
**APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO COM DIFERENÇA NORMALIZADA -
NDVI NO BAIXO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SEPOTUBA -
ALTO PARAGUAI – MATO GROSSO**

Gustavo Roberto dos Santos **LEANDRO**

Professor Visitante no Programa de Pós-Graduação em Geografia
Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT
E-mail: gustavo.leandro@unemat.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9349-5337>

Paulo Cesar **ROCHA**

Professor Assistente da Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP
E-mail: pprocha@fct.unesp.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1187-1093>

Carla Rodrigues **SANTOS**

Professora Substituta no Curso de Geografia
Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT
E-mail: carlageors@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1075-889X>

Histórico do Artigo:

Recebido

Maio de 2021

Aceito

Junho de 2021

Publicado

Agosto 2021

Resumo: Das combinações, e interações que ocorrem no sistema fluvial, a distribuição da cobertura vegetal torna-se dependente em maior ou menor grau, do ciclo das águas com a precipitação, escoamento superficial e infiltração que mantém a dinâmica do lençol freático pois, ainda devemos considerar os usos e ocupação da terra. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo a aplicação do Índice de Vegetação com Diferença Normalizada - NDVI no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Sepotuba, com destaque as unidades morfológicas dos Terraços Fluviais e Planície de Inundação, na região sudoeste do estado de Mato Grosso. Foram utilizadas imagens do satélite Landsat 8, sensor TM, correspondendo a órbita/ponto 227/7, dados pluviométricos e fluviométricos fornecidos pelas estações presentes na bacia hidrográfica. Verifica-se que o setor agropecuário traz consigo não apenas o

crescimento econômico, mas também mudanças ambientais em diferentes estágios. No estado de Mato Grosso, a degradação ambiental tem comprometido seus Recursos Hídricos. Consequentemente, na bacia hidrográfica do rio Sepotuba, tais processos são recorrentes sobretudo, da supressão de coberturas vegetais nativas que são substituídas por áreas de pastagem. Evidentemente, no baixo curso do rio Sepotuba, os índices obtidos têm relação direta com a ocupação e o uso da terra, e isso se deve ao fato de que a presença de formas poligonais indica que extensas áreas têm sua cobertura vegetal antropizada com ocorrência de solo exposto. Em relação ao sistema fluvial as interações entre água, vegetação e depósitos de rio-planície de inundação são bem expressas pelas variações das áreas de Formações Pioneiras e Floresta Aluvial.

Palavras-chave: Sistema Fluvial; Conectividade; Uso de Geotecnologias; NDVI; rio Sepotuba.

APPLICATION OF THE VEGETATION INDEX WITH NORMALIZED DIFFERENCE - NDVI IN THE LOW COURSE OF THE SEPOTUBA RIVER BASIN - UPPER PARAGUAY - MATO GROSSO

Abstract: From the combinations and interactions that occur in the fluvial system, the distribution of vegetation cover becomes dependent, to a greater or lesser degree, on the water cycle with precipitation, surface runoff and infiltration that maintain the dynamics of the groundwater because we must still consider the uses and occupation of land. In this sense, this study aimed to apply the Normalized Difference Vegetation Index - NDVI in the lower course of the Sepotuba river basin, highlighting the morphological units of the Fluvial Terraces and Flood Plain, in the southwest region of the state of Mato Grosso. Were used images Landsat 8 satellite, TM sensor, corresponding to orbit/point 227/7, pluviometric and fluviometric provided by stations present in the hydrographic basin. It appears that the agricultural sector brings with it not only economic growth, but also environmental changes at different stages. In the state of Mato Grosso, environmental degradation has compromised its water resources. Consequently, in the Sepotuba river, such processes are recurrent, above all, in the suppression of native vegetation cover that are replaced by pasture. Evidently, in the lower course of the Sepotuba River, the indices obtained are directly related to the occupation and use of the land, and this is due to the fact that the presence of polygonal forms indicates that extensive areas have their vegetation cover anthropized with the occurrence of soil exposed. Regarding the fluvial system, the interactions between water, vegetation and river-floodplain deposits are well expressed by variations in the areas of Pioneer Formations and Alluvial Forest.

Key words: Fluvial System; Connectivity; Use of the Geotechnologies; NDVI; Sepotuba River.

APLICACIÓN DEL ÍNDICE DE VEGETACIÓN CON DIFERENCIA NORMALIZADA - NDVI EN EL CURSO BAJO DE LA CUENCA DEL RÍO SEPOTUBA - ALTO PARAGUAY - MATO GROSSO

Resumén: A partir de las combinaciones y interacciones que ocurren en el sistema fluvial, la distribución de la cobertura vegetal se vuelve dependiente, en mayor o menor grado, del ciclo del agua con precipitación, escorrentía superficial e infiltración que mantienen la dinámica del agua subterránea, aún así, debemos considerar los usos y ocupación de la tierra. En este sentido, el presente trabajo aplicó el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada

- NDVI en la cuenca del río Sepotuba, con énfasis en las Terrazas Fluviales y Llanura de Inundación, en la región suroeste del estado de Mato Grosso. Se utilizaron imágenes Landsat 8, sensor TM, correspondiente a órbita / punto 227/7, datos pluviométricos y fluviométricos suministrados por estaciones presentes en la cuenca. Parece que el sector agrícola trae consigo no solo crecimiento económico, sino también cambios ambientales registrados en el Mato Grosso. En consecuencia, en la cuenca del río Sepotuba, los procesos son recurrentes, con la supresión de cubiertas vegetales nativas que son reemplazadas por pastos. En el curso bajo del río Sepotuba, los índices están directamente relacionados con la ocupación y uso del suelo, y esto se debe a que la presencia de formas poligonales. En relación con el sistema fluvial, las interacciones entre el agua, la vegetación y los depósitos de la llanura de inundación del río están bien expresadas por variaciones en las áreas de Formaciones Pioneer y Aluvial.

Palabras claves: Sistema Fluvial; Conectividad; Aplicación de Geotecnologías; NDVI; río Sepotuba.

INTRODUÇÃO

O sistema rio-planície de inundação compreende a área de entorno de um rio, denominada zona de transição aquática/terrestre (ATTZ), que é periodicamente inundada pela ação do transbordamento do rio como resultado da precipitação. O pulso de inundação, inicialmente, é o fator indutor responsável pela produtividade e pelas interações entre a biota do sistema rio-planície de inundação, determinando inclusive a qualidade da água do rio e a dinâmica de interação na ATTZ (JUNK et al, 1989).

Sabe-se que, as características gerais das variáveis que comandam o sistema fluvial são o clima, representado pela quantidade e distribuição da precipitação, e a geologia, que controla o gradiente e a composição do material em que o canal se insere (CORRADINI et al., 2006). Das combinações dessas variáveis, a distribuição da cobertura vegetal torna-se dependente em maior ou menor grau, pois consideram-se ainda os usos e ocupação da terra.

Desse modo, o Índice de Vegetação com Diferença Normalizada - NDVI que, baseia-se na assinatura espectral das plantas, cujo objetivo é a estimativa de biomassa vegetal presente na cena, muito têm a contribuir para a compreensão da dinâmica das águas em sistemas fluviais visto que, mudanças no regime hídrico podem acarretar alterações nas taxas de crescimento arbóreo (CLARK e CLARK, 1994; VETTER e BOTOSO, 1989 apud MACHADO, 2013), uma vez que a precipitação é a maior fonte de umidade do solo e, conseqüentemente, a principal fonte de água para a vegetação, e no caso do regime de rios responsável pelas inundações (LAY et al., 2008; TIMM et al., 2006 apud MACHADO, 2013).

Galvinin et al. (2014) salientaram, por exemplo, que o NDVI apresentou maior poder de discriminação das fitofisionomias dos diferentes ambientes analisados para a região pantaneira em Cáceres – Mato Grosso, principalmente quando se busca diferenciá-los em

períodos sazonais. Segundo os autores, os resultados obtidos reforçam a importância da utilização da metodologia na distinção de alvos e, conseqüentemente, na avaliação do comportamento da vegetação da região pantaneira brasileira.

No caso do rio Sepotuba, a vegetação natural predominante é a Savana (Cerrado) embora surjam Formações Pioneiras que sofrem influência fluvial, bem com áreas de contato florístico do tipo ecótono, predominando a mistura das Formações Pioneiras com o Cerrado devido ao alagamento sazonal (ABDON e SILVA, 2006). Contudo, no baixo curso de sua bacia hidrográfica, a atividade pecuária passou a ocupar 51,50% de sua área no ano de 2016 (LEANDRO, 2020). Assim, as áreas antropizadas referem-se aos locais onde houve a supressão da vegetação natural para a inserção de pastagens cultivadas (*Brachiaria humidicola*), além de culturas temporárias.

Dessa forma, a pesquisa com caráter experimental, teve como objetivo a aplicação do Índice de Vegetação com Diferença Normalizada - NDVI no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Sepotuba, com destaque as unidades morfológicas dos Terraços Fluviais e Planície de Inundação, na região sudoeste do estado de Mato Grosso.

ÁREA DE ESTUDO

Ao se considerar os arranjos geológicos que constituem a bacia hidrográfica do rio Sepotuba, é notória a ocorrência de diferentes tipos litológicos no alto, médio e baixo curso. Como exemplo, registra-se a ocorrência de rochas que datam do Pré-Cambriano Superior até os sedimentos recentes do Quaternário (LEANDRO, 2020).

Nesse sentido, seus canais fluviais drenam litoestruturas em compartimentos geomorfológicos com modelado de dissecação correspondentes a Chapada dos Parecis (principais nascentes dos afluentes), bem como o Planalto dos Parecis (nascente do rio Sepotuba) e a Depressão do rio Paraguai. Ainda, se destacam os modelados de acumulação correspondente ao sistema aluvial no baixo curso do rio Sepotuba – Terraços Fluviais e Planície de Inundação, constituídos por depósitos quaternários da Formação Pantanal e Aluviões Atuais.

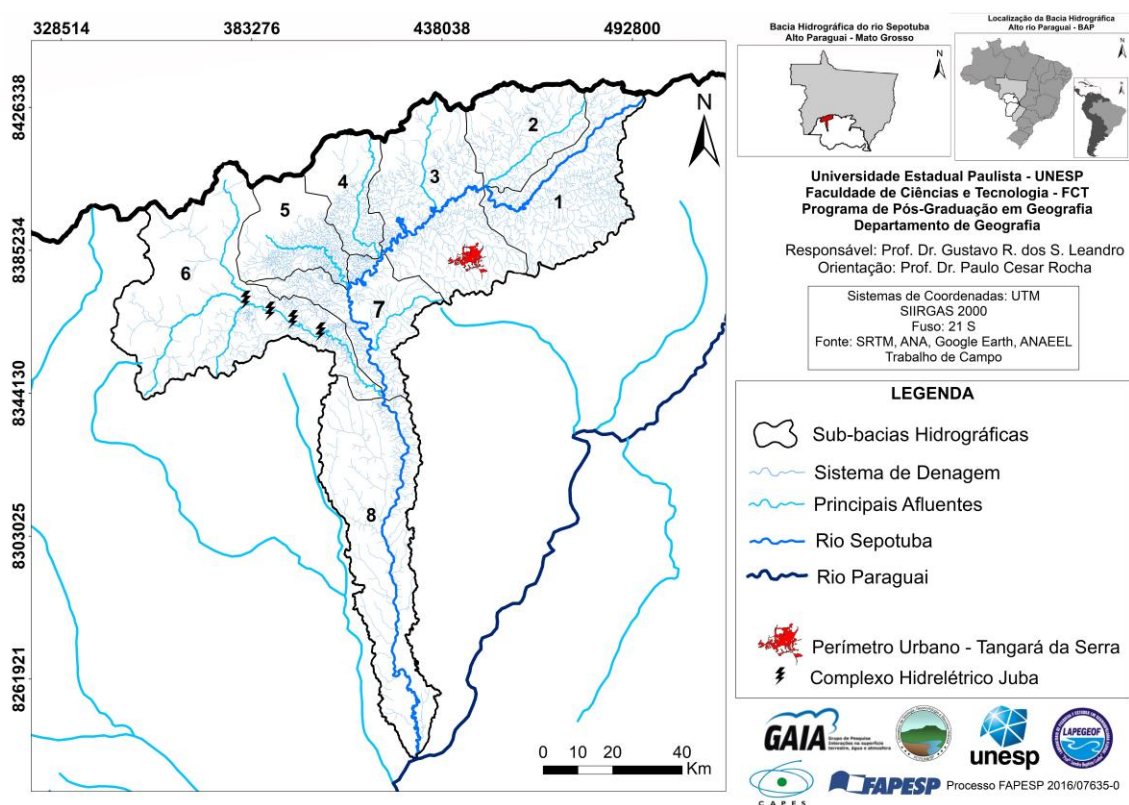
No que se refere à cobertura pedológica, há grandes manchas e associações de Argissolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho + Plintossolo Pétrico, Neossolos Quartzarênico Hidromórfico, Litólico + Regolítico (colúvios, tálus e afloramentos de rocha) e Neossolo Flúvico + Gleissolo, entre outros (IBGE, 2012; FARIA, 2012; EMBRAPA, 2013). Nesse sentido, no baixo curso do rio Sepotuba, há uma generalização quanto à ocorrência e à classificação dos solos. Destacamos, ainda, os processos que conferem diversidade às classes

pedológicas no sistema canal-planície de inundação, principalmente os de caráter flúvico, com a deposição de sedimentos ao longo do tempo devido aos ciclos de inundação no período chuvoso.

Em função de peculiaridades edáficas e topográficas, a bacia hidrográfica do rio Sepotuba apresenta diferentes cobertura vegetais, como Ecótono e Floresta Aluvial. Além desses, ainda há a ocorrência de Cerrado, o qual, é constituído por diferentes fisionomias que, compõe Formações de Contato – sendo Savana Parque e Savana Arborizada. Ademais, segundo o IBGE (2012), as áreas de Savana são caracterizadas em função do estrato arbóreo descontínuo, com altura variando entre 7 e 12 metros, com presença de arbustos, subarbustos e ervas (gramíneas e outras).

Nesse cenário evidencia-se que, 48,11% de sua área é drenada por cursos d'água que desaguam diretamente no rio Sepotuba; enquanto que 51,88% da área de drenagem pertence aos principais afluentes que, posteriormente, desaguam no canal principal (Figura 01 e Tabela 01).

Figura 01. Hierarquização fluvial e as sub-bacias hidrográficas que compõem o sistema do rio Sepotuba, Alto rio Paraguai no estado de Mato Grosso.



Organização: LEANDRO, Gustavo Roberto dos Santos (2021)

Dessa forma, destaca-se entre suas sub-bacias hidrográficas, a maior área de drenagem, com 2.278,64 km² (23,18%), que tem como canal principal o rio Juba (cujo sistema fluvial é utilizado pelo setor hidrelétrico), também o afluente de maior extensão, com 128,78 km (último, dos principais afluentes, a desaguar no rio Sepotuba). Por outro lado, a segunda maior área de drenagem pertencente diretamente ao rio Sepotuba. A respectiva área de 1.910,54 km² (19,43%) correspondente ao baixo curso, recorte do presente trabalho (Tabela 01).

Tabela 1. Distribuição das sub-bacias hidrográficas do rio Sepotuba

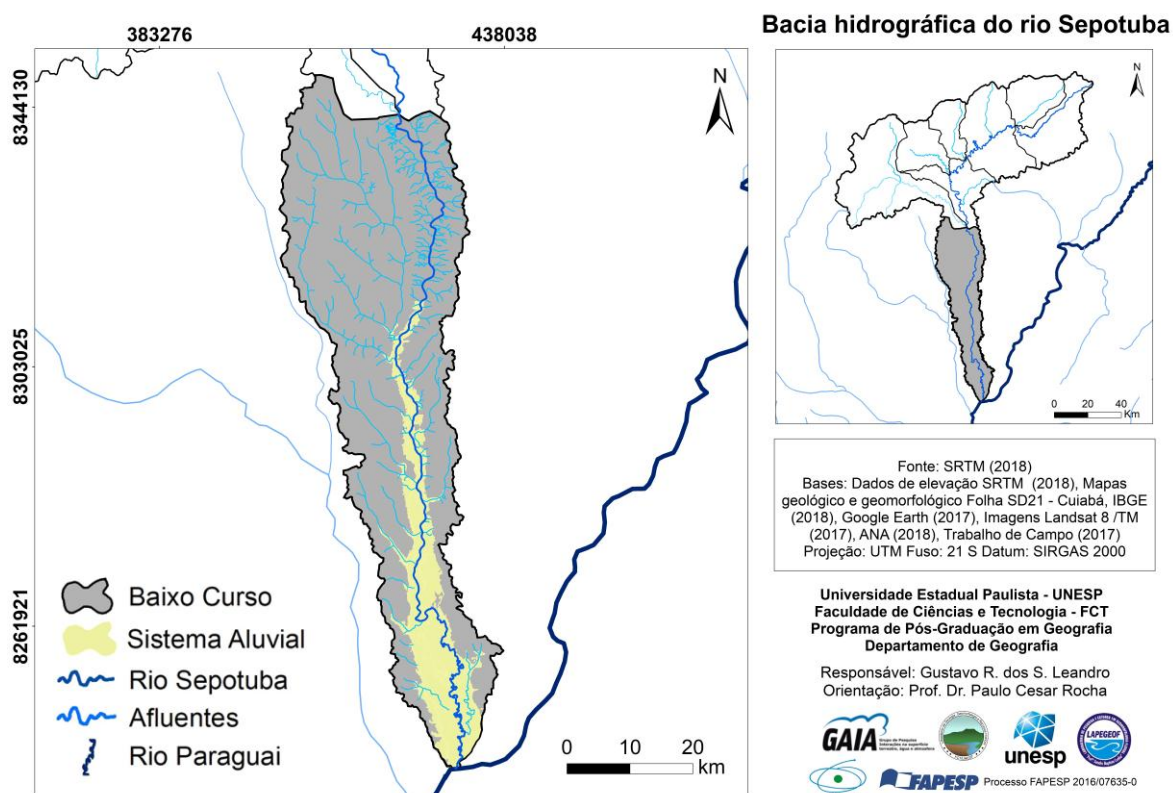
Sub-bacia hidrográfica	Área km ²	Percentual Área %	Extensão do canal principal km
1 – Nascentes do Sepotuba*	1.229,64	12	405,44
2 – Rio Sepotubinha	793,59	8,07	56,11
3 – Médio Sepotuba*	1.588,62	16,16	405,44
4 – Rio do Sapo	547,39	5,56	51,93
5 – Rio Formoso	711,47	7,23	53,51
6 – Rio Juba	2.278,64	23,18	128,78
7 – Rio Tarumã	847,32	8,62	36,76
8 – Baixo Sepotuba*	1.910,54	19,43	405,44

*405,44 km corresponde a extensão da Nascente a Foz

Fonte: LEANDRO et al. (2020)

Ressalta-se, ainda, que os processos de apropriação do solo e relevo na bacia hidrográfica do rio Sepotuba, sobretudo com a expansão das áreas de pastagem para fins agropecuários (destaque para a sub-bacia hidrográfica 8 – baixo Sepotuba) e de monoculturas, resultam em mudanças no sistema fluvial – Terraços Fluviais e Planície de Inundação com intervenções diretas nos canais fluviais e intensificação nos processos geomorfológicos (LEANDRO et al., 2020; LEANDRO, 2020). Nesse contexto, destacamos a aplicação do Índice de Vegetação com Diferença Normalizada – NDVI no baixo curso do rio Sepotuba (Figura 02).

Figura 02. Sistema aluvial no baixo curso do rio Sepotuba, Alto Paraguai – Mato Grosso



Organização: LEANDRO, Gustavo Roberto dos Santos (2021)

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Inicialmente, foram utilizados dados mensais de precipitação, cota e vazão disponíveis em www.ana.gov.br para as estações pluviométricas e fluviométricas presentes nos Postos Tapirapuã e São José do Sepotuba – baixo curso da bacia hidrográfica (Quadro 1). Os dados analisados consistiram em uma série temporal de 48 anos (1970-2018). A identificação dos períodos hidrológicos e das sazonalidades foi feita a partir da análise visual e, em seguida, por teste estatístico comparativo das médias, desvio padrão e coeficiente de variação para validação (ROCHA e SANTOS, 2018; LEANDRO, 2020).

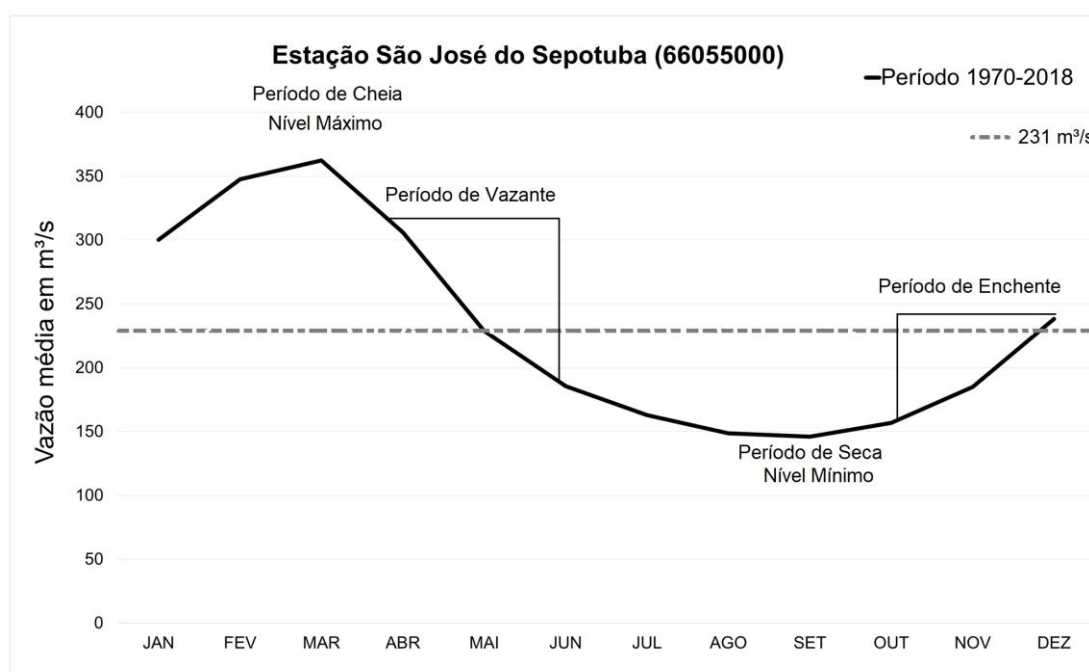
Quadro 01. Estações com dados disponibilizados pela Agência Nacional de Águas e de Saneamento Básico – ANA

Estação Fluviométrica		Cotas	Vazão
1	Tapirapuã (66050000)	1971-2018	1971- 2018
2	São José do Sepotuba (66055000)	1970- 2018	1970-2018
Estação Pluviométrica		Chuvas	
1	Tapirapuã (1457000)	1970-2018	
2	São José do Sepotuba (1557005)	1970-2018	

Fonte: Trabalho de gabinete (2018). **Organização:** LEANDRO, Gustavo Roberto dos Santos (2018)

Baseado no comportamento histórico das precipitações, cotas e vazões (períodos hidrológicos e sazonalidades), também foi analisado o comportamento diário (ano intra-anual de 2017-2018) de precipitação e cota, a partir do banco de dados das estações Postos Tapirapuã e São José do Sepotuba, para posteriormente, proceder com a determinação das diferenças entre os índices de vegetação (Figura 03).

Figura 03. Sazonalidade das vazões do rio Sepotuba, em Cáceres – Mato Grosso, para o período de 1970 a 2018



Fonte: Agência Nacional de Águas e de Saneamento Básico – ANA (2017). **Organização:** LEANDRO, Gustavo Roberto dos Santos (2017)

Baseado na sazonalidade (dados mensais) e no comportamento intra-anual (2017-2018) das chuvas na bacia hidrográfica e da cota no rio Sepotuba (dados diários) o Índice de Vegetação com Diferença Normalizada - NDVI, portanto, foi adotado para medir a área foliar da vegetação, ou seja, a biomassa vegetativa, sendo que quanto maior o índice (positivo), maior é a ocorrência de vegetação; enquanto que menores valores (negativos) condizem com a menor densidade da cobertura vegetal (GAO, 1996).

A estimativa da vegetação foi feita no aplicativo IDRISI, utilizando o comando *VEGINDEX* (EASTMAN, 1998). O modelo *VEGINDEX* permite que seja utilizado 19 diferentes índices de vegetação a partir da utilização das bandas do vermelho e do infravermelho próximo, que correspondem, respectivamente, às bandas 4 e 5, sensor OLI, do satélite Landsat 8 (ROUSE et al., 1974; TURCKER, 1979). Em seguida, os índices gerados

foram exportados para o software ArcGis, onde foram elaborados os mapas de NDVI. O índice de vegetação de diferença normalizada (NDVI) é calculado usando a seguinte **equação 1**:

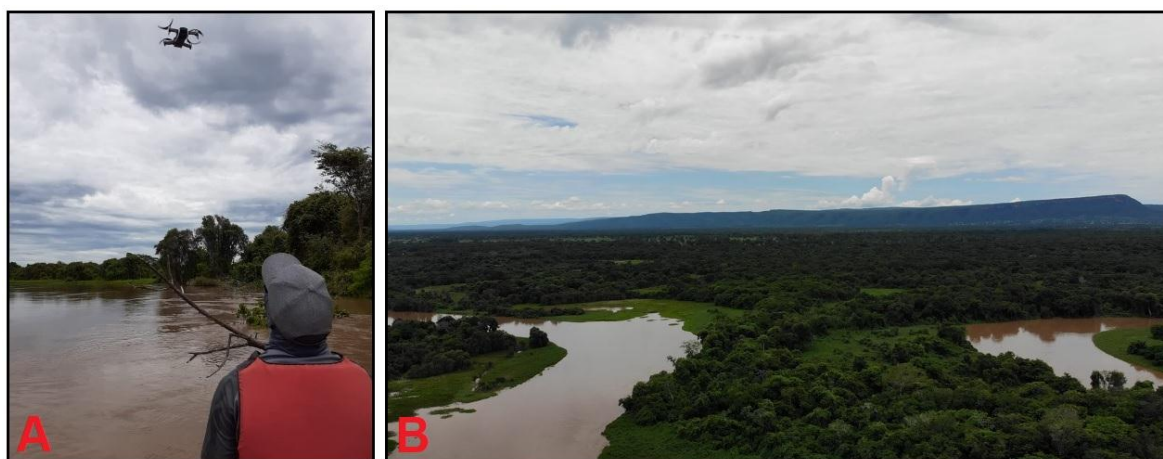
$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{R}) / (\text{NIR} + \text{R}) \quad (\text{equação 1})$$

Onde : NIR = Infravermelho próximo e R = Vermelho (Eastman, 1998).

Dessa forma, foi realizada uma comparação das diferenças sazonais referentes aos períodos de vazante, seca, enchente e cheia, por classe (intervalo entre 1 e -1) e ambiente sendo baixo curso do rio Sepotuba, Terraços Fluviais e Planície de Inundação, compartimentação geomorfológica realizada por Leandro (2020). Para tanto, foram selecionadas quatro imagens Landsat 8 que recobrem o baixo curso da bacia hidrográfica do rio Sepotuba, órbita/ponto 227/71 referente ao ano intra-anual (2017-2018).

Também, foi executado sobrevoo em fevereiro de 2020 (transição entre os períodos de enchente- cheia) para visualização e registros fotográficos. Cabe salientar que foi solicitada autorização de voo junto ao Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), e que, os acessos às localidades imageadas foram realizados via rios Paraguai-Sepotuba (Figura 04).

Figura 04. A) Operação do drone para obtenção das fotografias B) Início do planos de voo no sistema-planície de inundação do rio Sepotuba, Alto Paraguai – Mato Grosso



Fotos: LEANDRO, Gustavo Roberto dos Santos (2020)

O drone modelo Mavic Air da marca Dji, número de série OK1UF3400D0054, cadastrado junto ao DECEA sob o número PR 270819870 subsidiou o registro das imagens (fotografias avulsas do sistema rio-planície de inundação). A câmera usada no drone abriga

um sensor CMOS de 1/3,2 polegadas com HDR e uma lente de abertura f/2.8 com uma distância focal de 24 mm (equivalente a 35 mm).

As imagens foram capturadas por foto e vídeo, sendo as fotos com resolução de 12 milhões de pixels (MP) e os vídeos com resolução de 4K (3.840 x 2.160 pixels), realizados em 360 graus a fim de que a visualização mais ampla do ponto representativo fosse registrada, para posterior captura de tela. As imagens capturadas (verticais e oblíquas) foram armazenadas em cartão Secure Digital (SD), sendo posteriormente transferidas para o computador.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – NDVI demonstra mudanças expressivas no comportamento vegetacional e, conseqüentemente, da conectividade no baixo curso do rio Sepotuba. Nota-se, que a dinâmica das coberturas¹ do solo ocorreu de forma distinta entre os períodos intra-anuais e em relação às unidades morfológicas presentes no sistema, principalmente no que concerne ao comportamento da vegetação na sub-bacia hidrográfica 8 – Baixo Sepotuba em comparação aos Terraços Fluviais e Planície de Inundação (Figura 05).

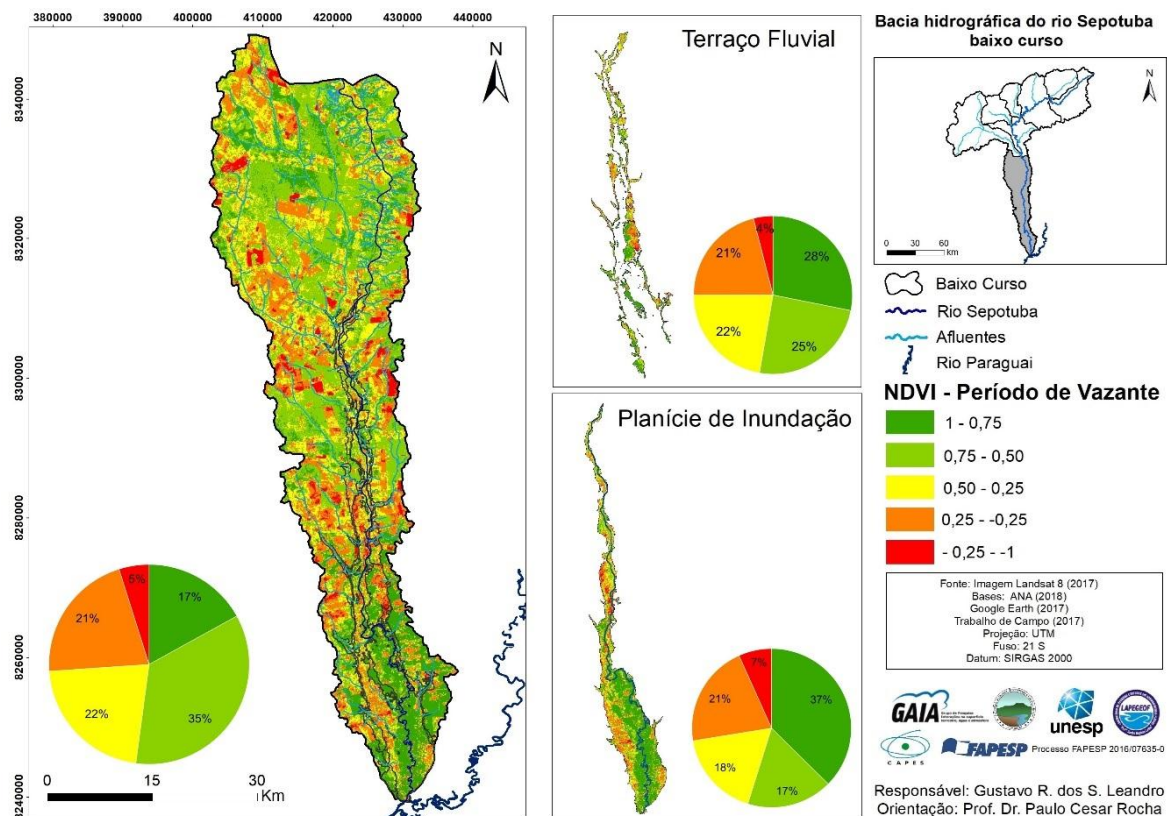
Evidentemente, no baixo curso do rio Sepotuba, os índices obtidos têm relação direta com a ocupação e o uso da terra. Isso se deve ao fato de que a presença de formas poligonais indica que extensas áreas têm sua cobertura vegetal antropizada. No período de vazante, a classe com intervalo entre -0,25 e -1 correspondeu a 5%, e, no período de seca, apresentou expressivo aumento quando chegou a 28%. Nota-se que essa classe corresponde à ocorrência de solo exposto, provavelmente associada às áreas de pastagem presentes no baixo curso do rio Sepotuba ou a culturas temporárias relacionadas à silvicultura.

O sistema rio-planície de inundação consiste em um complexo de morfologias e ecossistemas que são interligados durante as fases de inundação, permanecendo mais ou menos individualizados quando a água volta ao seu canal principal. Dessa forma, entende-se que há conexão entre os ambientes aquáticos e terrestres por meio de interações hidrodinâmicas e biológicas. Neiff (1990) define conectividade como uma condição de transferência de organismos, matéria e energia entre o curso do rio e sua planície de inundação.

¹ Coberturas vegetais nativas e culturas agropecuárias.

Nesse sentido, observa-se que o comportamento da vegetação apresenta expressivas mudanças nos Terraços Fluviais e na Planície de Inundação do rio Sepotuba. Nos períodos de vazante e seca, ocorreram maiores valores referentes à classe com intervalo entre -0,25 e -1 em comparação aos períodos de enchente e cheia. Nos Terraços Fluviais, o percentual aumentou de 4% para 18%, enquanto que na planície de inundação manteve-se em 7% (Figuras 04 e 05). De acordo com Leandro (2020) o percentual de uso e ocupação da terra para os Terraços Fluviais foi de 48% para o ano de 2016, enquanto que o da planície de inundação foi de 30%. Logo, a pecuária pode ter importante papel no índice de vegetação, sobretudo nos Terraços Fluviais, evidentemente a sua apropriação no baixo curso.

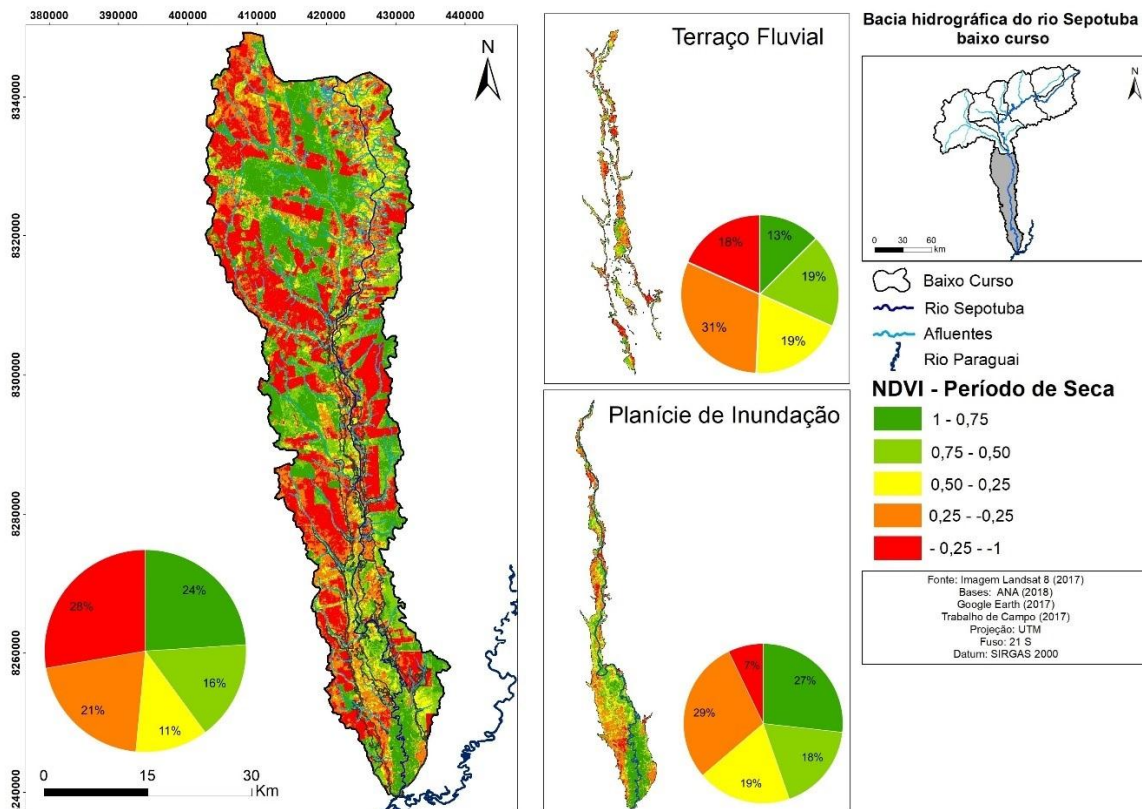
Figura 05. Variação do NDVI no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Sepotuba para o período de vazante



Fonte: Dados de gabinete (2020). **Organização:** LEANDRO, Gustavo Roberto dos Santos (2020)

Na Planície de Inundação, durante o período de seca, observa-se a sucessão ecológica por espécies herbáceas e arbustivas, sendo importantes no processo de estabilização dos depósitos de sedimentos, sobretudo nos depósitos presentes nos canais, principal e secundário (Figura 06). A princípio, interações positivas entre materiais transportados e depositados com a vegetação. Todavia, trata-se da intensificação na entrada de sedimentos no sistema com a formação de depósitos de canal e formas de leito ao longo do rio Sepotuba.

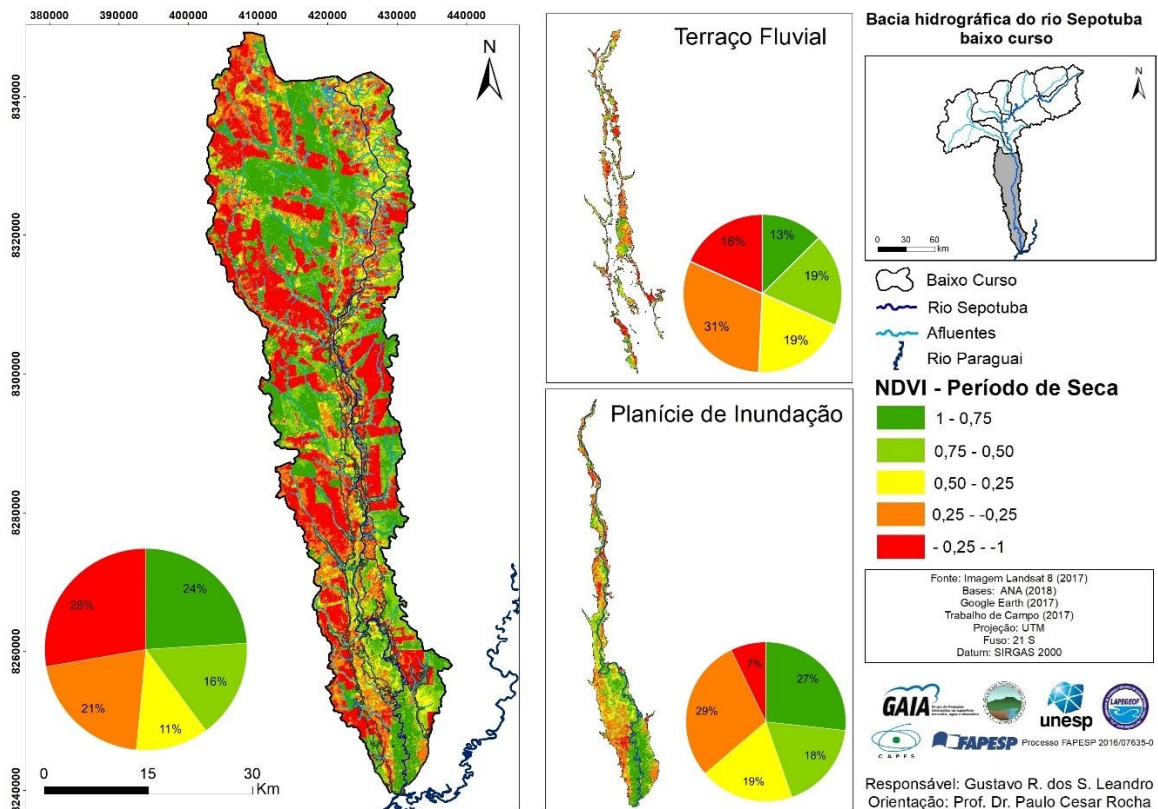
Figura 06. Variação do NDVI no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Sepotuba para o período de seca



Fonte: Dados de gabinete (2020).

Nota-se, que a Formação Pioneira presente no sistema rio-planície do rio Sepotuba, que se refere às comunidades vegetais das planícies aluviais, também reflete os efeitos das cheias nas épocas chuvosas, ou mesmo das depressões alagáveis todos os anos, sobretudo com as higrófilas (VELOSO, 1991). Por outro lado, no período de seca, há a morte de tais espécies, que são incorporadas às camadas depositadas durante os ciclos intra-anuais, e em contrapartida o avanço das herbáceas. Portanto, nesses terrenos aluviais, a quantidade e o tempo de permanência da água na área influenciam na variedade das comunidades vegetais e na sua sucessão.

Figura 07. Variação do NDVI no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Sepotuba para o período de seca



Fonte: Dados de gabinete (2020). **Organização:** LEANDRO, Gustavo Roberto dos Santos (2020)

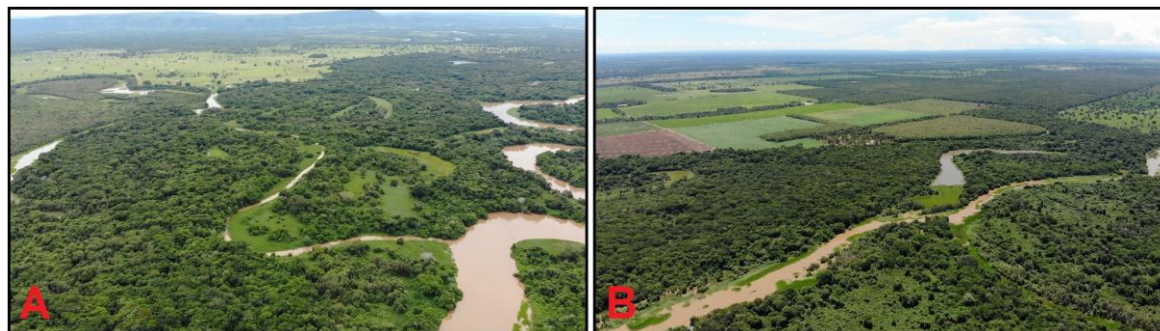
Fragal et al. (2013), discutem que os níveis fluviométricos influenciam as áreas inundadas e encharcadas do rio Paraná pois, aumentam sua área de ocorrência nos períodos de cheia, ao passo que em níveis mais baixos, tais áreas diminuem. Em outras palavras, os locais de ocorrência de vegetação higrófila, herbácea e arbustiva podem variar de acordo com o nível da água. Entretanto, é preciso salientar o papel do controle exercido a partir dos empreendimentos hidrelétricos.

Contexto similar deve ser considerando para o rio Sepotuba, pois as intervenções nos canais fluviais ao longo de seus afluentes resultam em impactos diretos a jusante, principalmente pelo controle do fluxo da água. Conforme salientam Tucci e Clark (1997), os processos hidrológicos na bacia hidrográfica possuem duas direções predominantes de fluxo: vertical e longitudinal.

O vertical é representado pelos processos de precipitação e evapotranspiração, o que denota a importância da distribuição espaço-temporal das chuvas e da cobertura vegetal. O longitudinal refere-se ao escoamento na direção dos gradientes da superfície (escoamento

superficial e rios) e do subsolo (escoamento subterrâneo) que, nesse caso em específico, é controlado pelas grandes barragens (TUCCI e CLARK, 1997). Dessa forma, torna-se fundamental acrescentar o déficit hídrico que ocorre na região em se tratando do aumento da demanda hídrica (Figura 07).

Figura 07. Transição entre áreas de pastagem (A) e sistema de cultura temporária (B) junto a planície de inundação do rio Sepotuba

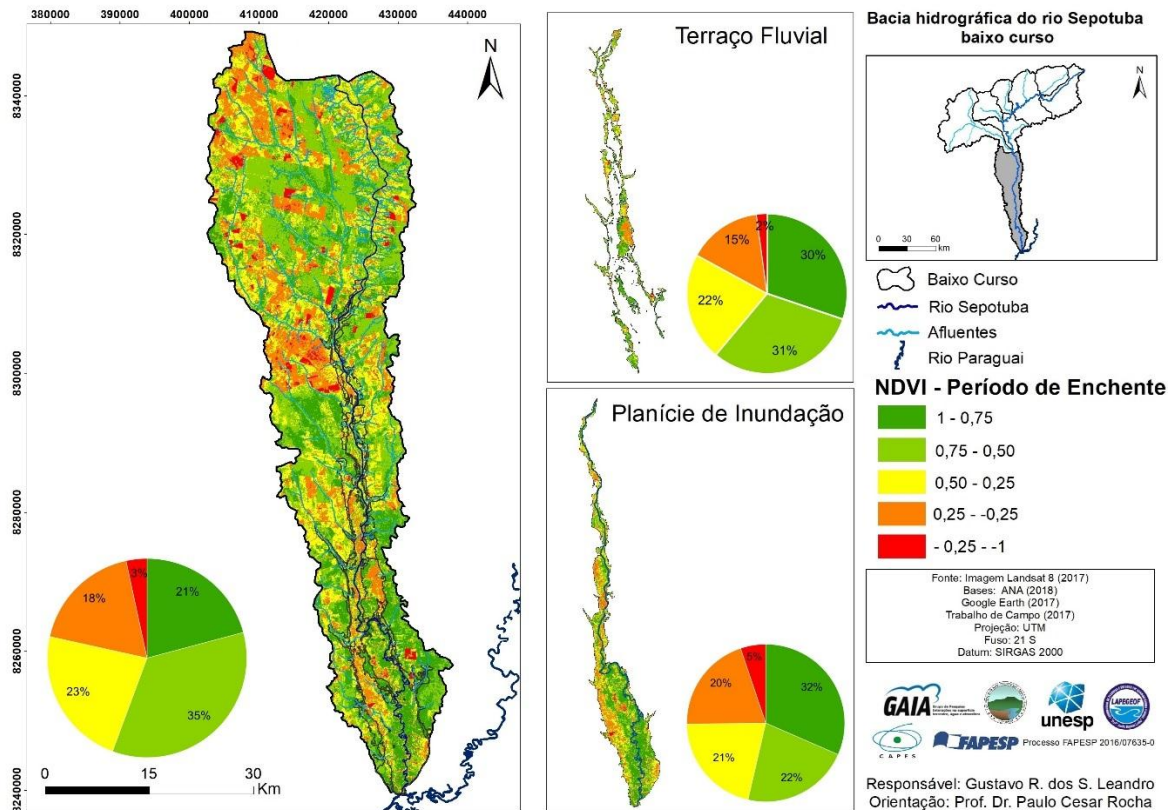


Fonte: Trabalho de campo (2020). **Organização:** LEANDRO, Gustavo Roberto dos Santos (2020)

Sabe-se que a sub-bacia hidrográfica com maior alteração hidrológica é a do rio Juba - 6, com barramentos instalados – Complexo Juba, sendo esse o último afluente de destaque do rio Sepotuba antes do baixo curso da bacia hidrográfica (LEANDRO et al., 2020). Logo, cabe a realização de investigações que avaliem os possíveis impactos no sistema rio-planície de inundação na sub-bacia hidrográfica 8, pois há evidências de aumento nos depósitos de sedimentos, diminuição da vazão, e conseqüentemente mudanças na cobertura vegetal.

Com a aumento das precipitações no período de enchente, observa-se a recuperação da cobertura vegetal no sistema fluvial do rio Sepotuba. Nota-se a diminuição da classe entre -1 e -0,25 nos Terraços Fluviais e na Planície de Inundação em relação ao mapeamento anterior, correspondente ao período de seca. Os valores entre 1 e 0,50 que correspondem às classes com maior biomassa, apresentaram maiores percentuais nos Terraços Fluviais, com 61%, e na Planície de Inundação, com 54% (Figura 08).

Figura 08. Variação do NDVI no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Sepotuba para o período de enchente

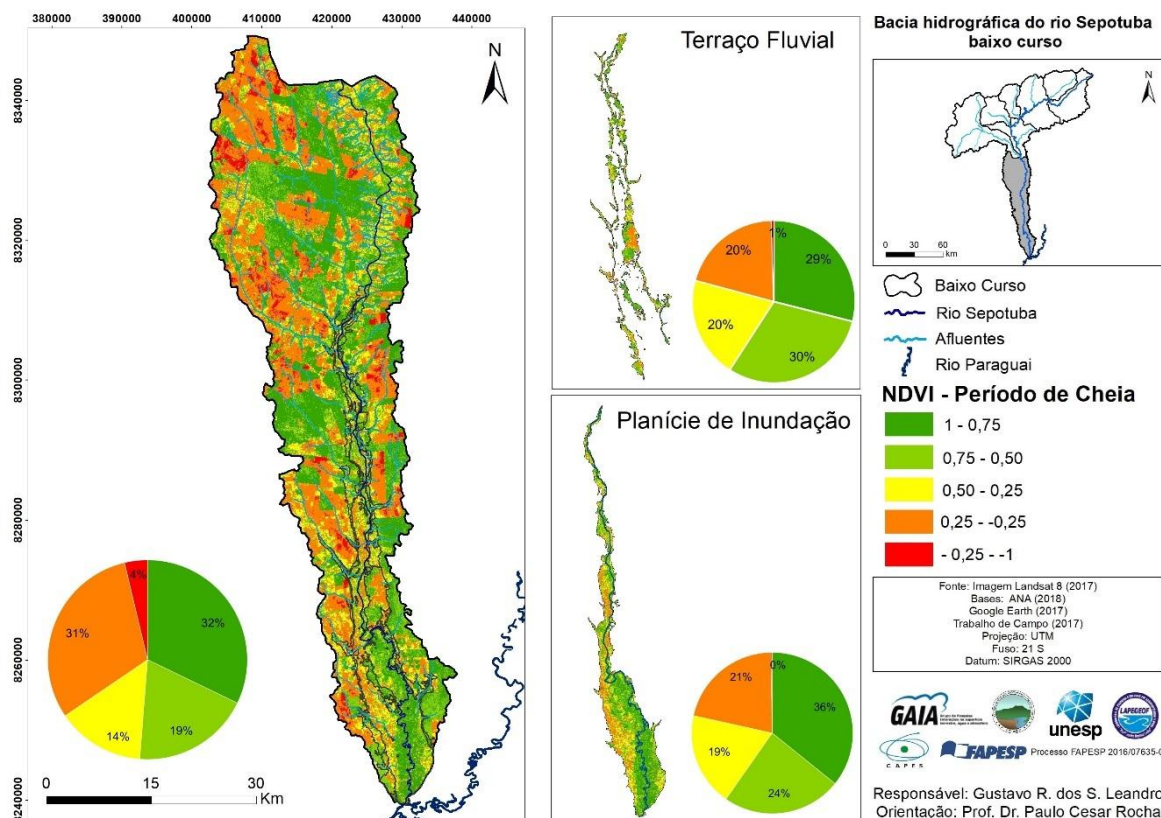


Fonte: Dados de gabinete (2019). **Organização:** LEANDRO, Gustavo Roberto dos Santos (2019)

Ao analisar as unidades morfológicas do sistema fluvial, observou-se que houve maior alteração na cobertura vegetal da Planície de Inundação em comparação aos Terraços Fluviais. Isso ocorreu provavelmente devido ao fato de a planície se encontrar a um nível de cota próximo ao do rio Sepotuba, facilitando as alterações e modificações nessas áreas devido aos pulsos de inundação. Nos Terraços Fluviais, as alterações estão relacionadas à mudança de uso e cobertura da terra, especificamente nas áreas suprimidas pela pecuária e outras classes.

Durante o período de cheia, a cobertura vegetal atingiu a recuperação máxima, quando os valores das classes com maior atividade fotossintética ativa corresponderam a 60% da área na planície de inundação (Figura 09). Por outro lado, nos Terraços Fluviais, ocorreu redução das respectivas classes com valores entre 1 e 0,50 em relação ao período de enchente.

Figura 09. Variação do NDVI no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Sepotuba para o período de cheia

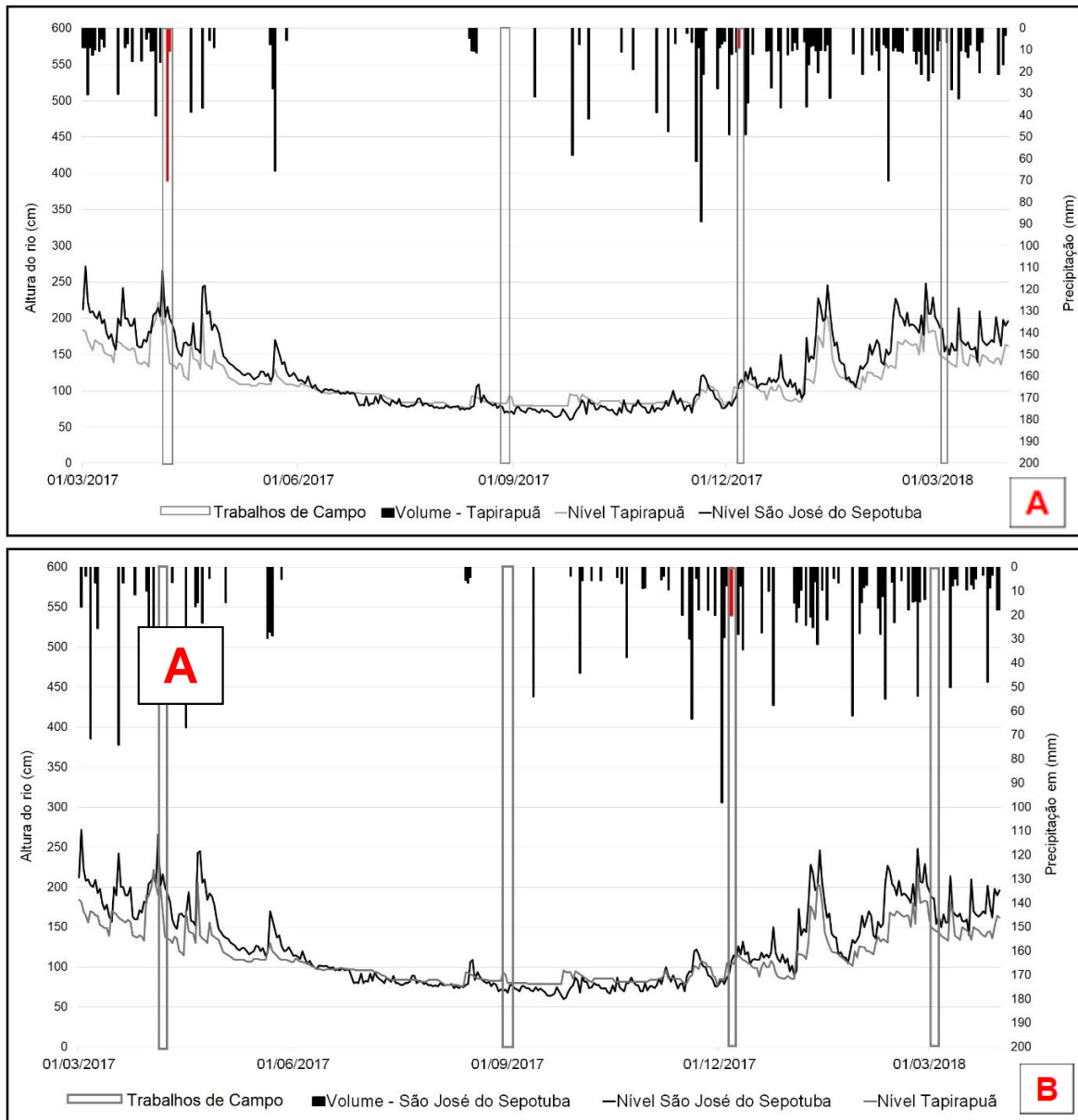


Fonte: Dados de gabinete (2019). **Organização:** LEANDRO, Gustavo Roberto dos Santos (2019)

Consequentemente, o comportamento das chuvas reflete a dinâmica do rio Sepotuba com as cheias e secas, bem como suas transições. Desse modo, no presente estudo, a dinâmica do sistema rio-planície foi analisada durante um ciclo intra-anual, a partir dos trabalhos de campo, quando a precipitação e a altura do rio Sepotuba apresentaram diferentes aspectos entre as estações pluviométricas e fluviométricas. Quanto ao volume total precipitado, na Estação Tapirapuã, registrou-se o total de 2.161,1 mm (período entre 01/03/2017 a 31/03/2018), enquanto que na Estação São José do Sepotuba, a jusante e próximo à planície de inundação, o volume registrado foi de 2.068,7 mm para o mesmo período.

Na Estação Tapirapuã, as chuvas ocorreram em dois dos quatro trabalhos de campo, com maior intensidade no período de vazante. Foram precipitados 80,5 mm nos dois dias de campo, 06 e 07 de abril de 2017. Já em dezembro de 2017, que corresponde ao período de enchente, foram precipitados 8,8 mm no primeiro dia de campo. Nos períodos de seca e cheia, não ocorreram precipitações (Figura 10A).

Figura 10. Comportamento hidrológico no rio Sepotuba durante o período intra-anual de 2017-2018 (Estações Tapirapuã – 66050000 e São José do Sepotuba – 66055000)



Fonte: Agência Nacional de Águas e de Saneamento Básico – ANA (2019). **Organização:** LEANDRO, Gustavo Roberto dos Santos (2019)

Na estação São José do Sepotuba, ocorreu precipitação somente em um dos trabalhos de campo. Durante o trabalho de campo no período de enchente (01 de dezembro de 2017), o volume foi de 20 mm (VER Figura 10B). Em relação ao comportamento do rio Sepotuba, observa-se que, entre os períodos de enchente e de vazante, a altura do rio é maior na Estação São José do Sepotuba, o que indica e contribui para a permanência das cheias na planície de

inundação. Por outro lado, no período de seca, a altura do rio é maior na Estação Tapirapuã, conforme observado nos meses de junho a dezembro de 2017.

Cabe salientar, ainda, que a ocorrência de variações na altura do rio, com os picos máximos, se dá entre os períodos de enchente, cheia e vazante associados aos índices pluviométricos. Nesse contexto, as chuvas que se iniciam após o mês de setembro, intensificadas entre os meses de dezembro e janeiro, corroboram para o aumento progressivo na altura do rio de forma contínua.

Em relação ao comportamento do rio Sepotuba, evidenciam-se oscilações na altura do rio, sobretudo quando ocorreram os maiores volumes diários de precipitação. Dessa forma, como em outros sistemas fluviais, os picos máximos registrados no período de cheia apresentam-se com picos secundários (repiquetes), bem como nos períodos transitórios de enchente e vazante (meses de dezembro e abril). Por sua vez, as alturas mínimas ocorreram de forma suavizada entre os meses de junho e novembro, com queda a partir do mês de maio, com maior expressividade entre os meses de junho a setembro.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises do comportamento das chuvas, associado às respostas de outros elementos da paisagem, demonstraram as interações existentes na bacia hidrográfica do rio Sepotuba com o sistema rio-planície de inundação. Com relação às sazonalidades, os períodos de cheia e seca são intermediados pelos períodos de vazante e enchente. Logo, com a diminuição das chuvas e vazões anualmente, e o aumento no aporte de sedimentos, verifica-se a intensificação na formação de depósitos sedimentares no canal principal do rio Sepotuba, e em sua planície de inundação. Conseqüentemente, ao longo de trechos aluviais ocorre a sucessão de espécies herbáceas e arbustivas que, compõem a Floresta Aluvial. Da mesma forma que, a disponibilidade de água no sistema com os pulsos de inundação nos períodos de cheia pois, também influenciam no comportamento das Formações Pioneiras.

Por sua vez, a diminuição das atividades fotossintéticas, detectadas na sub-bacia hidrográfica correspondente ao baixo curso do rio Sepotuba, também têm relação com os arranjos produtivos das culturas temporárias devido a exposição do solo, conforme observado nas áreas poligonais, comportamento semelhante na unidade morfológica correspondente aos Terraços Fluviais. Assim, podemos considerar que o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – NDVI é um importante indicador do comportamento hidrológico, dos processos morfológicos coexistentes em sistemas fluviais, bem como para a análise dos efeitos do avanço das classes de usos e ocupação da terra sobre sua bacia hidrográfica.

AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP pela concessão de bolsa de Doutorado processo nº 2016/07635-0. Ao Laboratório de Geologia, Geomorfologia e Recursos Hídricos – Lab GGRH da Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT da Universidade Estadual Paulista – UNESP pelo apoio logístico e institucional. Também ao Laboratório de Pesquisa e Estudos em Geomorfologia Fluvial – LAPEGEOF da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT pelo apoio logístico.

REFERÊNCIAS

ABDON, M. M.; SILVA, J. V. S. **Fisionomia da vegetação nas sub-regiões do Pantanal Brasileiro**. São José dos Campos: INPE; Campinas/SP: Embrapa Informática Agropecuária, 2006.

CORRADINI, F. A.; FACHINI, M. P.; STEVAUX, J. C. Controle geomorfológico da distribuição da vegetação ripária do rio Paraná: Parte I – Unidades geomórficas da planície de inundação. **Revista UnG – Geociências**. v. 5, n. 1, p. 13-21, 2006.

EASTMAN. **IDRISI for Windows: Introdução e exercícios tutorais**. Editores da versão em português, Heinrich Hasenack e Eliseu Weber. Porto Alegre, UFRGS Centro de Recursos Idrisi, 1998.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3 ed. rev. ampl. Brasília - DF: EMBRAPA, 2013. 353 p.

FRAGAL, E. H.; ALVES, F. C.; SOUZA FILHO, E. E. A influência da inundação na dinâmica da vegetação da planície fluvial do Alto rio Paraná em 2007. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.13, n.3, (Jul-Set) p. 299-310, 2013.

GALVANIN, E. A. S.; NEVES, S. M. A. S.; CRUZ, C. B. M.; NEVES, R. J.; JESUS, P. H. H.; KREITLOW, J. P. Avaliação dos índices de vegetação ndvi, sr e tvi na discriminação de Fitofisionomias dos ambientes do Pantanal de Cáceres/MT. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 707-715, jul.-set., 2014.

GAO, B. C. NDWI: A Normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. **Remote Sensing of Environment**, v. 58, p. 257- 266, 1996.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manuais técnicos em Geociências: manual técnico da vegetação**. n. 1. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 271 p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manuais técnicos em Geociências: manual técnico de pedologia**. n. 4. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. 316 p.

JUNK, W. J.; BAYLEY, P. B.; SPARKS, R. E. The Flood Pulse Concept in River-Floodplain Systems. In: DODGE, D. P. (Ed) Proceedings of the International Large River Symposium. Can. Spec. Public. Fish. Aquat. Sci., 106. 1989. 110-127 p.

LEANDRO, G. R. S.; ROCHA, P. C.; SOUZA, C. A. Apropriação dos recursos hídricos e intervenções nos canais fluviais na bacia hidrográfica do rio Sepotuba, Alto Paraguai, Mato Grosso – Brasil. **Ciência Geográfica**, Bauru - XXIV - v. 24, n. 3, p. 1444-1461, Janeiro/Dezembro – 2020.

LEANDRO, G. R. S. **Interações hidromorfodinâmicas na bacia hidrográfica do rio Sepotuba – Alto Paraguai, Mato Grosso – Brasil**. 2020. 287 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Presidente Prudente – SP, 2020.

MACHADO, N. G. **Efeitos da inundação sobre o solo e vegetação com dominância de *vochysia divergens pohl (vochysiaceae)* no Pantanal mato-grossense**. 2013. 75 f. Tese (Doutorado em Física Ambiental). Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT, Cuiabá – MT. 2013.

NEIFF, J. J. Ideas para la interpretación ecológica del Paraná. **Interciência**, v. 15, n. 6, p. 424-441, 1990.

ROCHA, P. C.; SANTOS, A. A. Análise hidrológica em bacias hidrográficas. **Mercator**, Fortaleza, v. 17, e17025, 2018.

ROUSE JR, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A. **Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation**. Texas: College Station. 1974. 371 p.

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: Revisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.2, p.135-152, 1997.

TUCKER, C. J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. **Remote Sensing of Environment**, v. 8, p. 127– 150, 1979.

VELOSO, H. P. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. 125 p.