

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB
FACULDADE UnB PLANALTINA – FUP
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

**AVALIAÇÃO DAS VARIAÇÕES INTRA-ANUAIS DA
COBERTURA DA TERRA E SUAS RELAÇÕES COM O RELEVO NA
REGIÃO DO MÉDIO ARAGUAIA**

GALGANE PATRÍCIA LUIZ

**BRASÍLIA, DF
FEVEREIRO/2019**

GALGANE PATRÍCIA LUIZ

Dissertação de Mestrado

**AVALIAÇÃO DAS VARIAÇÕES INTRA-ANUAIS DA
COBERTURA DA TERRA E SUAS RELAÇÕES COM O RELEVO NA
REGIÃO DO MÉDIO ARAGUAIA**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Brasília como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Linha de Pesquisa: *Manejo e Conservação dos Recursos Naturais*

Orientador: Prof. Dr. Antonio Felipe Couto Junior

**BRASÍLIA, DF
FEVEREIRO/2019**

FICHA CATALOGRÁFICA

LL953a Luiz, Galgane Patrícia
Avaliação das variações intra-anuais da cobertura da terra e suas relações com o relevo na região do médio Araguaia. / Galgane Patrícia Luiz; orientador Antônio Felipe Couto Junior. -- Brasília, 2019.
52 p.

Dissertação (Mestrado - Mestrado em Ciências Ambientais)
- Universidade de Brasília, 2019.

1. Geomorfologia Fluvial. 2. Sazonalidade da Cobertura da Terra. 3. Mistura Espectral. 4. Índices de Vegetação. 5. Uso e Cobertura do Solo. I. Couto Junior, Antônio Felipe, orient. II. Título.

**AVALIAÇÃO DAS VARIAÇÕES INTRA-ANUAIS DA
COBERTURA DA TERRA E SUAS RELAÇÕES COM O RELEVO NA
REGIÃO DO MÉDIO ARAGUAIA**

GALGANE PATRÍCIA LUIZ

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Antônio Felipe Couto Junior (UnB/FUP) - Orientador

Dr. Edson Eyji Sano (IBAMA/CSR) – Membro Interno

Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi (UnB/EFL) – Membro Externo

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, a qual têm me apoiado em todas as decisões tomadas em minha vida!

AGRADECIMENTOS

À minha família, pelo incentivo dado nos momentos mais difíceis dessa caminhada acadêmica;

Ao meu orientador e mestre Dr. Antônio Felipe Couto Júnior, pela disponibilidade e paciência em transmitir seus conhecimentos, pelos conselhos, conversas e incentivos destinados ao longo desses anos de convivência;

Aos amigos do NEPAL, que trabalharam juntos para que o projeto que resultou nesta Dissertação pudesse ser concluído com excelência, em especial para Pedro Martins, Leonardo Fonseca e Glauber das Neves que contribuíram muito para a realização do trabalho;

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) por toda ajuda acadêmica e confraternizações realizadas ao longo desse período;

E por fim, ao meu marido Gabriel Dias de Oliveira, por todo apoio, companheirismo e dedicação em partilhar sua vida ao meu lado!

"Quando as portas da percepção forem abertas, veremos tudo como realmente é: infinito."

(WILLIAM BLAKE)

RESUMO

A preocupação com as consequências das ações antrópicas sobre planícies de inundação é crescente no cenário internacional. A caracterização da sazonalidade da vegetação nessas regiões apresenta-se como eficiente ferramenta para a análise das modificações ecossistêmicas. O conhecimento sobre estes sistemas ainda é muito restrito, com um agravante das transformações das áreas alagáveis em áreas antropizadas, fazendo com que tais ambientes se percam antes mesmo de serem estudados. O presente trabalho teve como objetivo avaliar as variações espectrais de classes de uso e cobertura da terra da Ottobacia 6951, localizada no Médio curso do Rio Araguaia, no ano de 2017. Foram utilizadas imagens de reflectância da superfície terrestre do sensor Operational Land Imager (OLI) do satélite Landsat 8, referente aos períodos de transição chuva-seca (maio), seca (julho) e transição seca-chuva (outubro) de 2017. Para cada data foram geradas imagens-fração, através da técnica de mistura espectral, considerando três membros finais (natural, pastagem e água), evidenciando as mudanças da cobertura. Também foram gerados índices de vegetação para cada período, evidenciando os aspectos biofísicos da cobertura da terra. Para essa avaliação foram estabelecidos 50 pontos aleatórios para cada classe considerando a bacia inteira e cada unidade geomorfológica. A avaliação dos padrões temporais da cobertura da terra considerou, especialmente, as relações de significância entre os fatores “cobertura” e “período”, para a realização de Análise Multivariada de Permutação (PERMANOVA). A avaliação de agrupamentos foi realizada por meio da Análise de Componentes Principais (ACP), que proporciona a redução da dimensionalidade dos dados. Os resultados expressaram que a “Cobertura do solo” foi a variável de maior significância e influência para compreensão das mudanças intra-anuais que ocorrem na ottobacia de referência, a explicação para a área total da Ottobacia 6951 chegou a 41% e nas subdivisões das Unidades Geomorfológicas chegou a 28%. A classe pastagem apresentou a maior variação intra-anual, expressando um comportamento mais sensível à sazonalidade.

Palavras-chave: Geomorfologia fluvial, sazonalidade da cobertura da terra, mistura espectral, Índices de vegetação e uso e cobertura do solo.

ABSTRACT

Concern about the consequences of anthropic actions on flood plains is increasing in the international arena. The characterization of the seasonality of the vegetation in these regions presents itself as an efficient tool for the analysis of the ecosystemic modifications. The knowledge about these systems is still very restricted, with an aggravation of the transformations of floodplains in anthropic areas, causing such environments to be lost even before being studied. The objective of this work was to evaluate the spectral variations of land use and land cover classes of Ottobacia 6951, located in the middle course of the Araguaia River, in the year 2017. Land surface reflectance images of the Operational Land Imager (OLI) of the Landsat 8 satellite, referring to the rainy-dry (May), dry (July) and dry-rainy transition (October) periods of 2017. For each date fractional images were generated, using the spectral mixing technique, considering three final members (natural, pasture and water), evidencing changes in coverage. Vegetation indexes were also generated for each period, evidencing the biophysical aspects of the land cover. For this evaluation were established 50 random points for each class considering the entire basin and each geomorphological unit. The evaluation of temporal patterns of land cover considered, especially, the relations of significance between the factors "coverage" and "period", for the realization of Multivariate Analysis of Permutation (PERMANOVA). The clustering evaluation was performed through the Principal Component Analysis (PCA), which provides a reduction in the dimensionality of the data. The results showed that the "soil cover" was the variable of greater significance and influence to understand the intra-annual changes that occur in the reference ottobacia, the explanation for the total area of Ottobacia 6951 reached 41% and in the subdivisions of the Units Geomorphology reached 28%. The pasture class presented the highest intra-annual variation, expressing a behavior more sensitive to seasonality.

Keywords: *River geomorphology, land cover seasonality, spectral mixing, vegetation indices, land use and cover.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Localização dos trechos da Bacia do rio Araguaia. fonte: Latrubesse e Stevaux (2002).	15
Figura 1.2: Fatores ambientais estruturantes da paisagem. Adaptado de Martins et al. (2004).	16
Figura 2.1: Mapa de localização da área de estudo contendo limite do Brasil, Limite da Bacia do Rio Araguaia e limite da Ottobacia 6951 de referência.	25
Figura 2.2: Mapa com representação das Unidades de Relevo que compõem a Ottobacia 6951.	26
Figura 2.3: Bibliotecas espectrais referente a média aritmética dos pontos aleatórios gerado em função das classes “Água”, “Vegetação Natural” e “Pastagem”, cujas assinaturas espectrais considerando a Ottobacia 6951 e por Unidades de Relevo: PFF (Planícies Fluviais ou Fluviolacustres), SARD (Superfícies Aplainadas Retocadas ou Degradadas) e TF (Terraços Fluviais) para os três estudados, transição Chuva-Seca (maio/2017), Seca (julho/2017) e transição Seca-Chuva (outubro/2017).	29
Figura 2.4: Resultado da mistura espectral referente aos meses de maio/2017 (transição chuva/seca), julho/2017 (seca) e outubro/2017 (transição seca/chuva), na composição R/natural G/pastagem B/água. Detalhamento em uma das áreas referente a Mistura Espectral. (A) – maio (transição chuva/seca), (B) – julho (seca) e (C) – outubro (transição seca/chuva) do ano de 2017.	30
Figura 2.5: Gráfico referente a média dos pontos amostrais para vegetação natural e pastagem nos três períodos estudados maio/2017 (período de transição chuva-seca), julho/2017 (período de seca) e outubro/2017 (período de transição seca-chuva) para os índices NDVI, NDMI e EVI para a área total da Ottobacia 6951 e das Unidades de Relevo (PFF: Planícies Fluviais ou Fluviolacustres, SARD: Superfícies Aplainadas Retocadas ou Degradadas e TF: Terraços Fluviais).	31
Figura 2.6: Distribuição do uso e ocupação na unidade de relevo Planícies Fluviais ou Fluviolacustres.	32
Figura 2.7: Resultado da mistura espectral referente aos meses de maio/2017 (transição chuva/seca), julho/2017 (seca) e outubro/2017 (transição seca/chuva), na composição r/natural g/pastagem b/água da unidade de relevo Planícies Fluviais ou Fluviolacustres. Detalhamento em uma das áreas referente a unidade de relevo Planícies Fluviais ou Fluviolacustres. (A) – maio (transição chuva/seca), (B) – julho (seca) e (C) – outubro (transição seca/chuva) no ano de 2017.	33
Figura 2.8: Distribuição do uso e ocupação na unidade de relevo Superfícies Aplainadas Retocadas ou Degradadas.	34
Figura 2.9: Resultado da mistura espectral referente aos meses de maio (transição chuva/seca), julho (seca) e outubro (transição seca/chuva), na composição R/natural G/pastagem B/água da unidade de relevo Superfícies Aplainadas Retocadas ou Degradadas. Detalhamento em uma das áreas referente a unidade de relevo Superfícies Aplainadas Retocadas ou Degradadas. (A) – maio, (B) – julho e (C) – outubro do ano de 2017.	35

Figura 2.10: Distribuição do uso e ocupação na unidade de relevo Terraços Fluviais.....	36
Figura 2.11: Resultado da mistura espectral referente aos meses de maio/2017 (transição chuva/seca), julho/2017 (seca) e outubro/2017 (transição seca/chuva), na composição r/natural g/pastagem b/água da unidade de relevo terraços fluviais. detalhamento em uma das áreas referente a unidade de relevo terraços fluviais. (A) – maio, (B) – julho e (C) – outubro de 2017.	37
Figura 2.12: Mapa da Análise dos Componentes Principais (ACP) correspondente a área total da Ottobacia 6951. (A) corresponde ao resultado do cruzamento entre os dados de Período, Índices de vegetação (NDVI, NDMI e EVI) e às Imagens-Fração (IF). (B) corresponde ao resultado do cruzamento entre os dados de Cobertura do solo, Índices de vegetação (NDVI, NDMI e EVI) e às Imagens-Fração (IF).....	38
Figura 2.13: Mapa da Análise dos Componentes Principais (ACP) correspondente a subdivisão das Unidades de Relevo. (A) corresponde ao resultado do cruzamento entre os dados de Período, Índices de vegetação (NDVI, NDMI e EVI) e às Imagens-Fração (IF). (B) corresponde ao resultado do cruzamento entre os dados de Cobertura do solo, Índices de vegetação (NDVI, NDMI e EVI) e às Imagens-Fração (IF).	39

SUMÁRIO

RESUMO.....	VII
ABSTRACT	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	IX
CAPÍTULO 1 – APRESENTAÇÃO GERAL.....	12
1.1 INTRODUÇÃO.....	12
1.2 OBJETIVO.....	13
1.3 CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO NA BACIA DO RIO ARAGUAIA.....	13
1.4 O PAPEL DO RELEVO PARA A COMPREENSÃO DA PAISAGEM E O SENSORIAMENTO REMOTO COMO FERRAMENTA DE INTERPRETAÇÃO .	16
CAPÍTULO 2 - VARIAÇÃO INTRA-ANUAL DA COBERTURA DA TERRA DE UMA OTTOBACIA NO MÉDIO CURSO DO RIO ARAGUAIA	22
2.1 Introdução	23
2.2 Materiais e Métodos.....	24
2.2.1 Imagens Landsat OLI/8.....	26
2.2.2 Dados Uso e Ocupação e Relevo	26
2.2.3 Base de dados Geográficos e de Imagens de Satélite.....	27
2.2.4 Imagens-Fração (Mistura Espectral)	27
2.2.5 Índices de Vegetação.....	27
2.2.6 Análise Estatística	27
2.3 Resultados.....	28
2.3.1 Variação espectral da cobertura da terra na Ottobacia 6951 em 2017	28
2.3.2 Variação espectral da cobertura da terra nas Planícies Fluviais ou Fluvialacustres em 2017	31
2.3.3 Variação espectral da cobertura da terra nas Superfícies Aplainadas Retocadas ou Degradadas em 2017	34
2.3.4 Variação espectral da cobertura da terra nos Terraços Fluviais em 2017.....	36
2.3.5 Relações entre as variáveis da paisagem da Ottobacia 6951 em 2017.....	38
2.4 Discussão.....	39
2.5 Conclusões	40
2.6 Agradecimentos.....	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42

CAPÍTULO 1 – APRESENTAÇÃO GERAL

1.1 INTRODUÇÃO

A preocupação com as consequências das ações antrópicas sobre planícies de inundação é crescente no cenário internacional (WEN et al., 2012; RHEINHARDT et al., 1998; CHALUPOVÁ et al., 2012; BRISON e MALVARÉZ, 2002). Planícies inundáveis são paisagens heterogêneas, formando um mosaico de habitats aquáticos e terrestres interligados. A configuração, composição e o grau de conectividade hidrológica entre estes habitats determinam a biodiversidade do ecossistema como um todo (TONOLLA et al., 2012). O conhecimento sobre estes sistemas ainda é muito restrito, com um agravante das transformações das áreas alagáveis em áreas antropizadas, fazendo com que tais ambientes se percam antes mesmo de serem estudados (WEN et al., 2012).

A bacia hidrográfica do rio Araguaia é uma destas regiões no mundo. Estudos de Martini (2006) apontam que as áreas alagáveis da região do Médio Araguaia podem ser a maior área úmida contínua do Brasil. Segundo Marimon (2012), essa importante planície inundável é composta por um macrossistema formado por um complexo mosaico de áreas alagáveis, vegetação nativa e áreas antropizadas.

Com uma extensa e bem desenvolvida planície de inundação (AQUINO et al., 2008), faz parte da bacia hidrográfica do Araguaia-Tocantins considerada um dos sistemas fluviais de grande importância da América do Sul. Sua área de drenagem inclui duas das maiores regiões fitogeográficas que concentram boa parte da biodiversidade do planeta: a floresta amazônica ao norte e o cerrado brasileiro ao sul (VIEIRA, 2008). Na região do Médio Araguaia encontra-se localizada a Ilha do Bananal, a maior ilha fluvial de mundo, considerada como uma das áreas prioritárias para conservação para o poder público, possuindo um sistema hidrológico que mantém uma grande biodiversidade e dá suporte a um dos mais importantes corredores ecológicos do país (LATRUBESSE e STEVAUX, 2002; AQUINO et al., 2005).

De acordo com Latrubesse e Stevaux (2006), o rio Araguaia é uma das áreas prioritárias para conservação da biodiversidade aquática do Cerrado e tem sido alvo de debates políticos e ambientais na região Centro-Oeste devido à intensa e indiscriminada expansão de atividades agropecuárias, com uma maior degradação do ambiente natural durante as últimas quatro décadas.

Apesar de sua grande extensão e potencial ecológico há uma lacuna no conhecimento de seus limites e insuficiência de ações visando à preservação desse ambiente já em grande parte degradado. A carência de estudos de algumas dessas áreas nos leva, por consequência, à insuficiência de dados que sirvam de parâmetros para ações de preservação e de uso racional dos recursos desses ambientes.

1.2 OBJETIVO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar as variações espectrais de classes de uso e cobertura da terra da Ottobacia 6951, localizada no Médio curso do Rio Araguaia, no ano de 2017. Foram utilizadas imagens de reflectância da superfície terrestre do sensor Operational Land Imager (OLI) do satélite Landsat 8, referente aos períodos de transição chuva-seca (maio), seca (julho) e transição seca-chuva (outubro) de 2017.

1.3 CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO NA BACIA DO RIO ARAGUAIA

As áreas de transição entre os ecossistemas aquáticos e terrestres podem ser consideradas como ecótonos (NEIFF, 2003; GILBERT et al, 1995). Os ecótonos, ou zonas de transição entre áreas adjacentes e o grau de interação entre essas áreas (conectividade) são elementos estruturais e funcionais que resultam e contribuem para a dinâmica espaço-temporal de ecossistemas. Como consequência desses processos, a paisagem é constantemente modificada (ESTEVES, 1998).

Os sistemas rios-planícies de inundação compostos por áreas úmidas de planícies de inundação, regiões alagadas permanente ou temporariamente, reconhecidas por fornecer benefícios ecossistêmicos vitais relacionados a manutenção do ciclo da água em diferentes escalas também são responsáveis pelo armazenamento, abastecimento, purificação de água, tratamento de águas residuais, reposição de águas subterrâneas, retenção de sedimentos, recarga do nível de água do solo, regulação do clima local e regional e a manutenção de uma grande biodiversidade, sendo fundamentais para a qualidade de vida e para a economia (INTECOL WETLAND WORKING GROUP, 2008).

O valor destas áreas é inestimável e constitui-se em apoio a mitigação das mudanças climáticas. Novitzki et al, (1996), Dugan (1993) e Patten (1990) descrevem detalhadamente os valores e benefícios das zonas úmidas para a ecologia global, flora, fauna, e para os seres humanos. Por esses motivos o Programa Mundial de Avaliação dos Recursos Hídricos das

Nações Unidas, considera os valores dos benefícios do ecossistema de zonas úmidas normalmente mais elevados do que para outros tipos de ecossistemas (RUSSI, 2013).

A inundação sazonal, com seus ciclos de enchente, cheia, vazante e seca, é chamada de pulso de inundação. A alternância entre ambiente terrestre e aquático faz com que esse tipo de ambiente seja diferenciado em relação a outras áreas úmidas, que tem um nível de água relativamente constante (JUNK, 1997).

Essa alternância entre os períodos de inundação e recessão das águas resulta em grandes variações no nível da água, promovendo grandes transformações nos habitats, em ciclos sazonais de lântico para lótico, e novamente para lântico, e do mesmo modo de terrestre para aquático, o que os tornam altamente complexos, no sentido da hidrodinâmica, conectividade e processos geocológicos (THOMAZ et al., 1997).

Uma das mais importantes planícies de inundação brasileira é a do Rio Araguaia. O rio Araguaia nasce na serra dos Caiapós, numa altitude de 850 m, na divisa dos Estados de Goiás e Mato Grosso e, depois de percorrer 720 km, divide-se em dois braços: O Araguaia e o Javaés, formando a maior ilha fluvial do mundo, a Ilha do Bananal, com extensão aproximada de 300 km. O Araguaia percorre mais de 2.100 km até a confluência com o rio Tocantins. O seu principal afluente é o rio das Mortes com aproximadamente 60.000 km² de área de drenagem (AQUINO et al., 2005).

Segundo Latrubesse e Stevaux (2002), o rio Araguaia é dividido em três segmentos: alto, médio e baixo. O alto Araguaia drena uma área de 36.400 km² e se desenvolve da cabeceira até a cidade de Registro do Araguaia. No médio curso que se estende por 1.600 km desde de Registro do Araguaia até Conceição do Araguaia, a área de drenagem aumenta drasticamente, alcançando uma área maior que 300.000 km², onde está presente uma planície aluvial bem desenvolvida. O baixo Araguaia se constitui depois da localidade de Conceição do Araguaia até sua confluência com o rio Tocantins.

No setor do alto Araguaia o rio corre encaixado em rochas pré-cambrianas do embasamento cristalino e sobre rochas da Bacia Sedimentar do Paraná. Geomorfologicamente esta área é formada por paisagens mais abruptas com elevações de até 1.000m (LATRUBESSE e STEVAUX, 2002).

No médio curso, o rio flui através de uma planície aluvial bem desenvolvida. Entretanto, na área superior do médio Araguaia, o rio corta blocos tectônicos de rochas pré-cambrianas. Mais adiante nesse setor, o rio transcorre através de terras baixas da planície do Bananal, uma importante unidade geomorfológica e sedimentar (LATRUBESSE e STEVAUX, 2002).

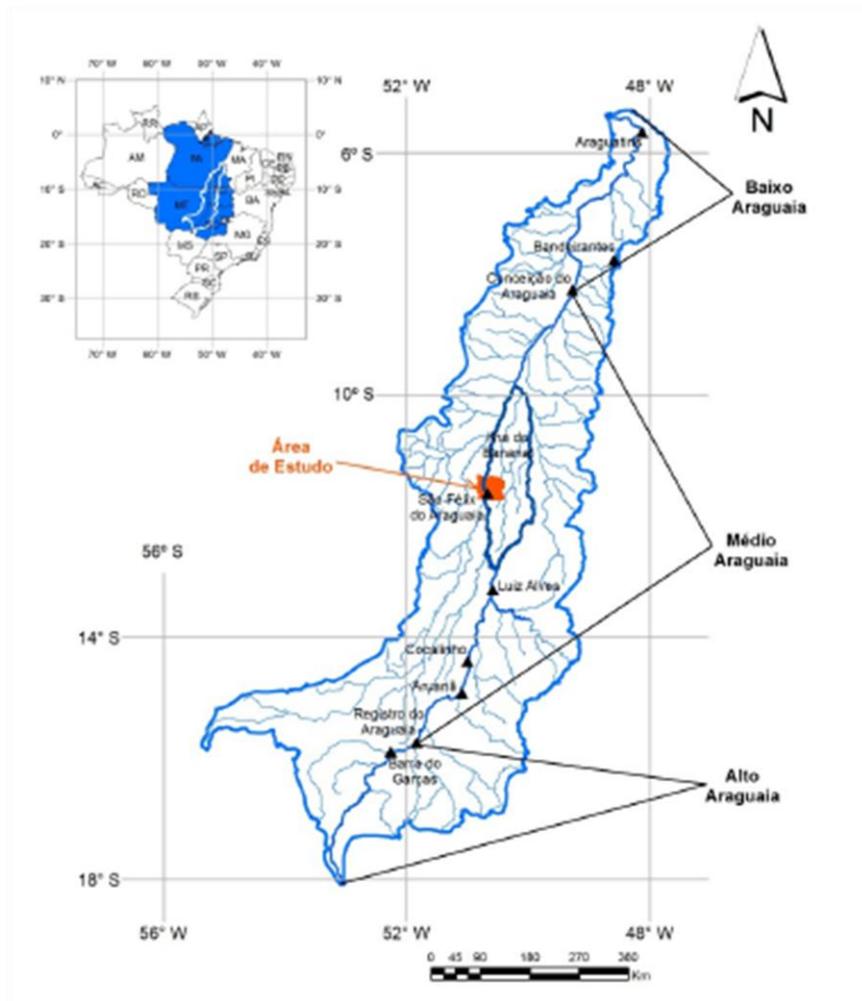


Figura 1.1: Localização dos trechos da Bacia do rio Araguaia. fonte: Latrubesse e Stevaux (2002).

Para Latrubesse e Stevaux (2002), a planície aluvial do médio Araguaia é um complexo mosaico de unidades morfosedimentares formadas por sedimentos do Holoceno e do Pleistoceno tardio e reconhecem três tipos de unidades geomorfológicas dominantes que conformam a planície aluvial atual: a) planície de inundação de escoamento impedido b) a unidade dominada por paleomeandros e c) as planícies de barras e ilhas acrescidas.

O baixo Araguaia inicia-se depois da planície do Bananal, quando a planície aluvial do rio praticamente desaparece e o rio entra em área de rochas cristalinas pré-cambrianas com extensão de aproximadamente 500 km, até a confluência com o rio Tocantins (AQUINO et al., 2005).

Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima regional é Aw (tropical de verão úmido e período de estiagem no inverno) e, em geral, os valores máximos de vazão ocorrem entre os meses de novembro e abril (LATRUBESSE e STEVAUX, 2002).

Há durante o ano duas estações bem acentuadas: a chuvosa e a seca, com um mês de transição nas passagens de uma para outra. O período mais chuvoso da bacia compreende os meses de outubro a abril e o mais seco os meses de julho a agosto. São mais chuvosos os meses de dezembro, janeiro e fevereiro, na parte central e sul da bacia, e de janeiro, fevereiro e março, na região norte da bacia AQUINO et al., 2005).

A descrição da geologia regional, para a Região Hidrográfica em questão, baseia-se na identificação e descrição das principais Províncias Geotectônicas que a compõem. A província Escudos Cristalinos pode ser subdividida em duas sub-províncias, Escudo Brasil-Central, a noroeste da região, e o Maciço Central Goiano, no centro e sudeste. O Escudo Brasil-Central corresponde essencialmente a uma porção do Cráton do Amazonas, cujas rochas, Pré-Cambrianas aflorantes, pertencem em sua maior parte ao Complexo Xingu, constituído basicamente por rochas metamórficas de alto grau do tipo gnaisses e magmatitos (FGV; MMA; ANEEL, 1998).

1.3 O PAPEL DO RELEVO PARA A COMPREENSÃO DA PAISAGEM E O SENSORIAMENTO REMOTO COMO FERRAMENTA DE INTERPRETAÇÃO

A formação da paisagem ocorre através da interação hierárquica de um conjunto de fatores ambientais (rocha, clima, relevo, solo e organismos) ao longo do tempo (MARTINS et al., 2004), caracterizados dinâmicas próprias, sendo um determinado nível hierárquico condicionado o seu nível hierárquico superior (Figura 1.2).

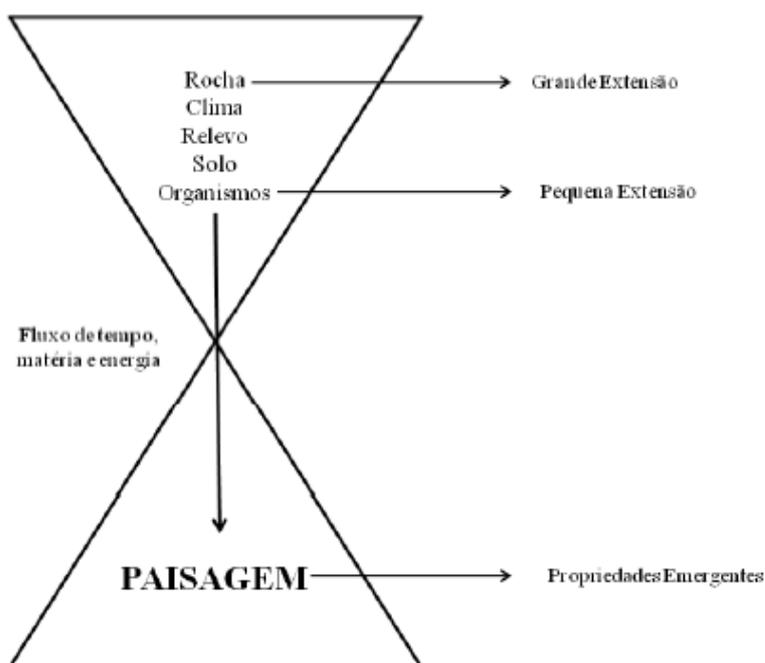


Figura 1.2: Fatores ambientais estruturantes da paisagem. Adaptado de Martins et al. (2004).

Dentro da perspectiva temporal humana, os processos relacionados aos fatores de clima e rocha são os mais estáticos da paisagem, enquanto os solos e os organismos se encontram com maior dinamismo. O relevo se enquadra como fator de interface entre os elementos estáticos e dinâmicos da paisagem (MARTINS, 2004).

O relevo é um dos fatores condicionantes para a delimitação da paisagem, fundamental para análise da cobertura da terra (AB'SABER, 1950), e de estratégias de planejamento ambiental (CASSETI, 2005).

As unidades de relevo são determinantes para as categorias de uso da terra, visto que os padrões de ocupação da cobertura da terra ocorrem de maneira diferenciada de acordo com os tipos de relevo, demonstrando a relevância do mapeamento geomorfológico em conjunto como o mapeamento de uso e cobertura da terra como componentes indispensáveis no planejamento territorial (CHRISTOFOLETTI, 1994; BARAN-ZGŁOBICKA E ZGŁOBICKI, 2012).

Assis et al. (2016) apresentaram um estudo da influência do relevo na distribuição das classes de cobertura da terra da região do Sudoeste Goiano e observaram que as atividades agrícolas se concentravam principalmente nas áreas mais elevadas e planas da região. As pastagens cultivadas se relacionavam a relevos ondulados e baixa altitude, enquanto que em regiões de maior declividade, o uso da terra era mais restrito e a cobertura era dominada por vegetação natural do Cerrado.

Nesse contexto, observa-se a importância da compreensão da influência do relevo em torno dos usos e coberturas da terra, fazendo com que o planejamento ambiental e o ordenamento territorial tenham a compreensão de que o relevo e a ocupação da terra devem ser trabalhados de maneira conjunta, evitando a negligência de algum elemento e possíveis conflitos (FURRIER e GONZALES, 2015). Com base no exposto acima, as ferramentas do sensoriamento remoto se mostram fundamentais para compreender o funcionamento e as variações que acontecem na superfície da Terra. O presente estudo se utilizou de dois dos seus instrumentos para analisar as variações no padrão da vegetação, a fim de entender melhor como ocorrem as mudanças sazonais em uma *Ottobacia* na região do Médio Rio Araguaia. Os instrumentos trabalhados na pesquisa foram a mistura espectral e os índices de vegetação (nesta pesquisa utilizaremos os seguintes índices: Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), Índice de umidade de diferença normalizada (NDMI) e o Índice de Vegetação Realçado (EVI)).

Os conceitos de mistura espectral e de proporção de endmembers foram introduzidos nos estudos com imagens multiespectrais ainda no início dos anos 1970 (HOROWITZ et al.,

1971 apud ADAMS et al., 1995), sendo, desde então, rapidamente difundidos e aprimorados. Uma das primeiras aplicações com o modelo linear ocorreu no campo da Astronomia e Geologia, onde se buscava aprimorar os mapeamentos de depósitos minerais e recursos hídricos possivelmente presentes na superfície de outros corpos do sistema solar (SCHWEIK e GREEN, 1999). Ainda hoje, a mistura espectral tem sido aplicada neste campo de pesquisa, sobretudo em análises da superfície do planeta Marte (STAID e PIETERS, 1998; FARRAND, 1999; NOLIN e FARRAND, 1999; FARRAND e GADDIS, 1999). O principal objetivo do Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME) refere-se à redução da dimensionalidade dos dados em uma imagem com n bandas, tornando-a apropriada para um novo processamento (ex. classificação não-supervisionada), e o realce dos alvos de interesse, ambos obtidos pela geração de Imagens Fração (AGUIAR et al., 1999; VERONA et al., 2001).

Imagens de sensoriamento remoto quase sempre apresentam uma combinação de *pixels* puros e misturados (maioria). Dependendo da resolução espacial do sensor ou do GIFOV (*Ground Instantaneous Field Of View*), os materiais na superfície podem ser menores do que um único elemento de cena da imagem. Desta forma, a radiância observada em um dado ponto é resultado de uma mistura espectral originada pela resposta de cada um destes componentes contidos no *pixel* (ex. vegetação + solo + sombra). Outra situação comum é quando esse *pixel* se encontra no limite entre dois ou mais materiais diferentes (SHIMABUKURO e SMITH, 1995).

Este modelo fundamenta-se no pressuposto de que um espectro misturado (diferentes alvos no campo de visão do sensor), numa imagem qualquer pode ser modelado através de uma combinação linear de espectros puros, conhecidos por *endmembers* (Roberts et al., 1998). Nestas condições, para qualquer imagem, e sendo as respostas espectrais dos componentes conhecidas, as proporções destes podem ser estimadas, de forma individual, por meio da geração de Imagens Fração (SHIMABUKURO E SMITH, 1991; SCHOWENGERDT, 1997; SHIMABUKURO ET AL., 1998; SHIMAZAKI E TATEISHI, 2001). Portanto, os *endmembers* referem-se ao conjunto de espectros “puros” que serão utilizados em um modelo de mistura e que, quando combinados por regra apropriada, são capazes de reproduzir os demais espectros encontrados na imagem (ADAMS ET AL., 1989). Segundo Detchmendy e Pace (1972) apud Aguiar et al. (1999), o modelo linear foi desenvolvido com este propósito de compreender as variações encontradas nas assinaturas espectrais de diversos materiais, o que de certa forma pode ser interpretado como uma função de proporção dos *endmembers* contidos em cada *pixel* da cena.

Ultimamente, com a crescente necessidade de mapeamentos mais precisos a respeito dos recursos naturais terrestres, sobretudo da vegetação, os modelos lineares passaram a ser utilizados com uma maior frequência (ZHU e TATEISHI, 2001), substituindo ou complementando outros métodos de processamento de imagens, tal como os índices de vegetação (ex. NDVI, SAVI, EVI) e demais técnicas de classificação digital, com algoritmos supervisionados e não-supervisionados. Neste sentido, variantes da mistura espectral vêm sendo aplicadas com sucesso no mapeamento de espécies vegetais, áreas degradadas e mineralógicas (BRYANT, 1996; ASNER e LOBELL, 2000; ROGAN et al., 2002), inclusive em regiões cobertas por neve e gelo, visando a detecção de mudanças climáticas (PAINTER et al., 1998; PIWOWAR et al., 1998).

Os Índices de Vegetação foram desenvolvidos com o objetivo de realçar as propriedades espectrais da vegetação, utilizando principalmente as regiões do visível e do infravermelho próximo. Esses índices estão relacionados a parâmetros biofísicos da cobertura vegetal e podem caracterizar parâmetros como o índice de área foliar e a biomassa, radiação foto sinteticamente ativa absorvida, produtividade de determinada cultura, além de minimizarem efeitos da iluminação da cena e declividade da superfície que influenciam na reflectância da vegetação. Os índices têm por objetivo realçar o contraste espectral entre a vegetação e o solo e os dados podem ser obtidos através de imagens de satélite e por equipamentos próximos ao alvo de interesse, como o espectrorradiômetro (SANTOS, 2015; PONZONI, SHIMABUKURO, 2010).

Devido à importância da resposta espectral das folhas de uma planta e a sua relação com as características da vegetação no instante das medições, diversos autores buscaram relacioná-la com variáveis biofísicas e fisiológicas das culturas (LEE et al., 2004; VIGNEAU et al., 2011; ZHAO et al., 2012; ZHANG et al., 2013b). Uma forma de se inferir sobre as condições da vegetação, como estádios fenológicos, concentração de clorofila nas folhas, entre outros, é por meio do cálculo de índices de vegetação (IV), os quais são obtidos a partir da relação entre duas ou mais bandas espectrais e visam realçar as variações de densidade da cobertura vegetal. O cálculo se baseia no padrão divergente da resposta espectral na região do espectro visível e infravermelho próximo que ocorre na vegetação em geral (HUETE et al., 1997; MENESES e ALMEIDA, 2012; PONZONI et al., 2012).

Existem diversos índices de vegetação desenvolvidos, sendo que alguns dos mais frequentemente aplicados atualmente são o Razão Simples (SR), Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), Índice de umidade de diferença normalizada (NDMI) e o

Índice de Vegetação Realçado (EVI) (JORDAN, 1969; HUETE et al., 1997; ZHANG et al., 2003; PONZONI et al., 2012). Também podem ser citados outros índices, não tão difundidos, mas que também têm sido estudados para aplicações na agricultura, com resultados positivos, tais como os Índice de Vegetação Atmosfericamente Resistente Verde (GARI), Índice da Clorofila Verde (CIgreen), Índice de Vegetação Atmosfericamente Resistente (ARVI), Índice Foliar Verde (GLI), Índice de Vegetação Triangular Modificado 2 (MTVI2) e Índice da Razão de Absorção de Clorofila Modificado 2 (MCARI2) (KAUFMAN e TANRE, 1992; GITELSON et al., 1996a, 2005; LOUHAICHI et al., 2001b; HABOUDANE et al., 2004; VINCINI et al., 2008).

Segundo Ponzoni, Shimabukuro e Kuplich (2012), a interpretação desse índice deve levar em consideração vários fatores que possam limitar a sua aplicação em algumas situações, tais como o ponto de saturação no qual o incremento de biomassa vegetal não pode mais ser acompanhado pelo índice, as interferências atmosféricas, as larguras das bandas espectrais utilizadas e as características de qualidade da imagem inerentes ao sensor utilizado. Esses fatores podem levar a resultados com valores incorretos ou com forte presença de ruídos, como é o caso das interferências atmosféricas e da qualidade das imagens, e podem restringir a comparação de resultados obtidos a partir de sensores diferentes, já que as larguras das bandas e as características de cada sensor podem gerar resultados de resposta radiométricas diferentes para um mesmo alvo. Já no caso do ponto de saturação do NDVI, devido à dinâmica de espalhamento e absorção de um dossel, quanto mais denso esse último for, maior é o espalhamento da banda do infravermelho próximo e maior é a absorção na banda do vermelho, até certo ponto. Quando o dossel vegetal chega a uma certa densidade, característica de cada espécie, a variação no incremento de biomassa e/ou índice foliar específico gera variações entre os fenômenos de espalhamento e absorção cada vez menores, mantendo o valor do NDVI praticamente inalterado após atingir esse ponto de saturação. Isso pode levar a uma falsa conclusão de que a vegetação não está mais acumulando biomassa, quando isso não é necessariamente verdade (GITELSON et al., 1996; PONZONI et al., 2012).

Ainda, vale salientar que como o NDVI relaciona duas faixas espectrais bastante comuns, existe a possibilidade de aplicação desse índice em dados provenientes de diversos sensores, tanto orbitais, como MODIS (Terra/Aqua) e OLI (Landsat 8), quanto terrestres, como espectrorradiômetros e greenseekers (KASTENS et al., 2005; JIANG et al., 2006; GEMTOS et al., 2013).

Em geral, para todos os materiais observados, o NDVI varia entre -1,0 e +1,0. Mais especificamente para a vegetação, este índice varia entre aproximadamente zero e +1,0. Há na

literatura autores que citam o NDVI para a vegetação variando entre intervalos mais restritos como (FONTANA, 2011), que cita o intervalo entre 0,3 e +1,0 e Ponzoni e Shimabukuro (2010), que cita intervalo entre aproximadamente 0,00 e 0,80.

Sendo um dos índices mais recentemente propostos, o Índice de Vegetação Realçado (do inglês *Enhanced Vegetation Index* - EVI) buscou a unificação das ideias apresentadas pelos índices SAVI e ARVI de otimizar o sinal da vegetação através da redução da influência da atmosfera e da dissociação do sinal de fundo do dossel vegetal conjuntamente, utilizando tanto a banda azul como coeficientes de correção específicos para cada efeito (HUETE et al., 2002b).

Segundo Huete et al. (2002), enquanto o NDVI é sensível à presença de clorofila na vegetação, o EVI responde mais às variações estruturais do dossel, incluindo o índice de área foliar (IAF), tipo de dossel, fisionomia da planta e a arquitetura do dossel (GAO et al., 2000). Essa melhor caracterização da estrutura do dossel pelo EVI é atribuída à sua formulação que inclui uma correção para a refletância de fundo, altamente influenciada pelo solo visível, o que é uma consequência da estrutura do dossel em si (HUETE et al., 1997; HATFIELD e PRUEGER, 2010).

O *Normalized Difference Moisture Index* (NDMI) está relacionado com a quantidade de umidade presente no dossel da vegetação, a partir dos canais do infravermelho próximo e da luz verde visível, que refletem mudanças em ambos o teor de água, e absorvem a radiação de energia refletida pelas bandas (GAO, 1996).

O NDMI é representado pelo cálculo. O NDMI é representado pelo cálculo da banda do infravermelho próximo e banda da luz verde visível. O índice acompanha as mudanças na biomassa e no estresse da umidade das plantas (GAO, 1996).

Os valores elevados de NDMI (em verde) correspondem ao alto conteúdo de água na vegetação. Valores baixos NDMI (em vermelho) correspondem ao baixo teor de água da vegetação (STEPHANIE, 2011), permitindo saber a umidade presente na vegetação, se tornado sensível à mudança (GAO, 1996; CECCATO, 2002; GU et al., 2008).

O NDMI mais sensível do que o NDVI no monitoramento da seca (GU et al., 2007), esta técnica consegue identificar claramente e demonstrar o potencial da água na cobertura do solo (CECCATO, 2002; JACKSONA, 2004).

CAPÍTULO 2 - VARIAÇÃO INTRA-ANUAL DA COBERTURA DA TERRA DE UMA OTTOBACIA NO MÉDIO CURSO DO RIO ARAGUAIA¹

Resumo - A Bacia do Rio Araguaia é uma região cujos ambientes mostram-se marcados pelas variações anuais de inundação. A caracterização da cobertura da terra tem o potencial de caracterização do funcionamento ecossistêmico, bem como, avaliar possíveis modificações antrópicas. O presente trabalho teve como objetivo avaliar as variações espectrais de classes de uso e cobertura da terra da Ottobacia 6951, localizada no Médio curso do Rio Araguaia, no ano de 2017. Foram utilizadas imagens de reflectância da superfície terrestre do sensor Operational Land Imager (OLI) do satélite Landsat 8, referente aos períodos de transição chuva-seca (maio), seca (julho) e transição seca-chuva (outubro) de 2017. Para cada data foram geradas imagens-fração, através da técnica de mistura espectral, considerando três membros finais (natural, pastagem e água), evidenciando as mudanças da cobertura. Também foram gerados índices de vegetação para cada período, evidenciando os aspectos biofísicos da cobertura da terra. Para essa avaliação foram estabelecidos 50 pontos aleatórios para cada classe considerando a bacia inteira, cada unidade geomorfológica e uso e cobertura da terra. A avaliação dos padrões temporais da cobertura da terra considerou, especialmente, as relações de significância entre os fatores “cobertura” e “período”, para a realização de Análise Multivariada de Permutação (PERMANOVA). A avaliação de agrupamentos foi realizada por meio da Análise de Componentes Principais (ACP), que proporciona a redução da dimensionalidade dos dados. A cobertura da terra foi a variável de maior significância das mudanças intra-anuais da Ottobacia. A classe pastagem apresentou a maior variação intra-anual, expressando um comportamento mais sensível a sazonalidade.

Palavras-chave: geomorfologia fluvial, sazonalidade da cobertura da terra, mistura espectral, índices de vegetação, uso e cobertura do solo.

Intra-annual Variation of the Coverage of the Earth of a Ottobacy in the Average Course of the Araguaia River

Abstract - The Araguaia River Basin is characterized by singular natural features, whose environments are marked by the annual variations of flood. The characterization of temporal patterns of land cover has the potential to characterize the ecosystem functioning, as well as evaluate possible anthropogenic changes. The present study aimed to evaluate the spectral variations land use and land cover of the of the Ottobacia 6951, in the middle course of the Araguaia River, in 2017. Images of the Earth's surface reflectance of the Operational Land Imager (OLI) sensor of the Landsat 8 satellite were used in the rain-dry (May), dry (July) and dry-rain (October) transition periods. For each date fractional images were generated, using the spectral mixing technique, considering three final limbs (natural, pasture and water), evidencing the change in coverage over time. Vegetation indexes were also generated for each period, aiming to highlight the biophysical aspects of the land cover. For this evaluation were established 50 random points for each class considering the entire basin and each geomorphological unit and land cover. The evaluation of temporal patterns of land cover considered, especially, the relations of significance between the factors "coverage" and "period", for the realization of Multivariate Analysis of

¹ O Capítulo 2 está formatado seguindo as normas da Revista Brasileira de Geografia Física, a qual foi submetido e encontra-se em avaliação.

Permutation (PERMANOVA). The clustering evaluation was performed through Principal Component Analysis (PCA), which provides a reduction in data dimensionality. Land cover was the most significant variable for in-year variations in ottobacy. The pasture class had the highest intra-annual variation, expressing a behavior more sensitive to seasonality.

Keywords: *river geomorphology, land cover seasonality, spectral mixing, vegetation indices, land use and cover.*

2.1 Introdução

Em estudos ambientais, a investigação das alterações numa determinada paisagem, movidas tanto por processos naturais quanto por processos de influência antrópica, ou simultaneamente por ambos, automaticamente reporta-se à perspectiva dinâmica (Oliveira e Souza, 2013). Esses processos estão profundamente ligados a formação da paisagem e são essenciais para o entendimento da paisagem geomorfológica, sua evolução e dinâmica (Passarella et al., 2016),

Dentro dessa abordagem de degradação da paisagem, a bacia hidrográfica surge como elemento chave para uma análise mais apropriada. Conforme é ressaltado por Zanata et al. (2015), a bacia é um sistema aberto, onde o fluxo de matéria e energia é dinâmico e altamente dependente da gestão dos solos. O conhecimento da distribuição espacial dos tipos de uso e da cobertura da terra é fundamental para orientar a utilização racional do espaço (Tieskens et al., 2017),

O manejo das bacias, em função do uso e ocupação do solo, associado às suas características, pode interferir significativamente em todo o sistema (Aparecido et al., 2016). Mudanças em grande escala podem alterar os padrões de clima e precipitação locais, intensificando o escoamento superficial com consequente aumento nos processos erosivos (Gurnell et al., 2014). Assim, Vargas et al. (2015) descrevem que em uma análise geoambiental integrada de qualquer bacia hidrográfica, é necessário pesar os impactos dos diferentes usos da terra sobre a dinâmica de toda a região.

A Bacia do Rio Araguaia é uma dessas regiões onde a paisagem natural vem sendo intensamente convertida pela ação antrópica. Essa região está incluída ao restrito grupo das planícies inundáveis que prestam diversos serviços ambientais, como fonte e sumidouro de carbono, regulação de clima, áreas de

amortecimento de cheias, fornecimento de produtos animais e vegetais e manutenção de biodiversidade (Fan e Miguez-Macho, 2011; Junk et al., 2015). Exemplos importantes destas áreas estão distribuídos pelo globo, como as planícies de inundação amazônicas e as grandes áreas alagáveis do Pantanal na América do Sul e os deltas internos do Níger e do Okavango na África, cuja relevância para processos em escalas globais como regulação de clima é enorme (Fleischmann et al., 2017).

A Bacia do Rio Araguaia é importante regionalmente, tanto no aspecto ecológico, como no geopolítico e socioeconômico. O Araguaia é um dos principais cursos d'água que corta, no sentido Sul-Norte, o território central do Brasil, abrangendo o Cerrado e a Floresta Amazônica, duas regiões fitogeográficas de notável biodiversidade (Lopes et al., 2017). Ainda segundo Lopes et al., (2017) essa região ao mesmo tempo, marca a fronteira política entre o Centro-Oeste e o Norte, estabelecendo a ligação entre essas duas macrorregiões.

Neste sentido, a região do Araguaia torna-se então uma unidade de gestão territorial importante para os estudos ambientais, pois todos os componentes pertencentes a ela como geologia, geomorfologia, cobertura vegetal, clima e rios estão integrados e interligados e, portanto, qualquer alteração nesses componentes pode impactar esse ambiente (Faustino et al., 2014). É o fato da suas cheias (períodos de inundação) durarem aproximadamente quatro meses, acompanhando o ciclo das chuvas, permitem o desenvolvimento de estratégias adaptativas dos organismos vivos, em particular na zona de transição entre ambientes aquáticos e terrestres, o que contribuiu para uma biodiversidade maior, se comparada com outras localidades (Lopes et al., 2017).

Por isso que analisar o uso e a ocupação do solo, bem como as características morfométricas das bacias hidrográficas tem se mostrado uma das maneiras mais eficientes para

a constatação de impactos no ambiente (Faustino et al., 2014). A avaliação desses impactos, do manejo e gestão de recursos naturais tem empregado cada vez mais os produtos do sensoriamento remoto (Silva e Silva, 2016).

O uso de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) para analisar e mapear o uso e ocupação do solo bem como extrair informações morfométricas das bacias hidrográficas são fundamentais, pois auxiliam na interpretação do espaço geográfico e obtenção de informações espaciais (Faustino et al., 2014).

No contexto da compreensão da influência sazonal do regime hidrológico sobre a cobertura da terra da Bacia do Rio Araguaia, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as variações espectrais de uso e cobertura da terra da Ottobacia 6951 (localizada no Médio curso do Rio Araguaia), utilizando imagens de reflectância da superfície terrestre do sensor *Operational Land Imager* (OLI) do satélite Landsat 8, referente aos períodos de transição chuva-seca (maio), seca (julho) e transição seca-chuva (outubro) de 2017.

2.2 Materiais e Métodos

Uma das mais importantes planícies de inundação brasileira é a do Araguaia, inserida na bacia do Rio Araguaia abrange uma área de

drenagem de aproximadamente 386.000 km² localizada inteiramente em território nacional. Esta bacia cruza dois biomas (Amazônia e Cerrado), cujos os remanescentes naturais somados representam 53% da área da região hidrográfica, sendo 14% desses localizados em unidades de conservação e proteção integral ou de uso sustentável, além de terras indígenas (MMA, 2014).

A precipitação total anual média é de 1.700 mm e a vazão média do Rio Araguaia é de 5.500 m³/s (Aquino et al., 2005). sua extensão é de 2.110 km e pode ser dividida em três unidades: alto, médio e baixo araguaia (Latrubesse e Stevaux, 2002). O maior trecho é o do médio Araguaia, que se estende por 1.160 Km desde Registro do Araguaia (GO) até Conceição do Araguaia (PA) com uma área de drenagem de 320.290 Km². Esse trecho é caracterizado por planície aluvial bem desenvolvida destacando sedimentos Cenozoicos terciários e quaternários.

A área de estudo do presente trabalho compreende a área da Ottobacia nível 4, ottocodificação 6951, que está inserida completamente no Cerrado e situada na região do Médio Araguaia, entre os municípios de Aruanã (GO) e Luiz Alves (GO). Essa ottobacia é composta, predominantemente, por vegetação natural e pastagem, que ocupam respectivamente, 864,03 km² e 725,04 km² (Figura 2.1).

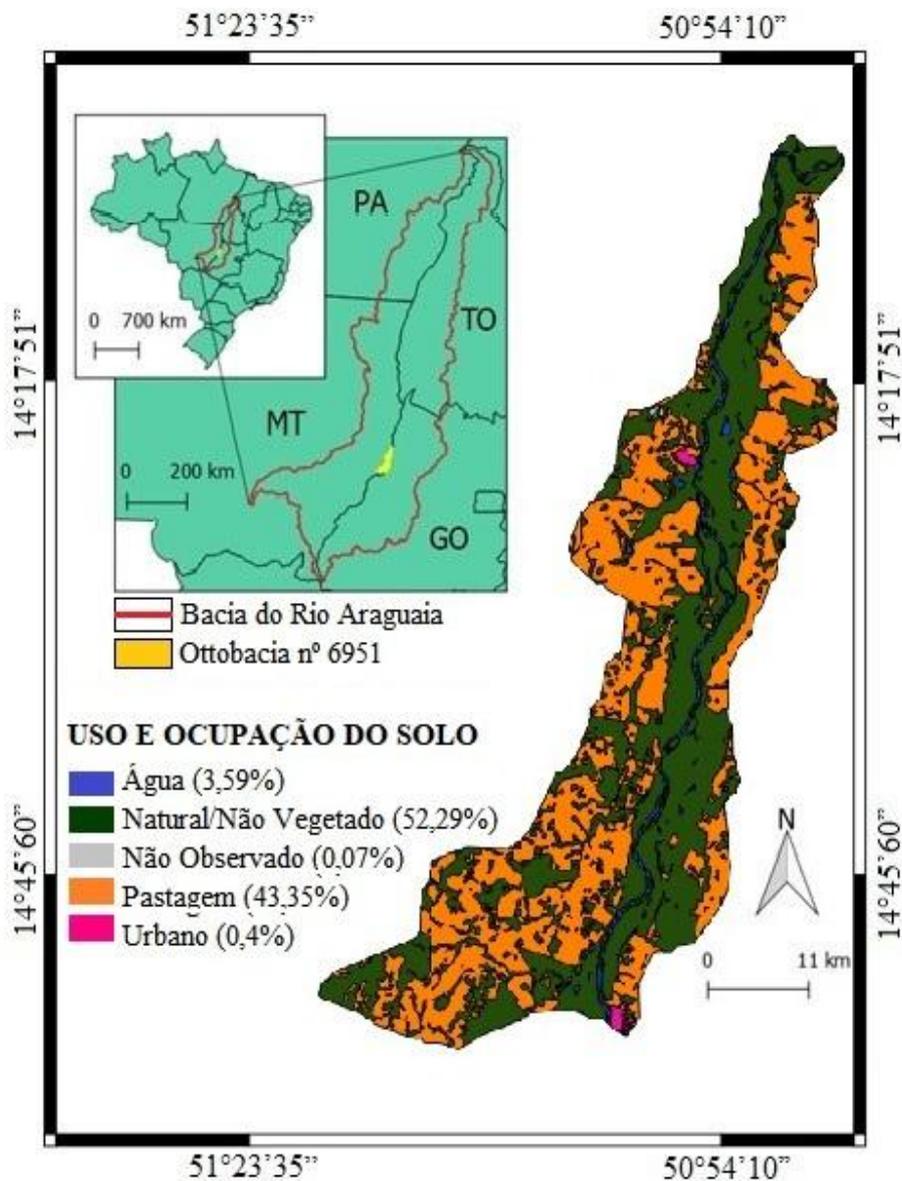


Figura 2.1: Mapa de localização da área de estudo contendo limite do Brasil, Limite da Bacia do Rio Araguaia e limite da Ottobacia 6951 de referência.

Na Ottobacia 6951 tem área de 1672 km², sendo composta por três unidades de relevo (Figura 2.2): As Planícies Fluviais ou Fluviolacustres que ocupam 905 Km² da área total de estudo, os Terraços Fluviais que abrangem 254 Km² da área total da Ottobacia 6951 e as Superfícies Aplainadas Retocadas ou Degradadas que ocupam 441 Km².

As Planícies Fluviais ou Fluviolacustres são constituídas por depósitos arenoargilosos a argiloarenosos, convergindo em direção aos cursos d'água. São áreas periodicamente inundáveis, caracterizando as planícies de inundação (CPRM, 2008). Segundo Morais e Rocha (2016) são unidades que podem alcançar grandes extensões, pois a migração do canal retrabalha lateralmente os depósitos.

As Superfícies Aplainadas Retocadas ou Degradadas caracterizam-se por extenso e monótono relevo suave ondulado sem, contudo, caracterizar ambiente colinoso, devido a suas amplitudes de relevo muito baixas e longas rampas de muito baixa declividade (CPRM, 2008). As superfícies de aplainamento, são fruto da morfogênese pretérita, e muitas delas já estão completamente degradadas, devido aos processos morfodinâmicos (Silva, 2016)

Os Terraços Fluviais são áreas bem drenadas, de relevo plano a levemente ondulado, constituído de depósitos arenosos e argilosos de origem fluvial. Encontra-se em nível mais elevado que o das várzeas atuais e acima do nível das cheias sazonais (CPRM,

2008). Segundo Moroz-Caccia Gouveia e Rodrigues (2017), os terraços fluviais inserem-se no contexto de depósitos turfosos holocênicos evidenciam problemas de má drenagem e saturação dos solos nessa morfologia, em suas condições originais. Quando existem são as morfologias mais antigas do ambiente fluvial (Morais e Rocha, 2016).

O relevo da região é pode ser considerado predominantemente plano em toda a sua extensão, com pouquíssimos morros residuais isolados. Compreende as unidades geomorfológicas da Planície do Bananal com formas de acumulação envolvendo Áreas de acumulação inundáveis e de Planície Fluvial.

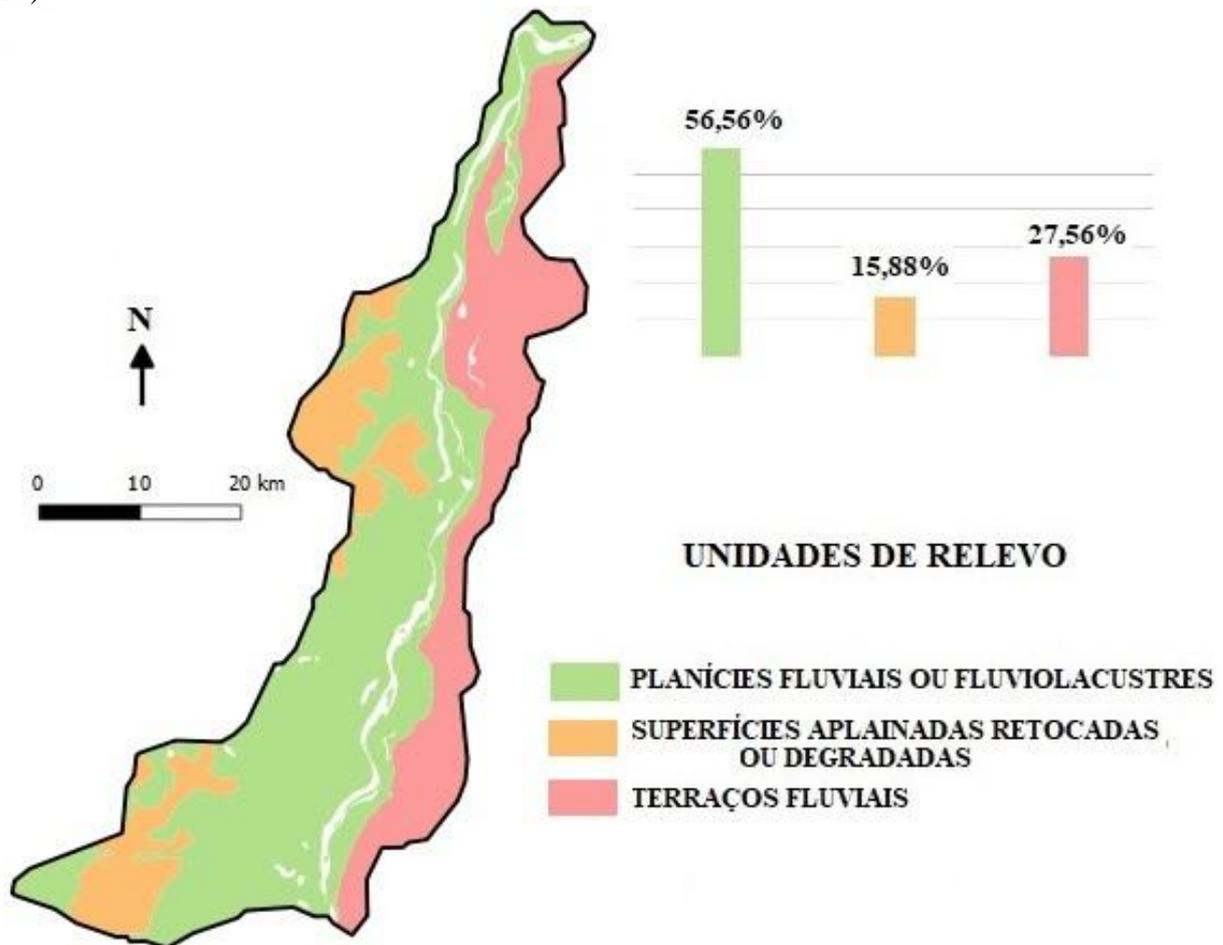


Figura 2.2: Mapa com representação das Unidades de Relevo que compõem a Ottobacia 6951.

A Ottobacia 6951 é caracterizada por Campos de Murundus (Varjão), também manchas de Cerrado típico, Cerradão, Matas de Galeria nas margens dos rios e as Florestas Inundáveis (Ipucas) constituindo fragmentos dispersos pela extensa planície de inundação.

2.2.1 Imagens Landsat OLI/8

Foram utilizadas imagens do sensor *Operational Land Imager* (OLI) do satélite Landsat 8, para cobrir toda a extensão da Ottobacia, obtida da base de dados da *U.S. Geological Survey* (USGS) disponível em (<http://earthexplorer.usgs.gov/>), valores de

reflectância da superfície terrestre (USGS, 2017). As imagens correspondem a órbita/ponto 223/70, referentes aos períodos de Transi o Chuva/Seca (Maio), Seca (Julho) e Transi o Seca/Chuva (Outubro) de 2017.

2.2.2 Dados Uso e Ocupa o e Relevo

Para caracteriza o geomorfológica da região de estudo foram utilizados os dados de Geodiversidade disponibilizados pela CPRM (Serviço Geológico do Brasil), com os domínios e unidades geológico-ambientais e seus compartimentos de relevo que

constituem as classes da área de estudo, dos estados do Mato Grosso e Goiás (escala 1:1.000.000). Além disso, foram utilizados os dados do Projeto TerraClass, para caracterização da cobertura da terra, do ano de 2013. A partir dessas bases de dados foram calculadas as distribuições das classes de cobertura da terra por unidades de relevo.

2.2.3 Base de dados Geográficos e de Imagens de Satélite

Os dados de relevo fornecidos pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e de uso e ocupação fornecidos pelo Projeto TerraClass Cerrado (Brasil, 2013) foram processados e manipulados em um sistema de informação geográfica (SIG) por meio do programa *Qgis 2.18.15*. A manipulação das imagens também ocorreram por meio do programa *Qgis 2.18.15*, assim como pelo programa ENVI, versão 5.2.

2.2.4 Imagens-Fração (Mistura Espectral)

As imagens fração obtidas para a área total da Ottobacia foram elaboradas por endmembers obtidos na própria imagem. Foram coletadas assinaturas espectrais e montada uma biblioteca espectral a partir da média aritmética entre cinquenta pontos aleatórios retirados da própria imagem (de reflectância) com a mesma localização em todas as cenas para cada um dos endmembers com maior representação na área de estudo (água, vegetação natural e pastagem) para região total da ottobacia nº 6951 e realizada a mistura espectral através do Linear Spectral Unmixing (LSU). Todos os procedimentos foram realizados através do software de manipulação de imagens ENVI, versão 5.2.

As imagens fração relativas a cada unidade de relevo que compõe a Ottobacia 6951 foram elaboradas também por endmembers obtidos na própria imagem. Foram coletadas assinaturas espectrais e montada uma biblioteca espectral a partir da média aritmética de cinquenta pontos aleatórios em cada unidade de relevo identificada na região (Planícies Fluviais ou Fluviolacustres, Superfícies Aplainadas Retocadas ou Degradadas e Terraços Fluviais),

coletados diretamente nas imagens (de Reflectância), com a mesma localização em todas as cenas (foram utilizados os mesmos endmembers selecionados para o modelo geral). Todos procedimentos também foram realizados através do software de manipulação de imagens ENVI, versão 5.2.

Tanto para a realização do estudo da área total da Ottobacia quanto das áreas referentes as unidades de relevo foram utilizadas as bandas da faixa do visível (B2, B3 e B4), infravermelho próximo (B5) e infravermelho de ondas curtas (B6 e B7) para obtenção das imagens fração.

2.2.5 Índices de Vegetação

Foram utilizados os índices de vegetação que apresentam informações sobre a biomassa, *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) e *Enhanced Vegetation Index* (EVI), que atenua os efeitos do solo e da atmosfera sobre a cobertura vegetal conforme as seguintes equações:

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$$

$$EVI = G \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + C_1 * \rho_{RED} - C_2 * \rho_{BLUE} + L}$$

Sendo ρ_{Blue} = banda do azul; ρ_{Red} = banda do vermelho; ρ_{NIR} = banda do infravermelho próximo; L = Fator de correção para o solo; G = Fator de ganho; C1 e C2 = Coeficientes de ajuste para o efeito de aerossóis da atmosfera.

Também foi empregado o *Normalized Difference Moisture Index* (NDMI), que evidencia a umidade no dossel e obtido pela equação a seguir:

$$NDMI = \frac{(NIR - SWIR)}{(NIR + SWIR)}$$

2.2.6 Análise Estatística

Foram gerados aleatoriamente cinquenta pontos amostrais inseridos nas classes Natural

e pastagem, do mapeamento TerraClass Cerrado (2013), para os três períodos intra- anuais estudados (chuva/seca, seca e seca/chuva) dentro da Ottobacia 6951. Para descrição das áreas referentes às Unidades de Relevo também foram obtidos cinquenta pontos nas classes Natural e Pastagem para cada unidade de relevo (Planícies Fluviais ou Fluvioacustres, Superfícies Aplainadas, retocadas ou degradadas e Terraços Fluviais) e períodos avaliados referentes ao ano de 2017 (chuva/seca, seca e seca/chuva).

Foram avaliadas as relações de significância entre os fatores “cobertura” e “período”, para a bacia como um todo, e as interações entre “cobertura”, “período”, “unidades de relevo” e “cobertura e unidade de relevo”, para as unidades de relevo. Para essa avaliação foi empregada a Análise Multivariada de Permutação (PERMANOVA), considerando os fatores aninhados e randômicos, por meio de matrizes de distâncias (Anderson, 2005).

Para avaliar e visualizar os agrupamentos e correlações entre o conjunto de dados, foi utilizada a Análise de Componentes Principais (ACP) que é uma técnica conhecida e está associada à ideia de redução da dimensionalidade dos dados, com menor perda possível da informação. Todas as análises estatísticas foram geradas no ambiente R.

2.3 Resultados

2.3.1 Variação espectral da cobertura da terra na Ottobacia 6951 em 2017

A Ottobacia nível 4 (cod. 6951), é composta predominantemente por vegetação natural e pastagem (Figura 2.1), que ocupam respectivamente, 864,03 km² e 725,04 km² de sua área total.

A biblioteca espectral (Figura 2.3) foi montada a partir da média aritmética entre cinquenta pontos aleatórios retirados da própria imagem de reflectância, com a mesma localização para todas as cenas (maio/2017, julho/2017 e outubro/2017) para cada um dos endmembers com maior representação na área de estudo (água, vegetação natural e pastagem), esses endmembers correspondem à sombra, vegetação e solo referentes ao modelo linear de mistura espectral de acordo com Shimabukuro & Smith (1991) .

A assinatura espectral relacionada a “Água” indica menor reflectância no período de transição chuva-seca (maio/2017) e maior índice de reflectância na transição seca-chuva (outubro/2017).

Na assinatura espectral associada à “Vegetação Natural” (Figura 2.3), observa-se a feição de absorção da clorofila e carotenóides (na região do visível) em todos os períodos estudados, porém o maior pico de absorção é evidenciado na transição chuva-seca (maio/2017). Observou-se também um aumento na reflectância, na faixa do infravermelho de ondas curtas, relacionado à perda de água que ocorre na folha (transição Seca-Chuva).

A curva espectral relativa à “Pastagem” demonstrou a maior variação ao longo dos períodos, é possível observar a feição correspondente a absorção de clorofila e carotenóides (na região do visível) no período de transição chuva-seca (maio/2017) que vai sendo atenuada no decorrer dos períodos, praticamente deixando de existir no período de Transição Seca-Chuva (outubro/2017), é possível também observar o gradual aumento da reflectância, na região do infravermelho de ondas curtas, a medida que os períodos se distanciam da estação chuvosa atingindo o ápice no período de transição Seca-Chuva (outubro/2017).

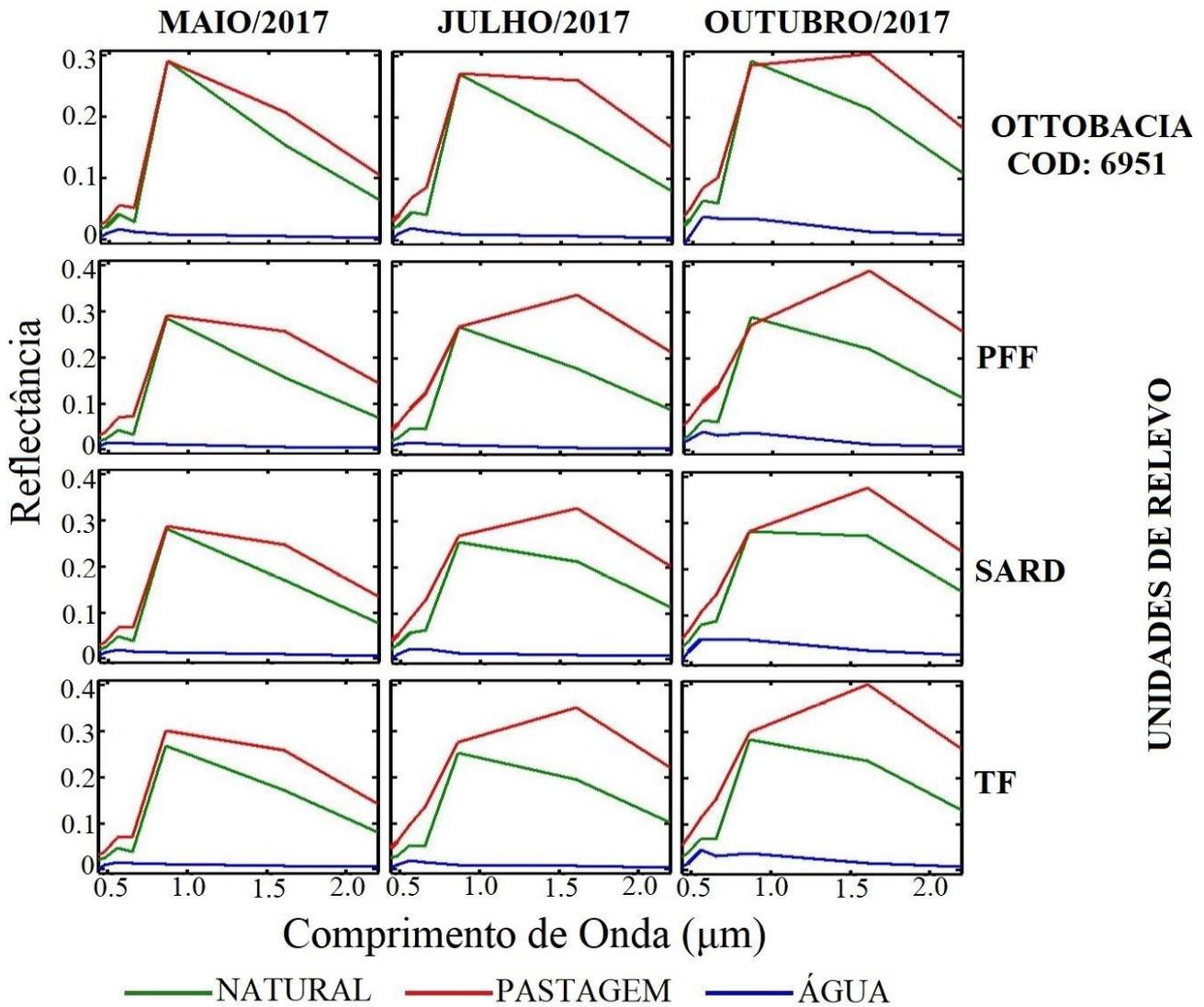


Figura 2.3: Bibliotecas espectrais referente a média aritmética dos pontos aleatórios gerado em função das classes “Água”, “Vegetação Natural” e “Pastagem”, cujas assinaturas espectrais considerando a OttoBacia 6951 e por Unidades de Relevo: PFF (Planícies Fluviais ou Fluvio-lacustres), SARD (Superfícies Aplainadas Retocadas ou Degradadas) e TF (Terraços Fluviais) para os três estudos, transição Chuva-Seca (maio/2017), Seca (julho/2017) e transição Seca-Chuva (outubro/2017).

Na (Figura 2.4) são apresentadas as imagens-fração (bandas sintéticas), geradas a partir das assinaturas espectrais, contendo as proporções para os componentes R (Natural), G (Pastagem) e B (Água). A composição demonstra a diminuição das áreas relativas a vegetação natural no decorrer dos períodos sazonais, o inverso aconteceu com a pastagem,

que ficou mais realçada à medida em que se aproximou do período de transição Seca-Chuva (outubro/2017), esses efeitos podem ser melhor observados na figura 4 (A, B e C) que corresponde ao detalhamento dado em uma das áreas da composição das imagens fração.

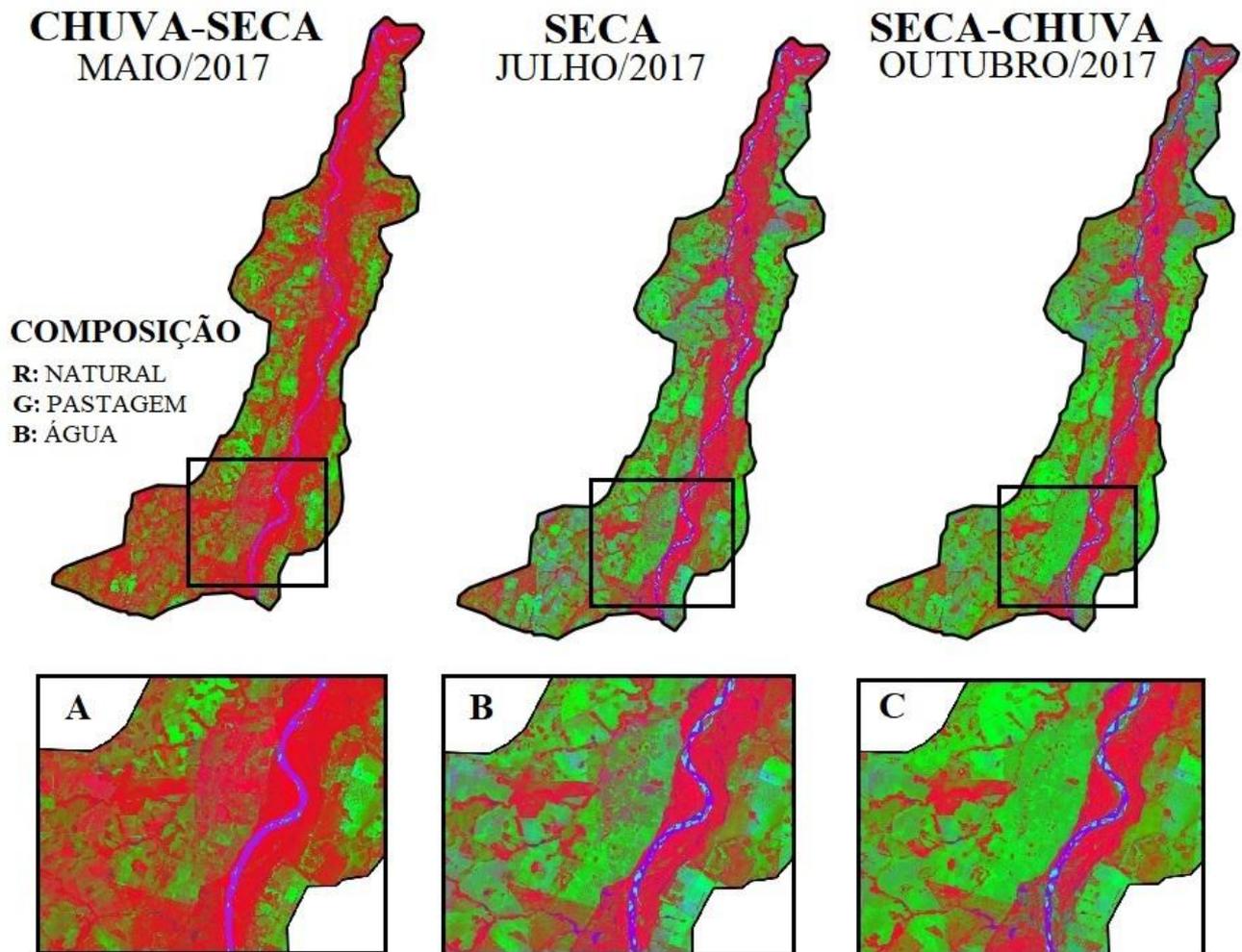


Figura 2.4: Resultado da mistura espectral referente aos meses de maio/2017 (transição chuva/seca), julho/2017 (seca) e outubro/2017 (transição seca/chuva), na composição R/natural G/pastagem B/água. Detalhamento em uma das áreas referente a Mistura Espectral. (A) – maio (transição chuva/seca), (B) – julho (seca) e (C) – outubro (transição seca/chuva) do ano de 2017.

No período Chuva-Seca (maio/2017) foram registrados os valores mais altos de NDVI. O índice atingiu o valor de 0,877. Na área de vegetação natural o índice atingiu a maior média de 0,8026 em maio/2017 (período de transição chuva-seca) e os valores foram diminuindo à medida que se aproximava dos períodos mais secos, com média de 0,7204 em julho/2017 (período Seca) e 0,6327 em outubro (período de transição Seca-Chuva) (Figura 2.5). O mesmo aconteceu com a pastagem que atingiu maior média em maio/2017 (período Chuva-Seca) valor de 0,5948 e obteve decréscimo nos meses de julho/2017 (período Seca) com média de 0,3555 e em outubro (período de transição Seca-Chuva) com média de 0,3170 (Figura 2.5).

O NDMI foi o único que apresentou variação de valores negativos, no período de

transição Seca-Chuva (outubro/2017) de -0,263. O NDMI obteve sua maior média com a vegetação natural de 0,3098 no mês de maio/2017 (período de transição Chuva-Seca) e média mais baixa com a pastagem no valor de 0,1737 no mês de outubro/2017 (período de transição Seca-Chuva) (Figura 2.5).

Os valores mais altos de EVI foram destacados pelo mês de maio/2017, onde chegou a atingir valor de 0,632, período com maior incidência de precipitação e de maior vigor vegetativo (Figura 2.5). Ao avaliar as médias relativas aos pontos amostrais, observa-se que a vegetação natural apresentou maior decréscimo intra-anual (se comparado aos demais índices analisados) com média de 0,4851 em maio/2017, para 0,2352 em julho/2017 alcançando 0,1578 em outubro/2017, menos que a metade do valor

inicial. Quando comparamos a vegetação natural com a pastagem (do mesmo período) pode-se notar a única ocorrência de valor inferior associado a vegetação natural. A média

da pastagem referente ao mês de outubro/2017 foi de 0,2052 de valor de EVI e a vegetação natural de 0,1578.

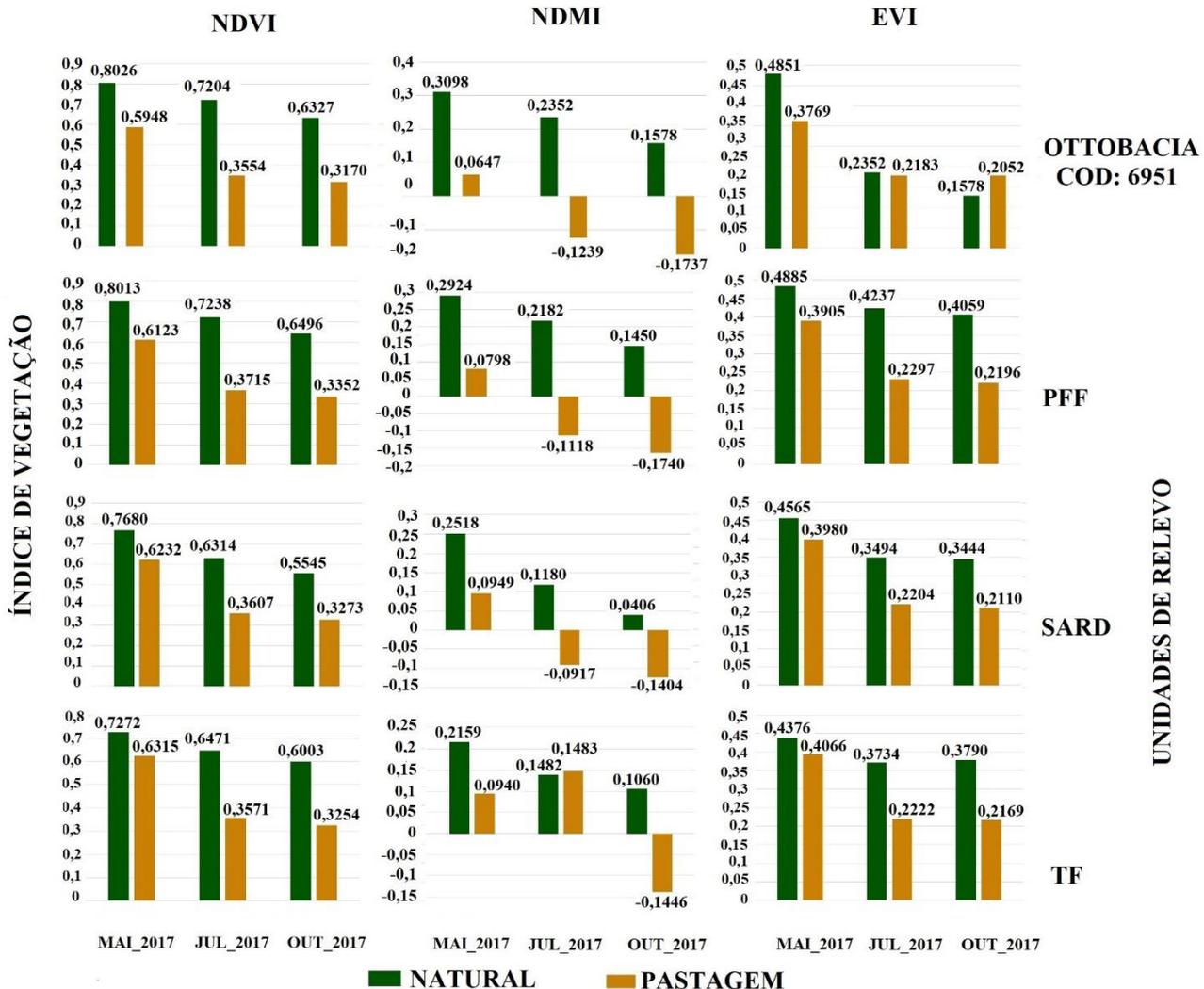


Figura 2.5: Gráfico referente a média dos pontos amostrais para vegetação natural e pastagem nos três períodos estudados maio/2017 (período de transição chuva-seca), julho/2017 (período de seca) e outubro/2017 (período de transição seca-chuva) para os índices NDVI, NDMI e EVI para a área total da Ottobacia 6951 e das Unidades de Relevo (PFF: Planícies Fluviais ou Fluviolacustres, SARD: Superfícies Aplainadas Retocadas ou Degradadas e TF: Terraços Fluviais).

2.3.2 Variação espectral da cobertura da terra nas Planícies Fluviais ou Fluviolacustres em 2017

As Planícies Fluviais ou Fluviolacustres são caracterizadas por áreas periodicamente inundáveis, constituindo na região de estudo as planícies de inundação. Segundo a CPRM (2008), possuem amplitude topográfica de 0m e declividade de 0° constituindo a unidade com relevo mais plano, é dominada por sedimentos

do cenozoico inconsolidados ou pouco consolidados e composta por materiais superficiais.

Essa unidade de relevo é a de maior abrangência territorial na região da Ottobacia 6951, ocupando 905 km². Ela é composta por 58,99% de vegetação natural, 37,83% de pastagem, 2,86% de água e 0,32% de área urbana (Figura 2.6).

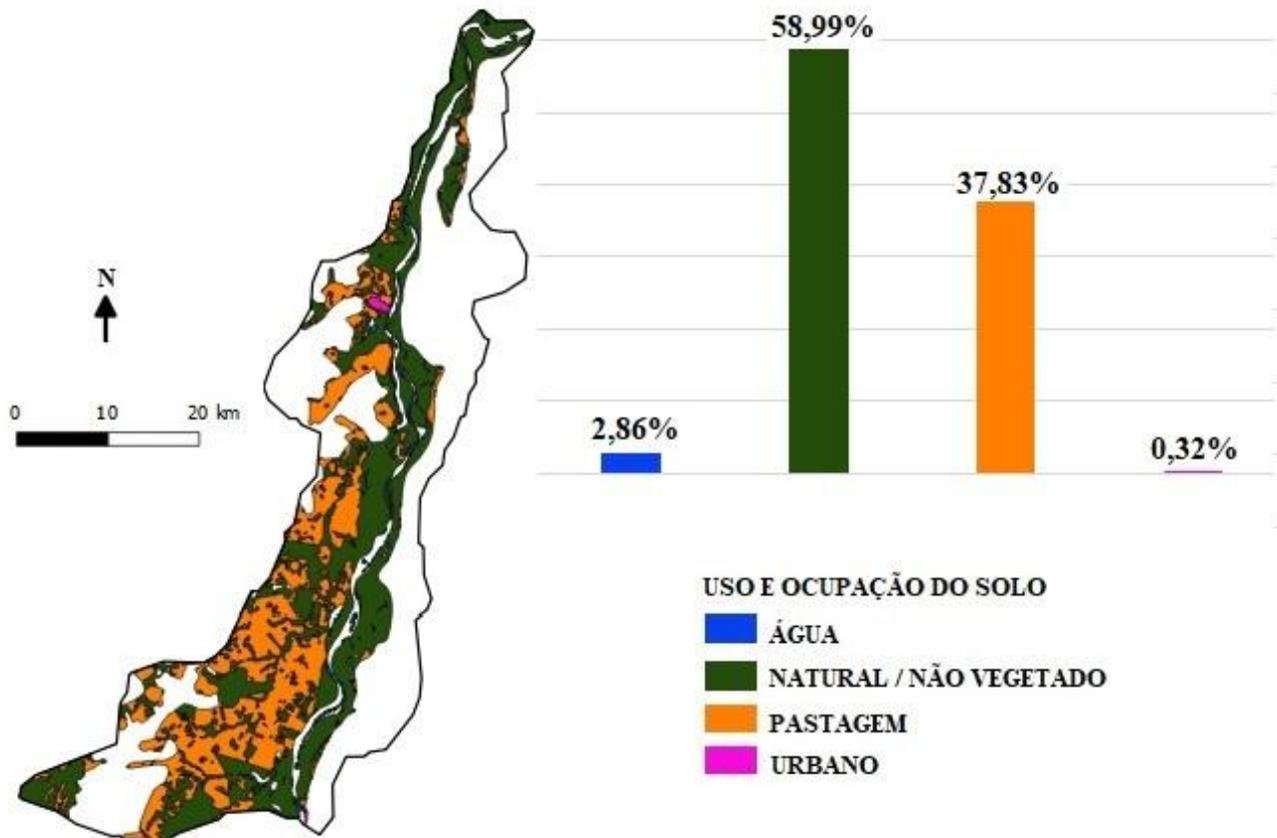


Figura 2.6: Distribuição do uso e ocupação na unidade de relevo Planícies Fluviais ou Fluviolacustres.

A assinatura espectral correspondente a “Água” (Figura 2.3) se manteve constante nos períodos de transição Chuva/seca e Seca, marcando ligeiro aumento da reflectância na região do visível no período de transição Seca/Chuva (outubro/2017).

A assinatura relacionada a “Vegetação Natural” (Figura 2.3) apresentou a feição de absorção da clorofila e carotenóides (na faixa do visível) em todos os períodos estudados, porém com maior propriedade no período de transição Chuva-Seca (maio 2017). É possível observar ainda aumento da reflectância na região do infravermelho de ondas curtas que corresponde a perda do conteúdo de água na folha no período de transição Seca/Chuva (outubro/2017).

A curva espectral da “Pastagem” (Figura 5), apresentou a feição da clorofila e carotenóides na região do visível no período de transição Chuva/Seca (maio/2017) e perdeu essa característica nos demais períodos e demonstrou também aumento da reflectância na região do infravermelho de ondas curtas no período

correspondente a Seca (julho/2017) e essa condição foi acentuada no período de transição Seca-Chuva.

Na Figura 2.7, são apresentadas as imagens-fração (bandas sintéticas), geradas a partir das assinaturas espectrais, contendo as proporções para os componentes R (Natural), G (Pastagem) e B (Água) para Planícies Fluviais ou Fluviolacustres. Observa-se maior realce nas mudanças sazonais relativa aos membros “Natural” e “Pastagem”, isso pode ser devido ao maior número de pontos de amostras retiradas (por área) para cada uma das subdivisões das unidades de relevo. Nas imagens de detalhamento (A, B e C da Figura 2.7), pode-se observar com maior clareza os padrões de mudança ao longo dos períodos sazonais, mostrando a evolução das regiões com vegetação natural (no período de transição Chuva-Seca) para gradativa conversão (período da Seca) à pastagem (no período de transição Seca-Chuva).

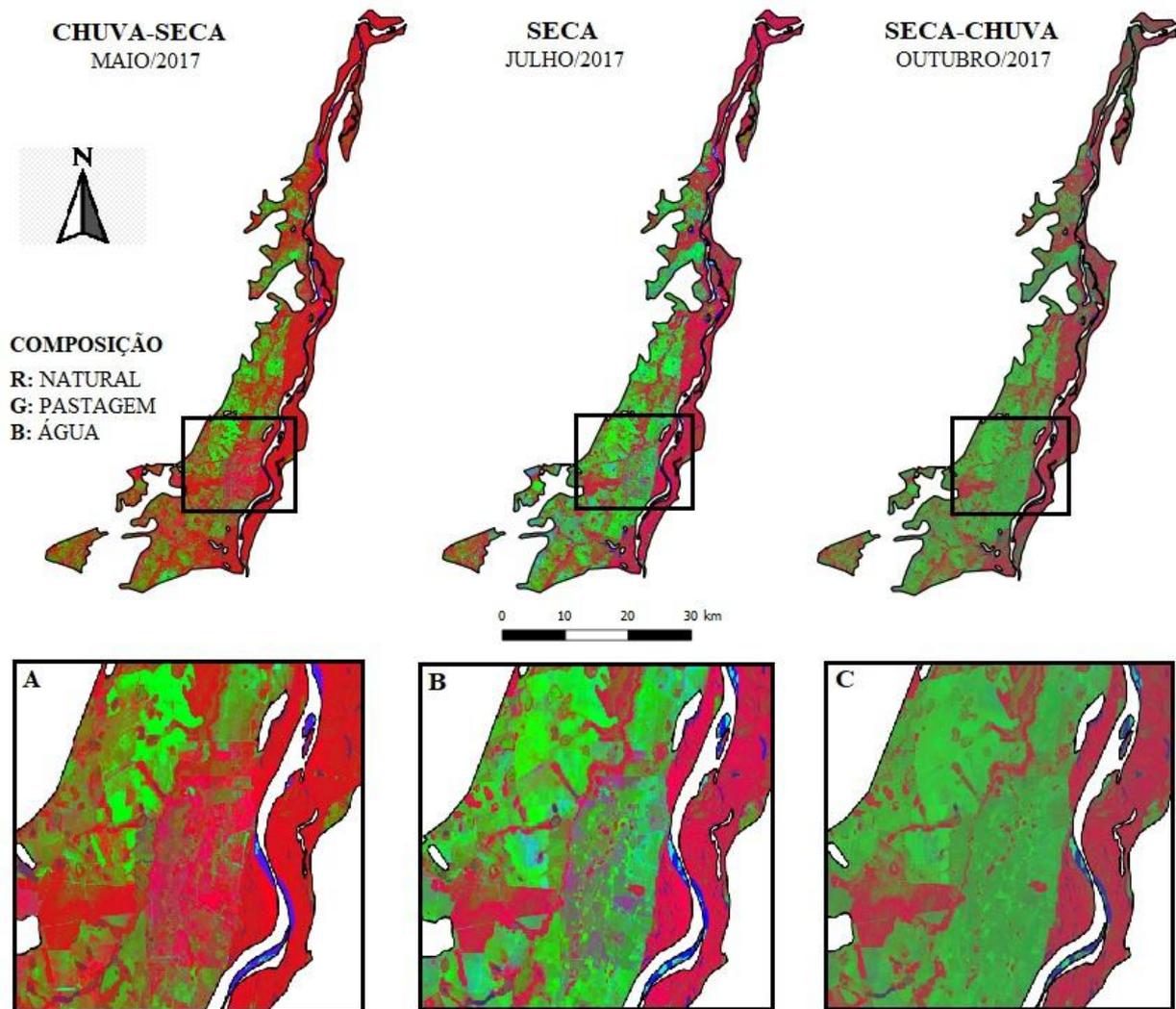


Figura 2.7: Resultado da mistura espectral referente aos meses de maio/2017 (transição chuva/seca), julho/2017 (seca) e outubro/2017 (transição seca/chuva), na composição r/natural g/pastagem b/água da unidade de relevo Planícies Fluviais ou Fluviolacustres. Detalhamento em uma das áreas referente a unidade de relevo Planícies Fluviais ou Fluviolacustres. (A) – maio (transição chuva/seca), (B) – julho (seca) e (C) – outubro (transição seca/chuva) no ano de 2017.

Conforme a Figura 5, a média do NDVI da vegetação natural variou de 0,8013 no mês de maio/2017 (período de transição Chuva-Seca), para 0,7238 em julho/2017 (período de Seca) e 0,6496 para outubro/2017 (período de transição Seca-Chuva). A média da pastagem atingiu seu auge de 0,6123 no mês de maio/2017 (período de transição Chuva-Seca), seguido de 0,3715 em junho/2017 (período de seca) e 0,3352 em outubro/2017 (período de transição Seca-Chuva) seguindo valores semelhantes aos apontados para a área total da Ottobacia 6951.

O NDMI apresentou seus maiores valores para vegetação natural e pastagem, médias de 0,2924 e 0,0798 respectivamente, no mês de maio/2017 (período de transição Chuva-Seca), os valores médios da pastagem variaram

negativamente nos meses de julho/2017 (período de Seca) média de -0,1118 e outubro/2017 (período de transição Chuva-Seca) média de -0,1740, atingindo valores parecidos com os da área total da Ottobacia 6951 (Figura 2.5).

Observou-se a menor variação para vegetação natural, se comparado aos valores da área total da Ottobacia estudada (no mesmo período), com média de 0,4 nos três períodos avaliados. A pastagem atingiu sua maior média de valores em maio/2017 (transição Chuva-Seca) de 0,4885 e praticamente se manteve estável nos meses de julho/2017 (período de Seca) média de 0,2297 e outubro/2017 (transição Chuva-Seca) média de 0,2196 (Figura 2.5).

2.3.3 Variação espectral da cobertura da terra nas Superfícies Aplainadas Retocadas ou Degradadas em 2017

Essa é a menor unidade de relevo que compõe a Ottobacia 6951, as Superfícies Aplainadas Retocadas ou degradadas ocupam 254 km² da área de estudo. São caracterizadas por um monótono relevo suave ondulado sem, contudo, caracterizar ambiente colinoso, devido a suas amplitudes de relevo muito baixas e

longas rampas de muito baixa declividade, com amplitude topográfica variando de 10 a 30m e declividade de 0° a 5°, essa unidade apresenta o domínio dos complexos granitóides intensamente deformados (ortognaisses) e de composição por materiais metamórficos (CPRM, 2008).

A unidade é composta por 66,66% de pastagem (classe predominante), 31,77% de vegetação natural, 1,10% de água e 0,47% de uma classe não observada (figura 2.8).

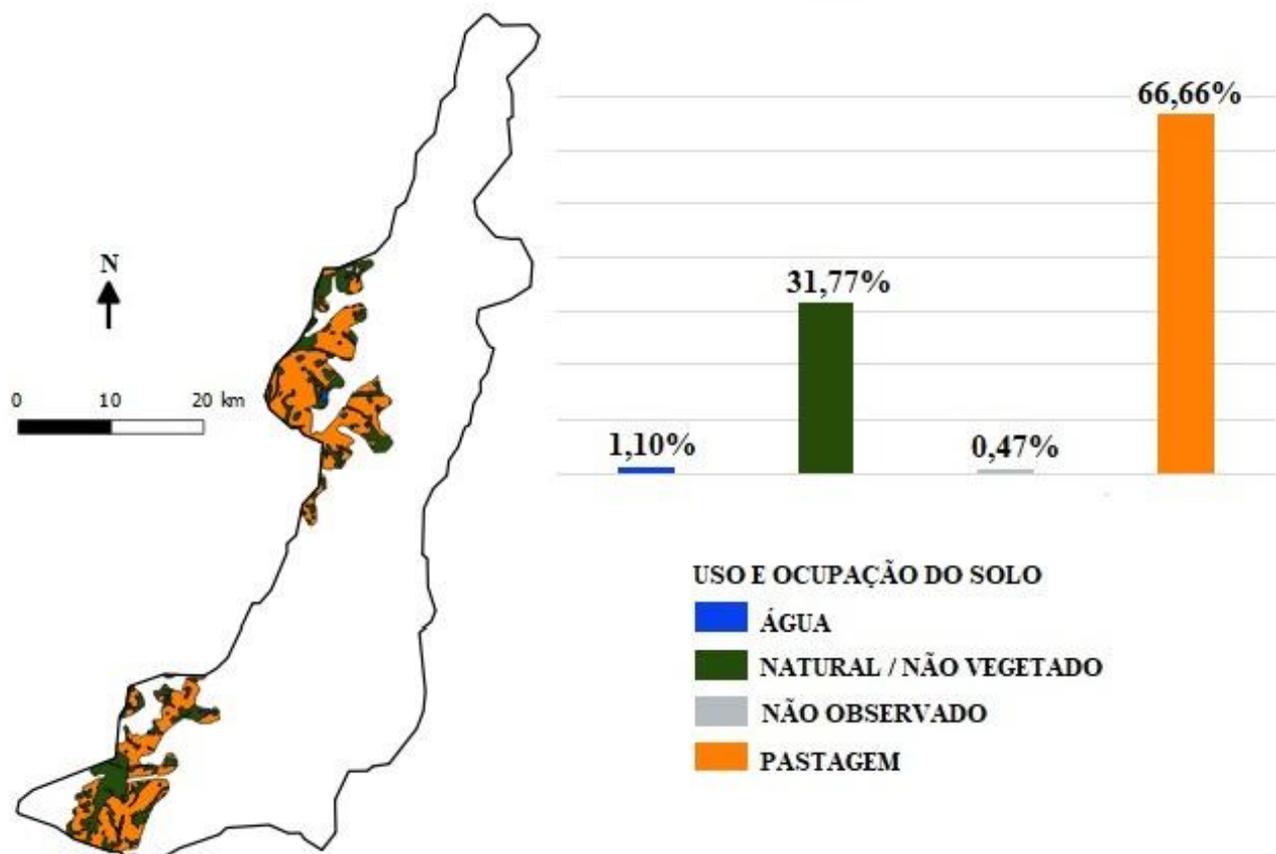


Figura 2.8: Distribuição do uso e ocupação na unidade de relevo Superfícies Aplainadas Retocadas ou Degradadas.

A assinatura espectral da “Água” (Figura 2.5) apresentou gradativo aumento na reflectância (na região do visível) à medida que se aproximava dos períodos mais secos, demonstrou aumento no período da Seca (julho/2017) que se acentuando no período de transição Seca-Chuva (outubro 2017).

A assinatura espectral da “Vegetação Natural” (Figura 2.5) apresentou maior pico de absorção da clorofila e carotenóides (na faixa do visível) no período de transição chuva-seca (maio/2017). Pôde-se observar acentuado

aumento da senescência da folha e perda do conteúdo de água (na faixa do infravermelho próximo), no período de transição seca-chuva (outubro/2017) devido ao aumento na reflectância.

A curva espectral referente a “Pastagem” (Figura 2.5) também variou bastante ao longo dos períodos estudados a mudança pode ser observada principalmente nos períodos de seca (julho/2017) e transição seca-chuva (outubro/2017) com o aumento da reflectância na região do infravermelho de ondas curtas.

Na Figura 2.9, são apresentadas as imagens-fração (bandas sintéticas), geradas a partir das assinaturas espectrais, contendo as proporções para os componentes R (Natural), G (Pastagem) e B (Água) para as Superfícies Aplainadas, Retocadas ou Degradadas. A imagem com

detalhamento em uma das regiões da área de estudo (A, B e C da figura 2.9) é possível perceber o realce apresentado pelas parcelas que sofrem constantes mudanças em decorrências das transições entre chuva e seca.

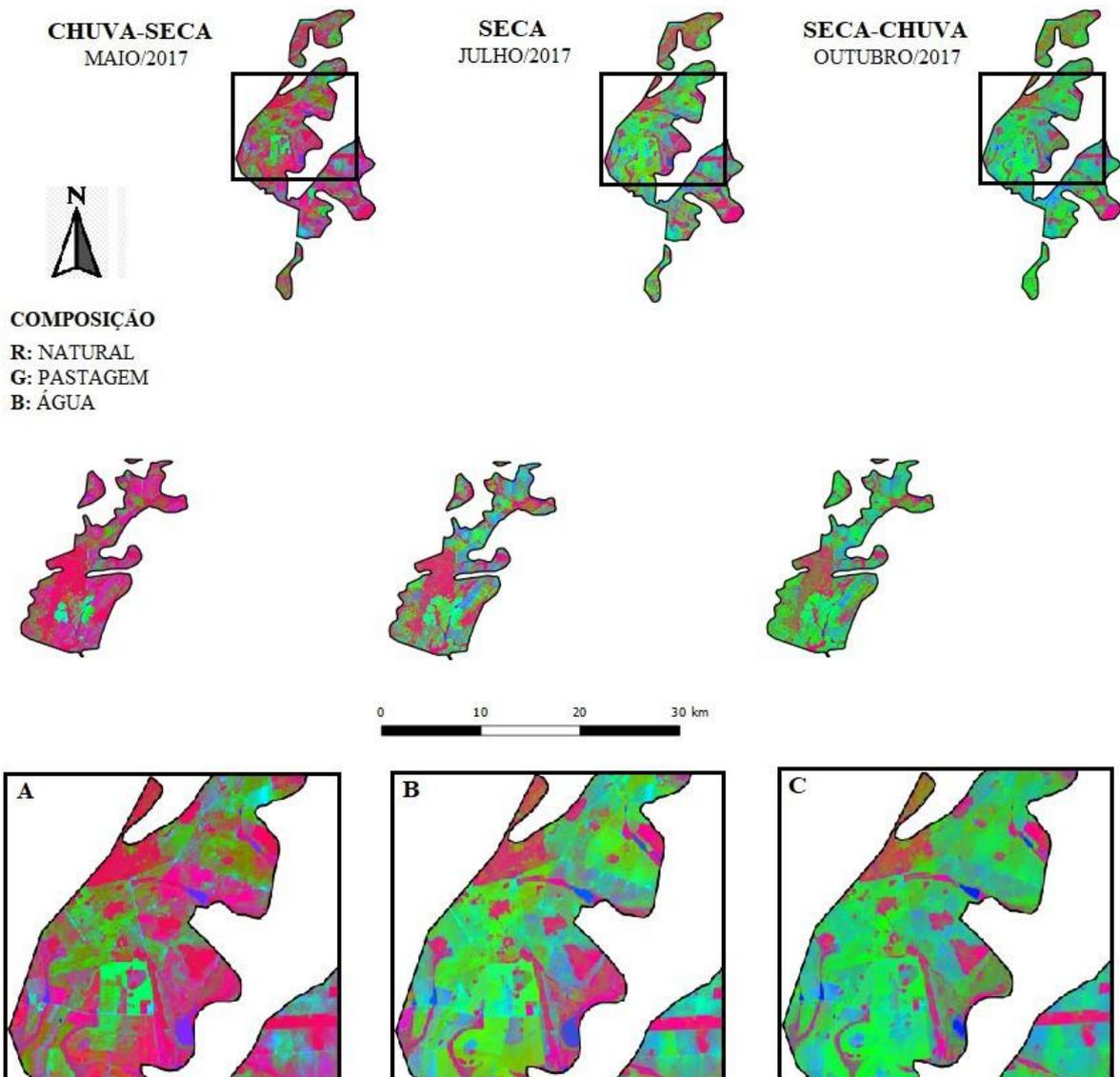


Figura 2.9: Resultado da mistura espectral referente aos meses de maio (transição chuva/seca), julho (seca) e outubro (transição seca/chuva), na composição R/natural G/pastagem B/água da unidade de relevo Superfícies Aplainadas Retocadas ou Degradadas. Detalhamento em uma das áreas referente a unidade de relevo Superfícies Aplainadas Retocadas ou Degradadas. (A) – maio, (B) – julho e (C) – outubro do ano de 2017.

Na região das Superfícies Aplainadas Retocadas ou Degradadas os valores de NDVI, indicou valores elevados no mês de maio/2017 (transição Chuva-Secca) onde a tonalidade esverdeada se encontra predominante, diminuindo gradativamente até o mês de outubro/2017 (transição Secca- Chuva) onde a coloração avermelhada domina a região e

representa seus valores mais baixos que correspondem à média da pastagem, com valor médio de 0,3273 (Figura 2.5).

O NDMI atingiu o máximo de seu vigor vegetativo em maio/2017 (período de transição Chuva-Secca) com valor médio da vegetação natural em 0,2518. A pastagem variou negativamente nos meses julho/2017 (período

de Seca) e outubro/2017 (períodos de transição Seca-Chuva) atingindo as médias de -0,0917 e -0,1404 respectivamente (Figura 2.5).

Os resultados do EVI também indicaram os maiores valores para vegetação natural e pastagem no período de transição chuva-seca (maio/2017) atingindo médias de 0,4565 e 0,3980 respectivamente. O índice se estabilizou nos períodos de seca (maio/2017) e transição Seca-Chuva (outubro/2017) na casa de 0,3 para vegetação natural e 0,2 para pastagem (Figura 2.5).

2.3.4 Variação espectral da cobertura da terra nos Terraços Fluviais em 2017

Os Terraços Fluviais caracterizados por áreas bem drenadas, de relevo plano a

levemente ondulado, constituído de depósitos arenosos a argilosos de origem fluvial apresentam amplitude topográfica variando de 2 a 20m e declividade e declividade de 0° a 3°. Essas regiões assim como as Planícies Fluviais também são dominadas por sedimentos do cenozoico inconsolidados ou pouco consolidados e composta por materiais superficiais (CPRM, 2008).

Como nas demais unidades de relevo apresentadas no trabalho, os Terraços Fluviais têm como classes de maior representação a vegetação natural com 50,34% e a pastagem com 47,73% de ocupação da sua superfície, seguidas de 1,04% de água, 0,85% de área urbana e 0,027% de regiões não-vegetadas (Figura 2.10).

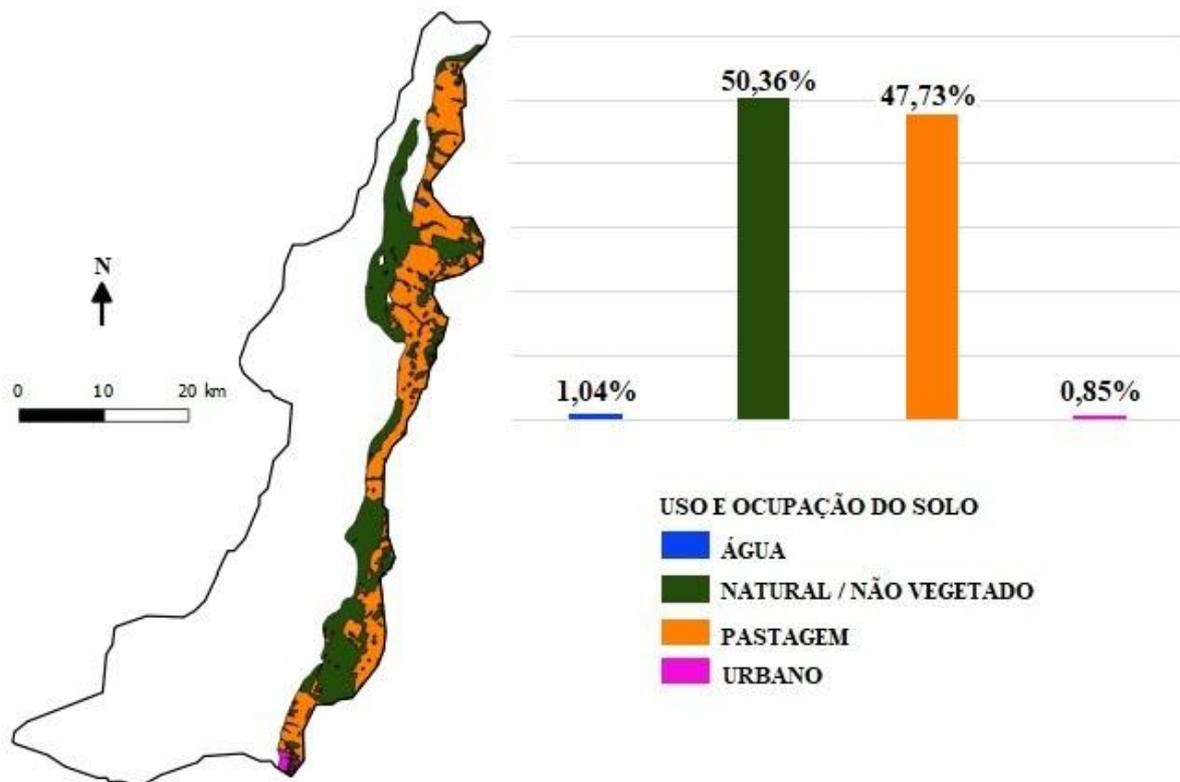


Figura 2.10: Distribuição do uso e ocupação na unidade de relevo Terraços Fluviais.

A assinatura espectral da “Água” (Figura 2.3) se manteve ligeiramente estável nos períodos de transição Chuva-Seca (maio/2017) e Seca (julho/2017), indicou aumento na reflectância, na região do visível, no período de transição Seca-Chuva (outubro/2017).

O espectro da “Vegetação Natural” (Figura 2.3) apresentou maior pico de absorção da

clorofila e carotenóides (na faixa do visível) no período de transição chuva-seca (maio/2017) e teve em evidenciado aumento da reflectância, na faixa do infravermelho de ondas curtas, no período de transição seca-chuva (outubro/2017).

A curva espectral referente a “Pastagem” (Figura 2.3) também apresentou variação ao longo dos períodos estudados, atingindo seus

maiores valores de reflectância (na faixa do infravermelho de ondas curtas) principalmente nos períodos de Seca (julho/2017) e transição Seca-Chuva (outubro/2017).

Na Figura 2.11, são apresentadas as imagens-fração (bandas sintéticas), contendo as proporções para os componentes R (Natural), G (Pastagem) e B (Água) para os Terraços Fluviais. É possível visualmente observar que essa unidade apresentou mudanças mais sutis na paisagem ao longo dos períodos sazonais, em especial dos membros finais “Natural” e

“Pastagem”, conforme o evidenciado pelo detalhe da Figura 2.11 (A, B e C).

Nos Terraços Fluviais os valores de NDVI tanto da vegetação natural quanto da pastagem atingiram seu máximo no período de transição Chuva-Seca (maio/2017) com suas médias respectivas de 0,7272 e 0,6315 (Figura 2.5). As áreas de pastagem tiveram seus valores de NDVI praticamente estabilizados nos períodos de Seca (julho/2017) e transição Seca-Chuva (outubro/2017) permanecendo na casa de 0,3 (Figura 2.5).

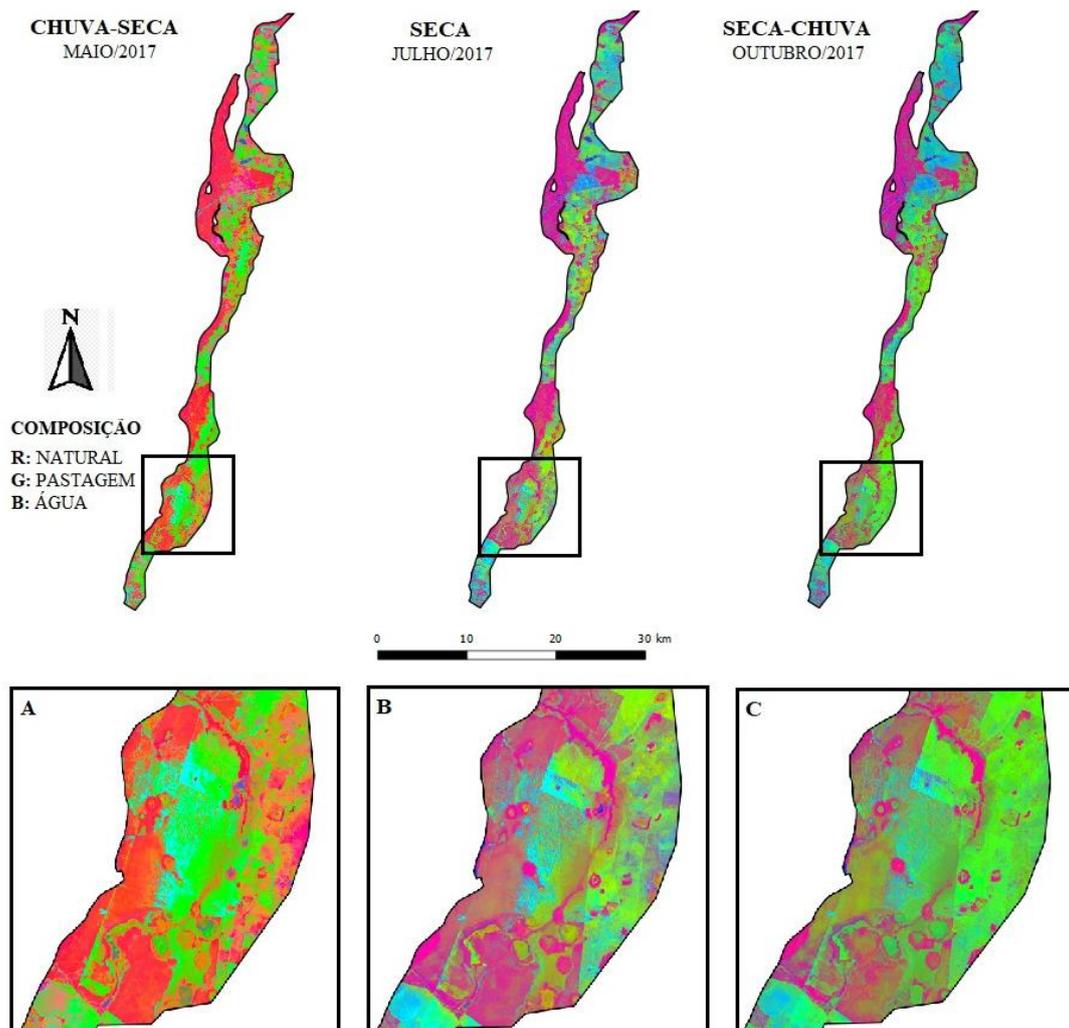


Figura 2.11: Resultado da mistura espectral referente aos meses de maio/2017 (transição chuva/seca), julho/2017 (seca) e outubro/2017 (transição seca/chuva), na composição r/natural g/pastagem b/água da unidade de relevo terraços fluviais. detalhamento em uma das áreas referente a unidade de relevo terraços fluviais. (A) – maio, (B) – julho e (C) – outubro de 2017.

As médias de NDVI nos Terraços Fluviais para vegetação natural variou de 0,2159 em maio/2017 (transição Chuva-Seca), para 0,1482 em julho/2017 (período de Seca) e 0,1060 em outubro/2017 (transição Seca-Chuva) seguindo coerente com as outras áreas estudadas, porém, a pastagem além de apresentar valores bem

próximo aos da vegetação natural em julho/2017 (período de Seca) média de 0,1479 e 0,1482 só expressou valores negativos no mês de outubro/2017 (transição Seca-Chuva) com média de -0,1446 (Figura 2.5).

O EVI seguiu o padrão das demais áreas estudadas e também manteve seus valores mais

elevados em maio/2017 (transição Chuva-Seca) de 0,4376 para vegetação natural e de 0,4066 para pastagem. Nos períodos de Seca (julho/2017) e transição Seca-Chuva (outubro/2017) os valores médios para vegetação natural e pastagem se mantiveram na casa de 0,3 e 0,2 respectivamente (Figura 2.5).

2.3.5 Relações entre as variáveis da paisagem da Ottobacia 6951 em 2017

A PERMANOVA para ottobacia 6951 como um todo indicou a “Cobertura” do solo ($F=257,713$; $p\text{-value}=0,001$) como variável mais significativa, seguida pelo “Período” ($F=34,087$; $p\text{-value}=0,001$). O percentual da variância dos dados de “Cobertura do Solo” chegou a 41% e de “Período” chegaram a 11%.

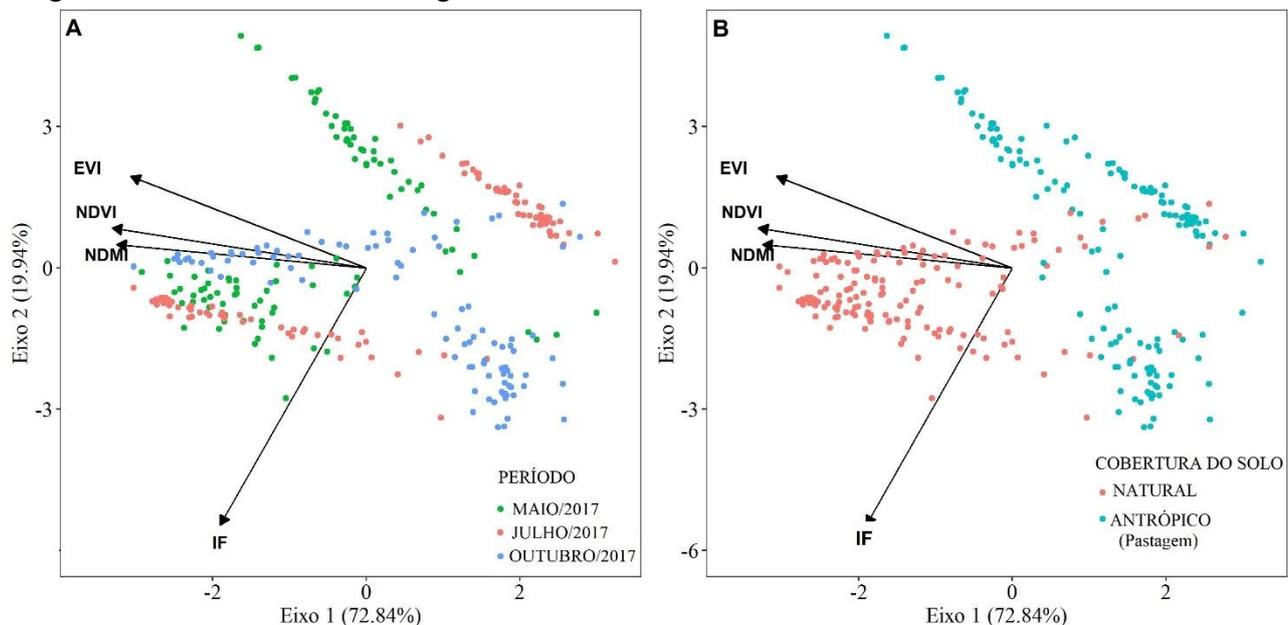


Figura 2.12: Mapa da Análise dos Componentes Principais (ACP) correspondente a área total da Ottobacia 6951. (A) corresponde ao resultado do cruzamento entre os dados de Período, Índices de vegetação (NDVI, NDMI e EVI) e às Imagens-Fração (IF). (B) corresponde ao resultado do cruzamento entre os dados de Cobertura do solo, Índices de vegetação (NDVI, NDMI e EVI) e às Imagens-Fração (IF).

Os resultados evidenciaram a “Cobertura da terra” como variável preditora de maior significância ($F=473,7994$; $p\text{-value}=0,001$), seguido da influência do “Período” ($F=140,4983$; $p\text{-value}=0,001$), da combinação entre “Cobertura do solo e unidades de Relevo” ($F=18,2878$; $p\text{-value}=0,001$) e “Unidades de Relevo” ($F=7,5106$; $p\text{-value}=0,001$). O percentual de explicação da variância dos dados de “Cobertura do solo” chegou a 28% e

A partir do mapa perceptual da Análise de Componentes Principais (ACP) (Figura 2.12), pode-se notar que a primeira componente (Eixo 1) explica 72,84% da variabilidade dos dados, enquanto a segunda (Eixo 2) explica 19,94%, representando uma explicação acumulada de 92,78% da variabilidade dos dados. A variável “Período” apresentou uma distribuição esparsa, corroborando com os resultados da PERMANOVA, que indicou que essa variável explicou 11% da variância do conjunto dos dados. Ao interpretar o correspondente a “Cobertura do solo”, pode-se observar dois agrupamentos evidenciando a relação entre os valores da vegetação natural com os índices de vegetação

“Período” 16% as demais variáveis atingiram menos que 0,1%.

A análise do mapa perceptual da Análise de Componentes Principais (ACP) (Figura 2.13) para a subdivisão por Unidades de Relevo, se aproximou muito daquela feita para área total da Ottobacia 6951. Também podemos considerar que o mapa perceptual bidimensional apresentado está adequado para avaliar as relações entre as variáveis, uma vez que explica

grande parte da variabilidade dos dados, cerca de 94,31%. Aqui também observou-se a relação positiva entre os índices de vegetação e sua relação negativa com os dados obtidos das imagens fração, bem como a dispersão dos dados sobre o “Período”, e, o agrupamento

entre os dados de “Cobertura do solo”, que são ratificados pelo resultado da PERMANOVA que considera a “Cobertura do solo” (a partir das Unidades de Relevo) responsável por 28% da explicação da variância dos dados.

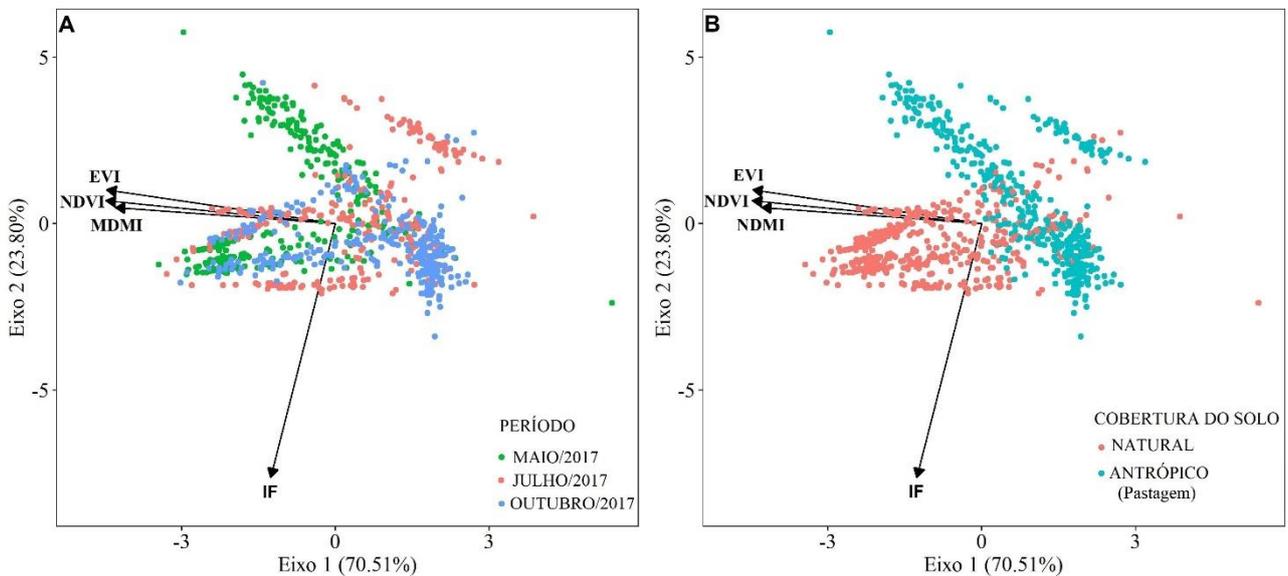


Figura 2.13: Mapa da Análise dos Componentes Principais (ACP) correspondente a subdivisão das Unidades de Relevo. (A) corresponde ao resultado do cruzamento entre os dados de Período, Índices de vegetação (NDVI, NDMI e EVI) e às Imagens-Fração (IF). (B) corresponde ao resultado do cruzamento entre os dados de Cobertura do solo, Índices de vegetação (NDVI, NDMI e EVI) e às Imagens-Fração (IF).

2.4 Discussão

De uma maneira geral a assinatura da “Água” manteve valores mais baixos associados aos períodos de transição Chuva-Seca (maio/2017) aumentando a reflectância na região do visível no período de transição Seca-Chuva (outubro/2017) podendo essa condição está associada ao aumento de sedimentos na água. Magalhães e Xavier (2018) também verificaram que o perfil espectral obtido para o corpo hídrico não apresentou uma curva típica de uma água pura, apresentando uma elevada resposta espectral nas faixas do verde e vermelho, devido à presença de sólidos em suspensão carregados pela água de chuva pode ter proporcionado o aumento da turbidez. Esse padrão corrobora com os resultados obtidos nesta pesquisa, que obtiveram resposta espectral mais acentuada da água no período de Transição seca-chuva (outubro/2017),

época do início das chuvas da região do Araguaia.

A assinatura espectral da “Vegetação Natural” apresentou comportamento típico, com feições de absorção da clorofila e carotenóides nos comprimentos de onda do visível em todos os períodos estudados, bem como, o aumento significativo da reflectância na região do infravermelho de ondas curtas, evidenciando as alterações estruturais que ocorrem na folha quando esta perde umidade (Ponzoni, 2001), essa característica ficou claramente registrada com o pico de reflectância no período de transição Seca-Chuva (outubro/2017).

A análise das assinaturas espectrais e a visualização realçada das imagens fração (R/pastagem, G/vegetação natural e B/água) representaram as significativas variações da “Pastagem” ao longo dos períodos estudados. A curva espectral da pastagem no período de transição Chuva/Seca (maio/2017) apresenta a

feição característica de absorção da clorofila e carotenóides (na região do visível) em todos os espectros investigados e esta condição se perde ao se distanciar do período chuvoso. Registra também o aumento acentuado da reflectância na região do infravermelho de ondas curtas no período de transição Seca-Chuva (outubro/2017) em todos os espectros avaliados. Essa mudança pode estar associada à época de maior intensidade dessa atividade na região.

Foi constatado que os valores mais altos em todos os índices de vegetação estavam associados ao período de transição Chuva-Seca (maio/2017) tanto para vegetação natural quanto para a pastagem, e, os valores mais baixos ligados ao período Seco que se acentuaram no período de transição Seca-Chuva (outubro/2017). Esse comportamento também foi descrito por Gurgel et al., (2003) e Adami., et al. (2008), que indicaram que o NDVI atingiu seus valores máximos geralmente em junho, dois meses após o período das chuvas o que caracteriza o comportamento do NDVI com valores maiores no período de chuvoso. Gurgel et al., (2003) demonstraram que no mês de setembro, final do período seco, os valores foram mínimos e a variabilidade dos valores de NDVI no Cerrado decorre da queda das folhas, e consequente diminuições da área refletida pela vegetação (Liesenberg et al., 2007).

O NDMI foi único índice a apresentar médias com valores negativos para pastagem. Os valores da pastagem registraram quedas abruptas à medida que atingia os períodos mais secos, com exceção do período “Seca” para os Terraços Fluviais, que praticamente se igualou ao valor da vegetação natural. Segundo Kudrev et al., (1994), a redução na quantidade de água disponível no solo leva à queda das folhas, reduzindo a intensidade fotossintética, levando assim a redução do NDMI.

Os valores de EVI apresentaram valores similares para todas as subdivisões das Unidades de Relevô, com redução gradativa do período de transição Chuva-seca (maio/2017) para o período mais seco para vegetação natural.

Borges e Sano (2014) também identificaram o perfil espectro-temporal da fitofisionomia do Cerrado, em seu trabalho os valores de EVI apresentaram-se elevados no período chuvoso e valores muito baixos no período de seca. Bayma e Sano (2015), argumentam que devido a elevada sazonalidade climática do Cerrado, os valores de NDVI e EVI de áreas naturais possuem padrão tipicamente senoidal; os seus valores mais baixos coincidem aproximadamente com o pico da estação seca, enquanto os seus valores mais altos coincidem aproximadamente com o pico da estação chuvosa.

Nos períodos de seca e transição seca-chuva para vegetação natural e pastagem foram identificadas as maiores variações dos valores e EVI, entre 0,2 e 0,3, padrão espectral observado por Liesenberg et al. (2007). Considerando a Ottobacia 6951 como um todo, a pastagem apresentou valores de EVI superiores à vegetação natural para o período de transição Seca-Chuva (outubro/2017). Isso pode ter ocorrido devido à maior sensibilidade do EVI em relação à variação da estrutura do dossel, incluindo o Índice de Área Foliar (IAF), a fisionomia da planta e a arquitetura do dossel (Gao et al., 2000).

Cabe ressaltar que em todas as unidades de relevô avaliadas, bem como na área total da Ottobacia 6951 o NDVI sempre apresentou valores maiores que de EVI. Nery et al. (2014) também encontraram esta diferença entre os índices NDVI e EVI. Bayma e Sano (2015) também obtiveram resultados semelhantes em um estudo realizado com séries temporais na região do Cerrado. Esse padrão está relacionado ao fato à saturação pela atividade fotossintética em altos valores (Huete, 1988).

2.5 Conclusões

- I. A “Cobertura do solo” foi a variável de maior significância e influência para compreensão das mudanças intra- anuais na paisagem em 2017 da Ottobacia 6951.
- II. A classe “Pastagem” apresentou a maior variação intra-anual relacionada

ao uso e ocupação do solo em 2017, principalmente, em relação ao período de transição Seca-Chuva referente ao mês de outubro.

III. O trabalho tem o potencial de auxiliar no monitoramento da cobertura da terra ao longo do tempo. Para isso, sugere-se a organização de séries temporais mais extensas e a associação de dados pluviométricos e fluviométricos.

2.6 Agradecimentos

Agradecimentos ao Programa de Pós Graduação *Strictu Sensu* em Ciências Ambientais pelo apoio logístico de campo para a realização deste trabalho. Agradecemos às valiosas sugestões e revisões do Dr. Edson Sano e Dr. Eraldo Matricardi.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SÁBER, A.N., COSTA JÚNIOR, M. Contribuição ao estudo do Sudoeste Goiano. **Boletim Paulista de Geografia** 2, 3-26. 1950.
- ADAMI, M.; FREITAS, R. M.; PADOVANI, C. R.; SHIMABUKURO, Y. E.; MOREIRA, M. A. Estudo da dinâmica espaço-temporal do bioma Pantanal por meio de imagens MODIS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 10. 2008.
- ADAMS, J. B.; SABOL JÚNIOR, D. E.; KAPOS, V.; ALMEIDA FILHO, R.; ROBERTS, D. A. R.; SMITH, M. O.; GILLESPIE, A. R. Classification of multispectral images based on fraction of endmembers: application to land-cover change in the Brazilian Amazon. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 52, p. 137-154, 1995.
- AGUIAR, A. P. D.; SHIMABUKURO, Y. E.; MASCARENHAS, N. D. A. Use of synthetic bands derived from mixing models in the multi spectral classification of remote sensing images. **International Journal of Remote Sensing**, Londres, v. 20, n. 4, p. 647-657, 1999.
- ANDERSON M. J. PERMANOVA: a FORTRAN computer program for permutational multivariate analysis of variance. In **Department of Statistic, University of Auckland**, New Zealand. pp. 1– 24. 2005.
- ANA. Agência Nacional de Águas, 2013. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil—informe. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/spr/conjuntura/webSite_relatorioConjuntura/projeto/index.html> Acessado em: 06 ago. 2017.
- APARECIDO, C. F. F.; VANZELA, L. S.; VAZQUEZ, G. H.; LIMA, R. C. Manejo de bacias hidrográficas e sua influência sobre os recursos hídricos. **Irriga, Botucatu**, v. 21, n. 2, p. 241 e 250. 2016.
- AQUINO, S., STEVAUX J. C.; LATRUBESSE, E. M. Regime hidrológico e aspectos do comportamento morfohidráulico do Rio Araguaia, **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 2, p.29-41. 2005.
- ASNER, G. P.; LOBELL, D. B. A biogeophysical approach for automated SWIR unmixing of soils and vegetation. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 74, p. 99-112, 2000.
- ASSIS, T., COUTO JÚNIOR, A. F., MARTINS, É. S. Relações entre o relevo e os agroecossistemas na ecorregião Paraná-Guimarães. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.09, n. 02 (2016) 430-439.
- BAYMA, A.P; SANO, E. E. Séries temporais de índices de vegetação (NDVI e EVI) do Sensor Modis para detecção de desmatamentos no Bioma Cerrado. **Bol. Ciênc. Geod.**, sec. Artigos, Curitiba, v. 21, n. 4, p.797-813. 2015
- BARAN-Zgłobicka, B., Zgłobicki, W. 2012. Mosaic landscapes of SE Poland: should we preserve them. **Agroforestry Systems** 85, 351-365.

BORATTO, I. M. P.; GOMIDE, R. L. Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais. In: **XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. (SBSR)**, Foz do Iguaçu-PR. Anais, São José dos Campos: INPE. p. 7345-7352. 2013.

BORGES, E. F.; SANO, E. E. Caracterização fenológica da cobertura vegetal do oeste da Bahia a partir de séries temporais de EVI do sensor modis. *Revista Brasileira de Cartografia*, Rio de Janeiro, N0 66/6, p. 1265-1280. 2014.

BRASIL - **Ministério do Meio Ambiente**. Mapeamento do uso e cobertura da terra do Cerrado: Projeto TERRACLASS Cerrado 2013. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/tccerrado/download>. Acessado em: 10 novembro de 2017.

BRASIL. Levantamento de Recursos Naturais. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL**: Folha SC. 22 Tocantins, geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro. 524p. 1981.

BRINSON, M.M.; MALVÁREZ, I. Temperature fresh water wetlands: Types, status, and threats. **Environmental Conservation**, n. 29, 2002.

BRYANT, R. G. Validated linear mixture modeling of Landsat TM data for mapping evaporite minerals on a playasurface: methods and applications. **International Journal of Remote Sensing**, Londres, v. 17, n. 2, p. 315-330, 1996.

CASSETI, V. **Geomorfologia** [online]. 2005. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em: 20 Out. 2017.

CECCATO, P.; FLASSE, S.; GRÉGOIRE, J. M. Designing a spectral index to estimate vegetation water content from remote sensing data Part 2. Validation and applications. **Remote Sensing of Environment**, v. 82, 198–207, 2002.

CHALUPOVÁ, D.; HAVLÍKOVA, P.; JANSKÝ, B. Water quality of selected fluvial lakes in context of the Elberiver pollution and anthropogenic activities in the floodplain. **Environmental Monitoring and Assessment**, n.184, p. 6283- 6295, 2012.

CHRISTOFOLETTI, A. Aplicabilidade do Conhecimento Geomorfológico nos Projetos de Planejamento. in: Guerra, A. T., Cunha, S. B. (Org.), *Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos*. 1 ed. **Bertrand Brasil**, Rio de Janeiro, pp. 415-441. 1994.

CPRM - **Serviço Geológico Brasileiro**. Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro / editor: Cassio Roberto da Silva. Rio de Janeiro. 264 p. 2008. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/1210>. Acesso: outubro de 2017.

DETMENDY, D. M.; PACE, W. H. A model for spectral signature variability for mixtures. In: SHAHROKHI, F. (Ed.). **Remote Sensing of Earth Resources**. Tullahoma: University of Tennessee, 1972. v. 1, p. 596-620.

DUGAN P. (Ed.). Wetlands in Danger – A World Conservation Atlas. **Oxford University Press**, New York, United States of America. 1993.

ESTEVEES, F. A. Fundamentos de limnologia. Editora **Interciência**. 1998.

FAN, Y., MIGUEZ-MACHO, G. A simple hydrologic framework for simulating wetlands in climate and earth system models. *Climate Dynamics* v. 37, p. 253-278. 2011.

FARRAND, H. W. Sub-pixel detection and mapping of spectrally unique materials on Mars using ISM data. In: **WORKSHOP ON SPECTROSCOPY OF THE MARTIAN SURFACE**. Whatnext? Houston: **Lunar and Planetary Institute**. Vp. 10-11. 1999.

FARRAND, W. H.; GADDIS, L. R. Subpixel detection of pyroclastic materials in Clementine UVVI data. In: **WORKSHOP ON NEW VIEWS OF THE MOON II: UNDERSTANDING THE MOON THROUGH THE INTEGRATION OF DIVERSE DATASET**. Flagstaff, AZ. p. 22-24. 1999.

FAUSTINO, A. B.; RAMOS, F. F.; SILVA, S. M. P. Dinâmica temporal do uso e cobertura do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Doce (RN) com base em sensoriamento remoto e SIG: uma contribuição aos estudos ambientais. **Sociedade e Território** 26, 18-30. 2014.

FGV – **Fundação Getúlio Vargas**; MMA – **Ministério do Meio Ambiente**; ANEEL – **Agência Nacional de Energia Elétrica**. Plano Nacional de Recursos Hídricos – Bacia do Tocantins. 1998. 1 CD.

FLEISCHMANN, A. S.; SIQUEIRA, V. A.; FAN, F. M.; PONTES, P. R. M.; JARDIM, P. F.; LOPES, V. A.; SORRIBAS, M. V.; COLLISCHONN, W., 2017. Estimativa de áreas inundadas em grandes bacias com o modelo MGB-IPH e pacote de geoprocessamento IPH-HydroTools. **Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto -SBSR**. p 4969-4976.

FONTANA, D. C. Comportamento espectral da vegetação. Rio Grande do Sul: **Ufrgs**, 2011.

FURRIER, M.; GONZÁLEZ, C. C. M. Caracterización geomorfológica y su relación con el uso y ocupación del suelo en la porción central del litoral del Estado de Paraíba – Brasil. **Revista Entorno Geográfico**, n. 11, 2015. p.176-193.

GAO, B. C. NDWI A Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water From Space. **Remote Sensing of Environment**, v. 58, n. 3, p. 257–266, 1996. Acesso em: 25 de Jul de 2018.

GAO, X.; HUETE, A. R.; NI, W.; MIURA, T. Optical–Biophysical Relationships of Vegetation Spectra without Background Contamination. **Remote Sensing of Environment**, n. 74, p. 609–620. 2000.

GATES, D.M.; KEEGAN, J.H.; SCHLETER, J.C.; WEIDNER, V.R. Spectral properties of plants. **Applied Optics**. V. 4, p. 11– 20. 1965.

GAUSMAN H.W. Leaf reflectance of near infrared. **Photogrammetric Engineering**, 40: 183-191. 1974.

GEMTOS, T. et al. Precision Agriculture Application in Fruit Crops: Experience in Hand picked Fruits. *Procedia Technology*, v. 8, n. **Haicta**, p. 324–332, 2013. Disponível em:<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2212017313001059>.

GILBERT, K. M., TOBE, J. D., CANTRELL, R. W., SWEELEY, M. E., & COOPER, J. R. The Florida wetlands delineation manual. Florida **Department of Environmental Protection, Tallahassee, FL**. 1995.

GITELSON, A. A., Y. Kaufman, and M. N. Merzlyak. Use of greenchannel in remote sensing of global vegetation from EOS-MODIS, **Remote Sens. Environ.**, 58, 289 – 298. 1996a.

GITELSON, A. A.; SCHALLES, J. F.; HLADIK, C. M. Remote chlorophyll-a retrieval in turbid, productive estuaries: Chesapeake Bay case study. **Remote Sensing of Environment** v.109, p.464–472. 2007.

GU, Y.; BROWN, J. F.; VERDIN, J. P.; WARDLOW, B. A five-year analysis of MODIS NDVI and NDWI for grassland drought assessment over the central Great Plains of the United States. **Geophysical Research Letters**, v. 34, n. 6, 2007.

GU, Y.; HUNT, E.; WARDLOW, B.; BASARA, J. B.; BROWN, J. F.; VERDIN, J. P. Evaluation of MODIS NDVI and NDWI for vegetation drought monitoring using Oklahoma Mesonet soil moisture data. **Geophysical Research Letters**, v. 35, n. 22, 2008.

GURGEL, H. C.; FERREIRA, N. J. Estudo da variabilidade do NDVI sobre o Brasil, utilizando-se a análise de agrupamentos. In **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.7, n.1, p.85-90. 2003.

GURNELL, A. M.; BUSSETTINI, M.; CAMENEN, B.; DEL TÁNAGO, M.; GONZÁLEZ; G. R. C.; HENDRIKS, D.; HENSHAW, A; LATAPIE, A.; RINALDI, M.; SURIAN, N. A hierarchical multiscale framework and indicators of hydromorphological processes and forms. Deliverable 2.1, Part 1, of REFORM (REstoring rivers FOR effective catchment Management), a Collaborative project (large-scale integrating project) funded by the European Commission within the 7th Framework Programme under Grant Agreement 282656. 102 p. 2014.

HABOUDANE, D. et al. Hyperspectral Vegetation Indices and Novel Algorithms for Predicting Green LAI of Crop Canopies: Modeling and Validation in the Context of Precision Agriculture. **Remote Sensing of Environment**, v. 90, n. 3, p. 337–352, 15 abr. 2004.

HATFIELD, J. L.; PRUEGER, J. H. Value of using different vegetative indices to quantify agricultural crop characteristics at different growth stage under varying management practices. **Remote Sensing**, v. 2, n. 2, p. 562–578, 2010.

HOROWITZ, H. M.; NALEPKA, R. F.; HYDE, P. D.; MORGANSTERN, J. P. Estimating the proportion of object within a single resolution element of a multispectral scanner. Ann Arbor: **University of Michigan**, 1971. Contract NAS-9-9784.

HUETE, A. R. et al. A comparison of vegetation indices over a global set of {TM} images for EOS-MODIS. **Remote Sensing of Environment**, v. 59, n. 3, p. 440–451, 1997.

HUETE, A. R.; DIDAN, K; MIURA, T.; RODRIGUEZ, E. P.; GAO, X.; FERREIRA, L. G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 83 p. 195-213, 2002b.

HUETE, A. R.; DIDAN, K; MIURA, T.; RODRIGUEZ, E. P.; GAO, X.; FERREIRA, L. G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 83 p. 195-213. 2002.

HUETE, A.R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v. 25, p. 295-309. 1988.

INTECOL WETLAND WORKING GROUP. The Cuiabá Declaration on Wetlands. In: intecol wetland conference held, 8, 2008, Cuiabá. State of wetlands and their role in a world of global climate change. Cuiabá: **INTECOL**, 2008. 4 p. (Ramsar COP10 doc. 31). Disponível em: http://assets.wwf.org.br/downloads/cuiaba_brazil_wetlanddeclaration_o.pdf Acesso 15 jul 2017.

JACKOSONA, T. J.; CHENB, D.; COSHA, M.; LIA, F.; ANDERSONC, M.; WALTHALL, C.; DORIASWAMYA, P.; HUNTA, E. R. Vegetation water content mapping using Landsat data derived normalized difference water index for corn and soybeans. **Remote Sensing of Environment**, v. 92, n. 4, p. 475–482, 2004.

JIANG, Z. et al. Analysis of NDVI and scaled difference vegetation index retrievals of vegetation fraction. **Remote Sensing of Environment**, v. 101, n. 3, p. 366–378, abr. 2006.

JORDAN, C. Derivation of leaf-area index from quality of light on the forest floor. **Ecology**, v. 50, n. 4, p. 663, jul. 1969.

JUNK, W. ET AL. Definição e Classificação das Áreas Úmidas (AUs) Brasileiras: Base Científica para uma Nova Política de Proteção e Manejo Sustentável. **Instituto Nacional de Pesquisa e Tecnologia em Áreas Úmidas (INCT-Áreas Úmidas)**. 2015.

JUNK, Wolfgang J. (Ed.). The central Amazon floodplain: ecology of a pulsing system. **Springer**, 1997.

KASTENS, J. et al. Imagem asking for crop yield forecasting using AVHRR NDVI timeseries imagery. **Remote Sensing of Environment**, v. 99, n. 3, p. 341–356, 30 nov. 2005.

KAUFMAN, Y. J.; TANRÉ, D. Atmospheric ally resistant vegetation index (ARVI) for EOS-MODIS. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing Symposium**. Proceedings... v. 30, p. 261-270. 1992.

KUDREV, T.G. Água: vida das plantas. São Paulo: **Ícone**. 1994.

- LATRUBESSE, E. M.; STEVAUX, J. C. Características físico-bióticas e problemas ambientais associados à planície aluvial do Rio Araguaia. *Revista UnG-Geociências*, v.5, p. 65- 73, 2006.
- LATRUBESSE, E. M.; STEVAUX, J. C. Geomorphology and environmental aspects of the Araguaia fluvial basin, Brazil, *Zeitschrift für Geomorphologie*, v. 129, p. 109-127. 2002.
- LEE, K.-S. et al. Hyperspectral versus multispectral data for estimating leaf area index in four different biomes. *Remote Sensing of Environment*, v. 91, n. 3-4, p. 508–520, jun. 2004.
- LIESENBERG, V.; PONZONI, F. J.; Galvão, L. S. Análise da dinâmica sazonal e separabilidade espectral de algumas fitofisionomias do cerrado com índices de vegetação dos sensores MODIS/TERRA e AQUA. In *Rev. Árvore* v.31, n.2, p. 295–305. 2007.
- LOPES, H. L.; ACCIOLY, L. J. O.; CANDEIAS, A. L. B.; SOBRAL, M. C. Análise de índices de vegetação na bacia do Rio Brígida, Sertão do Estado de Pernambuco. In: **III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**. Recife - PE, p. 01 – 08. 2010.
- MAGALHÃES, I. A. L., XAVIER, A. C., SANTOS, A. R. Caracterização da dinâmica espectro temporal florestal e da cana-de-açúcar no município de Itapemirim, ES. *Revista Geosul*. 28, 183-210. 2013
- MARIMON, B. S.; MARIMON-JUNIOR, B. H.; MEWS, H. A.; JANCOSKI, H. S.; FRANÇZAK, D. D.; LIMA, H. S.; ...; MORESCO, M. C. Floristics of floodplain 'murundus' of the Pantanal of Araguaia, Mato Grosso, Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, v. 26, n. 1, p. 181-196. 2012.
- MARTINI, P. R. Áreas úmidas da América do Sul registradas em imagens de satélites. Geotecnologia no Pantanal. Campo Grande, **Embrapa Informática Agropecuária/INPE**, 876-882. 2006.
- MARTINS, E. S.; REATTO, A.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; GUIMARÃES, R. F. Ecologia de Paisagem: conceitos e aplicações potenciais no Brasil. **Embrapa Cerrados**. Planaltina, DF. 33 p. 2004.
- MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. de. Introdução ao processamento digital de imagens de sensoriamento remoto. Brasília: **Editora Universidade de Brasília**, 2012.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente., 2014. Controle e prevenção do desmatamento. Disponível em: Acessado em: 09/02/2019.
- MORAIS E. S.; ROCHA P. C. Formas e processos fluviais associados ao padrão de canal meandrante: o baixo rio do peixe, SP. *Rev. Bras. Geomorfol.* (Online), São Paulo, v.17, n.3, (Jul-Set) p.431-449. 2016.
- Moroz-Caccia Gouveia, I. C.; Rodrigues, C., 2017. Mudanças morfológicas e efeitos hidrodinâmicos do processo de urbanização na bacia hidrográfica do rio Tamanduateí – Região Metropolitana de São Paulo. *Geosp – Espaço e Tempo (Online)*, v. 21, n. 1, p. 257-283.

NEIFF, J. J. Planícies de inundação são ecótonos. Ecótonosna interfaces dos ecossistemas aquáticos. São Carlos: **Rima**, p. 29-46, 2003.

NERY, C. V. M.; MOREIRA, A. A.; FERNANDES, F. H. S. Análise do Comportamento Espectral da Floresta Estacional Decidual. In **Revista Brasileira de Geografia Física** v.07, n.02, p. 417–433. 2014.

NOVITZKI, R., SMITH, R., FRETWELL, J. Wetland functions, values and assessment. In: **National Water Summary on Wetland Resources**. USGS Water Supply, Washington DC, USA 2425, 79–86. 1996.

OLIVEIRA, A. C. C.; SOUZA, R. M. Dinâmica da paisagem e proposição de cenários ambientais: um estudo da planície costeira de Estância, Sergipe, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**. Volume 12, n. 2, p. 175-193. 2013.

PAINTER, T. H.; ROBERTS, D. A.; GREEN, R. O.; DOZIER, J. Automated subpixel snow parameter mapping with AVIRIS data. In: GREEN, R.O. (ed.), *Summaries of the Seventh JPL Airborne Earth Science Workshop*. Pasadena: NASA/JPL, 1998.

PASSARELLA, S.; LADEIRA, F. S. B.; LIESENBERG, V. Morfometria da bacia do Rio São João, MG: uma proposta de entendimento dos limites e da dinâmica das superfícies erosivas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v.17, n.2, p. 242. 2016.

PATTEN, B. C. Wetlands and shallow continental water bodies: Volume I. **Natural and human relationships**. SPB Academic Publishing. 1990.

PIWOWAR, J. M.; DEREK, R. P.; LEDREW, E. Temporal mixture analysis of Arctic Sea ice imagery: a new approach for monitoring environmental change. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 63, p.195-207, 1998.

PONZONI, F. J. Comportamento espectral da vegetação. In: Meneses, P. R.; Madeira Netto, J. S. (Org.). *Sensoriamento remoto: reflectância dos alvos naturais*. Brasília: UnB; Planaltina, DF, **Embrapa Cerrados**. p. 63-119. 2001.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. *Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação*. 2010. ed. São José dos Campos: **Parêntese**, 2010. 128 p.

PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.E.; KUPLICH, T.M. *Sensoriamento Remoto da Vegetação*. 2. ed. São Paulo: **Oficina de Textos**. v. 1, 176p. 2012.

RHEINHARDT, R. D.; RHEINHARDT, M. C.; BRINSON, M. M.; FASER, K. Forested wetlands of low order streams in the inner coastal plain of North Carolina, USA. **WETLANDS**, v.18, n. 3, 1998.

RISSO, J.; RIZZI, R.; EPIPHANIO, R. D. V.; RUDORFF, B. F. T.; FORMAGGIO, A. R.; SHIMABUKURO, Y. E.; FERNANDES, S. L. Potencialidade dos índices de vegetação EVI e NDVI dos produtos MODIS na separabilidade espectral de áreas de soja. In: **XIV Simpósio de Sensoriamento Remoto (SBSR)**, Natal – RN. Anais, São José dos Campos: INPE. p. 379 – 386. 2009.

ROGAN, J.; FRANKLIN, J.; ROBERTS, D. A. A comparison of methods for monitoring multitemporal vegetation change using Thematic Mapper imagery. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 80, p. 143-156, 2002.

RUSSI D., TEN BRINK P., FARMER A., BADURA T., COATES D., FÖRSTER J., KUMAR R. AND DAVIDSON N. The Economics of Ecosystems and Biodiversity for Water and Wetlands. IEEP, London and Brussels; **Ramsar Secretariat**, Gland. 2013.

SANTOS, W. J. R. (Minas Gerais). **Fapemig**. Variação temporal do índice de vegetação de lavouras cafeeiras utilizando produtos do sensor modis/terra. 2015. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/> /publicacao/880131/variacao-temporal-do-indice-de-vegetacao-de-lavouras-cafeeiras-utilizando-produtos-do-sensor-modisterra>. Acesso em: 05 jan. 2018.

SCHWEIK, C. M.; GREEN, G. M. The use of spectral mixture analysis to study human incentives, actions, and environmental outcomes. **Social Science Computer Review**, Thousand Oaks, v. 17, n. 1, p. 40-63, 1999.

SCHOWENGERDT, R. A. Remote sensing: models and methods for image processing. 2.ed. San Diego: **Academic Press**, 1997. 522 p.

SHIMABUKURO, Y. E.; NOVO, E. L. M.; PONZONI, F. J. Índice de vegetação e modelo linear de mistura espectral no monitoramento da região do Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, p. 1729-1737, 1998.

SHIMABUKURO, Y. E.; SMITH, J. A. Fraction images derived from Landsat TM and MSS data for monitoring reforested areas. **Canadian Journal of Remote Sensing**, Ottawa, v. 21, n. 1, p. 67-74, 1995.

SHIMABUKURO, Y. E.; SMITH, J. A. The least-squares mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, New York, v. 29, n. 1, 1991.

SHIMAZAKI, Y.; TATEISHI, R. Land cover mapping using spectral and temporal linear mixing model at Lake Baikal Region. In: **ASIAN CONFERENCE ON REMOTE SENSING**, 22., 2001, Singapura. Proceedings... Singapura: [s.n.], 2001.

SILVA, J. S.; DA SILVA, R. M. Mapeamento e comparação entre índices de vegetação utilizando imagem OLI/Landsat 8 na bacia do Rio Bacanga, São Luís (MA). **XVIII Encontro nacional de geógrafos**. 2016.

SILVA, M. L. Mapeamento de superfícies aplainadas no norte de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geografia Física* v. 09 n. 02, p. 526-545. 2016.

STAD, M.; PIETERS, C. M. A re-evaluation of lunar basalt type through Spectral analysis of fresh mare craters. In: **LUNAR AND PLANETARY SCIENCE CONFERENCE**, 29., 1998, Houston, TX. Proceedings... Houston: [s.n.], 1998.

STEPHANIE, H. NDWI: Normalized Difference Water Index. Product fact sheet: NDWI – europe, **Version 1**, 2011.

THOMAZ, S. M., ROBERTO, M. D. C., BINI, L. M., VAZZOLER, A. E. A. M., & AGOSTINHO, A. A. Caracterização limnológica dos ambientes aquáticos e influência dos níveis fluviométricos. A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos. Maringá: **EDUEM**, 73-102. 1997.

TIESKENS, K. F.; SCHULP, C. J. E.; LEVERS, C.; LIESKOVSKY, J.; KUEMMERLE, T.; PILENINGER, T.; VERBURG, P. H. Characterizing European cultural landscapes: Accounting for structure, management intensity and value of agricultural and forest landscapes. **Land Use Policy** 62, 29- 39. 2017.

TONOLLA, D.; WOLTER, C.; RUHTZ, T.; TOCKNER, K.; Linking fish assemblages and spatio temporal thermal heterogeneity in a river-floodplain landscape using high-resolution airborne thermal infrared remote sensing and in-situ measurements. **Remote Sensing of Environmental**, n.125, p.134-146, 2012.

USGS – **United States Geological Survey**. Frequently Asked Questions about the Landsat Missions. 2013. Disponível em: <http://landsat.usgs.gov/L8_band_combos.php>. Acesso em: 01 jan. 2018.

USGS. **United States Geological Survey**. Using the USGS Landsat 8 Product. 2017. Disponível em: <https://landsat.usgs.gov/using-usgs-landsat-8-product>. Acessado em: novembro de 2017.

VARGAS, R. R.; SAAD, A. R.; DALMAS, F.; BAU, R. A.; ARRUDA, R. O. M.; MESQUITA, M. V.; ANDRADE, M. R. M. Water Quality Assessment in the Córrego Taquara do Reino Hydrographic Basin, Guarulhos Municipality (São Paulo State - Brazil): Effects of Environmental Degradation. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 38, n. 2, p. 138. 2015.

VIEIRA, L. C. G. Padrões ecológicos da comunidade zooplanctônica na planície de inundação do Rio Araguaia. 97 f. **Tese (Doutorado em Ciências Ambientais)** – Universidade Federal de Goiás, Goiânia-GO. 2008.

VIGNEAU, N. et al. Potential of field hyper spectral imaging as a nondestructive method to assess leaf nitrogen content in Wheat. **Field Crops Research**, v. 122, n. 1, p. 25–31, abr. 2011.

VINCINI, M. et al. A Broad-Band Leaf Chlorophyll Vegetation Index at the Canopy Scale. **Precision Agriculture**, v. 9, n. 5, p. 303–319, 2008.

WEN, L.; YANG, X.; SAINTILAN, N. Local climate determines the NDVI – based primary productivity and flooding creates heterogeneity in semi-arid floodplain ecosystem. **Ecological Modelling**, n. 242, p.116-126, 2012.

ZANATA, M.; PISSARRA, T. C. T.; FERRAUDO, A. S.; RANZINI, M.; CAMPOS, S. Effect of soil use on the quality of water resource in watershed using multivariate statistical analysis. *Irriga, Botucatu*, v. 20, n. 4, p. 787. 2015.

ZHANG, X. et al. Detecting macronutrients content and distribution in oilseed rape leaves based on hyperspectral imaging. ***Biosystems Engineering***, v. 115, n. 1, p. 56–65, maio 2013b.

ZHANG, X. et al. Monitoring vegetation phenology using MODIS. ***Remote Sensing of Environment***, v. 84, n. 3, p. 471–475, mar. 2003.

ZHAO, Y. et al. A novel algorithm for damage recognition on pest-infested oilseed rape leaves. ***Computers and Electronics in Agriculture***, v. 89, p. 41–50, nov. 2012.

ZHU, L.; TATEISHI, R. Application of linear mixture model to time series of AVHRR NDVI data. In: ***Asian Conference on Remote Sensing***. Singapura. Anais... Singapura: [s.n.]. 2001.