



Universidade de Brasília

Faculdade de Tecnologia – FT

Departamento de Engenharia Florestal – EFL

Curso de Graduação em Engenharia Florestal

JOÃO VICTOR CARVALHO DE ALMEIDA

**Variação intra-anual da vegetação natural na Área de Proteção Ambiental
do Planalto Central DF/GO**

Brasília – DF

Novembro de 2018



Universidade de Brasília

Faculdade de Tecnologia – FT

Departamento de Engenharia Florestal – EFL

Curso de Graduação em Engenharia Florestal

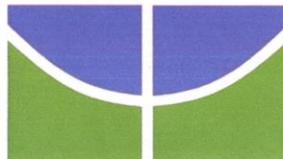
JOÃO VICTOR CARVALHO DE ALMEIDA

**Variação intra-anual da vegetação natural na Área de Proteção Ambiental
do Planalto Central DF/GO**

Trabalho de conclusão de Curso de Graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília como parte das exigências para obtenção do título de bacharel em Engenharia Florestal.

Brasília – DF

Novembro de 2018



Universidade de Brasília - UnB
Faculdade de Tecnologia - FT
Departamento de Engenharia Florestal - EFL

**VARIAÇÃO INTRA-ANUAL DA VEGETAÇÃO NATURAL NA ÁREA
DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO PLANALTO CENTRAL DF/GO**

Estudante: João Victor Carvalho de Almeida

Matrícula: 130116980

Orientador: Prof. Dr. Antônio Felipe Couto Junior

Menção: SS



Prof. Dr. Antônio Felipe Couto Junior
Universidade de Brasília – UnB/ FUP

Orientador



Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi

Universidade de Brasília – UnB

Membro da Banca



Prof. Dr. Vinicius Vasconcelos

Universidade de Brasília – UnB

Membro da Banca

Brasília-DF, 03 de dezembro de 2018.

Agradecimentos

Meu agradecimento à minha mãe Cléia, por ser uma mulher batalhadora que nunca desistiu dos seus filhos e me colocou-me no caminho a ser trilhado, sempre esteve ao meu lado e ao de meus irmãos, favorecendo-nos tudo que precisávamos para que tivéssemos um futuro promissor, e aos meus filhos que foram e sempre serão o motivo de todos os meus esforços diários e de todas as minha lutas.

Em especial ao Professor Antônio Felipe, por sempre mostrar-se disponível me orientar neste trabalho, me ajudando desde o início, sempre me norteando e fornecendo as ferramentas necessário para execução deste.

Às políticas de assistência estudantil da Universidade de Brasília, por estarem comigo desde os primeiros semestres, pois por meio delas pude persistir minha graduação e permanecer nesta universidade que me acolheu e me ensinou as mais variadas lições.

Às políticas de transporte livre estudantil por estarem apoiando-me e aos meus colegas, desde o inicio estudantil, por meio destas pude me deslocar à escola e a universidade e conseqüentemente realizar este trabalho.

Aos meus amigos que me ajudaram a construir consciência que possuo hoje, e por terem feito desta graduação uma trajetória menos árdua e mais acolhedora, e a todas as pessoas que tiveram envolvimento direto ou indireto por meio da pesquisa, do estágio, da extensão, por transmitirem conhecimentos que levarei para vida.

RESUMO

Cerrado é o segundo maior Bioma do Brasil, porém possui apenas 8% de áreas legalmente protegidas, com um avanço intenso de sua ocupação a partir de 1970, principalmente para atividades agropecuárias. Nesse cenário de conservação da biodiversidade e uso racional dos recursos naturais, o Sistema Nacional de Unidade de Conservação (SNUC) categorizou as Unidades de Conservação de Uso Sustentável. Dentro desta categoria, destaca-se a Área de Proteção Ambiental (APA), com objetivos básicos de proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais. Foi nesse contexto que foi criada a Área de Proteção Ambiental do Planalto Central (APAPC), visando proteger os mananciais, regular o uso dos recursos hídricos e o parcelamento do solo, garantindo o uso racional dos recursos naturais e protegendo o patrimônio ambiental e cultural da região. Considerando a diversidade de usos e ocupações e a necessidade de conservação do funcionamento da vegetação natural da APAPC, o objetivo foi caracterizar os padrões intra-anuais da cobertura vegetal natural presente no território da APAPC, por meio de dados orbitais temporais. Foram consideradas as divisões hidrográficas existentes no território da APAPC: Tocantins/Araguaia (TO), São Francisco (SF) e Paraná (PR). Dentro de cada região hidrográfica, foram consideradas as formações florestais (3), savânicas (4) e campestres (12), conforme o Mapbiomas (<http://mapbiomas.org>). Em cada uma dessas classes de cobertura vegetal natural foram gerados 50 pontos aleatórios, totalizando 450 pontos em toda área da APAPC em plataforma de sistema de informação geográfica. Para avaliação das variações intra-anuais, foram utilizados dados orbitais do Operational Land Imaging (OLI), a bordo do satélite Landsat-8, compreendendo o intervalo entre abril e setembro de 2016, referente à três índices de vegetação: Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Enhanced Vegetation Index (EVI) e Normalized Difference Moisture Index (NDMI). Foram gerados perfis dos padrões temporais dos índices por classe e por bacia hidrográfica. A avaliação das variações da cobertura vegetal foi realizada a Análise de Variância Multivariada Permutacional (PERMANOVA), por meio do programa R, pacote Vegan. Foi constatado que todos os valores dos índices reduziram ao longo do período avaliado, tendo sido mais intenso nas formações florestais da bacia do Tocantins/Araguaia. As análises estatísticas analisaram as diferenças entre as médias dos índices das vegetações naturais e indicaram diferença significativa entre todas as bacias hidrográficas ($p=0.001$). Dentre as interações entre coberturas vegetais naturais das bacias hidrográficas, não foram significativas apenas as interações SF4xTO4 (0.107), PR3xSF3 (0.073) e SF3xTO3 (0.053). Conclui-se que os padrões intra-anuais da vegetação natural da APAPC apresentaram diferenças em função das características fisiográficas das bacias hidrográficas (TO, SF, PR). Tendo em vista que o trabalho foi realizado com apenas um ano (2016), sendo assim, para aprimorar essa abordagem sugere-se o emprego de dados multi-temporais e o emprego de variáveis climáticas.

Palavras-chave: Fitofisionomias do Cerrado, índices de vegetação, bacias hidrográficas, fenologia, dados orbitais

ABSTRACT

Cerrado is the second largest biome in Brazil, but has only 8% of legally protected areas, with an intense advance of its occupation since 1970, mainly for agricultural activities. In this scenario of conservation of biodiversity and rational use of natural resources, the National System of Conservation Unit (SNUC) categorized the Sustainable Use Conservation Units. Within this category, we highlight the Environmental Protection Area (APA), with basic objectives to protect biological diversity, discipline the occupation process and ensure the sustainability of the use of natural resources. It was in this context that the Environmental Protection Area of the Central Plateau (APAPC) was created to protect water sources, regulate the use of water resources and land parceling, ensuring the rational use of natural resources and protecting the environmental and cultural heritage of region. Considering the diversity of uses and occupations and the need to conserve the natural vegetation of APAPC, the objective was to characterize the intra-annual patterns of the natural vegetation cover present in APAPC territory, using temporal orbital data. The hydrographic divisions in the APAPC territory were considered: Tocantins / Araguaia (TO), São Francisco (SF) and Paraná (PR). Within each hydrographic region, forest formations (3), savannas (4) and pastures (12) were considered, according to Mapbiomas (<http://mapbiomas.org>). In each of these classes of natural vegetation cover 50 random points were generated, totaling 450 points in the entire APAPC area in a geographic information system platform. In order to evaluate the intra-annual variations, Operational Land Imaging (OLI) orbital data on the Landsat-8 satellite, using the interval between April and September 2016, were used for three vegetation indices: Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Enhanced Vegetation Index (EVI) and Normalized Difference Moisture Index (NDMI). Profiles of the temporal patterns of the indices by class and by river basin were generated. The evaluation of the variations of the vegetation cover was made the Analysis of Permutational Multivariate Variance (PERMANOVA), through program R, Vegan package. It was observed that all values of the indices reduced during the evaluated period, being more intense in the forest formations of the Tocantins / Araguaia basin. Statistical analyzes analyzed the differences between the means of the natural vegetation indices and indicated a significant difference between all basins ($p = 0.001$). Among the interactions between natural vegetation cover of the river basins, the interactions SF4xTO4 (0.107), PR3xSF3 (0.073) and SF3xTO3 (0.053) were not significant. It is concluded that the intra-annual patterns of the natural vegetation of APAPC presented differences according to the physiographic characteristics of the hydrographic basins (TO, SF, PR). Considering that the work was carried out with only one year (2016), in order to improve this approach, the use of multi-temporal data and the use of climatic variables is suggested.

Key words: Cerrado phytophysionomies, vegetation indices, basins, phenology, orbital data

Lista de Tabelas

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Índices de Vegetação utilizados, respectiva equação e a referência. Legenda: L = Fator de ajuste do solo, C1 e C2 são coeficientes corrigidos do aerossol nas faixas do vermelho e azul, ρ_{blue} , ρ_{red} , ρ_{nir} , ρ_{swir} , representam, respectivamente, as reflectâncias dos comprimentos de onda do Azul (0.45-0.52 μm), Vermelho (0.6-0.7 μm), Infravermelho Próximo (NIR) (0.7-1.1 μm), Infravermelho de Ondas Curtas (1.57-1.65 μm)..... | 16 |
| Tabela 2. Nomenclatura utilizada para representar as três bacias hidrográficas (PR, TO e SF) e as três formações da vegetação natural (Florestal, Savânica e Campestre) nos limites da APAPC. | 17 |
| Tabela 3. – Resultados da PERMONOVA considerando as classes de vegetação natural (florestal, savânica e campestre) e os índices de vegetação referente a todas as datas do ano de 2016 (16/04, 02/05, 19/06, 21/07, 06/08 e 07/09). Legenda: 3 – florestal; 4 – savânica; 12 – campestre. | 21 |

Lista de Figuras

- Figura 1** – Bacias Hidrográficas no contexto geográfico do território do Distrito Federal (DF) (quadro menor à direita) e a Área de Proteção Ambiental do Planalto Central (APAPC) no contexto das bacias hidrográficas (quadro central)..... 13
- Figura 2** – Mapa de vegetação natural referente às formações Florestais, Savânicas e Campestres presentes na APAPC para o ano 2016. Fonte: Mapbiomas (disponível em <http://mapbiomas.org>)..... 15
- Figura 4** – Perfis temporais de NDVI por cobertura e por Bacia Hidrográfica entre os meses de abril e setembro. Legenda: PR_NDVI_3=NDVI da formação florestal da Bacia Hidrográfica do Paraná; PR_NDVI_4=NDVI da formação savânica da Bacia Hidrográfica do Paraná; PR_NDVI_12=NDVI da formação campestre da Bacia Hidrográfica do Paraná; SF_NDVI_3=NDVI da formação florestal da Bacia Hidrográfica do São Francisco; SF_NDVI_4=NDVI da formação savânica da Bacia Hidrográfica do São Francisco; SF_NDVI_12=NDVI da formação campestre da Bacia Hidrográfica do São Francisco; TO_NDVI_3=NDVI da formação florestal da Bacia Hidrográfica do Tocantins/Araguaia; TO_NDVI_4=NDVI da formação savânica da Bacia Hidrográfica do Tocantins/Araguaia; TO_NDVI_12=NDVI da formação campestre da Bacia Hidrográfica do Tocantins/Araguaia. 18
- Figura 5** - Perfis temporais de EVI por cobertura e por Bacia Hidrográfica entre os meses de abril e setembro. Legenda: PR_EVI_3=EVI da formação florestal da Bacia Hidrográfica do Paraná; PR_EVI_4=EVI da formação savânica da Bacia Hidrográfica do Paraná; PR_EVI_12=EVI da formação campestre da Bacia Hidrográfica do Paraná; SF_EVI_3=EVI da formação florestal da Bacia Hidrográfica do São Francisco; SF_EVI_4=EVI da formação savânica da Bacia Hidrográfica do São Francisco; SF_EVI_12=EVI da formação campestre da Bacia Hidrográfica do São Francisco; TO_EVI_3=EVI da formação florestal da Bacia Hidrográfica do Tocantins/Araguaia; TO_EVI_4=EVI da formação savânica da Bacia Hidrográfica do Tocantins/Araguaia; TO_EVI_12=EVI da formação campestre da Bacia Hidrográfica do Tocantins/Araguaia. 19
- Figura 6** - Perfis temporais de NDMI por cobertura e por Bacia Hidrográfica entre os meses de abril e setembro. Legenda: PR_NDMI_3=NDMI da formação florestal da Bacia Hidrográfica do Paraná; PR_NDMI_4=NDMI da formação savânica da Bacia Hidrográfica do Paraná; PR_NDMI_12=NDMI da formação campestre da Bacia Hidrográfica do Paraná; SF_NDMI_3=NDMI da formação florestal da Bacia Hidrográfica do São Francisco; SF_NDMI_4=NDMI da formação savânica da Bacia Hidrográfica do São Francisco; SF_NDMI_12=NDMI da formação campestre da Bacia Hidrográfica do São Francisco; TO_NDMI_3=NDMI da formação florestal da Bacia Hidrográfica do Tocantins/Araguaia; TO_NDMI_4=NDMI da formação savânica da Bacia Hidrográfica do Tocantins/Araguaia; TO_NDMI_12=NDMI da formação campestre da Bacia Hidrográfica do Tocantins/Araguaia. 20
- Figura 7** – Dendrograma com os agrupamentos dos índices em função das datas avaliadas para o ano de 2016. Legenda: evi_abr=EVI de abril; evi_mai=EVI de maio; evi_jun=EVI de junho; evi_jul=EVI de julho; evi_ago=EVI de agosto; evi_set=EVI de setembro; ndmi_abr=NDMI de abril; ndmi_mai=NDMI de maio; ndmi_jun=NDMI de junho; ndmi_jul=NDMI de julho; ndmi_ago=NDMI de agosto; ndmi_set=NDMI de setembro; ndvi_abr=NDVI de abril; ndvi_mai=NDVI de maio; ndvi_jun=NDVI de junho; ndvi_jul=NDVI de julho; ndvi_ago=NDVI de agosto; ndvi_set=NDVI de setembro. 22

SUMÁRIO

| | |
|---|--------------------------------------|
| 1. Introdução | 10 |
| 2. Objetivos | 12 |
| 2.1. Objetivo Geral | Erro! Indicador não definido. |
| 2.2. Objetivo Específico..... | Erro! Indicador não definido. |
| 3. Caracterização da área de estudo | 12 |
| 4. Material e Métodos | 16 |
| 4.1. Amostragem e caracterização temporal de classes de vegetação natural por bacia hidrográfica..... | 16 |
| 4.2. Avaliação da variação intra-anual da cobertura vegetal natural..... | 17 |
| 5. Resultados | 18 |
| 5.1. Caracterização temporal de classes de vegetação natural por bacia hidrográfica | 18 |
| 5.2. Variação intra-anual da cobertura vegetal natural..... | 20 |
| 6. Discussão | 22 |
| 7. Conclusão | 23 |
| 8. Referências | 24 |

1. Introdução

O uso intensivo das paisagens pelos seres humanos, usualmente, apresenta objetivo de aquisição de benefícios imediatos suprindo, em muito casos, as necessidades atuais em detrimento de degradação ambiental (FOLEY et al, 2005). Essas alterações nas paisagens, principalmente em ambientes tropicais ocasionam respostas negativas nos padrões climáticos globais, ciclos biogeoquímicos e balanço hídrico (STEFFEN et al, 2015; FOLEY *et al*, 2005). Na região tropical as mudanças dos usos da terra destacam-se como os fatores mais predominantes em relação às mudanças na biodiversidade, especialmente, nas savanas tropicais (SALA et al., 2000).

No contexto das savanas, o Cerrado se destaca como que o segundo maior bioma da América do Sul, ocupando cerca de 21% do território brasileiro, sendo caracterizado por solos profundos, muito intemperizados, com alta acidez natural, que suportam formações florestais, savânicas e campestres em clima sazonal, marcado por períodos chuvosos e secos (KLINK e MACHADO, 2005). Esses autores destacam ainda que as intensas alterações no Cerrado ocasionaram fragmentação de habitats, extinção de biodiversidade, invasão por espécies exóticas, erosão dos solos, poluição, alteração no regime de queimadas, desequilíbrio no ciclo do carbono e possivelmente alteração no clima regional.

Registros históricos evidenciam que o Cerrado vem sendo ocupado de forma mais rápida e sistemática a partir de 1970, com a intensificação da conversão da vegetação natural para atividades agropecuárias (TERRACLASS, 2015). Entre os anos de 1990 e 2010 foi constatada uma taxa média de $-0,6\% \text{ ano}^{-1}$, sendo que a porcentagem de vegetação natural remanescente até 2010 foi menor do que a porcentagem de outras coberturas (BEUCHLE *et al*, 2015). Projeções futuras considerando os padrões atuais de degradação indicam que o Cerrado terá uma redução de cerca de 30% até 2050, com mais de 1000 extinções de plantas (STRASSBURG *et al*, 2017).

Além desse cenário de elevada pressão antrópica, o Cerrado também apresenta baixo grau de áreas protegidas (unidades de conservação e terras indígenas), representando cerca de 8% de sua superfície (KLINK e MACHADO,

2005). No contexto legal e de elevada pressão nos recursos naturais, o Sistema Nacional de Unidade de Conservações (SNUC – Lei 9985/2000, BRASIL, 2000) apresenta as Unidades de Conservação de Uso Sustentável, com o objetivo básico das Unidades de Uso Sustentável é compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais. Dentro desse grupo de unidades de conservação, destaca-se a Área de Proteção Ambiental (APA), que em geral é extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais (BRASIL, 2000).

Neste contexto de conciliação das atividades antrópicas e conservação da natureza do Cerrado, foi criada Área de Proteção Ambiental do Planalto Central (APAPC), de acordo com decreto s/n.º de 10 de janeiro de 2002, abrangendo mais de 500.000 hectares em parte do Distrito Federal e de Goiás. De acordo com esses marcos legais, os objetivos da APAPC são proteger os mananciais, regular o uso dos recursos hídricos e o parcelamento do solo, garantindo o uso racional dos recursos naturais e protegendo o patrimônio ambiental e cultural da região. Assim, um desafio para avaliar os objetivos da APAPC e a compreensão dos padrões fenológicos sazonais da cobertura natural, que pode ser considerado um indicador do grau de conservação e dos efeitos das atividades antrópicas.

O emprego de dados orbitais permite a geração de informações rápidas, confiáveis e atuais sobre o ambiente como também possibilitam uma avaliação sazonal de uma determinada região (FACCO & BENEDETTI, 2016). Esses autores ressaltam que a utilização de geotecnologias proporcionou a estruturação e sistematização de dados ambientais, potencializado pelo surgimento e consolidação de programas de livre e de código aberto disponibilizados gratuitamente. Com isso, facilitou-se a representação sazonal da vegetação natural, fundamental aos gestores para a elaboração de diagnósticos e zoneamentos.

O propósito deste estudo é avaliar a estrutura da vegetação natural do Cerrado dentro dos limites da APA do Planalto Central, levando em consideração três índices de vegetação, NDVI, EVI e NDMI e as divisões hidrográficas existentes. Desta maneira comparar os preceitos legais estipulados no Sistemas de Unidades de Conservação para áreas de proteção ambiental com a atual situação da paisagem na APAPC.

2. Objetivos

- Avaliar a dinâmica da vegetação natural entre o final do período chuvosos e final do período seco de 2016, por meio de índices de vegetação, considerando a divisão hidrográfica e a cobertura vegetal natural existentes na APAPC.

3. Caracterização da área de estudo

De acordo com o Plano de Manejo da APAPC, seu principal objetivo de proteger mananciais, regular o uso dos recursos hídricos, parcelamento do solo, os recursos naturais, patrimônio ambiental e cultural (Figura 1). Com área de 504.160 hectares, a APAPC encontra-se em uma região de grande importância política, econômica e social, pois abrange grande parte do Distrito Federal (375.480 ha) e de Goiás (128.680 ha), e por se localizar na capital federal do país possui uma grande infraestrutura relacionada a cidade. Por outro lado, está localizada numa região onde existem inúmeros cursos d'água que alimentam três grandes bacias hidrográficas do país: São Francisco, Araguaia-Tocantins e Paraná.

Segundo Köppen, o clima dessa região central enquadra-se entre tropical de savana e temperado chuvoso de inverso seco, devido à marcante característica de duas estações bem definidas: uma chuvosa e quente, entre outubro e abril e outra fria e seca de maio a setembro (HIDROGEO, 1990). Segundo Embrapa (2003), as precipitações na região variam de 1500 a 2000 mm anuais, com uma média por volta de 1600 mm, com o maior índice pluviométrico nos meses de janeiro (320 mm/mês) e o período com menor índice (50 mm/mês) nos meses de junho, julho e agosto. Durante os meses chuvosos a umidade relativa do ar varia em torno de 75% e nos meses mais secos pode atingir valores de 11%.

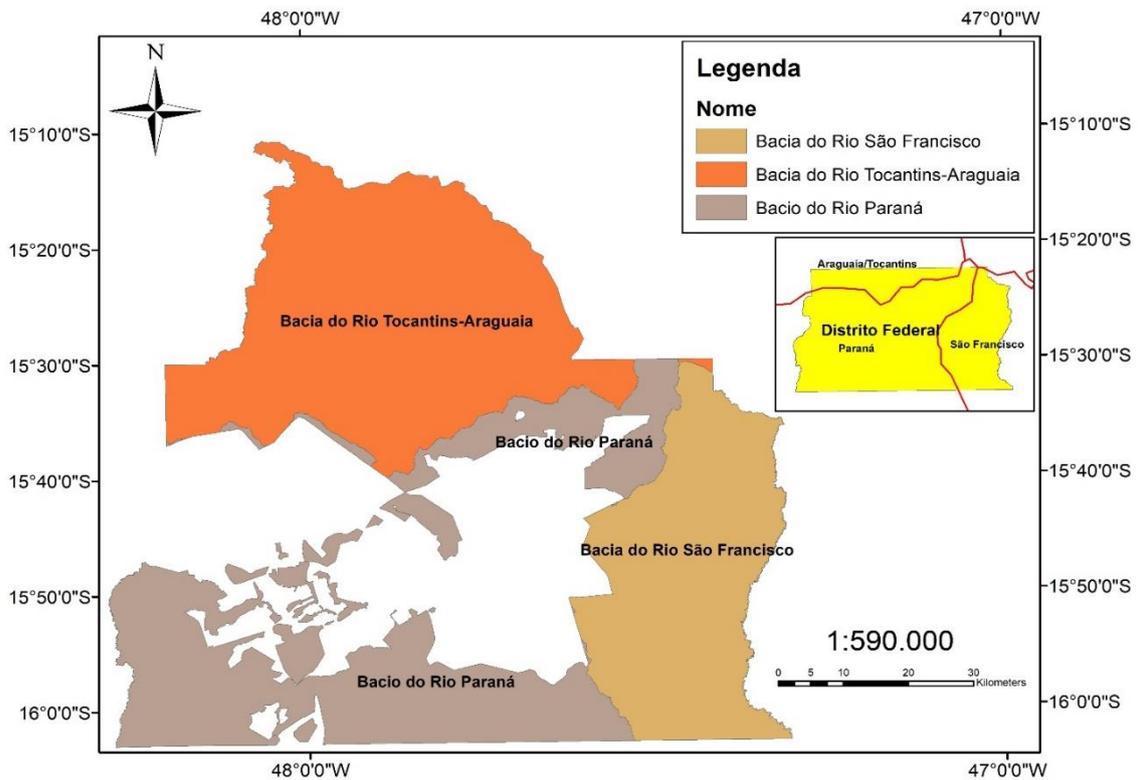


Figura 1 – Bacias Hidrográficas no contexto geográfico do território do Distrito Federal (DF) (quadro menor à direita) e a Área de Proteção Ambiental do Planalto Central (APAPC) no contexto das bacias hidrográficas (quadro central).

A área de estudo está inserida em grande parte no Grupo Paranoá, uma seqüência psamo-pelito-carbonatada que está disposta do DF até o Estado de Tocantins (CAMPOS, 2013). Este mesmo grupo Paranoá representa uma seqüência de preenchimento de bacias de primeira ordem em um Cráton recoberto por unidades do Grupo Bambuí. O Grupo Paranoá em sua zona interna na Faixa Brasília apresenta um grau metamórfico maior aliado a um maior grau de deformação, caracterizado pela presença de filitos carbonosos, quartzitos e metacarbonatos. Segundo Embrapa (2003) a estruturação é composta principalmente por dobras isoclinais a recumbentes, lineares, com foliação de transposição, falhamentos inversos, cavalgamentos, transcorrências e uma tectônica distensiva.

A geomorfologia da região do planalto central localiza-se em porções elevadas que correspondem a remanescentes aplainados resultantes de ciclos de erosão sul-americana e velhas que se desenvolveram entre o Terciário Inferior e Médio e entre o Terciário Médio e Superior respectivamente (EMBRAPA, 2003). Essas características evidenciam transições entre Chapadas

Elevadas e Escarpas que ocorrem no semidomo de Brasília de forma brusca na porção norte enquanto transições Chapadas, Rebordos, Escarpas e Planos Intermediários apresentam-se com declividades intermediárias na porção leste e forma suave nas porções internas (EMBRAPA, 2003). Nas Bacias do Descoberto e do São Bartolomeu, os planos intermediários, apresentam relevo movimentado e residuais de aplainamento e na bacia do Maranhão o relevo apresenta-se movimentado com planos intermediários e planos nas planícies (EMBRAPA, 2003).

Os Latossolos Vermelhos (LV), Latossolos Vermelho-Amarelos (LVA) e Cambissolos (C) são os solos mais representativo, representando mais de 85% da área de estudo (EMBRAPA, 2003). Os latossolos representam cerca de (54,47%), divididos em LV (38,63%) e LVA (15,84%), os latossolos vermelhos ocorrem principalmente nos topos de chapadas e os LVA's em bordas de chapadas e divisores, superfícies planas de forma adjacente à classe LV. Os cambissolos representam (31,02%) ocorrendo em vertentes das bacias do Maranhão, Descoberto e São Bartolomeu (EMBRAPA, 1978), estes mesmos solos ocorrem em maior parte na APAPC (ICMBio, 2015).

O plano de manejo da APAPC indica que 59% de sua área está coberta por fitofisionomias do Cerrado, como, Cerrado sentido restrito, campos rupestres, matas secas, cerradão, veredas e parques de Cerrado, matas secas e veredas que são fundamentais para a conservação e equilíbrio do ecossistema (Figura 2). A integridade dessa vegetação natural tem o potencial de contribuir com a consolidação de corredores ecológicos, entre outras unidades de conservação dessa região, como por exemplo, Estação Ecológica de Águas Emendadas, APA das Bacias Gama e Cabeça de Veado, Parque Nacional de Brasília, Reserva Biológica do Contagem.

A APA do Planalto Central é uma região declarada como prioritária para a conservação do Cerrado e devido a este fator está incluída no plano de Reserva da Biosfera do Cerrado Fase I (ICMBio, 2015). Devido à grande extensão em área da APA e das diferentes fitofisionomias do Cerrado da região podem ser encontradas inúmeras espécies raras, endêmicas ou ameaçadas de extinção com o por exemplo: lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), tamanduá

bandeira (*Mymercophaga tridactyla*), soldadinho (*antilophia galeata*), pula-pula-de-sombrancelha (*Hypsiboas lundii*), sapo de verruga (*Odontophrynus salvatori*), destacando-se um recente registo de onça pintada (*Panthera onca*) na Estação Ecológica de Águas Emendadas (ICMBio, 2015). É possível perceber que Área de Proteção Ambiental do Planalto Central é uma região com grande biodiversidade animal e vegetal, que são de extrema importância para o equilíbrio ecológico da região e do Cerrado, estudos como este são cada vez mais necessários para que se possa avaliar os danos e a dinâmica desta biodiversidade.

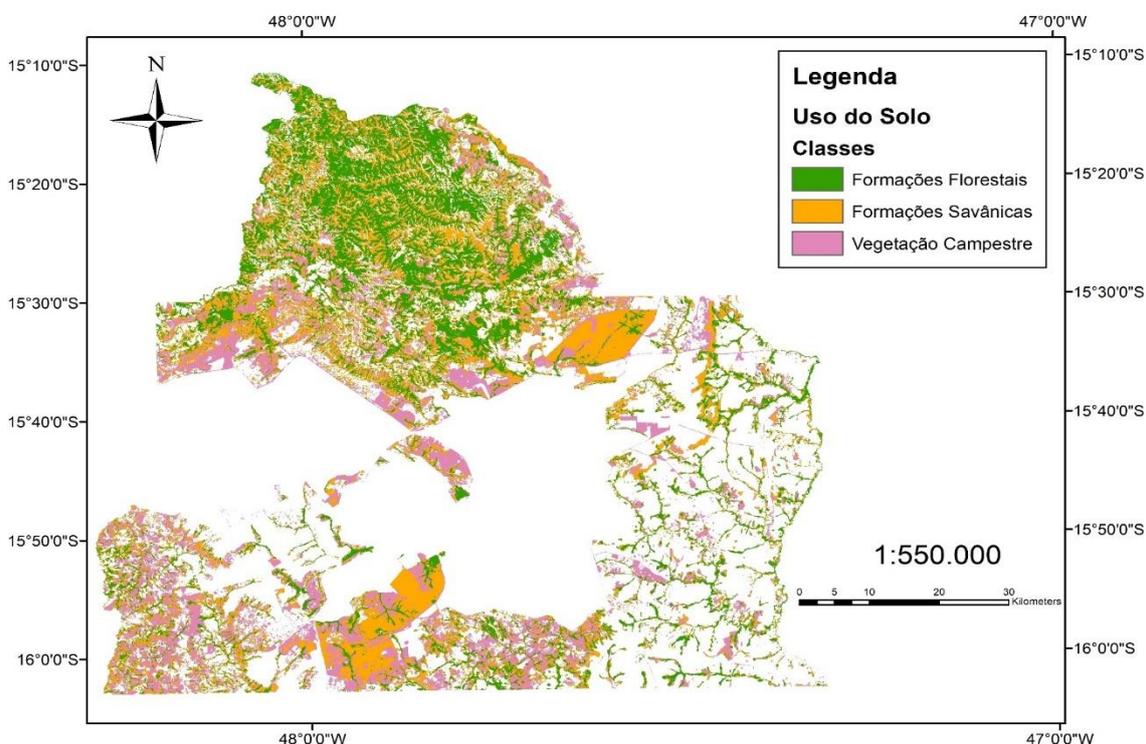


Figura 2 – Distribuição da vegetação natural referente às formações Florestais, Savânicas e Campestres presentes na APAPC para o ano 2016. Fonte: Mapbiomas (disponível em <http://mapbiomas.org>)

Segundo o plano de manejo da APAPC, o número de pessoas que vivem dentro da área, conforme dados de 2010 é de 525.328 habitantes, onde 471.746 (89,8%) em zonas urbanas e 53.582 (10,2%) em zonas rurais. A região leste da APAPC possui uma porção considerável de Chapadas e Platos, o que propicia a existência de culturas anuais e de outros tipos de agricultura, com alto índice de ocupação por pivôs centrais (LANDAU *et al*, 2013). Segundo o Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa (2013) existem cerca de 181 pivôs centrais na região do DF que ocupam uma área irrigada de 11.733,22 hectares

estando de acordo com Landau *et al.* (2013) que estabeleceu em levantamento que a maioria dos estabelecimentos rurais do país com pivôs centrais estão nas sub-bacias do Rio Paraná.

4. Material e Métodos

4.1. Amostragem e caracterização temporal de classes de vegetação natural por bacia hidrográfica

Foram consideradas as divisões hidrográficas existentes no território da APAPC: Tocantins/Araguaia, São Francisco e Paraná. Dentro de cada região hidrográfica, foram consideradas 3 destas classes de cobertura natural disponibilizadas pelo Mapbiomas (<http://mapbiomas.org>), onde uma imagem compila todas as informações georreferenciadas e classificadas, referentes a fitofisionomia do Cerrado. Para o presente trabalho foram consideradas a Formação Florestal (classe 3), a Formação Savânica (classe 4) e a Formação Campestre (classe 12). Em cada uma dessas classes de cobertura vegetal natural foram gerados 50 pontos aleatórios, totalizando 450 pontos em toda área da APAPC.

A partir dos pontos aleatórios gerados na etapa anterior, foram extraídos os valores de dados orbitais do *Operational Land Imaging* (OLI) que está a bordo do satélite Landsat-8, que gera imagens de resolução moderado e constantes, o que permite uma avaliação sazonal da vegetação (ROY, 2014). Para este trabalho foram utilizadas imagens adquiridas em 2016 (16/04, 02/05, 19/06, 21/07, 06/08 e 07/09), considerando os índices de vegetação (Tabela 1).

Tabela 1 - Índices de Vegetação utilizados, respectiva equação e a referência. Legenda: L = Fator de ajuste do solo, C1 e C2 são coeficientes corrigidos do aerossol nas faixas do vermelho e azul, ρ_{blue} , ρ_{red} , ρ_{nir} , ρ_{swir} , representam, respectivamente, as reflectâncias dos comprimentos de onda do Azul (0.45-0.52 μm), Vermelho (0.6-0.7 μm), Infravermelho Próximo (NIR) (0.7-1.1 μm), Infravermelho de Ondas Curtas (1.57-1.65 μm).

| Índice | Equação | Referência |
|---|---|-------------------------|
| Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) | $NDVI = \frac{(\rho_{nir} - \rho_{red})}{(\rho_{nir} + \rho_{red})}$ | Roy <i>et al</i> (1996) |
| Normalized Difference Moisture Index (NDMI) | $NDMI = \frac{(\rho_{nir} - \rho_{swir})}{(\rho_{nir} + \rho_{swir})}$ | Wilson & Sader (2001) |
| Enhanced Vegetation Index (EVI) | $EVI = \frac{(\rho_{nir} - \rho_{red})}{\rho_{nir} + (C_1 * \rho_{red} - C_2 * \rho_{blue}) + L}$ | Liu & Huete (1995) |

Após a extração dos valores dos índices de vegetação foram organizados perfis temporais composto pelos valores médios dos pontos amostrados dos índices de vegetação por cobertura vegetal natural (florestal, savânica e campestre) de cada bacia hidrográfica (Tocantins/Araguaia, São Francisco e Paraná), a nomenclatura utilizada para realização da análise estatística e também utilizada neste trabalho é apresentada na tabela X.

Tabela 2. Nomenclatura utilizada para representar as três bacias hidrográficas (PR, TO e SF) e as três formações da vegetação natural (Florestal, Savânica e Campestre) nos limites da APAPC.

| Nomenclatura Utilizada | | |
|-----------------------------|--------------------------|------|
| Bacia do Paraná | Formação Florestal -3 | PR3 |
| | Formação Savânica - 4 | PR4 |
| | Vegetação Campestre - 12 | PR12 |
| Bacia do Tocantins/Araguaia | Formação Florestal -3 | TO3 |
| | Formação Savânica - 4 | TO4 |
| | Vegetação Campestre - 12 | TO12 |
| Bacia do São Francisco | Formação Florestal -3 | SF3 |
| | Formação Savânica - 4 | SF4 |
| | Vegetação Campestre - 12 | SF12 |

4.2. Avaliação da variação intra-anual da cobertura vegetal natural

Para verificar a variação ambiental entre as classes de vegetação nativa (florestal, savânica e campestre), bacia hidrográfica (Tocantins/Araguaia, São Francisco e Paraná) e data de aquisição dos dados (abril, maio, junho, julho, agosto e setembro), foi empregada uma Análise de Variância Multivariada Permutacional (PERMANOVA) definida como sendo uma coleção de medidas de p variáveis feitas num mesmo indivíduo, neste trabalho a vegetação (SANTORIO, 2008). Para a análise estatística utilizou-se o software livre R versão 3.5.0, por meio da biblioteca *Vegan* (OKSANEN *et al*, 2018).

No intuito de evidenciar as relações entre a distância euclidiana das médias dos índices de vegetação, ainda foram realizadas análises de agrupamento, que utilizada as informações de todas as características da amostragem simultaneamente, com o intuito de encontrar uma estrutura de semelhanças e possíveis agrupamentos naturais nos dados (SANTORIO, 2008). A análise de *cluster* foi elaborada por um método hierárquico onde os indivíduos foram

classificados em grupos de modo ordenado e dispostos por possíveis correlações ou similaridades entre eles, apresentados em dendrograma.

5. Resultados

5.1. Caracterização temporal de classes de vegetação natural por bacia hidrográfica

Os resultados evidenciaram que todos os índices de vegetação estudados apresentaram redução em seus valores ao longo dos meses observados. No caso do NDVI, as maiores diferenças foram constatadas na formação florestal, principalmente a partir de junho de 2016, sendo que na bacia hidrográfica do Tocantins/Araguaia apresentou valores cerca de 10% inferior que os observados nas demais bacias (Figura 3).

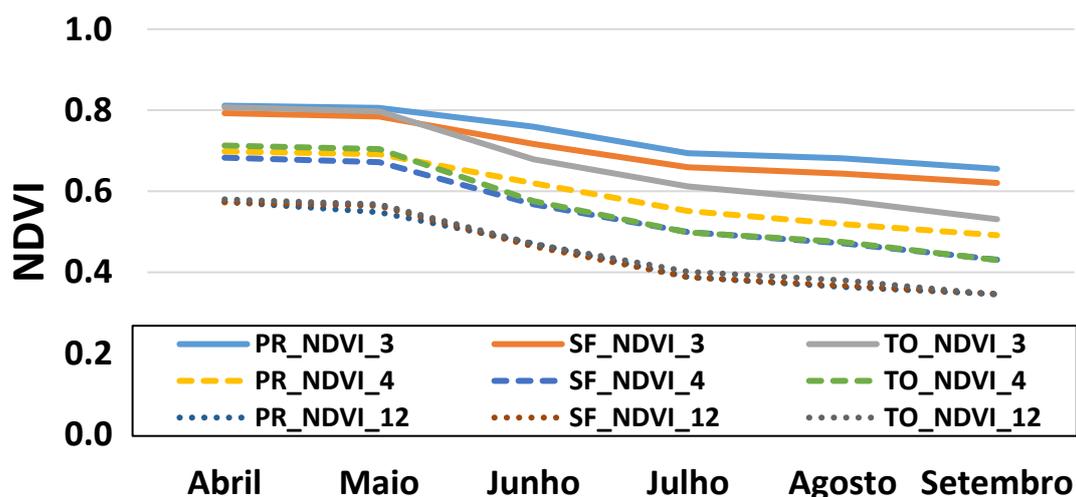


Figura 3 – Perfis temporais de NDVI por cobertura e por Bacia Hidrográfica entre os meses de abril e setembro. Legenda: PR_NDVI_3=NDVI da formação florestal da Bacia Hidrográfica do Paraná; PR_NDVI_4=NDVI da formação savânica da Bacia Hidrográfica do Paraná; PR_NDVI_12=NDVI da formação campestre da Bacia Hidrográfica do Paraná; SF_NDVI_3=NDVI da formação florestal da Bacia Hidrográfica do São Francisco; SF_NDVI_4=NDVI da formação savânica da Bacia Hidrográfica do São Francisco; SF_NDVI_12=NDVI da formação campestre da Bacia Hidrográfica do São Francisco; TO_NDVI_3=NDVI da formação florestal da Bacia Hidrográfica do Tocantins/Araguaia; TO_NDVI_4=NDVI da formação savânica da Bacia Hidrográfica do Tocantins/Araguaia; TO_NDVI_12=NDVI da formação campestre da Bacia Hidrográfica do Tocantins/Araguaia.

Os resultados de EVI apresentaram padrões temporais semelhantes aos observados no NDVI, porém, com valores inferiores, sendo que ao final do período seco (setembro) os valores da cobertura florestal da Bacia Hidrográfica do Tocantins/Araguaia foram inferiores que os valores das outras bacias (Figura 5).

Os resultados de NDMI evidenciaram valores mais de 10% inferiores nas formações florestais da Bacia Hidrográfica do Tocantins/Araguaia, em setembro do que os valores da cobertura florestal das demais bacias (Figura 6).

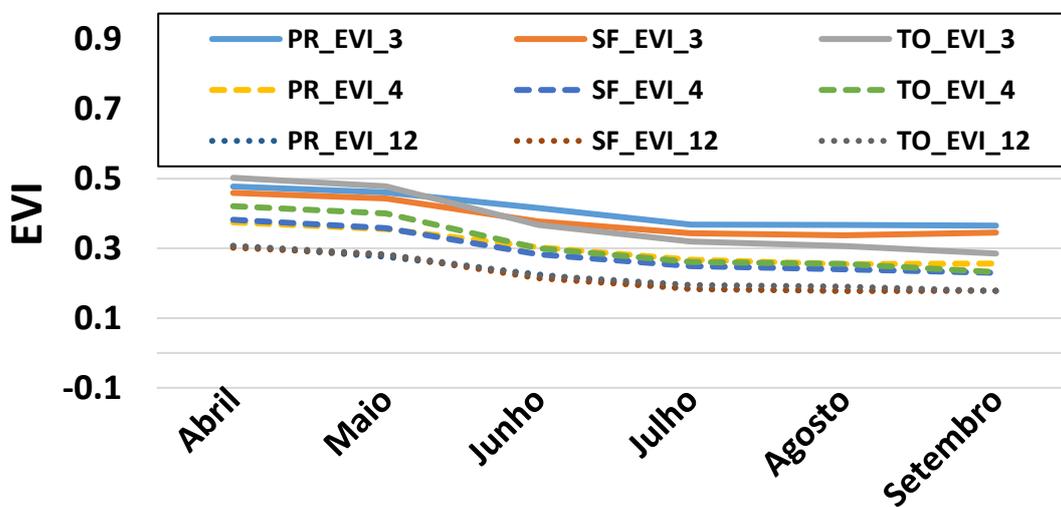


Figura 4 - Perfis temporais de EVI por cobertura e por Bacia Hidrográfica entre os meses de abril e setembro. Legenda: PR_EVI_3=EVI da formação florestal da Bacia Hidrográfica do Paraná; PR_EVI_4=EVI da formação savânica da Bacia Hidrográfica do Paraná; PR_EVI_12=EVI da formação campestre da Bacia Hidrográfica do Paraná; SF_EVI_3=EVI da formação florestal da Bacia Hidrográfica do São Francisco; SF_EVI_4=EVI da formação savânica da Bacia Hidrográfica do São Francisco; SF_EVI_12=EVI da formação campestre da Bacia Hidrográfica do São Francisco; TO_EVI_3=EVI da formação florestal da Bacia Hidrográfica do Tocantins/Araguaia; TO_EVI_4=EVI da formação savânica da Bacia Hidrográfica do Tocantins/Araguaia; TO_EVI_12=EVI da formação campestre da Bacia Hidrográfica do Tocantins/Araguaia.

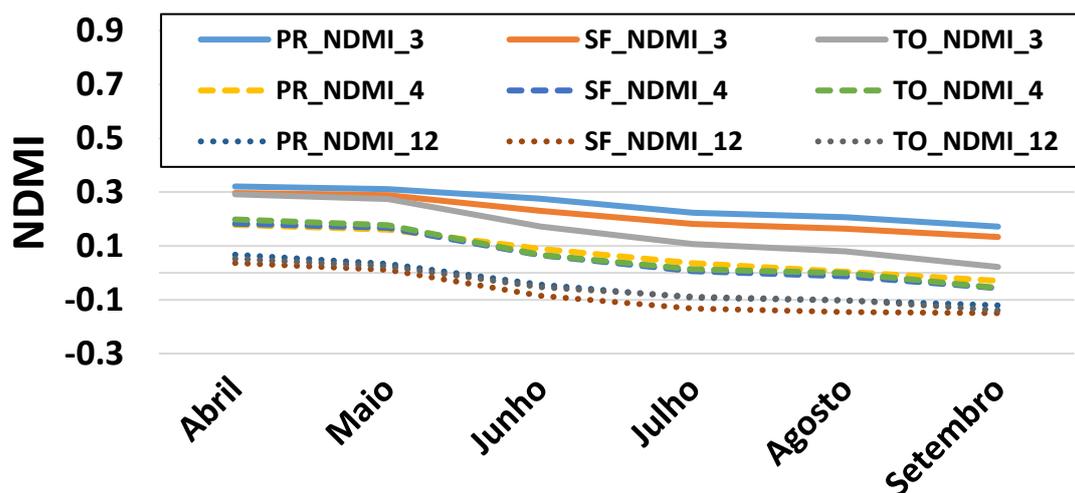


Figura 5 - Perfis temporais de NDMI por cobertura e por Bacia Hidrográfica entre os meses de abril e setembro. Legenda: PR_NDMI_3=NDMI da formação florestal da Bacia Hidrográfica do Paraná; PR_NDMI_4=NDMI da formação savânica da Bacia Hidrográfica do Paraná; PR_NDMI_12=NDMI da formação campestre da Bacia Hidrográfica do Paraná; SF_NDMI_3=NDMI da formação florestal da Bacia Hidrográfica do São Francisco; SF_NDMI_4=NDMI da formação savânica da Bacia Hidrográfica do São Francisco; SF_NDMI_12=NDMI da formação campestre da Bacia Hidrográfica do São Francisco; TO_NDMI_3=NDMI da formação florestal da Bacia Hidrográfica do Tocantins/Araguaia; TO_NDMI_4=NDMI da formação savânica da Bacia Hidrográfica do Tocantins/Araguaia; TO_NDMI_12=NDMI da formação campestre da Bacia Hidrográfica do Tocantins/Araguaia.

5.2. Variação intra-anual da cobertura vegetal natural

Considerando os valores dos índices (NDVI, EVI, NDMI) referente às datas avaliadas (16/04, 02/05, 19/06, 21/07, 06/08 e 07/09) do ano de 2016, a PERMANOVA indicou diferença significativa entre as bacias hidrográficas (Tocantins/Araguaia, São Francisco e Paraná), com $F=66.049$ e $p=0.001$. Quando foram avaliados todos os períodos e classes de cobertura (3: florestal, 4: savânica, 12: campestre), considerando todas as bacias hidrográficas (Tocantins/Araguaia, São Francisco e Paraná), foi constatada diferença significativa para todas as avaliações, conforme a Tabela 2. Contudo, cabe ressaltar que os valores de F das formações florestais das Bacias Hidrográficas do Paraná (17,317) e São Francisco (16,898) foram inferiores ao valor encontrado para a bacia hidrográfica Tocantins/Araguaia (76,582), o que demonstra igualdade estatística entre essas três bacias para as formações florestais.

Tabela 3. – Resultados da PERMONOVA considerando as classes de vegetação natural (florestal, savânica e campestre) e os índices de vegetação referente a todas as datas do ano de 2016 (16/04, 02/05, 19/06, 21/07, 06/08 e 07/09). Legenda: 3 – florestal; 4 – savânica; 12 – campestre.

| Bacia Hidrográfica | Classe | SS | F | Pr(>F) | Significância |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|---------------|
| Paraná | 3 | 2.6538 | 17.317 | 0.001 | *** |
| | 4 | 4.4117 | 50.757 | 0.001 | *** |
| | 12 | 4.6351 | 53.282 | 0.001 | *** |
| São Francisco | 3 | 3.2201 | 16.898 | 0.001 | *** |
| | 4 | 6.5013 | 58.284 | 0.001 | *** |
| | 12 | 4.931 | 33.41 | 0.001 | *** |
| Tocantins/Araguaia | 3 | 8.388 | 76.582 | 0.001 | *** |
| | 4 | 7.8617 | 79.545 | 0.001 | *** |
| | 12 | 4.583 | 77.112 | 0.001 | *** |

Código de significância: **** 0.001; *** 0.01; ** 0.05; * 0.1; . 0.5; . 1

Os resultados das interações entre coberturas vegetais naturais (3 - florestal, 4 - savânica e 12 - campestre) entre as bacias hidrográficas (TO - Tocantins/Araguaia, SF - São Francisco e PR - Paraná) não indicaram significância ($p > 0.05$) em apenas 3 interações: SF4xTO4 (0.107); PR3xSF3 (0.073); SF3xTO3 (0.053).

Os valores de NDVI foram agrupados por similaridade para todas as datas estudadas no ano de 2016 (Figura 6). O dendrograma evidencia um agrupamento dos valores de NDMI do período predominantemente seco (junho a setembro). Por outro lado, os valores de NDMI da transição para o período de seca (abril e maio) foram agrupados com os valores de EVI para todas as datas avaliadas (Figura 6).

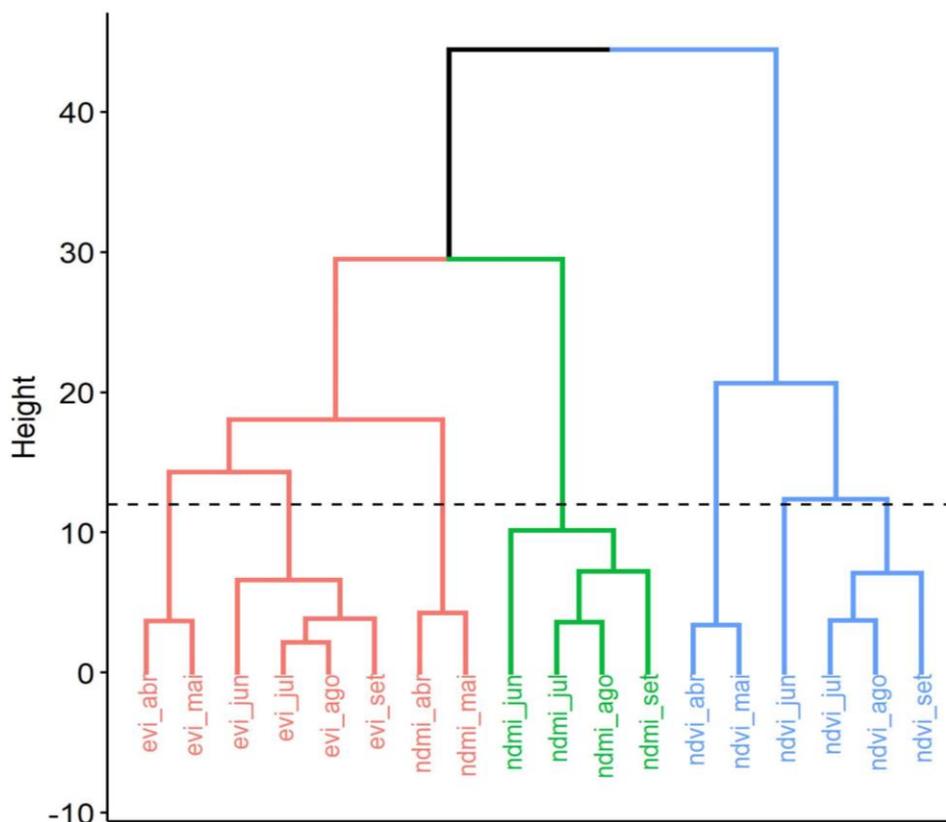


Figura 6 – Dendrograma com os agrupamentos dos índices em função das datas avaliadas para o ano de 2016. Legenda: evi_abr=EVI de abril; evi_mai=EVI de maio; evi_jun=EVI de junho; evi_jul=EVI de julho; evi_ago=EVI de agosto; evi_set=EVI de setembro; ndmi_abr=NDMI de abril; ndmi_mai=NDMI de maio; ndmi_jun=NDMI de junho; ndmi_jul=NDMI de julho; ndmi_ago=NDMI de agosto; ndmi_set=NDMI de setembro; ndvi_abr=NDVI de abril; ndvi_mai=NDVI de maio; ndvi_jun=NDVI de junho; ndvi_jul=NDVI de julho; ndvi_ago=NDVI de agosto; ndvi_set=NDVI de setembro.

6. Discussão

As características fisiográficas das bacias hidrográficas no território da APAPC expressam sua heterogeneidade, principalmente por seus materiais de origem e feições geomorfológicas, marcados sequencias sedimentares proterozóicas dobradas, metamorizadas de baixo a médio grau (MORAES, 2014). Esse autor ressalta que esse domínio comporta litologias de origem sedimentar, que naturalmente tendem a formar relevos aplainados, que se diferenciam em função da composição das rochas e padrões de deformação, aumentando a amplitude de relevos, de planos a muito acidentados (Moraes, 2014).

Como propõe Sano *et al* (2018), mapeando as ecorregiões do Cerrado, dividiu o Bioma em duas grandes classes Platôs e Depressões, apresentando a região centro-sul como uma ecorregião dominada por Planaltos. Confrontante o que

propôs Sano, a região da APAPC enquadra-se como uma região dominada por planaltos, porém temos regiões com depressões acentuadas como é o caso da bacia hidrográfica do Tocantins, e em contraste com a bacia do São Francisco que é uma região de relevo plano.

A heterogeneidade estrutural da APAPC dá condições para uma grande diversidade de usos e ocupações do solo. O domínio da bacia hidrográfica Tocantins/Araguaia é caracterizado por relevo muito acidentado. Por um lado, esse fato dificulta a mecanização agrícolas e outras atividades antrópicas, e por outro, favorece a manutenção de formações florestais contínuas. Nos solos menos profundos são usualmente cobertos por formações campestres, predominante nos topos de morros.

Em todas as bacias hidrográfica as formações savânicas encontram-se com uma alta taxa de desmatamento, devido à expansão agrícola e a urbanização principalmente nas regiões planas. Os maiores resquícios desta fitofisionomia encontram-se em Unidades de Conservação, como a Reserva Biológica Água Emendadas, Fazenda Água-Limpa (UnB), IBGE, Reserva Biológica do Contagem e a Reserva Biológica do Gama.

Percebe-se que existe uma grande controvérsia jurídica e ambiental nos limites da APAPC, apesar da legislação permitir a ocupação urbana e agrícola com limitantes à preservação da biodiversidade da flora e fauna, grande parte da vegetação natural foi desmatada. Os grandes resquícios da vegetação natural se encontram em áreas de proteção integral, proteção permanente, topos de morros ou em áreas em que mecanização agrícola e a urbanização não podem atuar, gerando um conflito de ideias entre preservação e expansão econômica social e produtiva.

7. Conclusão

Os padrões intra-anuais da vegetação natural da Área de Proteção Ambiental do Planalto Central (APAPC) apresentam suas diferenças em função das características fisiográficas das bacias hidrográficas Tocantins/Araguaia, São Francisco e Paraná. Isso significa que formações florestais, savânicas e campestres apresentaram padrões temporais distintos para o ano 2016, em função do material de origem, relevo e solos. As coberturas vegetais naturais

também apresentaram diferenças significativas entre o fim do período chuvoso e final do período seco de 2016.

O presente trabalho foi realizado com apenas um ano (2016), sendo assim, para aprimorar essa abordagem sugere-se o emprego de dados temporais mais amplos. Além disso, caberia um estudo sobre as relações das variações intra- anuais e variáveis climáticas, como por exemplo, precipitação e umidade atmosférica.

Devido ao conflito de ideias observado no âmbito jurídico e preservacionista, compreensão dos diferentes padrões da vegetação pode subsidiar tomada de decisões de agente públicos que podem concentrar suas ações segundo critérios mais objetivos. Essa abordagem também tem o potencial de contribuir com o ordenamento territorial e planejamento ambiental, priorizando áreas estratégicas representativas para a conservação e redução dos conflitos socioambientais.

8. Referências

BEUCHLE, R. *et al.* **LAND COVER CHANGES IN THE BRAZILIAN CERRADO AND CAATINGA BIOMES FROM 1990 TO 2010 ON A SYSTEMATIC REMOTE SENSING SAMPLING APPROACH.** Applied Geography, vol. 58, pg. 116-127. 2015.

CAMPOS, J. E.G.; *et al.* **GEOLOGIA DO GRUPO PARANOÁ NA PORÇÃO EXTERNA DA FAIXA BRASÍLIA.** Braz. J. Geologia, São Paulo. Vol. 43. Pg. 461-476. Setembro 2013.

EMBRAPA.; **EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA DO DISTRITO FEDERAL.** Embrapa Cerrados, ISSN 1517 – 5111, nº 122, Planaltina – DF, 2003. 57p.

EMBRAPA.; **LEVANTAMENTO DE RECONHECIMENTO DOS SOLOS DO DISTRITO FEDERAL.** Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Rio de Janeiro. 455p. 1978.

FACCO, D. S. & BENEDETTI, A. C. **A EVOLUÇÃO TEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA EM MUNICÍPIOS DA QUARTA COLÔNIA DE IMIGRAÇÃO ITALIANA –** Rs. Ciências & Natura, V.38, nº3, 1254-1264. 2016.

FOLEY, J. A., *et al.* **GLOBAL CONSEQUENCES OF LAND USE.** Science, vol. 309, DOI: 10,1126, pg 570-574, 2005.

HIDROGEO.; **ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL DO SETOR HABITACIONAL TAQUARI – SHIQ.** Brasília: Terracap, 1990. 430p.

IBGE (2018)

<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/df/brasil/pesquisa/23/25207?tipo=ranking>
acesso em 09/11/2018

IBGE.(2018).<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/padrebernardo/pesquisa/23/25207?tipo=ranking>>

ICMbio.; **PLANO DE MANEJO DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO PLANALTO CENTRAL.** Brasília, ICMBIO, APA do Planalto Central, 2015.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. **A CONSERVAÇÃO DO CERRADO BRASILEIRO.** Megadiversidade, vol. 1, nº1. 2005.

LANDAU, E. C. *et al.* **CONCENTRAÇÃO GEOGRÁFICA DE PIVÔS CENTRAL NO BRASIL.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa), 2013.

LANDAU, E. C. *et al.* **MAPEAMENTO DAS ÁREAS IRRIGADAS POR PIVÔS CENTRAIS NO ESTADO DE GOIÁS E NO DISTRITO FEDERAL.** Embrapa Milho e Sorgo (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo), 35p. 2013.

MATSUSHITA, B. M. *et al.* **SENSITIVITY OF ENHANCED VEGETATION INDEX (EVI) AND NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX (NDVI) TO TOPOGRAPHIC EFFECTS: A CASE STUDY IN HIGH-DENSITY CYPRESS FOREST.** Sensors, vol. 7, pg. 2636-2651. 2007.

MELO, E. T. *et al.* **APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI) PARA ANÁLISE DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHOS DOS CAVALOS, CRATEÚS-CE.** RA'E GA. Departamento de Geografia – UFPR. Pg. 520-533. 2011.

RODRIGUES, T. W. *et al.* **DELINEAMENTO AMOSTRAL EM RESERVATÓRIOS UTILIZANDO IMAGENS LANDSAT-8/OLI: UM ESTUDO DE CASO NO RESERVATÓRIO DE NOVA AVANHANDAVA.** (Estado de São Paulo, Brasil). Boletim de Ciências Geodésicas, 303-323, 2016.

ROY, D. *et al.* **LANDSAT-8: SCIENCE AND PRODUCT VISION FOR TERRESTRIAL GLOBAL CHANGE RESEARCH.** Remote Sensing of Environment, 154-172, 2014.

SALA, O. E., *et al.* **GLOBAL BIODIVERSITY SCENARIOS FOR THE YEAR 2100.** Science, vol. 287. 2000.

SANO, E. E., *et al.* **CERRADO ECOREGIONS: A SPATIAL FRAMEWORK TO ASSESS AND PRIORITIZE BRAZILIAN SAVANNA ENVIRONMENTAL DIVERSITY FOR CONSERVATION.** Journal of Environmental Management 232, pg. 818-828. 2018.

SHIMABUKURO, Y. E. *et al.* **ÍNDICE DE VEGETAÇÃO E MODELO LINEAR DE MISTURA ESPECTRAL NO MONITORAMENTO DA REGIÃO DO PANTANAL.** *Pesq. Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.33, Nº Especial. Pg. 1729-1737. 1998.

SONTORIO, S. D. **APLICAÇÕES DE TÉCNICAS DE ANÁLISE MULTIVARIADA EM EXPERIMENTOS AGROPECUÁRIOS USANDO O SOFTWARE R.** Tese de mestrado em Agronomia. USP. 2008.

STEFFEN, W., *et al.* **PLANETARY BOUNDARIES: GUIDING HUMAN DEVELOPMENT ON A CHANGING PLANET.** *Science, Research* vol. 347, ISSUE 6223, 2015.

STRASSBURG, B. B. N. *et al.* **MOMENT OF TRUTH FOR THE CERRADO HOTSPOT.** *Nature Ecology & Evolution*, Vol. 1. 2017.

TERRACLAS. **MAPEAMENTO DO USO E COBERTURA DO CERRADO: PROJETO TERRACLASS CERRADO.** Ministério do Meio Ambiente (MMA), 2015.

WILSON, E. H.; SADER, S. A. **DETECTION OF FOREST HARVEST TYPE USING MULTIPLE DATES OF LANDSAT TM IMAGERY.** *Remote Sensing of Environment* 80. Pg. 385-396. 2002.

XU, H. **MODIFICATION OF NORMALISED DIFFERENCE WATER INDEX (NDWI) TO ENHANCE OPEN WATER FEATURES IN REMOTELY SENSED IMAGERY.** *International Journal of Remote Sensing*. Vol. 27, no. 14, pg. 3025-3033. 2006.