



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS LETRAS E ARTES - CCH**  
**DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA - DGE**

Orientador: Prof. Dr. Edvard Elias de Sousa Filho

Acadêmico: Edivando Vitor do Couto

**A PLANÍCIE ALUVIAL DO ALTO RIO PARANÁ: MONITORAMENTO POR  
SENSORES ORBITAIS E ANÁLISE DAS INTERAÇÕES MESOLÓGICAS DO  
AMBIENTE**

**Maringá, 2008**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS LETRAS E ARTES - CCH**  
**DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA - DGE**

ORIENTADOR: Prof. Dr. Edvard Elias de Sousa Filho

ACADÊMICO: Edivando Vitor do Couto

**A PLANÍCIE ALUVIAL DO ALTO RIO PARANÁ: MONITORAMENTO POR  
SENSORES ORBITAIS E ANÁLISE DAS INTERAÇÕES MESOLÓGICAS DO  
AMBIENTE**

Monografia apresentada ao curso de graduação em Geografia – Departamento de Geografia DGE da Universidade Estadual de Maringá – UEM, como exigência parcial para obtenção do título de Bacharel em geografia.

**Maringá, 2008**

*Ao Espírito Santo, meu melhor amigo e consolador, com quem aprendi a me relacionar ao longo do curso e a meus pais Donizete e Maria a minha irmã Cleide e minha sobrinha Eduarda pelo apoio e paciência em minhas ausências.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente ao Senhor **Deus** minha força;

Ao professor Edvard Elias de Souza Filho, pela confiança, incentivo, e orientações;

Aos professores ligados ao DGE (Departamento de Geografia) da Universidade Estadual de Maringá pelas contribuições teóricas, incentivo a pesquisa e disponibilidade em atender e guiar-me no decorrer de toda minha trajetória acadêmica;

Ao Gema (grupo de estudos multidisciplinares do ambiente) pelo apoio e aos amigos participantes do grupo pelo incentivo;

Aos amigos que oraram por mim, e por aqueles que me ouviram e apoiaram.

Aos amigos Josimar e Rodrigo pelo apoio e incentivo;

Ao amigo Ericson Hideki Hayakawa, e ao Professor Américo pela ajuda sempre atendendo na hora das dúvidas;

A Professora Marta Luzia de Souza pelo apoio.

*Deus meu, tu és magnificentíssimo; estás vestido de glória e de majestade. se cobre de luz como de um vestido, estende os céus como uma cortina. Põe nas águas as vigas das suas câmaras; faz das nuvens o seu carro, anda sobre as asas do vento. Faz dos seus anjos espíritos, dos seus ministros um fogo abrasador. Lançou os fundamentos da terra; ela não vacilará em tempo algum. Tu a cobriste com o abismo, como com um vestido; as águas estavam sobre os montes. À tua repreensão fugiram; à voz do teu trovão se apressaram. Subiram aos montes, desceram aos vales, até ao lugar que para elas fundaste. Termo lhes puseste, que não ultrapassarão, para que não tornem mais a cobrir a terra. Tu, que fazes sair as fontes nos vales, as quais correm entre os montes.*

*Salmo 104, 1-10.*

**Resumo:** A vegetação da planície fluvial do rio Paraná sofre a pressão da ocupação antrópica desde os meados da década de 1950. A área situada próxima à Porto Rico (PR) tem sido estudada desde a década de 1980, mas não há estudos dirigidos à distribuição espacial da cobertura vegetal. O objetivo deste trabalho é realizar a cartografia das unidades de vegetação e verificar a evolução temporal de sua distribuição no período entre 1976 e 2007. Para a realização do trabalho foram utilizadas imagens orbitais de 1976 (LANDSAT MSS-1), de 1981 (LANDSAT 2 MSS), anterior a cheia e de 1985 (LANDSAT 5 TM) 1987 (LANDSAT TM-5), 2000 (LANDSAT ETM+7) e de 2007 (CBERS-2 CCD). As imagens foram georreferenciadas e classificadas pelo algoritmo Battacharya. As imagens permitiram identificar três diferentes classes de vegetação, os corpos de água e as áreas de solo exposto. A análise multi-temporal demonstrou um constante aumento da área de solo exposto, um forte aumento da área dos corpos de água e uma mudança de posição das áreas úmidas no período entre 1976 e 1987, e modificações mais sutis de ambas as classes no período entre 1987 e 2007. Tais dados permitem afirmar que a atuação antrópica sobre a planície vem se ampliando e que as principais cheias modificaram a morfologia da planície. Já a cheia de 1982/1983 foi a maior e mais prolongada já registrada no rio Paraná, inundou toda a calha fluvial e atingiu parte do terraço baixo do rio, estabelecendo o que foi chamado de conexão superficial, e em toda a planície e suas conseqüências foram pouco estudadas. A análise do efeito da cheia de 1982/1983 foi dificultada pela data de disponibilidade das imagens, visto que o ideal seria trabalhar com imagens do período de seca em 1982 e de 1983. Contudo, pode ser verificado que a referida cheia não afetou a distribuição da vegetação arbórea, mas promoveu uma modificação geomorfológica, de forma a aumentar as áreas ocupadas por corpos de água, aumentando assim os habitats das plantas aquáticas. Além disso, o mapeamento das unidades de vegetação contribuiu para o entendimento da dinâmica existente entre o solo naturalmente exposto (situação pós cheia), a vegetação de áreas úmidas (auge no período de recessão da cheia e de início das chuvas) e a vegetação arbustiva e de gramíneas (auge no período de águas mais baixas).

**Palavras chaves:** sensoriamento remoto, planície de inundação do alto rio Paraná, monitoramento multitemporal, vegetação e cheias

**Abstract:** The vegetation of the fluvial plain of Paraná River suffers the pressure of the anthropogenic occupation since the middle of the decade of 1950. The area situated near to the Porto Rico (PR) has been studied since the decade of 1980, but there are no studies focused on the spatial distribution of the cover vegetation. The objective of this work is to make the cartography of the units of vegetation and verify the temporal evolution of its distribution in the period between 1976 and 2007. For the achievement of this work were utilized orbital images of 1976 (LANDSAT MSS-1), of 1981(LANDSAT 2 MSS) before flood period and of 1985 (LANDSAT 5 TM) 1987 (LANDSAT TM-5), 2000 (LANDSAT ETM+7) and of 2007 (CBERS-2 CCD). The images were GPS referred and classified by Battacharya algorithm. The images permitted to identify three different classes of vegetation, the amount of water and the areas soil. The multi-temporal analysis showed a constant increase of the area of soil exposed, a growth of the amount of water and a change in the position of the wetlands between 1976 and 2007, and also more subtle modifications of both the classes in the period between 1987 and 2007. Such facts permit to affirm that the anthropogenic action on the plain comes extending more and more; it is yet possible to say that the main floods modified the morphology of the plain. On other hand, the flood of 1982/1983 was the biggest one and more prolonged already recorded in that river, it flooded all the fluvial gutter and reached part of the terrace under the river, establishing what was called superficial connection, and in all the plain and its consequences were little studied. The analysis of the effect of the flood of 1982/1983 was complicated by the date of availability of the images, seen that the ideal would be work with images of the period of drought, in 1982 and 1983. However, it can be verified that the referred flood did not affect the distribution of the arboreous vegetation, but it promoted a geomorphologic modification, increasing the areas occupied by amount of water and increasing, therefore, the habitats of the aquatic plants. Moreover, the mapping of the units of vegetation contributed for the understanding of the dynamic existing among soil naturally exposed (situation after floods), the wetlands vegetation (with boom in the period of recession of the flood and in beginning of the rains) and the bushy and grass vegetation (with the boom in the period of water decrease).

**Key words:** remote sensing system, flood plain of high Parana River, multi-temporal monitoring, vegetation and floods.

## LISTA DE FIGURAS

Fig. 1 - espectro eletromagnético	10
Figura 2 - Localização da Planície Aluvial do Alto Rio Paraná	11
Figura 3 - Mapa Geomorfológico da Região de Porto Rico/PR. Stevaux (1993).	12
Figura 4 - Margem esquerda do rio Ivinhema	14
Figura 5 - Mata ciliar inalterada de um afluente do rio Ivinhema	15
Figura 6 - área de várzeas, vegetação rasteira dominada por gramíneas	15
Figura 7 - afluente do rio Ivinhema	16
Figura 8 - fragmento da margem direita do rio Ivinhema	16
Figura 9 - Histograma Linear fonte Tutorial Spring 4.3.3 2004	19
Figura 10- Mapa da Cobertura Vegetal em 4 de fevereiro de 1976.	24
Figura 11- Mapa da Cobertura Vegetal em 14 de março de 1987	25
Figura 12 - Mapa da Cobertura Vegetal em 12 de maio de 2000	26
Figura 13 - Mapa da Cobertura Vegetal em 24 de agosto de 2007	27
Figura 14 - Porcentual estimado da área	27
Figura 15 - Nível fluviométrico do rio Paraná na estação de Porto São José	29
Figura 16 - Imagem da área de estudo durante a cheia. (MEURER, 2005),	32
Figura 17 - Mapa de vegetação gerado a partir da imagem de 23/11/1981	33
Figura 18 - Variação do nível médio diário na Estação Fluviométrica	33
Figura 19 - Mapa de vegetação gerado a partir da imagem de 30/07/1985	34
Figura 20 - Variação do nível médio diário na Estação Fluviométrica	35

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	9
<b>2. OBJETIVOS</b>	13
<b>3. JUSTIFICATIVAS</b>	14
<b>4. SISTEMAS DE SENSORES</b>	15
4.1. SÉRIE LANDSAT	15
4.2. SATÉLITE CBERS	17
4.3. COMPORTAMENTO ESPECTRAL DA VEGETAÇÃO	17
<b>5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b>	19
5.1. VEGETAÇÃO	21
<b>6. METODOLOGIA</b>	25
6.1. MATERIAIS E MÉTODOS	25
6.2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	25
6.2.1. Técnica de Realce	26
6.2.2. Segmentação	27
6.2.3. Classificação	28
6.2.4. Medidas de Classes	30
<b>7. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	31
7.1. MONITORAMENTO 1976 A 2007 E AS ALTERAÇÕES VEGETAÇÃO	31
7.2. ANÁLISE DOS EFEITOS DAS CHEIAS DE 1982/1983	38
<b>8. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	45
9. BIBLIOGRAFIA	46

## 1. INTRODUÇÃO

Áreas inundáveis são complexos ecossistemas com a dinâmica adaptada ou tolerante a solos inundados, ou que periodicamente sejam inundados, e que tem papel fundamental no controle de inundações, manutenções de aquíferos, ciclagem de nutrientes, controle da erosão e sedimentação, além de abrigar uma biota característica, onde se incluem muitas espécies de animais e plantas de interesse e importância para o homem (COMUNELLO 2001).

Essas áreas constituem a maior porção de florestas inundáveis em regiões tropicais e são consideradas ecossistemas ricos em termos de produtividade biológica, biodiversidade e recursos naturais, devido à renovação de nutrientes que ocorre anualmente por meio de elevações no nível da água dos rios Ayres (1993); Furch (1997); Irion *et al.*, (1997); Junk (1993) e Wittmann *et al.*, (2002). Tais elevações do nível da água são definidas como pulsos de inundação Junk *et al.*, (1989), e proporcionam uma interação mesológica entre o ambiente ribeirinho e o rio, caracterizando uma interface terra – água.

Os estudos dedicados às áreas inundáveis são de valiosa importância, pois nesses complexos paisagísticos abrigam diversos sistemas e subsistemas biológicos e físicos que guardam particularidades ambientais.

As áreas inundáveis, planícies de inundação e também nomeadas como várzeas, pantanal e varjões, são áreas de relevante importância ecológica, são complexos sistemas de interfaces terra – água e abrigam uma abundante flora e fauna, bem como rica em registros de depósitos fluviais.

De acordo com Christofolletti (1981), as planícies de inundação ou várzeas (toponímia popular) constituem as formas mais comuns de sedimentação fluvial encontradas nos rios de todas as grandezas. São formados pelos diversos depósitos, aluviões e materiais variados depositados no canal fluvial ou fora dele.

Na vazante comum, o escoamento fica restrito pelas parcelas do canal fluvial, onde há deposição de parte da carga detritica, com o progressivo abaixamento dos níveis de águas, todavia nos períodos de cheias, com a elevação dos níveis fluviométricos do rio, que muitas das vezes transborda sobre as margens, inundam as baixias marginais depositando a carga em suspensão (CHRISTOFOLLETTI, 1981).

Suguio, (1998) em seu dicionário de geologia sedimentar define planícies de inundação por:

Parte do vale adjacente ao canal fluvial (*fluvial chanel*), composta de sedimentos depositados durante as enchentes quando as águas transbordam para fora do canal principal. A planície de inundação é composta de sedimentos mais finos que o canal fluvial e do marginal e pode estar dissecada pelo leito atual do rio, formando vários níveis de terraços fluviais (*fluviais terraces*) (SUGUIO, 1998).

As planícies podem ser expressivas em suas espacialidades em rios de grande e médio porte, como são resultantes da dinâmica fluvial, estas guardam relações fisiológicas estreitas com rio de origem Junk *et al* (1989); Esteves, (1998) *apud* Comunelo (2001). São sistemas de alta variabilidade espacial, compostos por complexos ecossistemas formados por canais fluviais, lagoas, ressacos, ilhas, alagados e áreas de transição entre zona aquática e terrestre, sob influência da sazonalidade pluvial e fluvial responsável pelo regime hidrológico do rio principal, e portanto, pelas variações fluviométricas e pulsos de inundação.

A Planície de Inundação do Alto Rio Paraná é caracterizada por sua extensão relativamente estreita, tendo por sua predominância o lado direito do rio Paraná, Mato Grosso do Sul conforme figura 1. Originalmente sua extensão era de 480 km, que foram sendo subtraídos por sucessivos barramentos para a implantação de usinas Hidrelétricas (COMUNELO, 2001).

Atualmente a planície de inundação do alto rio Paraná conta com menos de 230 km, e se inicia logo após a descarga da Usina Hidrelétrica (UHE) de Porto Primavera (São Paulo) e segue até ao remanso da ITAIPU, no município de Guaira no Estado do Paraná.

Nessa planície um dos agentes de alteração da paisagem de relevante importância é a cheia. A elevação anual no nível da água do Rio Paraná, caracterizada como pulso de inundação, é consequência de fatores que envolvem a sazonalidade da precipitação e as características do relevo da bacia de drenagem, bem como o nível do lençol freático, que tem expressivo efeito em todo ecossistema, provocando alterações e modificações expressivas no meio físico (JUNK *et al.*, 1989).

O rio principal e seus afluentes influenciam as planícies de inundações por meio do regime hidrológico, erosão e deposição de sedimentos, entrada e saída de substâncias dissolvidas, bem como sua expressividade atinge a biota, desde os seres aquáticos como também na vegetação que acompanha os cursos d'água, a vegetação de áreas de planície, as matas Aluviais e também a troca de organismos Junk (1997). A atividade fluvial é fator determinante na construção da fisionomia da paisagem varzeana (STERNBERG, 1998).

A inundação da planície fluvial exerce um importante papel geomorfológico na construção da planície, e ecológico no que diz respeito à manutenção dos ecossistemas a ela

relacionados, uma vez que cada período de cheia apresenta diferentes valores de débito, e o nível alcançado pelas águas também é distinto. (COMUNELLO *et al.*, 2004).

De acordo com Hess *et al.*, (2003); Junk e Piedade (2005) e Junk *et al.* (1989) as planícies de inundações resultam em um ambiente físico-químico que produz uma resposta morfológica, anatômica, fisiológica, fenológica e etológica da biota a qual também responde com estruturas de comunidades muito características.

A compreensão das áreas atingidas por diferentes níveis fluviométricos é importante para o conhecimento da dinâmica da flora, já que estas estão ligadas intimamente com as mudanças hidrológicas, topográficas e com a umidade dos solos Correa (2002).

As características hidrológicas da planície de inundação do alto rio Paraná revelam variáveis alterações de vazão bem como variações dos níveis da lamina d'água conforme aponta Meurer (2004) em seu mapeamento da área de inundação do rio Paraná.

Para as áreas da planície fluvial, quanto mais distantes estas estão do leito principal, menos freqüente tendem a serem os períodos em que estas áreas estão submetidas aos processos fluviais. Assim estas áreas tendem a serem alteradas pelos processos fluviais somente durante grandes eventos de inundação. Devemos então assumir que um curso de água assume o poder máximo de modificar a maior área possível durante as cheias (MEURER, 2004).

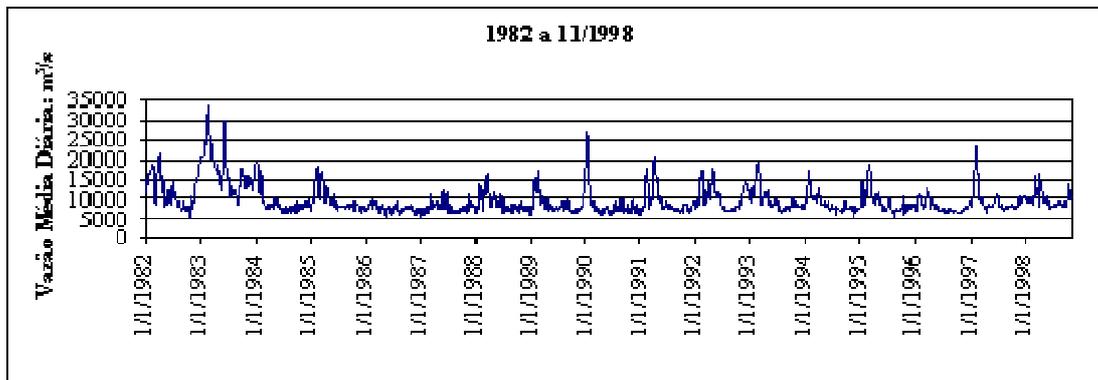
Com o avanço das águas para áreas onde há menos interação com o rio, ou seja, as áreas de maiores distâncias e altitudes do canal há uma expansão do ecossistema aquático quanto a sua profundidade e alargamento, bem como ocorre uma retração do ecossistema terrestre que passa a estar submerso, assim, estabelecendo ligações de diferentes ambientes, a chamada conexão superficial (NEIFF, 1993)

No caso da planície em estudo, os fenômenos das cheias são comuns, assim entende-se que a formação vegetal que acompanha os cursos de água é formada por um conjunto de plantas selecionadas anatomicamente e geneticamente pelo processo evolutivo para estarem associadas aos leitos dos rios.

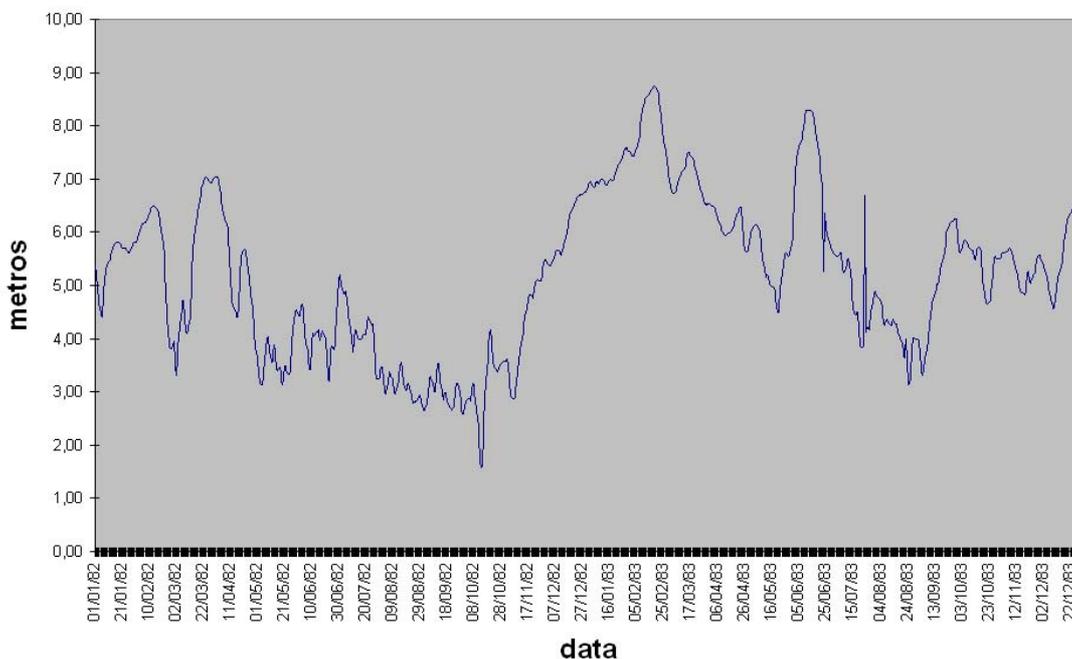
Todavia à medida que se distancia dos rios a planície passa a ter características físicas diferenciadas destacando-se a média altimétrica que aumenta gradativamente, bem como as características pedológicas, devido às formas deposicionais, assim sendo a formação vegetal dessas áreas passam também a se diferenciar.

Entretanto pouco se sabe sobre os efeitos dos fenômenos das cheias na vegetação que se encontra mais afastada do leito principal e que são submetidas a um ambiente diferenciado por tempo indeterminado quando atingida pelas inundações.

Na planície alagável do alto rio Paraná os eventos fluviométricos excepcionais marcantes na região ocorreram nos anos 1982 e 1983, sendo o maior registro (Gráfico 1), com atipicidade próxima a quatro vezes o desvio padrão. Essa cheia manteve a planície alagada por mais de seis meses (Gráfico 2), e dessa forma sua vegetação foi mantida prolongadamente em um ambiente diferenciado.



**Gráfico 1 – vazão média diária em m³/s, Fonte: Silva (2007)**



**Gráfico 2 - Nível médio diário no período de 1982 e 1983, na Estação fluviométrica de Porto São José**

Dessa forma, o problema aqui abordado é o efeito da referida cheia sobre a vegetação da planície, já que no monitoramento da planície percebem-se as alterações ocorridas na vegetação e nos aspectos geomorfológicos. Uma vez que tal evento foi extremo não só em sua

intensidade, mas também em duração. O prolongado alagamento pode ter modificado a morfologia da planície, e certamente teve algum efeito sobre todo o conjunto vegetal.

Uma ferramenta importante para esse tipo de estudo são as imagens orbitais, uma vez que começaram a ser obtidas em 1972 (LANDSAT MSS 1), e permitem a realização de uma avaliação temporal bastante detalhada do ambiente. O Sensoriamento Remoto Orbital tornou-se um valioso recurso para o monitoramento de questões ambientais, pois possibilita adquirir dados significativos de grandes extensões territoriais. Estudos de detecção de mudanças através do Sensoriamento Remoto são baseados no fato de que distúrbios, tanto naturais quanto de origem antrópica, no ambiente produzem variações detectáveis na resposta espectral do alvo ou fenômeno estudado.

O presente trabalho vem validar as afirmações acima enunciadas, por meio de um monitoramento da cobertura vegetal da planície de inundação do alto rio Paraná, compreendendo o período entre 1976 a 2007, e dando ênfase às transformações provocadas pelos eventos de grandes cheias ocorridas no início da década de 1980.

Para tanto a utilização de produtos do sensoriamento remoto são recursos valiosos, pois somente a partir desses recursos é que podemos fazer uma reconstrução da paisagem de épocas remotas e analisar as influências antrópicas pelo processo de ocupação, bem como as mudanças naturais decorrentes das dinâmicas do próprio ambiente.

## **2. OBJETIVOS**

O objetivo geral desse trabalho é a realização de uma análise multitemporal da cobertura vegetal da planície alagável do alto Rio Paraná, compreendendo o período entre 1976 e 2007, com ênfase especial para as modificações ocorridas na cheia de 1982/1983.

Os objetivos específicos são:

- 1- Realizar a classificação das imagens (LANDSAT1 MSS 1976/02/04, LANDSAT1 MSS 23/11/1981, LANDSAT5 TM 30/07/1985, LANDSAT5 TM 1987/03/14, LANDSAT7 ETM+ 2000/05/12 e CBERS2 CCD1XS 2007/08/24) voltada para a distinção das formações vegetais e uso do solo;
- 2- Estimar a área ocupada pelas unidades cartográficas nas diferentes datas acima enumeradas e de acordo com a disponibilidade;
- 3- Avaliar as modificações temporais ocorridas no período de estudo.

### 3. JUSTIFICATIVAS

O compartimento de planície aluvial, compreendido entre os rios Bahia, Invinheima e Paraná (Fig.01), é a unidade que abrange grande parte da área considerada de núcleo a ser preservado na planície aluvial do alto rio Paraná. Já segundo o decreto de lei de criação de Áreas de Proteção Ambiental das Ilhas e Várzeas do Rio Paraná, no parágrafo primeiro, inciso segundo reza a legislação:

*“Garantir a conservação dos remanescentes da Floresta Estacional Semidecidual Aluvial e Submontana, dos ecossistemas pantaneiros e dos recursos hídricos”* IBAMA (2000).

As vegetações ripárias e aluviais estão intimamente ligadas com a dinâmica hidrológica, topográfica e com a umidade dos solos que normalmente são encontrados nesses ambientes, portanto o equilíbrio ecológico depende das relações do rio com o conjunto da paisagem desde o físico até o biológico (CORREA, 1998).

As interações rio-planície vêm sendo estudadas em diversos aspectos, desde os que se referem à presença ou ausência de vegetação, às características dos pulsos de inundação, ao aporte de sedimentos, à limnologia dos corpos lênticos, e às relações de conectividade, entre muitas outras abordagens.

No entanto um monitoramento, mapeamento e análise da evolução da vegetação da área nas últimas décadas bem como dos níveis de cheia, correlacionando-os com a vegetação, poderia levar a definição de limiares, a partir dos quais se possa avançar no entendimento dos fenômenos ecológicos associados, embasando a proposição de protocolos e ações.

Portanto, possibilitariam elucidar questões fundamentais para a racionalização dos procedimentos operacionais de barramentos à montante (limiar de operação), assegurando condições mínimas ao desenvolvimento da flora, através da manutenção de cheias “funcionais” e, conseqüentemente, garantindo a integridade da floresta.

Vale ainda ressaltar que pouco se sabe sobre os efeitos das cheias na vegetação, portanto o presente projeto se justifica por dar suporte geográfico a demais projetos de estudos da flora da planície, bem como mostrar as áreas que sofreram maior agressão pelo desflorestamento num período de 31 anos (1976 a 2007). Além disso, fornece subsídios para o entendimento das respostas das principais formações vegetais a alongados períodos de encharcamentos por cheias.

## 4. SISTEMAS DE SENSORES

Sensores remotos são os equipamentos capazes de captar a energia eletromagnética proveniente da superfície terrestre, bem como registra-los, armazena-los e transmiti-los para conversões de informações.

Os sistemas de sensores são divididos em imageadores, os quais são capazes de fornecer imagens da área observada e os sistemas não-imageadores que apresentam como resultado formas de dígitos ou gráficos.

No presente trabalho abordaremos apenas os sistemas imageadores, mais especificamente os sistemas dos satélites LANDSAT e CEBERS, dos quais utilizou-se de seus produtos (imagens) para o presente trabalho.

### 4.1. SÉRIE LANDSAT

O satélite foi desenvolvido pela Agência Nacional de Pesquisas Espaciais Americana (NASA - National Aeronautics and Space Administration). O projeto LANDSAT (Land Remote Sensing Satellite), iniciou-se no fim da década de 1960, e já em 1972 foi lançado o primeiro satélite. Uma vez que o programa teve sucesso, a NASA manteve a atuação do programa até os dias atuais, tendo lançado seu ultimo satélite (LANDSAT 7) em 1999 (quadro 1).

**Quadro 01 - Principais características dos satélites LANDST**

Satélite	Sensor	Resolução Espectral	Bandas	Pixel Res
L 1-4	MSS multi-espectral	0.5 - 1.1 $\mu\text{m}$	1, 2, 3, 4	60 meter
L 4-5	TM multi-espectral	0.45 - 2.35 $\mu\text{m}$	1, 2, 3, 4, 5, 7	30 meter
L 4-5	TM termal	10.40 - 12.50 $\mu\text{m}$	6	120 meter
L 7	ETM+ multi-espectral	0.450 - 2.35 $\mu\text{m}$	1, 2, 3, 4, 5, 7	30 meter
L 7	ETM+ termal	10.40 - 12.50 $\mu\text{m}$	6.1, 6.2	60 meter
L 7	Pancromático	0.52-0.90 $\mu\text{m}$	8	15 meter

Atualmente o LANDSAT-5 é o único satélite em operação, e leva a bordo o sensor TM que contribui para o mapeamento temático da superfície terrestre. O LANDSAT-7 iniciou suas atividades em abril de 1999 e encerrou em 2003, utilizando o sensor ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus). Este instrumento foi capaz de ampliar as possibilidades de uso dos produtos LANDSAT, porque manteve a alta resolução espectral (característica importante desse sistema) e conseguiu ampliar a resolução espacial da banda 6 (Infravermelho Termal) para 60 metros além de inserir a banda pancromática e permitir a geração de composições coloridas com 15 metros de resolução (Moreira, 2001).

## 4.2 SATÉLITE CBERS

O CBERS (China-Brazil Earth Resources Satellite ou Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres) nasceu de uma parceria entre Brasil e China, que coloca o Brasil entre o grupo que domina e desenvolve tecnologia científica espacial e Sensoriamento Remoto.

Os satélites CBERS-1 e 2 são compostos por dois módulos. O módulo "carga útil" acomoda os sistemas ópticos (CCD – Câmera Imageadora de Alta Resolução, IRMSS – Imageador por Varredura de Média Resolução e WFI – Câmera Imageadora de Amplo Campo de Visada) usadas para observação da Terra e o Repetidor para o Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais, e o módulo "serviço" que contém os equipamentos que asseguram o suprimento de energia, os controles, as telecomunicações e demais funções necessárias à operação do satélite. O satélite CBERS-2B é muito semelhante aos CBERS-1 e 2, mas o IRMSS é substituído pela HC - Câmera Pancromática de Alta Resolução (INPE, 2008).

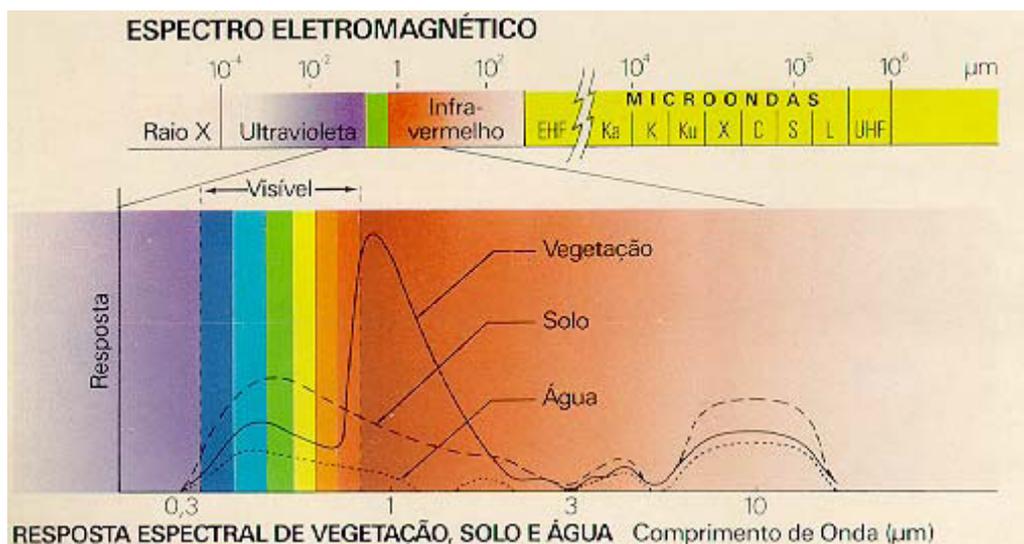
A uma altitude de 778km, o satélite CEBERS<sup>1</sup> realiza uma órbita heliossíncrona, perfazendo 14 revoluções diárias, cruzando desta forma o Equador sempre as 10h da manhã, desta forma tendo sempre as mesmas condições de iluminação solar.

## 4.3. COMPORTAMENTO ESPECTRAL DA VEGETAÇÃO

O comportamento espectral ou também chamado assinatura espectral, pode ser definido como o conjunto de valores de refletância e emitância do objeto ao longo do espectro eletromagnético. Cada objeto interage de maneira diferenciada com a energia eletromagnética incidente, pois tal interação depende das propriedades físico-químicas de cada corpo. Dessa forma, a vegetação, os solos, as rochas e a água possuem características distintas e assinaturas que permitem sua identificação (figura 01). O conhecimento do comportamento espectral dos alvos é, portanto fundamental para a extração de informações a partir de produtos do Sensoriamento Remoto.

---

<sup>1</sup> Todo histórico e fundamentação do lançamento da serie CEBER pode ser encontrada disponível no site [www.cbears.inpe.br](http://www.cbears.inpe.br)



**Fig. 01-** Espectro Eletromagnético Fonte: Moraes (2005)

Os estudos do comportamento espectral da vegetação são complexos, porém motivados pelo fato de estar fundamentado na compreensão da “aparência” que uma dada cobertura vegetal apresenta num determinado produto de Sensoriamento Remoto o que envolve diversos parâmetros ambientais.

A vegetação é constituída por vários elementos dela mesma, como folhas, galhos, flores, frutos e etc. de todos os elementos da vegetação a folha constitui o principal deles, a aplicação de testes em laboratório em folhas por Willstaller e Stoll (1918) apud Moraes (2005) formulou a teoria sobre a trajetória da radiação eletromagnética dentro de uma folha a qual é válida até hoje.

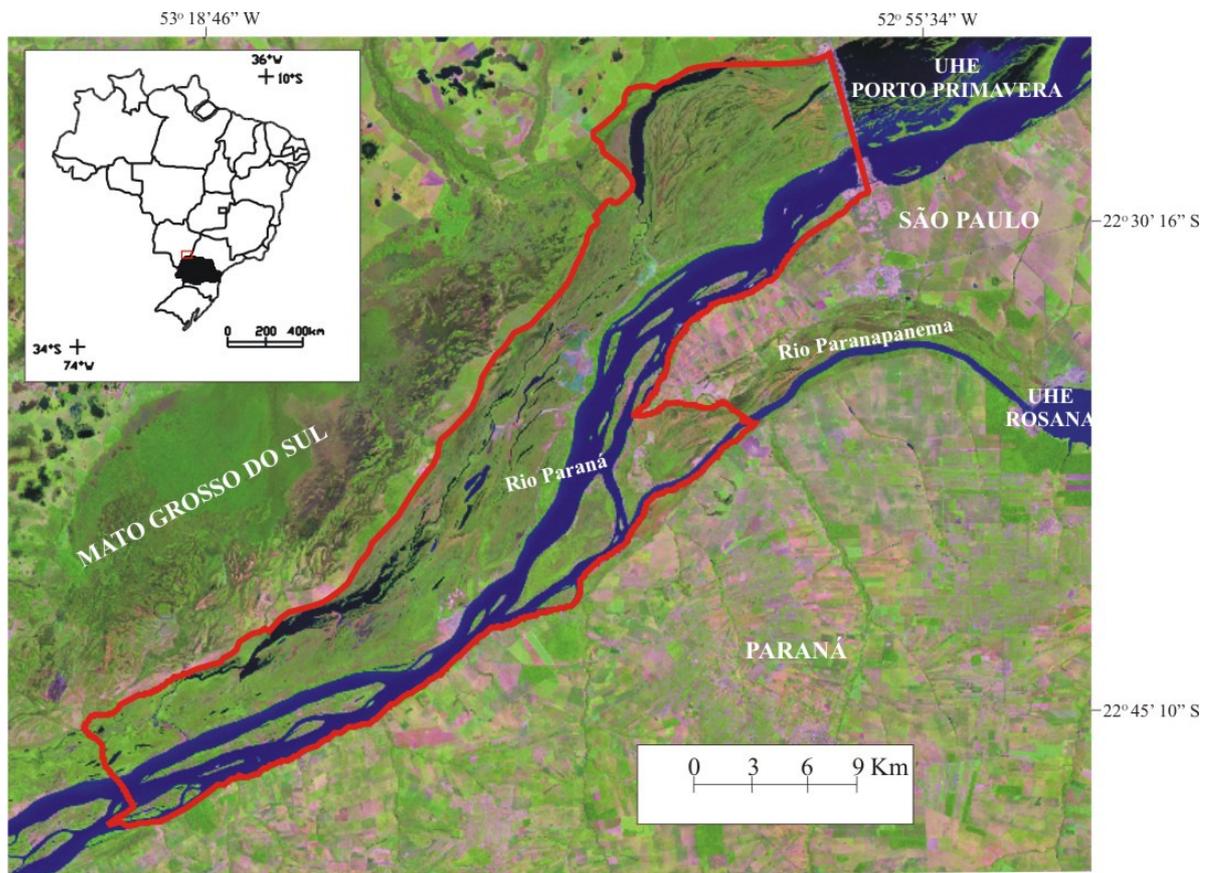
Os autores basearam-se na estrutura interna das folhas e na refletância potencial das superfícies, uma vez que a folha é o principal elemento da vegetação sob o ponto de vista do processo de interação com a radiação eletromagnética tem-se que os resultados são muito semelhantes quando comparados com as curvas de refletância nas mediações espectrais de dosséis.

Assim em imagens referentes à região do visível os dosséis apresentam tonalidade escura, em função da ação dos pigmentos fotossintetizantes; e em imagens da região do infravermelho próximo, estes mesmos dosséis deverão apresentar tonalidade clara; em imagens no infravermelho médio espera-se tons de cinza intermediários entre o escuro das imagens do visível e o claro daquelas do infravermelho próximo (PONZONI E SHIMABUKURO,2007).

Portanto a vegetação apresenta alta resposta no infravermelho próximo (até 1,3 μm) devido à estrutura celular e o espalhamento interno sofrido pela radiação eletromagnética aliada ainda ao entalhamento múltiplo entre diferentes camadas das folhas.

## 5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo foi a planície de inundação do alto rio Paraná no Estado do Mato Grosso do Sul, nas imediações dos municípios de Jateí, Bataiporã e Taquarussu em um trecho localizado entre a foz do Rio Paranapanema a extrema montante do rio Paraná e foz do rio Bahia.



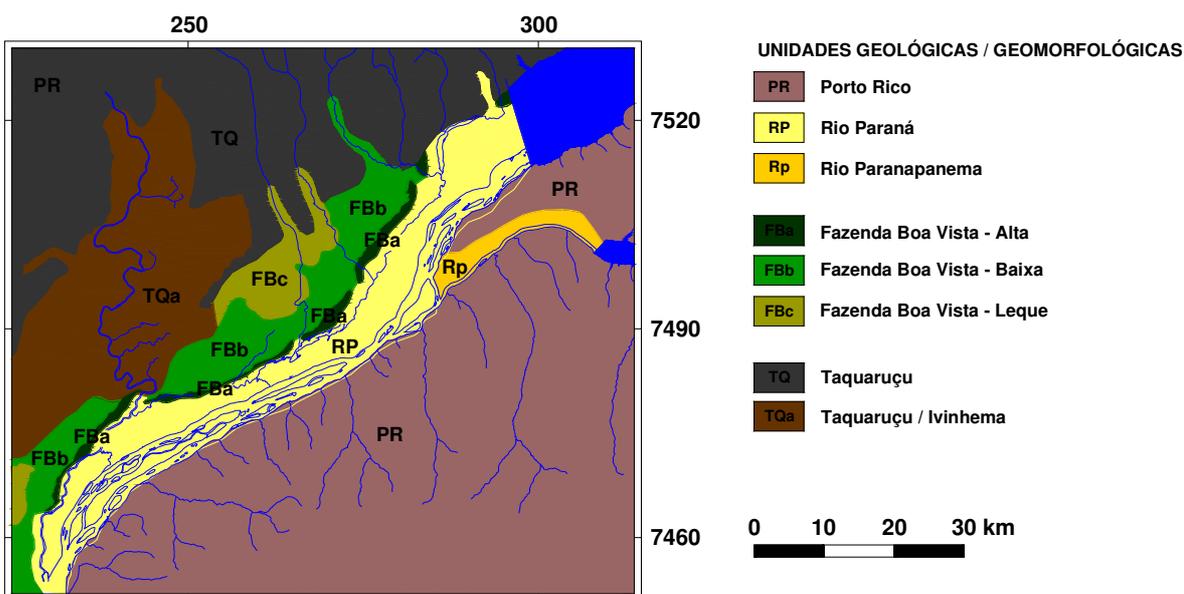
**Figura 2** - Localização da Planície Aluvial do Alto Rio Paraná  
**Fonte:** Hayakawa et al 2008

Essa é a única região que ainda não foi utilizada para repesamento no alto rio Paraná, uma vez que está situada a jusante da Usina Hidrelétrica Engenheiro Candido Mota (UHE de Porto Primavera) e da UHE de Jupiá, e a montante do remanso da UHE de Itaipu.

Área com freqüentes inundações e com um complexo ecossistema de uma dinâmica adaptada e tolerante a solos inundados, ou que periodicamente sejam inundados, com variabilidade hidrológica de “picos de inundação” que estão associados ao recobrimento dos ambientes terrestres.

Esse ambiente apresenta grande complexidade, devido à variação hidrológica anual e sua morfologia esta em rápida e constante transformação, e representa um ambiente de transição entre ambiente terrestre e aquático (COMUNELLO, 2001).

O substrato da área do estudo é constituído pelos arenitos da Formação Caiuá (K), e por depósitos inconsolidados os quais estão distribuídos em cinco conjuntos distribuídos em quatro faixas, conforme se observa (Figura 03) modificado de Stevaux (1993).



**FIGURA 03-** Mapa Geomorfológico da Região de Porto Rico/PR, Stevaux (1993)

A Unidade Nova Andradina ocupa a posição mais alta, fora da calha fluvial (Terraço Alto), a Unidade Taquaruçu ocupa a posição mais alta na calha fluvial (Terraço Médio), a Unidade Porto Peroba ocupa os níveis médios da calha (Terraço Baixo), a Unidade Rio Ivinhema ocupa a parte mais baixa (planície fluvial), e a unidade Córrego Baile ocorre sobre as áreas de ocorrência de outras unidades (SOUZA FILHO E STEVAUX, 2003).

Do ponto de vista geomorfológico a área ocorre numa altitude que varia entre 237 e 240m na parte montante e 231 e 235 na parte jusante, exibe uma superfície plana onde a vegetação é a principal forma de realce do relevo. As áreas mais elevadas sustentam vegetação arbórea, as de média elevação são cobertas por arbustos, as partes baixas por campos, e os baixios por formas hidrófilas (SOUZA FILHO, 1993).

Os solos da planície são caracterizados como aluviais, em geral hidromórficos, devido a grande influencia do rio Paraná, formados por sedimentos que foram acumulados ao longo do tempo pelo rio.

O clima da área é o subtropical úmido mesotérmico Cfa(h) na classificação de Koppen com temperatura média anual de 22°C e com um índice pluviométrico de 1200 mm (Paraná, 1997 apud Correa, 1998) as chuvas distribuem-se durante todos os meses dos anos com maior volume no período de Setembro a Dezembro, enquanto que as menores médias são verificadas nos meses de junho a agosto e são superiores a 300mm.

## 5.1. VEGETAÇÃO

Segundo a classificação do IBGE (1992), a vegetação da região pertence ao domínio da floresta estacional semidecidual aluvial, essa floresta já recebeu outras nomenclaturas no passado, conforme descreve (FACHINI, 2001):

*“Mata Pluvial Tropical (MAAK, 1950), Floresta Latifoliada das Bacias do Paraná-Uruguai (KLEIN, 1975), Floresta Subcaducifolia Tropical (SANTOS et al., 1977), Matas de Planalto (LEITÃO FILHO, 1987) e Floresta Latifoliada Tropical (ROMARIZ, 1996)”*.

O conceito ecológico deste tipo de vegetação esta condicionado pela sua dupla estacionalidade climática, uma tropical com épocas de intensas chuvas de verão, seguida de estiagem acentuada e outra subtropical sem período seco, mas com seca fisiológica provocada pelo frio do inverno com temperaturas medias inferiores a 15 ° C (IBGE, 1992).

A região abriga uma alta diversidade de espécies que são distribuídas ao longo das redes de drenagens do rio Paraná e seus afluentes como “cordões ciliares”, em áreas de várzeas, campos artificiais e pastagens naturais. Em locais úmidos e encharcados das margens, rios e lagoas, onde ocorre uma maior sedimentação, encontra-se uma vegetação paludícola, bem como nas margens das lagoas e várzeas de canais secundários apresenta vegetação composta por gramíneas e poligonáceas, e em certos trechos do canal principal, apresenta-se bancos de areias com vegetação pouco presente (FACHINI, 2001).

Há também as formações vegetais influenciadas pelo ritmo hidrológico, principalmente pelas inundações que são freqüentes nos meses de verão, onde há um avanço das águas para as áreas onde há menos interação com o rio, ou seja, as áreas de maiores altitudes. No período úmido há uma expansão do ecossistema aquático uma vez que as áreas de água aumentam sua profundidade e as áreas úmidas sofrem alargamento. Ao mesmo tempo ocorre uma retração do ecossistema terrestre que passa a estar submerso. Nessa condição são

estabelecidas ligações entre diferentes ambientes, e a partir dessa interação uma vegetação anatômica e geneticamente modificada para essas condições é selecionada.

Embora a área passe por considerável grau de desmatamento ainda preserva um ecossistema abastado, onde a preservação e estudo fazem-se necessário para o entendimento de sua dinâmica e a conservação do patrimônio natural.



**Figura 4** – Foto retirada a margem esquerda do rio Ivinheima, área com vegetação ciliar arbórea intensa e exuberante dominada por arvoredos; estratificação com dois andares: arbóreo e arbustivo; altura média das árvores – 20m; dossel fechado, com alguns indivíduos emergentes e de copas frondosas (quadro 1). Data da fotografia 12/2006



**Figura 5** - Mata ciliar inalterada de um afluente do rio Ivinhema Data da fotografia 12/2006



**Figura 6** - Área de várzeas, vegetação rasteira dominada por gramíneas afluente do rio Ivinhema Data da fotografia 12/2006.



**Figura 7** - Afluente do rio Ivinhema a esquerda area de várzeas e a direita vegetação ciliar arbórea e arbustiva nos diques (COUTO. E.V.).



**Figura 8** - Fragmento da margem direita do rio Ivinhema desflorestada atrás do dique área de pastagem (COUTO. E.V.).

## 6. METODOLOGIA

### 6.1 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho utilizou-se de imagens de satélite MSS/LANDSAT, TM/LANDSAT E CCD/CEBERS de diferentes datas, conforme mostra a tabela 1.

**Tabela 1** - Descrição das imagens utilizadas para o levantamento; em satélite, sensor, órbita, ponto e data.

<i>Satélite</i>	<i>Órbita</i>	<i>Ponto</i>	<i>Data</i>
LANDSAT1 SENSOR MSS	240	76	1973/02/23
LANDSAT1 SENSOR MSS	240	76	1976/02/04
LANDSAT5 SENSOR TM	240	76	1981/11/23
LANDSAT5 SENSOR TM	240	76	1985/07/30
LANDSAT5 SENSOR TM	223	76	1987/03/14
LANDSAT4 SENSOR TM	224	76	1990/05/24
LANDSAT7 SENSOR ETM+	223	76	2000/05/12
CBERS2 SENSOR CCD1XS	161	125	2007/08/24

As imagens foram adquiridas da Universidade de Maryland, disponíveis no site <http://glcfapp.umiacs.umd.edu> e do catálogo do INPE (Instituto Nacional De Pesquisas Espaciais), [www.inpe.com.br](http://www.inpe.com.br).

Para o tratamento e produção dos mapas foram utilizados os softwares SPRING 4.3.3, ENVI 4.2 e Global Mapper 7.4, para análise dos dados quantitativos das geo-classes utilizou-se do Excel (oficce 2007).

### 6.2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos iniciais partiram da aquisição das imagens por meio de “download” a partir dos referidos “sites”, e a seguir, os procedimentos seguiram as seguintes etapas:

- a) Análise das datas das imagens, buscando trabalhar sempre com meses secos de inverno (junho, julho, agosto e setembro) meses de menor índice pluviométrico para melhor aquisição dos alvos em objetivo (vegetação) considerando sempre o regime das cheias para os meses de verão.
- b) Registro (georreferenciamento) das imagens de 1976 e de 2007, tendo como base as imagens de 1973 e a de 1987, que juntamente com a de 2000 estavam ortogeoreferenciadas.
- c) Seleção das imagens com maior qualidade, com pouca presença ou total ausência de ruídos (pontos totalmente brancos ou negros) que podem aparecer distribuídos aleatoriamente ou de forma sistemática (listas verticais e horizontais).
- d) Segmentação das imagens
- e) Classificação supervisionada
- f) Elaboração dos mapas temáticos

### 6.2.1 Técnica de Realce

A opção de realce de imagem escolhida foi à opção Linear. O aumento de contraste por uma transformação linear é a forma mais simples das opções. A função de transferência é uma reta e apenas dois parâmetros são controlados: a inclinação da reta e o ponto de intersecção com o eixo X (figura 9). A inclinação controla a quantidade de aumento de contraste e o ponto de intersecção com o eixo X controla a intensidade média da imagem final. A função de mapeamento linear pode ser representada por:

$$Y = AX + B$$

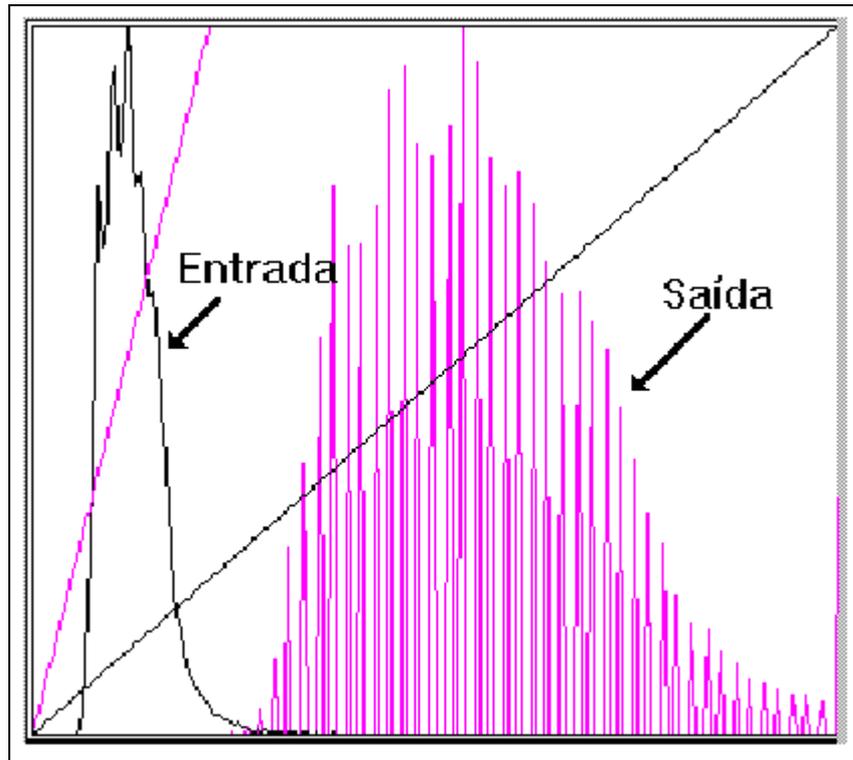
Onde:

Y = novo valor de nível de cinza;

X = valor original de nível de cinza;

A = inclinação da reta (tangente do ângulo);

B = fator de incremento, definido pelo limite mínimo e máximo fornecidos pelo usuário.



**Figura 9-** Histograma Linear fonte Tutorial Spring 4.3.3 2004.

No aumento linear de contraste as barras que formam o histograma da imagem de saída são espaçadas igualmente, uma vez que a função de transferência é uma reta. Como podemos observar na figura 9, o histograma de saída será idêntico, em formato, ao histograma de entrada, exceto que ele terá um valor médio e um espalhamento diferentes.

### 6.2.2. Segmentação

Neste processo, divide-se a imagem em regiões que podem corresponder às áreas de interesse da aplicação. Entende-se por regiões o conjunto de *pixels* contínuos, que se espalham bidirecionalmente e que apresentam uniformidade.

O crescimento de regiões é uma técnica de agrupamento de dados, na qual somente as regiões adjacentes, especialmente podem ser agrupadas neste processo de segmentação rotula-se cada pixel como uma região distinta calcula-se um critério de similaridade.

Com base no método acima descrito e de realização de testes para definir os limiares de similaridade e área (*pixel*) adotou-se os seguintes valores de similaridade:

**Tabela 2** - Representação da similaridade por área utilizada na segmentação das imagens

<b>Imagem</b>	<b>Data</b>	<b>Similaridade</b>	<b>Área</b>
LANDSAT1 SENSOR MSS	1976/02/04	03	04
LANDSAT1 SENSOR MSS	23/11/1981	03	04
LANDSAT5 SENSOR TM	30/07/1985	12	15
LANDSAT5 SENSOR TM	1987/03/14	12	15
LANDSAT7 SENSOR ETM+	2000/05/12	12	15
CBERS2 SENSOR CCD1XS	2007/08/24	07	10

Os baixos valores de similaridade implicaram em um grande número de classes fundamentais para correta identificação dos alvos espectrais da área, já o pequeno valor da área em pixel significa uma maior capacidade de distinguir elementos da planície de inundação que possuem elevada complexidade e pequena extensão.

### 6.2.3. Classificação

Quanto ao procedimento de classificação o algoritmo utilizado foi a medida da distância de Battacharya, usada neste classificador por regiões para medir a separabilidade estatística entre um par de classes espectrais. Ou seja, mede a distância média entre as distribuições de probabilidades de classes espectrais.

O princípio é análogo ao utilizado para o classificador Isoseg, porém a medida de distância usada é a distância de Battacharya. O classificador Battacharya, ao contrário do Isoseg que é automático, requer interação do usuário, através do treinamento, neste caso as amostras serão as regiões formadas na segmentação de imagens.

A interface de "Treinamento" permite dois tipos de obtenção de amostras: Aquisição e Teste. As amostras obtidas no modo Aquisição participam realmente do classificador e, as amostras obtidas no modo Teste são utilizadas apenas como estudo.

Com a definição dos algoritmos de classificação e limiar de aceitação de 99,9% definiram-se as seguintes geo-classes temáticas para iniciar o mapeamento da planície de inundação conforme mostra a tabela de geo-classes (quadro 1).

Para melhorar a acuaría do classificador no treinamento elaborou-se sub-classes de uma mesma classe para melhor distinguir as variações de respostas espectrais de uma mesma

classe, assim a classe vegetação arbustiva e gramíneas por exemplo foi dividida em (1,2 e 3) para facilitar o agrupamento das variações espectrais.

A elaboração dos mapas temáticos a partir de cada imagem classificada foi o passo seguinte, e por fim foi realizada a medida das classes para a quantificação e análise dos dados de área ocupada pelos diversos tipos de vegetação na planície.

Unidades Mapeadas	CARACTERÍSTICAS	
	Da Vegetação	Da imagem
<b>Vegetação Arbórea</b>	Vegetação exuberante dominada por árvores; estratificação com dois andares: arbóreo e arbustivo; altura média das árvores – 20m; dossel fechado, com alguns indivíduos emergentes e de copas frondosas.	Caráter contínuo, uniforme; expressão de contorno irregular; dossel fechado e ondulado, com individualização das copas mais altas; estrutura de difícil identificação densidade da cobertura alta. Cor vermelha a laranja-escuro.
<b>Vegetação arbustiva e gramíneas</b>	Vegetação dominada por arbustos e arvoretas, de 1 a 5m de altura aproximadamente; com algumas espécies com apresentação de ramificações laterais, com muitos galhos apresenta copas pouco frondosas. Vegetação rasteira ou herbácea; predomínio de gramíneas; poucas árvores ou arbustos geralmente muito espaçados.	Caráter contínuo, não uniforme; expressão de contorno irregular; dossel em degraus; estrutura não organizada. Cor laranja com tons claros. Caráter contínuo, expressão de contorno irregular, estrutura não aparente (aspecto maciço); extrato dominante rasteiro ou herbáceo; densidade de cobertura do solo muito alta, cor laranja claro nas transições com azul claro.
<b>Ressacos e Lagoas</b>	Área contínua por água, apresentando vegetação aquática ou não.	Área contínua por água, cores escuras azul escuro ou preto.
<b>Solo Exposto</b>	Área desprovida de qualquer revestimento vegetal.	Área desprovida de qualquer revestimento vegetal, cor azul claro com formatos (linear, retangular, quadrado e etc.) aparentes.

**Quadro 1** - geo-classes para a vegetação da planície de inundação do alto rio Paraná, Adaptado de Correa (1998)

#### 6.2.4. Medidas de Classes

Um plano de informação temático pode conter as representações matriciais (raster) e vetoriais. Após a digitalização dos dados de um plano de informação temático (pontos, linhas e polígonos), pode-se converter a representação vetorial em matricial, e dispor das duas para o mesmo PI.

Eventualmente, pode-se obter um plano de informação temático somente com a representação matricial resultante, por exemplo, de um cruzamento de outros dois PI's, ou da classificação de imagens digitais. Este PI temático poderá também ser convertido de matricial para vetorial.

O relatório de medidas de classes apresenta os valores de área e comprimento caso a representação seja vetorial, e somente área caso da representação matriz (imagem temática), ambos em quilômetros quadrados.

O valor de área é apresentado para cada classe, o total das classes, o total dos polígonos não classificados e a área total do PI temático que estiver ativo. Caso o PI tenha as duas representações, isto é, matricial e vetorial, pode-se obter um relatório das duas para efeito de comparação. Já o valor de comprimento das classes somente será apresentado quando houver linhas vetoriais associadas a classes temáticas.

## 7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 7.1. MONITORAMENTO 1976 A 2007 E AS ALTERAÇÕES VEGETAÇÃO

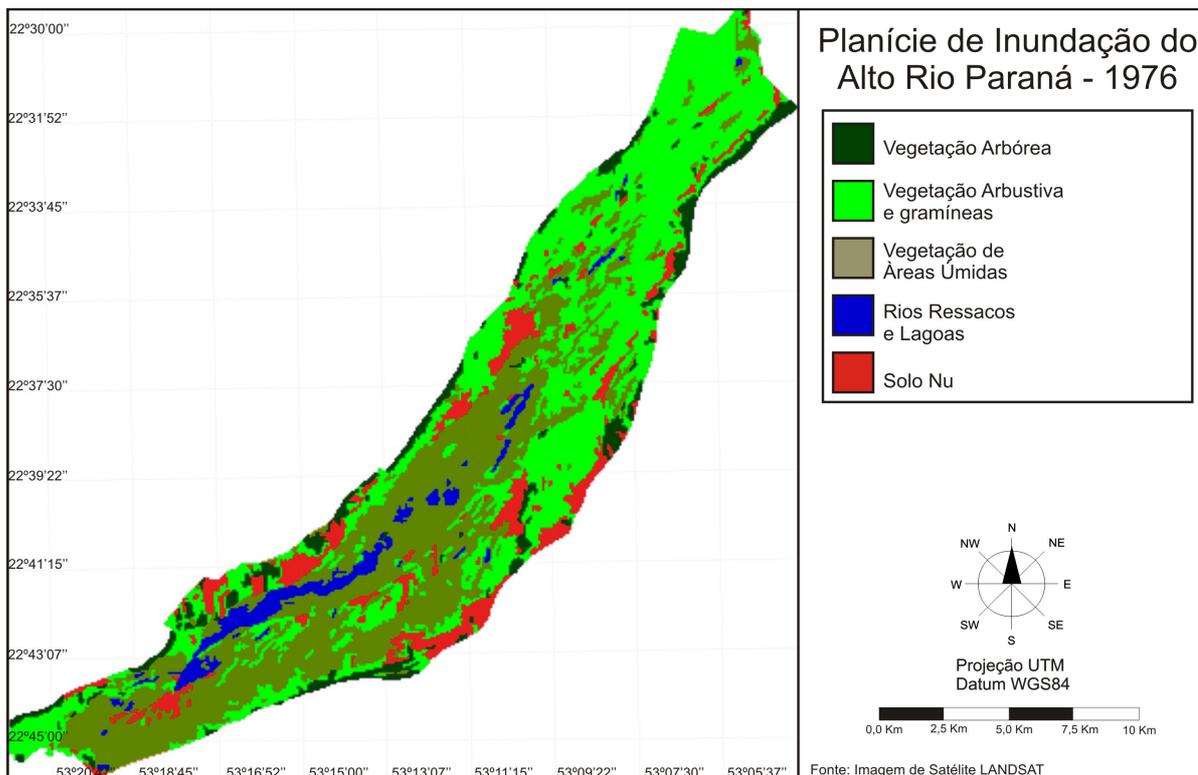
No período anterior a 1950 a planície era revestida por uma vegetação primitiva composta por vegetação arbustiva e gramíneas, por vegetação de áreas úmidas e encharcadas e por vegetação arbórea densa, dominante apenas nas áreas mais altas da planície Souza Filho (1993) Corrêa (1998).

A partir da década de 1950 a ocupação humana passou a ser mais intensa e o desflorestamento aumentou. A Tabela 3 mostra as modificações do grau de cobertura vegetal nas ilhas Porto Rico, Mutum e Carioca Souza Filho e Corrêa (1999).

**Tabela 3** - Área de vegetação preservada (porcentagem). (SOUZA FILHO & CORRÊA, 1999).

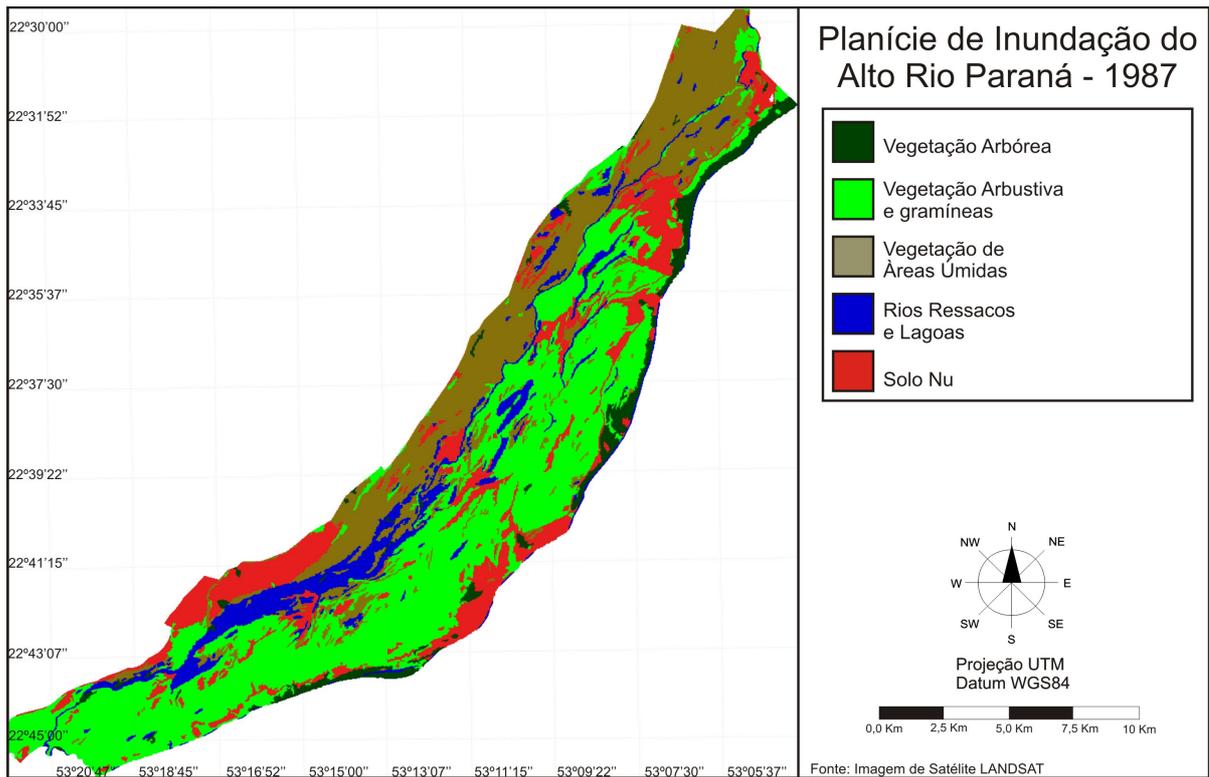
	1953	1965	1970	1980	1996
<b>Mutum</b>	93,2	66,0	43,7	39,6	15,0
<b>Carioca</b>	100,0	81,6	67,1	57,4	18,3

Em fevereiro de 1976, a planície era dominada por vegetação arbustiva e gramíneas, e por vegetação de áreas úmidas (Figura 10). A essa época a área de solo exposto já era maior que a área de vegetação arbórea, e as áreas de vegetação de áreas úmidas distribuía-se em torno dos corpos de água. A maior parte da área de solo exposto ocorria em antigas áreas de vegetação arbórea, e em antigas áreas de vegetação arbustiva e gramíneas.



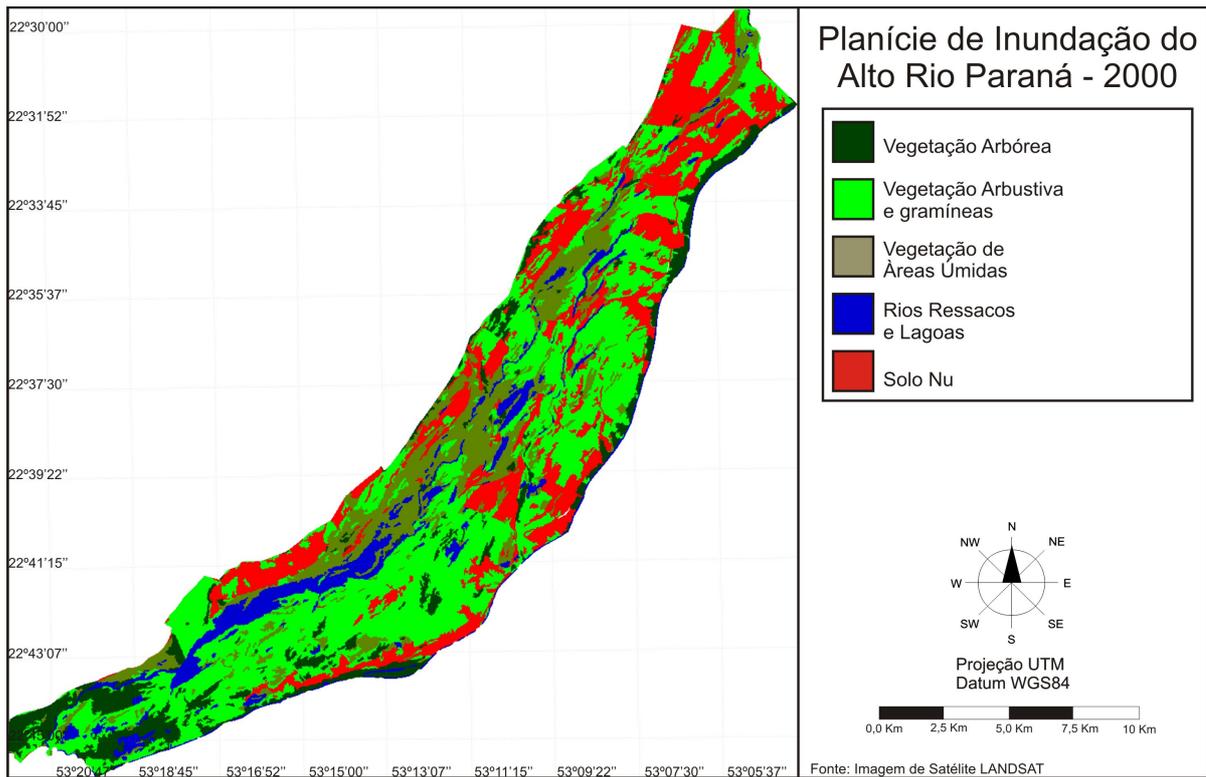
**Figura 10** – Mapa da cobertura vegetal da planície do rio Paraná em 4 de fevereiro de 1976

Em março de 1987, a área de vegetação arbustiva e gramíneas havia aumentado, assim como as áreas de solo exposto e de corpos de água (Figura 11). A superfície ocupada por vegetação de áreas úmidas teve seu tamanho reduzido, e passou a ocupar a porção leste e norte da área estudada. A expansão da área de solo exposto ocorreu principalmente pela remoção da vegetação arbustiva e de gramíneas e pela remoção da vegetação arbórea.



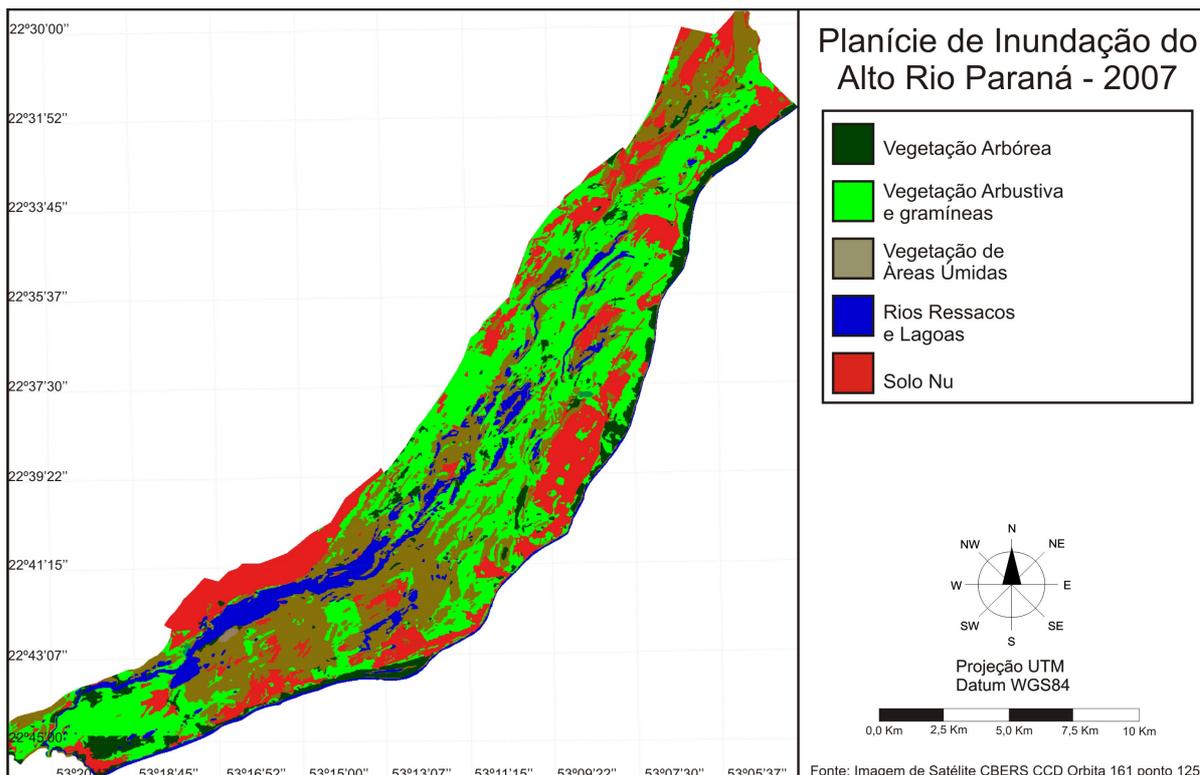
**Figura 11** – Mapa da Cobertura Vegetal da planície do rio Paraná em 14 de março de 1987

Em maio de 2000, as áreas de solo exposto e de vegetação arbórea aumentaram, enquanto as áreas das demais classes diminuíram (Figura 12). As áreas úmidas diminuíram principalmente na parte norte da planície, dando lugar a solo exposto e à vegetação arbustiva e gramíneas. A expansão da área de solo exposto ocorreu pela ocupação da referida classe e da área de vegetação arbustiva.



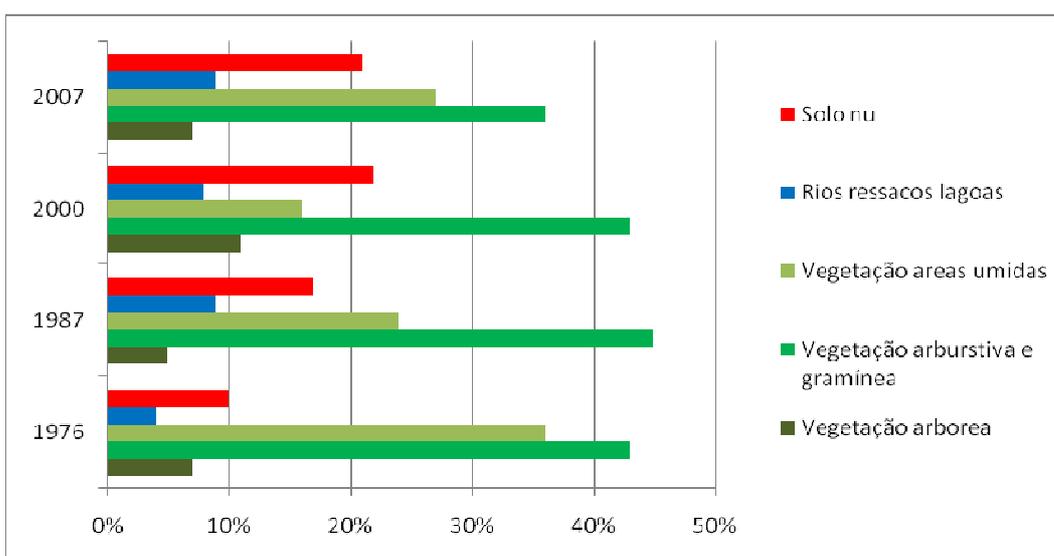
**Figura 12** – Mapa da cobertura vegetal da planície do rio Paraná em 12 de maio de 2000

Por fim, em agosto de 2007, apenas as áreas de ocorrência dos corpos de água e de vegetação de áreas úmidas tiveram aumento de tamanho (Figura 13). Contudo, a distribuição da área de ocorrência de vegetação arbórea, das áreas úmidas e de solo exposto foi modificada. As áreas úmidas voltaram a ocorrer na porção sul da planície, e expandiu-se na em sua parte norte.



**Figura 13** – Mapa da cobertura vegetal da planície do rio Paraná em 24 de agosto de 2007

A variação da área estimada de cada unidade de mapeamento encontra-se na figura 14. Pelo que pode ser observado, a ocupação da planície continuou aumentando por todo período, e apenas em 2007 houve redução da área de solo exposto, e ainda assim, essa diminuição ocorreu graças à expansão das áreas úmidas na parte norte da planície.



**Figura 14** – Percentual estimado da área ocupada pelas unidades de vegetação na área estudada da planície de inundação do alto Rio Paraná

A variação de área dos corpos de água e da vegetação de áreas úmidas está relacionada à dinâmica fluvial do rio Paraná, do rio Ivinheima e do rio Baía Comunello (2001). À medida que há aumento da descarga do rio Paraná, os corpos de água e as áreas úmidas têm sua área de ocorrência ampliada, seja pela elevação do freático, seja pelo impedimento do fluxo do rio Baía ou do Ivinheima, ou ainda pela entrada de água do próprio rio Paraná na planície. Por outro lado, quando a descarga fluvial do rio Paraná diminui, a área de ocorrência dos corpos de água e das áreas úmidas também regride, uma vez que o nível do lençol freático abaixa e o escoamento nos rios Baía e Ivinheima torna-se mais eficiente.

O aumento da descarga do rio Ivinheima produz efeito semelhante, mas atinge apenas a parte da planície situada a sul da área de estudo. Tanto no caso do rio Paraná como no caso do rio Ivinheima, as cheias são o resultado da precipitação pluvial nem toda a bacia situada à montante. Contudo, a elevação do nível de água do rio Baía é causada pela precipitação local, e dessa forma pode haver ampliação da área dos corpos de água e das áreas úmidas sem que o rio Paraná esteja com descarga acima do normal.

Portanto, para analisar as variações da área de ocorrência das duas unidades de mapeamento mencionadas, é necessário conhecer o nível do rio Paraná na data da obtenção de cada imagem (Tabela 5), e as variações de nível dos dias anteriores, uma vez que caso a descarga esteja em recessão, parte da água pode continuar na planície, já que seu escoamento e o abaixamento do freático são mais lentos que as variações do canal fluvial.

**Tabela 5** - Níveis fluviométricos registrados na Estação de Porto São José na data da obtenção das imagens utilizadas.

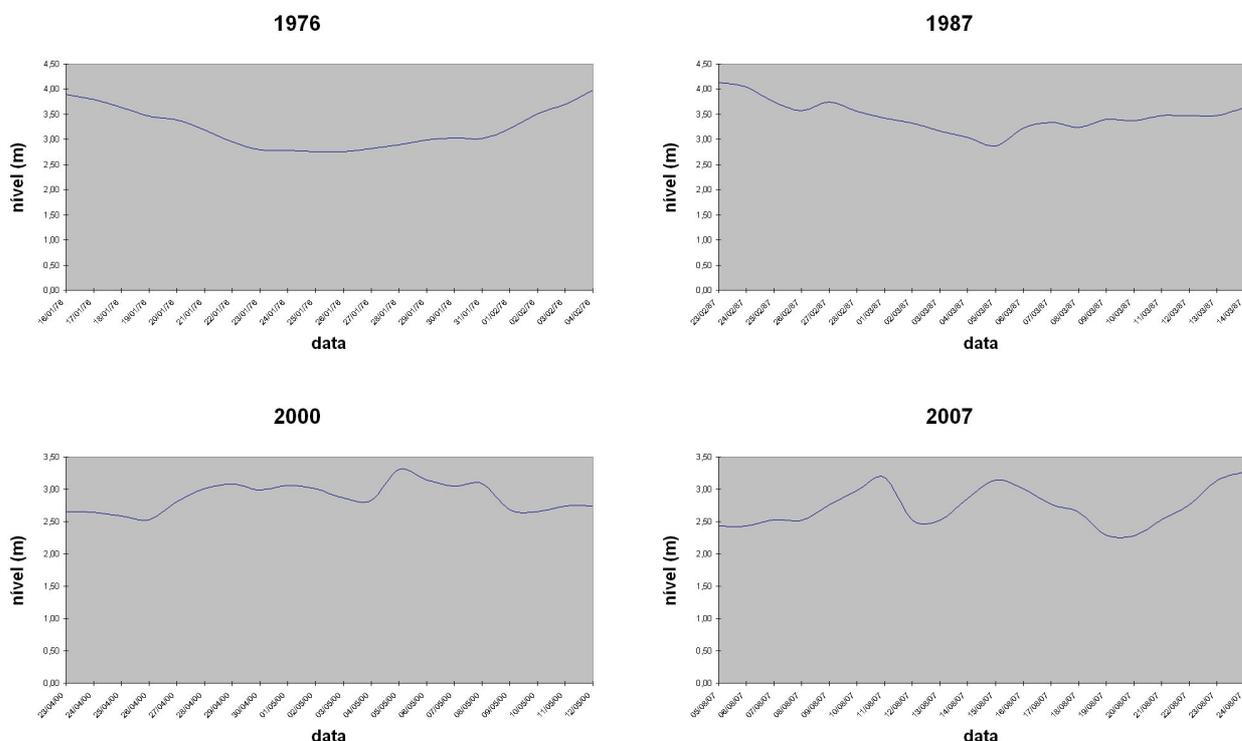
data	Nível (m)	Tendência
04/02/1976	3,98	aumento
14/03/1987	3,63	aumento
12/05/2000	2,74	diminuição
24/08/2007	3,27	aumento

Considerando-se apenas o nível fluviométrico do rio Paraná, a área ocupada pelos corpos de água deveria ser maior no mapa de 1976, já que o dia 04/02/1976 é o que tinha maior descarga fluvial dentre os quatro analisados. Contudo, pelo exposto na figura 14, este é justamente o dia em que os corpos de água ocupam a menor área dentre as quatro imagens utilizadas.

A análise do comportamento do nível fluviométrico nos dias anteriores (Figura 15) mostra que em todos os casos havia uma tendência de aumento da descarga fluvial, com exceção de 12/05/2000 (Tabela 5), cuja série anterior mostra que o nível do rio estivera em 3,31 metros em 05/05/2000, e havia regredido para 2,68 metros em 09/05, e a partir deste dia mostrava pequena variação diária.

Uma vez que entre o ano de 1976 e o ano de 1987 a área dos corpos de água aumentou consideravelmente, mesmo em valores de descarga mais baixos, apresenta uma modificação da morfologia da planície nesse intervalo de tempo. O que aponta para a cheia de 1982/1983, a maior já registrada no rio Paraná tenha sido responsável por tal modificação.

Se for o caso, a variação de área dos corpos de água no período posterior a 1983 deve acompanhar a variação do nível do rio. A Figura 15 mostra que em março de 1987 e em agosto de 2007, as áreas ocupadas pelos corpos de água nas duas datas eram equivalentes, e em maio de 2000, ela era menor que as das duas datas mencionadas. Essa situação pode ser resultado de duas condições: a diferença do nível de água em 14/03/1987 e em 24/08/2007 não é significativamente grande para provocar diferença sensível na área dos corpos de água; ou as cheias que ocorreram entre ambos os períodos que modificaram a morfologia da planície.



**Figura 15** – Nível fluviométrico do rio Paraná na estação de Porto São José no dia da obtenção das imagens utilizadas, e nos dezenove dias anteriores

As áreas de ocorrência de charcos mostram uma boa relação com o nível do rio Paraná nos anos de 1976, 1987 e 2000, porém, isso não ocorre para o ano de 2007 (Figura 14, tabela 5). Uma vez que nessa data o nível do rio estava em ascensão (Figura 15) e que não houve precipitação no período anterior à data da tomada de imagem (de acordo com os dados das estações meteorológicas de Porto Rico e do rio Baía) é provável que as cheias entre 1987 e 2007 tenham modificado a morfologia da planície. As diferenças entre as distribuições das áreas úmidas em 1987 (Figura 11), 2000 (Figura 12) e 2007 (figura 13) aparentemente corroboram esta afirmação.

Por fim, as variações da área ocupada pela vegetação arbórea indicam que a criação das unidades de conservação em 1997 e 1998 não surtiu o efeito esperado, visto que o aumento de área registrado em 2000 não poderia ter sido causado pelas medidas de preservação, face ao pequeno intervalo de tempo, e os dados de 2007 mostram uma considerável redução de área, quando comparados com os dados do ano 2000.

## 7.2 ANÁLISE DOS EFEITOS DAS CHEIAS DE 1982/1983

Formações vegetais situadas em áreas com alto grau de modificações nunca atingem uma condição de equilíbrio estável, devido à dinâmica de distúrbios naturais e as sazonalidades do ambiente são mais rápidas que as taxas de recuperação Connell (1978).

Estudos sobre as conseqüências os pulsos de inundações causam na diversidade de *habitats* e comunidades de vegetação nas florestas alagadas são ferramentas importantes para propostas de restauração desses ecossistemas; assim como também indicam a sustentabilidade da diversidade do local ao longo do tempo Richards *et al.*, (2002).

Nas áreas de planícies inundacionais, as modificações das diversidades de espécies estão correlacionadas com a diminuição da altura da inundação e da dinâmica fluvial Comunello (2001).

As dinâmicas geomorfológicas fluviais, juntamente com as inundações anuais, geram mudanças na planície e outros fatores são influências determinantes na diversidade e riqueza de espécies dessas áreas.

Estudos sobre inundações e suas implicações na planície do alto rio Paraná, já vem sendo temática de interesse de outros pesquisadores, destaca-se o trabalho de Comunello (2001), realizado nas proximidades do município de Porto Rico – PR, e que teve como objetivo “*caracterizar a dinâmica de inundação, de áreas sazonalmente alagáveis do alto Rio Paraná*”. Comunello realizou importantes análises estatísticas, a partir de dados de altura da

lâmina d'água dos Rios Paraná e Ivinhema. Seus resultados esclarecem os sistemas de inundação: o primeiro é controlado pelo nível das águas do Rio Paraná; o segundo é controlado pelo Rio Ivinhema; o terceiro é controlado pela ação conjunta de ambos os rios.

Em seguida, Rocha (2002) delinea questões referentes à “dinâmica dos canais na planície fluvial do Rio Paraná”. O autor delimitou três zonas inundáveis na planície fluvial, tomando por base os pulsos hidrológicos dos rios Paraná e Ivinhema.

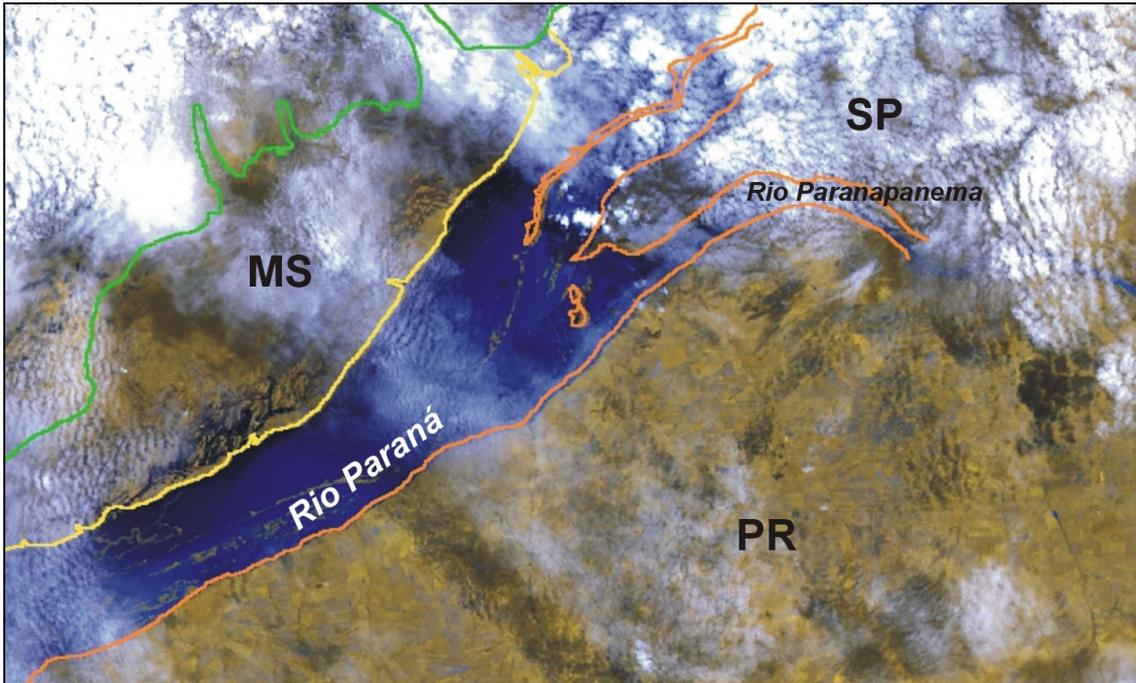
A estas zonas inundáveis, atribuiu os nomes de Zona de Inundação do Rio Paraná, Zona de Inundação do Rio Ivinhema e Zona de Inundação do Rio Baía. Dando seqüência aos trabalhos realizados anteriormente, Rocha (2002) apresenta novos argumentos que reforçam a existência de sistemas de inundação interdependentes. Ainda neste trabalho, o autor determinou, para duas estações fluviométricas existentes na área de estudo, as classes de níveis d'água consideradas importantes no processo de inundação.

Partindo da necessidade de “*uma delimitação clara dos limites espaciais das áreas inundáveis do sistema fluvial Paraná/Ivinhema*” e uma “*determinação do período de retorno provável destas inundações*” Meurer (2005) elabora um trabalho que valendo-se dos procedimentos metodológicos propostos por Lambert (1990) Lambert et. al. (1998) e Lambert e Prunet (1999) apud Meurer (2005), contribui para o melhor entendimento deste sistema fluvial.

Os autores citados já apresentavam uma preocupação com respeito às alterações ocorrentes nas formações vegetais da planície, entretanto, nenhum estudo direcionado a esta temática fora realizado até o momento.

Conforme descreve Meurer (2005) a cheia de 1982/1983 inundou toda a calha fluvial e atingiu parte do terraço baixo do rio Paraná (Figura 16), estabelecendo o que foi chamado de conexão superficial (NEIFF, 1990 apud COMUNELLO, 2001), em toda a planície.

Sobre esse grande evento inundacional Meurer (2005) apresenta em sua pesquisa o registro do satélite LANDSAT TM 4 sobre uma composição falsa cor de 27/02/1983, (figura 16) nessa data de passagem o satélite registra o pico da grande cheia.

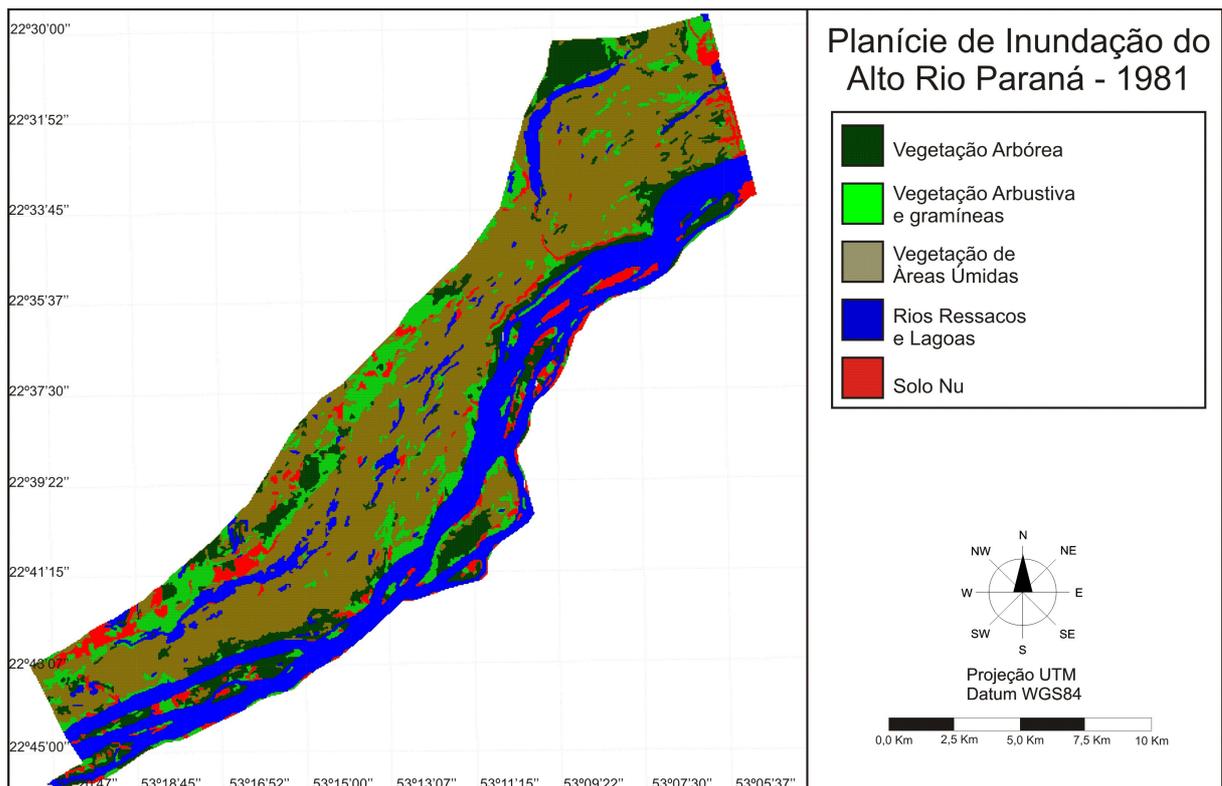


**Figura 16** - Imagem da área de estudo durante a cheia (MEURER, 2005), Composição falsa cor, satélite Landsat 4, R[4] G[2] B3, de 27/02/1983. Maior cheia já ocorrida na Região de Porto Rico – PR, em consequência do El Niño. A linha verde marca o limite da zona inundável por elevação do lençol freático; a linha amarela marca a encaixante de pente suave; a linha laranja marca a encaixante de pente abrupta.

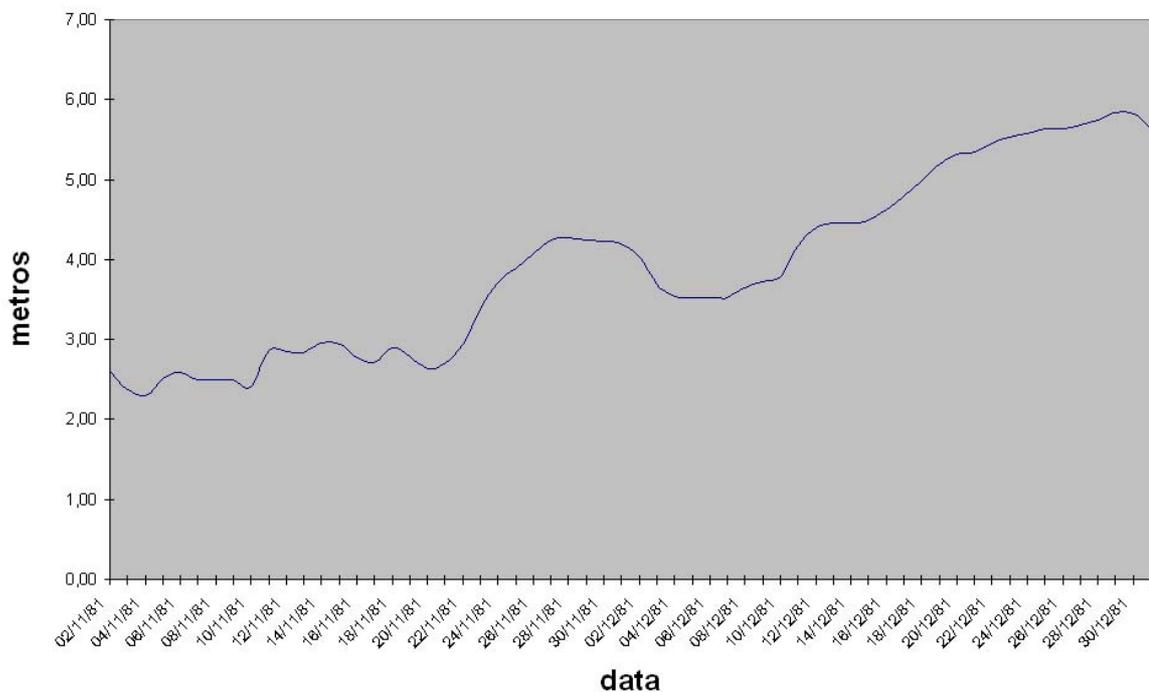
Conforme mencionado, o mapa da cobertura vegetal existente na planície fluvial antes da cheia de 1982/1983 (Figura 17) foi obtido a partir de imagem MSS de 1981. Na data da passagem do satélite, (23/11/1981), o nível médio diário registrado na estação de Porto São José era de 3,38 metros, equivalente à vazão de 8.900 m<sup>3</sup>/s, ou seja próximo à média diária anual da estação.

O que chama a atenção na distribuição da cobertura vegetal é o amplo domínio da vegetação de áreas úmidas em uma condição de descarga em nível médio. Este domínio poderia ser facilmente explicado caso as águas do rio estivessem baixando após uma cheia, mas, no presente caso, a descarga fluvial ainda estava aumentando, conforme pode ser verificado na Figura 18.

Dessa forma, o domínio de áreas úmidas pode indicar que à época, a relação canal-planície fazia com que as áreas úmidas fossem consideravelmente expressivas.



**Figura 17** - Mapa de vegetação gerado a partir da imagem de 23/11/1981, órbita 240 ponto 076, sensor MSS, LANDSAT 2

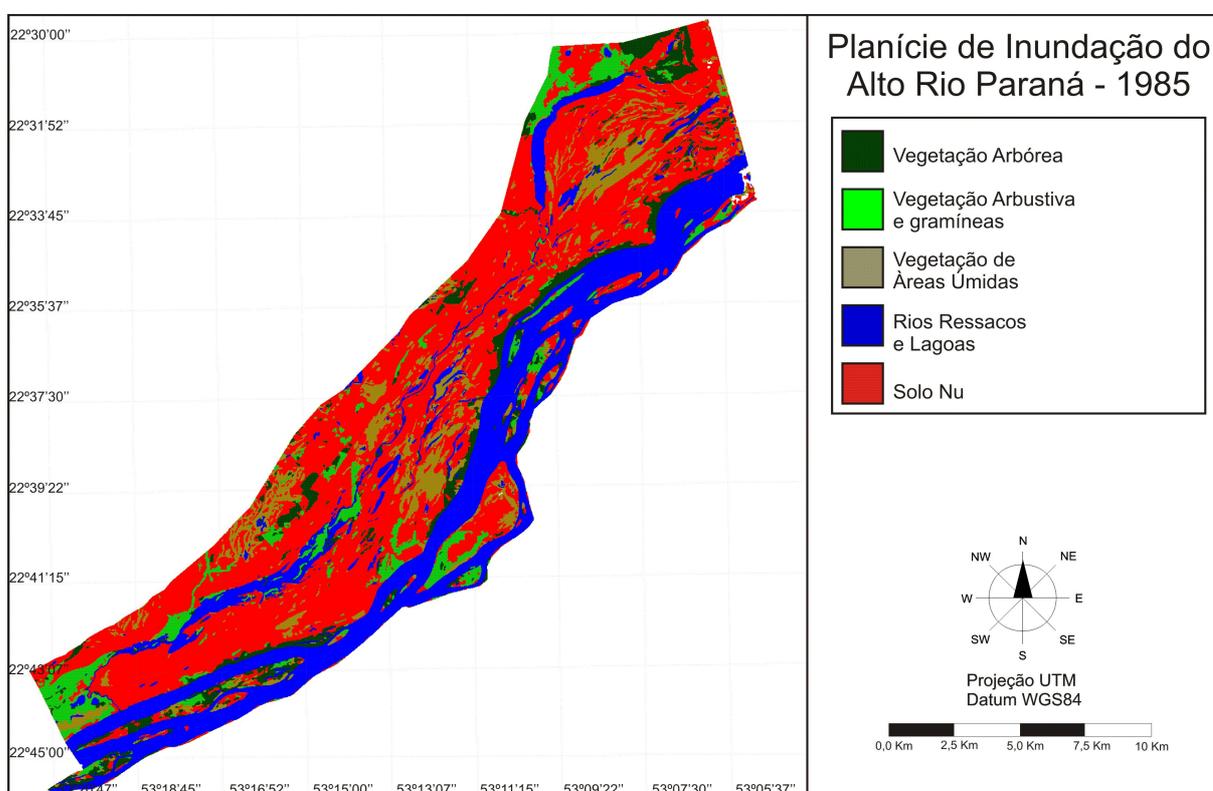


**Figura 18** – Variação do nível médio diário na Estação Fluviométrica de Porto São José nos meses de novembro e dezembro de 1981

A comparação com a classificação realizada na imagem MSS de 1976 mostra que as áreas úmidas já eram bastante significativas no meio da década de 1970 (Figura 10), embora

elas não predominassem na parte situada mais à montante. Tal situação confirma as condições de maior umidade na planície à época.

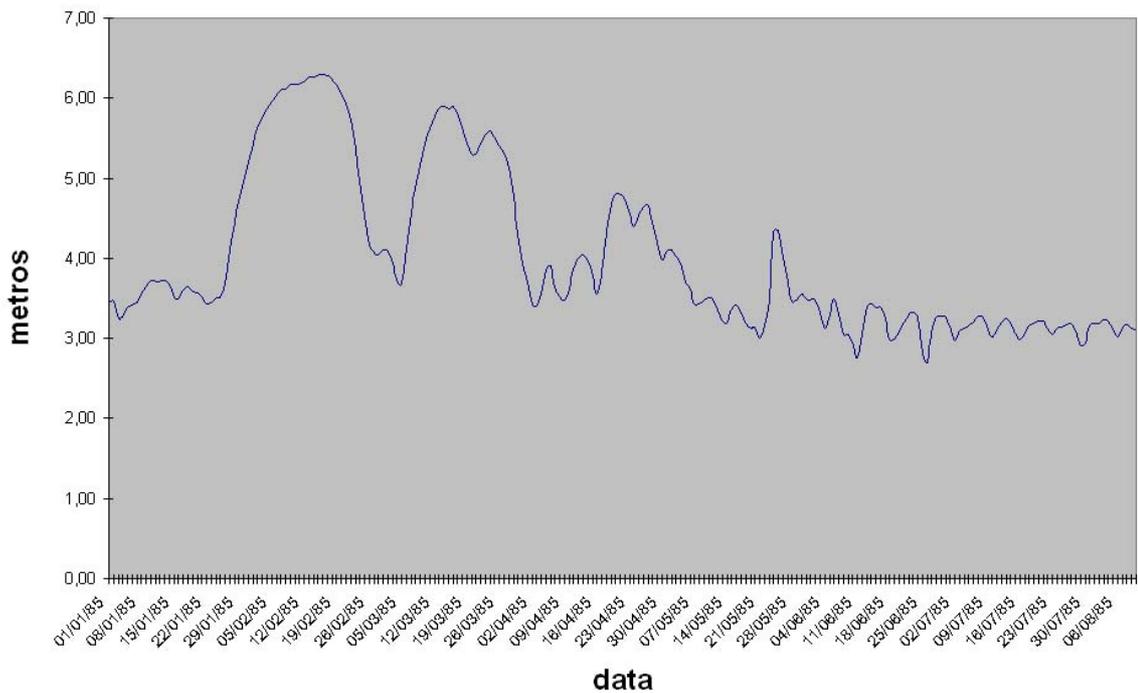
A situação da cobertura vegetal da planície fluvial do rio Paraná depois da cheia de 1982/1983 encontra-se na figura 19. A imagem foi obtida em 30/07/1985, quando o nível médio diário em Porto São José era de 2,94 metros, equivalente a uma descarga média diária de 7 900 m<sup>3</sup>/s. Nesse caso, o que chama a atenção é a grande área de solo exposto. À primeira vista, o domínio de solo exposto poderia ser relacionado à ocupação antrópica, mas como será visto à frente essa não é a causa.



**Figura 19** - Mapa de vegetação gerado a partir da imagem de 30/07/1985 órbita 223 ponto 076, sensor TM, LANDSAT 5.

A imagem de 1985 foi obtida após um período de cheia que apresentou três eventos distintos, e o último deles prolongou-se até maio (figura 20). Em 1985 as águas permaneceram acima do nível de 3,5 metros (em Porto São José) por cerca de 115 dias e acima do nível de 4,6 metros por 55 dias (SOUZA FILHO, 2008).

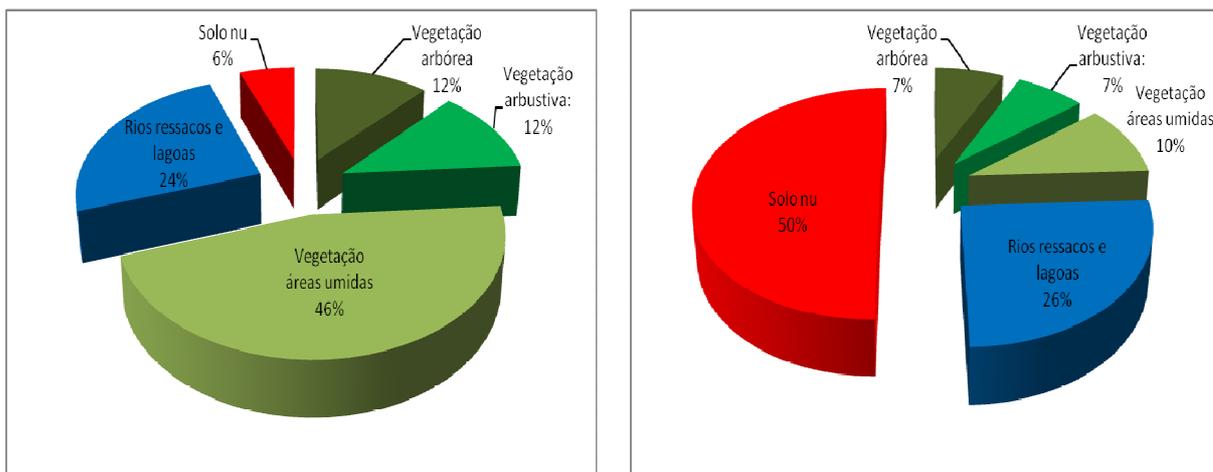
A prolongada permanência de águas altas pode ter afetado a vegetação arbustiva e de gramíneas, conforme ocorreu em 2007 (HAYAKAWA *et al*, 2008), e a recuperação dessa vegetação ainda não havia ocorrido no final de julho, quando houve o imageamento.



**Figura 20** - Variação do nível médio diário na Estação Fluviométrica de Porto São José nos meses de janeiro a agosto de 1985

A observação da distribuição da cobertura vegetal em 1987 (Figura 11), mostra a recuperação da vegetação, e um conjunto de áreas com solo exposto com formas geométricas que evidenciam a proporção da ação humana na retirada da vegetação. Tal informação corrobora a possibilidade de que grande parte da área de solo exposto exibida na figura 19 tenha sido resultado de causas naturais (cheia prolongada).

A comparação dos valores percentuais das diferentes classes de vegetação está apresentada na Figura 21. A comparação entre as porcentagens indica que houve uma diminuição da área ocupada pela vegetação arbórea, pela vegetação arbustiva, pelas áreas úmidas e, por fim, um aumento da área de solo exposto e da área ocupada pelos corpos de água.



**Gráfico - 3** – Porcentagem relativa da área ocupada por cada classe de vegetação em relação à área total da área de estudo em novembro de 1981 e em julho de 1985

O considerável aumento da área de solo exposto já foi discutido, assim como a diminuição da vegetação arbustiva e de gramíneas. A diminuição das áreas úmidas pode ser explicada pela diferença entre o nível da água do rio Paraná nas datas de imageamento. Contudo, a redução da área de vegetação arbórea pode estar relacionada ao desmatamento, visto que parte da área ocupada por essa classe em 1981 (Figura 17) encontra-se em área ocupada por solo exposto em 1985 e em 1987 (figuras 19 e 11).

Aparentemente há uma dinâmica de expansão e retração da área de solo exposto, da área de vegetação de áreas úmidas e de áreas de vegetação arbustiva e gramíneas. Quando há uma cheia de magnitude significativa a vegetação arbustiva e as gramíneas são afetadas, e quando as águas baixam a superfície da planície fica exposta. À medida em que a vegetação se recupera e o período de cheia se instala, a vegetação de áreas úmidas diminui sua área de ocorrência (devido ao abaixamento do freático), e há um aumento da área ocupada pela vegetação arbustiva e de gramíneas.

O aumento da área de corpos de água somente pode ser explicado por meio da ação fluvial durante a cheia de 1982/1983, porque o menor nível da água em julho de 1985 deveria ser responsável pela diminuição da área ocupada pelos rios, ressacos e lagoas. Tal modificação já havia em imagens de 1976 e de 1987.

Portanto pode-se afirmar que a distribuição da vegetação nas florestas alagadas é determinada por diversos fatores, entre eles a duração das fases terrestre e aquática e a estabilidade do hábitat, influenciado pelos processos de erosão e sedimentação, promovendo uma zonação característica de grupos de espécies ao longo do gradiente de inundação Junk e Piedade (1997) Wittmann e Junk (2003) e Wittmann *et al.*, (2004).

## **8. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados demonstram que a área estudada é dominada por vegetação arbustiva e gramíneas, e por vegetação de áreas úmidas. As áreas de solo exposto mostram um crescimento constante desde 1976, e considerando os dados de Corrêa (2001), desde 1953.

No intervalo entre 1976 e 1987 a ocupação expandiu-se às custas da vegetação arbórea e da vegetação de áreas úmidas, já no intervalo entre 1987 e 2000, houve recuperação da vegetação arbórea e ocupação de áreas de domínio de vegetação de áreas úmidas.

Os dados obtidos pela utilização de imagens de sensores remotos revelam sua eficácia, pois em caso de estudos de eventos ocorridos no passado e de grandes proporções como as inundações de 1982 e 1983, é possível o resgate das informações anteriores e posteriores ao evento, podendo assim elucidar a problemática a partir do confrontamento dos dados.

A análise de dados orbitais multitemporais é uma excelente ferramenta para auxiliar estudos geomorfológicos e biogeográficos, ao estender informações pontuais de uma área para um contexto geográfico e histórico mais amplo.

## 9. BIBLIOGRAFIA

- ALTO, R.; MAURICE-BOURGOIN, L.; DUNNE, T.; MONTGOMERY, D. R.; NITTOUER, C. A.; GUYOT, J. L. 2003. **Episodic sediment accumulation on Amazonian flood plains influenced by El Niño/ Southern Oscillation.** *Nature*, 425: 493-497.
- AB'SABER, A.N. 2000. **O suporte geocológico das florestas beiradeiras (ciliares).** In: Rodrigues, R.R.; Leitão Filho, H. de F. (Eds). *Matas Ciliares: conservação e recuperação.* Edusp/Fapesp, São Paulo. p.15-43.
- AYRES, J. M. 1993. **As matas de várzea do Mamirauá.** MCT/CNPq. *Sociedade Civil Mamirauá* (ed.) Estudos de Mamirauá, Brasília, 123p.
- CAMPOS, J.B.; SOUZA, M.C. \_ 1997. **Vegetação.** IN VAZZLER A.E.A.; AGOSTINHO, A.A.; HAHM, N.S.(EDS)\_ **A Planície de Inundação do Alto Rio Paraná\_ Aspectos físicos, biológicos e econômicos** – EDUEM- NUPELIA- Maringá – 460p.
- CHRISTOFOLETTI, A. 1981. **Geomorfologia fluvial: o canal fluvial.** Edgard Blucher, São Paulo. 313pp.
- COUTO, Edivando Vitor do ; SOUZA FILHO, E.E. ; HAYAKAWA, E. H. . **Análise Multitemporal da Vegetação da Planície Aluvial do Alto Rio Paraná (MS/PR).** In: **III Workshop site 6 A Planície Alagavel do Alto rio Paraná: Conservação e Biodiversidade**, 2008, Maringá. III Workshop site 6 A Planície Alagavel do Alto rio Paraná: Conservação e Biodiversidade, 2008.
- CORREA, G.T.2002. **Interações mesológicas da vegetação no ambiente ribeirinho** Maringá, Monografia (Exame de qualificação do doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) – Departamento de Biologia, Universidade Estadual de Maringá. 56p.
- CORREA, G.T.1998. **“Formações vegetais associadas à cursos fluviais”**, Maringá, Monografia (Exame de qualificação do Mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) – Departamento de Biologia, Universidade Estadual de Maringá. 43p.
- COMUNELLO, E. 2001. **Aplicações potenciais do Sensoriamento Remoto Orbital nos estudos da planície de inundação do alto rio Paraná.** Maringá, p. Monografia (Exame de qualificação do Mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) – Departamento de Biologia, Universidade Estadual de Maringá. 46p.
- CONNELL, J.H. 1978. **Diversity in tropical rain forests and coral reefs.** *Science*, 199: 1302-1310.
- CRISTOFOLETTI, A. 1981. **Geomorfologia fluvial**, v. 1 O canal fluvial, São Paulo: Edgar Blucher, 313p.
- FURCH, k. 1984. **Water chemistry of the Amazon basin: The distribution of chemical elements among freshwaters.** in: Sioli, H. (Eds). *The Amazon: Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin.* Vol.56. Dr W. Junk Publishers, Dordrecht, The Netherlands. p. 167-199.

FURCH, K. 1997. **Chemistry of várzea and igapó soils and nutrient inventory of their floodplain forests.** In: Junk, W. J. (Ed). *The central amazon floodplain: Ecology of a pulsing system.* Ecological Studies, Vol. 126. Springer, Berlin, pp. 47-67.

FACHINI, M.P. 2001. **Fitofisionomia e levantamento florístico sobre em transectos na Planície de Inundação do Alto Rio Paraná.** Dissertação (Mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) – Departamento de Biologia, Universidade Estadual de Maringá. 68p.

HAYAKAWA, E. H., PRADO, B. R., SOUZA FILHO, E. E., & COUTO, E. V. **Avaliação do Uso de MAXVER e de ISOSEG para o Estudo do Uso e Ocupação do Solo da Planície Fluvial do rio Paraná (PR-MS).** Acta Scientiarum Technology, 2008 (encaminhado), 14 pp.

HESS, L.L.; MELACK, J.M.; NOVO, E.M.L.M.; BARBOSA, C.C.F.; GASTIL, M. 2003. **Dual-season mapping of wetland inundation and vegetation for the central Amazon basin.** Remote Sensing of Environment, 87(4):404-428.

IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), 2000 [on line] **Unidades de Preservação Ambiental.** [www.ibama.gov.br/unidades](http://www.ibama.gov.br/unidades).

IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1991. **Geografia do Brasil – Região Norte.** Superintendência de Estudos Geográficos e Sócio-Econômicos – Departamento de Geografia, Rio de Janeiro, Vol. 1. 466p.

INPE/CPTEC, 2006. Instituto nacional de pesquisas espaciais. Ministério da Ciência e Tecnologia. <http://www.inpe.gov.br>. Consultado em: 25/05/2008.

JUNK, W. J. (ed.). **The central amazon floodplain: Ecology of a pulsing system.** Ecological Studies, Vol. 126. Springer, Berlin, p. 23–46.

ITC. 2004. **Principles of remote sensing.** The International Institute for Geo-Information Acience and Earth Observation – ITC, Enschede, The Netherlands, 250p.

JUNK, W. J. 1993. **Wetlands of tropical south America.** In: Wigham, D. F.; Dykjoiva, D.; Hejny, S. (Eds). *Wetlands of the World: Inventory, ecology and management.* Kluwer Academic Publishers, Boston/USA. p. 682-696.

JUNK, W. J. 1997. **The central amazon floodplain: Ecology of a pulsating system.** *Ecological Studies*, vol. 126. Springer, Berlin, 525 p.

JUNK, W. J.; BAYLEY, P. B.; SPARKS, R.E. 1989. **The flood pulse concept in river floodplain systems.** *Proceedings of the international large river symposium:* 110-127.

JUNK, W.J.; PIEDADE, M.T.F. 2005. **Amazonian wetlands.** In: Fraser, L.H., Keddy, P.A. (Eds.): *Large Wetlands: Their Ecology and Conservation.* Cambridge University Press, Cambridge, UK, p. 63-117.

MEURER, M. 2004. **Regime de cheias e cartografia de áreas inundáveis no alto rio Paraná, na região de Porto Rico – PR** Dissertação (Mestrado em Geografia) Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá. 57p.

MOREIRA, M.P. 2001. *Uso de sensoriamento remoto para avaliar a dinâmica de sucessão secundária na Amazônia Central*. Master's Thesis, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas. 112p.

NEIFF, J.J.; IRIONDO, M.H.; CARIGNAN, R. 1994. **Large tropical south american wetlands: na overview**. In: Link, G.L.; Naiman, R.J. (Eds) The ecology and management of aquatic-terrestrial ecotones. Proceedings book, University of Washington, Seattle. pp. 156-165.

PIEIDADE, M. T. F.; JUNK, W. J.; PAROLIN, P. 2000. **The flood pulse and photosynthetic response of trees in a withe-water floodplain (várzea) of the Central Amazon, Brazil**. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, (27): 1-6.

PONZONI, F.J. 2001. **Comportamento espectral da vegetacao**. In: Meneses, P.R.; Netto, J.S.M. (Eds). *Sensoriamento remoto – reflectância dos alvos naturais*. 1ªed. UnB/Embrapa. p.157-202.

PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.E. 2007. **Sensoriamento remoto aplicado ao estudo da vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, Vol. 1. 135p.

RICHARDS, K.; BRASINGTON, J.; HUGHES, F. 2002. **Geomorphic dynamics of floodplains: implications and a potential modelling strategy**. *Freshwater Biology*, 47: 559-579.

ROCHA, P.C. 2002. **Dinâmica dos Canais no Sistema Rio-Planície Fluvial do Alto Rio Paraná, nas Proximidades de Porto Rico-PR** 171 f. Tese (Doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) - Universidade Estadual de Maringá, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

SOUZA FILHO, E. E. **Evaluation of the Paraná River discharge control on Porto São José Fluviometric Station (State of Paraná - Brazil)**. The Brazilian Journal of Biology, 2008 (no prelo), 28 pp.

SIOLI, H. 1957. **Sedimentation im Amazonasgebiet**. *Geologische Rundschau*, 45: 608-633.

SOUZA FILHO, E. E. 1993 **Aspectos da geologia e estratigrafia dos depósitos sdimentares do rio Paraná entre Porto Primavera (MS) e Guaíra (PR)**. Inst. Geoc., USP, tese de doutorado, São Paulo, 1993, SP, 214 pp.

SOUZA FILHO, E E; STEVAUX, J.C. 2003. **Relatório PELD, meio físico**, [www.uem.nupelia/peld](http://www.uem.nupelia/peld).

SOUZA FILHO, E.E. & CORRÊA, G.T.. **Comparação Entre as Variações de Área de Dois Arquipélagos do Rio Paraná nas Proximidades de Porto Rico(PR)**. In: VII Simp. Brasil. de Geogr. Fís. Aplic. Anais. 1999, Belo Horizonte – MG

STERNBERG, H.O. 1957. **À propósito de meandros**. *Revista Brasileira de Geografia*, 4: 477-499.

STERNBERG, H. O. 1998. *A água e o homem na várzea do Careiro*. 2ª Edição. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi. 330p.

STEVAUX, J. C. **Carta Geomorfológica e Perfil Topográfico da Planície Aluvial do Rio Paraná, Região de Porto Rico (PR)**. São Paulo, 1993b,. 1 mapa, 1 perfil, p&b, 87 cm x 99 cm, Escala aproximada 1/100.000.

SULSOFT. 2004. **Guia do ENVI em português** . Langenwalter, J. ed. 259p.

SUGUIO, K. 1998. **Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil,1222p.

WITTMANN, F.; ANHUF, D.; JUNK, W. J. 2002. **Tree species distribution and community structure of central Amazonian várzea forests by remote-sensing techniques**. *Journal of Tropical Ecology*, 18:805-820

WITTMANN, F.; JUNK, W. J. 2003. **Sapling communities in amazonian white-water forests**. *Journal of Biogeography*, 30: 1533-1544.

WITTMANN, F.; JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F. 2004. **The várzea forests in Amazonia: flooding and the highly dynamic geomorphology interact with natural forest succession**. *Forest Ecology and Management*, 196: 199-212.