SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
CAMPUS DE NOVA XAVANTINA
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

APLICAÇÃO DO SENSORIAMENTO REMOTO NA DETERMINAÇÃO DA VEGETAÇÃO SAZONAL DO CERRADO EM NOVA XAVANTINA-MT

Carlos Cesar Silva Jardim

Nova Xavantina-MT
Dezembro, 2016

SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
CAMPUS DE NOVA XAVANTINA
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

APLICAÇÃO DO SENSORIAMENTO REMOTO NA DETERMINAÇÃO DA VEGETAÇÃO SAZONAL DO CERRADO EM NOVA XAVANTINA-MT

Carlos Cesar Silva Jardim

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Bacharelado em Agronomia da Universidade do Estado de Mato Grosso - *Campus* de Nova Xavantina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Prof.ª Dr.ª Alessandra Conceição Oliveira

Nova Xavantina-MT
Dezembro, 2016

Ficha Catalográfica

Jardim, Carlos Cesar Silva.
Aplicação do sensoriamento remoto na determinação da vegetação sazonal do Cerrado em Nova Xavantina-MT/ Carlos Cesar Silva Jardim. – 2016.

Orientadora: Dra. Alessandra Conceição Oliveira.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em Engenharia Agronômica) - Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, *Campus* de Nova Xavantina, 2016.
Inclui bibliografia.

1. Imagens de satélite 2. Monitoramento 3. Biomassa. I. Título.

I. Oliveira, Alessandra Conceição. II. Universidade do Estado de Mato Grosso, *Campus* de Nova Xavantina. III. Aplicação do sensoriamento remoto na determinação da vegetação sazonal do Cerrado em Nova Xavantina-MT.

TERMO DE APROVAÇÃO

APLICAÇÃO DE ÍNDICES DE VEGETAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO PARA CARACTERIZAÇÃO SAZONAL DO CERRADO EM NOVA XAVANTINA

Carlos Cesar Silva Jardim

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado à Coordenação do Curso de Bacharelado em Agronomia da Universidade do Estado de Mato Grosso - *Campus* de Nova Xavantina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Aprovado em ___ de _____de _____.

Banca Examinadora:

_____

Profa. Dra. Alessandra Conceição de Oliveira
(Presidente)
Curso de Agronomia
Universidade do Estado de Mato Grosso

_____

Prof. Vinicius Melo Nogueira Silva
(Membro titular)
Curso de Agronomia
Universidade do Estado de Mato Grosso

_____

Raony de Macêdo Alencar
(Membro titular)
Biólogo, Mestrando em Ecologia e conservação
Universidade do Estado de Mato Grosso

_____

Prof. Me. Vandoir Holtz
(Membro suplente)
Curso de Agronomia
Universidade do Estado de Mato Grosso

Ofereço:

Aos meus pais

Carlos Alberto de Souza Jardim

Lucy Souza Silva

Dedico:

As diversas famílias que eu me encontro.

Ao meu Avô Dorvalino José Marques Freitas por representar a tradição da família e ser nosso guia espiritual.

Aos meus sobrinhos Luan, Diogo, Kawwanny, Hortência e Julia por representarem a continuidade dos nossos sonhos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço:

- Aos meus pais **Carlos Alberto de Souza Jardim e Lucy Souza Silva**;

Por terem fornecido uma formação pessoal na qual me orgulho em ter, e por darem todo apoio possível para a integralização do curso. Sou grato por todos as vezes na qual me ampararam nos momentos de fraqueza e incertezas, possibilitando que eu sempre tivesse a oportunidade de escolher por qual caminho seguir.

- A minha irmã **Josilene Silva Jardim**;

Pelo amparo tanto financeiro quanto psicológico para enfrentar a época de faculdade. Também por ser minha amiga inseparável, que mesmo à distância, sempre estava presente para conversarmos e brincarmos.

- A minha namorada **Rosilene Oliveira dos Santos**;

Por ser minha eterna escudeira, minha companheira de todas as horas. Por estar me aconselhando sobre as horas difíceis, e animando as horas tristes. Sou grato por ser a minha metade tanto pessoalmente, quanto profissionalmente.

- Aos meus sogros **Wilson e Elza,** e cunhados **Grazielly e Weberton**;

Por serem minha segunda família, e me auxiliarem nessa caminhada. E estarem sempre dispostos em ajudar.

- A minha orientadora **Profª. Drª. Alessandra Conceição de Oliveira**;

Por ser minha apoiadora em diversos projetos de vida, mesmo que não fossem levados adiante. Por ter disponibilidade de resolver questionamentos nos mais diversos assuntos e nos mais diversos horários. Por ser uma pessoa a seguir o exemplo de vida, no qual sempre me apoia em continuar na vida acadêmica. E por ser amiga de todas as horas.

- Ao meu coorientador **Vinicius Melo Nogueira**;

Por estar apoiando o projeto e aceitar participar do meu processo de avaliação. Por ser amigo fora do âmbito da faculdade desde o início da minha graduação.

- Ao titular de mesa **Raony de Macêdo Alencar**;

Por apoiar prontamente o projeto e aceitar participar do processo avaliativo na apresentação do mesmo.

- Ao professor **Me. Vandoir Holtz**;

Por ser um profissional excepcional, no qual sempre se tem informações uteis na formação profissional. Por apoiar prontamente o projeto e aceitar participar do processo avaliativo na apresentação do mesmo.

- Aos meus amigos **Turma 2012/2 e agregados**.

Por serem a turma mais heterogênea e diferentemente unida. Agradeço por todos os momentos de risadas que serão lembrados para todo o sempre.

- Ao amigo irmão **Rafael Guimarães de Alencar**;

Por sempre estar nos momentos de dificuldade, e de alegrias, por ser sempre solicito em ajudar nas árduas tarefas. Também por estar sempre trazendo novidades para distração dos momentos tensos do curso.

- Aos **professores** da Unemat-NX

Por serem responsáveis em repassar as informações durante o processo de formação, uns com mais afinidade outros com menos, porem todos com seu mérito em desempenhar seu papel nesse processo.

- A **Sociedade Brasileira de Eubiose**;

Por ajudar na caminhada da formação pessoal, sempre fornecendo as chaves que abrem novos horizontes. Por ter papel fundamental na formação intelectual filosófica.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 1

2. OBJETIVOS 4

2.1 Objetivo geral 4

2.2 Objetivos específicos 4

3. MATERIAL E MÉTODOS 5

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 11

5. CONCLUSÕES 22

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 23

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Distribuição geografica do Cerrado brasileiro..... 1
Figura 2a- Contorno do Parque Municipal Prof. Mario Viana..... 5
Figura 2b- Área de estudo (detalhe em camada)..... 5
Figura 3- Bandas espectrais Landsat 8..... 6
Figura 4- "toolbox" para plotagem de *green* NDVI..... 7
Figura 5- "toolbox" para plotagem de *red* NDVI..... 7
Figura 6- "toolbox" para plotagem de NPCI..... 8
Figura 7- "toolbox" para plotagem de NPCI..... 8
Figura 8- "toolbox" para plotagem de SAVI..... 9
Figura 9- "toolbox" para plotagem de SR..... 9
Figura 10 a- *green* NDVI do mês de setembro..... 12
Figura 10 b- *green* NDVI do mês de janeiro..... 12
Figura 10 c- gráfico do comportamento sazonal do índice *green* NDVI..... 13
Figura 11 a- *red* NDVI do mês de setembro..... 13
Figura 11 b- *red* NDVI do mês de janeiro..... 13
Figura 11 c- gráfico do comportamento sazonal do índice *red* NDVI..... 14
Figura 12 a- NPCI do mês de setembro..... 15
Figura 12 b- NPCI do mês de janeiro..... 15
Figura 12 c- gráfico do comportamento sazonal do índice NPCI..... 15
Figura 13 a- PSRI do mês de setembro..... 16
Figura 13 b- PSRI do mês de janeiro..... 16
Figura 13 c- gráfico do comportamento sazonal do índice PSRI..... 16
Figura 14 a- SAVI do mês de setembro..... 17
Figura 14 b- SAVI do mês de janeiro..... 17
Figura 14 c- gráfico do comportamento sazonal do índice SAVI..... 17
Figura 15 a- SR do mês de setembro..... 18
Figura 15 b- SR do mês de janeiro..... 18
Figura 15 c- gráfico do comportamento sazonal do índice SR..... 18

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Demonstrativo descritivo de análise de correlação linear de Pearson..... 10

Tabela 2- Dados climáticos históricos da estação 83319 (estação meteorológica situada dentro do Parque Municipal Prof. Mario Viana) 11

Tabela 3- Matriz de correlação linear de Pearson para os índices de vegetação..... 19

Tabela 4- Matriz de correlação linear de Pearson para os índices de vegetação e os dados climáticos históricos..... 20

RESUMO

O Cerrado é a segunda maior cobertura vegetal natural do Brasil, perfazendo cerca de 23% da área total, localizado na maioria de sua extensão no Planalto Central Brasileiro. O Bioma é representado por uma junção de várias fitofisionomias, formando um mosaico em constante transição entre eles. Para a análise do Cerrado é utilizado o sensoriamento remoto, que está amplamente aplicado para o monitoramento de coberturas vegetais, e principalmente avaliando o desempenho espacial e/ou fisiológico. Os índices de vegetação são técnicas para monitoramento das plantas, sendo os índices de vegetação utilizados *green* NDVI, *red* NDVI, NPCI, PSRI, SAVI, SR analisados com auxílio das imagens do satélite Landsat 8, e o software Arcmap®. O objetivo do trabalho foi analisar imagens do satélite Landsat 8 para de caracterização sazonal da vegetação do Cerrado. Para *green* NDVI há uma diferença entre os meses analisados. Para *red* NDVI há uma regularidade na vegetação após a influência dos elementos climáticos. O índice NPCI a mediana se encontra semelhante aos mínimos índices de senescência. Para PSRI há uma tendência mínima de mortalidade de tecidos durante o período de avaliação. O índice SAVI há uma maior homogeneidade entre os meses de dezembro a fevereiro com altos índices vegetativos. Para SR sendo possível distinguir dentro do mapa temático as classes de vegetação, porem com menos precisão. A correlação linear de Pearson demonstrou uma forte correlação entre os índices, e a correlação dos índices de vegetação com os dados climáticos demonstraram uma forte correlação com a umidade relativa do ar e uma fraca influência para o balanço hídrico. Conclui-se que as imagens obtidas gratuitamente são eficientes para caracterização do acumulo de biomassa em vegetações naturais.

Palavras-chave: Imagens de satélite, monitoramento, biomassa.

ABSTRACT

The Cerrado is the second largest natural vegetation cover in Brazil, accounting for about 23% of the total area, located in most of its extension in the Brazilian Central Plateau. A junction of several phytophysiognomies, forming a mosaic in constant transition between them, represents the biome. For the analysis of the Cerrado, remote sensing is used, which is widely applied to the monitoring of vegetation cover, mainly evaluating the spatial and / or physiological performance. The vegetation indices are techniques for plant monitoring, with *green* vegetation indexes being used *green* NDVI, NDVI network, NPCI, PSRI, SAVI, SR analyzed using Landsat 8 satellite imagery and Arcmap® software. The objective of this work was to analyze images of Landsat 8 satellite for the seasonal characterization of Cerrado vegetation. For *green* NDVI there is a difference between the analyzed months. For NDVI *red* there is a regularity in the vegetation after the influence of the climatic elements. The median NPCI index is similar to the minimum senescence indexes. For PSRI there is a minimal trend of tissue mortality during the evaluation period. The SAVI index shows a greater homogeneity between the months of December and February with high vegetative indexes. For SR it is possible to distinguish within the thematic map the vegetation classes, but with less precision. Pearson's linear correlation showed a strong correlation between the indices and the correlation of vegetation indices with climatic data showed a strong correlation with relative humidity and a weak influence on the water balance. It is concluded that the images obtained free are efficient for the characterization of the biomass accumulation in natural vegetation.

Keywords: Satellite images, monitoring, biomass.

1. INTRODUÇÃO

O Cerrado é a segunda maior cobertura vegetal natural do Brasil, perfazendo cerca de 23% da área total, e possui uma grande biodiversidade em sua extensão com cerca de 30% da biodiversidade brasileira (RESENDE, 2012). A grande biodiversidade dos campos naturais é ameaçada por diversas atividades, caracterizando o Cerrado brasileiro como um dos principais *"hotspots"* (pontos de alta probabilidade de degradação ecológica) (ROCHA et.al.,2009).

O Cerrado localiza-se na maioria de sua extensão no Planalto Central Brasileiro (Figura 1), é caracterizado por possuir épocas do ano bem definidas com chuvas de primavera/verão e período seco no outono/inverno, e o clima na maioria da extensão é tropical de caráter subúmido (BASTOS; FERREIRA, 2010). Naturalmente o solo se apresenta com diversas formações, sendo encontrados solos menos intemperizados como os Neosolos e solos mais intemperizados como os latossolos, porém como o material de origem são semelhantes, possuem a caraterística de alta acidez e baixa disponibilidade de nutrientes (KLINK; MACHADO, 2005).



Figura 1- Distribuição geografica do Cerrado brasileiro

Na formação histórica do Cerrado é natural a presença de fogo, tanto de atividades antrópicas e também o fogo de origem natural (raios, decomposição de material orgânico), provocando a seleção das plantas com maior resiliência e resistência na recuperação após as queimadas (SILVA et.al., 2011). Também se destaca fatores temporais (tempos geológico e ecológico) e espaciais (variações locais) que são responsáveis nas formações florestais do bioma Cerrado (RIBEIRO; WALTER, 2008).

Segundo RESENDE (2012), o Cerrado é representado por uma junção de várias fitofisionomias, formando um mosaico em constante transição entre eles, também descrito por

RIBEIRO; WALTER (2008) como a junção das fitofisionomias, e que são descritos onze tipos fitofisionômicos gerais, enquadrados em formações florestais (Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão), savânicas (Cerrado sentido restrito, Parque de Cerrado, Palmeiral e Ver*ed*a) e campestres (Campo Sujo-Campo Rupestre e Campo Limpo), muitos dos quais apresentam subtipos.

Segundo Dias (1992), a preservação dos recursos dos Cerrados é mediada pela consolidação e divulgação dos conhecimentos sobre os aspectos que compõe o ecossistema e seu desempenho diante dos fatores impactantes. O Cerrado precisa ser analisado não apenas como base extrativa, pois para conservar a riqueza genética deve-se utilizar uma exploração sustentável de seus recursos, afim de preservar o patrimônio genético dos Cerrados, precisa-se considerar os recursos bióticos, os diferentes ecossistemas em diferentes regiões, e os efeitos da divisão das áreas (MAROUELLI, 2003)

O uso do Cerrado é considerado alarmante, pois atingiu a marca de 55% de sua extensão em 2002, de acordo com dados obtidos por sensores MODIS usados no sensoriamento remoto, devido a expansão das atividades antrópicas, sendo que nos demais biomas não há um avanço agressivo para as áreas naturais devido a diferenciação dos biomas no Código Florestal, que considera o uso de até 80% da área total desse bioma (KLINK e MACHADO, 2005). Atualmente o sensoriamento remoto está amplamente aplicado para o monitoramento de coberturas vegetais, e principalmente avaliando o desempenho espacial e/ou fisiológico (ABREU; COUTINHO, 2014)

O sensoriamento remoto é o conjunto de processos que abordam a aquisição de conhecimentos relativos aos recursos naturais da Terra ou seu meio ambiente, através de sensores instalados em artifícios em altitude (balões, foguetes, aviões e satélites), coletando a radiação eletromagnética emitida ou refletida por um alvo, transformando em um sinal que em seguida é processado em terra, com fins de geração de imagens temáticas (ALMEIDA, 2010). O início dos programas de obtenção de imagens de sensoriamento remoto, para observação dos recursos sobre todo o globo, teve início por meados de 1970 através do programa do Estados Unidos da América, chamado Landsat. Além dos EUA, outros países vêm se instalando na área espacial para possuírem seus próprios satélites de sensoriamento remoto para observação dos objetos de interesse (SOUZA, 2009).

O Landsat é o programa de satélites de recursos terrestre com maior tempo de operação, atuando continuamente desde 1972 e disponibilizando imagens gratuitas desde 1973, o

programa oferece um importantíssimo acervo histórico de imagens orbitais (NASA, 2016). Em 2013 foi lançada a Missão de Continuidade dos Dados Landsat (LDCM) – denominada de Landsat 8. Esse novo satélite trouxe muitas novidades importantes para usuários que solicitam mapeamentos em mesoescala, como o Brasil. Possui dois sensores novos: o sensor espectral OLI e o sensor termal TIRS, as melhorias na resolução espectral são positivas e foram acrescentadas duas bandas espectrais: a *new coastal* (banda 1), projetada designadamente para os recursos hídricos e verificação da zona costeira, e o canal de infravermelho (banda 9), para a análise de nuvens Cirros. (USGS, 2016)

O exemplo mais notório que visivelmente demonstra a divisão de bandas é a criação de índices, sendo mais popular os que apontam o realce das alterações de densidade da cobertura vegetal, ao qual se nomeia de índice de vegetação (MENESES; ALMEIDA, 2012). Segundo Rosa (2009), os índices de vegetação empregam as bandas do vermelho e do infravermelho próximo por conterem mais de 90 % da diferença da resposta espectral da vegetação e esses índices destacam o seu desempenho espectral, correlacionando-os com as características biofísicas da vegetação. De acordo com o autor, as bandas espectrais correspondentes ao vermelho (0,65 a 0,72 μm) e ao azul (0,45 a 0,50 μm) são as mais utilizadas pela folha na fotossíntese, pois os pigmentos da planta absorvem a radiação nas dimensões de onda 0,48 μm (carotenoides) e 0,62 μm (clorofila) sendo a refletância é muito baixa nestas bandas. Já na banda do infravermelho próximo (0,7 a 1,3 μm), segundo Moreira (2001), a absorção da radiação eletromagnética é muito baixa (menos de 15 %) e a refletância pode chegar a 50 % dependendo da estrutura anatômica das folhas.

O primeiro índice a ser desenvolvido foi o "SR-*simple ratio*", através de equação matemática entre as bandas, e com o aperfeiçoamento das técnicas de sensoriamento remoto permitiu-se que se desenvolvessem vários índices de acordo com o objeto de estudo e produto final a ser analisado (RODRIGUES et.al., 2013). Assim, conhecer a distribuição das coberturas vegetais e suas modificações fenológicas são um aspecto imprescindível para o planejamento de uma política lógica e competente de desenvolvimento sustentável, assim como para estimativa objetiva da coexistência de diferentes ecossistemas, sejam naturais, agrícolas ou industriais (CAVANESI, 2005).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Analisar imagens do satélite Landsat 8 para de caracterização sazonal da vegetação do Cerrado

2.2 Objetivos específicos

- Calcular os índices de vegetação do Cerrado durante 1 ano.
- Relacionar dados climáticos com a variação dos índices de vegetação durante 1 ano no ano com menor pluviosidade.
- Destinguir os períodos de acúmulo e de decréscimo dos índices de vegetação em função do clima
- Definir a qualidade de imagens gratuitas para análise temporal da recuperação natural do Cerrado.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está situada no município de Nova Xavantina-MT, denominado como Parque Municipal Prof. Mario Viana, com referencial geodésico nas coordenadas -14.704463°-52.353500°, com uma área de aproximadamente 490 ha sendo caracterizado previamente por Ribeiro; Walter (2008) como sentido restrito. Sendo esse analisado para possibilitar a observação da transição entre fitofisionomias (Figura 2a).

Para determinar os estudos *in loco* prévio, as características das fitofisionomias existentes, desconsiderado a área onde há uma intensa ação antrópica (Figura 2b), afim de avaliar o comportamento natural resiliente do Cerrado. Para a análise da resiliência e resistência do Cerrado ao longo do ano foram definidos 12 meses de dados, iniciando em junho de 2015 e termino em maio de 2016.



Figura 2a- Contorno do Parque Municipal Prof. Mario Viana

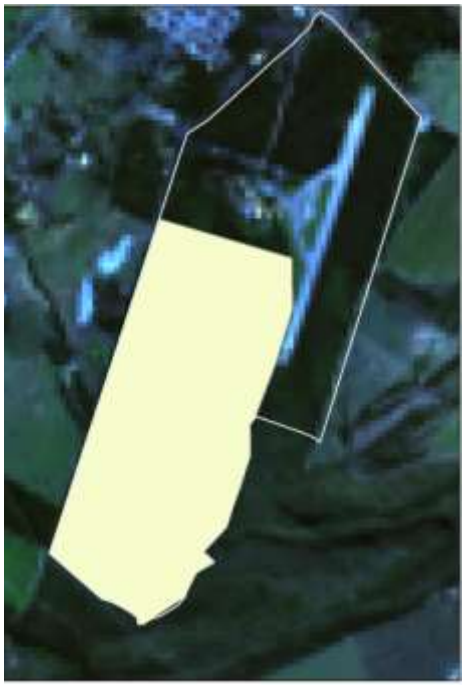


Figura 2b- Área de estudo (detalhe em camada)

A realização do sensoriamento remoto foi através da obtenção de mosaico de imagens orbitais capturadas por meio do satélite Landsat 8, e disponibilizada no portal da USGS Explorer, sob responsabilidade do governo Norte americano e da NASA. Os arquivos são de livre acesso em formato compactado, com pasta de trabalho com onze camadas espectrais disponíveis conforme a Figura 3.

SATÉLITE LANDSAT-8	
Características	Sensores
	Operacional Land Imager (OLI) Bandas 1 a 9 e *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) Bandas 10 e 11
Largura de Faixa	170x185 km
Bandas Espectrais/Resolução espacial	Banda 1 Coastal aerosol (0,43-0,45 µm) - 30 m Banda 2 Blue (0,450-0,51 µm) - 30 m Banda 3 Green (0,53-0,59 µm) - 30 m Banda 4 Red (0,64-0,67 µm) - 30 m Banda 5 Near Infrared NIR(0,85-0,88 µm) - 30 m Banda 6 SWIR 1 (1,57-1,65 µm) - 30 m Banda 7 SWIR 2 (2,11-2,29 µm) - 30 m Banda 8 Panchromatic (PAN) (0,50-0,68 µm) - 15 m Banda 9 Cirrus (1,36-1,38 µm) - 30 m Banda 10 Thermal Infrared TIRS 1 (10,6-11,19 µm) - 100 m Banda 11 Thermal Infrared TIRS 2 (11,5-12,51 µm) - 100 m
Resolução Radiométrica	16 Bits
Projeção	Projeção UTM, Datum WGS 1984
Revisita	16 dias
Órbita	Heliossíncrona (altitude de 705 km)

Fonte: *United States Geological Survey* (USGS, 2013).

Figura 3- Bandas espectrais Landsat 8

O mosaico das bandas de trabalho utilizadas no sensoriamento remoto para análise dos diferentes métodos de índice de vegetação possui uma resolução ampla, em que um pixel da imagem possui 900 m^2, possibilitando uma amostragem de cerca de aproximadamente 10 pixels por ha. As bandas *Blue*, *Green*, *Red* e NIR são espectrais utilizadas para a determinação dos índices de vegetação, podendo ocorrer uma variação na numeração e nomenclatura de banda de acordo com o programa Landsat a ser trabalhado.

Para representação real do local foi necessária a composição de uma imagem com três bandas espectrais, sendo as bandas *Blue*, *Red* e *Green*, o que possibilitou uma orientação prática na determinação do contorno da área de estudo. Após a locação da área (Figura 2a e b), corrigiu-se os traçados para minimizar os possíveis erros com valores não representativos.

Para análise de índices de vegetação utilizou-se os que mais apresentaram um maior acervo de informações para comparação de médias, sendo os mais comuns em outros programas Landsat existentes. Para a determinação dos índices de vegetação sazonais foram desenvolvidos "*toolbox*" para agilizar o processo de análise das imagens. Com isso o experimento utilizou-se dos seguintes programas:

a) A determinação do índice de vegetação da diferença normalizada verde (*green* NDVI) foi com a fórmula proposta por Gitelson (2003). Onde se obtém os índices variáveis de acordo com a utilização das bandas Grenn e NIR, conforme a equação e *"toolbox"* a seguir:

$$\textbf{grenn NDVI} = \frac{\textbf{NIR} - \textbf{green}}{\textbf{NIR} + \textbf{green}}$$

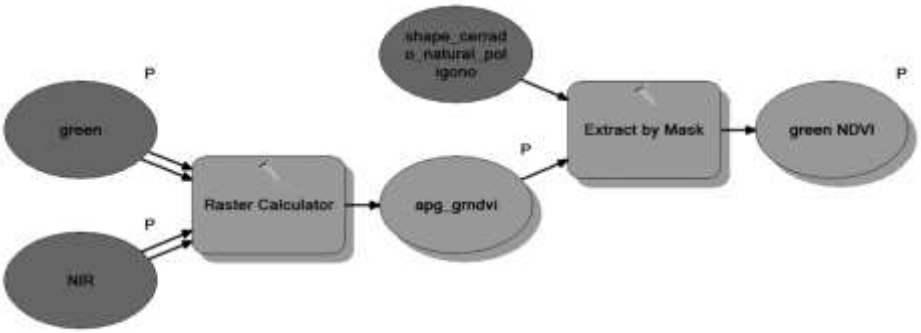


Figura 4- "toolbox" para plotagem de *green* NDVI

b) O índice de vegetação da diferença normalizada vermelha (*red* NDVI) foi determinada com a fórmula proposta por Hatfield; Prueger (2010). Onde se obtém os índices variáveis de acordo com a utilização das bandas *Red* e NIR, conforme a equação e *"toolbox"* a seguir:

$$\textbf{red NDVI} = \frac{\textbf{NIR} - \textbf{red}}{\textbf{NIR} + \textbf{red}}$$

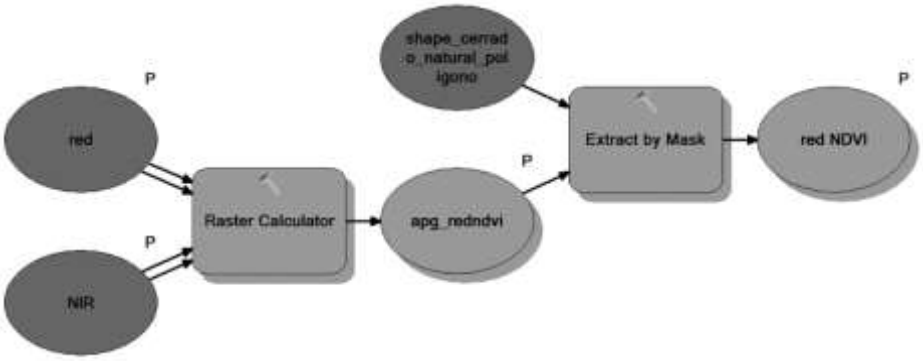


Figura 5- "toolbox" para plotagem de *red* NDVI

c) A determinação do Índice Normalizado de Pigmento da Clorofila (NPCI) foi com a fórmula proposta por Merzlyak (1999). Onde se obtém os índices variáveis de acordo com a utilização das bandas *Red* e *Blue*, conforme a equação e *"toolbox"* a seguir:

$$\textbf{NPCI} = \frac{\textbf{red} - \textbf{blue}}{\textbf{red} + \textbf{blue}}$$

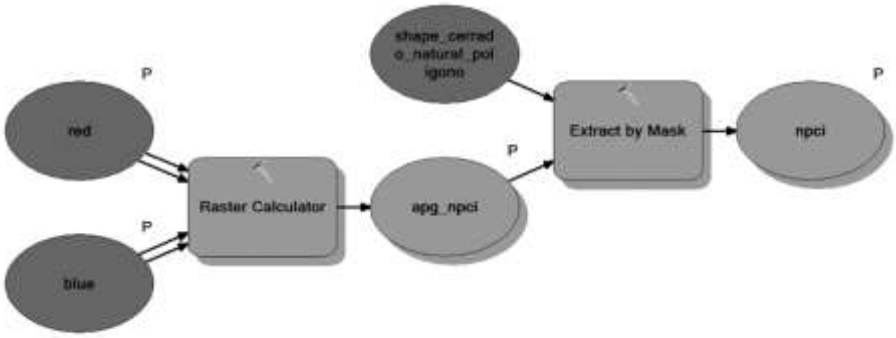


Figura 6- "toolbox" para plotagem de NPCI

d) O Índice de refletância da senescência da planta (PSRI) foi determinada com a fórmula proposta por Lee (2008). Onde se obtém os índices variáveis de acordo com a utilização das bandas *Red*, *Green* e NIR conforme a equação e *"toolbox"* a seguir:

$$\boldsymbol{PSRI = \frac{red - green}{NIR}}$$

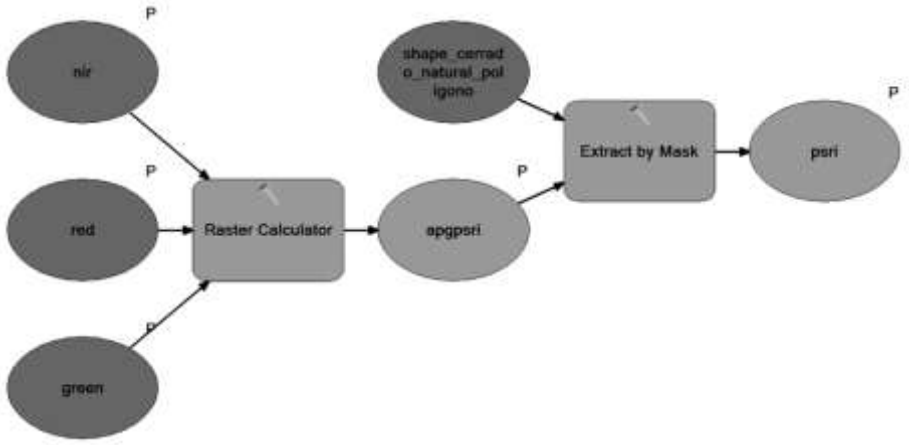


Figura 7- "toolbox" para plotagem de NPCI

e) A determinação do Índice de vegetação ajustado ao solo (SAVI) foi com a fórmula proposta por Huete (1988). Onde se obtém os índices variáveis de acordo com a utilização das bandas *Red* e NIR conforme a equação e *"toolbox"* a seguir:

$$\boldsymbol{SAVI = (NIR - red) . (1 + L)/(NIR + red + L)}$$

Onde: L= 0,5 (vegetação de média densidade)

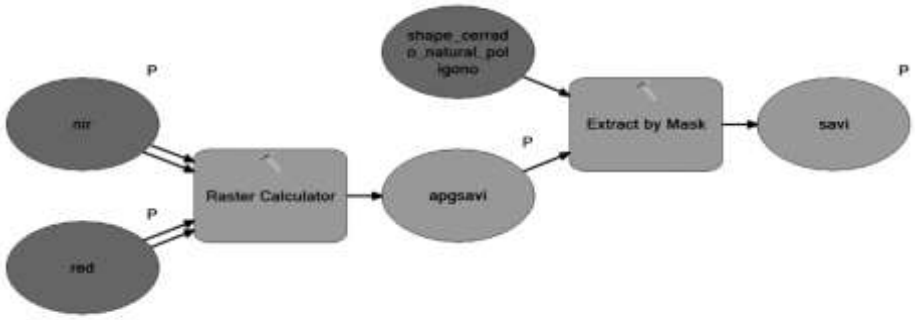


Figura 8- "toolbox" para plotagem de SAVI

f) O Índice de vegetação de simples razão (SR) foi determinada com a fórmula proposta por Jordan (1969). Onde se obtém os índices variáveis de acordo com a utilização das bandas *Red* e NIR conforme a equação e *"toolbox"* a seguir:

$$\boldsymbol{SR = \frac{NIR}{red}}$$

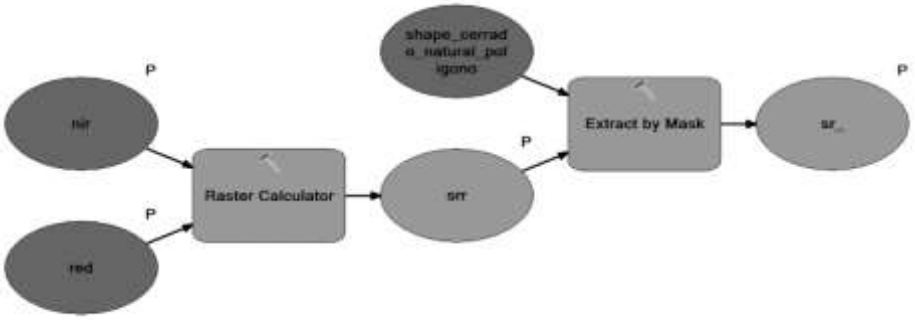


Figura 9- "toolbox" para plotagem de SR

Após a plotagem de todos os parâmetros, os dados foram tabulados em planilha Excel® para confecção dos gráficos e cálculos dos desvios padrões existentes, e para determinação da influência entre os fatores, foi calculado a correlação linear de Pearson. Também houve a interpolação entre os mesmos índices e os dados climáticos históricos da área obtidos através do acesso ao banco de dados disponível no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Para a todas os processos de geoprocessamento foi utilizado os softwares Arcmap®, com a extensão Spatial Analyst, e para tabulação de dados e plotagem de gráficos o software Excel®. Para a interpretação dos dados após a correlação linear de Pearson foi utilizada a escala demonstrada na tabela 1, onde os valores são adimensionais variando de -1 a 1.

Tabela 1- Demonstrativo descritivo de análise de correlação linear de Pearson

Índice	Descrição
>0.7	Positivo ou negativo indica uma correlação forte.
0.4 a 0.69	Positivo ou negativo indica uma correlação moderada.
0.1 a 0.39	Positivo ou negativo indica uma correlação fraca.
0 a 0.1	Não há correlação

Fonte: adaptado de Figueiredo Filho & Silva Jr 2009

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados climáticos históricos obtidos por meio de cadastro no banco de dados do INMET, possibilitaram a observação de valores relevantes para a caracterização do potencial produtivo de biomassa em uma área. Sendo determinante para zoneamento ecológico e quando em conjunto com as características do solo possibilita a formação de determinadas vegetações.

Tabela 2- Dados climáticos históricos da estação 83319 (estação meteorológica situada dentro do Parque Municipal Prof. Mario Viana).

Meses	Evapotranspiração real (mm/mês)	Insolação Total (h/mês)	Precipitação Total (mm/mês)	Umidade Relativa Média (%)	Balanço hídrico (mm/mês)
Junho 2015	33.27	276.90	0.00	78.83	-33.27
Julho 2015	25.97	275.80	16.70	74.50	-9.27
Agosto 2015	11.96	279.30	8.50	67.97	-3.46
Setembro 2015	16.96	247.30	15.40	62.70	-1.56
Outubro 2015	21.97	212.30	20.60	66.53	-1.37
Novembro 2015	150.94	205.10	170.70	76.98	19.76
Dezembro 2015	65.13	214.20	59.10	82.90	-6.03
Janeiro 2016	96.39	99.10	125.60	90.69	29.21
Fevereiro 2016	43.72	211.30	41.50	83.98	-2.22
Março 2016	145.57	192.80	247.60	84.19	102.03
Abril 2016	79.08	274.40	7.00	77.53	-72.08
Maio 2016	27.71	271.30	7.80	74.18	-19.91

Fonte: INMET

Na tabela 2, observa-se que a evapotranspiração real, que é a soma da transpiração das plantas e a evaporação, teve dois maiores picos sendo nos meses de novembro e de março, e os menores valores são nos meses de agosto e setembro. Para o fator insolação total, que leva em consideração a soma do número de horas por dia durante o período, os maiores índices foram observados durante o mês de agosto e os menores índices durante o mês de janeiro, devido à alta intensidade de formação de nuvens, características da época, corroborando com a classificação climática de Köppen para a região Aw.

A precipitação média durante o período de avaliação também é característica da região onde se encontram os Cerrados brasileiros, sendo os meses com maior intensidade de chuvas durante o verão e os menores índices para os meses de inverno. A umidade relativa do ar tende a manter-se estável porem em épocas de baixa pluviosidade pode se mensurar índices perto de 60% que é o limitante para o desenvolvimento de plantas, pois as mesmas dispõem de mecanismos controladores para a perda de água através do fechamento de seus estômatos.

O balanço hídrico é a diferença entre o somatório de precipitação pluviométrica e a evapotranspiração total. Com esses dados permite-se conhecer o saldo de água disponível no sistema solo-planta-atmosfera para o desenvolvimento da vegetação sendo ela natural ou cultivada. Visto que a área analisada é um parque de conservação permanente, e não há a remoção da vegetação de cobertura, deve-se atentar para anos em que o balanço hídrico for negativo em altas proporções.

Os mapas gerados pelo software Arcmap® demostraram variáveis sazonais para os índices de vegetação analisados, sendo levado em consideração todos os dados dentro da área de contorno, sem a exclusão de "out layers" (dados fora do padrão esperado), pois se trata de uma vegetação natural com pouca influência antropogênica. Os índices de vegetação no geral possuíram comportamentos semelhantes, do ponto de vista visual, porem com auxílio das tabulações de dados demonstra-se que há variações para cada índice analisado.

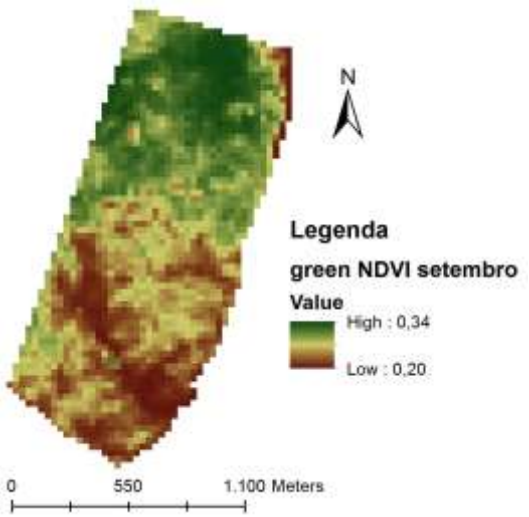


Figura 10 a- *green* NDVI do mês de setembro

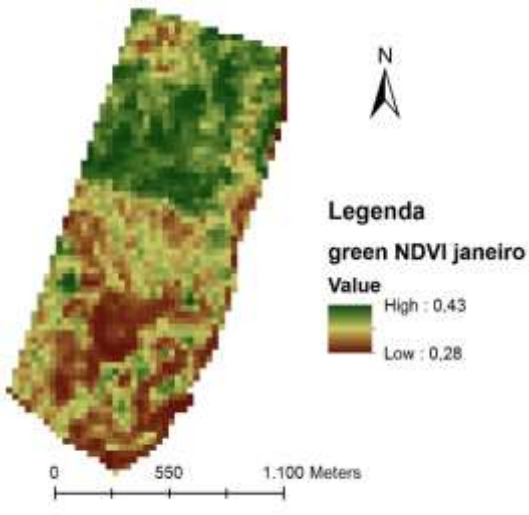


Figura 10 b- *green* NDVI do mês de janeiro

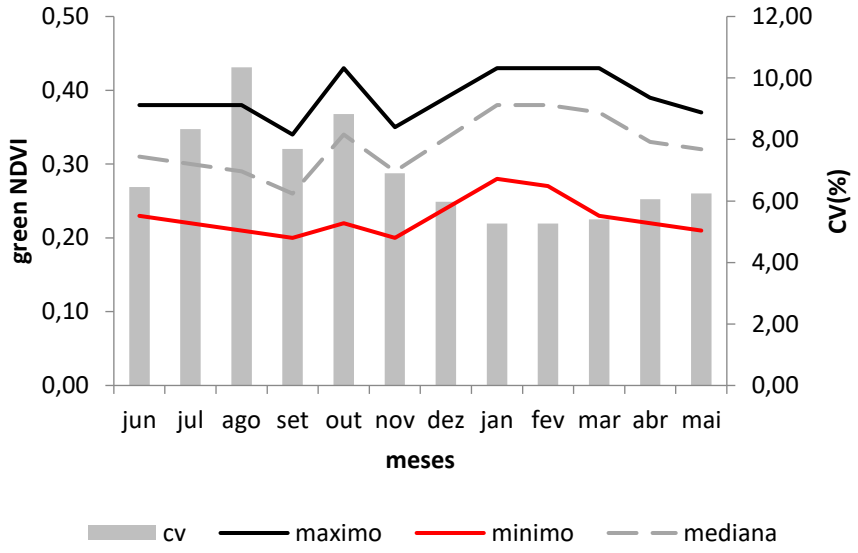
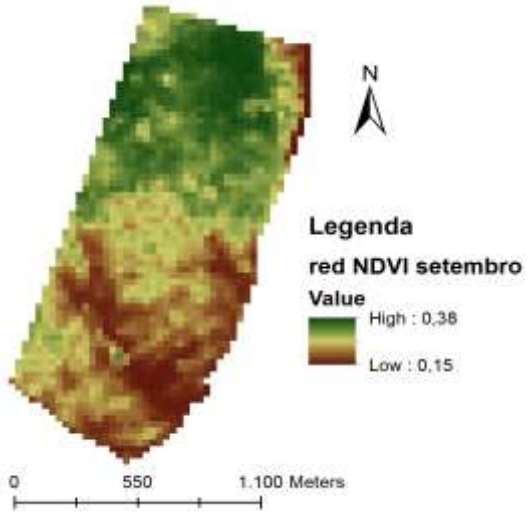


Figura 10 c- gráfico do comportamento sazonal do índice *green* NDVI

Nas figuras 10, podemos observar os dados obtidos depois da geração dos mapas de *green* NDVI com suas características sazonais, onde há uma diferença entre os meses analisados. Destaca-se também os coeficientes de variação que demonstram que quando há uma análise conjunta dos dados em uma área de vegetação natural tende-se a encontrar uma disparidade tendo em vista as diferentes fitofisionomias existentes na área. O *Green* NDVI, usado por Navarro et al. (2015), é uma das fórmulas do NDVI, utilizada para identificar diferentes concentrações de clorofila na vegetação sendo a banda *Green* mais sensível para identificar as condições nutricionais da vegetação.



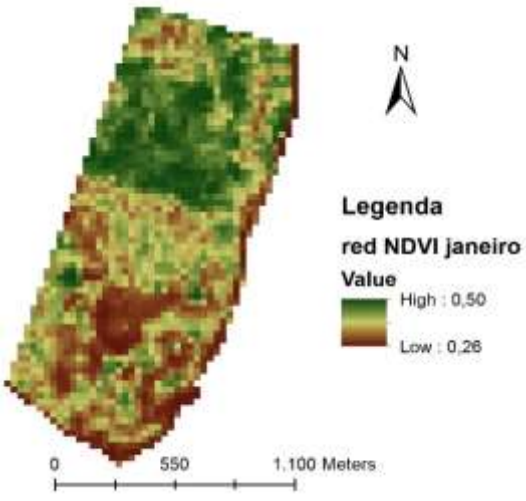


Figura 11 a- *red* NDVI do mês de setembro **Figura 11 b**- *red* NDVI do mês de janeiro

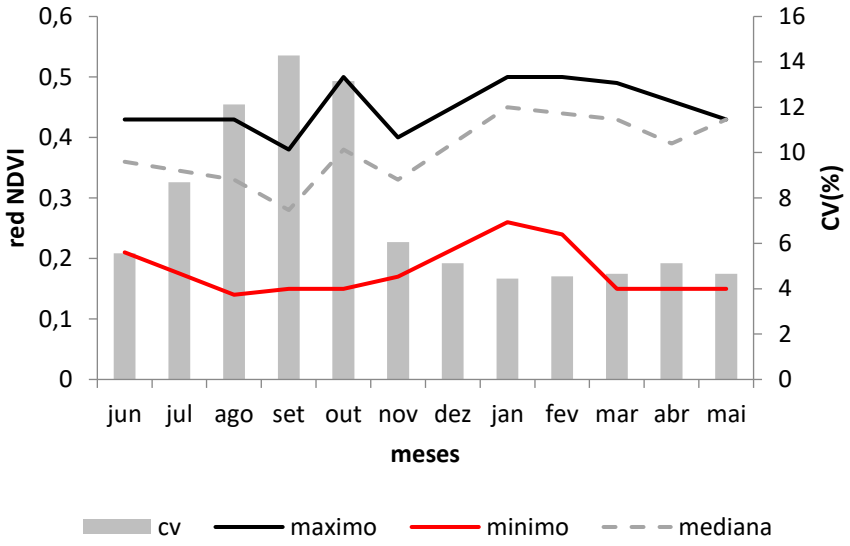


Figura 11 c- gráfico do comportamento sazonal do índice *red* NDVI

Nas figuras 11, observa-se a variação sazonal do índice *red* NDVI, onde pode se destacar os aspectos fundamentais de caracterização do Cerrado, onde há uma regularidade na vegetação após a influência dos elementos climáticos, pois demonstra-se que há uma saturação parcial dos sensores óticos da banda *Red* do nos meses de novembro a maio, com coeficiente de variação de aproximadamente em 5% em média. A mediana dos dados analisados comportou-se de forma semelhante e próxima com a máxima do índice em questão.

Segundo Canavesi et.al. (2005) os maiores índices para a energia fotossintética são observados com um alto vigor na vegetação. Quando se obtém altos índices de relação entre as bandas *red* e NIR, demonstra-se que a vegetação possui um alto conteúdo de clorofila nas folhas, interceptando energia luminosa de espectro da região do vermelho. Para o espectro infravermelho, a folha turgida exibe uma alta taxa de refletância, pois possui um arranjo dos espaços entre as células. Baixos valores de refletância no vermelho e altos no infravermelho próximo resultam em um alto NDVI.

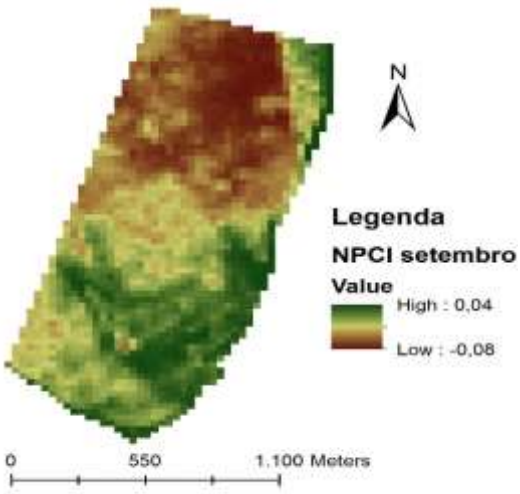


Figura 12 a- NPCI do mês de setembro

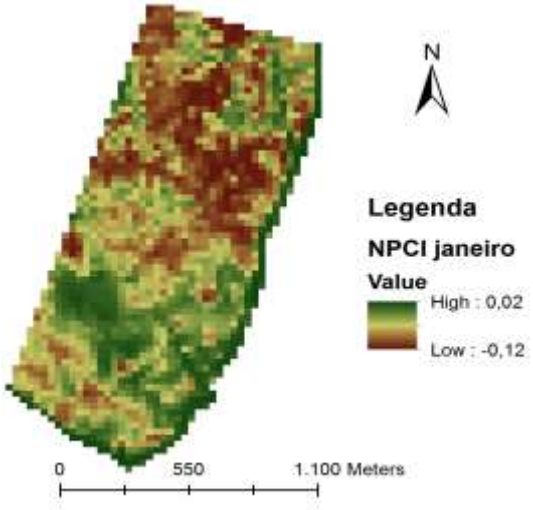


Figura 12 b- NPCI do mês de janeiro

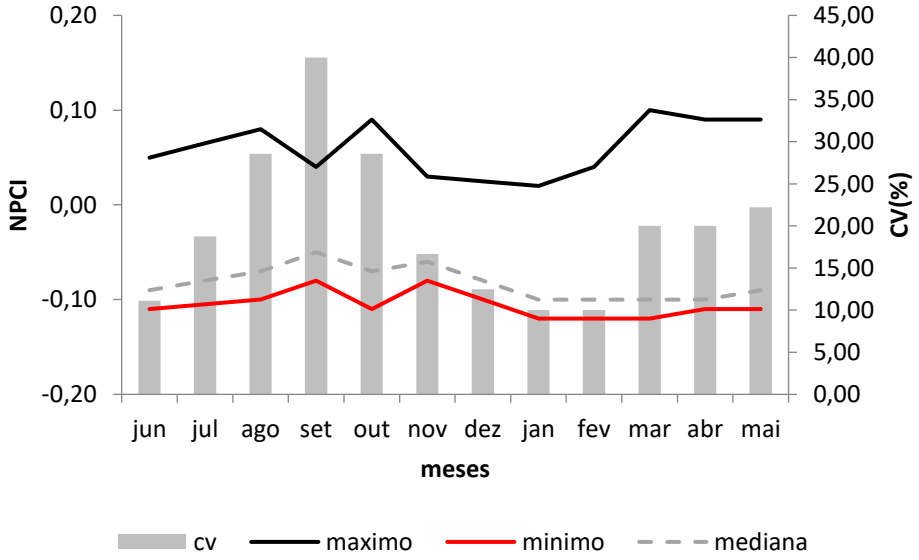


Figura 12 c- gráfico do comportamento sazonal do índice NPCI

Para os índices de NPCI analisados (figura 12), observa-se que a mediana se encontra semelhante aos mínimos índices de senescência, devido a homogeneidade dos aspectos bióticos dentro do parque de conservação. Os meses em que há as maiores taxas de senescência são de junho a agosto e março a maio, e o pico dentro da mediana se encontra no mês de setembro, devido as condições climáticas serem desfavoráveis ao desenvolvimento vegetativo, aumentando assim a taxa de mortalidade de tecidos.

Segundo Peñuelas et.al. (1993) O NPCI correlaciona o teor de clorofila A, carotenoides/clorofila A luteína e neoxantina/clorofila A. Comportando-se como uma estimativa grosseira da relação pigmentos totais / clorofila A, diminuindo em plantas saudáveis e aumentando em plantas senescentes. A relação de clorofila A e pigmentos carotenoides

ocorrem em maiores concentrações quando as plantas estão sob estresse. Estes pigmentos carotenoides podem servir para proteger a reação fotossintética, excesso de luz ou podem continuar em maior quantidade que a clorofila A em folhas senescentes.

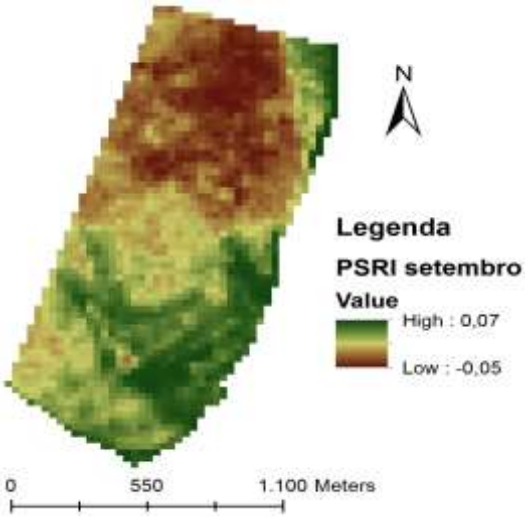


Figura 13 a- PSRI do mês de setembro

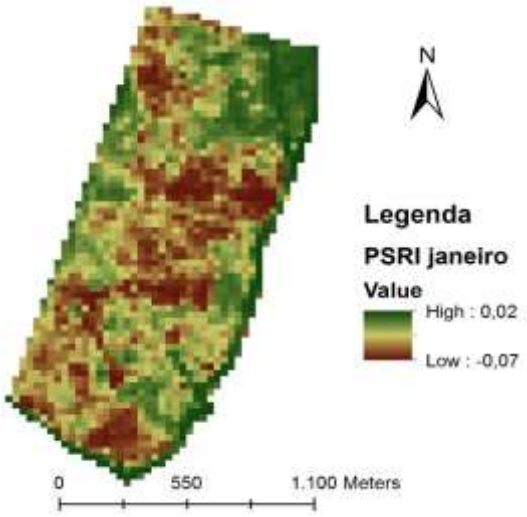


Figura 13 b- PSRI do mês de janeiro

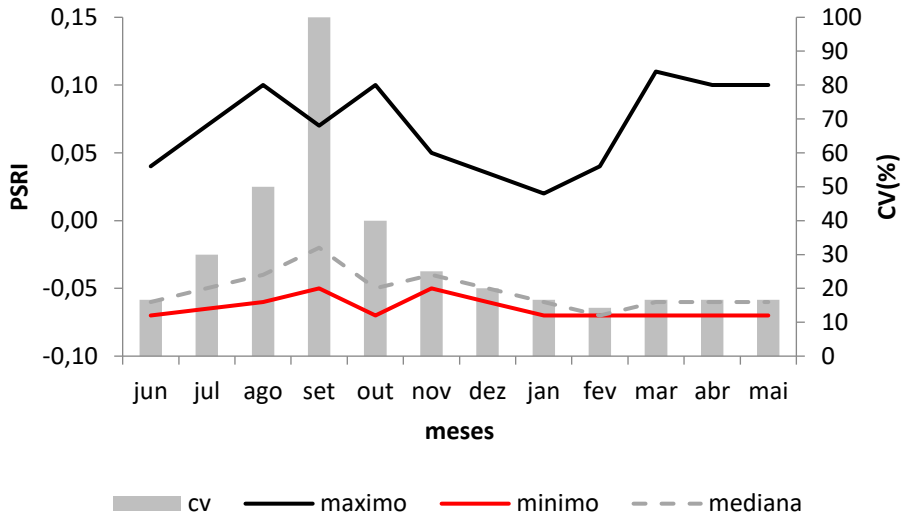


Figura 13 c- gráfico do comportamento sazonal do índice PSRI

As análises dos mapas de PSRI e os dados tabulados demonstram que há uma tendência mínima de mortalidade de tecidos durante o período de avaliação (figura 13), sendo que a mediana se comporta fortemente com os dados de menor expressão. Os meses que apresentara maiores índices de mortalidade de tecido foram os meses de agosto, e de março a maio. Sendo que na época do verão (dezembro a fevereiro) houve a menor mortalidade de tecidos.

Segundo nota de pesquisa o portal Harris Geospatial (2013), o PSRI foi desenvolvido para melhorar a sensibilidade do índice para a razão de carotenoides (alfa-caroteno e

betacaroteno) da clorofila. O aumento do PSRI indica aumento do estresse vegetativo, o início da senescência de plantas, e de maturação de frutos e folhas. As principais aplicações podem incluir o monitoramento do vigor da vegetação, detecção estresse fisiológico das plantas e produção agrícola, sendo que para este índice, os valores variam de -1 a 1, com a gama comum de valores por ser a vegetação verde entre -0,1 a 0,2.

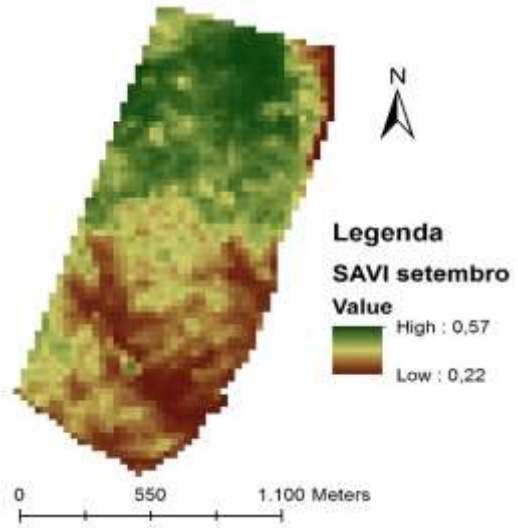


Figura 14 a- SAVI do mês de setembro

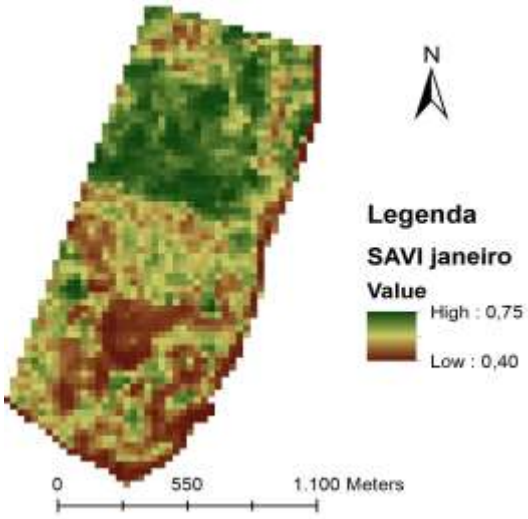


Figura 14 b- SAVI do mês de janeiro

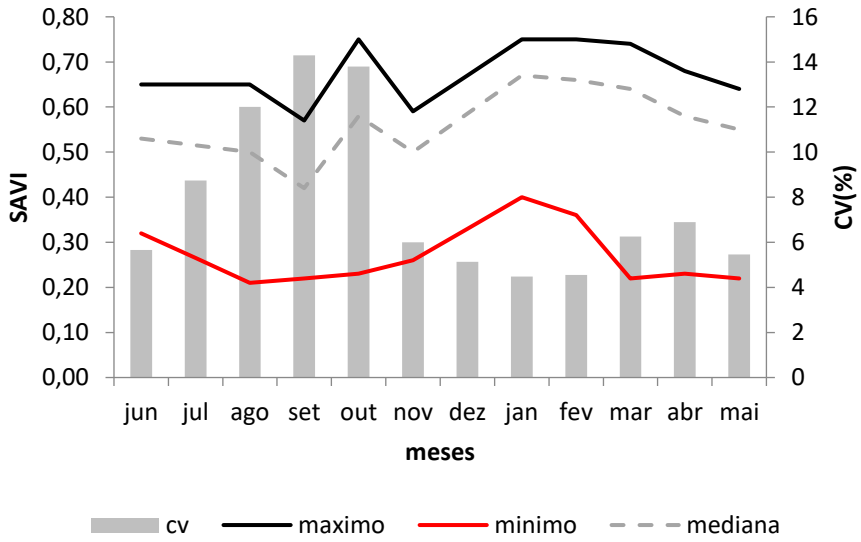


Figura 14 c- gráfico do comportamento sazonal do índice SAVI

Os índices de SAVI, são semelhantes aos índices de *red* e *green* NDVI, porem quando ajustados à influência do solo na caracterização das imagens espectrais possibilitam uma juste mais refinado em cada situação. Observa-se que há uma maior homogeneidade entre os meses de dezembro a fevereiro com altos índices vegetativos (figura 14), para os menores índices, denota-se o mês de setembro. Segundo Demarch et.al. (2011) os mapas temáticos de SAVI com

fator de ajuste (“L”) para o substrato do dossel 0,5, são indicados para áreas de cobertura vegetal média, pois apresentou as seguintes características: concentração dos valores entre -0,1 e 0,8.

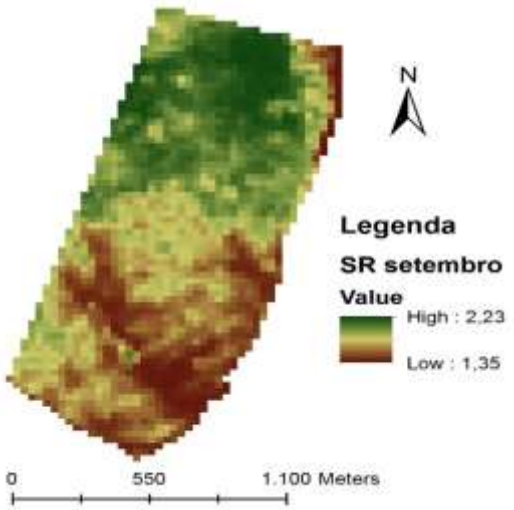


Figura 15 a- SR do mês de setembro

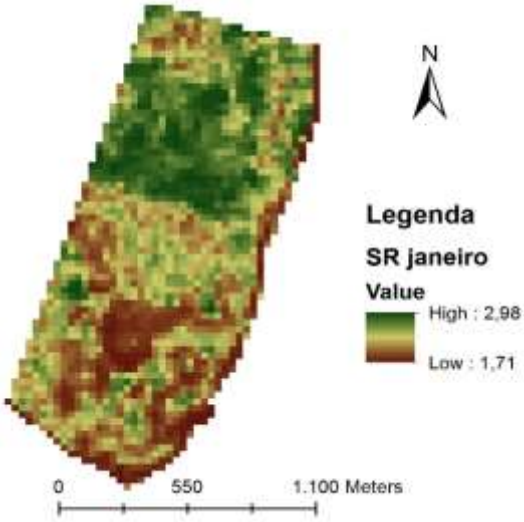


Figura 15 b- SR do mês de janeiro

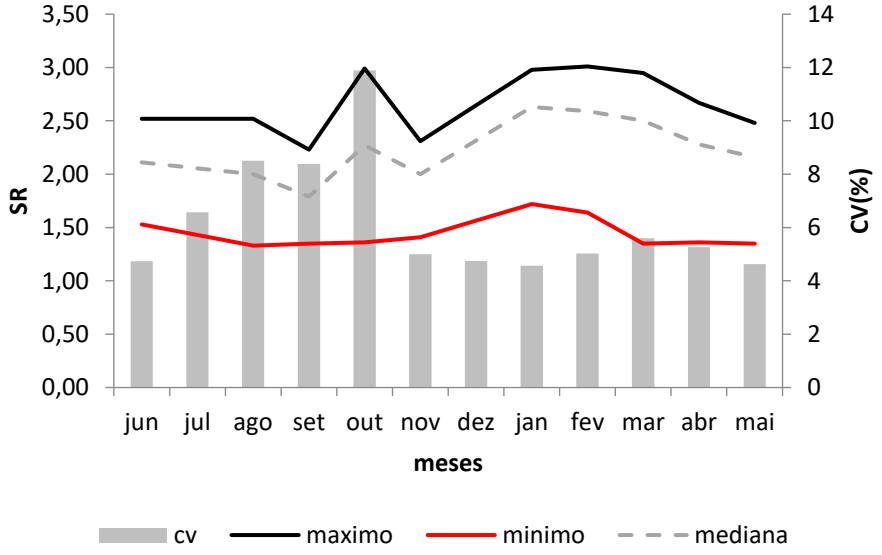


Figura 15 c- gráfico do comportamento sazonal do índice SR

Os mapas analisados através do parâmetro SR (“simple ratio”), apresentaram um baixo coeficiente de variação durante o ano (figura 15 c), sendo possível distinguir dentro do mapa temático as classes de vegetação (figura 15 a, b), porém não é possível observar com uma maior precisão como os demais índices. Os meses que possuíram os maiores índices de vegetação foram os meses de janeiro a março, e os menores índices nos meses de setembro, quando se observam as medianas nos períodos de avaliação.

Rodrigues et.al. (2013) observou que o índice de SR apesar de ser pioneiro dentro do sensoriamento remoto já está defasado em comparação de outros índices existentes, devido sua

fórmula apresentar poucas possibilidades de ajuste entre as camadas espectrais. Harris Geospatial (2013) SR é bastante difundido e frequentemente utilizado. É descrito como a proporção de luz que está espalhada no NIR para o que é absorvido na faixa vermelha. Normalmente o intervalo de valores é de 0 a mais de 30, onde a vegetação saudável geralmente Valores de 2 a 8. Os valores obtidos na área de observação demonstraram valores abaixo da literatura, visto que é um dos primeiros trabalhos disponíveis para a caracterização sazonal do Cerrado em Nova Xavantina-MT.

Tabela 3- Matriz de correlação linear de Pearson para os índices de vegetação

Índices	*Red* NDVI	*Green* NDVI	SR	NPCI	SAVI	PSRI
Red NDVI	1,00	0,93***	0,92***	-0,87***	0,94***	-0,88***
Green NDVI	-	1,00	0,99***	-0,81***	0,99***	-0,82***
SR	-	-	1,00	-0,82***	1,00***	-0,81***
NPCI	-	-	-	1,00	-0,83***	0,93***
SAVI	-	-	-	-	1,00	-0,84***
PSRI	-	-	-	-	-	1,00

***>0,7 positivo ou negativo indica uma correlação forte, **0,4 a 0,69 positivo ou negativo indica uma correlação moderada, *0,1 a 0,39 positivo ou negativo indica uma correlação fraca, ^{ns}0 a 0,1 não há correlação.

A correlação linear de Pearson (tabela 3) entre os índices de vegetação utilizados demonstrou forte correlação entre si, pois apresentaram valores maiores que 0,7 tanto para influência positiva e negativa. O *red* NDVI apresentou correlação positiva com *green* NDVI, SR e SAVI, onde que quando se aumenta as proporções, são linearmente aumentados, e correlação linear negativa para NPCI e PSRI sendo uma influência contraria, onde que quando se aumenta um fator se diminui o outro.

Para o índice *green* NDVI também houve interações positivas e negativa, sendo que para SR e SAVI tiveram correlações positivas de forma em que quando se aumenta um dos fatores também eleva o outro, porem para NPCI e PSRI houve uma interação linear negativa, onde o aumento de um fator era antagonista do outro índice.

O índice SR quando correlacionado com os demais apresenta positividade quando comparado ao índice SAVI, porem quando se compara com NPCI e PSRI houve uma interação negativa inversa. O índice NPCI quando comparado aos demais apresenta correlação positiva

para PSRI e negativa para SAVI. E o índice SAVI se comporta negativamente em fronte ao índice PSRI.

A interpretação desses resultados demonstra que as avaliações dos índices de vegetação são variáveis, sendo que para que haja um aumento de biomassa e vegetação, é inversamente proporcional aos índices de senescência. E que a quantidade de clorofila pode ser variável durante o período de avaliação, sendo que as maiores quantidades de biomassa nem sempre corresponde à maior concentração de pigmentos nas folhas.

Tabela 4- Matriz de correlação linear de Pearson para os índices de vegetação e os dados climáticos históricos.

Fatores climáticos	*red* NDVI	*green* NDVI	SR	NPCI	SAVI	PSRI
Evapotranspiração real	0.30*	0.35*	0.38*	-0.24*	0.38*	-0.19*
Insolação Total	-0.50**	-0.64**	-0.66**	0.23*	-0.63**	0.19*
Precipitação Total	0.30*	0.40**	0.40**	-0.17*	0.40**	-0.11*
Umidade Relativa Média	0.76***	0.78***	0.82***	-0.77***	0.81***	-0.72***
Balanço hídrico	0.24*	0.35*	0.33*	-0.04^{ns}	0.31*	0.02^{ns}

***>0,7 positivo ou negativo indica uma correlação forte, **0,4 a 0,69 positivo ou negativo indica uma correlação moderada, *0,1 a 0,39 positivo ou negativo indica uma correlação fraca, ^{ns}0 a 0,1 não há correlação.

A correlação linear de Pearson apresentada na tabela 4, demonstra que alguns fatores climáticos são fundamentais para a manutenção da vegetação dentro do período analisado, sendo que para a evapotranspiração real apresentou uma fraca influência nos valores dos índices de vegetação avaliados. Para o fator Insolação total houve uma relação moderada para os parâmetros de *red* NDVI, *green* NDVI, SR e SAVI e uma fraca relação com os índices que medem a relação entre os pigmentos carotenoides e clorofila A.

A precipitação total dentro do período de avaliação influenciou de forma moderada os índices de *green* NDVI, SR e SAVI, porem para os índices de *red* NDVI, NPCI e PSRI houve uma fraca relação linear de influência. A Umidade relativa média do ar foi o fator climático que houve uma maior uniformidade de influência, sendo que para os fatores de mensuração de biomassa, influenciou de forma positiva e para os fatores de mensuração de pigmentos de forma negativa, pois as plantas apresentam mecanismos de regulação osmótica para evitar a perda de água para o meio, sendo que para umidades relativas do ar em baixos índices ocasiona o

fechamento dos estômatos, paralisando assim os processos metabólicos e parte da fotossíntese de planta de metabolismo C_3, que são grande parte dos Cerrados mais descampados.

A interpretação dos dados da tabela 4 demonstra a interação dos fatores climáticos com os índices de vegetação, denotando a relação de diversos fatores que compõe os fatores bióticos (vegetação) e os abióticos (clima). A observação dessas interações permite caracterizar a vegetação de acordo com a variação de um ou mais fatores climáticos, visto que o clima está sofrendo alterações constantes, podendo assim alterar a vegetação.

5. CONCLUSÕES

Conclui-se que:

- Os índices de vegetação não apresentam variações significativas entre si a ponto de justificar o uso de diferentes índices de vegetação na análise de vegetação natural do Cerrado.
- O fator climatico que possuir maior influência no acumulo de biomassa é a umidade relativa do ar, que é dependente da precipitação pluviométrica.
- Os meses que possuem maiores e menores indíces de acumulo são janeiro e setembro, respectivamente.
- As imagens obtidas gratuitamente são eficientes para caracterização do acumulo de biomassa em vegetaçoes naturais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, K. M. P. de; COUTINHO, L. M. Sensoriamento remoto aplicado ao estudo da vegetação com ênfase em índice de vegetação e métricas da paisagem. **Vértices**, v.16, n. 1, p. 173-198, 2014.

ALMEIDA, C. M. **Aplicação dos sistemas de sensoriamento remoto por imagens e o planejamento urbano regional**. Disponível em: <http://www.usjt.br/arq.urb/numero_03/8arqurb3-claudia.pdf> Acesso em: 22 de dezembro de 2016.

BASTOS, L. A.; FERREIRA, I. M.; Composições fitofisionômicas do bioma cerrado: estudo sobre o subsistema de vereda. **Espaço em revista**, Catalão- GO, v.12 (1): p. 97, Jan.- Jun 2010.

CANAVESI, V.; COURA, S. M. C.; FORMAGGIO, A. R.; SHIMABUKURO, Y.E.; QUIRINO, V.F. Dinâmica espectro temporal MODIS em região de Cerrados e intenso uso agropecuário. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2005, Goiânia. **Anais...**Goiânia-GO, INPE, 2005. 1442p. p. 16-21.

DEMARCHI, J.C; PIROLI, E.L.; ZIMBACK, C.R.L. Análise temporal do uso do solo e comparação entre os índices de vegetação ndvi e savi no município de Santa Cruz do Rio Pardo - SP usando imagens landsat-5. RA'E GA - **O Espaco Geografico em Analise**, n. 21, p. 234-271, 2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/73073>.

DIAS, B. F. **Alternativas de Desenvolvimento dos Cerrados**. Brasília: Ibama, 1992. 97 p.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). **Revista política hoje**, v.18 (1), 2009.

GITELSON, A.A.; GRITZ, U.; MERZLYAK, M.N. Relationships between leaf chlorophyll content and spectral reflectance and algorithms for non-destructive chlorophyll assessment in higher plant leaves. J. **Plant Physiol**. 2003, 160, 271-282.

HATFIELD, J. L.; PRUEGER, J. H. Value of Using Different Vegetative Indices to Quantify Agricultural Crop Characteristics at Different Growth Stages under Varying Management Practices. **Remote Sensing**. v.2. p. 562-578. *February, 2010*.

HUETE, A.R. A soil-adjusted vegetative index (SAVI). ***Remote Sens. Environ***. 1988, *25*, 295-309.

JORDAN, C.F. Derivation of leaf area index from quality of light on the forest floor. **Ecology** 1969, *50*, 663- 666.

KLINK,C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado Brasileiro. **Revista Megadiversidade**, Belo Horizonte, v.1, n.1 – Jul- 2005, p. 148-155

LEE, Y.; YANG, C.; CHANG, K.; SHEN, Y. A simple spectral index using reflectance of 735 nm to assess nitrogen status of rice canopy. **Agron. J.** 2008, 100, 202-212

MAROUELLI, R. P. **O desenvolvimento sustentável da agricultura no cerrado brasileiro**. 2003. 64f. Monografia **(**Obtenção de título de Pós-Graduação, em nível de Especialização *Lato Sensu*, modalidade MBA, em Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada, com área de concentração em Planejamento Estratégico). ISEA-FGV/ECOBUSINESS SCHOOL, Brasília, Distrito Federal, 2003.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. D. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Universidade de Brasília, Brasília, 2012, 266 p.

MERZLYAK, M.N.; GITELSON, A.A.; CHIVKUNOVA, O.B.; RAKITIN, V.Y. Non-destructive optical detection of leaf senescence and fruit ripening. *Physiol.* ***Plant****.* 1999, *106*, 135-141.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 1.ed. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001. 250 p.

National Aeronautics and Space Administration (NASA). Landsat Data Continuity Mission: **Continuously Observing Your World**. 2016. Disponível em: http://ldcm.gsfc.nasa.gov/mission_details.html. Acesso em: 20 out 2016.

NAVARRO,J.D.; GARCIA,A.; RIBEIRO,L.G.;SZEZ JUNIOR,A.;VAZ,M.S.M.G.; Índices de Vegetação para Imagens Capturadas por Veículos Aéreos não Tripulados. In: **X Congresso Brasileiro de Agroinformática**: Ponta Grossa – PR, 2010, v.10.

PEÑUELAS, J.; GAMON, J.A.; FREDEEN, A.L.; MERINO, J.; FIELD, C.B. Reflectance indices associated with physiological changes in nitrogen- and water-limited sunflower leaves. *Remote Sens.* ***Environ***. 1994, *48*, 135-146.

RESENDE, N. F. Cerrado: ecologia, biodiversidade e preservação**. Revista Brasileira de Educação e Cultura**, n.VI. Jul-Dez, 2012. p. 81-90

RIBEIRO, J. F; WALTER, B. M. T.; SANO, S. M; ALMEIDA, S. P; RIBEIRO, J. F. **As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado**. In.: **Ecologia e flora. Brasília**: EMBRAPA, 2008. v. 1, p. 152-212.

ROCHA, G. F.; FERREIRA, L. G.; FERREIRA, N. C.; FERREIRA, M. E.; SILVA, G. N. F. Distribuição espacial dos dados de alertas de desmatamentos do bioma Cerrado para o período 2003-2007. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 2009. **Anais...** INPE, p. 2983-2988

RODRIGUES, E. L.; FERNANDES, D. H. F.; ELMIRO, M. A. T.; FARIA, S. D. Avaliação da cobertura vegetal por meio dos índices de vegetação SR, NDVI, SAVI e EVI na sub-bacia do Vale do Rio Itapecerica, Alto São Francisco, em Minas Gerais. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, 2013. **Anais...**INPE. p. 1472-1479.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto.** 7.ed. Uberlândia: EDUFU, 2009. 264 p.

SILVA, D. M.; LAIOLA, P. P.; ROSATTI, N. B.; SILVA, I. A.; CIANCIARUSO, M. V.; BATALHA, M. A. Os Efeitos dos Regimes de Fogo sobre a Vegetação de Cerrado no Parque Nacional das Emas, GO: Considerações para a Conservação da Diversidade. **Revista Biodiversidade Brasileira** n.2. p. 26-39, 2011.

SOUSA, M. A.; RIBEIRO, R. J. C.; CARNEIRO, P. J. R. Aplicações do sensoriamento remoto e do geoprocessamento. Estudo de caso: bacia do rio do Sono, TO – Brasil In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, 2009. **Anais...** Natal-RN. INPE, p. 2241-2248.

United States Geological Survey (USGS). **Landsat Project Description**. Disponível em: <http://landsat.usgs.gov/about_project_descriptions.php> Acesso em: 20 out 2016.

WALTER, B. M**. Fitofisionomias do bioma Cerrado: Síntese terminológica e relações florísticas**. 2006. 389f. Tese (obtenção do título de Doutor em Ecologia). Ecologia do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, Brasília- DF, 2006.