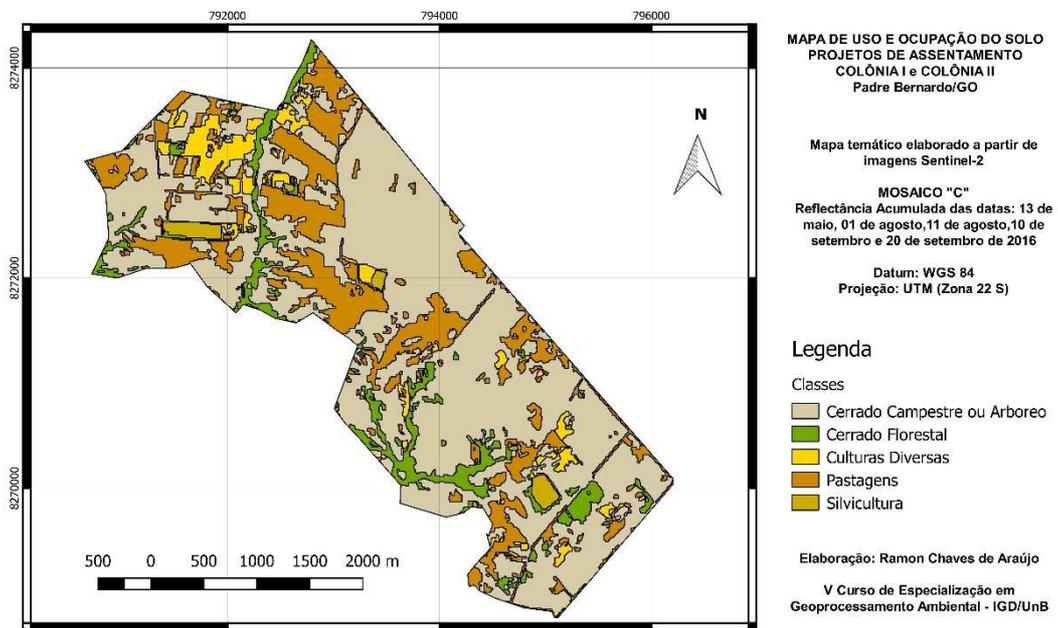


Figura 16: Mapa temático com a Classificação do Arquivo C – 05 datas (reflectância acumulada)

Quanto a utilização dos programas livres para realização do método de classificação proposto para monitoramento do uso do solo em Projetos de Assentamento, o resultado foi bastante satisfatório, demonstrando que é possível realizar todos os procedimentos exigidos para a classificação orientada ao objeto, desde pré-processamento de imagens (conversão de formato, montagem de mosaico, visualização, recorte de área de interesse, correção e etc), até procedimentos como a segmentação embasada em algoritmos mais complexos e a mineração de dados.

## **6. CONCLUSÃO**

A automatização da análise de imagens orbitais contribui para informar quanto ao panorama geral da paisagem de um Projeto de Assentamento, podendo ser útil para administração pública otimizar tempo e recursos. A classificação orientada ao objeto, aliada as técnicas de mineração e dados e reflectância acumulada se mostram eficientes como métodos para interpretação do uso e ocupação do solo. Especificamente quanto ao uso da reflectância acumulada, embora esta se apresente como uma ferramenta interessante para o aumento da discriminação de classes de vegetação natural do cerrado, sua aplicação pode não ser indicada para melhor identificação de áreas de cultivo, já que neste estudo estas classes tiveram piora na acurácia. O teste e aplicação de outros atributos que possam ser extraídos no momento da segmentação do InterImage pode tornar mais simples e preciso o processo de classificação orientada ao objeto. A combinação QGIS, InterImage e Weka, aliadas a imagens gratuitas do Satélite Sentinel-2 permitirão ao INCRA qualificar suas atribuições para o monitoramento do uso e ocupação do solo nos lotes da Reforma Agrária em trabalhos que não exijam maiores resoluções espaciais, sem a necessidade um aporte de recursos específicos para estas ferramentas.

## **7. BIBLIOGRAFIA**

Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico de Uso da Terra – 3ª edição. 2013.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Projeto TERRACLASSCerrado: Mapeamento do Uso e Cobertura Vegetal do Cerrado. Apresentação do Projeto. Disponível em <[http://www.dpi.inpe.br/tccerrado/TCCerrado\\_2013.pdf](http://www.dpi.inpe.br/tccerrado/TCCerrado_2013.pdf)>. Acesso em 05.dez.2016.

Cacciamali Souza, T.; Bias, E. S; Passo, D. P. Classificação Semi-Automática de Imagens com a Utilização de Softwares Livres Para Subsidiar o Cadastramento em Projetos de Assentamento Gerenciados Pelo Incra. Monografia (Aperfeiçoamento/Especialização em Curso de especialização em geoprocessamento) – Universidade de Brasília. 2016.

Carvalho, A. A. A. A.; Gregório, L. S; Ferreira, M. R. F.; Couto, R. S.; Castro, W.O.; Alves, W. F.; Costa, G. O. A. P.; Brites, R. S.; Bias, E. S.; Análise de

Classificação de Imagem Rapideye Por Meio dos Softwares Interimage e Spring. Revista Brasileira de Cartografia. 2014.

Cicerell, R. E.; Notas de Aula da Disciplina Módulo Básico Sistema de Informações Geográficas – Brasília: UnB, 2016.

Congedo, L.; Brief Introduction to Remote Sensing: Image Conversion To Reflectance. In: Semi-Automatic Classification Plugin Documentation. Disponível em [http://semiautomaticclassificationmanual-v5.readthedocs.io/en/latest/remote\\_sensing.html#image-conversion-to-reflectance](http://semiautomaticclassificationmanual-v5.readthedocs.io/en/latest/remote_sensing.html#image-conversion-to-reflectance). Acesso em 05.dez.2016

ESA. "SENTINEL-2 MSI Introduction". Disponível em <<https://earth.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi>>. 2016. Acesso em 04.dez.2016.

GRANDE, Thallita Oliveira de; ALMEIDA, Tati de; CICERELLI, Rejane Ennes. Classificação orientada a objeto em associação às ferramentas reflectância acumulada e mineração de dados. Pesq. agropec. bras., Brasília, v. 51, n. 12, p. 1983-1991, Dec. 2016. Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-204X2016001201983&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2016001201983&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 03.mai.2017.

Hermuche, P. M. e Sano, E. E. Identificação da floresta estacional decidual no Vão do Paranã, estado de Goiás, a partir da análise da reflectância acumulada de imagens do sensor ETM+/Landsat-7. Revista Brasileira de Cartografia, 63/03: 415-425. 2011.

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. Informações Gerais sobre os assentamentos da Reforma Agrária. 2017. <[painel.incra.gov.br/sistemas/index.php](http://painel.incra.gov.br/sistemas/index.php)>. Acesso em 08.mai.2017.

LVC-PUC-RJ - Laboratório de Visão Computacional. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro InterIMAGE 1.30 - Manual do usuário. 2012.

Lantzanakis, G.; Mitraka,Z.; Chrysoulakis, N.; Comparison of Physically & Image Based Atmospheric Correction Methods for Sentinel-2 Satellite Imagery. ResearchGate. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/307959143\\_Comparison\\_of\\_Physically\\_and\\_Image\\_Based\\_Atmospheric\\_Correction\\_Methods\\_for\\_Sentinel-2\\_Satellite\\_Imagery](https://www.researchgate.net/publication/307959143_Comparison_of_Physically_and_Image_Based_Atmospheric_Correction_Methods_for_Sentinel-2_Satellite_Imagery)> Acesso em 04.dez.2016.

Meneses, P. R.; Sano, E.E. Classificação Pixel e Pixel de Imagens. In: MENESES, P.R.; Almeida, T. (organizadores). Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto. Unb e CNPq. Brasília, DF, Brasil. Cap. 12 – p.191-208. 2012.

Meneses, P. R.; Almeida, T. Distorções e Correções Dos Dados da Imagem. In: Meneses, P.R.; Almeida, T. (organizadores). Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto. Unb e CNPq. Brasília, DF, Brasil. Cap. 06 – p.82-102. 2012.

Nascimento, A. F. do, et al. 2013. Classificação da Cobertura da terra, utilizando os programas livres: InterIMAGE, WEKA e QuantumGIS. In: Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, INPE, p. 2258-2265.

QGIS. Comunidade QGIS Brasil. Disponível em: <[qgisbrasil.org](http://qgisbrasil.org)>. Acesso em 05.dez.2016.

QGIS. QGIS User Guide. Disponível em <[docs.qgis.org/2.14/pdf/em/QGIS-2.14.UserGuide-em.pdf](http://docs.qgis.org/2.14/pdf/em/QGIS-2.14.UserGuide-em.pdf)>. Acesso em 03.abr.2017.

Sadeck, L. W. R.; Classificação. Disponível em <https://geotecnologias.wordpress.com/2010/02/28/classificacao/>. Acesso em 04.dez.2016