



Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Humanas – IH
Departamento de Geografia – GEA

**ANÁLISE DE IMAGENS DE SÉRIES TEMPORAIS NDVI DO
SENSOR MODIS NO PARQUE NACIONAL DA SERRA DA
CANASTRA**

Douglas Cassimiro Lopes

Brasília, dezembro de 2013



ANÁLISE DE IMAGENS DE SÉRIES TEMPORAIS NDVI DO SENSOR MODIS NO PARQUE NACIONAL DA SERRA DA CANASTRA

Douglas Cassimiro Lopes

Monografia de final de curso submetida
ao Departamento de Geografia da
Universidade de Brasília como parte dos
requisitos necessários para obtenção do
grau de Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Osmar Abílio de Carvalho
Júnior

Brasília, dezembro de 2013

ANÁLISE DE IMAGENS DE SÉRIES TEMPORAIS NDVI DO SENSOR
MODIS NO PARQUE NACIONAL DA SERRA DA CANASTRA

Monografia de final de curso submetida
ao Departamento de Geografia da
Universidade de Brasília como parte dos
requisitos necessários para obtenção do
grau de bacharel em Geografia.

Banca Examinadora

Prof. Dr. Osmar Abílio de Carvalho Júnior (Orientador) – UnB

Prof. Dr. Renato Fontes Guimarães – UnB

Prof. Dr. Roberto Arnaldo Trancoso Gomes – UnB

Brasília, dezembro de 2013

LOPES, D.C.

Análise de imagens de séries temporais NDVI do sensor MODIS no Parque Nacional da Serra da Canastra.

Monografia de final de curso, Universidade de Brasília, Instituto de Ciências Humanas, Departamento de Geografia.

- | | |
|---|-------------------------------------|
| 1. Sensoriamento Remoto | 2. Processamento Digital de Imagens |
| 3. Parque Nacional da Serra da Canastra | 4. Séries temporais de Imagens |

I.IH/GE/UnB

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

LOPES, D.C. **Análise de imagens de séries temporais NDVI do sensor MODIS no Parque Nacional da Serra da Canastra.** Monografia de final de curso, Universidade de Brasília, Instituto de Ciências Humanas, Departamento de Geografia, DF, 2013.

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

DOUGLAS CASSIMIRO LOPES

TÍTULO DA MONOGRAFIA: **Análise de imagens de séries temporais NDVI do sensor MODIS no Parque Nacional da Serra da Canastra.** GRAU – ANO: 3º–2013

Sumário

Resumo.....	7
1. Introdução.....	8
2. Área de Estudo	9
3. Material e Metodologia.....	12
3.1 Obtenção das Imagens MODIS.....	12
3.2. Montagem dos Cubos de Séries Temporais.....	15
3.3. Geração do Índice NDVI.....	16
3.4.Tratamento de Ruídos e Filtragem.....	17
3.5 Classificação	18
4. Análises dos Resultados.....	19
4.1 Resultado do Tratamento de Ruído.....	19
4.2 Resultados Classificação.....	21
5. Conclusão	24
6. Agradecimentos	25
7. Bibliografia.....	26

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Mapa de Localização do Parque Nacional da Serra da Canastra	10
Figura 2- Cubo Multi Temporal já recortado na área do Parque Nacional da Serra da Canastra.....	16
Figura 3- Espectro Original com NDVI.....	19
Figura 4- Espectro das Imagens com filtro de Mediana.....	20
Figura 5- Imagem original com NDVI.....	20
Figura 6- Imagem com Filtro de Mediana.....	20
Figura 7- Espectro com filtro de Mediana.....	20
Figura 8- Espectro com filtro Savitzky- Golay.....	21
Figura 9- Imagem com Filtro de Mediana.....	21
Figura 10- Imagem com filtro de Mediana e com filtro Savitzky- Golay.....	21
Figura 11- Classificação ISODATA.....	22
Figura 12- Classificação SAM.....	23
Figura 13- Espectro Padrão Classificação.....	23
Figura 14- Imagem Google Earth; Utilizada como base para a validação das classificações.....	24

Resumo

O presente estudo visa à delimitação das fitofisionomias vegetais presentes no Parque nacional da Serra da Canastra, o parque é uma unidade de conservação federal de grande importância para a conservação de nascentes de importantes rios brasileiros e proteção da grande biodiversidade encontrada nos arredores. Para tal procedimento as ferramentas de sensoriamento remoto foram escolhidas por serem as que melhor podem ajudar no processo. As imagens do sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) foram utilizadas e passaram pela geração do índice de NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index* – Índice de Vegetação da Diferença Normalizada), após a realização de um processo de filtragem e classificação os resultados serão avaliados, o período escolhido foi entre os anos de 2000 a 2012.

Palavras Chave: Parque Nacional da Serra da Canastra, Fitofisionomia, Sensoriamento Remoto, MODIS, índice NDVI, Filtragem e Classificação.

Abstract

This research work is intended to delimit different vegetation types found inside the Serra da Canastra National Park. The park is a federal protected area where there is a need to conserve headwaters from important Brazilian rivers, and to protect biodiversity found around its area. In order to accomplish this procedure, remote sensing tools were chosen because it was thought to be the best way to do it. MODIS Images (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) were used and processed on NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), after a filtering and classifying process. The results will be evaluated. The period chosen goes from 2000 to 2012.

Key words: Serra da Canastra National Park, Vegetation type, Remote Sensing, MODIS, NDVI index, Filtering and Sorting.

1. Introdução

As ferramentas de sensoriamento remoto marcaram um grande avanço para práticas científicas atuais possibilitando identificar em maior quantidade e qualidade problemas de interesse científico que demandam uma maior quantidade de informações em certo intervalo de tempo, informações essas podem vir a ter grandes impactos se forem tomadas de maneira errada. Os avançados sistemas óticos geoestacionários atuais permitem o acompanhamento em tempo real de situações que necessitem de visualização fora da superfície terrestre e grande capacidade de cobertura territorial. Práticas de sensoriamento remoto não permitem apenas o meio acadêmico a produzir suas pesquisas ajuda a Governos há monitorarem, por exemplo, o desmatamento que certo tipo de bioma sofre em um período de tempo a ser definido.

Carvalho Júnior et al. (2006) aponta para as aplicações de séries temporais no monitoramento de ecossistemas, uma vez que a continuidade dos dados permite traçar um perfil para o comportamento sazonal de cada fitofisionomia, assim como identificar mudanças nas características biofísicas e bioquímicas da vegetação, demonstrando sua eficácia na identificação do padrão de variação temporal. Esta ferramenta proporciona que diferentes tipos de dados obtidos possam ser encaixados em um parâmetro em comum de tempo onde intervalos de mudança são ordenados cronologicamente e pré-definidos. Segundo Sakamoto et. al. (2005) essa séries temporais são muito bem aproveitadas para o monitoramento de mudanças sazonais de tipos de diferentes de vegetação e os períodos de safra e entressafra de algumas culturas onde foram verificados os períodos de plantio e colheita de arrozais através do Índice de Vegetação.

A natureza contínua dos dados espectrais no tempo permite desenvolver estudos sobre o comportamento sazonal e mudanças da composição biofísica e bioquímica de dosséis (Saderet al. 1990; Stone et al. 1994, Mora & Iverson 1997) e graças a essa continuidade o presente trabalho visa à delimitação dos diferentes tipos de fitofisionomias da vegetação local através do processamento digital de séries temporais do sensor MODIS dentro do Parque Nacional da Serra da Castra, que fica localizada dentro do estado de Minas Gerais. Por estar no que pode ser considerado uma zona de predominância de Cerrado tendo diferentes subtipos em diferentes áreas do parque tendo predominância de vegetação de gramíneas. Por ser uma área de grande valor para o bioma regional e possuir nascentes de grandes rios e de suma importância que área dentro do parque se mantenha preservada.

Os dados gerados por esta pesquisa podem vir a se utilizados para o estabelecimento de um padrão temporal que possa acompanhar as diferentes dinâmicas na área de estudo, além de propor uma nova metodologia de identificação e classificação se utilizando de séries e principalmente ajudar na conservação ambiental de uma área de grande sensibilidade que abriga nascentes de grandes rios brasileiros de importância muito maior que o bioma onde o parque se encontra.

2. Área de Estudo

Localizado no sudoeste mineiro o Parque Nacional da Serra da Canastra é uma unidade de conservação federal de grande importância para a conservação de nascentes de importantes rios brasileiros e conservar a grande biodiversidade encontrada nos arredores do parque. Tendo predominantemente o bioma cerrado tendo vários tipos de fitofisionomias deste bioma sendo a mais abundante as fisionomias de campo limpo, sujo e rupestre, tendo outras fisionomias diferentes em áreas específicas do parque, sendo bem distribuídas espacialmente. Possuidor de grandes belezas naturais e paisagens cênicas bastante peculiares sendo esses alguns dos motivos que fazem o parque ser bastante procurado anualmente por turistas de diversas regiões brasileiras. Foi criado em 3 de abril de 1972 pelo decreto nº 70 355 contemplando uma área de 200 mil hectares com intuito de proteger e preservar as nascentes do rio São Francisco. O parque se encontra na área sudoeste de Minas Gerais, situando-se num divisor de águas que separam as bacias formadoras dos rios São Francisco e Paraná, possuidor de uma grande beleza cênica formada por grandes paredões rochosos de onde saem várias cachoeiras que são umas das principais atrações do parque. Abrangendo áreas dos municípios de Vargem Bonita, São Roque de Minas, São João Batista do Glória, Sacramento, Delfinópolis e Capitólio o parque está sob a gestão do Instituto Brasileiro de Conservação da Biodiversidade.

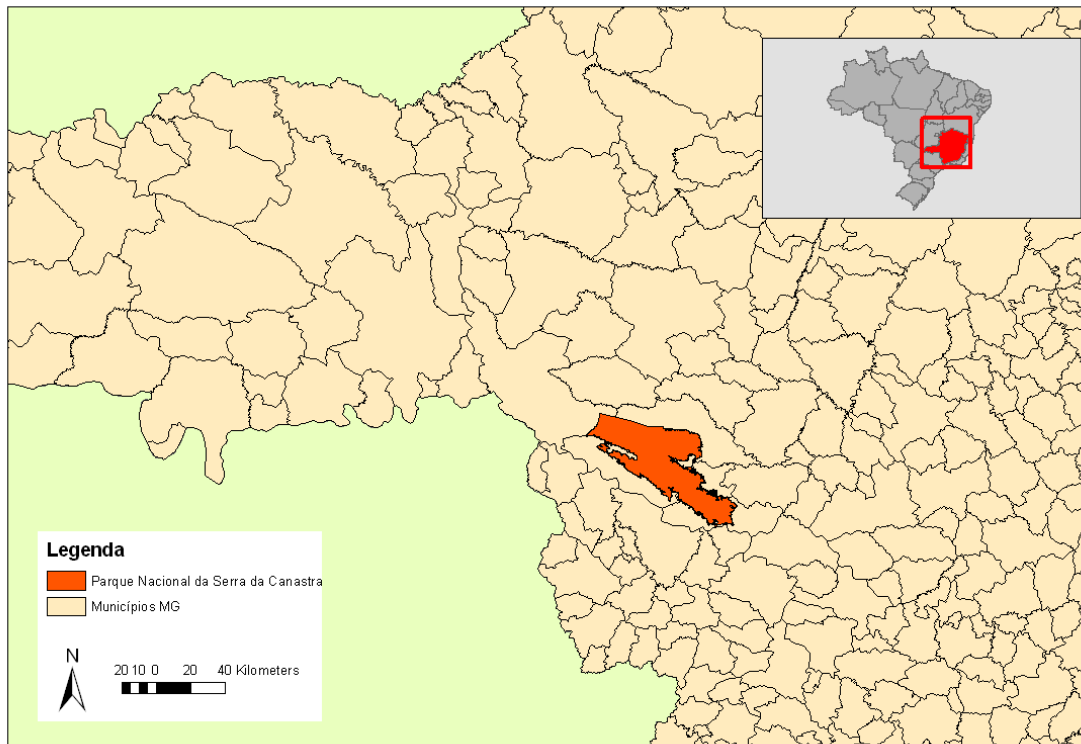


Figura 1. Mapa de Localização do Parque Nacional da Serra da Canastra

O clima associado a esse tipo de fitofisionomia é clima Tropical Sazonal com duas estações bem delimitadas, sendo uma estação chuvosa e outra estação seca onde as médias anuais entorno dos 22° a 23° C. Porém vale-se destacar que as temperaturas mínimas mensais podem variar bastante chegando muitas vezes a temperaturas abaixo de 0° C sendo registradas geadas em certos dias. As médias de precipitação tornam bem visíveis a diferença de estações sendo as chuvas concentradas entre outubro e março, a média anual de pluviosidade fica entre 1200 e 1800 mm. Os índices de umidade do ar nos períodos de seca chegam a valores próximos de 15%, aumentando consideravelmente os riscos de incêndios florestais fator que gera grande preocupação para a administração do parque. O problema com incêndios atinge como todo o bioma do Cerrado, dentro da área do parque esse problema se agrava pelo fator de grande parte da vegetação da parte ser formada por gramíneas de porte baixo e de queima fácil possibilitando que os incêndios sejam intensos e se espalhem rapidamente sempre trazendo grandes estragos para a flora e fauna locais.

O relevo da região como um todo é denominado de Planaltos da Canastra e possui estruturas geológicas como cristas, barras e vales todos alinhados em direção

NO-SE. As rochas formadoras do relevo da região predominam componentes do grupo Canastra sendo eles filitos sericitaxistos, quartzitos, micaxistos e xistos calcíferos. O relevo do parque pode ser separado em basicamente três tipos platôs, encostas escarpadas e vales encaixados, porém é dividido em dois grandes segmentos o primeiro sendo o Maciço da Canastra sendo a fisionomia predominante do parque concentrando a maior parte da vegetação campestre, o segundo segmento abrange a parte mais movimentada do relevo da região sendo chamada de Chapada da Babilônia sendo mais caracterizada por vales mais aprofundados e escarpas mais abruptas. A tipologia litológica da região do parque influi diretamente no comportamento das drenagens e no potencial de armazenamento de água subterrânea, assim como o relevo da região o sistema hidrogeológico da região baseia-se numa zona de recarga e de descarga sendo divididas topograficamente em zonas de maior elevação e de menor sendo abastecedora das bacias hidrográficas dos rios São Francisco e Paraná.

O uso da terra na região de fora do parque é um pouco complicada, pois a maioria dos produtores rurais da região segundo o plano de manejo do parque é formada por proprietários ou posseiros de terras que as utilizam de formas que lhes convém sendo predominante o uso das propriedades para a criação de rebanho de gado leiteiro outra parcela as utilizam para plantio de culturas temporárias se destacando dentro desse segmento o plantio de milho e cana-de-açúcar, culturas associadas para alimentação de rebanhos bovinos, outra parcela as utilizam para pecuária mista, criação de rebanhos de gado de corte juntamente com rebanhos de produção leiteira, sendo a última parcela as utilizam para prática de turismo nos arredores do parque, esse segmento se aproveita dos visitantes que buscam desfrutar das paisagens locais e os atraem para dentro de suas propriedades onde a prática do turismo substitui a renda vinda de atividades agropecuárias e mantém a vegetação local como fonte de atrativos de visitação. Um fator regional bem curioso e que está diretamente ligado à produção leiteira local é fabricação de queijos por muitos desses produtores rurais como fonte de renda secundária, os queijos produzidos nessa região levam o nome Canastra por possuírem características próprias na sua produção em que apenas os queijos produzidos dentro desses padrões e dentro da região da Serra Canastra podem se utilizar dessa nomenclatura, isso já foi reconhecido pelos órgãos responsáveis nas instâncias governamentais.

A produção de culturas em algumas propriedades gera certa preocupação citada dentro do plano de manejo do parque algumas culturas que necessitam da aplicação de

agentes agroquímicos representa uma ameaça a real a contaminação de reservatórios de água subterrânea presentes em toda região e que poderiam de forma indireta contaminar nascentes que brotam dentro da área do parque, outro problema que também merece atenção está ligado a produção de culturas anuais como arroz e feijão, devido a necessidade de serem feitas em condições específicas de solo os produtores devem anualmente fazer o preparo do solo para que este venha receber essas culturas dentro desse preparo do solo é feita uma correção da declividade do mesmo para que haja melhor aproveitamento da área a ser plantada, problemas gerados por essas práticas está diretamente ligado a aceleração da erosão do solo que pode em um curto período de tempo gerar problemas de difícil solução e que pode demandar grande quantidade de recursos.

Como o parque se situa dentro do limite de vários municípios deve-se levar em consideração as suas populações e a maneira como estas enxergam o parque. Segundo o estudo realizada para o Plano de Manejo do Parque Nacional da Serra da Canastra grande parte das populações nos municípios circunvizinhos do parque tem pouco ou quase nenhum conhecimento sobre o Parque, seus objetivos de criação e a rotina institucional destes, destacando-se no quesito sobre desconhecimento estão as populações em que a sede urbana municipal está mais afastada do parque, já as que ficam mais próximas do parque e tem maior contato com seu dia a dia ainda tem pouco conhecimento sobre as especificidades institucionais dele mas possuem um consciência firme em relação a importância dele.

3. Material e Metodologia

Como todo o processo de obtenção e processamento das imagens passou por distintas etapas algumas sendo pré-requisito para as seguintes se fez necessária à divisão em cinco etapas diferentes sendo elas: 1- Obtenção das imagens MODIS; 2- Montagem de cubos temporais; 3- Cálculo de índice NDVI; 4- Redução de ruídos através dos filtros estatísticos pelos métodos de Savitzki-Golay e o do filtro de Mediana; e por último 5- classificação utilizando classificadores espectrais.

3.1 Obtenções das Imagens MODIS

MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) é um dos instrumentos embarcados no satélite TERRA lançado pela agência espacial americana em dezembro de 1999. Sendo o principal sensor embarcado no satélite orbital ele tem

como principal objetivo gerar dados que possam servir para estudos baseados na atmosfera, nos oceanos e na superfície terrestre. O sensor possui 36 bandas espectrais variando de 405 nm até 14 385 nm e possui duas bandas com resolução espacial de 250 metros, cinco com a resolução de 500 metros e vinte e nove com a resolução de 1 mil metros (NASA,2013).

Vale-se destacar que este sensor possui diversas características, mas dentre essas as seguintes são as principais: ampla cobertura espacial e espectral, continuidade nas medições já realizadas por outros satélites e é a primeira ferramenta dos satélites EOS na condução das pesquisas de mudanças globais (ANDERSON et al., 2003). Por ser um sensor com uma vasta gama de recursos os mais variados tipos de pesquisas podem ser feitas através dos dados gerados por este sensor, mas justamente por essa quantidade de dados gerados pesquisadores devem tomar cuidado com qual tipo de imagem irão utilizar em suas pesquisas podendo ter resultados bem distintos de acordo com o tipo de dado utilizado.

Para este estudo serão utilizadas as os dados provenientes do sensor MODIS se utilizando as imagens das bandas de 250 e 500 metros que correspondem com a localidade que o produto MOD09A1 e MOD09Q1 cobre uma área maior que a área de interesse deste estudo, as imagens foram obtidas de forma gratuita através de sítios de instituições governamentais subordinadas ao governo dos EUA mediante cadastro no próprio sítio onde as imagens ficam disponíveis. São fornecidas duas bandas espectrais para a resolução de 250 m e sete bandas para a resolução de 500 m o período de tempo a ser analisado compreende desde o ano de 2000 até o ano de 2012 e com obtenção das imagens variando de oito em oito dias no produto MOD09A1, totalizando 46 imagens por ano, tendo esse intervalo para se capturar uma imagem com os melhores pixels durante essa janela de oito dias. Algumas especificações sobre o produto MOD09A1 serão apresentadas na Tabela 1 a seguir.

Tabela1: Bandas Espectrais do Sensor MODIS

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área Imageada	Resolução Radiométrica
MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)	1	620 - 670 nm	250 m	1 a 2 dias	2330 x 5000 km	12 bits
	2	841 - 876 nm				
	3	459 - 479 nm	500 m	1 a 2 dias	2330 x 5000 km	12 bits
	4	545 - 565 nm				
	5	1230 - 1250 nm				
	6	1628 - 1652 nm				
	7	2105 - 2155 nm				

Fonte: Características do sensor MODIS. Embrapa Monitoramento por Satélite, 2013

Como o sistema de coordenada oriundo das imagens difere dos sistemas de coordenadas que foi usado neste trabalho foi preciso reprojeter o sistema de coordenadas transformando eles do sistema Sinusoidal para o sistema de coordenadas geográficas, o mais utilizado para a realização de trabalhos e pesquisas no continente sul-americano, esse fato se mostrou, pois não seria possível se processar as imagens em projeção sinusoidal por conta do tamanho da área de estudo ser muito menor que a imagem original. Durante essa etapa foram realizados o recorte e reprojeção das

imagens. Ainda com as imagens em formato HDF (Hierarchy Data Format) foi preciso convertê-las para o formato GEOTIFF, formato muito menor em termos de armazenamento além de ser um dos melhores em termos de compatibilidade com o sistema de coordenadas geográficas. Feita essa etapa houve diminuição considerável na quantidade de dados a serem processados facilitando assim a etapas posteriores a serem cumpridas e diminuindo o tempo que cada etapa demandaria. Foi realizado simultaneamente a separação dos diferentes tipos de bandas para maior organização dos dados e para que a etapa de montagem dos cubos de séries temporais pudesse ser realizada.

3.2 Montagens dos Cubos de Séries Temporais

Para a montagem de uma série temporal a união das imagens de mesma anda seguindo a ordem de obtenção delas em dia e ano a qual foi feita, para a confecção do cubo se estabelece um eixo X (representando linhas), um eixo Y (representando colunas) onde esses eixos são matrizes dos pixels das imagens, e ainda um eixo Z que seria o comportamento de cada pixel ao longo do período de tempo a ser analisado que são extraídos da banda 2 (Carvalho Júnior et. al., 2009). Foram produzidos nove cubos, dois pertencentes às imagens de resolução de 250 (MOD9Q1) e sete vindos do produto das imagens de 500 metros (MOD9A1). Cada produto corresponde a 591 imagens do ano 2000 a 2012, para que se fosse obtida a informação necessária para o estudo os cubos tiveram de passar por um processo de recorte para que a área de interesse fosse focada evitando assim que pedaços da imagem que não seriam utilizados interferissem no espectro e nas informações relativas exclusivamente a área do parque. A figura 2 a seguir demonstra visualmente o que foi realizado durante a montagem dos cubos temporais.

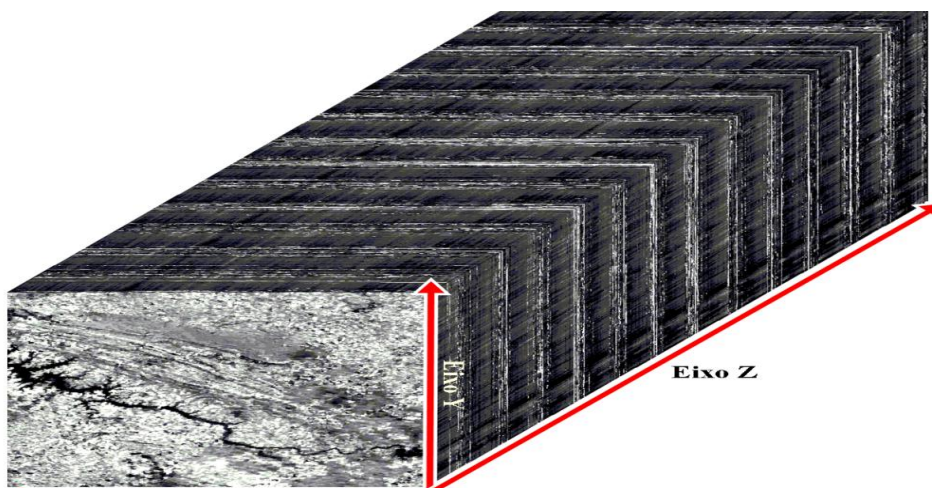


Figura 2. Cubo Multi Temporal já recortado na área do Parque Nacional da Serra da Canastra

Com os cubos prontos percebeu-se que a variação sazonal interferia muito no espectro das imagens gerando muitos ruídos e às vezes perca de informações pela quantidade de nuvens e sombras produzidas por estas, viu-se a real necessidade da eliminação desse tipo de interferência por ela causar grande risco de falha nos processos vindouros, a primeira medida tomada para reduzir estas interferências foi à geração do índice de NDVI.

3.3 Gerações do Índice NDVI

A escolha do índice de NDVI para ser o primeiro processo a ser realizado pela eficácia desse tipo de índice em trabalhos com enfoque ambiental permitindo fazer análises em diversos tipos de escalas utilizando como parâmetro a cobertura vegetal de uma região para geração do índice. O NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index* – Índice de Vegetação da Diferença Normalizada) age na suavização de interferências relativas ao ângulo de incidência da radiação solar e nos efeitos que a atmosfera terrestre inflige nesse ângulo dentro de séries multi temporais. A geração do índice se dá pela diferença entre a reflectância do infravermelho próximo (**IVP**) e a reflectância do vermelho (**V**), dividida, respectivamente, pela soma das duas reflectâncias (Townshend *apud* Souza, 2010). Essa equação gera um índice que varia de **-1 a 1**. Quanto maior o valor do índice maior a presença de vegetação. A fórmula utilizada (Equação 1) para gerar o NDVI segundo Rouse (1973) é a seguinte:

$$NDVI = \frac{\rho_{NP} - \rho_{VER}}{\rho_{NP} + \rho_{VER}}$$

Equação 1

Onde ρ_{NP} representa o valor de reflectância no infravermelho próximo (800-1100nm) e ρ_{VER} representa o valor da reflectância na faixa do vermelho (600-700nm). Menezes (2012) fala da vantagem do NDVI sobre outros métodos afirmando que este tende ser mais linearmente proporcional a quantidade de biomassa da região de interesse e também é bastante eficaz quando utilizado para fazer comparações dentro de um limite definido de tempo por ser menos influenciado pelas condições atmosféricas do nosso planeta. Durante a estação chuvosa onde se percebe a maior variação dentro desse índice sendo motivada principalmente pela quantidade de vapor d'água na atmosfera interferindo principalmente no espectro relativo na banda do infravermelho próximo (Carvalho Júnior, et al. 2008).

3.4 Tratamentos de Ruídos e Filtragem

Apesar do índice de NDVI eliminar alguns ruídos as imagens ainda necessitavam de uma filtragem mais específica para eliminar certos ruídos específicos que necessitam de um processo mais complexo para sua total eliminação, para tal função foram escolhidos dois tipos de filtros estatísticos o primeiro utilizado foi o filtro de Mediana e logo após este foi efetuada outra filtragem em cima dos resultados obtidos através da mediana usando o filtro de Savitzky-Golay.

Carvalho Júnior et. al. (2008) utiliza o filtro de mediana em séries temporais NDVI do sensor MODIS, explicando que ele atua ao longo do espectro minimizando as variações abruptas. A partir de uma janela definida pelo pesquisador, o valor mediano dos dados de *input* é selecionado para substituir o valor do pixel central desta janela (Carvalho Júnior et. al., 2012) retirando dessa forma os picos mais abruptos que tornam o espectro das imagens irregular e cheio de variações e tornando o espectro mais suave em suas curvas. Apesar de ser capaz de eliminar uma quantidade grande de ruídos o filtro de mediana possui um ponto fraco não é eficiente quando o ruído é proveniente da cobertura de nuvens e sombras em sucessivas imagens da série temporal (Carvalho Júnior et. al., 2012).

Para realizar a eliminação dos ruídos remanescentes o filtro Savitzky-Golay foi utilizado. O Savitzky-Golay é um filtro que realiza basicamente em um local pré-estabelecido uma regressão polinomial de uma série de pontos de dados, com um espaço sendo igualmente dividido. Esses valores suavizados ou derivados numéricos são obtidos a partir dos coeficientes dos polinômios. Este filtro pode ser aplicado a qualquer série de dados consecutivos quando os pontos dados estão delimitados num intervalo fixo e uniforme ao longo da abscissa escolhida. Savitzky e Golay (1964) destacam que os melhores resultados são obtidos quando há presença de uma grande quantidade de informações e a janela de amostras é consideravelmente pequena.

3.5 Classificações

Após a o tratamento de ruídos realizado pode-se iniciar a etapa seguinte e sendo a ultima a ser realizado por necessitar que as imagens utilizadas pudessem demonstrar a maior quantidade de informações possíveis. Esta classificação tem por norte a separação das fitofisionomias presentes no parque, que podem vir posteriormente a serem usadas para se verificar o avanço ou retrocesso de um tipo específico de vegetação.

Para esse processo de classificação foram utilizados dois métodos específicos que em tese seriam capazes de mostrar espacialmente onde se encontram cada tipo de ocupação de solo presente na área do parque e nas suas cercanias. O primeiro método utilizado foi através de uma classificação não supervisionada se utilizando do método ISODATA (*Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique*). Esse método age de forma que o número de classes a serem preenchidas é gerado automaticamente pelo algoritmo e o número de interações é estabelecido pelo pesquisador, após a classificação feita através do ISODATA foi utilizado uma segunda classificação através de um método de SAM (Spectral Angle Mapper).

A classificação realizada através do ISODATA se utiliza de meios de classificação baseado na similaridade entre os pixels presentes na imagem e é utilizado quando não se tem certeza da quantidade de classes possíveis a serem definidas em cada imagem e age com o mínimo de informação fornecida pelo analista, que apenas define alguns parâmetros básicos para a classificação, como o número mínimo e máximo de classes a serem encontradas e a quantidade de iterações (Meneses & Sano, 2012). Com essa classificação em mãos se viu a necessidade de se obter uma classificação mais

abrangente e com menos classes, pois a classificação obtida pelo ISODATA acabou por separar demais algumas fisionomias que se enquadrariam em mesmas categorias.

Para se obter essa classificação mais abrangente e que possa representar de maneira mais clara as diferentes fitofisionomias do parque foi feita a classificação através do SAM. Baseado em cálculos de similaridade em que se utiliza do ângulo formado entre diferentes, segundo Meneses (2011), O *Spectral Angle Mapper* (SAM) é um classificador espectral que realiza o mapeamento da similaridade entre o espectro de um pixel da imagem e os espectros de referência provenientes de bibliotecas espectrais que podem ser extraídas da própria imagem, no caso deste trabalho a biblioteca espectral utilizado foi gerada a partir dos resultados obtidos através da classificação realizada através do ISODATA.

4. Análise dos Resultados

Como esse estudo foi realizado em diferentes etapas cada uma delas apresentou resultados distintos, muitas vezes sendo necessário repetir o processo de uma etapa várias vezes seguidas para se obter algum resultado ao qual não prejudicasse a fase seguinte. A partir de agora serão mostradas informações obtidas diretamente dos *softwares* utilizado, começando pelos resultados obtidos na fase de tratamento de ruídos e logo em seguida os resultados das fases de classificação.

4.1 Resultados do Tratamento de Ruídos

Ao se observar as imagens onde se mostra o espectro das imagens antes e após a filtragem se utilizando o filtro de mediana percebe-se logo a diferença na quantidade e na qualidade das imagens vistas. Tanto nas imagens em si quanto no resultado dos espectros fica visível como o filtro de Mediana consegue suavizar e eliminar os ruídos e picos que dificultariam o processo de interpretação das imagens facilitando as próximas etapas do processo de classificação das imagens.

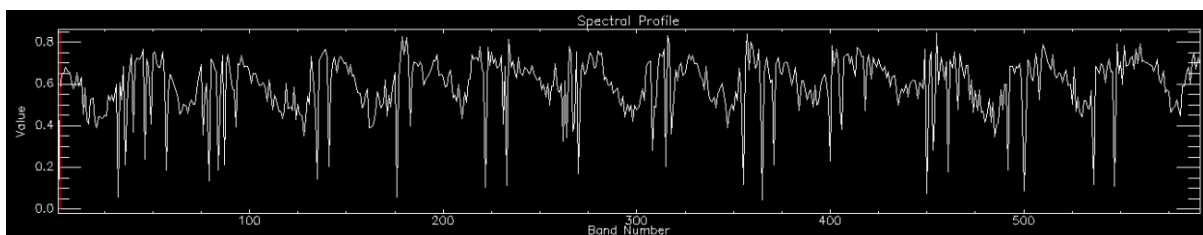


Figura 3 - Espectro Original com NDVI

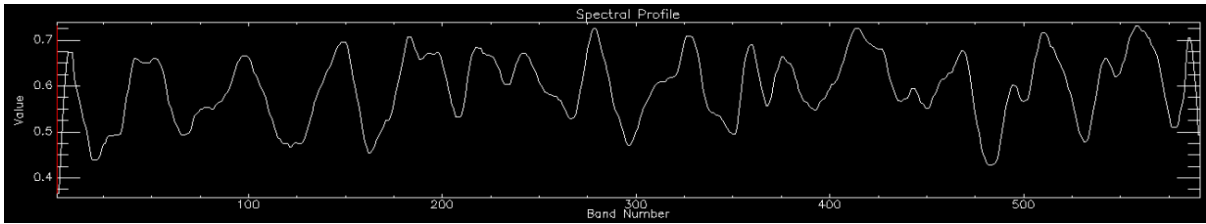


Figura 4 - Espectro das Imagens com filtro de Mediana

Observando agora o resultado do filtro diretamente nas imagens fica mais claro ainda o quanto o filtro de mediana é capaz de eliminar certas interferências que podem atrapalhar o resultado da pesquisa.

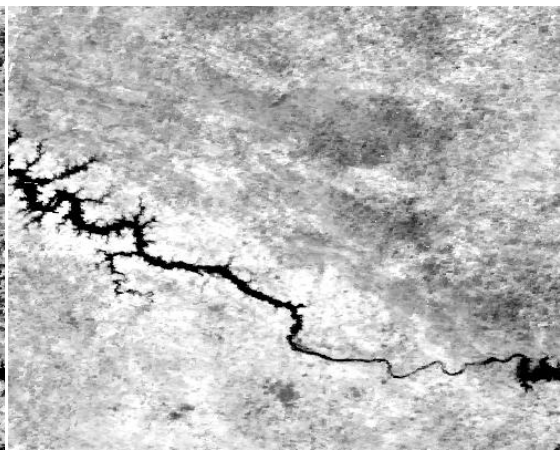
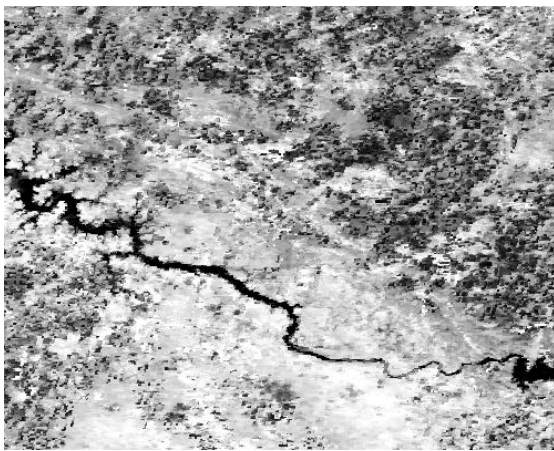


Figura 5 - Imagem original com NDVI

Figura 6 - Imagem com Filtro de Mediana

Logo após a filtragem com o filtro de mediana foi realizada outra filtragem utilizando o filtro de Savitzky- Golay. Por melhorias na qualidade das imagens este filtro foi utilizado em duas oportunidades utilizando um coeficiente de 17 na primeira passagem e um de 13 na segunda passagem, essa mudança nos coeficientes foi apenas para se obter um espectro mais suavizado e em ambas situações o filtro foi realizado sem limites pré definidos. As imagens a seguir mostram o resultado dessa filtragem.

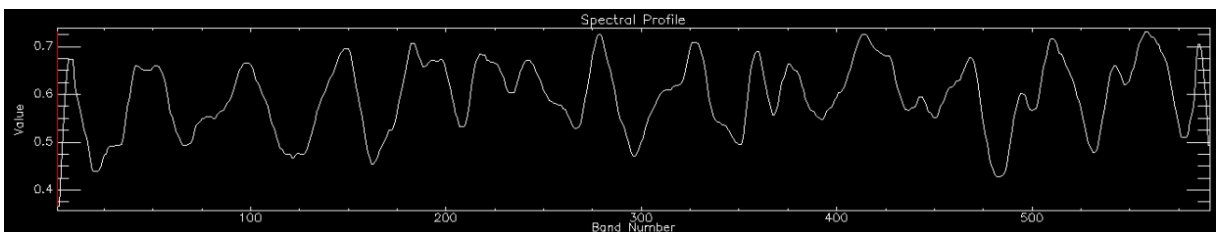


Figura 7- Espectro com filtro de Mediana

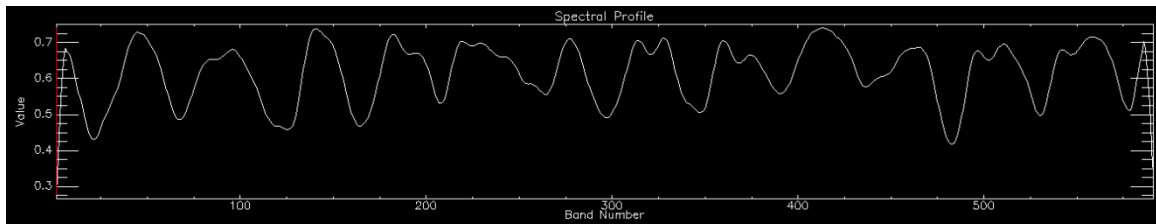


Figura 8 - Espectro com filtro Savitzky- Golay

Mesmo tendo uma diferença quase mínima nos espectros essa pequena diferença acabaria por gerar problemas em etapas posteriores que acabariam se refletindo na hora de se classificar as imagens. As imagens a seguir mostram a diferença entre o as imagens que receberam apenas o filtro de mediana e as que receberam o filtro de mediana e o filtro Savitzky- Golay.

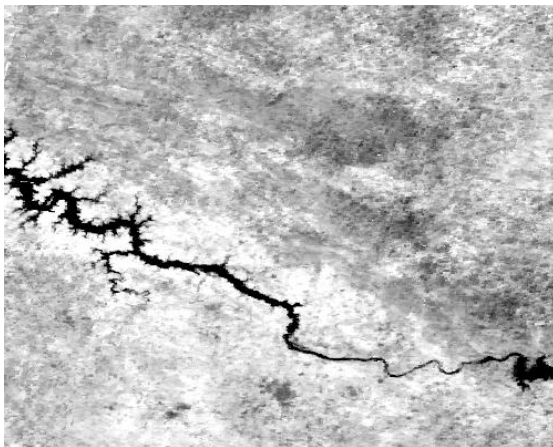


Figura 9 - Imagem com Filtro de Mediana

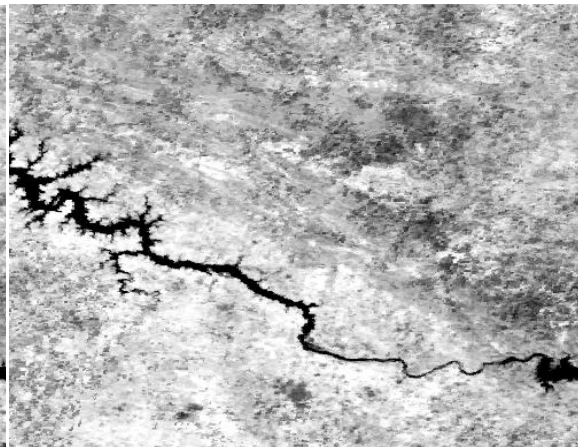


Figura 10 - Imagem com filtro de Mediana e com filtro Savitzky- Golay

4.2 Resultados Classificação

Com as imagens prontas depois de terem passado por todos os processos de filtragem e de eliminação de ruídos deu-se inicio a fase de classificação. Sendo a última fase a ser realizada as imagens que foram utilizadas durante essa fase já estavam prontas para terem seu uso do solo diferenciados, dentro do processo de ISODATA que correspondeu a primeira fase de classificação. Como o ISODATA é um tipo de classificação não supervisionada o próprio *software* é que define a delimitação dos diferentes tipos de ocupação do solo seja ela natural ou antrópica.

Nesse processo de ISODATA foram geradas apenas duas interações, que revelaram uma grande quantidade de informações, mais do que se esperava obter.

Foram estabelecidas cinco classes as quais seriam encaixadas as áreas do parque e adjacências elas foram: área antrópica, hidrografia, áreas agropecuárias, floresta ombrófila e áreas de campo cerrado. A imagem a seguir mostra o resultado obtido através do ISODATA.

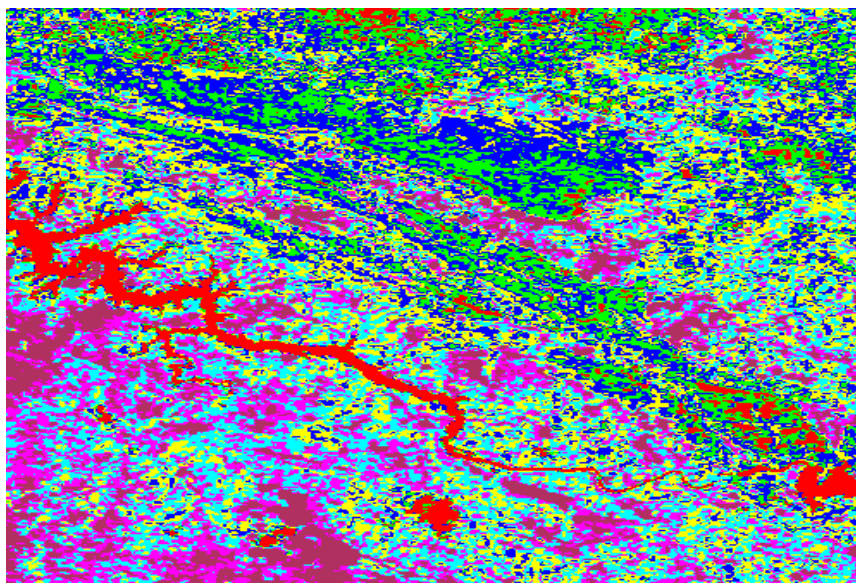


Figura 11 - Classificação ISODATA

Os tons mais escuros de roxo representariam as áreas de floresta ombrófila e diferentes áreas de formação florestal, as áreas representadas em tons de azul escuro e verde seriam equivalentes à formação de campos de cerrado, sendo mais concentradas dentro dos limites do parque, houve uma diferenciação dentro dessa classificação pelo fato da quantidade de interações serem menores e acabou por se ter uma maior diferenciação nesse tipo de fitofisionomia. Porém um grande defeito ocorrido nessa classificação ocorreu pelo estabelecimento de um mesmo tipo de cor para áreas de hidrografia e áreas antrópicas. Nas cores amarela e azul clara foram classificadas áreas de uso agropecuário o motivo de se ter essas duas cores pode ter sido a diferença entre áreas sendo preparadas para o cultivo ou para pastagem do gado de áreas que já foram cultivadas e que já possuem pastagem consolidada.

Por essa classificação ter apresentado tanto resultados considerados bons quanto ruins se optou pela utilização da classificação utilizando o SAM para se ter algo mais homogêneo e se corrigir o falto de a hidrografia se confundida com área de ocupação urbana. As classes estabelecidas para a classificação SAM foram às mesmas

utilizadas para classificação ISODATA. O resultado obtido pode ser verificado na imagem 12.

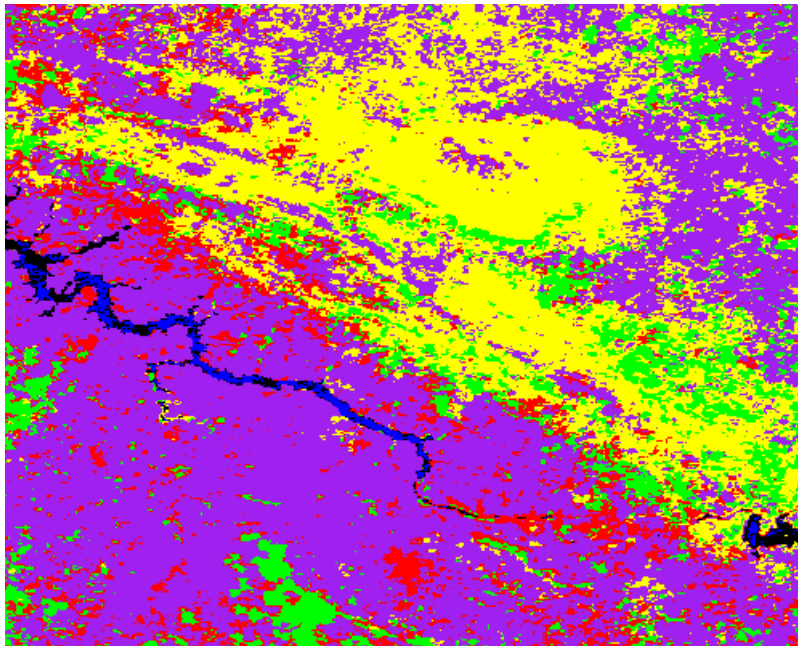


Figura 12 - Classificação SAM

O resultado obtido foi considerado mais representativo para a realidade da região sendo que a cor roxa representa áreas de exploração agropecuária, a área representada na cor vermelha sendo área de ocupação antrópica, áreas na cor verde representariam áreas de formação florestal ombrófila, áreas no tom amarelo representariam a formação campestre do cerrado sendo concentrada principalmente na área que corresponde aos limites do parque, área que ficaram na tonalidade azul representam a hidrografia da região. O espectro abaixo demonstra como foram delimitadas as classes e seus respectivos índices estabelecidos durante a fase de classificação.

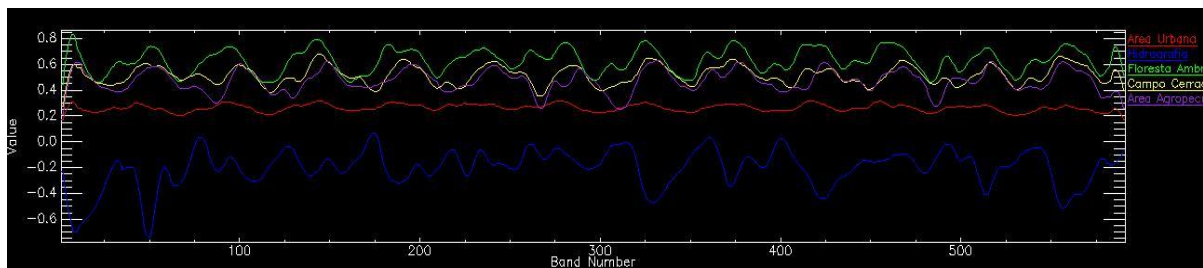


Figura 13 - Espectro Padrão Classificação

A validação dessa classificação foi realizada através de imagens provenientes do *software* Google Earth onde se foi realizada um checagem visual para se ver se o uso da terra no local obtido condizia com a realidade da região, obteve-se um bom grau de similaridade entre a classificação SAM e as imagens fornecidas pelo Google Earth. Com essa classificação em mãos a separação das fitofisionomias presentes no parque foi realizada com grande facilidade e com precisão considerável. A Imagem 14 abaixo demonstra a realidade existente no parque através das imagens obtidas pelo Google Earth, o contorno em vermelho representa os limites estabelecidos para o parque.

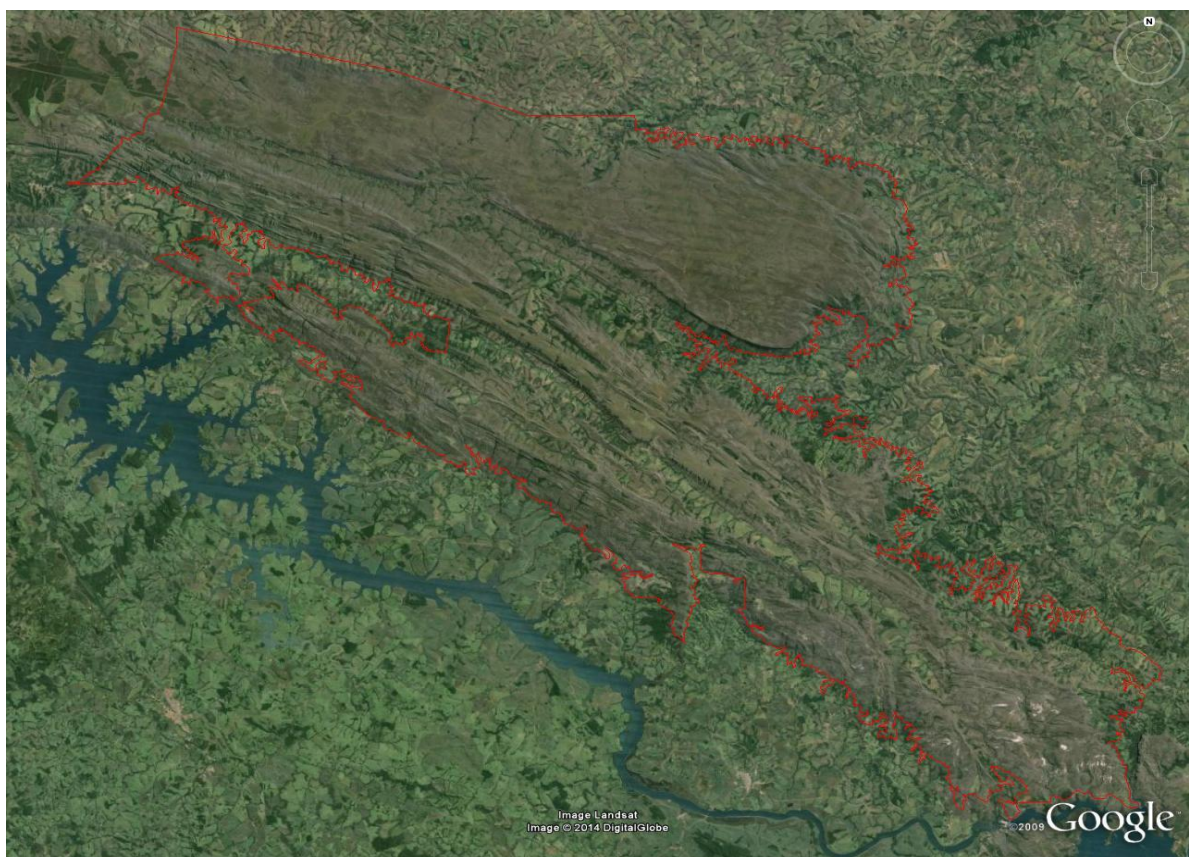


Figura 14- Imagem Google Earth; Utilizada como base para a validação das classificações.

5. Conclusão

Com o todos os dados em mãos consegui-se ter uma ideia da situação e do meio ao qual o Parque nacional da Serra da Canastra esta envolvido. Por ser uma unidade conservação de administração federal a área pertencente ao parque consegue manter a fitofisionomia correspondente a bioma da região, apresentando um bom grau de conservação apesar de toda a pressão envolta do parque causada pelas áreas de

exploração agropecuária, este na verdade seria a ameaça real a conservação da vegetação local.

Por ser uma área de grande importância em termos de conservação de bioma e de recursos hídricos a dinâmica ambiental dentro da área dessa unidade de conservação dever ser mantida dentro dos critérios estabelecidos pelos seus órgãos gestores, isso se deve principalmente pelo fato do parque proteger as nascentes de um dos rios de maior importância dentro do nosso país. Apesar de ser uma área de conservação ambiental o parque consegue movimentar a economia da região graças às visitas peritidas dentro deste fazendo com que turistas movimentem a economia local, tendo até mesmo propriedades particulares que possuem reservas particulares que recebem visitaçãõ.

Tendo em mente a importância não somente para o bioma local, mas também para uma importância em nível nacional graças as nascentes do rio São Francisco que é de suma importância para diferentes regiões o parque deve se preservar ao máximo o possível o delicado bioma ao qual o parque preserva, dificuldade sempre aparecerá, mas com devidas providencias e planejamentos e recursos adequados a conservação deste parque consegue ser mantida em patamares considerados satisfatórios e com quantidade de danos sendo minimizados, um desses passas já foi dado com a elaboração do plano de manejo específico para essa unidade de conservação de valor inestimável. Com os resultados desta pesquisa podem ser feitos trabalhos específicos que podem ter como alvo uma fitofisionomia única presente no parque que possa estar sofrendo uma maior degradação agindo assim de maneira mais eficaz e rápida poupando recursos e um tempo precioso que ser a diferença entre um pequeno problema ambiental e um problema que venha a atingir algumas centenas de hectares.

6. Agradecimentos

Ficam aqui registrados meus agradecimentos a todos aqueles que me proporcionaram o conhecimento e os meios para que eu pudesse realizar este presente trabalho, tendo por especial motivo a agradecer a Deus primeiramente pela oportunidade concedida, a minha família, meus pais Getúlio Cassimiro dos Santos, minha mãe Maria Betânia Lopes e minhas irmãs por ter paciência e entender o tipo especial de atenção ao qual uma pesquisa tão séria demanda. Agradecer aos professores Osmar Abílio de Carvalho por sua inesgotável paciência em nos ajudar a resolver os empecilhos que surgiam e ao professor Roberto Gomes por suas intervenções em

momentos em que algo passava em branco durante os processamentos realizados, e também gostaria de agradecer aos meus companheiros de curso Juan Orozco, Giuseppe Giongo, Gustavo Soares e Lucas Garcia sem esquecer principalmente ao colega José Roberto Resende por eterna disposição em ajudar-nos mais diversos momentos e sempre tendo em mãos soluções mágicas para estes.

7. Bibliografia

BARKER, J.L., HARDEN, M.K., ANUTA, E. A., SMID, J. E., HOUGHT, D. (1992). MODIS Spectral Sensivity Study: Requirements and Characterization. October, 84p.

CARVALHO JÚNIOR, O.A.; CARVALHO A.P.F.; GUIMARÃES, R.F.; MENESES, P.R. Mistura espectral: (II) classificadores espectrais para identificação. Espaço & Geografia, vol.6, n.1, p. 177-197, 2003.

CARVALHO JÚNIOR, O. A.; COUTO JÚNIOR, A. F.; SILVA, N. C.; MARTINS, E. S.; CARVALHO, A. P. F.; GOMES, R. A. T. Avaliação dos Classificadores Espectrais de Mínima Distância Euclidiana e Spectral Correlation Mapper em Séries Temporais NDVI-MODIS no Campo de Instrução Militar de Formosa (GO). Revista Brasileira de Cartografia. Nº 61(04). p. 399-412. 2009.

CARVALHO JÚNIOR, O. A.; HERMUCHE, P. M.; GUIMARÃES, R. F. Identificação regional da floresta estacional decidual na bacia do rio Paranã a partir da análise multitemporal de imagens MODIS. Revista Brasileira de Geofísica, v.24, n.3, p.319-332, 2006.

CARVALHO JÚNIOR, O. A.; SAMPAIO, C. S.; SILVA, N. C.; COUTO JÚNIOR, A. F.; GOMES, R. A. T.; CARVALHO, A. P. F.; SHIMABUKURO, Y. E. Classificação de padrões de savana usando assinaturas temporais NDVI do sensor MODIS no parque Nacional Chapada dos Veadeiros. Revista Brasileira de Geofísica, v.26, n.4, p.505-517, 2008.

CARVALHO JÚNIOR, O. A.; SILVA, N. C.; CARVALHO, A. P. F.; COUTO JÚNIOR, A. F.; SILVA, C. R.; SHIMABUKURO, Y. E.; GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A. T. Combining Noise-Adjusted Principal Components transform and median filter techniques for denoising MODIS temporal signatures. Revista Brasileira de Geofísica, v. 30, n. 2, p. 147-157, 2012.

CERQUEIRA, Eduardo O.; POPPI, Ronei J.; KUBOTA, Lauro T. and MELLO, Cesar. Utilização de filtro de transformada de fourier para a minimização de ruídos em sinais analíticos. *Quím. Nova*[online]. 2000, vol.23, n.5, pp. 690-698. ISSN 0100-4042. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422000000500019>.

CHEN, Jin; et al. A simple method for reconstructing a high-quality NDVI time-series data set based on the Savitzky-Golay filter. *Remote Sensing of Environment*, v. 91, n.3-4, p. 332-334, 2004.

ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY. Wetland Mapping and Classification Methodology – Overall Framework – A Method to Provide Baseline Mapping and Classification for Wetlands in Queensland, Version 1.2. Queensland Government, Brisbane, 2005.

LATORRE, M. L.; ANDERSON, L.O.; SHIMABUKURO, Y.O.; CARVALHO JÚNIOR, O. A. Sensor MODIS: características gerais e aplicações. *Espaço & Geografia*, v.6, N°1, 2003.

NASA. National Aeronautics and Space Administration. MODIS Specification. Disponível em: <<http://modis.gsfc.nasa.gov/about/specifications.php>>. Acesso em: julho de 2013.

ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY. Wetland Mapping and Classification Methodology – Overall Framework – A Method to Provide Baseline Mapping and Classification for Wetlands in Queensland, Version 1.2. Queensland Government, Brisbane, 2005.

MENESES, P. R.; SANO E. E. Classificação pixel a pixel de imagens. In: MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. *Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto*. 1. ed Brasília: UnB, 2012. cap.12, p.191-208.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (*ICMBIO*). Plano de Manejo do Parque Nacional da Serra da Canastra, 2005.