

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
ENGENHARIA AMBIENTAL**

ANA CAROLINA PETERLE

**ANALISE MULTITEMPORAL DO ESPECTRO DA ÁGUA NA
PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DA BARRAGEM DA USINA
HIDRELÉTRICA DE PORTO PRIMAVERA, SÃO PAULO.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA

2017

ANA CAROLINA PETERLE

**ANALISE MULTITEMPORAL DO ESPECTRO DA ÁGUA NA
PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DA BARRAGEM DA USINA
HIDRELÉTRICA DE PORTO PRIMAVERA, SÃO PAULO.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de Engenheiro
Ambiental, da Universidade Tecnológica
Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Vanderlei Leopold
Magalhães

**MEDIANEIRA
2017**



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Medianeira
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

ANALISE MULTITEMPORAL DO ESPECTRO DA ÁGUA NA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DA BARRAGEM DA USINA HIDRELÉTRICA DE PORTO PRIMAVERA, SÃO PAULO.

por

ANA CAROLINA PETERLE

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado às 13:30h do dia 22 de junho de 2017, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Vanderlei Leopold Magalhães
Orientador

Prof. Dr. Anderson Sandro da Rocha
Membro Titular

Profa. Dra. Larissa de Bortolli Chiamoleira Sabbi
Membro Titular

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por me proporcionar saúde, força, amor, fé, sabedoria e toda condição para trilhar essa caminhada, iluminando e me protegendo, para poder enfrentar os desafios impostos. Por estar sempre ao meu lado e nunca desistir de mim.

A todos os meus familiares, principalmente meus pais Marilde e Claudio, e também minha irmã Gleise, pelo amor, incentivo, cobrança e apoio incondicional durante este período.

Agradeço o meu namorado Iuri Ribeiro, pela compreensão e apoio irrestrito oferecido nestes dias, como também por sempre estar ao meu lado, em todos os momentos.

Agradeço a todos os professores que de alguma forma me auxiliaram nessa busca de conhecimento, e abriram portas para o meu futuro.

Agradeço em especial o meu orientador Prof. Dr. Vanderlei Leopold Magalhães, por toda a ajuda e confiança depositada em mim, além de todo o auxílio que me prestou para a realização do trabalho.

Aos meus amigos e amigas, em especial aos meus amigos Nelsi Dal Cortivo, Stephanie Godoy, Micheli Ferreira, Aline Lujan, Matheus Thrun, Anmoran Cardoso e Bruna Hinterholz, pela amizade e apoio, e também por caminhar e compartilhar anos de amizade e proporcionar ótimas lembranças que terei de todo este período. Agradeço a todos pelas alegrias e felicidade que vivemos juntos.

PETERLE, Ana Carolina. **Análise multitemporal do espectro da água na planície de inundação da barragem da usina hidrelétrica de Porto Primavera, São Paulo.** 44 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira. 2017

RESUMO

O Rio Paraná é o principal rio da Bacia do Prata e nasce da confluência dos rios Grande e Paranaíba com nascentes no Estado de Minas Gerais e é o décimo maior rio do mundo em descarga sendo também o quarto em área de drenagem. Ao longo do alto curso do rio Paraná ocorre inúmeros impedimentos físicos, caracterizados como barragens, exceto o segmento entre a foz do rio Paranapanema e a cidade de Guaíra, onde o rio apresenta condições naturais. Os estudos de caráter hidrológicos e geomorfológicos são importantes para que haja uma análise e compreensão do grande número de problemas, entre eles há o abastecimento, navegação e controle de cheias. O presente estudo é justificado perante as ferramentas de pesquisa como geoprocessamento e sensoriamento remoto, dos quais se tem uma grande relevância, pois são auxiliares na compreensão de processos que acontecem no reservatório. Desta forma o presente trabalho teve o objetivo de analisar o comportamento espectral multitemporal da água na planície de inundação do rio Paraná a jusante da construção da barragem da Usina de Porto Primavera, São Paulo, identificando qualitativamente a área de inundação da Usina Porto Primavera, com imagens dos satélites CBERS 2, 2B, CBERS 4 e Resourcesat 1, em séries temporais do ano de 2004 a 2017, validando a faixa do espectro do Infravermelho Próximo (IVP) em imagens dos sensores CCD – CBERS 2 e 2B, MUX – CBERS 4 e sensor LISS3 do Resourcesat no reconhecimento da água (reflectância e/ou absorção de energia) e monitorando a sazonalidade do clima da estação Primavera, conforme o comportamento espectral da água. As imagens de satélite da área de inundação foram coletadas do banco de dados do INPE, sendo o período analisado durante a estação da primavera. As imagens passaram por tratamento no software SPRING 5.5.0, onde foram primeiramente contrastadas e recortadas no limite da área desejada, posteriormente foi realizada a leitura de pixel das áreas onde havia a presença de água, e por fim sendo elas remapeadas com os devidos intervalos de pixel. Os resultados obtidos foram figuras representativas da área da planície de inundação, destacando suas áreas mais úmidas. Foi concluído que a pesquisa apresentou uma visualização mais ampla da sazonalidade no clima da mesma estação na planície de inundação da barragem, podendo ser mostrado que conforme o ano, as alterações climáticas são visivelmente claras. Os anos de maiores precipitações foram 2007, 2009 e 2010 e o ano mais seco foi o de 2006. Concluindo também que a faixa do Infravermelho Próximo atendeu as expectativas da presente pesquisa. Para estudo futuros, com os mesmos parâmetros e objetivos, pode-se utilizar imagens provenientes de outros satélites que tenham uma melhor qualidade para a área de planície de inundação, sendo melhor visualizado as características tanto da planície quanto da vegetação ao seu entorno.

Palavras Chaves: Inundação; Geoprocessamento; Barragem; Sensoriamento; Remoto.

PETERLE, Ana Carolina. **Multitemporal analysis of the water spectrum in the floodplain of the dam of the spring hydroelectric power plant, São Paulo.** 44 pages. Work Completion of course (Bachelor of Environmental Engineering) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2017.

ABSTRACT

The Paraná River is the main river of the Prata Basin and is born from the confluence of the Grande and Paranaíba rivers with springs in the State of Minas Gerais and is the tenth largest river in the world in discharge and also the fourth in a drainage area. Along the high course of the Paraná River there are numerous physical impediments, characterized as dams, except the segment between the mouth of the Paranapanema River and the city of Guairá, where the river presents natural conditions. The hydrological and geomorphological character studies are important so that there is an analysis and understanding of the great number of problems, among them there is the supply, navigation, control of floods, among others. The present study is justified before the research tools such as geoprocessing and remote sensing, of which one has great relevance, since they are important helpers in the understanding of processes that happen in the reservoir. The present work aimed to analyze the multitemporal spectral behavior of water in the floodplain of the Paraná River downstream of the construction of the dam at the Porto Primavera Power Plant, São Paulo, qualitatively identifying the flood area of the Porto Primavera Plant, with CBERS 4 and Resourcesat 1, in time series from 2004 to 2017, validating the Near Infrared Spectrum (IVP) spectrum in images of the CCD - CBERS 2 and 2B sensors, MUX - CBERS 4 And the LISS3 sensor from Resourcesat in water recognition (reflectance and / or energy absorption) and monitoring the seasonality of the spring season's climate, according to the spectral behavior of the water. The satellite images of the flood area were collected from the INPE database, the period being analyzed during the spring season. The images were processed in the software Spring 5.5.0, where they were firstly contrasted and cut to the limit of the desired area, later the pixel reading of the areas where the water was present, and finally being remapped with the appropriate intervals of pixel. The results obtained were representative figures of the area of the flood plain, highlighting its wetter areas. It was concluded that the research presented a broader view of seasonality in the climate of the same season in the floodplain of the dam, and it can be shown that according to the year, the climate changes are visibly clear. The years of greatest rainfall were 2007, 2009 and 2010 and the driest year was 2006. Completing also that the near infrared band met the expectations of the present research. For future study, with the same parameters and objectives, it is possible to use images from other satellites that have a better quality for the area of flood plain, being better visualized the characteristics of both the plain and the vegetation to its surroundings.

Keywords: Flood; Geoprocessing; Dam; Remote sensing.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Faixas espectrais e seus comprimentos de onda.....	13
Tabela 2 - Sensores e seus respectivos intervalos espectrais	18
Tabela 3 – Leitura de Pixel – CBERS 2	23
Tabela 4 - Leitura de Pixel – CBERS 2	24
Tabela 5 - Leitura de Pixel – CBERS 2B.....	25
Tabela 6 - Leitura de Pixel - CBERS 2B e Resourcesat 1.....	26
Tabela 7 - Leitura de Pixel - Resourcesat 1	27
Tabela 8 - Leitura de Pixel - CBERS 4.....	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da APA das Ilhas e Várzeas do rio Paraná.	8
Figura 2 - Localização da área estudada e seus entornos.	16
Figura 3 - Barragem e planície de inundação da Usina Hidrelétrica de Porto Primavera.	17
Figura 4 - Interface do Software SPRING 5.5.0	19
Figura 5 - Leitura de pixels através do software SPRING 5.5.0.	20
Figura 6 – Composição colorida 2B3R4G do sensor CCD.	21
Figura 7 - Composição colorida 2B3G4R sensor LISS3.	22
Figura 8 A e B – Representação qualitativa da água nos de 2004 e 2005, respectivamente.	23
Figura 9 A e B - Representação qualitativa da água nos de 2006 e 2007, respectivamente.	24
Figura 10 A e B - Representação qualitativa da água nos anos de 2008 e 2009, respectivamente.	25
Figura 11 A e B - Ano 2010 (CBERS 2B/CCD) e Ano 2012 (Resourcesat 1/LISS3), respectivamente.	26
Figura 12 A e B - Representação qualitativa da água nos anos de 2013 e 2014, respectivamente.	27
Figura 13 A e B - Representação qualitativa da água nos anos de 2015 e 2016, respectivamente.	28
Figura 14 - Representação qualitativa da água no ano de 2017.	28

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1.1	Objetivo Geral.....	4
1.1.2	Objetivos Específicos.....	4
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1.	<i>CONTEXTUALIZAÇÃO SOCIO AMBIENTAL DA BACIA DO RIO PARANÁ E DA UHE DE PORTO PRIMAVERA.</i>	5
2.2	<i>APA IVPAV – ÁREA DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL DAS ILHAS E VÁRZEAS DO RIO PARANÁ</i>	7
2.3	<i>SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG's)</i>	9
2.4	<i>ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO</i>	13
2.5	<i>RESPOSTA ESPECTRAL DA ÁGUA</i>	14
3	METODOLOGIA	16
3.1	<i>ÁREA DE ESTUDO</i>	16
3.2	<i>AQUISIÇÃO DAS IMAGENS</i>	17
3.3	<i>PROCESSAMENTO DOS DADOS</i>	19
4	RESULTADOS E DISCUSÃO	21
5	CONCLUSÃO	30
	REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

Os estudos geomorfológicos têm uma importância reconhecida por obter informações relevantes para o planejamento territorial. Essa importância refere-se não exclusivamente ao homem e sua apropriação do território, mas também aos fatores naturais, à vida das espécies vegetais e animais e ao desenvolvimento da paisagem. Dentre as divisões da Geomorfologia a Geomorfologia Fluvial ocupa um lugar de destaque por conta do seu caráter condicionante da própria vida humana. A atuação fluvial, modificando a dinâmica dos rios e ajustando as formas do relevo, determinou, por exemplo, os lugares de ocupação das civilizações antigas.

Dentro deste contexto as planícies de inundação são formas oriundas da ação fluvial e podem ter significados diferentes de acordo com a abordagem do estudo. Christofolletti (1980) traz algumas definições para planícies de inundação, onde topograficamente, pode-se dizer que planície se constitui em uma superfície relativamente uniforme, próxima ao rio; hidrologicamente é compreendida como uma superfície sujeita a inundação periódica; geologicamente, é a área do vale fluvial recoberta com materiais depositados pelas cheias; geomorfologicamente tem-se como uma forma de terreno mesclada de material inconsolidado depositado pelo rio em épocas diferentes. Outros elementos dentro dos estudos de geomorfológicos são os canais fluviais, importantes para a atividade humana já que são empregados como meio de transporte, fontes de energia hidrelétrica, de água potável, como também ajudam a suprir recursos alimentares por meio da pesca e da água para irrigação. Vale ressaltar que em certos locais a existência de terras férteis em planícies de inundação localizadas nas margens dos rios permite também o cultivo em larga escala. Porém, o uso da calha fluvial expõe as pessoas a algumas implicações dos eventos extremos relacionados aos rios, tais como as inundações ou os períodos de estiagem prolongados.

Portanto, estudos de caráter hidrológicos e geomorfológicos de canais fluviais são necessários para análise e compreensão de um grande número de problemas como abastecimento, navegação, controle de cheias, recreação, etc., como também de aceitar o entendimento de processos erosivos, de transporte, de evolução, entre outros. Nesse contexto, o rio Paraná, cuja a relevância é definida pela sua abrangência, conhecido como o décimo maior rio do mundo e mais importante

sistema fluvial do centro-sul brasileiro, indica a prática de estudos que visem o conhecimento de processos como remoção, transporte e deposição de partículas sedimentares a fim de que se possam avaliar características da bacia fluvial em questão. Mesmo tendo estudos que discutem as alterações e os impactos motivados pelas construções de barragens no rio Paraná, muitas dessas pesquisas são pontuais e dificultam a análise em escala abrangente, o que impossibilita, por exemplo, os prognósticos regionais.

É difícil saber o número de barragens existentes na bacia hidrográfica do rio Paraná, pelo fato da existência de uma série de pequenas barragens construídas para diferentes fins. Entretanto, sabe-se que aproximadamente 60 hidrelétricas controlam o sistema de drenagem principal. Esta situação torna a bacia hidrográfica do rio Paraná a bacia que possui mais barragens na América do Sul. Levando em conta a importância da bacia hidrográfica do rio Paraná, e a quantidade de usinas hidrelétricas que nela se instala, acabam por existir muitos impactos envolvidos com isto e podem estar ligados a três principais grupos: extração de recursos naturais, exploração agropecuária e principalmente barramentos artificiais de água. Dentre as usinas hidrelétricas uma de grande importância é a do estudo em questão. Mesmo que os seus impactos sejam relativamente recentes, pois sua construção se deu em 1979.

Portanto, as imagens orbitais e a possibilidade de trabalho com banco de dados georreferenciados se tornaram importantes ferramentas na interpretação e compreensão das dinâmicas espaciais. Pode-se empregar os produtos gerados por sensores remotos na interpretação de dinâmicas fluviais, por meio, por exemplo, da obtenção de dados de satélites. Com o objetivo de avaliar e intercorrelacionar os dados espectrais fornecidos nas cenas orbitais com os dados de campo, em busca de um entendimento da dinâmica e de possíveis alterações sedimentológicas, hidrológicas e geomorfológicas na área que abrange o canal fluvial. Além disso pode-se demonstrar se os dados obtidos via sensores remotos são propícios ou não para algumas análises fluviais.

O estudo é justificado diante das ferramentas de pesquisa como Sistemas de Informações Geográficas e sensoriamento remoto, nos quais são de extrema importância, pois facilitam a compreensão de processos que acontecem tanto no reservatório como no canal fluvial e áreas continentais, podendo contribuir em futuros planos de gerenciamento e/ou monitoramento de algumas variáveis

hidrológicas e/ou geomorfológicas do rio Paraná. O alto rio Paraná possui seu segmento superior barrado pelas usinas hidrelétricas Jupia e Porto Primavera, e a parte inferior represada pela usina hidrelétrica de Itaipu.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar o comportamento espectral multitemporal da água na planície de inundação do rio Paraná a jusante da construção da barragem da Usina de Porto Primavera, São Paulo.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Identificar qualitativamente a área de inundação da Usina Porto Primavera, com imagens dos satélites CBERS 2, 2B, CBERS 4 e Resourcesat 1, em series temporais do ano de 2004 a 2017.
- Validar a faixa do espectro do Infravermelho Próximo (IVP) em imagens dos sensores CDD – CBERS 2 e 2B, MUX – CBERS 4 e sensor LISS3 do Resourcesat 1 no reconhecimento da água (reflectância e/ou absorção de energia).
- Monitorar a diferenciação do clima da estação Primavera, conforme o comportamento espectral da água.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. CONTEXTUALIZAÇÃO SOCIOAMBIENTAL DA BACIA DO RIO PARANÁ E DA UHE DE PORTO PRIMAVERA.

O rio Paraná, onde se localiza a Usina Hidrelétrica (UHE) Porto Primavera, é principal rio da Bacia do Prata, nasce da confluência dos rios Grande e Paranaíba, os dois com suas nascentes no Estado de Minas Gerais, é o décimo maior rio do mundo em descarga e o quarto em área de drenagem. De sua nascente até a sua foz, no estuário da Prata, próximo a Buenos Aires, Argentina, o rio Paraná percorre cerca de 3.780 km, e sua bacia de drenagem ocupa todo o centro-sul da América do Sul, estendendo-se dos Andes até a Serra do Mar (AGOSTINHO; ZALEWSKI, 1996). O vale aluvial do rio Paraná é dividido ainda em três principais partes: o alto curso vai de sua nascente até a Usina Hidrelétrica de Itaipu, próximo a Foz do Iguaçu, Paraná; o médio curso ao longo dos limites entre Paraguai e Argentina; e o baixo curso, desde a confluência do rio Paraguai até o estuário do rio da Prata (STEVAUX, 1994).

O trecho superior do rio Paraná localiza-se totalmente em território brasileiro e drena uma área de 891.000 km² (cerca de 10,5% do país) (ROCHA, 2002), com uma declividade média de 0,18 m/km. O alto Paraná, no trecho a partir de Três Lagoas (MS), apresenta uma ampla planície alagável que pode chegar a 20 km de largura estendendo-se por cerca de 480 km, principalmente em sua margem direita (AGOSTINHO; ZALEWSKI, 1996). O alto curso do rio Paraná tem seu regime hidrológico bastante modificado por conta da construção de seguidas barragens no período entre meados da década de 1960 e 2000. As barragens existentes no próprio rio e em seus afluentes são responsáveis pelo controle da descarga fluvial, aonde está localizada a planície de inundação do presente estudo (SOUZA FILHO et. al. 2004). Neste panorama pode-se afirmar que o alto curso do rio Paraná possui impedimentos físicos, comumente chamados de barragens, com exceção do trecho entre a foz do rio Paranapanema e a cidade de Guaíra, no Paraná, onde o rio está em condições naturais (SOUZA FILHO; STEVAUX, 2004).

Considerando seu padrão de drenagem, o rio Paraná oferece características particulares. Para Stevaux (1994), no trecho entre a foz do Paranapanema e a

cidade de Guaíra, o rio proporciona um padrão de canal entrelaçado, entretanto uma análise mais detalhada apresenta que o canal tem um padrão misto, sendo que o canal principal tem um padrão entrelaçado, porém os canais secundários na margem direita são anastomosados (SOUZA FILHO, 1993, 1994). A parte que está compreendida entre a barragem de Porto Primavera e o remanso de Itaipu é o único trecho em que o rio ainda corre livre, o que permite a observação de extensos depósitos sob a forma de ilhas, barras, planície de inundação e terraços que não foram perdidos com as barragens (SOUZA FILHO, 1993).

Contudo os impactos mais expressivos são aqueles relacionados à construção de barragens no canal principal do Rio Paraná, que modificam o regime hidrológico do rio nesta área. Agostinho e Zalewski (1996) afirmam que a construção destas atividades altera as vazões do canal, diminuindo as médias mínimas e aumentando as máximas. Conseqüentemente com essas alterações ocorrem os seguintes problemas: limitações na rota de migração dos peixes anádromos pela barreira física representada pela barragem; mortalidade de formas juvenis nas lagoas mais rasas da planície; diminuição dos criadouros naturais pelo alagamento a montante da barragem e atenuação dos extremos hidrológicos à jusante. As modificações físico-biológicas e socioeconômicas causadas devido a construção de um reservatório são inevitáveis e diretamente proporcionais ao tamanho do empreendimento e à dimensão do canal, que com o tempo buscará uma nova condição de estabilidade frente às alterações sofridas (BRANDT, 2000).

A área de estudo faz parte da zona de transição entre a Floresta Estacional Semidecidual Submontana presente no estado do Paraná e o “cerrado” característicos do estado do Mato Grosso do Sul e do sudoeste do estado de São Paulo (SOUZA; STEVAUX, 2004). É considerada uma área de rica diversidade vegetal e alta Tensão Ecológica definido pelo contato entre espécies da Floresta Estacional e de cerrado diretamente influenciadas pelos períodos de inundação e estiagem (COMUNELLO, 2001). A bacia hidrográfica do rio Paraná, à jusante da UHE Porto Primavera apresenta um sistema climático de transição em virtude de sua posição latitudinal e sua localização periférica em relação à circulação tropical (OLIVEIRA, 2004). Com relação ao clima, é subquente e varia entre Tropical Úmido com 1 a 2 meses secos (rio Paraná, baixo Ivaí e Paranapanema) e Tropical Super Úmido com sub-seca (baixo Piquiri, médio Ivaí e Paranapanema). Apresenta temperatura média anual superior a 20° e precipitações maiores que 1.500 mm/ano.

De acordo com a classificação de Koeppen, o clima local é definido por pluvial temperado sempre úmido e com mês seco respectivamente (SOUZA FILHO, 1993).

A Usina Hidrelétrica Porto Primavera iniciou sua construção em 1979, um ano marcado pelo início da segunda crise internacional do petróleo. Confirmando o discurso do governo sobre investir em energia própria e como opção à energia fóssil, estava a oferta de bancos e de outras instituições financeiras internacionais de empréstimos aos países “em vias de desenvolvimento” e importadores de petróleo, entre os quais encontrava-se o Brasil. Decisão que fez com que o endividamento público do país aumentasse de forma drástica, em grande parte dirigido para o setor de energia elétrica (SCARPINELLA, 1999). No início da construção, e mesmo do projeto principal da obra (1978), não havia, na época uma exigência de ter o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) para o licenciamento ambiental, só constituído pela Lei 6.938/1981 e mais tarde regulamentado pela Resolução CONAMA 001, de 23/01/1986. A consciência ambiental também era iniciante, e começa a desenvolver-se mais expressivamente ao longo da década 19 (SCARPINELLA, 1999). A área de inundação, compreendendo a superfície a ser inundada pelo reservatório que se determina pela constância do nível d'água na cota 259m. No caso de Porto Primavera, evidenciando que o enchimento do reservatório seria feito em diversas fases. O prazo previsto para o desvio do rio na fase inicial era de 43 meses e inundaria 650 km² e para a segunda fase, de 15 meses, inundando mais 950 km² e finalmente para o enchimento, 3 meses, quando seriam inundados 2.668 km². Desse total 473 km² seriam de rios, lagos e ilhas e os restantes 2.195 km² seriam de terras efetivamente inundadas (CESP, 1980).

2.2 APA IVPAV – ÁREA DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL DAS ILHAS E VÁRZEAS DO RIO PARANÁ

A área de estudo faz parte da Área de Proteção Ambiental das Ilhas e Várzeas do rio Paraná (APA IVAP) (Figura 1) possui uma área de 10.030 km², nos Estados do Paraná, Mato Grosso do Sul, e São Paulo.

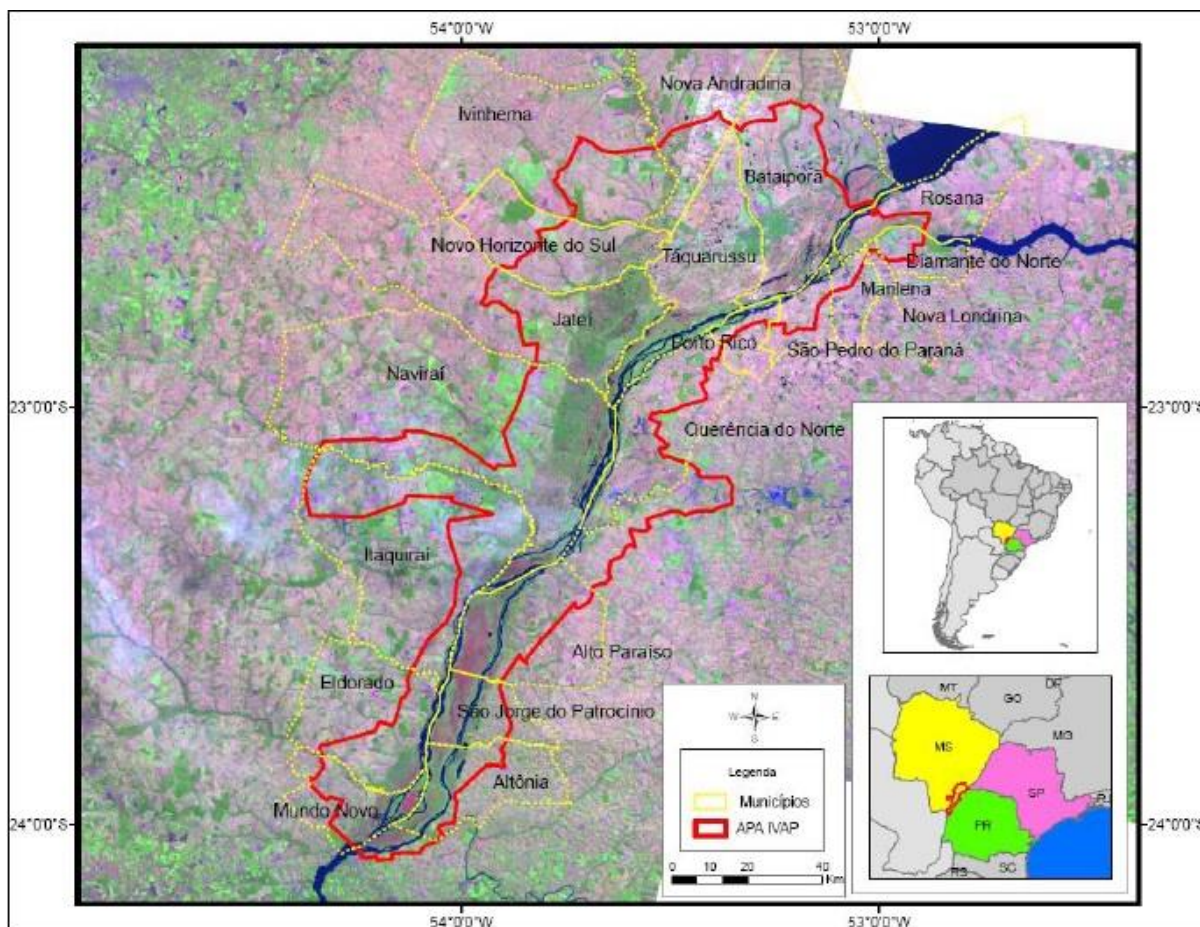


Figura 1 - Localização da APA das Ilhas e Várzeas do rio Paraná.
Fonte – Adaptação de Moraes 2011.

Segundo Moraes (2011) a APA IVAP foi fundada em 30 de setembro de 1997, e tem como objetivo proteger as áreas circunvinhas e as ilhas do rio Paraná, além de se adaptar como zona de amortecimento para o Parque Nacional de Ilha Grande. Esta área de proteção comporta também a Estação Ecológica de Caiuá e o Parque Estadual das Várzeas do Rio Ivinhema.

O artigo 15º da Lei 9.985/00 do Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC apresenta Áreas de Proteção Ambiental como:

“Área em geral extensa, constituída por terras públicas ou privadas, com certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas”.

Tendo como objetivos fundamentais doutrinar o processo de ocupação, preservar a diversidade biológica, e garantir a sustentabilidade do uso dos recursos naturais.

2.3 SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG's)

O uso do Sensoriamento Remoto em apoio aos estudos hidrológicos já se tornou comum, como, por exemplo, o uso de imagens para mapear, delinear e estimar profundidade de corpos d'água; verificar e controlar a qualidade da água; mensurar a turbidez e a concentração de sedimentos em suspensão, detectar e classificar plantas aquáticas, com base nos valores de reflectância da água extraídos dessas imagens. As vantagens do uso de imagens de sensores orbitais para realização de estudos de corpos d'água são: diminuição dos custos envolvidos; rapidez e constância de acesso aos dados; possibilita uma cobertura espacial mais ampla permitindo analisar mais facilmente os relacionamentos de um corpo d'água com outros elementos presentes ou ausentes na região estudada.

Os significados de sensoriamento remoto encontrados na literatura se modificam pouco. Para Barret; Curtis (1992), é a ciência da observação a distância, já para Novo (1992), é o emprego de sensores para obtenção de informações sobre elementos ou fenômenos sem que haja contato direto entre eles. Para Lillesand e Kiefer (1994) é a ciência e a arte de arranjar informações sobre um elemento, área ou fenômeno por meio da análise de dados adquiridos por um aparelho que não esteja em contato com o elemento, área ou fenômeno sob averiguação. Assim, afirma-se ainda que este conhecimento trata fundamentalmente da interação (ou geração) da radiação eletromagnética com os múltiplos materiais ou fenômenos (ALMEIDA, 1999). O termo técnico em inglês "Remote Sensing" apareceu no grupo científico internacional apenas em 1960. A partir deste termo, deu-se origem ao termo Sensoriamento Remoto (SR), referente ao conhecimento que, num sentido amplo, sintetiza as vontades do homem pela extensão dos seus limites, principalmente no que diz respeito à observação e análise dos fenômenos que o envolvem. De acordo com Barret e Curtis (1992).

De acordo com Zanardi (2006) na última década do século XX, caracterizada por avanços consideráveis na área de Sensoriamento Remoto, foram criados e lançados, tanto por plataformas de programas espaciais já presentes como por projetos originais, sensores de alta atuação no que se refere às resoluções espacial, espectral, radiométrica e temporal. Com as plataformas orbitais, esses novos sensores surgiram para complementar o registro dos recursos naturais e do meio

ambiente, desde a proporção regional até o nível de detalhe. Segundo LIU (2015) a evolução do procedimento de sensoriamento remoto via satélite pode ser separado em duas épocas: uma antes do lançamento do primeiro satélite pelos Russos em 04 de outubro de 1957, em que a metodologia de fotografia área era a única técnica e posteriormente a essa data os vários sensores satélites foram desenvolvidos com o acelerado avanço do programa espacial. A ideia de produzir uma máquina fotográfica foi originada por um experimento chamado “Câmera Obscura”, conduzido por Aristóteles cerca de 2.300 anos atrás. Os satélites de acompanhamento de recursos ambientais, tais como a série Landsat e SPOT são propostos a monitorar os recursos naturais do planeta Terra. Desde 1972, foram lançados vários satélites, mas um dos satélites da série Landsat, o Landsat 6 não foi lançado com sucesso (LIU, 2015).

A pesquisa espacial no Brasil surgiu com a criação do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em agosto de 1961 pelo presidente Jânio Quadros. Era o período de grande visibilidade internacional sobre a questão espacial (CÂMARA, 2011). Esta busca pela eficácia na obtenção de dados, juntamente com a necessidade de autonomia no acompanhamento de recursos terrestres, procedeu em uma sociedade entre os governos do Brasil e da China. Acordado em 1988, o programa de cooperação China-Brasil, CBERS (China-Brazilian Earth Resources Satellite), lançou o primeiro satélite conhecido como CBERS-1 em 1999, e o segundo (CBERS-2) em 2003, houve também o lançamento de mais três: o CBERS-2b (2006), o CBERS-3 (2008) e o CBERS-4 (2010). Com três sensores acoplados, os CBERS lançados armazenam cenas em diferentes resoluções espaciais, temporais e espectrais, atendendo a necessidades análogas de ambos os países nas áreas de gerenciamento de recursos terrestres, vigilância de florestas, hidrologia, geologia e mapeamento de áreas de difícil acesso em várias escalas, além da adesão de um moderno sistema de monitoramento ambiental (ZANARDI, 2006).

Segundo o Department of Space Indian Space Research Organisation (ISRO) (2016) o primeiro lançamento de satélite de sensoriamento remoto pela Índia foi em 1988 com o IRS-1A. Atualmente o Departamento Indiano conta com 6 satélites operando com o intuito de monitorar o clima e o meio ambiente, dois desses também possuem o objetivo de auxiliar o sistema de gestão de desastres indiano, e outros

três possuem a aplicação de observação terrestre. Com este intuito único existem 27 satélites atualmente, dos quais três são experimentais. Um dos satélites exclusivos para a observação terrestre é chamado de Resourcesat-1 (ISR-P6), foi lançado em 17 de outubro de 2003 com o objetivo de continuar os serviços de captação de dados de sensoriamento remoto fornecido pelos seus antecessores, além disso visa também melhorar a qualidade dos dados, sendo o satélite mais avançado construído pela ISRO em 2003. Apesar de possuir uma vida útil de apenas 5 anos ainda se encontra em pleno funcionamento. Possui órbita hélio-síncrona, que significa que viaja do polo norte para o polo sul sempre com plano de órbita fixo para um observador que esteja postado no Sol. Os dados obtidos a partir desses satélites são utilizados para diversas aplicações, abrangendo a agricultura, recursos hídricos, planejamento urbano, desenvolvimento rural, prospecção mineral, ambiente, florestal, os recursos do oceano e gestão de desastres.

O satélite possui três tipos de sensores, um sensor de resolução espacial considerada moderada, 56m, chamado de AWiFS (Advanced Wide Field Sensor), um sensor de resolução espacial média, 23,5m, chamado de LISS-III (Medium Resolution Linear Imaging SelfScanner) e um sensor de alta resolução espacial, 5,8m, chamado de LISS-IV (High Resolution Linear Imaging SelfScanner). (USGS, 2013).

Um Sistema de Informações Geográficas (SIG), pode ser denominado como um sistema computacional, possuindo ferramentas para manipulação, modificação, armazenamento, visualização, análise e modelagem de dados georreferenciados, apontado para geração de informação, constituindo-se numa significativa ferramenta de suporte à decisão (CÂMARA, 1995; STAR; ESTES, 1990; BONHAM-CARTER; 1996). Há amplas áreas de aplicações para os SIG's, incluindo meio ambiente, agricultura e urbanismo, tendo pelo menos três maneiras, não excludentes, deles serem utilizados (Câmara, 1995):

- Como instrumento para geração de mapas,
- Como suporte para análise espacial de fenômenos e
- Como banco de dados geográficos, com aplicações de armazenamento e recuperação da informação espacial.

Para Star; Estes (1990), os sistemas de informações geográficas (SIG's) atuam como meio para a associação de dados espaciais adquiridos em tempos

diferentes, e em distintas escalas e formatos. Câmara (1995) aponta que a estrutura geral de um SIG é formada de interface com o usuário, entrada e integração de dados, funções de processamento gráfico e de imagens, visualização e plotagem, e armazenamento e recuperação de dados. Os dados geográficos apresentam localização espacial (estabelecida pelas coordenadas geográficas) e propriedades descritivas (que podem ser apresentadas num banco de dados convencional), visto que os SIG's servem para localizar esses dados no espaço, e para demonstrar a relação espacial entre eles (Câmara, 1995). Segundo Zanardi (2006) as radiações do espectro visível e do infravermelho podem ser notadas pelos sistemas passivos do sensoriamento remoto com procedimentos fotográficos, de vídeo e de varredura (scanners). Esses sistemas anotam a radiação eletromagnética que é refletida ou emitida pelos objetos terrestres.

Por fim, segundo Hayakawa (2007) na fração a jusante da atual UHE Porto Primavera a mais de 15 anos são realizados estudos sistemáticos em várias áreas de conhecimento referentes às ciências ambientais, inferindo por conseguintes estudos geomorfológicos e hidrológicos antes e pós barramento da UHE o que contribuiu para a formação de um amplo banco de dados. Porém, o emprego de imagens orbitais na análise de variáveis geomorfológicas e hidrológicas no rio Paraná ainda são escassos. Estudos antecedentes não contavam com o comportamento espectral dos objetos sensorizados, pois se dava mais ênfase e mais importância para a cartografia temática, todavia, cooperaram significativamente para disseminação e utilização das imagens orbitais.

2.4 ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

Caracteriza-se espectro eletromagnético as regiões espectrais da Radiação Eletromagnética (REM) conhecidas pelo homem. O espectro eletromagnético conhecido compreende dos comprimentos de onda dos raios cósmicos aos comprimentos de corrente alternada emitidos pelas redes de alta tensão. A faixa de comprimento de onda da REM é ilimitada. Existem estrelas que emitem radiações eletromagnéticas com máximo de irradiância em comprimentos de onda do raio-X e outras, como o Sol, que emitem seu máximo de radiação eletromagnética no visível (MENESES; ALMEIDA, 2012). De acordo com Meneses e Almeida 2012, a partir desse conhecimento, foi proposto a divisão do espectro eletromagnético. A Tabela 1 apresenta a divisão que é a mais aceita no sensoriamento remoto. Não são limites duramente precisos, sendo comum depararmos na literatura pequenas diferenças de limites dos intervalos espectrais. As faixas espectrais em negrito são as mais utilizadas em sensoriamento remoto.

Tabela 1 – Faixas espectrais e seus comprimentos de onda

Intervalo Espectral	Comprimento de Onda
Raios cósmicos	0,01 A°
Raios gama	0,01 – 0,1 A°
Raios X	0,1 – 10 A°
Ultravioleta	100nm – 0,38µm
Visível	0,38 – 0,76 µm
Infravermelho Próximo	0,76 – 1,2 µm
Infravermelho de ondas curtas	1,2 – 3,0 µm
Infravermelho médio	3,0 – 5,0 µm
Infravermelho termal	5,0 µm – 1 mm
Micro-ondas	1 mm – 100 cm
Rádio	1 m – 10 km
Áudio	10 – 100 km
Corrente alternada	> 100 km

Obs.: A° = 10⁻¹⁰ m; nm = 10⁻⁹ m; µm = 10⁻⁶ m

Fonte – Adaptado de Meneses e Almeida (2012)

A faixa que compreende o Infravermelho Próximo e Médio (0,76 – 5,0 µm) é uma região do espectro solar onde a atmosfera é bastante transparente, apesar

disso ocorrem algumas bandas de absorções, impossibilitando que todo o intervalo possa ser continuamente utilizado por sensoriamento remoto (MENESES; ALMEIDA, 2012). Nesta faixa os corpos de água absorvem muita energia, resultando em tons mais escuros de cinza na imagem, permitindo um melhor mapeamento da rede de drenagem e delineamento dos recursos hídricos. A vegetação verde, densa e uniforme, diferentemente dos cursos d'água, reflete muita energia nesta banda, resultando em tons mais claros de cinza, permitindo uma melhor visualização do contraste nas imagens (INPE, 2017).

2.5 RESPOSTA ESPECTRAL DA ÁGUA

Encontrada na natureza em três estados físicos, a água apresenta comportamento espectral totalmente diferenciado. O comportamento espectral da água líquida pura apresenta baixa reflectância (menor que 10%) na faixa compreendida entre 0,38 e 0,7 μm e máxima absorção acima de 0,7 μm , onde estão compreendidas as faixas do Infravermelho Próximo e Médio. Essa alta absorbância facilita o mapeamento de corpos d'água a partir da informação espectral do infravermelho onde a reflectância é praticamente nula, o que auxilia na discriminação da água de outros elementos pois a água se apresenta muito escura, quase negra, especialmente quando o corpo de água é profundo e livre de materiais dissolvidos e/ou suspensos (CENTENO, 2003).

Segundo Novo (2001) no caso do comportamento espectral da água, é definida por conter baixos valores de radiância. Somente uma pequena parte da radiância medida pelo sensor apresenta dados sobre a água propriamente dita especialmente na faixa espectral que compreende a radiação fotossinteticamente ativa. A representação de um corpo d'água em uma imagem orbital deriva da soma de quatro diferentes fluxos de radiação: pela reflexão do fluxo de radiação direta do Sol que atinge a superfície d'água; pela reflexão do fluxo de radiação difusa que atinge a superfície d'água; pelo fluxo espalhado pela atmosfera e pelo fluxo que é espalhado no interior do volume de água, é refletido pelo fundo e emerge da coluna d'água após atravessar a interface água/ar. Apenas o último proporciona informações do corpo d'água e seus constituintes na presença dos demais.

3 METODOLOGIA

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O trecho da planície de inundação em que se desenvolveu esta pesquisa (Figura 2), está localizada no alto curso do rio Paraná, entre o Noroeste Paranaense e o Sudeste Sul-Mato-Grossense, e ao norte a área limita-se com o Estado de São Paulo.

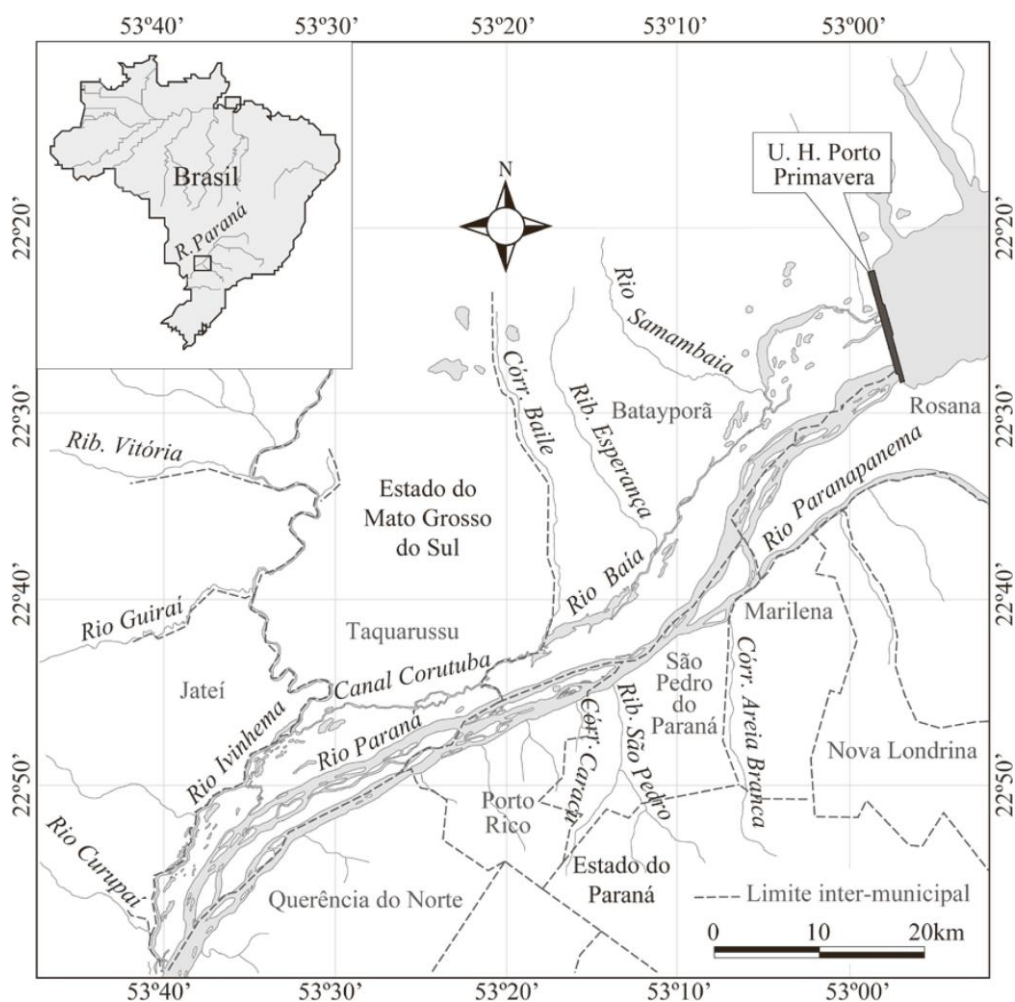


Figura 2 - Localização da área estudada e seus entornos.

Fonte - IBGE. Diretoria de Geodésia de Cartografia. Carta do Brasil - Loanda (PR). Folha SF.22-Y-A MIR 484

A área de inundação está situada a jusante da barragem da Usina Hidrelétrica Engenheiro Sérgio Motta, também chamada de Usina Hidrelétrica Porto Primavera. Esta área localiza-se mais precisamente na região de Porto Rico, e

compreende a área situada na margem esquerda do rio Paraná, entre a foz do Rio Paranapanema e a primeira foz do Rio Ivinhema (Canal Ipoitã) (Figura 3). As localidades mais próximas são a cidade de Porto Rico e o distrito de Porto São José, do lado paranaense, do lado sul-mato-grossense as comunidades distanciam-se mais de 15 km da margem do rio (SOUZA FILHO; STEVAUX, 2004).

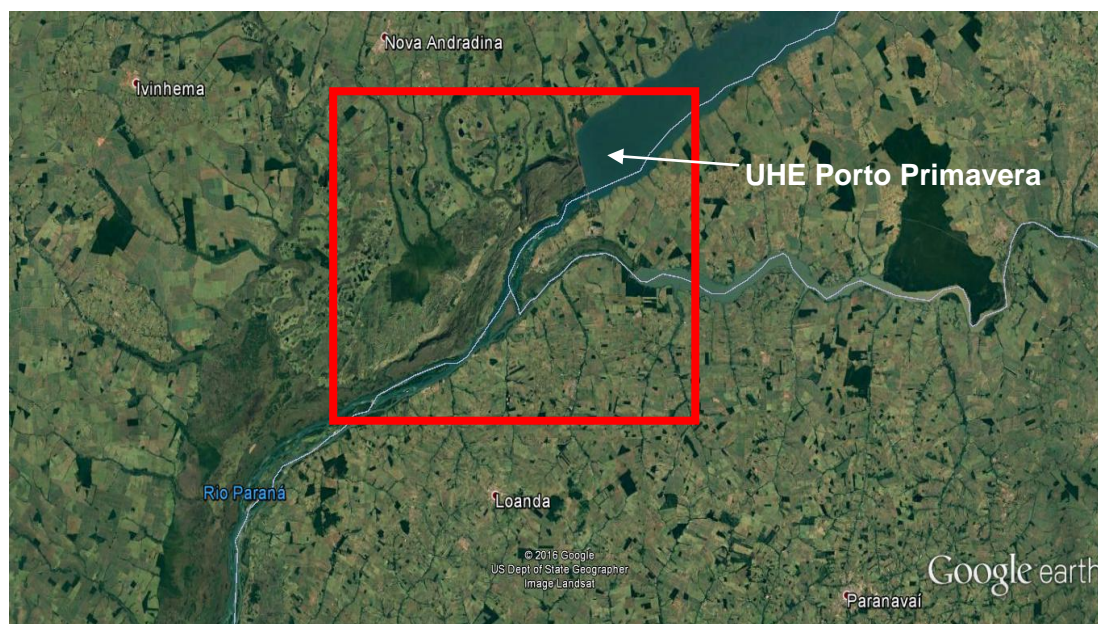


Figura 3 -Barragem e planície de inundação da Usina Hidrelétrica de Porto Primavera. Fonte – Google Earth (2017).

O conhecimento atual a respeito da evolução da Planície de Inundação do Alto Rio Paraná, mostra que a origem da mesma teria sido em função de mudanças climáticas ocorridas no quaternário, que fez com que o Rio Paraná mudasse seu padrão de canal de anastomosado para entrelaçado, nesse processo o rio foi abandonando seu antigo leito e migrando para o lado esquerdo, deixando abandonada uma série de canais e ilhas. Assim a superfície descontínua apresentada pela planície é o resultado de todo esse processo (SOUZA FILHO; STEVAUX, 1997).

3.2 AQUISIÇÃO DAS IMAGENS

Com relação ao período analisado, foram obtidas imagens de satélites junto ao banco de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, disponibilizado gratuitamente para download em seu site (www.inpe.br),

correspondentes aos anos de 2004 a 2017, essas datas foram escolhidas pois os satélites utilizados catalogaram imagens neste período de tempo. A produção do material cartográfico teve como base as imagens dos seguintes satélites CBERS 2 (2004 a 2007) e CBERS 2B (2008 a 2010), com câmeras dos sensores CCD, órbita/ponto 161/125 e; CBERS 4 (2015 a 2017) o qual emprega câmera MUX; e Resourcesat 1 (2011 a 2014), câmera do sensor LISS3 - órbita/ponto 324/095. Para atingir a precisão desejada, as imagens foram registradas na grade de coordenadas Latlong. Para a utilização das imagens do satélite CBERS 4 foi necessária a produção de um mosaico das camadas 161/125, 161/126, 162/125, 162/126. Utilizou-se as imagens do Resourcesat 1 para os anos de 2011 a 2014, pois os satélites CBERS não apresentam essas imagens em seu catálogo.

Foram utilizados estes satélites por eles apresentarem resolução espacial muito próximas, sendo a do CBERS 2, 2B e 4, de 20 metros e a do Resourcesat 1 de 24 metros. Os satélites CBERS possuem resolução radiométrica de 8 bits com intervalos dos níveis digitais de cinza de 0 a 255, já o Resourcesat 1 possui resolução radiométrica de 7 bits, possuindo os intervalos de níveis digitais de cinza de 0 a 127. Os sensores destes satélites possuem intervalos espectrais de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2 - Sensores e seus respectivos intervalos espectrais

Satélites	Sensores	Bandas Espectrais	Resoluções
CBERS 2 e 2B	Câmera CCD	0,51 - 0,73 μm (pan) 0,45 - 0,52 μm (azul) 0,52 - 0,59 μm (verde) 0,63 - 0,69 μm (vermelho) 0,77 - 0,89 μm (Infravermelho Próximo)	8 bits – 0 a 255 NC (Radiométrica) 20 metros (Espacial)
CBERS 4	MUX	0,45 - 0,52 μm (azul) 0,52 - 0,59 μm (verde) 0,63 - 0,69 μm (vermelho) 0,77 - 0,89 μm (Infravermelho Próximo)	
Resourcesat 1	LISS 3	0,52-0,59 μm (verde) 0,62-0,68 μm (vermelho) 0,77-0,86 μm (Infravermelho Próximo) 1,55-1,70 μm (Infravermelho Médio)	7 bits – 0 a 127 NC (Radiométrica) 24 metros (Espacial)

As imagens foram obtidas dentre o mês de dezembro de cada ano, representando a estação da primavera, no caso do ano de 2017 as imagens obtidas levaram em consideração o mês de janeiro, caracterizado como estação de verão.

3.3 PROCESSAMENTO DOS DADOS

A banda espectral utilizada no presente trabalho foi a banda do Infravermelho Próximo – IVP, pois é esta banda do espectro que dá mais intensidade para a água, sendo a banda 4 tanto para os satélites CBERS 2 e 2B quanto para o Resourcesat 1, foi utilizado a banda 8 somente para o CBERS 4, pois nesse satélite esta é a banda que corresponde ao Infravermelho Próximo.

A delimitação da área e a produção de material cartográfico digital e tratamento digital de imagens de sensoriamento remoto foram realizados no software SPRING 5.5.0 (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) (Figura 4), disponibilizado gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Neste software é feito a elaboração de um Banco de Dados, Projeto, importação e realce das bandas 2,3 e 4 do CBERS e 2,3 e 4 do Resourcesat 1, para interpretação visual da planície.

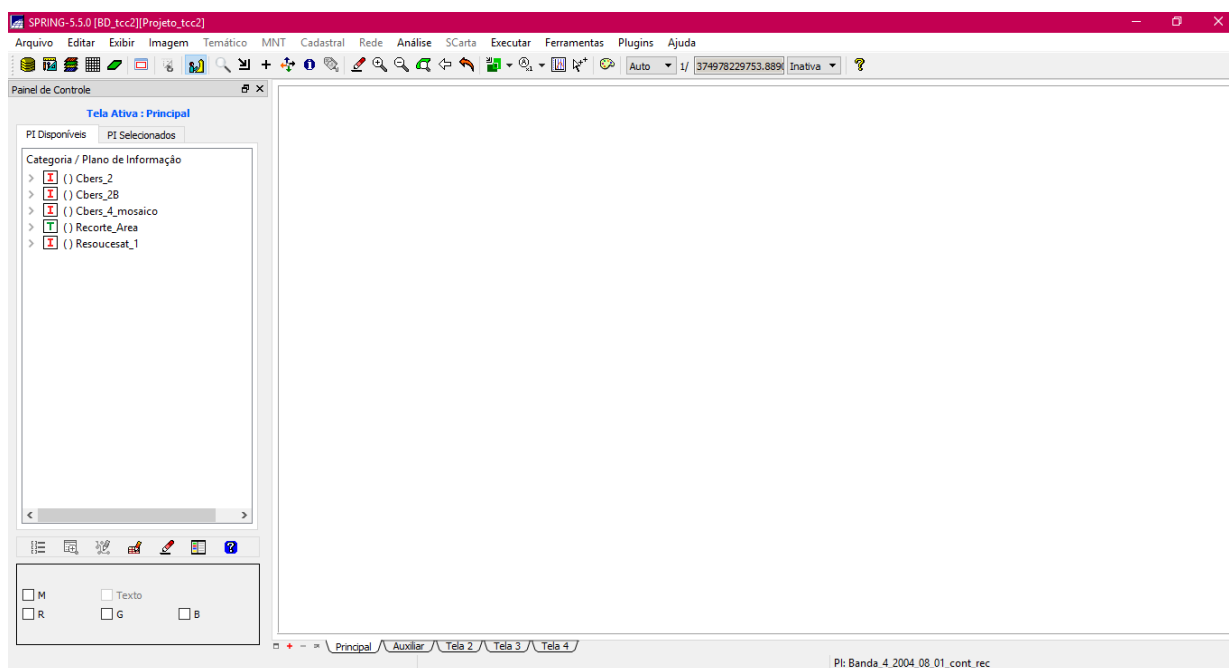


Figura 4 - Interface do Software SPRING 5.5.0

Após o contraste das imagens, foi realizado a criação de um polígono recordando somente a área utilizada para o estudo e então procedido a uma leitura de pixels da água na imagem, na faixa do Infravermelho Próximo, após a leitura foi elaborado então um novo remapeamento de cores, somente na cor azulada, que tem por finalidade representar a água, havendo o destaque somente desses pontos

de leitura de pixels (Figura 5). Lembrando que água tem alta absorção de energia nesta faixa do espectro e por isso quanto mais próximo do zero (0) mais fácil identificar a água.

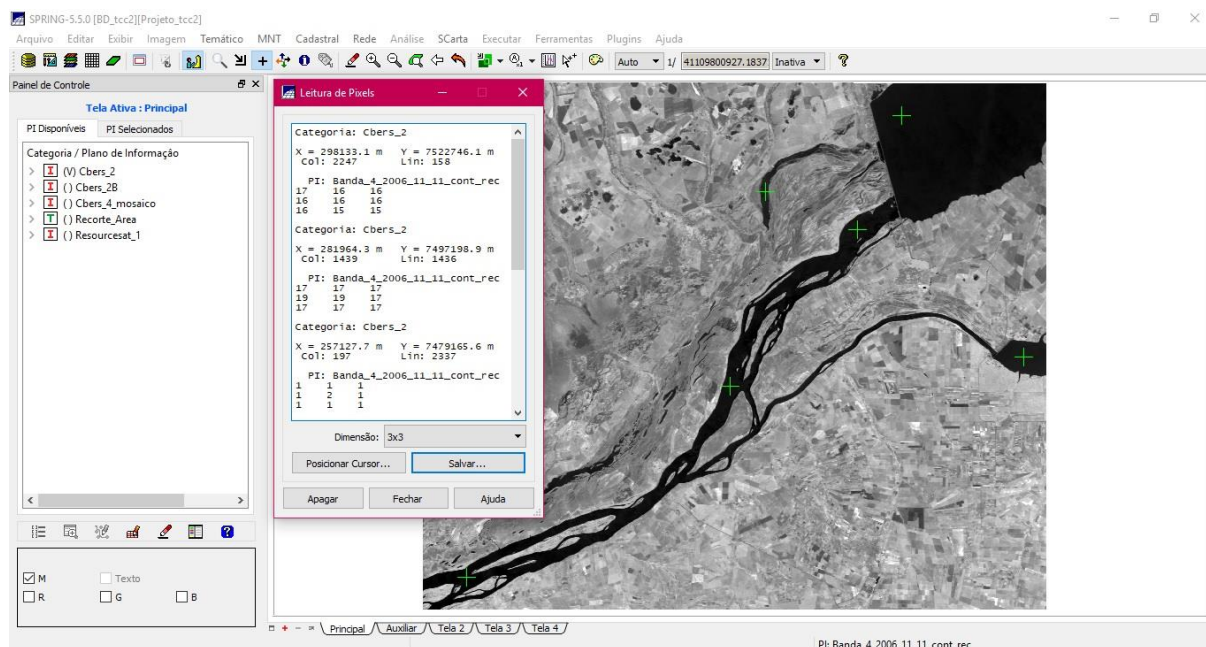


Figura 5 - Leitura de pixels no software SPRING 5.5.0.

4 RESULTADOS E DISCUSÃO

Os mapeamentos temáticos em geoprocessamento usualmente se remetem a composições coloridas com diferentes faixas do espectro eletromagnético, onde se dá mais preferência as faixas do infravermelho do que as do visível. Normalmente a composição em três bandas é utilizada para mapeamentos do uso e cobertura do solo, e se remetem a duas imagens do IVP e uma do visível, ou duas do visível e uma do IVP. Como os sensores CCD e MUX dos CBERS e LISS3 do Resourcesat 1 atuam em uma faixa do IVP, o mapeamento da água e da vegetação podem ser melhor discriminados, como observado nas Figura 6 e 7.



Figura 6 – Composição colorida 2B3R4G do sensor CCD.



Figura 7 - Composição colorida 2B3G4R sensor LISS3.

Nestas composições a água se apresenta na coloração azulada e a vegetação em coloração verde. Estas imagens realçadas dão uma ideia para a interpretação visual e coleta das amostras dos pixels da água sobre as imagens do Infravermelho Próximo. Após as imagens serem contrastadas e ajustadas através do software SPRING 5.5.0, foi elaborado uma leitura de pixel para que pudesse ser analisado somente as áreas onde havia a presença de água, podendo ser contextualizada nos diferentes anos, podendo haver a diferenciação dos valores mínimos e máximos para a faixa de resposta dos níveis de cinza.

Para os anos de 2004 e 2005, a leitura de pixels na faixa do Infravermelho Próximo indicou que a água possuiu resposta espectral do nível digital 0 até o 55, conforme Tabela 3, resultando na Figura 8 A e B. A Tabela 3 – apresenta, portanto, os intervalos em que a água obteve destaque, sendo as duas imagens 8 bits, possuindo então 256 níveis de cinza, entre 0 e 255.

Ano	Intervalo de nível de cinza
2004	0 a 55
2005	0 a 55

Conforme dito anteriormente empregou-se o intervalo dos níveis de cinza para os pixels descritos na Tabela 3 há a geração de imagens que nos permite melhor visualizar a resposta para a água, sendo neste caso a Figura 8 A e B.

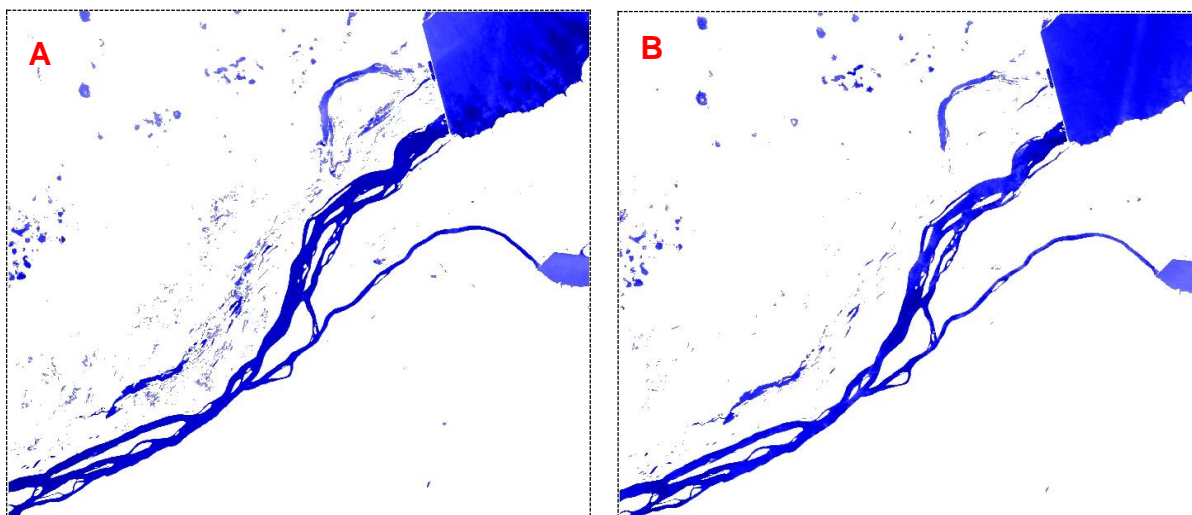


Figura 8 A e B – Representação qualitativa da água nos de 2004 e 2005, respectivamente.

Pode se constatar, pela Figura 8 A e B, que nos anos de 2004 a 2005 não houve muita alteração na área da planície de inundação, podendo ser visualizada na composição das imagens, sendo que no ano de 2004 a imagem apresentou o mesmo intervalo de tons de cinza do que no ano de 2005. Pode ser visualizado ainda que a vazão na área de inundação no ano de 2004 é mais elevada que no ano de 2005. As imagens foram obtidas na mesma estação do ano, o que leva a conclusão que no ano de 2004 a estação apresentou maior dinâmica hídrica do que no ano de 2005.

A análise das imagens do ano de 2006 e 2007 também indicaram níveis digitais variando entre 0 e 255 para o recorte da imagem – área de pesquisa. A leitura da água nesta faixa do Infravermelho Próximo demonstrou que a água também é representada do nível digital 0 até o 55, conforme a Tabela 4 - Leitura de Pixel – CBERS 2 resultando na Figura 9 A e B.

Ano	Intervalo de nível de cinza
2006	0 a 55
2007	0 a 55

Empregando o intervalo dos níveis de cinza para os pixels descritos na Tabela 4 ocorre a geração de imagens que nos permite melhor visualizar a resposta para a água, sendo neste caso a Figura 9 A e B.

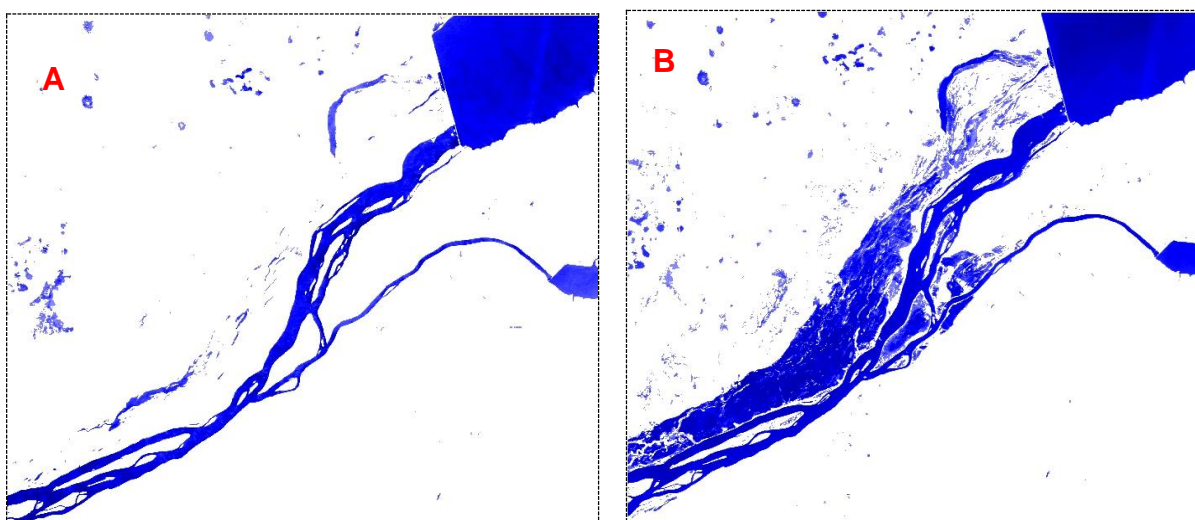


Figura 9 A e B - Representação qualitativa da água nos de 2006 e 2007, respectivamente.

As imagens de 2006 e 2007 (Figura 9 A e B) apresentam diferença elevada na quantidade de cinza mais escuros, representado pela coloração azulada, podendo-se notar que no ano de 2007 a presença de água é muito maior que no ano de 2006 nas áreas de inundação da barragem, permitindo inferir sobre um período com maior precipitação no ano de 2007, com a estação da primavera mais chuvosa do que a mesma estação do ano anterior. O aumento da vazão do ano de 2007, pode estar também relacionado com a existência de vários rios ao entorno da área de inundação.

Para os anos de 2008 e 2009 a leitura da água nesta faixa do IVP demonstrou que ela é representada do nível digital 0 até o 60, conforme a Tabela 5, resultando na Figura 10 A e B - Representação qualitativa da água nos anos de 2008 e 2009, respectivamente.

Ano	Intervalo de nível de cinza
2008	0 a 60
2009	0 a 60

Ao empregarmos o intervalo dos níveis de cinza para os pixels descritos na Tabela 5 há a formação de imagens que nos permite melhor visualizar a resposta para a água, sendo neste caso a Figura 10 com imagens de 8 bits, possuindo então 256 níveis de cinza, entre 0 e 255.

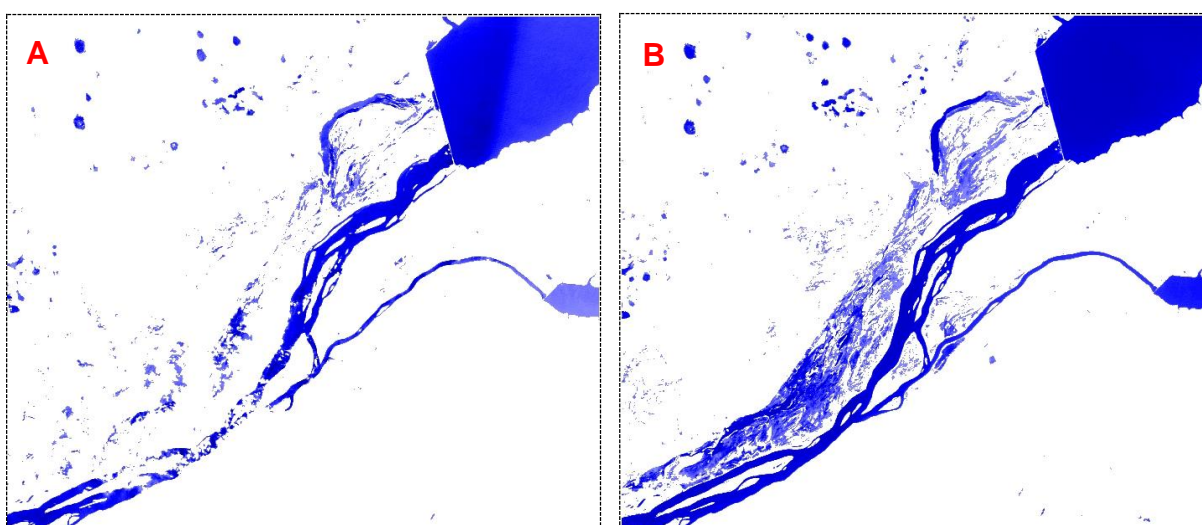


Figura 10 A e B - Representação qualitativa da água nos anos de 2008 e 2009, respectivamente.

Nos anos de 2008 e 2009 também houve uma nítida diferença na tonalidade de cinza das imagens, podendo-se dizer que a diferenciação do clima também se alterou no longo destes dois anos, tendo em vista que no ano de 2009 pode ter aumentado a precipitação nessa região, e com isso também aumentado a umidade, além disso podendo se verificar que no ano de 2008 pode ter acontecido um período maior de seca, pois há uma maior representação destes níveis de cinza no ano de 2009. A imagem de 2008 contém alguns traços de nuvens na imagem, mais precisamente onde está o rio Paraná.

A Tabela 6 traz os níveis digitais para os anos de 2010 e 2012, entre 0 e 75, onde apresenta maior destaque para a água na Figura 11 A e B.

Tabela 6 - Leitura de Pixel - CBERS 2B e Resourcesat 1

Ano	Intervalo de nível de cinza
2010	0 a 75
2012	0 a 75

Para o ano de 2011, a única imagem do Resourcesat 1 disponível no catálogo, é a do mês de janeiro, e como está coberta por nuvens não pôde ser processada e analisada como as demais.

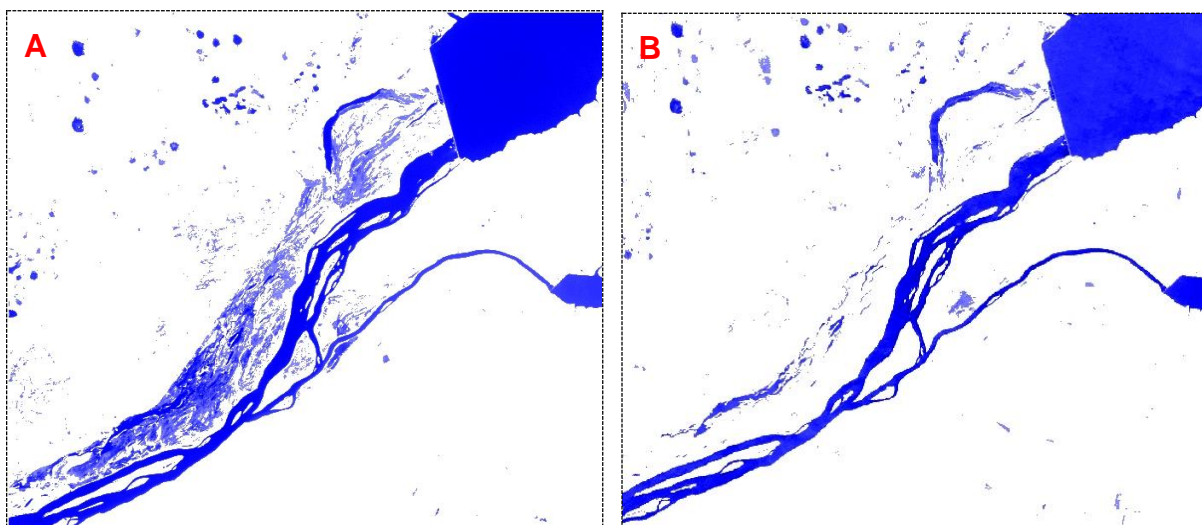


Figura 11 A e B - Representação qualitativa da água nos anos de 2010 e 2012, respectivamente.

A cena do CBERS 2B – sensor CCD, de 2010 indicou níveis digitais de 0 a 255, evidenciando a água nos intervalos de 0 a 75. Já a cena do Resourcesat 1 - sensor LISS3 de 2012 apresentou níveis digitais de 0 a 127, dando destaque para a água nos intervalos de 0 a 75. Vale ressaltar que o CBERS (CCD) opera com radiometria de 8 bits e o Resourcesat 1 (LISS3) com 7 bits, trazendo uma diferença significativa na tonalidade de cinza das imagens. Levando em consideração que houve uma diferença de 2 anos entre as imagens e sendo na mesma época do ano o registro das mesmas, pode-se inferir que no ano de 2010 a quantidade de água é acentuada de forma significativa, podendo ser caracterizada uma dinâmica hídrica maior neste ano, no que se refere o ano de 2012, pode-se dizer que a precipitação foi menos intensificada, podendo ser inferido que o clima desta região é bem variado. As duas imagens apresentaram uma quantidade de pixel semelhantes, onde no ano de 2010 mostra uma umidade relativamente maior na área de inundação do que no ano de 2012.

Os níveis digitais de cinza para os anos de 2013 e 2014 estão representados na Tabela 7, mostrando somente os intervalos de destaque da água entre 0 e 65,

resultado na Figura 12 A e B.

Ano	Intervalo de nível de cinza
2013	0 a 65
2014	0 a 65

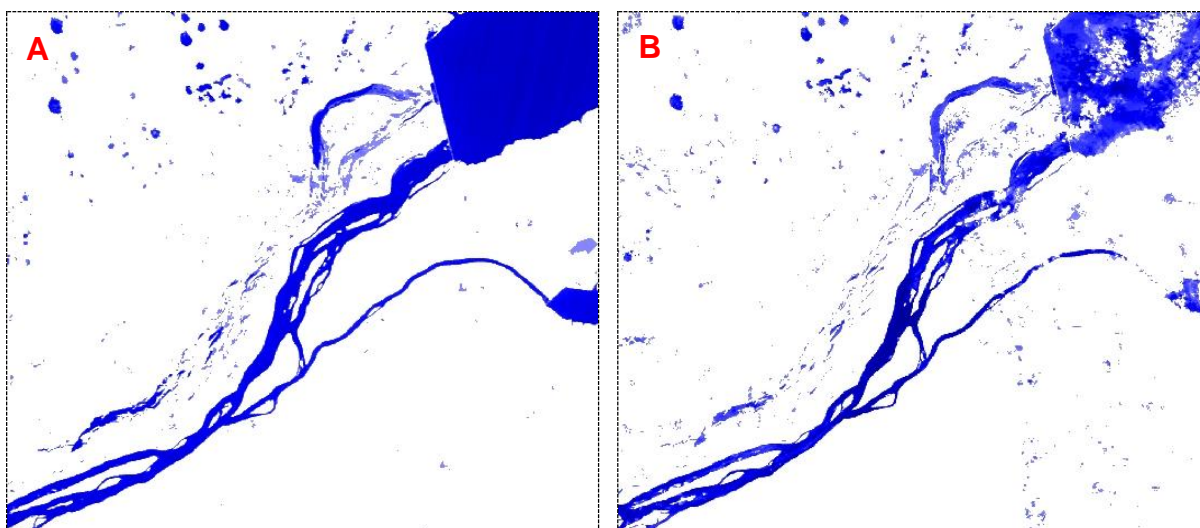


Figura 12 A e B - Representação qualitativa da água nos anos de 2013 e 2014, respectivamente.

As imagens dos anos de 2013 e 2014 apresentam uma pequena diferença quanto a presença de tonalidades de cinza. No ano de 2014 pode-se afirmar que nos locais de barramento da água os tons brancos, onde deveriam estar presentes os tons mais azulados, indicam uma imagem com presença de nuvens. A imagem de 2013 está mais nítida, fato que proporciona uma melhor sinalização, mesmo assim pode ser constatado que com relação a diferenciação do clima, sendo a mesma estação climática, não houve mudança significativa de um ano para o outro. Os dois anos apresentaram um percentual de umidade do solo muito próxima.

A Tabela 8 mostra os intervalos de níveis de cinza obtidos onde havia maior destaque da água para os anos de 2015, 2016 e 2017, sendo estes intervalos entre 0 e 60, o que resultou na Figura 13 A e B e também na Figura 14.

Ano	Intervalo de nível de cinza
2015	0 a 60
2016	0 a 60
2017	0 a 60

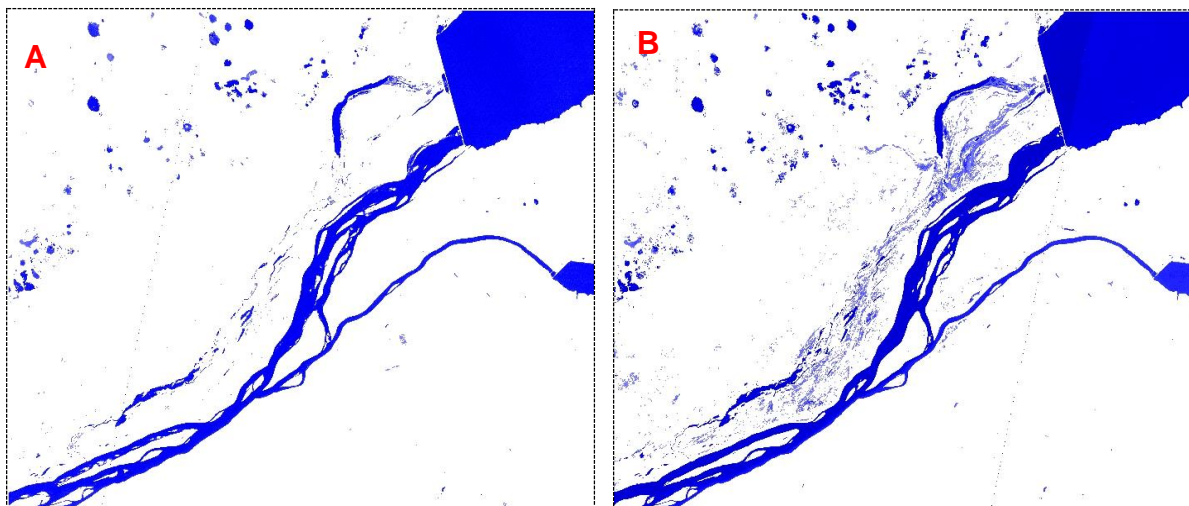


Figura 13 A e B - Representação qualitativa da água nos anos de 2015 e 2016, respectivamente.

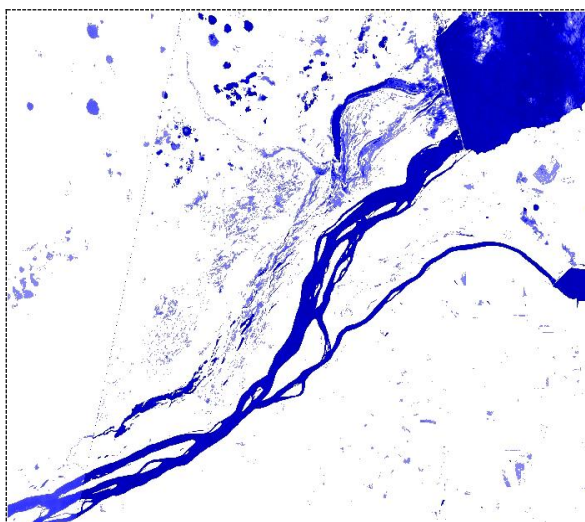


Figura 14 - Representação qualitativa da água no ano de 2017.

Comparando as imagens dos anos de 2015, 2016 e 2017, há mudança na presença de tons de cinza, o que podemos dizer que no ano de 2015 houve uma dinâmica hídrica menos acentuada que no ano de 2016, supõem-se que o ano de 2015 apresentou uma precipitação menor que o ano posterior. O ano de 2017 apresentou tons mais brancos na área da barragem onde deveria conter tons mais azulados, o que caracteriza a presença de nuvens na imagem, podemos inferir também que neste ano a precipitação foi mais acentuada no período da imagem, por apresentar uma presença maior de cinza que nos anos de 2015 e 2016.

No contexto geral, pode-se inferir que o ano com maior inundação é o ano de 2007, onde se visualiza uma maior intensificação e presença das tonalidades de cinza, se tornando um ano com precipitação e umidade maior que os demais. O ano que apresentou uma menor intensificação nas tonalidades de cinza, foi o ano de

2006, onde pode-se caracterizar um ano mais seco que os demais. É possível notar que o rio não sofreu nenhuma alteração em seu curso no decorrer de todos esses anos.

Pode-se observar, por meio dos resultados obtidos, que a estação do ano escolhida foi adequada ao objetivo do estudo, uma vez que houve a possibilidade de visualizar a diferenciação na área de inundação de acordo com o ano, bem como obter imagens da grande maioria dos anos, com exceção apenas do ano de 2011.

A técnica de análise por meio do Infravermelho Próximo e a leitura de pixel é usualmente utilizada para vários tipos de estudo em que se dá relevância para a água, não sendo usualmente utilizada para a análise de áreas de inundação, abordada no presente trabalho.

Em outro ponto de vista estudos como estes, que levam em consideração a análise da paisagem em séries temporais podendo ser utilizados para a criação de planos de monitoramento ambiental, bem como a projeção e concepção de áreas de preservação (permanente e ambiental) e parques estaduais e federais, pois pode-se perceber a fragilidade dos locais passíveis de inundação periódica. Através destes estudos pode-se averiguar também os espaços utilizados para a instalação de áreas urbanas, servindo como um apoio à planos diretores municipais e ao planejamento urbano deste tipo de áreas. Levando em consideração as áreas de inundação localizadas em espaços agrícolas este tipo de estudo serve também para limitar o uso agropecuário, pois demonstra o delicado equilíbrio dinâmico em que se encontram.

5 CONCLUSÃO

A presente pesquisa proporcionou uma visualização muito ampla da diferenciação do clima da mesma estação na planície de inundação da barragem, e mostrando que conforme o ano, as alterações climáticas são visivelmente claras.

Os anos de 2007, 2009 e 2010, foram os anos que apresentaram maior área de alagamento da planície de inundação, fato que inferiu sobre o aumento da pluviosidade na estação de primavera destes anos. A maior intensificação de tonalidade de cinza mostrou uma maior precipitação nestes anos. Pode ser induzir que com esse aumento na precipitação o Rio Paraná teve uma elevação na quantidade do nível de água, tornando-o de grande importância, pois o mesmo tem influência direta na vazão do lago de Itaipu, onde está localizada a Usina Hidrelétrica de Itaipu.

Os anos de 2004, 2005, 2006, 2008, 2012, 2013, 2014, 2015 e 2016, não apresentaram uma grande mudança nas características das imagens, mas fato que não deixa de ser importante também, pois pode-se analisar através destes anos a diferenciação do clima, no período de mesma estação climática, onde pode-se dizer que não houve muitas mudanças em questões de precipitação e períodos mais secos, para a região do presente estudo. Para o ano de 2017 não foi utilizada a mesma estação dos demais, por ainda não possuir as imagens do período analisado, mas pode-se inferir que neste ano não há diferença significativa na precipitação com relação aos anos anteriores, apesar de não ser a mesma estação climática.

A utilização de imagens somente da faixa do espectro referente ao Infravermelho Próximo atendeu a necessidade do estudo, pois realmente detalhou mais a área onde havia presença de água, validando a faixa do IVP para os sensores CCD, MUX e LISS 3.

Por se tratar de uma APA – Área de Preservação Ambiental, o presente estudo pode contribuir com o monitoramento da área de inundação, quanto os períodos em que a área está alagada e também quanto aos períodos de seca.

Para os casos em que existe a necessidade da ciência dos períodos de tempo com maiores precipitações/umidade de áreas de planícies de inundação o estudo realizado poderia contribuir significativamente, principalmente quando não existem, ou não é possível a obtenção dos dados reais de precipitação.

Para estudo futuros, com os mesmos parâmetros e objetivos, pode-se utilizar imagens provenientes de outros satélites, possuindo outras resoluções espaciais e radiométricas, resultando em imagens com melhor qualidade e um maior contraste entre as áreas alagadas e/ou de inundação e de vegetação.

REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, A. A; ZALEWSKI, M. **A planície alagável do alto rio Paraná: importância e preservação.** Maringá: EDUEM, 1996.

ALMEIDA, J. RIBEIRO de; MORAES, F.E.; SOUZA, J.M.; MALHEIROS, T.M. 1999. **Planejamento Ambiental: caminho para a participação popular e gestão ambiental para nosso futuro comum, uma necessidade, um desafio.** 2. Ed. Rio de Janeiro: Thex Ed.: Biblioteca Estácio de Sá. 180 p.

BARRET, E.C.; CURTIS, L.F. 1992. **Introduction to environmental remote sensing.** Chapman & Hall. 3 a Ed. London, UK. 426p.

BONHAM-CARTER, G.F. **Geographic information systems for geoscientists: modelling with GIS.** Ottawa, Pergamon, 398 p, 1996.

BRANDT, S. A. **Classification of geomorphological effects downstream of dams.** Catena, New York, EUA, v. 40. p. 375-401, 2000.

CÂMARA, G. **A pesquisa espacial no Brasil: 50 anos de Inpe (1961-2011).** Revista USP, n. 89, p. 234-243, 2011.

CÂMARA, G. **Modelos, Linguagens e Arquiteturas para Bancos de Dados Geográficos.** Tese de Doutorado em Computação Aplicada. São José dos Campos, INPE, 1995.

CESP. Relatório Síntese – **Reservatório de Porto Primavera: controle ambiental e aproveitamento múltiplo.** Themag Engenharia, 1980.

COMUNELLO, E. **Dinâmica de inundação de áreas sazonalmente alagáveis na planície aluvial do alto Rio Paraná.** Dissertação (Mestrado em Ecologia de Ambientais Aquáticos Continentais) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2001.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** São Paulo: Edgar Blucher Ltda, 1980.188 p.

DEPARTAMENTO OF SPACE. INDIAN SPACE RESEARCH ORGANISATION.

Earth Observation Satellites. 2016. Disponível em:

<<http://www.isro.gov.in/spacecraft/earth-observation-satellites>>. Acesso em: 24 de junho de 2017.

HAYAKAWA, E. H. **Análise da variabilidade espacial e temporal dos sedimentos suspensos do alto rio paraná via imagens orbitais: região de Porto São José - PR**. 2007. 84 f. Dissertao (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Estadual de Maringá - UEM, Maringá, 2007.

DEPARTAMENTO OF SPACE. INDIAN SPACE RESEARCH ORGANISATION. **IRS-P6 / RESOURCESAT-1**. 2016. Disponível em: <<http://www.isro.gov.in/Spacecraft/irs-p6-resourcesat-1>>. Acesso em: 24 de junho de 2017.

INPE. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. Disponível em: <www.inpe.br>. Acesso em: 01 jun. 2017.

LEI N 9985, de 2000. **Institui O Sistema Nacional de Unidades de Conservao da Natureza e D Outras Providências**. Brasília, 18 jun. 2000.

LIU, W. T. H. **Aplicao de sensoriamento remoto**. 2. ed. Campo Grande, MS: Oficina de Textos, 2015. 900 p.

LILLESAND, T.M.; KIEFFER, R.W. 1994. **Remote sensing and image interpretation**. John Wiley & Sons. 3 Ed. New York, EUA. 750p.

MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati de. **Introduo ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: Unb, 2012. 276 p.

MORAES, A. R. (2011). **Indicadores para a Caracterizao de Serviços Ambientais de áreas midas. Estudo de Caso: a área de Proteo Ambiental das Ilhas e Várzeas do Rio Paraná**. Tese de Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicao PTARH.TD – 11/2011, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 180p.

NOVO, E.M.L.M. 1992. **Sensoriamento remoto. Princípios e aplicao**. Ed. Edgard Blücher Ltda. 2a Ed. São Paulo, Brasil. 308p.

OLIVEIRA, Wallace de. **Os impactos socioambientais motivados pela UHE porto primavera no município de Anaurilândia – MS.** 2004. 171 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Universidade Estadual Paulista – Unesp, Presidente Prudente - SP, 2004.

ROCHA, P. C.; SOUZA FILHO, E. E.; COMUNELLO, E.; CORRÊA, G. T. (2002). **Evolução hidrodinâmica e processos erosivos marginais nos canais do sistema de inundação do alto rio Paraná, Região Centro Sul do Brasil.** Revista Pesquisas, Porto Alegre, v. 28, n. 02, p. 161-170.

ROCHA, P. C. (2002). **Dinâmica dos canais no sistema rio-planície fluvial do Alto Rio Paraná, nas proximidades de Porto Rico-PR.** Tese de Doutorado. NUPELIA – UEM, Maringá, Brasil.

SCARPINELLA, C. A. **Porto primavera: o paradigma de análise e os processos de decisão e implantação.** 186 f. Tese (Doutorado) - Curso de Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo - Sp, 1999.

SOUZA, M.C. et al. Riparian vegetation of the Upper Paraná river floodplain, Paraná and Mato Grosso do Sul, Brazil. In: AGOSTINHO, A. A. et al. (coord.). **Structure and functioning of the Paraná River and its floodplain.** Maringá: EDUEM, 2004. P. 233-238.

SOUZA FILHO, E. E. **Aspectos da geologia e estratigrafia dos depósitos sedimentares do rio Paraná entre Porto Primavera e Guaíra.** In: Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 174-174, 1993.

SOUZA FILHO, E. E. **Feições do sistema anastomosado pré-atual do rio Paraná.** In: 38 CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1994, CAMBURIÚ, SC. Anais...Camboriú: SBG, v. 1. p. 407-409, 1994

SOUZA FILHO, E. E. de; ROCHA, P. C.; CORREA, G. T.; COMUNELLO, E. **O ajuste fluvial e a erosão das margens do rio Paraná em Porto Rico (Brasil).** In: REQUI/ICQPLI, 5., 2001, Lisboa. Anais... Lisboa, 2001. v. 0. p. 01-05.

SOUZA FILHO, E. E.; STEVAUX, J. C. **Geology and geomorphology of the Baia-Curutuba-Ivinheima River Complex.** In: Sidney Magela Thomaz; Ângelo Agostinho; Norma Segati Hahn. (Org.). The Upper Parana River and its floodplain: Physical aspects, Ecology and Conservation. 1 ed. Leiden: Backhuys Plubshers, 2004, v. 1, p. 1-29.

STAR, J. ESTES, J. **Geographic Information Systems: An Introduction**. New Jersey, Prentice Hall, 1990

STEVAUX, J. C. The upper Paraná river (Brazil): **geomorphology, sedimentology and paleoclimatology**. In: **Quaternary International**. Vol 21. p. 143 – 161, 1994. U. S. GEOLOGICAL SURVEY (USGS). U. S. DEPARTMENT OF THE INTERIOR. **Overview of the Resourcesat-1 (IRS-P6)**. 2013. Disponível em: <<https://calval.cr.usgs.gov/documents/IRSP6.pdf>>. Acesso em: 24 de junho de 2017.

VALERIO FILHO, M.; PINTO, S.A.F. **Imagens orbitais aplicadas ao levantamento de dados do meio físico: Contribuição ao planejamento de microbacias hidrográficas**. In: Congresso Brasileiro e Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo, 8, Londrina, 1996. Anais... Londrina, 1996. p.77-94.

ZANARDI, R. P. **Geração de modelo digital de terreno a partir de par estereoscópico do sensor CCD do satélite cbers-2 e controle de qualidade das informações altimétricas**. 94 f. Tese (Doutorado) - Curso de Sensoriamento Remoto, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Ufrs, Porto Alegre, Rs, 2006.