

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CAMPUS DE PRESIDENTE PRUDENTE/SP
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

Renata Pereira Prates

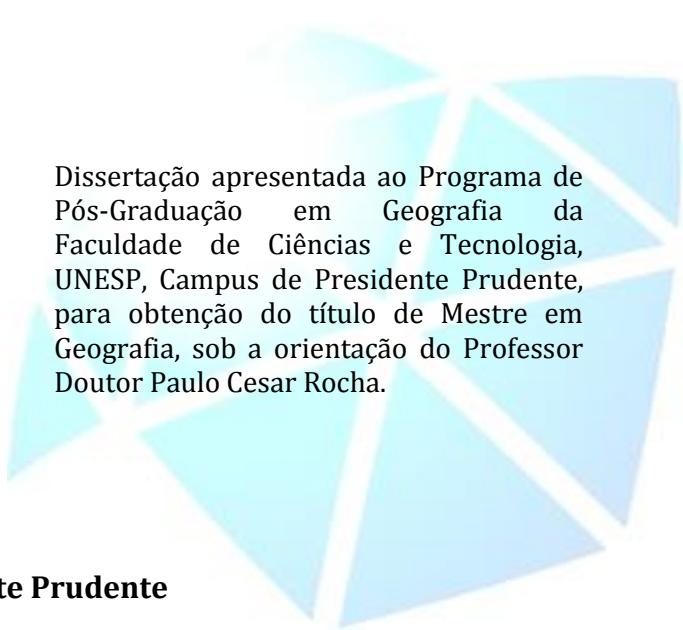
**EVOLUÇÃO MORFOLÓGICA DO RIO DO PEIXE: ESTUDO DE UMA
AVULSÃO NA PLANÍCIE ALUVIAL, A PARTIR DE UMA ANÁLISE
REGIONAL INTEGRADA - OESTE PAULISTA (SP)**

Presidente Prudente

2015

RENATA PEREIRA PRATES

**EVOLUÇÃO MORFOLÓGICA DO RIO DO PEIXE: ESTUDO DE UMA
AVULSÃO NA PLANÍCIE ALUVIAL, A PARTIR DE UMA ANÁLISE
REGIONAL INTEGRADA - OESTE PAULISTA (SP)**



Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Geografia da
Faculdade de Ciências e Tecnologia,
UNESP, Campus de Presidente Prudente,
para obtenção do título de Mestre em
Geografia, sob a orientação do Professor
Doutor Paulo Cesar Rocha.

Presidente Prudente

2015

BANCA EXAMINADORA



PROF. DR. **PAULO CESAR ROCHA**
ORIENTADOR



PROF^a. DR^a. **ISABEL CRISTINA MOROZ CACCIA GOUVEIA**
(FCT/UNESP)



PROF. DR. **ANDRÉ LUIZ PINTO**
(UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL)



RENATA PEREIRA PRATES

Presidente Prudente (SP), 30 de abril de 2015.

RESULTADO: 

FICHA CATALOGRÁFICA

P925e Prates, Renata Pereira.
Evolução morfológica do Rio do Peixe : estudo de uma avulsão na planície aluvial, a partir de uma análise regional integrada - Oeste Paulista (SP) / Renata Pereira Prates. - Presidente Prudente : [s.n.], 2015
147 f.

Orientador: Paulo Cesar Rocha
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia
Inclui bibliografia

1. Geomorfologia. 2. Uso e Cobertura da Terra. 3. Hidrodinâmica. I. Rocha, Paulo Cesar. II. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. III. Título.

DEDICATÓRIA

Aos meus amados pais, Udilson e Ana pelos sorrisos, abraços, amor e alegria, sempre presente em cada despedida, distância ou chegada.

AGRADECIMENTOS

A Deus por se fazer presente na minha vida, por ser a minha força, segurança, esperança, por me iluminar nos momentos mais difíceis e encher o meu coração de paz sempre.

Ao Prof. Dr. Paulo Cesar Rocha, pela orientação e confiança durante todos esses sete anos de trabalho, convivência e amizade.

Aos professores da pós-graduação e da Faculdade de Ciência e Tecnologia - FCT/UNESP, em especial a professora Isabel Cristina Moroz Caccia Gouveia e ao professor João Osvaldo Rodrigues Nunes pelas contribuições e sugestões na banca de qualificação.

Ao professor Antônio Thomaz Junior e a professora Renata Ribeiro, pela atenção, conversar nos corredores e pelo carinho que sempre demonstraram por mim.

Aos meus pais, Udilson e Ana a quem eu devo tudo o que sou, pois neles encontro segurança, apoio, proteção, paz e esperança. Mas, principalmente por estar ao meu lado sempre, por acreditar nos meus sonhos, pelo amor, sorrisos, alegria e pela força. Por me ajudar a suportar as saudades e enxugar as minhas lágrimas, nos momentos de difíceis.

As minhas irmãs Kellen e Érika pela alegria, amor, conselhos, orações e pelos lindos presentes na minha vida, os meus sobrinhos: Daniel, Álvaro e Miguel.

A minha família em geral, avós, tios, primos e cunhados pelo carinho e energias positivas.

A Franciele Gonçalves, minha amiga, irmã do coração, pelo carinho e abraços. Obrigada por alegrar os meus dias mesmo distante, pelas palavras de apoio nos momentos difíceis, pela cumplicidade e por torcer sempre por mim.

A todos do Laboratório de Geologia, Geomorfologia e Recursos Hídricos da e do Laboratório de Solos da FCT/UNESP, pelos aprendizados, convivência e alegria.

A Carla Rodrigues, Lucinete Andrade e Fernanda Martins pelo apoio e contribuições técnicas na realização do trabalho, além das infinitas sugestões. Por nossas conversas, conselhos, amizade e por deixar à vida mais simples e doce. Obrigada pelo carinho de sempre!

A Janaina e Daniela, pela amizade, sorrisos, peixe no Makoto e pela força

durante o desenvolvimento do trabalho de dissertação. Vocês duas são muito especiais, já sinto a saudade da distância bater!

Aos professores, alunos e funcionários do Centro Paulo Souza - ETEC Prof. Dr. Antônio Eufrásio de Toledo, Presidente Prudente – SP, em especial ao diretor Claudemir Monteiro, Helena Isliani, Adriana Muniz, Sonia Ishida e a João Pucci Neto, por dividir momentos de angústias e conquistas, obrigada pela atenção e compreensão!

Aos meus amigos do Espírito Santo, pelo apoio e incentivos. Obrigada pelo carinho e companhia em terras capixabas, em especial as minhas amigas Zera Dell'Orto e Marcela Costa.

Aos colegas Plínio Carielo e Édipo Cremon, pelas contribuições com os gráficos e tabelas, além das sugestões durante a realização desse trabalho.

Ao amigo Eduardo Moraes, pelas contribuições acadêmicas, troca de experiências e aprendizado, no processo de elaboração da pesquisa.

A minha amiga Isabela Rigolin, pelas conversas, risadas e lágrimas que derramamos juntas. Obrigada pela amizade e por tornar esses anos todos menos solitários em Presidente Prudente. Obrigada por suportar minhas angústias e pelos abraços apertados nos momentos mais difíceis dessa trajetória. Por dividir esse cantinho tão acolhedor, lá se foram quase três anos juntas... Minha irmã de alma e coração!

Ao meu amigo José Dourado, que na maioria das vezes me fez sorrir em meio às lágrimas... Que em todos os momentos foi meu muro das lamentações! Somos guerreiros na vida! Como sinto sua falta...

A Cinthia e Aline, secretárias da pós-graduação por todo carinho e compreensão, pelo incentivo e carinho que sempre demonstram! Obrigada meninas!

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a construção deste trabalho e estiveram ao meu lado me apoiando em todos os momentos. Obrigada a todos que de uma forma ou de outra colaboraram para realização da pesquisa.

Muito Obrigada!

*"Os rios, de tudo o que existe vivo,
vivem a vida mais definida e clara;
para os rios, viver vale se definir
e definir viver com a língua da água.
O rio corre; e assim viver para o rio
vale não só ser corrido pelo tempo:
o rio corre; e pois que com sua água,
viver vale suicidar-se, todo o tempo"*

Os rios de um dia - João Cabral de Melo Neto

SUMÁRIO

Capítulo I	19
1 - INTRODUÇÃO	19
1.1 - Localização da área de estudo	21
1.2 – Justificativa.....	24
Capítulo II.....	26
2 - REVISÃO DE LITERATURA	26
2.1 - Sistemas Ambientais: abordagem sistêmica	26
2.2 - O Ciclo Hidrológico e a Bacia Hidrográfica.....	29
2.3 – Bacia Hidrográfica: rede de drenagem e o perfil longitudinal	32
2.4 – Morfologia do Sistema Fluvial	34
2.4.1 - Os rios meandros e a planície de inundação	42
2.4.2 - Avulsão: principais características	47
2.5 - Regime Hidrológico	49
2.6 - Variabilidades hidrológicas e Climáticas.....	50
2.7 – Geotecnologias.....	53
2.7.1 – Sistemas de Informação Geográfica.....	54
2.7.2 - Sensoriamento Remoto.....	55
2.7.3 - Mapeamento Geomorfológico.....	56
2.7.4 - Uso e Cobertura da Terra	58
Capítulo III	61
3 – MATERIAIS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	61
3.1 – Materiais e métodos utilizados na caracterização do meio físico da área de estudo	61
3.1.2 - Hipsometria da área de estudo	62
3.1.3 - Carta Clinográfica	62
3.1.1 - Caracterização geomorfológica e classes de dissecação	63
3.2 – Materiais e procedimentos metodológicos para mapeamento de uso e cobertura da terra	67
3.2.1 - Processamento digital das imagens	67
3.2.2 - Realce das imagens e melhor composição colorida	68
3.2.3 - Registro das Imagens Seleccionadas.....	69

3.2.4 - Processo de segmentação das imagens.....	69
3.2.5 - Classificação das Imagens	70
3.2.6 - Mapas temáticos: uso e cobertura da terra	70
3.3 – Materiais e procedimentos metodológicos dos dados de regime pluviométrico e hidrológicos	71
3.3 - Materiais e procedimentos metodológicos para o levantamento de dados da formação do processo de avulsão	76
3.3.1 - Análise de dados geográficos e índices geomorfológicos	76
Capítulo IV	78
4 – CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO	78
4.1– Geologia.....	78
4.3 – Geomorfologia	83
4.4 - Mapa Hipsométrico	86
4.5 - Carta de Declividade	88
4.3 – Solos.....	90
4.5 - Clima.....	94
5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	96
5.1 - Morfologia do relevo e mapeamento de uso e cobertura da terra.....	96
5.2 - Mapeamento de uso e cobertura da terra: uma análise multitemporal.....	99
5.3 - Relacionamento da morfologia do relevo com o uso e cobertura da terra	108
6 - Dinâmica da precipitação.....	113
6.1 - Possíveis influências na variabilidade da precipitação na bacia hidrográfica do rio do Peixe	118
7 - Regime Hidrológico no canal do rio do Peixe.....	120
8 - Caracterização das unidades geomorfológicas na planície aluvial do rio do Peixe	125
8.1 - Processo de avulsão na planície aluvial do rio do Peixe	128
8.2 - Variações da sinuosidade no sistema-fluvial: canal principal do rio do Peixe e no canal da avulsão	132
9 - Análise espaço-temporal entre o uso da terra e variações de sinuosidade do canal na planície fluvial.....	133
10 - Considerações finais.....	135
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	137

Lista de Figuras

Figura 1: Localização da área de estudo	23
Figura 2 - Ciclo hidrológico – circulação da água	30
Figura 3: Principais tipos de padrões de canais.....	33
Figura 4: Esquema do balanço da estabilidade do canal $L \times D50 \propto S \times Q$. (adaptado de Chorley et al., 1985). L: carga sedimentar; D50: diâmetro das partículas; S: declividade; Q: vazão	36
Figura 5: Os quatros tipos fundamentais de canais.....	39
Figura 6: Tipos de planície de inundação. Tipo 1- planície de canais meandantes móveis: (A) rio incisivo e (B) rio confinado, dominado por acreção lateral da planície de inundação; Tipo 2 - canal meandrante estável (A) e anastomosado (B), dominada por sedimentação por transbordamento; Tipo 3 - canais múltiplos móveis. <i>Adaptado de Lewin (1978)</i>	40
Figura 7: Banco de solapamento - margem côncava, na qual é intensa a atividade erosiva; o cordão marginal convexo (<i>point bar</i>) - zona de deposição localizada nas margens convexas; meandro abandonado - denominado "chifre de boi", pela analogia do formato, também chamado de "sacado"; colo - trecho que separa duas curvas meândricas, e o seu recortamento origina a formação do meandro abandonado.....	43
Figura 8: Principais características geométricas, levadas em consideração na análise de canais meandantes: largura do canal; comprimento do canal; raio de curvatura e o comprimento de onda.....	44
Figura 9: Modelo de planície de inundação de um rio meandrante. A: modelo de fácies; B: sequência clássica de afinamento para o topo (ALLEN, 1965); C: sedimentação recente da planície de inundação (LEWIN, 1983); D: Acreção contrapontal da planície de inundação (NANSON & PAGE, 1983).....	46

Figura 10: A: encurtamento da curva meândrica; B: entalhamento do pendúnculo da curva meândrica; C: avulsão. Os canais abandonados estão representados pelas linhas trilhadas)	47
Figura 11: A - B, C-D, E-F, referem-se, respectivamente, a proporção de fluxo desviado e formação da avulsão. D - linhas do canal ativo; as linhas tracejadas D canais abandonado.....	48
Figura 12: Proposta taxonômica do relevo.....	65
Figura 13: Fluxograma das etapas e processo de levantamento e classificação de cobertura e uso da terra.....	71
Figura 14: Localização dos postos fluviométricos e as estações pluviométricas na bacia hidrográfica do rio do Peixe, Oeste Paulista	74
Figura 15: Esboço Geológico da Bacia Sedimentar do Paraná	79
Figura 16: Mapa geológico do baixo curso do rio do Peixe, Oeste Paulista.....	82
Figura 17: Mapa geomorfológico do estado de São Paulo, destaque para Oeste Paulista.....	85
Figura 18: Mapa hipsométrico do baixo curso do rio do Peixe, Oeste Paulista	87
Figura 19: Mapa de declividade do baixo curso do rio do Peixe, Oeste Paulista.....	89
Figura 20: Mapa pedológico do baixo curso do rio do Peixe, Oeste Paulista.....	93
Figura 21: Trajetos preferenciais das massas de ar que atingem o alto curso da bacia do rio Paraná, em anos de pluviosidade habitual.....	95
Figura 22: Geomorfologia e Unidades Morfológicas do Relevo - Bacia do rio do Peixe.....	98
Figura 23: Uso e cobertura da terra no baixo curso do rio do Peixe - Oeste Paulista	100
Figura 24: Mapa de Uso da terra - 1978.....	103
Figura 25: Mapa de Uso da Terra - 1985	104
Figura 26: Mapa de Uso da Terra - 1995	105
Figura 27: Mapa de Uso da Terra - 2005	106
Figura 28: Mapa de Uso da Terra - 2010	107
Figura 29: Representação das classes de uso em morfologias com topos tabulares	109
Figura 30: Representação das classes de uso e cobertura da terra em morfologias com topos convexos.....	110

Figura 31: Representação das classes de uso e cobertura da terra na planície fluvial	111
Figura 32: Variabilidade mensal em série histórica da pluviosidade em Presidente Prudente-SP.	115
Figura 33- Precipitação anual na bacia hidrográfica do rio do Peixe, Oeste Paulista	117
Figura 34: Serie temporal dos índices normalizados de ENOS, OPD e Q. A: Serie temporal do índice Multivariado de El Nino/La Nina-Oscilação Sul (ENOS); B: Serie temporal do índice ODP.	119
Figura 35 – Vazões média e máxima de postos fluviométricos na bacia hidrográfica do rio do Peixe. Postos de Tupã, Flora Rica e Mandaguari.	123
Figura 36: Mapa das unidades geomorfológicas na planície fluvial - rio do Peixe - Oeste Paulista.....	127
Figura 37: Fotografia aérea de 1962 e 1978	129
Figura 38: Leques de espraçamento no canal da avulsão.....	130
Figura 39: Início do processo de avulsão - rompimento do dique marginal	130
Figura 40: Planície fluvial no trecho da avulsão no rio do Peixe - Oeste Paulista .	131
Figura 41: Correlação entre os principais tipos de uso da terra identificados na planície fluvial em relação a sinuosidade do canal principal e do canal da avulsão.	133

Lista de Tabelas

Tabela 1: Classes de Declividade	63
Tabela 2: Matriz dos Índices de Dissecação das Formas do Relevo	66
Tabela 3: Lista das imagens utilizadas na pesquisa.....	68
Tabela 4: Classes Altimétricas	86
Tabela 5: Classes de Declividade do baixo curso do rio do Peixe	88
Tabela 6: Área ocupada pelas categorias de forma do relevo no baixo curso do rio do Peixe	97
Tabela 7: Uso e cobertura da terra do baixo curso do rio do Peixe.	100
Tabela 8: Representação das classes de uso em morfologias com topos tabulares	108
Tabela 9: Representação das classes de uso e cobertura da terra em morfologias com topos convexos	109
Tabela 10: Representação das classes de uso e cobertura da terra na planície fluvial.....	111
Tabela 11 - Estatísticas aplicadas no regime hidrológico na bacia hidrográfica do rio do Peixe.....	122
Tabela 12: Índice de Sinuosidade no trecho fluvial do rio do Peixe - canal principal - canal secundário	132

Lista de Quadros

Quadro 1: Padrões de canal e suas principais características.....	38
Quadro 2 - Padrões De Formas De Relevo	66
Quadro 3: Estações pluviométricas	72
Quadro 4: Postos fluviométricos.....	75

LISTAS DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA - Agência Nacional de Águas

CBH-AP - Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí

CBERS - China-Brazil Earth Resource Satellite

CESP - Companhia Energética de São Paulo

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

DAEE - Departamento de Águas e Energias Elétricas

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas

LANDSAT - Land Remote Sensing Satellite

MDE - Modelo Digital de Elevação

MNT - Modelo Numérico de Terreno

MSS - Multispectral Scanner

NASA - National Aeronautics and Space Administration

PCH - Pequena Central Hidrelétrica Usina Caiuá Serviços de Eletricidade

SRTM - Shuttle Radar Topographic Mission

SEMA - Secretaria de Estado de Meio Ambiente

UTM - Universal Transversa de Mercator

TM - Thematic Mapper

UGRHIS - Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos

WGS - World Geodetic System

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar como as características geomorfológicas, o uso e cobertura da terra, as dinâmicas da precipitação e do regime hidrológico podem contribuir para o processo de avulsão na planície aluvial no baixo curso da bacia hidrográfica do rio do Peixe. Para elaboração deste trabalho, foi necessário realizar uma revisão bibliográfica sobre a temática de estudo e caracterização do meio físico, além do tratamento e interpretação dos dados cartográficos e hidrológicos disponíveis. O procedimento metodológico, adotado para o mapeamento multitemporal de uso e cobertura da terra dos anos de 1976, 1985, 1995, 2005 e 2010, bem como a obtenção do índice de sinuosidade do canal foi baseado em processamento digital de imagens orbitais, realizado em ambiente de SIG. Os dados hidrológicos foram obtidos pela rede hidrometeorológica existente na bacia disponibilizada pela ANA-BRASIL, SIGRH/DAEE-SP, no qual foi possível avaliar e relacionar o regime hidrológico do rio e com a variabilidade climática da bacia. A análise dos produtos cartográficos indica que a avulsão teve início com o rompimento do dique marginal entre os anos de 1962 e 1978, seguindo com o estabelecimento do canal entre os anos de 1978 e 1985. A metodologia mostrou-se eficiente, contribuindo para avaliação e interpretação dos dados apresentados e, os possíveis reflexos que podem ter levado no processo de formação do canal secundário na planície aluvial.

Palavras - chaves: geomorfologia; uso e cobertura da terra; hidrodinâmicas.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate how the geomorphological characteristics, use and land cover, dynamics of rainfall and the hydrological regime may contribute to the avulsion process in the flood plain on the lower course of the river basin of the Peixe River. For preparation of this work, it was necessary to conduct a literature review on the study theme and characterization of the physical environment, in addition to processing and interpretation of cartographic and hydrological data available. The methodological procedure adopted for the multi-temporal mapping of use and cover land on years 1976, 1985, 1995, 2005 and 2010, as well as getting the channel sinuosity index was based on digital processing of orbital images held in environment GIS. Hydrological data were obtained by the existing hydrometeorological network in the basin provided by ANA-BRAZIL, SIGRH / DAEE-SP, in which it was possible to assess and relate the hydrological regime of the river and the climate variability of the basin. Analysis of cartographic products indicates that the avulsion began with the breaking of the levee between the years 1962 and 1978, following the establishment of the channel between the years 1978 and 1985. The methodology was efficient, contributing to evaluate and interpretation of data and the possible consequences that may have led in the secondary channel formation process in the flood plain.

Key - words: geomorphology; land use and land cover; hydrodynamic.

Capítulo I

1 - INTRODUÇÃO

A água na superfície terrestre assume importante papel de movimento constante e de transformação da paisagem. Esse processo de transformação ou de modelação da paisagem é refletido diretamente nos canais fluviais, considerado um dos principais elementos do ciclo hidrológico.

As pesquisas direcionadas à compreensão das dinâmicas dos canais fluviais procuram discernir os tipos de arranjos espaciais que o leito apresenta ao longo do rio. Assim, os canais fluviais apresentam ao longo do seu curso mecanismos de ajustagem entre as variáveis implicadas no sistema geomorfológico, constituindo respostas que se somam e se entrosam relacionados à seção transversal e ao perfil longitudinal dos cursos d'água (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Os estudos sobre geomorfologia fluvial têm por objetivo compreender a dinâmica de escoamento das águas nos rios e das bacias hidrográficas, analisando suas principais características que condicionam o regime hidrológico. Essas análises são realizadas a partir do levantamento de dados e informações sobre os canais fluviais.

Os canais fluviais podem ser considerados os agentes mais importantes e dinâmicos na natureza. Desde muito tempo, os canais fluviais apresentam um caráter condicionante da própria vida humana, já que muitas civilizações antigas cresceram às margens de grandes rios. Os rios Tigre e Nilo são exemplos, do florescimento de grandes civilizações antigas às suas margens, além disso, os rios foram extremamente importantes para a penetração do homem em direção ao interior dos continentes (SUGUIO E BIGARELLA, 1990; CUNHA, 2001).

Na atualidade, os rios ainda apresentam a importante característica de sobrevivência para a espécie humana, tanto para o abastecimento de água, como para o desenvolvimento da agricultura, produção de energia e demais atividades produtivas (SUGUIO E BIGARELLA, 1990).

Diante das complexidades que envolvem os estudos dos rios e das bacias hidrográficas, é preciso compreender suas dinâmicas através de uma metodologia sistêmica e holística, que busca uma interdisciplinaridade seguida de uma abordagem integrada dos diversos elementos, identificando assim as possíveis alterações ambientais ocorridas no sistema, relacionada aos aspectos naturais e as ações socioespaciais.

O clima, a geologia, a topografia, os solos e a cobertura vegetal auxiliam na determinação tanto do suprimento de água quanto nas diversas formas que a água da precipitação chega ao canal fluvial. Como resultado dessa interação, os rios naturalmente apresentam diferentes regimes hidrológicos sazonais, que estão relacionados com as interações que se processam dentro da bacia hidrográfica.

As alterações de uma ou mais variáveis dentro da bacia de drenagem podem provocar mudanças no regime hidrológico do rio, que tanto se processam sazonalmente quanto na ordem histórica, dependendo do tipo de grau de intervenção. As intervenções antrópicas atuam, principalmente, no âmbito da cobertura vegetal e do uso do solo e pode repercutir em outras variáveis do sistema, como aquelas relacionadas às dinâmicas hidrológicas.

O desflorestamento, as práticas de uso da terra, a utilização de água dos lençóis freáticos para abastecimento e irrigação, a construção de grandes barramentos para geração de energia, bem como grandes complexos industriais, que somados, podem contribuir para alterações significativas no ciclo hidrológico e consequentemente no regime hidrológico dos rios. A progressiva diminuição das áreas verdes, aliada à falta de manejo adequado do solo, pode acelerar processos erosivos-deposicionais nas vertentes, diminuindo a infiltração e aumentando o escoamento superficial, repercutindo diretamente na dinâmica fluvial. Tais circunstâncias podem levar a alterações morfológicas nos sistemas fluviais, levadas pelo aumento ou diminuição nas taxas de erosão e deposição, como também processos de avulsão.

A avulsão é um processo pelo qual o fluxo é desviado do canal principal do rio, estabelecendo um novo curso na planície adjacente (SLINGERLAND & SMITH, 2004). Geralmente, esse tipo de mudança na morfologia do canal ocorre quando o rio rompe o dique marginal durante um evento significativo de inundação.

Considerando as diferentes formas de apropriação do relevo, dos recursos hídricos e o comportamento hidrológico fluvial, tendo como recorte espacial as bacias hidrográficas, esta pesquisa busca contribuir para um entendimento espaço-temporal do uso da terra e dos regimes hidrológicos, nos rios da bacia hidrográfica do rio do Peixe, a fim de compreender suas dinâmicas e processos que podem ter contribuído na formação da avulsão na planície aluvial.

1.1 - Localização da área de estudo

Localizada no Oeste do Estado de São Paulo, a bacia hidrográfica do rio do Peixe tem suas nascentes localizadas no Planalto Residual de Marília, feição geomorfológica de maior expressão no Planalto Ocidental Paulista, constituindo-se por uma superfície de cimeira (ETCHEBEHERE, *et al*, 2005) e, percorre uma extensão de cerca de 380 quilômetros, numa altitude de 670 metros.

O rio do Peixe faz parte do Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí/Peixe – CBH-AP, criado em 19 de dezembro de 1995, em atendimento a Lei Estadual nº 7.663/91. Enquanto a Lei nº 9.034/94 do Estado de São Paulo, estabeleceu o Plano Estadual de Recursos Hídricos, para o período de 94/95, no qual formulou recomendações para a elaboração dos Planos de Bacias Hidrográficas, que teve início em julho de 1997 nas bacias hidrográficas mencionadas, com a elaboração do Relatório “0”, documento que consta a caracterização das Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHIs 21 – rio do Peixe e UGRHIs 20 – rio Aguapeí, destacando as questões do meio físico e de desenvolvimento sócio-econômico.

O processo de ocupação territorial da bacia hidrográfica do rio do Peixe e do Oeste Paulista, deu-se a partir da década de 1920, proporcionado pelo avanço da frente pioneira e pelo desenvolvimento da cafeicultura. A construção das estradas de ferro facilitou o acesso à região, promovendo a formação dos principais núcleos urbanos. (MONBEIG, 1977).

Outras atividades agrícolas também impulsionaram o desenvolvimento econômico do Oeste Paulista, como o cultivo do algodão, amendoim e o milho. Com o esgotamento dos solos proporcionado pelas práticas agrícolas, as formas de uso

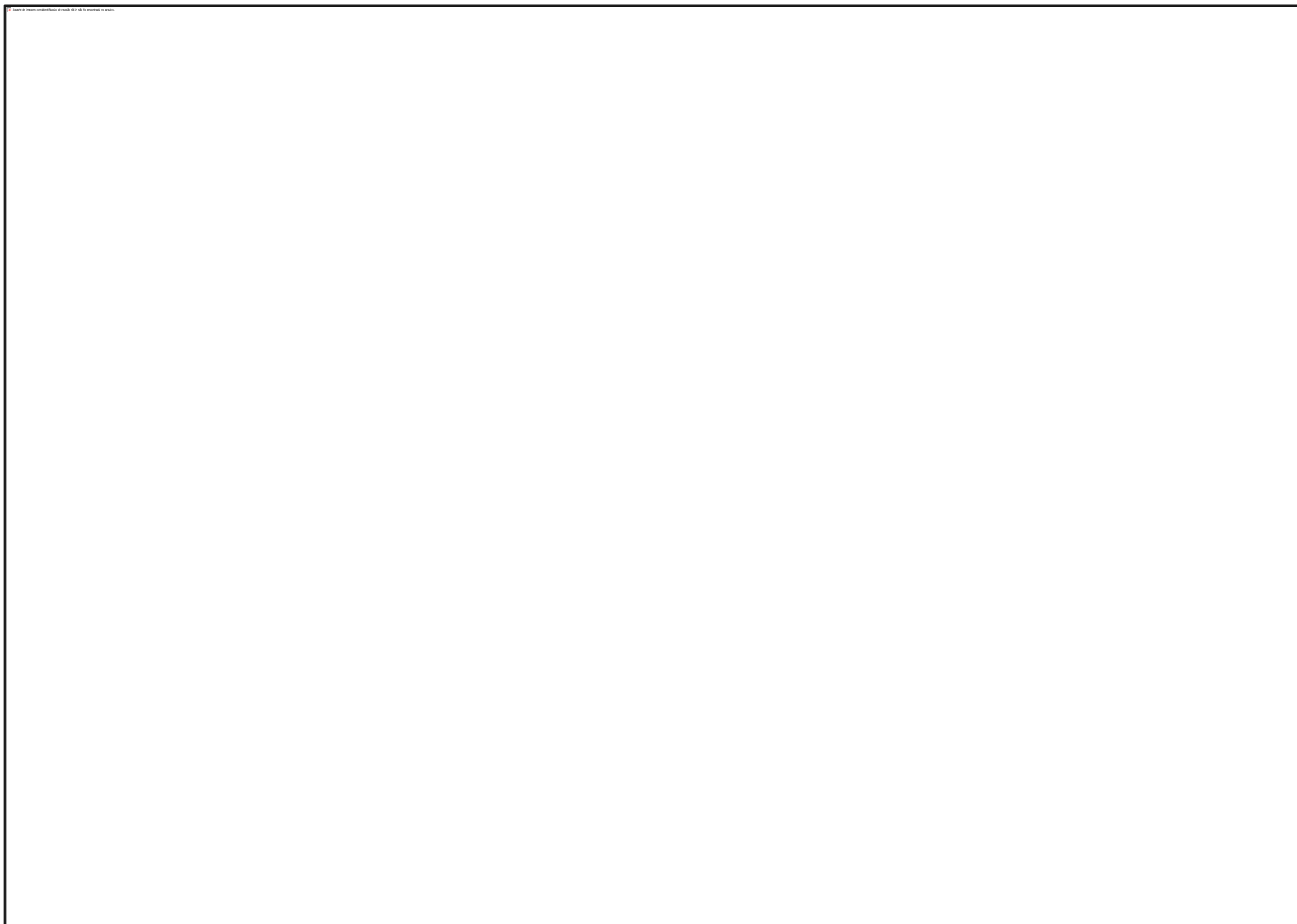
foram sendo substituídas por pastagem para a pecuária bovina extensiva. O manejo inadequado do solo e o desmatamento deram origem a processos erosivos, contribuindo para assoreamento dos canais fluviais. Atualmente, a região destaca-se pelo intenso cultivo de cana-de-açúcar, considerada uma das principais atividades econômica, fortalecendo assim a indústria sucro-alcooleira.

O rio do Peixe possui uma unidade geradora de energia, é a Pequena Central Hidrelétrica Usina Caiuá Serviços de Eletricidade (PCH) – Quatiara, que possui potência instalada de 2.600 kW. A Usina de Quatiara está localizada na calha do Rio do Peixe, no município de Rancharia, nas proximidades da Rodovia Assis Chateaubriant (SP 425). Existem ainda, atividades minerárias para extração de areia localizada no canal fluvial (CBH-AP, 1997)

A área de estudo compreende o baixo curso da bacia hidrográfica do rio do Peixe, o trecho à jusante do meridiano 51º30' de longitude oeste, caracterizando-se pelo predomínio de ampla planície aluvionar, na qual o Rio do Peixe exhibe um padrão de canal meandrante, caracterizado por alta sinuosidade (ETCHEBEHERE, *et al*, 2005).

Segundo o Relatório Zero (CBH-AP, 1997) a divisão em alto, médio e baixo curso, da bacia do Rio do Peixe realizado pelo Comitê de Bacias, levou em consideração as convergências do meio físico e das questões socioeconômicas, no qual o limite entre o alto e médio curso foi determinado pela localização da captação de água de Marília e pelo fato, dessa região sofrer influência de terreno mais movimentado. Entre o médio e baixo Peixe, o limite foi determinado levando em consideração a localização da Pequena Central Hidrelétrica Usina Caiuá Serviços de Eletricidade (PCH) – Quatiara, que regulariza a vazão para o médio-baixo curso do rio e, as mudanças na geomorfologia, geologia e socioeconômicas.

Figura 1: Localização da área de estudo



1.2 – Justificativa

Água doce é considerada um dos recursos naturais mais importantes para a humanidade. O desenvolvimento, a expansão da agricultura e os povoamentos de determinadas regiões estão relacionados disponibilidade da água. Os recursos hídricos determinam a localização de algumas indústrias, a geração de energia e demais atividades humanas no substrato terrestre. Antigamente, o estabelecimento de povoações estava estreitamente relacionado com a localização de rios e fontes (DREW, 1997).

Devido a sua importância para a sociedade os estudos que envolvem a questão da água, dos canais fluviais e das bacias hidrográficas tem se destacado cada vez mais, já que estes tem a função manter uma relação entre os componentes do ambiente e as atividades antrópicas. Dessa forma, o conhecimento sobre os aspectos hidrodinâmicos, da morfologia do relevo e das formas de uso e cobertura da terra, permite avaliar algumas alterações provocadas pela integração do homem com a natureza, possibilitando reunir importantes informações e dados que contribuem para compreensão das dinâmicas e processos fluviais.

As alterações que ocorrem sobre as águas superficiais, principalmente aquelas provocadas por ações antrópicas, tem alertado pesquisadores, órgãos públicos e a sociedade em geral, sobre os possíveis riscos de desequilíbrio entre sua disponibilidade e demanda. A utilização indevida das águas superficiais causam um desequilíbrio em todo o sistema fluvial e pode colocar em risco a utilização e mesmo a sobrevivência do rio. De acordo com Christofolletti (1980), os acontecimentos que ocorrem na bacia de drenagem repercutem, direta ou indiretamente, nos rios. As mudanças que ocorrem na morfologia da calha dos rios são processos resultantes de sua própria dinâmica. Porém, o uso desordenado do solo das bacias hidrográficas impõe condições desfavoráveis à evolução desses sistemas, o que pode alterar sua dinâmica natural. Nesse sentido, destaca-se que a análise integrada do meio físico, o uso das geotecnologias e o conhecimento sobre as questões hidrológicas são fundamentais para o entendimento das dinâmicas ambientais na região.

1.3 - Objetivo Geral

A pesquisa tem como objetivo avaliar as mudanças ocorridas na morfologia de um trecho do *rio do Peixe*, onde encontra um processo de avulsão, buscando identificar como o uso e cobertura da terra e as variáveis hidrológicas podem contribuir para as possíveis causas de suas mudanças.

Para atingir o objetivo geral supracitado foram necessários os seguintes objetivos específicos:

- ❖ Caracterização geomorfológica e dos padrões de dissecação da área de pesquisa;
- ❖ Análise evolutiva do uso e cobertura da terra dos anos de 1976, 1985, 1995, 2005 e 2010;
- ❖ Caracterização do regime Pluviométrico
- ❖ Identificação o comportamento hidrológico do rio ao longo das décadas estudadas;
- ❖ Caracterizar o processo de avulsão e analisar as variações da sinuosidade no sistema fluvial
- ❖ Correlacionar padrões de dissecação, uso e cobertura da terra e variações de sinuosidade no canal principal e no processo de avulsão, na planície aluvial;

2 - REVISÃO DE LITERATURA

As principais temáticas abordadas neste capítulo têm como meta dar suporte teórico a este trabalho, entre elas destacam-se: os sistemas ambientais e a abordagem sistêmica; as principais características sobre a bacia hidrográfica para esse estudo; a morfologia do sistema fluvial, bem como algumas considerações sobre os canais meandrantess; a planície de inundação e o processo de avulsão; o regime hidrológico e as variáveis climáticas; as contribuições das geotecnologias como instrumento para análise dos dados e demais mapeamentos, presentes nessa pesquisa.

Assim, o embasamento teórico tem por finalidade fundamentar cientificamente a pesquisa, apresentando conceitos e teorias que contribuíram para o desenvolvimento desse trabalho.

2.1 - Sistemas Ambientais: abordagem sistêmica

Os primeiros ensaios sobre a Teoria Geral dos Sistemas foram publicados por Ludwig Von Bertalanffy, em 1925 com o artigo Um Esboço da Teoria Geral dos Sistemas para compreender as pesquisas e teoria da Biologia. O artigo só foi amplamente discutido a partir da década de 1950, o qual se referia à necessidade de compreender os fenômenos através de uma interação de unidades elementares investigáveis independentemente. Buscava-se, assim, uma linguagem científica única que englobasse todos os campos do conhecimento (BERTALANFFY, 1973).

O pensamento sistêmico nasce na biologia, considerando os organismos vivos como totalidades integradas. Assim, a ideia de natureza passa a ser observada como um sistema, que já era entendida dessa forma pelos biólogos no início do século XX, porém foi com as concepções desenvolvidas por Bertalanffy (op cit) sobre os sistemas abertos e de uma Teoria Geral de Sistemas que constituíram o pensamento sistêmico no âmbito da ciência (BERTALANFFY 1973 apud CHRISTOFOLETTI, 1999).

Os sistemas são “um conjunto de elementos em interação” (BERTALANFFY 1973, p. 62). O autor salienta que à primeira vista a sua definição pode parecer tão geral e vaga que não se pode extrair grande coisa dela e faz referência à condição mais geral e básica sobre os tipos de sistemas e suas definições, que de maneira simples, pode ser o primeiro passo para a compreensão geral de sistemas.

A Teoria Geral dos Sistemas destaca-se pela ênfase dada à inter-relação e interdependência entre os componentes que formam um sistema e que é interpretado como uma totalidade integrada, sendo impossível estudar seus elementos isoladamente. Dessa forma, dentro de um sistema a interação simultânea e interdependente entre os componentes e, qualquer mudança em uma das partes afetará todo o conjunto (BERTALANFFY, 1973).

Para Christofolletti (2002), a abordagem sistêmica, serve de instrumento conceitual para o geógrafo, que lhe facilita tratar de conjuntos complexos. A aplicação da Teoria Geral dos Sistemas serviu para focalizar melhor as pesquisas e delinear com maior exatidão os estudos geográficos.

A composição dos sistemas é composta por vários aspectos importantes, tais como a matéria, a energia e a estrutura. A matéria corresponde ao material que será mobilizado através do sistema, como no sistema hidrográfico, onde a matéria é representada pela água e detritos. A energia representa as forças que fazem o sistema funcionar, o que gera a capacidade de realizar o trabalho. Sobre a energia é importante fazer a distinção entre energia potencial e energia cinética. A energia potencial corresponde à força inicial que leva ao funcionamento do sistema ou do processo, onde a gravidade funciona como energia potencial para o sistema hidrológico, hidrográfico e para os sistemas morfogenéticos. Nesse processo, a energia potencial contribui para a movimentação do material de acordo com a amplitude altimétrica. A movimentação do material faz surgir então a energia cinética (energia do movimento), no qual a força alia-se ao potencial. O escoamento das águas nos rios, a movimentação do material nas vertentes, geram então a energia cinética no sistema. A estrutura é constituída por elementos e suas relações. O elemento é uma unidade básica no sistema, o que significa que o rio é um elemento hidrográfico, mas pode ser concebido como um sistema em si mesmo (CHRISTOFOLLETTI, 1979).

Diante dessas relações e suas complexidades, o sistema pode ser classificado como aberto ou fechado. Bertalanffy (1973) caracterizou os sistemas fechados a partir da relação e dos conceitos que envolvem a física (leis da termodinâmica), considerando que os fluxos de energia e matéria podem ser controlados dentro de um ambiente fechado.

Os sistemas abertos são caracterizados "como um sistema de troca de matéria com seu ambiente, apresentando importação e exportação, construção e demolição dos materiais que o compõem" (BERTALANFFY 1973, p. 193). Assim, os sistemas abertos estão relacionados a entradas e saídas e, pela troca de energia e matéria com o meio ambiente. Esses processos de trocas no sistema aberto são adaptados e reajustados constantemente às condições do meio.

Os sistemas podem ser classificados conforme critérios variados e que para análise geográfica, o critério funcional e o da complexidade estrutural são considerados mais importantes. Nesta perspectiva, o autor classifica os sistemas em: *sistemas isolados* e os *sistemas não-isolados*. "Os sistemas isolados são aqueles que, dadas as condições iniciais, não sofrem mais nenhuma perda nem recebem energia ou matéria do ambiente que os circundam." Já os sistemas não-isolados "mantêm relações com os demais sistemas do universo no qual funcionam" (CHRISTOFOLETTI, 1979 p. 14).

Os sistemas não-isolados podem ser subdivididos em *fechados* e *abertos*. Os fechados apresentam troca de energia (recebimento e perda), mas não de matéria. Os abertos, "são aqueles nos quais ocorrem constantes trocas de energia e matéria, tanto recebendo como perdendo." (CHRISTOFOLETTI, 1979, p. 15).

A análise integrada dos elementos da paisagem caracteriza-se por uma visão sistêmica na geografia, integrando homem, meio ambiente e demais dinâmicas presentes no sistema. A sistematização dos debates em torno da paisagem e do conceito de geossistema consideram a dimensão natural e social dos elementos da paisagem como possibilidade de análise para compreender a interação sociedade-natureza nos diversos espaços.

O conceito de geossistema surgiu na Escola Soviética, relacionado com as teorias sobre o meio natural, suas estruturas e mecanismos. Esse conceito foi utilizado por Sotchava em 1963, para descrever a "esfera físico-geográfica" que tinha características sistêmicas. Considerou que os geossistemas são formados de

elementos naturais intercondicionados e que estão inter-relacionados em sua distribuição e se desenvolvem no tempo, como parte do todo. Os geossistemas estão relacionados aos fenômenos naturais, no entanto todos os fatores econômicos e sociais que influenciam sua estrutura são levados em consideração durante a pesquisa (SOTCHAVA 1977, GONÇALVES 2012).

Troppmair (2004) aponta que o geossistema é um sistema natural com características, naturais fundamentais, justificadas a partir de exemplificação de uma determinada área, onde o autor destaca:

“O Geossistema, que é um sistema natural, mantém suas características naturais fundamentais como: horas de insolação, oscilação térmica reduzida pela influência da maritimidade, elevado teor de umidade do ar, alta pluviosidade, embasamento geológico, mosaico de solos, água do solo com grande excesso anual e proximidade da superfície, hidrografia meândrica, formações vegetais típicas como mangue, jundu, restinga ou mata tropical, mesmo que estas formações sejam apenas alguns restos ou testemunhos” (TROPPMAIR, 2004, p.05).

Em outra abordagem Troppmair faz uma relação entre os conceitos de geossistema e paisagem. Assim, considera “A estrutura, as interrelações e a dinâmica que ocorrem em determinada área formando um Geossistema, dão a feição, a fisionomia daquele espaço, que é a própria paisagem vista como sistema, como unidade real e integrada” (TROPPMAIR, 2004, p.09). Sobre a paisagem, o autor destaca o fato de a mesma ser concreta e apresentar um significado importante para a Geografia, de modo que a paisagem pode ser entendida como a fisionomia do geossistema

2.2 - O Ciclo Hidrológico e a Bacia Hidrográfica

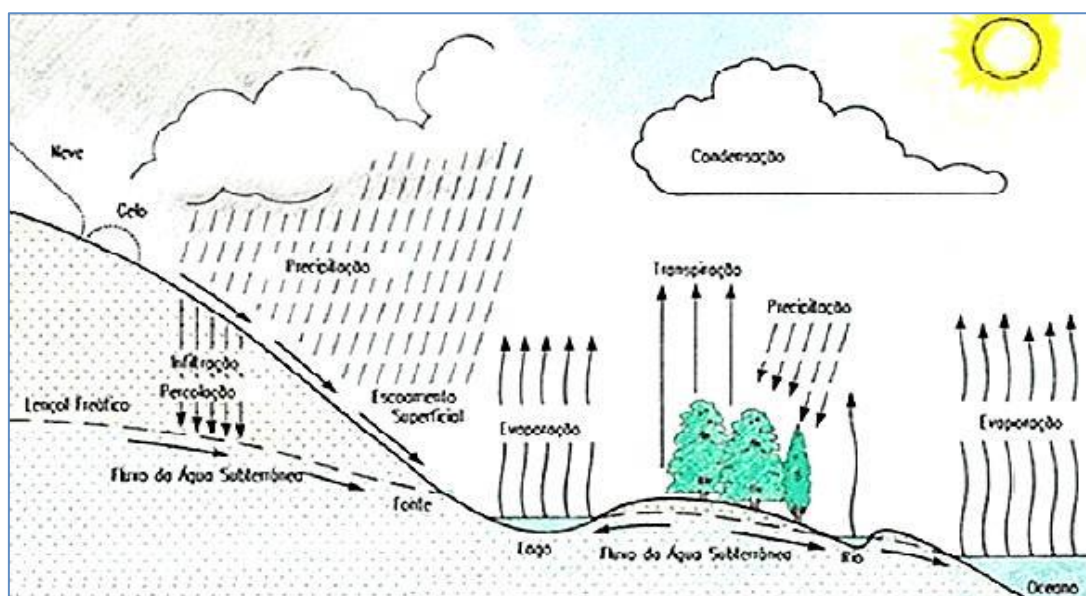
O ciclo hidrológico é considerado um fenômeno global de circulação fechada da água, entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado basicamente pela energia solar associada à gravidade e à rotação da terra (SILVEIRA, 2009). A superfície terrestre e a atmosfera fazem parte do ciclo hidrológico e podem ser consideradas como as partes mais importantes desse processo.

Segundo Silveira (2009) o ciclo hidrológico ocorre em dois sentidos:

O intercâmbio entre as circulações da superfície terrestre e da atmosfera, fechando o ciclo hidrológico, ocorre em dois sentidos: a) no sentido superfície-atmosfera, onde o fluxo de água ocorre fundamentalmente na forma de vapor, como decorrência dos fenômenos de evaporação e de transpiração, este último um fenômeno biológico; b) no sentido atmosfera-superfície, onde a transferência de água ocorre em qualquer estado físico, sendo mais significativas, em termos mundiais, as precipitações de chuva e neve. (SILVEIRA, 2009, p. 35).

As etapas do ciclo hidrológico, bem como o escoamento das águas nos rios, podem ser observadas na figura 2 a seguir:

Figura 2 - Ciclo hidrológico – circulação da água



Fonte: Tucci e Mendes (2006)

O processo de *precipitação* é considerado o ponto inicial do ciclo hidrológico e que tem como forma mais frequente às águas da chuva. A água que cai sobre a superfície da terra, parte é infiltrada pelo solo e parte é interceptada pela vegetação. A infiltração ocorre de acordo com a intensidade da precipitação, enquanto o solo não estiver saturado. Já a interceptação, consiste na retenção de água da chuva pela vegetação até ser dissipada pelo processo evaporação ou impetrar o solo. Após os processos de *infiltração* e interceptação da água, ocorre o *escoamento superficial*, demonstrando assim que água excedeu a capacidade de retenção da vegetação e da infiltração do solo, o que chamamos de estado de saturação (COELHO NETTO, 1995).

Ao escoar sobre a superfície a água acompanha a gravidade sobre as formas do relevo, seguindo sua topografia até chegar às cotas mais baixas e, em seguida no canal fluvial. Esse processo de percurso da água no relevo, também é conhecido como caminho que a água percorre da vertente até chegar ao fundo de vale.

A água é um dos principais agentes modeladores do relevo na superfície, controlando a formação e o comportamento dos mantos de solos e rochas através das ações de intemperismo. Considerada um dos principais elementos físicos na composição da paisagem terrestre, interligando fenômenos atmosféricos inferiores e da litosfera, interferindo assim, na vida vegetal, animal e humana, a partir da interação que é capaz de proporcionar com os demais elementos do ambiente de drenagem (COELHO NETTO, 1995).

O ciclo hidrológico é estudado com maior interesse na fase terrestre, no qual a bacia hidrográfica é considerada o elemento fundamental de análise. A bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água da precipitação, que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, composta basicamente por um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem, formada por cursos de água que confluem até resultar em um único canal fluvial (SILVEIRA, 2009).

Para Christofolleti (1980, p.102), a bacia hidrográfica constitui-se uma “área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial”. Este ambiente é caracterizado por fatores que interagem entre si e por processos que se inter-relacionam, como: substrato geológico, formas e processos geomorfológicos, mecanismos hidrometeorológicos e hidrogeológicos.

Ao considerar a bacia hidrográfica a partir de uma visão integradora, Cunha e Guerra salientam que:

“Os desequilíbrios ambientais originam-se, muitas vezes, da visão setorializada dentro de um conjunto de elementos que compõem a paisagem. A bacia hidrográfica, como unidade integradora desses setores (naturais e sociais) devem ser administrada com esta função, a fim de que os impactos ambientais sejam minimizados” (CUNHA e GUERRA, 2000, p. 353)

A bacia hidrográfica é uma importante unidade espacial, constituída por aspectos hidrológicos e físicos, que representa a principal unidade para o planejamento e gestão de recursos hídricos.

2.3 – Bacia Hidrográfica: rede de drenagem e o perfil longitudinal

A rede de drenagem caracteriza-se por apresentar um conjunto de canais de escoamento inter-relacionado que formam a bacia de drenagem, definida por Christofolletti (1974) como "área drenada por determinado rio ou por um sistema fluvial." Dessa forma, a quantidade de água que atinge os cursos fluviais depende do tamanho da bacia, da precipitação total e do seu regime, e das perdas devidas à evapotranspiração e à infiltração.

Sobre os padrões de drenagem, Christofolletti (1974) destaca que:

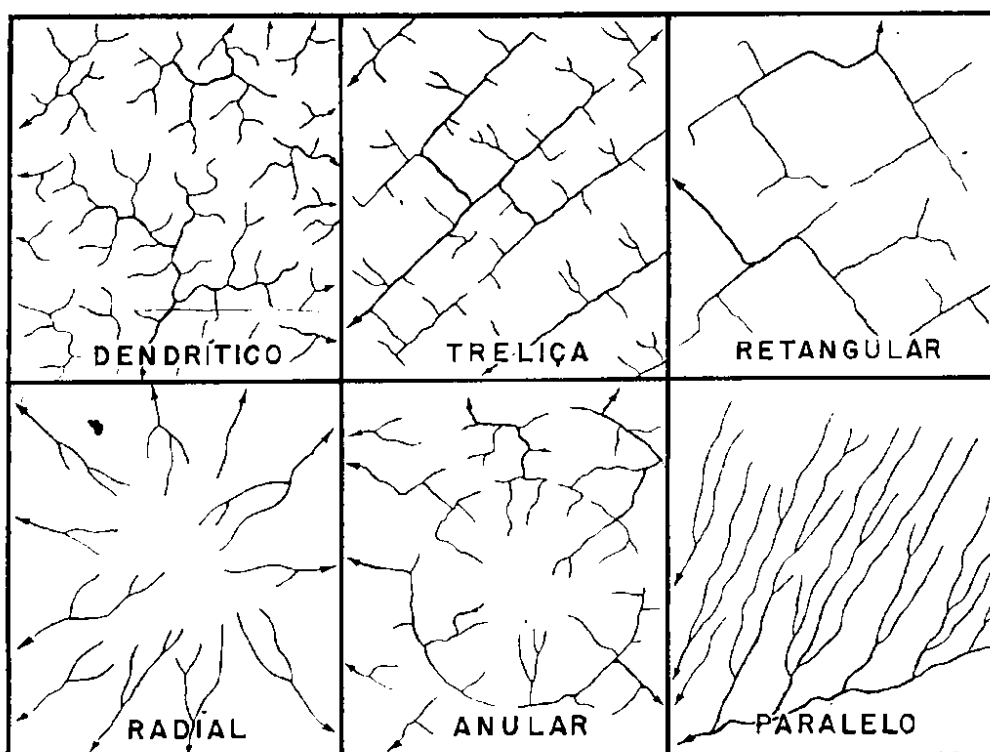
"Os padrões de drenagem referem-se ao arranjo espacial dos cursos fluviais, que podem ser influenciados em sua atividade morfogenética pela natureza e disposição das camadas rochosas, pela resistência litológica variável, pelas diferenças de declividade e pela evolução geomorfológica da região. Uma ou mais várias bacias de drenagem podem estar englobadas na caracterização de determinado padrão." (CHRISTOFOLETTI, 1974, p. 103).

A drenagem é um dos elementos mais importantes nos estudos sobre bacias hidrográficas, caracterizada por alguns parâmetros descritores: afluentes principais, área ocupada, tipo de drenagem, hierarquia fluvial, orientação de elementos em relação ao relevo, sinuosidade dos cursos, temporalidade dos canais, etc. A análise do conjunto desses elementos descritores auxiliam outros estudos, como os morfométricos e, fornece indicações sobre outros assuntos, como disponibilidade de água, presença de pântanos ou cavernas. (SANTOS, 2004, p. 86).

Os padrões de drenagem¹ podem classificados em: dentrítico, treliça, retangular, paralela, radial e anelar, como pode ser observado na figura 3, (CHRISTOFOLETTI, 1974).

¹ Os conceitos sobre os padrões de drenagem são abordados por Christofolletti (1974), no qual os padrões de drenagem estão associados às características litológicas regionais e a evolução geomorfológica do relevo, principalmente.

Figura 3: Principais tipos de padrões de canais



Fonte: Christofolletti (1974).

O perfil longitudinal de um rio mostra a relação existente entre a variação altimétrica e o comprimento do curso de água da nascente a foz. O perfil longitudinal de um canal fluvial resulta do trabalho que o rio executa para manter o equilíbrio entre a capacidade e a competência de um lado, e a quantidade e granulometria da carga detrítica do outro. O rio encontra-se em equilíbrio quando não há processo de erosão e deposição de material ao longo do seu curso, o que significa que nas condições de equilíbrio o rio é capaz de transportar todo o material oriundo das vertentes. O perfil típico apresenta uma curva parabólica côncava e declividades maiores em direção às nascentes e menores em direção a jusante, (CHRISTOFOLETTI, 1981; ROCHA, 2001).

Das nascentes até a foz, o canal fluvial representa um sistema no qual a energia potencial é fornecida pela quantidade de água das áreas mais elevadas, convertida em energia cinética pelo fluxo de água que é dissipada no atrito gerado pelas paredes do canal e pela atmosfera. Assim, a energia é distribuída ao longo do rio, porém a energia total desempenha importante papel no desenvolvimento da

paisagem. A distribuição da energia pode ser descrita como entropia, em analogia com as leis da termodinâmica, o que significa que a entropia de um sistema tem a função de distribuir a energia disponível dentro do sistema e, não tem a função da energia total dentro deste sistema, (LEOPOLD, et al., 1964; CHRISTOFOLETTI, 1981; ROCHA, 2001).

Nessa perspectiva, a entropia pode ser considerada como medida de energia disponível, em um sistema, para realizar o trabalho. Quanto maior o grau de entropia no sistema, menor será a quantidade de energia disponível para o trabalho mecânico, o de erodir, transportar e depositar a carga sedimentar. Oito variáveis inter-relacionadas são consideradas responsáveis pela modificação da declividade e forma do canal do rio: largura, profundidade, velocidade, declividade, carga sedimentar, tamanho dos sedimentos, rugosidade hidráulica e descarga. Ao longo do perfil de um canal fluvial, as variáveis vão se ajustando, o que reflete nas características da geometria hidráulica.

Assim, três relacionamentos hidráulicos são importantes nas mudanças que ocorrem ao longo do canal fluvial: 1- continuidade, no qual débito será o resultado da área do canal multiplicado pela velocidade; 2- a relação hidráulica entre velocidade, profundidade, declividade e rugosidade do canal; 3- a competência do rio e o transporte de carga sedimentar – que está, combinada com a relação entre o tamanho dos sedimentos e rugosidade do canal, leva a considerar que a concentração de sedimentos é uma função da velocidade, profundidade, declividade e rugosidade do canal (LEOPOLD, et al., 1964; CHRISTOFOLETTI, 1981; ROCHA, 2001).

2.4 – Morfologia do Sistema Fluvial

O canal fluvial é o local onde se processa o escoamento das águas de um rio e pode ser caracterizado por um sistema morfológico, no qual o rio corre em trechos de sedimentos aluviais, que permitem ajustes entre as variáveis, o fluxo e por material sedimentar, elementos fundamentais na estruturação desse sistema, (CHRISTOFOLETTI, 1974).

A forma e o padrão dos canais fluviais são ajustados de acordo com o débito, os sedimentos provenientes da rede de drenagem e pelo material rochoso presente

nas margens. Assim, considerando a variabilidade dos fluxos e suas dinâmicas, os eventos de magnitude moderada e de ocorrência relativamente frequente controlam a forma do canal. Nesta categoria, os débitos de margem plena surgem como maior poder efetivo na esculturação do modelado do canal, pois as ondas de fluxo escoam com ação morfogenética ativa sobre as margens e fundo do leito e, com competência suficiente para movimentar o material détritico. O que se deve ter em mente é que os processos morfogenético relacionados com a dinâmica e com a mecânica do fluxo somam maior efetividade quando dos débitos de margens plenas, na morfogênese do perfil longitudinal. Também é atribuída a responsabilidade na esculturação do perfil, os débitos de transbordamento do canal fluvial, constituindo em evento raro e de ação intensa, mas as consequências vão sendo esmaecidas e substituídas pelos efeitos do eventos constantes (WOLMAN e MILLER, 1960; 1974; em CHRISTOFOLETTI, op cit).

As mudanças que ocorrem na forma do canal fluvial é resultado da interação entre as forças do fluxo e a resistência do material rochoso, a forma do canal apresenta-se suscetível a alterações com as oscilações do débito. A elevação do nível das águas, no canal, há também aumento da velocidade e da força de cisalhamento, contribuindo para ação das forças erosivas e, conseqüentemente o transporte de material sedimentar, promovendo o entalhamento do canal. De maneira inversa, quando a carga sedimentar passa pela seção transversal é fornecida pela área a montante, com a diminuição no volume de fluxo o que observa-se é a deposição da carga sedimentar transportado pelo rio, proporcionando a elevação do nível do leito fluvial. Assim, o entalhamento e a deposição são considerados dois processos que atuam modificando a forma do canal, promovendo ajustagem entre as diversas variáveis, em curto espaço de tempo, (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Á água e o transporte de sedimentos no sistema fluvial são importantes para entendimento da morfologia do canal. Assim, o balanço de Lane (figura 4) apresenta como o gradiente do canal S é relacionado à carga sedimentar L , por exemplo, a capacidade, pelo tamanho do sedimento D_{50} e, como a descarga média de água Q , como pode ser observado a seguir:

$$L D50 \propto S Q$$

A declividade ou o gradiente está diretamente relacionado à carga sedimentar e é inversamente relacionado com a descarga, assim:

$$S \propto (L D50 / Q)$$

Assim, tanto o processo de aggradação ou degradação expressam uma mudança nessas variáveis, como a declividade que é ajustada de acordo com as alterações que ocorrem no sistema. O entalhamento gradual de um canal, devido à alteração hidrológica ou tectônica, pode levar ao abandono da planície de inundação. O material transportado é depositado e passa então ao estágio de terraço fluvial, em nível topográfico superior e, uma nova planície de inundação deverá ser desenvolvida, de acordo com o novo padrão hidrológico, cujos processos de esculturação estão associados com a disponibilidade de sedimentos no sistema fluvial, relacionados principalmente com as descargas do rio e com a recorrência do estágio de margens plenas, (CHORLEY et al., 1985; ROCHA, 2001).

Figura 4: Esquema do balanço da estabilidade do canal $L \times D50 \propto S \times Q$. (adaptado de Chorley et al., 1985). L: carga sedimentar; D50: diâmetro das partículas; S: declividade; Q: vazão



Nos canais de leito móvel, as mudanças na morfologia do canal podem ocorrer a partir dos eventos de alta magnitude (grandes cheias), do

posicionamento do talvegue e posição das áreas erosivas e deposicionais, como indica estudos realizados no rio Paraná (FERNANDEZ e SOUZA FILHO, 1995; SOUZA FILHO e STEVAUX, 1997; SOUZA FILHO et al., 2001; SANTOS et al., 2001; ROCHA et al., 2001) e, que estão relacionados com o grau de equilíbrio do rio.

Para os diferentes tipos de padrões de canal e suas dinâmicas, destaca-se que estes fazem parte de um *continuum*, que é determinado pelas condições de energia no sistema em relação a construção local da forma do canal (ROCHA, 2001). Em experimento realizado em laboratório sobre os padrões de canal, Schuman e Khan (1972), procuraram investigar que o *continuum* das formas do canal, estava relacionado com a declividade e com a carga sedimentar e que mudanças no padrão de canal podem ocorrer de forma repentina, relacionados também com a sinuosidade do canal.

Nesse sentido, destaca-se que a classificação dos padrões de canal tem levado em consideração muitos critérios, entre eles: a estabilidade, as características do canal, simples ou múltiplos, a relação entre a declividade, descarga e sinuosidade, esses critérios levaram em conta pesquisas e ensaios realizados em laboratório por diversos autores. Leopold e Wolman (1957) identificaram três tipos de padrões de canais, oriundos de informações adquiridas durante pesquisas: retilíneos, meandantes e entrelaçados. Os estudos levaram em consideração o grau de sinuosidade, no qual o lineamento com curvatura, com índices de 1,5 ou mais, os canais podem ser meandantes e, com valores menores são retos ou sinuosos. Os canais entrelaçados são caracterizados por apresentar uma multiplicidade de canais e, são chamados pelos autores como “anastomosado”.

As alterações nos padrões de canais também acontecem ao longo do perfil longitudinal do rio de acordo com as mudanças que ocorrem no sistema fluvial e que refletem no canal, como: aumento da vazão, da carga sedimentar total, diminuição do tamanho médio das partículas e da quantidade de sedimentos transportados por unidade de volume e consequente aumento da largura, da profundidade e do raio hidráulico, bem como a redução da resistência do fluxo, da velocidade e da declividade (SOUZA FILHO, 1993).

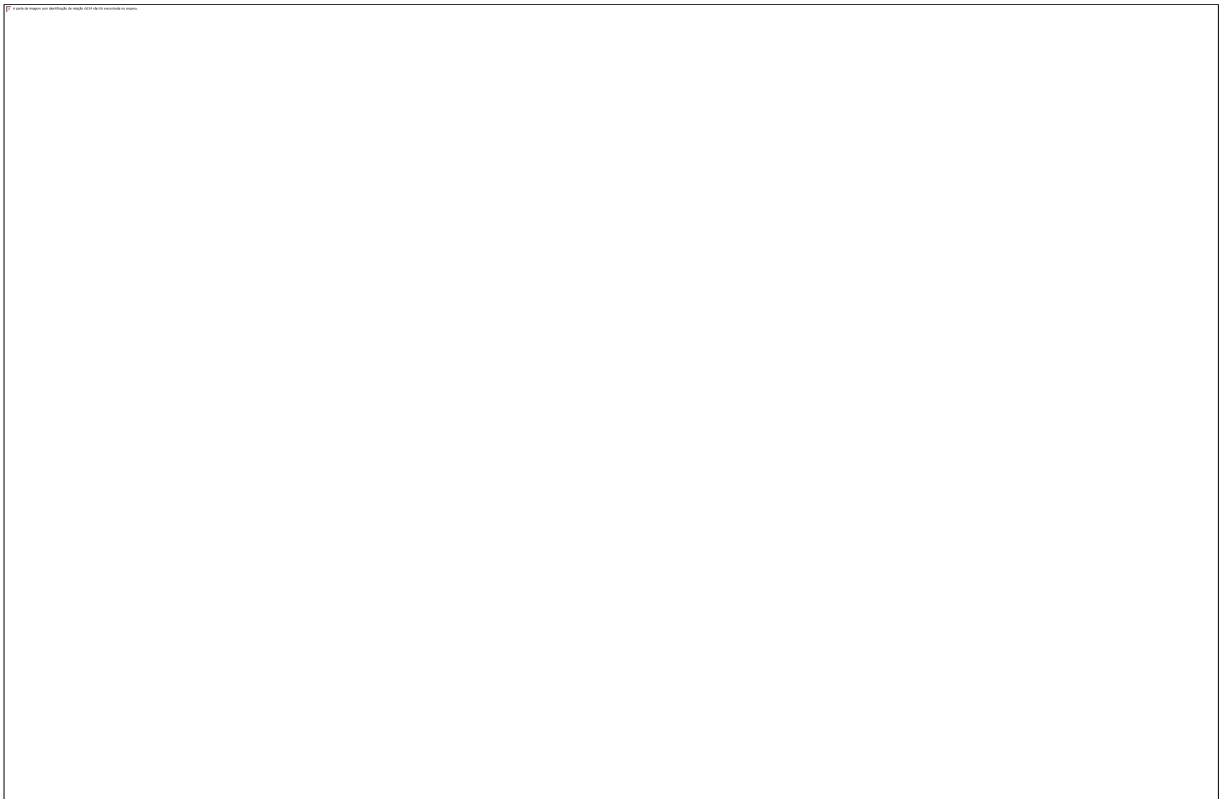
Os canais anastomosados são formados a partir de uma alta carga sedimentar no leito. Quando o rio não tem energia para transportar a carga sedimentar até o seu nível de base final, deposita-o no próprio canal. Formam-se então, barras de

sedimentos que dividem o canal fluvial em múltiplos canais, que podem ser rasos e desordenados devido às constantes migrações entre ilhotas (CHRISTOFOLETTI, 1974; BIGARELLA, 2007).

Os canais retos são aqueles em que o rio percorre um trajeto retilíneo até chegar à foz, sem se desviar significativamente durante o seu percurso. Os canais retilíneos são muitos raros na natureza e, ocorrem em regiões onde o rio está controlado por linhas tectônicas e embasamento rochoso homogêneo (CHRISTOFOLETTI, 1974).

Os canais meandrantés são rios com altos índices de sinuosidade e, transportam predominantemente carga suspensa ou mista. Os rios meandrantés apresentam ainda nítido processo de migração das curvas e, podem ser definidos pelo traçado que se afasta da direção normal de escoamento, retornando a mesma após delinear um circuito pronunciadamente harmônico, o que descreve assim as curvas altamente sinuosas e semelhantes entre durante o seu curso (LEOPOLD; WOLMAN; MILLER, 1964; MIALl; 1977; ZANCOPÉ; 2009). Os padrões de canais e suas principais características foram sintetizados por Miall (1977), como podem ser observado no quadro 1.

Quadro 1: Padrões de canal e suas principais características



Fonte: Miall (1977)

A morfologia dos canais fluviais, em planta, é subdividido em quatro tipos principais: retilíneo, meandrante, entrelaçado e anastomosado (MAILL, 1977), apresentados na figura 5:

Figura 5: Os quatros tipos fundamentais de canais.

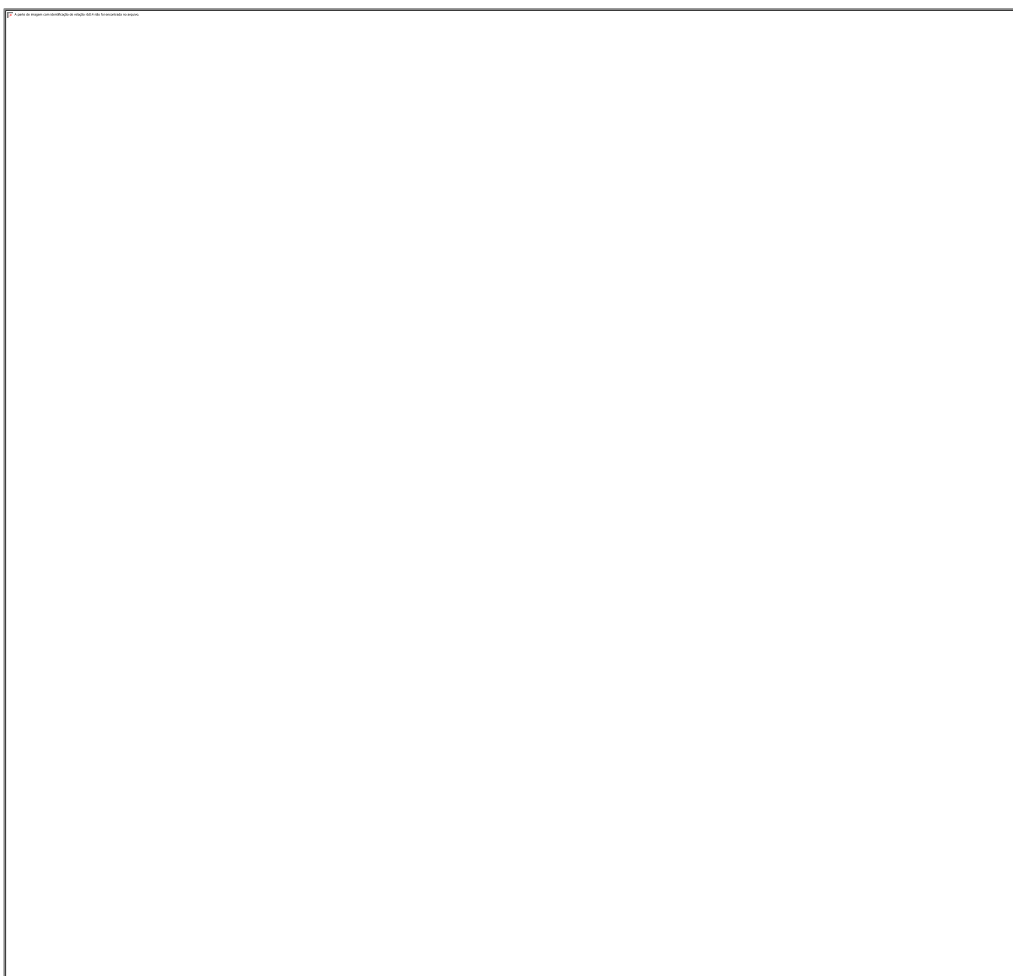


Fonte: MIALL (1977)

A planície de inundação surge composta por vários depósitos no canal e por transbordamento. A morfologia da planície de inundação depende dos depósitos do canal (barras), oriundos da sedimentação superficial que estão confinados no canal, importantes para a formação da planície. A redução das velocidades ocorre a partir do canal principal para os depósitos, acompanhado pelo decréscimo do diâmetro do sedimento na mesma direção. No entanto, a distribuição do tamanho do sedimento, dentro dos canais e nas barras, podem ser localmente diferenciados (BRIDGE & JARVIS, 1976 apud PETTS & FOSTER, 1990) .

Sem ser considerada uma classificação “sensu stricto” Lewin (1978), apresenta três tipos gerais de planície de inundação que estão relacionadas com a morfologia do canal fluvial (figura 6), a natureza da sedimentação e o processo de migração do canal. As três classes de planície de inundação apresentadas pelo autor são: tipo 1 – Planícies formadas por canais meandantes móveis, caracterizada em barras de pontal (*point bar, scroll*) e, com geometria espacial estabelecida pelo padrão deslocamento do canal; tipo 2 – Planície dominada por canais meandantes estáveis e anastomosados, constituída principalmente por sedimentação de transbordamento e carga transportada de materiais finos, silte e argilas. Tipo 3 – Planícies em canais entrelaçados/multicanais caracterizam-se por apresentar múltiplos canais que migram no vale de um lugar para outro, gerando diversas formas na planície, envolvendo canais meandantes e entrelaçado com importante quantidade de ilhas vegetadas e barras de sedimentos de cascalho.

Figura 6: Tipos de planície de inundação. Tipo 1- planície de canais meandantes móveis: (A) rio incisivo e (B) rio confinado, dominado por acreção lateral da planície de inundação; Tipo 2 - canal meandrante estável (A) e anastomosado (B), dominada por sedimentação por transbordamento; Tipo 3 - canais múltiplos móveis. *Adaptado de Lewin (1978)*



2.4.1 - Os rios meandros e a planície de inundação

Os canais meandrantos tendem a serem estreitos relativamente profundos e com margens estáveis (LEOPOLD et al, 1964, ROCHA, 2002). Os rios deste padrão apresentam curvas sinuosas, largas, harmoniosas e semelhantes entre si, que ocorrem através de um trabalho contínuo de escavação na margem côncava (local de maior velocidade da corrente) e de deposição na margem convexa (local de menor velocidade) (CHRISTOFOLETTI, 1981). Estes canais são caracterizados por alta instabilidade, o que significa que são muito susceptíveis a alterações morfológicas advindas de alterações nos processos que comandam sua geomorfologia fluvial, naturais ou antrópicos.

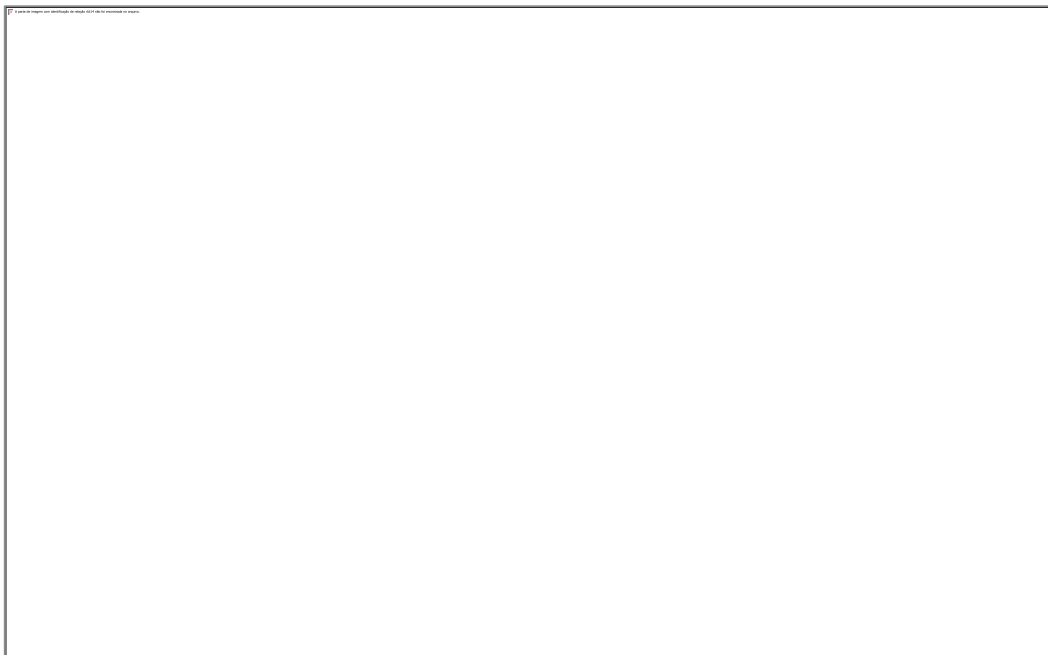
Os rios meandros não são meros caprichos da natureza, mas a forma pela qual o rio efetua o seu trabalho pela “lei do menor esforço”. Assim, os canais meandrantos representam o equilíbrio em seu estado de estabilidade, denunciando o ajustamento entre as variáveis hidrológicas, a carga detrítica e a litologia por onde o canal fluvial corre. Observa-se que os meandros são mais frequentes nos baixos cursos fluviais, a medida que diminui a competência do rio, há um decréscimo na granulometria dos sedimentos, aumentando a porcentagem da fração de silte –argila na composição da carga sedimentar transportada no leito, passando a ter um predomínio maior da carga em suspensão em detrimento da carga do leito,

O tipo de material transportado pelo rio e depositado está associado às formas e tipos de canais. Quando o rio transporta material grosseiro, os canais são mais largos e rasos e apresentam baixo índice de sinuosidade. Ao transportar carga sedimentar, como predomínio de materiais mais finos, os canais fluviais são mais estreitos e profundos e apresentam altos índices de sinuosidade. Essa relação entre, transporte e o tipo de carga sedimentar, pode explicar o fato de que os meandros são predominantes nos baixos cursos, enquanto os canais retilíneos e anastomosados pertencem aos trechos de alto e médio curso, (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Christofolletti (1981) destaca duas nomenclaturas para caracterizar os canais meandrantos: descritiva e analítica. A nomenclatura descritiva esta relacionada aos aspectos morfológicos existentes na planície de inundação, entre elas os meandros

abandonados, os diques semicirculares, colo de meandro, faixa de meandro, banco de solapamento e bancos detríticos (figura 7).

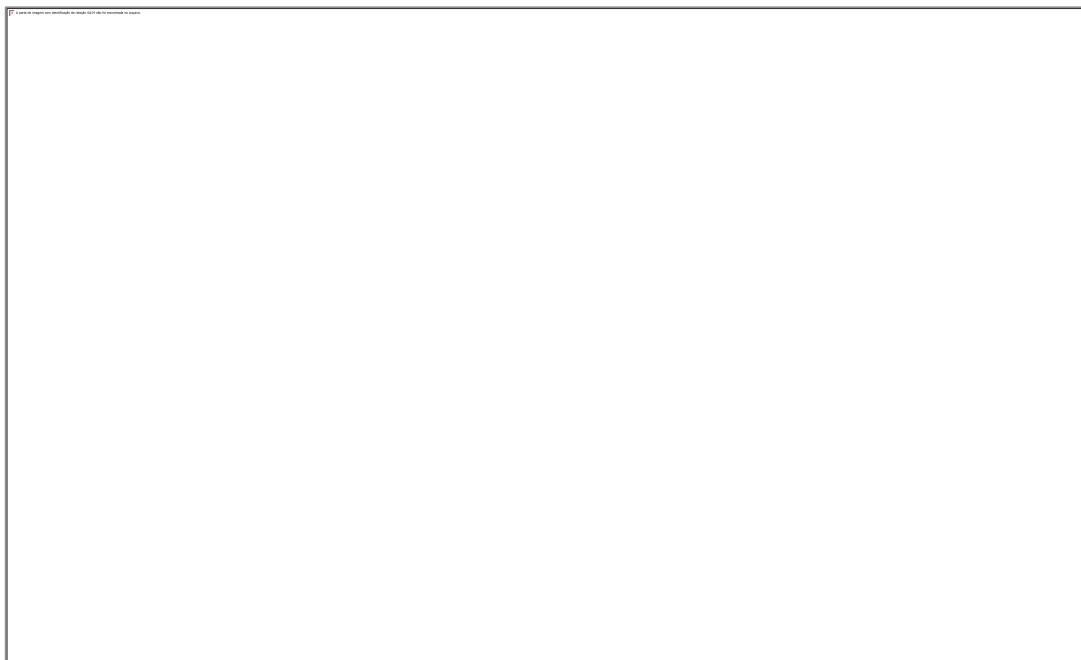
Figura 7: Banco de solapamento - margem côncava, na qual é intensa a atividade erosiva; o cordão marginal convexo (*point bar*) - zona de deposição localizada nas margens convexas; meandro abandonado - denominado "chifre de boi", pela analogia do formato, também chamado de "sacado"; colo - trecho que separa duas curvas meândricas, e o seu recortamento origina a formação do meandro abandonado.



Fonte: Adaptado de Christofolletti, (1981).

Na nomenclatura analítica dos meandros são analisados os aspectos geométricos, destacando as várias propriedades pertinentes ao canal e ao próprio meandro. Assim, essas propriedades são as seguintes: largura do canal, comprimento de onda, comprimento do canal, amplitude do meandro, raio de curvatura e a largura da faixa de meandros, como pode ser observado na figura 8 (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Figura 8: Principais características geométricas, levadas em consideração na análise de canais meandrantess: largura do canal; comprimento do canal; raio de curvatura e o comprimento de onda.



Fonte: Adaptado de Christofoletti, (1981).

Os aspectos geométricos sobre os canais meandrantess são analisados de forma cuidadosa, já que o relacionamento entre essas propriedades só é válida sob a condição de que o meandro seja considerado como um sistema aberto, levando em consideração as influências do débito, da carga dretrítica e do material sedimentar, o que indica o comportamento desse sistema (CHRISTOFOLETTI, 1981).

As planícies de inundação estão diretamente relacionadas com o estabelecimento de meandros. Nas áreas de planícies, os meandros, refletindo o débito fluvial e o ajustamento entre as variáveis hidráulicas, apresentam características geométricas independentes do tamanho e da forma do vale, no qual estão instalados. O fato de estarem localizados em ambientes abertos e livres, os meandros desloca-se de forma constante para as laterais e para jusante, sendo assim chamados de meandros divagantes (ou livres, ou aluviais, ou de planície aluvial). Por conta desse processo de migração, a planície fluvial registra os sinais das formas meândricas, entre elas os meandros abandonados, bancos detríticos, diques marginais e outras, (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Sobre a geometria dos corpos arenosos e agradação da planície de inundação, uma das características essenciais de um modelo meandantes são as curvas meândricas recortadas, abandonadas e preenchidas por materiais finos, silte e argila. Com o tempo, as camadas de argila depositadas tornam-se abundantes e relativamente difíceis de serem erodidas. Uma vez confinada, o conjunto do cinturão meândrico pode vir a ser erguido para o nível geral da planície de inundação por acreção vertical. Esta situação pode persistir até uma catastrófica ruptura do dique, resultando numa mudança repentina de entrada do rio para uma parte mais inferior da planície de inundação (avulsão).

Assim, a geometria dos corpos arenosos de um canal meandrante altamente sinuoso poderá ser essencialmente alongada (*shoestring*), com a presença de sedimentos finos da bacia de inundação, próximo e lateralmente ao canal. O cordão alongado também pode ser recoberto por sedimentos finos de transbordamento a partir do canal ativo em sua nova posição. Deste modo, o modelo meandrante de alta sinuosidade prediz que, sob certa continuação no suprimento de sedimentos e subsidência da bacia, uma série de corpos arenosos (lentes de areia) intercaladas com argila laminada (xistosa) poderá se desenvolver. Uma simples sequência de um corpo arenoso pode ser tão espessa quanto o rio era profundo; entretanto, a superimposição de corpos arenosos pode ocorrer com depósitos de canais recentes que cortam os antigos canais (WALKER e CANT, 1979).

As planícies de inundação desenvolvidas em trechos de canais meândricos apresentam topografia diversificada e são consideradas como as mais importantes. Geralmente, o canal meândrico, situado em faixa de aluvial se encontra a decímetros ou metros acima das baixadas marginais adjacentes, conhecidas como bacia de inundação. A migração das curvas meândricas estão relacionadas com os aspectos topográficos, no processo de erosão e sedimentação nos canais que integram a configuração topográfica na planície de inundação, como os cordões marginais convexos e os meandros abandonados. Existem ainda, formas de relevo que são desenvolvidas por processos de sedimentação que ocorrem fora do canal fluvial, na superfície da planície de inundação, que constituem elementos de sua composição: diques marginais, sulcos e os depósitos de recobrimento e as bacias de inundação (CHRISTOFOLETTI, 1981). Na figura 9, podemos observar um

modelo de planície de inundação de um rio meandrante e processos de deposição de material na sua superfície.

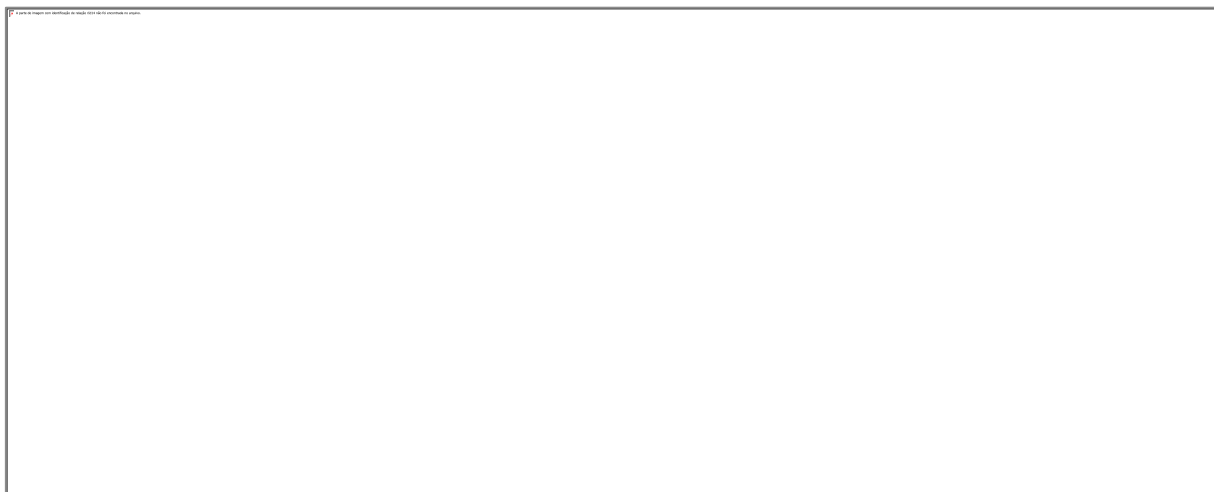
Figura 9: Modelo de planície de inundação de um rio meandrante. *A*: modelo de fácies; *B*: sequência clássica de afinamento para o topo (ALLEN, 1965); *C*: sedimentação recente da planície de inundação (LEWIN, 1983); *D*: Acreção contrapontal da planície de inundação (NANSON & PAGE, 1983).



É comum nas planícies aluviais ocorrer trechos de canais abandonados, os quais são originados por processos migratórios das curvas meândricas, que podem ser drásticas e repentinas (figura 10). Geralmente, os processos que originam os canais abandonados ocorrem quando o canal passa a ocupar antigos locais de sedimentação e o fluxo diminui aos poucos, por atalho em colo (*neck cutoff*) entre dois meandros, ou por avulsão, quando ocorre abertura de um novo canal (rápida

mudança do curso do canal fluvial, normalmente durante eventos de inundação) lateralmente a vários meandros (RICCOMINI, et al 2008).

Figura 10: A: encurtamento da curva meândrica; B: entalhamento do pendúnculo da curva meândrica; C: avulsão. Os canais abandonados estão representados pelas linhas trilhadas)



Fonte: Adaptado (ALLEN, 1965 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1981)

2.4.2 - Avulsão: principais características

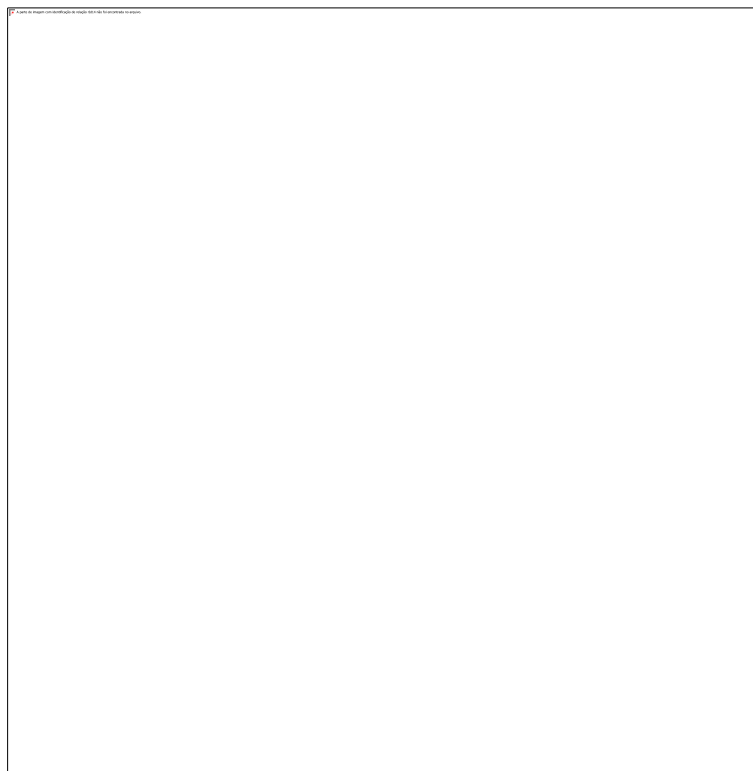
O termo avulsão é utilizado em sua maioria para explicar grandes desvios de descarga que resultam em novos canais, no qual parte do fluxo é transferido do canal principal para a formação de um novo canal, que em sua maioria coexistem com o canal principal (SLINGERLAND e SMITH, 2004).

Uma característica comum entre as pesquisas realizadas sobre a avulsão é que esse processo desenvolve-se em padrão de canal meandrante, devido à capacidade de transformação da rede de drenagem proporcionada por esse tipo padrão de canal (JONES e HARPER, 1998; ASSINE e SILVA, 2009; PHILLIPS, 2009; ZACONPÉ et al. 2009). No entanto, cabe destacar que as características do ambiente fluvial, as causas da avulsão podem ser diversas ocorrendo de forma combinada e proporcional à duração do processo em ampla escala temporal (JONES e HARPER, 1998; SLINGERLAND e SMITH, 2004; ASLAN, 2005; JUDD et al. 2007; PHILLIPS, 2011; KLEINHANS et al. 2013).

Sempre que o fluxo é desviado do canal principal e ocorrer a formação de um novo canal (avulsão), uma variedade de fatores podem explicar o processo de mudança ocorrido, que incluem o tamanho e a duração da avulsão, tamanho e configuração da bacia de inundação ocupada pelo novo canal e, as características da superfície da bacia, como: topografia, elevação do lençol freático, cobertura vegetal, processos de resistência a erosão e, a presença ou a ausência de canais pré-existentes. É importante salientar, que para cada processo de formação de avulsão existe uma combinação única de fatores que controlam as partes afetadas (SLINGERLAND e SMITH, 2004).

A figura 11 a seguir mostra a formação e evolução do processo de avulsão em um canal fluvial.

Figura 11: A - B, C-D, E-F, referem-se, respectivamente, a proporção de fluxo desviado e formação da avulsão. D - linhas do canal ativo; as linhas tracejadas D canais abandonado



Fonte: Slingerland e Smith, 2004.

Slingerland e Smith (2004) destaca que o processo de avulsão também pode estar relacionando a elevação do leito, onde o fundo do rio ficaria mais alto do que a planície de inundação, criando condições ideais para a formação do processo.

2.5 - Regime Hidrológico

Os rios são canais de escoamento fluvial que integram o ciclo hidrológico, no qual sua alimentação se processa através das águas superficiais e das subterrâneas. O escoamento fluvial compreende a quantidade de água que alcança os cursos de água, incluindo o escoamento pluvial, que é imediato e, as águas precipitadas que só depois serão incorporadas através da infiltração. (CHRISTOFOLETTI, 1981).

O regime de escoamento superficial e da vazão no rio é baseado nas descargas médias anuais e mensais e permite a avaliação do seu regime natural. A média, máxima e mínima anual pode revelar as possíveis variações ao longo da série histórica do rio. Estes aspectos de avaliação tornam-se importantes devido à variabilidade natural climática (precipitação) e às interações entre o homem e o ambiente, cujos resultados geralmente promovem alterações nos aspectos de intensidade e qualidade da relação precipitação-descargas na bacia hidrográfica, repercutindo na variabilidade inter-anual do fluxo no rio.

A vazão ou débito é a principal grandeza que caracteriza um rio, sendo a quantidade de água que passa através de uma seção transversal, por unidade de tempo. A unidade de medida mais utilizada para expressar a vazão é em metros cúbicos por segundo (m^3/s), (VILLELA e MATTOS, 1975).

O regime hidrológico ou o regime das vazões é caracterizado pela alteração do nível da água, no canal fluvial. Assim, o que interessa é a compreensão e o estudo do comportamento das vazões diárias, médias, mínimas e máximas. A vazão diária é a média aritmética das vazões medidas no decorrer do dia. As vazões diárias são importantes para identificar períodos sazonais. Os rios que estão localizados em regiões de clima com estação bem definida, a identificação das vazões diárias é mais fácil e rápida. Em regiões de em que as chuvas são bem distribuídas ao longo do ano, a dificuldade na identificação dos períodos de cheia e estiagem são maiores. É comum utilizar a média das vazões mensal, considerando-a como um indicador das características do ano hidrológico da bacia hidrográfica revelada pela variabilidade dos meses ao longo do ano (TUCCI, 2002; DESTEFANI, 2005).

A vazão máxima é considerada a vazão que ocorre numa seção de um rio num período definido. Esta vazão é importante para caracterizar as condições de inundação do local, já que são as vazões que ficam acima do nível normal de um rio. A vazão máxima pode ser estimada com base: no ajuste de uma distribuição estatística; na regularização de vazões e na precipitação (TUCCI, 2002; 2009).

As vazões mínimas são aquelas que dentro da série histórica das vazões, apresentam os menores valores da série, ou as vazões de estiagem, que não atendem as demandas mínimas. Tucci (2002, p.161) salienta que essa é "uma definição muito subjetiva, já que a vazão de estiagem não é caracterizada a partir de uma série histórica. Um rio, mesmo em cheia, pode não atender às necessidades da região que o cerca".

A variabilidade do regime hidrológico é caracterizada por diversos elementos que formam a bacia hidrográfica ou fatores que nela ocorrem, como: as condições climáticas (precipitação, evapotranspiração; radiação solar); geologia; geomorfologia; solos; cobertura vegetal; uso do solo e ações antrópicas. É um processo que se apresenta ao longo do tempo e de forma aleatória, por isso é importante a análise de todas as informações e elementos que compõem o sistema hídrico (TUCCI, 2002).

2.6 - Variabilidades hidrológicas e Climáticas

A variabilidade hidrológica é entendida com as alterações que podem ocorrer na entrada e saídas dos sistemas hidrológicos. As principais entradas são a precipitação e a evapotranspiração (que depende de outras variáveis climáticas), enquanto que a principal variável de saída são o nível e a vazão de um rio, (TUCCI, 2002). Sobre os principais efeitos da variabilidade hidrológica, o autor relaciona: variabilidade natural dos processos climáticos; impacto da modificação climática; efeitos do uso da terra e alteração dos sistemas hídricos.

Araújo (2011) menciona que é comum na climatologia e na hidrologia obter séries longas de dados, que deriva da necessidade de analisar tendências e variações e, possivelmente algumas mudanças. Porém, a variabilidade resulta de

atividades mais complexas, podendo somar a estas as eventuais alterações induzidas pelas atividades antrópicas.

Sobre a variabilidade climática destaca-se que ela é entendida como o efeito de variações de longo prazo do clima, já que não existe uma linearidade de comportamento. Assim, a alteração da precipitação pode causar impacto diferenciado sobre a vazão da bacia hidrográfica. O que significa que valores extremos (inundação e secas) a resposta da bacia amplia com relação à variação da precipitação, ou seja, existe uma elasticidade da vazão. Nos anos mais chuvosos o aumento da precipitação produz maior vazão, já que a infiltração aumento pouco e evapotranspiração diminui pelo aumento da chuva, o que reflete no aumento proporcional da vazão. Enquanto, que nos anos secos, a diminuição da precipitação, o aumento da evapotranspiração reduz em magnitude a vazão².

As mudanças sobre a superfície da bacia a partir das ações antrópicas podem causar impactos significativos sobre o escoamento e comprometer os sistemas hídricos. Esses impactos geralmente são "caracterizados pelo efeito que provoca no comportamento das enchentes, nas vazões mínimas e na vazão média, além das condições ambientais locais e a jusante." (TUCCI, 2006; 34). Ainda, para Tucci as alterações sobre o uso e manejo do solo da bacia podem ser classificadas quanto ao: tipo de mudança, tipo de uso da superfície e a forma de desmatamento.

O desmatamento exerce considerável efeito nas perdas de água. A perda de cobertura arbórea, em curto prazo, reduz a perda de água do solo por transpiração. As raízes profundas das árvores ao serem arrancadas, provoca maior escoamento das águas na superfície do solo, já que a retirada da cobertura (folhas caídas) foi substituída pela terra nua. Com a retirada da vegetação que protege o solo, o mais provável é que aumente o fluxo direto da água para os rios (ROCHA et al., 2003).

Com a retirada da vegetação natural (floresta e gramíneas), os fluxos envolvidos no ciclo hidrológico se alteram, ocorrendo:

"aumento do albedo. A floresta absorve maior radiação de onda curta e reflete menos; · maiores flutuações da temperatura e déficit de tensão de vapor das superfícies das áreas desmatadas, o volume evaporado é menor devido a redução da interceptação vegetal pela retirada da vegetação das árvores; menor

² Blog do Tucci - Recursos Hídricos e Meio Ambiente. Acesso em 23 de agosto de 2014 disponível em <<http://rhama.net/wordpress/?p=55>>

variabilidade da umidade das camadas profundas do solo, já que a floresta pode retirar umidade de profundidades superiores a 3,6 m, enquanto que a vegetação rasteira como pasto age sobre profundidades de cerca de 20 cm." (TUCCI, 2006; p. 38)

As alterações de uma ou mais dessas variáveis podem provocar mudanças no regime hidrológico do rio, que tanto se processam sazonalmente quanto na ordem histórica, dependendo do tipo e grau das intervenções. As intervenções antrópicas atuam, principalmente, no âmbito da cobertura vegetal e do uso do solo e pode repercutir em outras variáveis do sistema, como alteração dos padrões físicos e químicos dos escoamentos e, potencialmente, nas variáveis climáticas, dentro de uma escala mais restrita, tal como em uma bacia hidrográfica.

Nesse sentido, Poff et al. (1997) e Richter et al. (1997) buscaram compreender o regime natural do rio, a partir do entendimento da variabilidade hidrológica para manter a integridade do ecossistema fluvial, onde

"a completa variabilidade do regime hidrológico intra e inter-anual, e associada característica de periodicidade, duração, frequência e taxa de mudança, são críticas na sustentação da biodiversidade total nativa e integridade do ecossistema aquático" (RICHTER et al., 1997, p. 231)

Poff et al. (1997) asseveram que cinco elementos devem ser levados em consideração para o entendimento do regime natural do rio, entre eles:

- **Magnitude fluvial:** a magnitude do fluxo é compreendida como o conteúdo de água em movimento que passa por um local fixo, por unidade de tempo Poff et al. (1997). A magnitude pode ser referida tanto a descarga absoluta ou relativa. Máximas e mínimas magnitudes de fluxo variam entre os rios, conforme o clima e o tamanho das suas bacias (ROCHA, 2002).
- **Frequência:** representa um fluxo de certa magnitude recorre ao longo de um específico intervalo de tempo Poff et al. (1997). A frequência de ocorrência é inversamente relacionada à magnitude do fluxo (ROCHA, 2002).
- A **periodicidade** (ou previsibilidade) define-se como a regularidade que determinada magnitude ocorre. Esta regularidade pode ser definida formalmente, informalmente e com referência a diferentes escalas de tempo, se houver uma permanência do fluxo a previsibilidade aumenta Poff et al. (1997).

Para Richter et al. (1997) a preocupação com o regime de fluxos dos rios fez com que diversos métodos e procedimentos fossem estabelecidos e aplicados, contribuindo para avaliação hidrológica. De acordo com Araujo, (2011) a utilização da variabilidade média anual do fluxo podem prescrever as taxas de fluxos ecologicamente importantes. Enquanto, outros assumem como fator importante de análise dos fluxos do regime hidrológico do rio as variáveis: baixos fluxos, médios fluxos e altos fluxos, cuja função é facilitar o estudo sobre as características do regime natural do rio.

2.7 – Geotecnologias

O uso das geotecnologias tem aumentado significativamente ao longo dos anos, possibilitando a formação de bases cartográficas com maior diversidade temática e com maior número de informações. As técnicas empregadas, através do geoprocessamento e do sensoriamento remoto são extremamente eficazes, contribuindo para os estudos das mais diversas áreas, especialmente para as ciências exatas e ambientais.

As geotecnologias são consideradas conjuntos de tecnologias para coleta, processamento, análise e disponibilização de informação que tem como referência a área geográfica (ROSA, 2003). O avanço tecnológico colaborou para a evolução das geotecnologias, através da invenção de microcomputadores, *softwares* e *hardwares* cada vez mais sofisticados. Essas ferramentas contribuem para a tomada de decisão e processamento das informações obtidas.

É crescente o uso das geotecnologias nas análises geográficas, contribuindo para fortalecer pesquisas científicas e trabalhos técnicos. Nesta perspectiva, é importante observar que as geotecnologias auxiliam no manuseio de dados da superfície obtido por sensores remotos, bem como levantamento de uso e cobertura da terra.

Rosa e Brito (1996 p. 07) definem "o geoprocessamento como um conjunto de tecnologias destinadas a coleta e tratamento de informações espaciais, assim como o desenvolvimento de novos sistemas e aplicações, com diferentes níveis de sofisticação."

O desenvolvimento da informática possibilitou armazenar e representar tais informações em ambiente computacional, abrindo espaço para o aparecimento

do geoprocessamento. A introdução do geoprocessamento no Brasil contribuiu para o surgimento de vários grupos em tecnologia no país (CÂMARA *et al* 2001, p. 03).

A introdução do Geoprocessamento no Brasil inicia-se a partir do esforço de divulgação e formação de pessoal feito pelo prof. Jorge Xavier da Silva (UFRJ), no início dos anos 80. A vinda ao Brasil, em 1982, do Dr. Roger Tomlinson, responsável pela criação do primeiro SIG (o Canadian Geographical Information System), incentivou o aparecimento de vários grupos interessados em desenvolver tecnologia, entre os quais podemos citar: UFRJ, MaxiDATA, INPE e CpQD/TELEBRAS. (CÂMARA *et al*, 2001, p. 04).

O geoprocessamento utiliza-se de técnicas de tratamento e manipulação de dados geográficos, apresenta como uma das suas técnicas o SIG (Sistema de Informação Geográfica). O SIG integra operações convencionais de bases de dados, com possibilidades de seleção e busca de informações e análise estatística, conjuntamente com possibilidades de visualização e análise geográfica oferecida pelos mapas (ROSA, 2004)

O geoprocessamento tem por objetivo principal fornecer ferramentas computacionais (software e hardware) para que os diferentes analistas determinem evoluções espaciais e temporais de um fenômeno geográfico, bem como as interações entre eles (ASSAD e SANO, 1993).

Fitz (2008) menciona que o geoprocessamento é entendido como uma técnica que utilizando de uma SIG, busca a realização de levantamentos, análises e cruzamentos de informações georreferenciadas, que visa à realização do planejamento, manejo ou gerenciamento de um espaço específico, que apoia-se na cartografia digital para realizar essa manipulação dos dados, sendo assim, fundamental para o desempenho e desenvolvimento das geotecnologias.

2.7.1 – Sistemas de Informação Geográfica

Os Sistemas de Informação Geográfica surgiram durante a década de 60, no Canadá, como parte de um programa governamental que tinha como meta criar um inventário de recursos naturais. Porém, estes sistemas eram muito difíceis de usar, não existiam monitores gráficos de alta resolução, os computadores necessários eram caros e faltava mão de obra especializada, seguida da baixa capacidade de

armazenamento e velocidade de processamento. Nos anos 70 os avanços em equipamentos e software, tornando viável o desenvolvimento de sistemas comerciais. Durante, esse processo foi criado à expressão *Geographic Information System*. A década de 80 é marcada pela evolução tecnológica do sistema de informação geográfica que dura até hoje. (ROSA e BRITO, 1996; CÂMARA *et al* 2001)

O Sistema de Informações Geográficas (SIG) é um instrumento utilizado em todas as áreas do conhecimento que utilizam mapas, possibilitando: integrar em uma única base de dados informações que representam vários aspectos de uma região; permitir a entrada de dados de diversas formas; relacionar dados de diferentes fontes; gerar relatórios e gráficos, entre outros (ROSA e BRITO, 1996).

Sobre os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), Souza (2006) salienta que a utilização de SIGs tem-se intensificado nas análises geomorfológicas, uma vez que aperfeiçoa os trabalhos nessa esfera de conhecimento, a partir da premissa de que é necessário conhecer a técnica, fazer uma escolha adequada da legenda associada à escala cartográfica, além de uma eficaz interpretação visual dos fatos geomórficos e de sua gênese.

Para o desenvolvimento de um trabalho em um SIG é necessário o entendimento de noções cartográficas básicas, como escala do objeto que será representado e a localização a partir do sistema de coordenadas (sistema de coordenadas geográficas e do sistema de coordenadas UTM - Universal Transversa de Mercator). Assim, "na representação da superfície terrestre nos deparamos basicamente com quatro problemas: o tamanho da Terra (escala), a forma da Terra (projeção), a informação a ser representada (tema) e a localização da informação (coordenada)", (ROSA e BRITO, 1996:25).

2.7.2 - Sensoriamento Remoto

O sensoriamento remoto também está relacionado com a gestão de um território. Aliado ao SIG, o sensoriamento e a alta tecnologia computacional, demonstram que podem auxiliar na coleta, armazenamento e análise do volume e complexidade dos dados básicos necessários para a gestão do território. É importante salientar que a técnica, por si só, não solucionam todos os problemas

de integração dos dados é preciso ter conhecimento para correlacioná-los (ROSA e BRITO, 1996).

O sensoriamento remoto pode ser definido como, sendo a utilização conjunta de sensores, equipamentos de dados, equipamentos de transmissão de dados colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves, ou outras plataformas, com objetivos de estudar eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície terrestre a partir do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que o compõem em suas mais diversas manifestações (NOVO, 2010, p. 28).

Nessa perspectiva, destacamos o processamento dos dados orbitais, que tem como características: a **resolução espectral**, ou seja, o número de bandas e as regiões espectrais a que se referem; a **resolução espacial** dos dados, isto é, o tamanho do *pixel* no terreno (em metros); a resolução radiométrica, que se refere ao número de elementos discretos que representa o brilho de cada *pixel*; os dados auxiliares que permitirão sua correção radiométrica e geométrica, (NOVO, 2010, p. 279).

Conhecer as características das imagens com as quais se está trabalhando é importante não apenas para proceder à sua interpretação, mas também para configurar adequadamente os sistemas de processamento e análise de dados digitais. O tamanho da imagem, o número de bandas espectrais, a resolução espacial e a resolução radiométrica de determinam o volume de dados a serem processados, assim como a configuração de equipamentos e sistemas de processamento digital que serão utilizados (NOVO, 2010).

2.7.3 - Mapeamento Geomorfológico

Os avanços tecnológicos na área de geotecnologias contribuem de forma significativa para o desenvolvimento do Mapeamento Geomorfológico. A Cartografia Geomorfológica é um importante instrumento na espacialização dos fatos geomorfológicos, permitindo representar a gênese das formas do relevo e suas relações com a estrutura e processos (CASSETI, 2005).

Os mapas geomorfológicos apresentam um grau de complexidade, que está associado às dificuldades de se apreender e representar uma realidade

relativamente abstrata, as formas do relevo, sua dinâmica e gênese. A elaboração de uma carta geomorfológica deve levar em consideração: os elementos de descrição do relevo; identificar a natureza geomorfológica de todos os elementos do terreno e a datar formas. Nesse sentido, destaca-se que o mapeamento geomorfológico é um instrumento que direciona a pesquisa e que deve representar uma síntese como produto do mapeamento realizado, considerado como um inventário genético do relevo (ROSS, 1997).

Existem muitas propostas para a representação do relevo e, a maior unanimidade entre elas refere-se ao conteúdo geral dos mapas, independentemente da maneira de representação gráfica, que de forma geral provoca divergência entre as diversas tendências. Nesse ponto, observa-se que existe certa dificuldade em adotar uma escala de mapeamento geomorfológico, porém é importante destacar que cada mapeamento temático deverá fornecer informações coerentes ao que está sendo representado (CASSETI, 2005).

Argento (1995) ressalta a importância do ordenamento da legenda para atender as diferentes perspectivas de macroescalas em nível regional, de mesoescalas de detalhamento, em âmbito municipal e de microescala, em que são priorizadas as especificidades locais. Ainda, sobre a questão da representação gráfica, Ross (1990) considera que o que parece mais problemático é a questão relativa à padronização ou a uniformização da representação cartográfica, pois ao contrário de outros tipos de mapas temáticos, não se conseguiu chegar a um modelo de representação que satisfaça os diferentes interesses dos estudos geomorfológicos.

Cassetti (2005) baseados nos conceitos de Abreu (1982) salienta que o problema da classificação dos fatos geomorfológicos é um dado fundamental para o processo de análise, considerando importante deslocar o eixo da abordagem do problema da escala para o problema da essência dos fenômenos que interessa ao estudo do georrelevo. O problema da escala relaciona-se, portanto, na definição do encaminhamento metodológico, na escolha dos instrumentos de investigação e no nível de resolução gráfica do tratamento cartográfico.

O sensoriamento remoto é uma ferramenta importante para o geoprocessamento, que permite a obtenção de informação de um alvo, sem que haja contato físico com o mesmo. Considera-se produto de sensoriamento remoto

desde fotografias aéreas ou terrestres até as imagens orbitais de satélites espaciais (ROSA, 2003).

Florenzano (2008: 31) destaca que "O sensoriamento remoto é a tecnologia de aquisição, à distância, de dados da superfície terrestre, isto é, por meio de sensores instalados em plataformas terrestres, aéreas ou orbitais (satélites)".

O sensoriamento remoto é uma técnica que se utiliza de sensores para captação e registro a distância (sem o contato direto) da energia refletida ou absorvida pela superfície terrestre (FITZ, 2008).

O uso das geotecnologias através das técnicas de Sensoriamento Remoto e de Geoprocessamento, principalmente no processamento de dados obtidos por satélites, têm colaborando para o sucesso de várias pesquisas no campo geomorfologia, por exemplo.

"(...) a Geomorfologia dispõe de uma variedade de dados e técnicas de sensoriamento remoto que fornecem níveis de informação sem precedentes. Os avanços tecnológicos dos novos sensores remotos, que produzem imagens com melhor resolução espacial, espectral, radiométrica e temporal, além do recurso estereoscópico, permitem ao especialista em Geomorfologia mapear, medir e estudar uma variedade de fenômenos geomorfológicos com maior rapidez e precisão." (FLORENZANO, 2008, p. 34)

Os dados obtidos por pares estereoscópicos digitais por sensores ópticos e de dados topográficos orbitais de radar interferométrico, como os da missão SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission), permitem a visualização do espaço geográfico em três dimensões e, com o uso do SIG, é possível obter de forma automática, variáveis morfométricas (altitude, declividade, orientação de vertentes etc). Esses dados são essenciais para os estudos geomorfológicos, entre outros (FLORENZANO, 2008).

2.7.4 - Uso e Cobertura da Terra

A classificação de imagem é considerada uma técnica que visa atribuir a cada pixel um rótulo em função de suas propriedades espectrais ou espaciais (NOVO, 2010). Dessa forma, na interpretação digital as técnicas de classificação utilizam-se de programas apropriados, também denominados algoritmos de classificação,

baseando-se na interpretação espectral, ou seja, no valores de cinza. Dependendo do algoritmo³, utilizado para esse tipo de procedimento, a classificação é considerada supervisionada ou não supervisionada, envolvendo duas fases distintas: treinamento e classificação (MOREIRA, 2011).

Na classificação supervisionada, selecionam-se as amostras de treinamento que são representativas das classes que serão mapeadas. Nesse processo, os procedimentos ocorrem por meio de parâmetros normalmente estatísticos, no qual as amostras são utilizadas como padrão de comparação aos demais pixels da imagem (JENSEN, 1996; LILLESAND et al.2004; MOREIRA, 2011).

O sistema de classificação para o uso e cobertura da terra, tem por objetivo agrupar objetos, elementos e eventos em conjuntos levando em consideração as propriedades, com o método ou sistema de avaliação. Destaca-se que as abstrações mentais de classificação do real são arquitetadas para atender a certos propósitos e às necessidades para um determinado mapeamento. A classificação é produto do sujeito que organiza o mundo real, por isso esta está pode ser subjetiva e nem sempre atender a todo tipo de usuário, tampouco abarcar toda a complexidade do alvo (IBGE, 2006).

Alguns critérios são levados em consideração durante o processo de classificação, segundo o Manual técnico de Uso da Terra (IBGE, 2006), para que os dados obtidos de sensores remotos possam ser utilizados com eficiência. Esses critérios podem ser observados a seguir, de acordo com Anderson e outros (1979):

- precisão mínima de 85% para interpretar e identificar as categorias de cobertura e uso da terra, tendo os dados de sensores remotos como primeira fonte de dados;
- repetição da precisão da interpretação para todas as categorias ;
- repetição de resultados de um sensor para outro e entre intérpretes ;
- possibilidade de aplicação a extensas áreas;
- utilização de dados de sensores remotos capturados em diferentes épocas do ano;
- uso da vegetação e de outros tipos de cobertura da terra como substitutos da atividade;

³ O Algoritmo de classificação foram definidos e caracterizados por Novo (2010) e Moreira (2011);

- identificação de subcategorias em escalas maiores, a partir de levantamentos de campo ou de sensores de maior resolução;
- possibilidade de agregação de categorias;
- possibilidade de comparação com dados de uso da terra obtidos posteriormente; e
- possibilidade de identificação de usos múltiplos da terra;

3 – MATERIAIS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 – Materiais e métodos utilizados na caracterização do meio físico da área de estudo

Diante das configurações geográficas regionais e das características do meio físico, avaliou-se durante o desenvolvimento da pesquisa, que área de estudo deveria ser ampliada, com o objetivo de obter dados e informações que pudessem contribuir e fortalecer no entendimento das dinâmicas do trecho da bacia hidrográfica do rio do Peixe, caracterizado pelo processo de avulsão, inicialmente determinada para essa pesquisa. Assim, a área de estudo passou a compreender o baixo curso da bacia em questão, desconsiderando o trecho fluvial, após a avulsão, ou seja, a foz do rio.

Para atingir os objetivos da pesquisa, inicialmente, foi realizado um levantamento prévio das imagens de satélites Landsat 1 e 5 (Land Remote Sensing Satellite), disponibilizadas gratuitamente no site do Instituto Nacional de Pesquisas Aplicadas (INPE), sendo que as referidas imagens correspondem aos anos de 1976, 1985, 1995, 2005 e 2010. Além, de imagem de radar SRTM (Suttle Radar Topography).

Os dados foram organizados no Sistema de Informação Geográfica (SIG), por meio de softwares de mapeamento como o *ArcGis* 10® e *ENVI* 4.8®, onde as imagens foram georreferenciadas e processadas dentro das finalidades dos objetivos. A manipulação das mesmas permitiu a interpretação multitemporal das possíveis mudanças no entorno do trecho de avulsão e do canal fluvial.

A caracterização dos atributos físicos da área de estudo foi realizada através de dados e mapas pré-existentis, do IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas (1981); Mapeamento Geomorfológico do Estado de São Paulo, elaborado por Ross e Moroz (1996) e do Relatório de Situação dos Recursos Hídricos das Bacias dos Rios Aguapeí e Peixe (1997). Utilizou-se ainda, cartas topográficas disponibilizadas pelo IBGE, na escala de 1: 250.000 para extração dos *layers* da drenagem e delimitação dos limites da área de estudo.

O levantamento de uso e cobertura da terra foi realizado com imagens de satélites Landsat 1 e 5, dos anos 1976, 1985, 1995, 2005 e 2010 e, por meio de consultas bibliográficas existentes sobre as formas de ocupação do oeste do Estado de São Paulo, além do levantamento de dados secundários aos órgãos públicos de planejamento do estado, entre eles: IBGE; CETESB; IPT; DAEE; CESP e outros;

A constituição da base cartográfica digital foi possível a partir da seleção das cartas topográficas do IBGE na escala de 1: 250.000, folhas: SF-22-V-D (Dracena); SF-22-Y-B (Presidente Prudente); SF-22-Z-A (Marília); SF-22-X-C (Araçatuba), que contribuíram para elaboração da base digital, delimitação da área de estudo, traçado da rede de drenagem, vias de acesso e para o mapeamento temático realizado.

3.1.2 - Hipsometria da área de estudo

A carta hipsométrica representa cada faixa altimétrica com cor previamente definida. Para elaboração da hipsometria da bacia do baixo curso do rio do Peixe as informações sobre a altimetria da superfície foram derivadas de um modelo digital de elevação construído a partir de dados de altitude obtidos pelo levantamento topográfico realizado pela NASA por meio da missão SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*).

A resolução dos dados de aproximadamente 90m foram refinados pelo método de Krigagem, esse procedimento elaborado pelo projeto de Produtividade em Pesquisa de “Modelagem de dados topográficos SRTM” desenvolvida no INPE (Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais), fez com que a resolução dos dados altimétrico passasse para a resolução de aproximadamente 30 m.

Os dados (imagens) foram processados no *software ArcGis 10®*, no qual foi possível estabelecer 5 classes hipsométricas identificadas em um mapa temático da área de estudo

3.1.3 - Carta Clinográfica

A carta clinográfica foi elaborada a partir de dados do sensor SRTM da área de estudo. Com os dados SRTM no *software* foi possível criar um modelo de dados

MNT (Modelo Numérico de Terreno) e em seguida gerar uma grade triangular, grade retangular e extrair a declividade da área.

Os procedimentos teórico-metodológicos utilizados para elaboração da carta clinográfica, foram baseados nos trabalhos de Ross (1997, 2000). Para estabelecer as classes de declividade o autor utilizou dos intervalos já consagrados nos estudos de Capacidade de Uso/Aptidão Agrícola associado aos valores já conhecidos de limites críticos de geotécnica. As classes de declividade foram hierarquizadas em cinco categorias de análise. **Tabela 1**

Tabela 1: Classes de Declividade

CATEGORIAS	%
Muito Fraca	Até 6%
Fraca	de 6% a 12%
Média	de 12% a 20%
Forte	de 20% a 30%
Muito Forte	Acima de 30%

Fonte: Ross (2000)

Para tanto, a metodologia apresentada foi adaptada e os valores foram ajustados de acordo com os dados apresentados na carta de declividade, já que a região não apresentou uma variação significativa na declividade.

3.1.1 - Caracterização geomorfológica e classes de dissecação

A caracterização geomorfológica e dos padrões de dissecação da área de pesquisa foi elaborado a partir de dados do Modelo Digital de Elevação (MDE) obtido, por meio do levantamento topográfico realizado pela NASA por meio da missão SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*). A resolução dos dados são de aproximadamente de 90 metros, que foram interpolados utilizando a ferramenta *Spline*, no software *ArcGis 10®*, gerando assim o modelo digital de elevação com pixel de 30 m.

Ao realizar a interpolação foi atribuído um novo valor aos novos pixels, preservando os valores originais de forma estatísticas e gerando um modelo

suavizado para o mapeamento. A partir do modelo suavizado foi possível, gerar outro modelo, sombreado do relevo (*hillshade*) para delimitar os compartimentos geomorfológicos.

O ponto de partida para análise dos dados foi à compilação do mapa geomorfológico do Estado de São Paulo, mapeados por Ross e Moroz (1996), baseados nos conceitos de morfoestrutura e morfoescultura para classificação e taxonomia do relevo. Para o mapeamento geomorfológico foi aplicado parcialmente os quatros primeiros táxons, na escala de 1: 250.00.

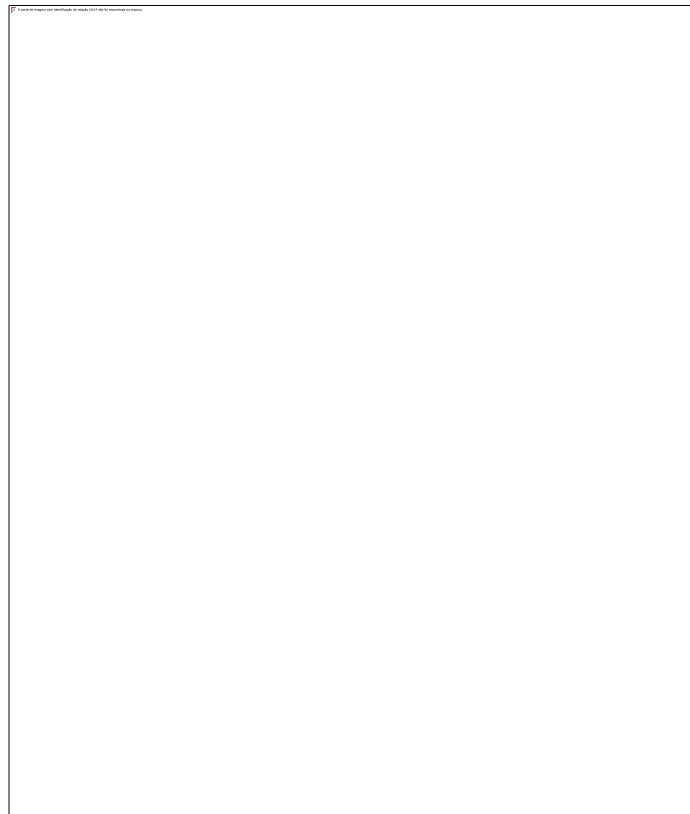
De acordo com Ross (1997), o relevo pode ser classificado em seis níveis taxonômicos, baseado na morfologia e na sua gênese. Os níveis taxonômicos são brevemente resumidos e ilustrados a seguir:

- **O 1º táxon** corresponde às **Unidades Morfoestruturais**: consideradas de maior extensão em área e correspondem às macroestruturas, como exemplo dessas maiores estruturas na qual se refere o autor podemos exemplificar citando a bacia Sedimentar do Paraná. Geralmente, essa unidade é representada por cores.
- **O 2º táxon** representado pelas **Unidades Morfoesculturais**: correspondem aos compartimentos e subcompartimentos do relevo pertencentes a uma determinada morfoestrutura e posicionados em diferentes níveis topográficos. As Unidades Morfoesculturais também são representadas por tons de cinzas, individualizando e caracterizando cada compartimentação do relevo (unidades morfoestruturais, planaltos, depressões, etc...)
- **O 3º táxon** corresponde as **Unidades Morfológicas**: presentes nas Unidades Morfoesculturais, as Unidades Morfológicas correspondem aos agrupamentos de formas de agradação (acumulação) e formas de denudação (de erosão ou dissecação). As formas de agradação são representadas pela letra **A** e as formas denudacionais pela letra **D**.
- **O 4º táxon** refere-se a um **conjunto de formas semelhantes ou individualizadas** que correspondem às tipologias do modelado.
- **O 5º táxon** corresponde a **setores das vertentes**, cujas formas podem ser convexa, retilínea ou côncava.

- O 6º táxon é representado por formas **lineares do relevo ou pequenas formas de relevo**, resultantes de processos atuais: ravinas e voçorocas. Outra forma representada pelo 6º táxon são aquelas produzidas pelo homem, como os aterros.

Os níveis taxonômicos podem ser observados na figura 12, conforme proposta por Ross (1992).

Figura 12: Proposta taxonômica do relevo.



Fonte: Ross (1992)

As Unidades Morfológicas ou os Padrões de Formas Semelhantes são de duas naturezas genéticas: formas agradacionais (acumulação) e as formas denudacionais (erosão). Para o mapeamento geomorfológico do Estado de São Paulo, foi adotado o mesmos procedimentos do Projeto Radambrasil, no qual as formas agradacionais recebem a primeira letra maiúscula A (de agradação) acompanhada de outras duas letras minúscula que determinam a gênese e o processo de geração da forma de agradação. As formas denudacionais (D) são acompanhadas de outra letra minúscula que indica a morfologia do topo da forma

individualizada, que é reflexo do processo morfogenético, que gerou tal forma (ROSS, 2000).

Os padrões de formas do relevo podem ser observados no quadro 2, a seguir:

Quadro 2 - Padrões De Formas De Relevo

FORMAS DE DENUDAÇÃO	FORMAS DE ACUMULAÇÃO
D - Denudação (erosão)	A - Acumulação (deposição)
Da - Formas com topos aguçados	Apf - Formas de planície fluvial
Dc - Formas com topos convexos	Apm - Formas de planície marinha
Dt - Formas com topos tabulares	Apl - Formas de planície lacustre
Dp - Formas de superfície planas	Api - Formas de planície intertidal (mangue)
	Ad - Formas de campos de dunas
De - Formas de escarpas	Atf - Formas de terraços fluviais
Dv - Formas de vertentes	Atm - Formas de terraços marinhos

Fonte: modificado do tema Geomorfológico do projeto Radambrasil - MME - DNPM - 1982 (ROSS, 2000) - adaptado

Os índices de dissecação foram obtidos a partir das medidas entre a densidade de drenagem ou dimensão interfluvial e o grau de entalhamento dos vales (tabela 1). Os índices foram gerados utilizando o perfil topográfico de cada unidade morfológica, através da ferramenta *3D Analyst* do *ArcGis 10®*

Tabela 2: Matriz dos Índices de Dissecação das Formas do Relevo

Grau de entalhamento dos vales	Dimensão interfluvial média				
	Muito grande (1) > 3.750m	Grande (2) 1.750 a 3.750m	Média (3) 750 m a 1.750m	Pequena (4) 250 a 750m	Muito pequena (5) < 250 m
Muito fraco (1) > 20m	11	12	13	14	15
Fraco (2) 20 a 40 m	21	22	23	24	25
Médio (3) 40 a 80 m	31	32	33	34	35
Forte (4) 40 a 160 m	41	42	43	44	45
Muito Forte (5) > 160 m	51	52	53	54	55

fonte: Ross (1992)

As formas individualizadas do relevo (4^o táxon) são representadas por formas semelhantes: topos convexos (c), tabulares (t), entre outras formas que são caracterizadas por diferentes tamanhos e geometria dos topos.

3.2 – Materiais e procedimentos metodológicos para mapeamento de uso e cobertura da terra

3.2.1 - Processamento digital das imagens

Os procedimentos operacionais utilizados para o processamento digital dos dados orbitais, cadastrais e temáticos foram realizados em ambiente de SIG (Sistema de Informação Geográfica), no qual foi possível à aquisição, armazenamento, manipulação, análise e apresentação dos dados georreferenciados. No ambiente de SIG, foram executados os seguintes procedimentos: melhor composição colorida e realce das imagens de satélite adquiridas, com o objetivo de facilitar a identificação dos alvos mapeados; segmentação; classificação supervisionada; elaboração dos mapas temáticos e quantificação das classes de uso e cobertura da terra.

A aquisição dos dados orbitais foi realizado no sítio do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), imagens Landsat 1 (Land Remot Sensing Satellite), sensor MSS (Multispectral Scanner), 238/75 e 2239/75 e, Landsat 5 (Land Remot Sensing Satellite), sensor TM (Thematic Mapper) órbita 223/75 e 222/75. As imagens adquiridas para mapeamento de uso e cobertura da terra da área de estudo e identificação do processo de formação da avulsão estão discriminadas na tabela 3. Cabe salientar, que não foram encontradas imagens com o mesmo mês e dia, disponibilizada no sítio do INPE.

Os dados para mapeamento de uso e cobertura da terra foram organizados no Sistema de Informação Geográfica (SIG), por meio de softwares *ArcGis* 10® e *ENVI* 4.8®.

Tabela 3: Lista das imagens utilizadas na pesquisa

Data	Satélite	Sensor	Órbita/Ponto	Resolução Espacial
15/10/1976	Landsat 1	MSS - Multispectral Scanner	238/75	30m
11/12/1976	Landsat 1	MSS - Multispectral Scanner	239/75	30 m
14/07/1985	Landsat 5	TM - Thematic Mapper	222/75	30 m
07/07/1985	Landsat 5	TM - Thematic Mapper	223/75	30 m
26/07/1995	Landsat 5	TM - Thematic Mapper	222/75	30 m
19/07/1995	Landsat 5	TM - Thematic Mapper	223/75	30 m
09/07/2005	Landsat 5	TM - Thematic Mapper	222/75	30 m
14/07/2005	Landsat 5	TM - Thematic Mapper	223/75	30 m
26/06/2010	Landsat 5	TM - Thematic Mapper	222/75	30 m
01/06/2010	Landsat 5	TM - Thematic Mapper	223/75	30 m

3.2.2 - Realce das imagens e melhor composição colorida

O realce das imagens tem por objetivo modificar, através de funções matemáticas, os níveis de cinza ou os valores digitais de uma imagem, de forma a destacar as informações espectrais e melhorar a qualidade visual das imagens, facilitando assim a análise e interpretação (ROSA, 1996).

A composição colorida é fundamentada na capacidade que o olho humano tem de discriminar mais facilmente matiz de cores do que tons de cinza. Assim, para cada banda, uma cor primeira (azul, verde ou vermelha) é associada ou, cores complementares (amarela, magenta ou cian), de forma que para cada alvo diferente de cena associa-se a uma cor ou uma combinação de cores distintas.

Para o Landsat 1 - MSS - Bandas 1, 2 e 3 foi realizado a seguinte composição colorida RGB (1, 2, 3), nas imagens Landsat 5 - TM - dos anos de 1985, 1995, 2005 e 2010 foram extraídas as bandas 3, 4 e 5 e realizada a composição colorida RGB (5, 4, 6). Cada composição foi salva em formato geotiff e configurada em relação à base cartográfica utilizando o Datum WGS84 (World Geodetic System).

3.2.3 - Registro das Imagens Seleccionadas

O registro das imagens é processo que tem por objetivo manipular dados que não estão diretamente correlacionados, como sobrepor imagens que foram obtidas por diferentes sensores e diferentes épocas, ou de diferentes tomadas de posição etc. O registro tem por finalidade, por exemplo, construir mosaicos e detectar mudanças de alvos, obter composição coloridas, bem como cruzar informações distintas (ROSA, 1996).

O registro das imagens da área de estudo foi realizado no programa *ArcGis* 10®, utilizando as bases cartográficas de hidrografia e estradas disponíveis na base de dados do IBGE e da Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA-SP).

Esse procedimento é realizado para integrar uma determinada imagem à base de dados existente num SIG. O georreferenciamento de cada imagem, a partir de cada ponto ou *pixels*, passa a estar vinculado a um par de coordenada, de um sistema cartográfico conhecido.

3.2.4 - Processo de segmentação das imagens

No processo de segmentação as imagens de satélite são fragmentadas no em regiões, correspondendo assim às áreas de interesse da aplicação dos objetivos. A região, no processo de segmentação é formada por "pixels" considerados homogêneos na imagem, como por exemplo, o nível de cinza dos pixels, textura e contraste.

A segmentação pode ser feita de forma manual ou automática. No processo manual é preciso reconhecer visualmente as feições presente na imagem e depende da interpretação do analista. Na segmentação automática, o processo de identificação é baseado nas características espectrais e espaciais da imagem.

Durante o processo de segmentação por crescimento de regiões, emprega-se a técnica de agrupamento de dados, onde somente as regiões adjacentes, podem ser agrupadas. A segmentação rotula cada "*pixel*" como uma região distinta. Para esse processo calcula-se o critério de similaridade para cada par de amostras da região adjacente.

Para determinar o limiar de similaridade foi necessário testar várias combinações no algoritmo. Após os testes, o resultado da segmentação foi a formação de polígonos delimitados para cada classe de uso.

3.2.5 - Classificação das Imagens

A classificação é um processo de extração de informação da imagem e, que consiste em definir uma classe temática para um determinado grupo de pixels.

Para esta pesquisa, a técnica de classificação foi feita por regiões, no qual os classificadores simulam o comportamento de uma foto-interprete, no reconhecimento das áreas homogêneas da imagem, a partir das características espectrais e espaciais. Na classificação multiespectral o processo de treinamento, é primeiro procedimento de reconhecimento da assinatura espectral das classes.

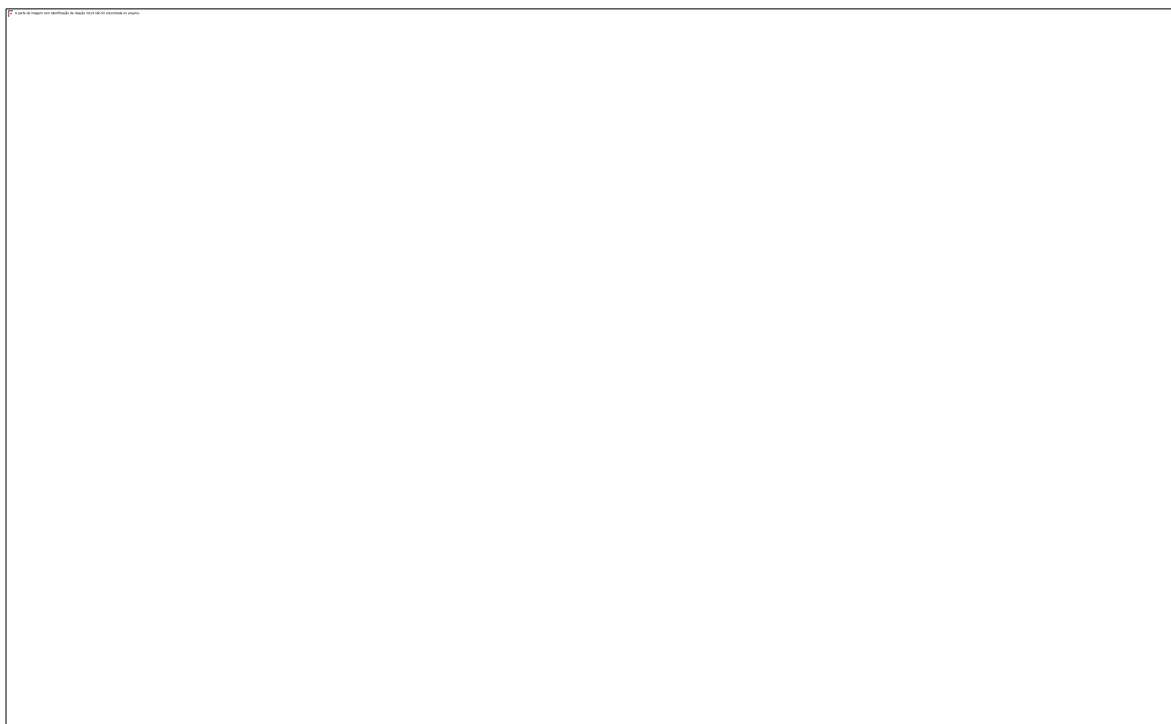
A classificação supervisionada caracteriza-se por duas fases distintas: a fase de treinamento e a outra de classificação. O treinamento consiste em apresentar, para o sistema, um conjunto de pixels representativos de cada classe de ocupação do solo na imagem a ser classificada (MOREIRA, 2005).

Para fazer a classificação, foi realizada a coleta de 10 a 20 amostras, dependendo do ano da imagem. Durante a classificação as classes de uso e cobertura da terra foram reconhecidas, de acordo com os padrões de comportamento espectral das distintas classes na imagem, entre elas: a cor, textura e rugosidade de cada alvo.

3.2.6 - Mapas temáticos: uso e cobertura da terra

A elaboração dos mapas temáticos de uso e cobertura da terra da área de estudo, foi fundamentado nos conceitos e método proposto pelo IBGE no Manual Técnico de Uso da Terra (2006). Para melhor compreender o processo de mapeamento, o IBGE elaborou um fluxograma das etapas e levantamento da classificação de cobertura da terra, conforme figura 13

Figura 13: Fluxograma das etapas e processo de levantamento e classificação de cobertura e uso da terra



Os mapas de uso e cobertura da Terra foram elaborados a partir das classificações das imagens dos anos de 1976, 1985, 1995, 2005 e 2010. Os mapas foram gerados os seguintes temas: Florestas, Mata Ciliar, Agricultura, Pastagem, Solo Exposto, Água e Área urbana.

3.3 – Materiais e procedimentos metodológicos dos dados de regime pluviométrico e hidrológicos

Os dados de precipitação foram obtidos no sítio eletrônico do Departamento de Energia Elétrica do estado de São Paulo (DAEE). Na bacia hidrográfica do rio do Peixe, os dados de precipitação variam entre as décadas de 1940 ao ano de 2010, distribuídos entre as cinquenta e cinco estações pluviométricas. Contudo, primando pela ocorrência da avulsão localizada na zona de baixo curso da bacia do rio do Peixe, adotou-se as vinte estações cujas séries históricas de dados eram mais longas, e com menor quantidade de falhas, ainda que algumas destas ainda possuam algumas falhas, dessa forma, nem todas as

estações tem a leitura de dados com início e termino nos mesmos anos, no quadro 3.

Quadro 3: Estações pluviométricas

Município	Prefixo	NOME	Alt.(Met.)	Lat.	Long.	Bacia	Série histórica
Parapuã	C7-001	Bairro Monte Alegre	346	21° 56' 25"	50° 56' 24"	Peixe	1944-2014
Tupã	C7-043	Tupa	510	21° 56' 00"	50° 32' 00"	Peixe	1942-2000
Iacri	C7-054	Iacri	509	21° 52' 12"	50° 40' 35"	Peixe	1946-2014
Bastos	C7-062	Bastos	484	21° 55' 30"	50° 42' 44"	Peixe	1946-2014
Osvaldo Cruz	C7-067	Osvaldo Cruz	456	21° 47' 53"	50° 52' 18"	Peixe	1953-2014
Piquerobi	C8-001	Piquerobi	441	21° 53' 10"	51° 43' 38"	Peixe	1936-2014
Florida Paulista	C8-002	Florida Paulista	427	21° 36' 59"	51° 10' 06"	Peixe	1954-2013
Adamantina	C8-004	Adamantina	440	21° 41' 16"	51° 02' 31"	Peixe	1956-2014
Lucelia	C8-018	Lucelia	449	21° 43' 44"	51° 00' 40"	Peixe	1963-2014
Irapuru	C8-042	Irapuru	440	21° 34' 00"	51° 21' 00"	Peixe	1949-2014
Mariapolis	C8-047	Mariapolis	370	21° 47' 00"	51° 11' 00"	Peixe	1970-2000
Ouro Verde	C8-055	Fazenda Paulista	270	21° 35' 01"	51° 42' 30"	Peixe	1971-2014
Flora Rica	C8-059	Ribeirao Da Ilha	300	21° 44' 16"	51° 26' 28"	Peixe	1974-2014
Marilia	D6-010	Marilia (Acco)	660	22° 14' 00"	49° 56' 00"	Peixe	1940-1976
Quata	D7-001	Quata	520	22° 15' 28"	50° 42' 03"	Peixe	1940-2014
Pompeia	D7-003	Pompeia	580	22° 06' 20"	50° 11' 42"	Peixe	1940-2000
Marilia	D7-067	Amadeu Amaral	440	22° 20' 54"	50° 02' 51"	Peixe	1972-2000
Rancharia	D7-073	Fazenda Barra Mansa	430	22° 07' 18"	50° 49' 42"	Peixe	1974-2014
Marilia	D7-074	Avencas	487	22° 16' 16"	50° 06' 26"	Peixe	1976-2014
Presidente Prudente	D8-003	Presidente Prudente	460	22° 06' 00"	51° 23' 00"	Peixe	1970-2000

Os dados fluviométrico também foram obtidos dos sítios eletrônicos do Departamento Estadual de Águas de São Paulo (SIGRH) e Agência Nacional de Águas (ANA), conforme ilustrado no quadro 3. Assim como as séries de dados pluviométricos, estes também apresentavam algumas falhas de dados que foram preenchidas partir do coeficiente de determinação ($R^2 > 0,7$) através de regressão linear, conforme preconizado por Poff *et al.* (1997) e Rocha (2002). Para a correlação de informações foram utilizados os dados do posto vizinho, cuja série de dados é mais longa e apresenta menor quantidade de falhas.

A figura 14 apresenta a localização dos postos fluviométricos e pluviômetros na bacia hidrográfica do rio do Peixe.

Figura 14: Localização dos postos fluviométricos e as estações pluviométricas na bacia hidrográfica do rio do Peixe, Oeste Paulista

Considerando-se a localização da avulsão, foram selecionados para análise os três postos fluviométricos mais próximos da mesma, conforme apresentados no quadro 4. Os dados obtidos a partir dos postos fluviométricos foram tratamento utilizando-se de estatísticas básicas no *software* Excel⁴ e, elaboradas planilhas contendo dados de vazão média mensal para o cálculo de médias anuais e de vazão máxima. Com os dados organizados em planilha foi possível gerar o gráfico de vazão média anual e de vazão máxima para os postos analisados.

Quadro 4: Postos fluviométricos

Município	Prefixo (ANA)	NOME	Área (Km ²)	Lat.	Long.	Bacia	Série histórica
Presidente Prudente	63790000	Fazenda São Luís	700	-21,88	-51,2647222	Peixe	1948-2000
Flora rica	63810000	Flora Rica/Emilianópolis	7422	-21,75000	-51,450000	Peixe	1948-2000
Tupã	63710000	Estrada do Quatá	2910	-22,06277	-50,608055	Peixe	1948-2000

O fluxo pode variar conforme a escala de tempo avaliada, na ordem de horas, dias, estações do ano, anos e adiante. Entretanto, muitos anos de observação em uma estação fluviométrica geralmente são necessários para descrever as particularidades do padrão de fluxo de um rio, em termos de quantidade, periodicidade e variabilidade, caracterizada pelo seu regime de fluxo natural (POFF et al., 1997; ROCHA, 2002).

⁴ Software registrado pela Microsoft

3.3 - Materiais e procedimentos metodológicos para o levantamento de dados da formação do processo de avulsão

3.3.1 - Análise de dados geográficos e índices geomorfológicos

Para caracterizar o processo de avulsão na planície de inundação do rio do Peixe, utilizou-se de produtos cartográficos de diferentes escalas temporais e espaciais. Estes materiais contribuíram para o entendimento do processo de avulsão e demais aspectos geomorfológicos associados a este processo, na planície de inundação.

Os produtos cartográficos utilizados para esta etapa da pesquisa foram:

- ✓ Fotografia Aérea de 1962, na escala de 1: 25.000;
- ✓ Fotografia Aérea de 1978, na escala de 1: 20.000;
- ✓ Imagem de Satélite, Landsat 5/TM de 1976, 1985, 1995, 2005 e 2010;
- ✓ Imagens CBERS 2-B/HRC;

Buscou através dos produtos cartográficos mencionados acima, indicar o intervalo de tempo entre a formação e consolidação da avulsão na área de estudo e, caracterizar o processo de avulsão, no que tange a extensão, variação da sinuosidade do canal e a relação destas variáveis com demais investigações desse trabalho, como mudança do uso do solo e regime hidrológico.

A análise de outros aspectos também contribuíram para o entendimento do processo de avulsão, entre eles a sinuosidade do canal, a morfologia dos meandros e os processos erosivos e deposicionais.

Com estes produtos cartográficos foram realizadas medições do índice de sinuosidade dos anos de 1976, 1985, 1995, 2005 e 2010. A sinuosidade representa a relação entre o comprimento do canal e o comprimento do eixo do vale. O valor de 1,5, inicialmente proposto por Leopold e Langbein (1960) apud Cristofolleti (1980), é usado pelos pesquisadores como ponto de partida para considerar os canais como meândricos.

Também compõe o escopo de materiais investigados neste estudo o mapa geomorfológico da área da avulsão realizado por Moraes (2015). Nesta porção a paisagem fluvial foi reconhecida conforme metodologias desenvolvidas por Brierley e Fryirs (2005) e adaptada por Coffman et al (2010). O vale aluvial é

composto das unidades de canais, planície de inundação e terraço. Nestas unidades inserem-se correspondentes unidades geomórficas, como paleocanais e lagos de ferradura.

Os produtos cartográficos utilizados para identificação das unidades geomorfológicas são de diferentes escalas, esse procedimento foi adotado devido à ausência de dados cartográficos disponível da área de estudo. Assim, buscou diante dos dados disponíveis obterem a melhor interpretação e representação dos principais aspectos do relevo para análise geomorfológica da área.

A sinuosidade do canal principal do rio do Peixe e do canal da avulsão foi obtidas através das imagens de satélites landsat, dos anos de 1976, 1985, 1995, 2005 e 2010. A sinuosidade foi definida pela razão entre o comprimento do rio principal e o comprimento do talvegue em linha reta. Este parâmetro foi calculado para cada ano analisado da área de estudo através do *software ArcGis 10®*. A expressão para o cálculo do Índice de sinuosidade é $Is = L/dv$, descrita por Schumm (1956).

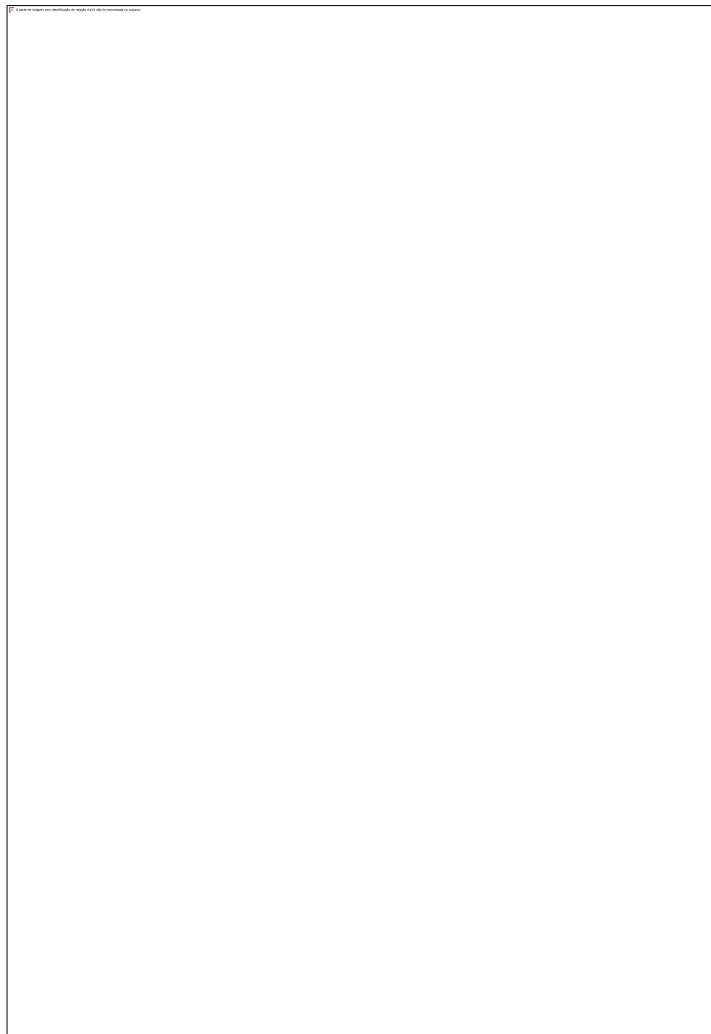
4 – CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO

4.1– Geologia

O substrato geológico da bacia hidrográfica do rio do Peixe é composta por um conjunto de rochas vulcânicas e sedimentares pertencentes a Bacia do Paraná. A Bacia do Paraná é uma unidade geotectônica estabelecida sobre a Plataforma Sul-Americana a partir do Devoniano inferior (IPT, 1981a).

Na Bacia do Paraná são determinadas seis subdivisões ou supersequências, que correspondem: Rio Ivaí (Ordoviciano-Siluriano), Paraná (Devoniano), Gondwana I (Carbonífero - Eotriássico), Gondwana II (Meso a Neotriássico), Gondwana III (Neojurássico-Eocretácio) e Bauru (Neocretácio), conforme menciona Milani (1997).

Figura 15: Esboço Geológico da Bacia Sedimentar do Paraná



Fonte: Silva et al (2003) In: Schobbenhaus e Neves (2003)

As três primeiras supersequências são representadas por sucessões sedimentares que estão relacionadas a uma definição de ciclos transgressivo-regressivos atrelados à oscilação do nível relativo do mar no Paleozóico. As unidades litoestratigráficas, independente do grupo e formação são descritas no arranjo espacial dos estratos da bacia e, "inserem-se como elementos particularizados neste arcabouço aloestratigráfico da escala regional". (MILANI et al, 2007, p. 266).

No âmbito específico do baixo curso do rio do Peixe, afloram rochas sedimentares referentes ao Grupo Bauru e Sedimentos Aluvionares (Qa) . O Grupo Bauru apresenta sedimentos cretáceo, formados por arenitos muito finos a finos,

intercalados com lamitos, lamitos arenosos, siltitos e conglomerados intraformacionais, ricos em estruturas sedimentares (estratificações cruzadas de pequeno porte, acamamento plano-paralelo, ripples, clay balls, bioturbação, etc.) (senso STEIN et al., 1979; SOARES et. al.; 1980 *apud* GUEDES et. al.; 2006).

A Formação Caiuá (Kc) é composta basicamente por arenitos e, representa a base do Grupo Bauru, em um embaciamentos ainda restrito, sobrepondo-se às rochas eruptivas da Formação Serra Geral. Os arenitos da Formação Caiuá são compostos essencialmente de quartzo, feldspato, calcedônia e opacos, definindo-se tipos quartzosos, ocasionalmente com caráter subarcosiano, são bem arredondados, possuem coloração arroxeada típica, e abundantes estratificações cruzadas de grande a médio porte, com ocorrência local de cimento e nódulos carbonáticos (IPT, 1981a).

A Formação Santo Anastácio (SA) é constituída predominantemente por arenitos de cor vermelha, marrom avermelhada ou arroxeada, de granulação fina a média, com seleção de regular a ruim em geral, possuem grãos arredondados e subarredondados cobertos por película limonítica e presença frequente de nódulos carbonáticos ou cavidades preenchidas por carbonato de cálcio (IPT, 1981).

A Formação Adamantina (Ka) ocorre por vasta extensão do oeste do Estado de São Paulo, constituindo os terrenos de maior parte do Planalto Ocidental, deixando de aparecer nas porções mais rebaixadas dos vales dos rios, onde já foram removidos pela erosão (IPT, 1981). Dentro do Grupo Bauru, esta Formação é a mais ampla e ocorre em grande parte da bacia do rio do Peixe, aparecendo normalmente nas cotas mais elevadas dos baixos cursos dos rios.

Sobre a Formação Adamantina, Almeida et al. (1980b), mapeando o oeste paulista, adotam a mesma divisão do Grupo Bauru em quatro formações em concordância com Soares et. al. (1980) e, subdividem a Formação em cinco "unidades de mapeamento" (Ka_I, Ka_{II}, Ka_{III}, Ka_{IV}, Ka_V), de caráter informal, com base em variações litológicas. No baixo curso da bacia hidrográfica do rio do Peixe, afloram principalmente as unidade Ka_I, Ka_{IV} e Ka_V.

A unidade Ka_I , ocorre entre os rios Paranapanema e do Peixe e é constituída por arenitos quartzosos finos a muito finos, siltitos arenosos, arenitos finos

argilosos e, subordinadamente, de arenitos médios, com a presença de bancos de cimentação carbonática.

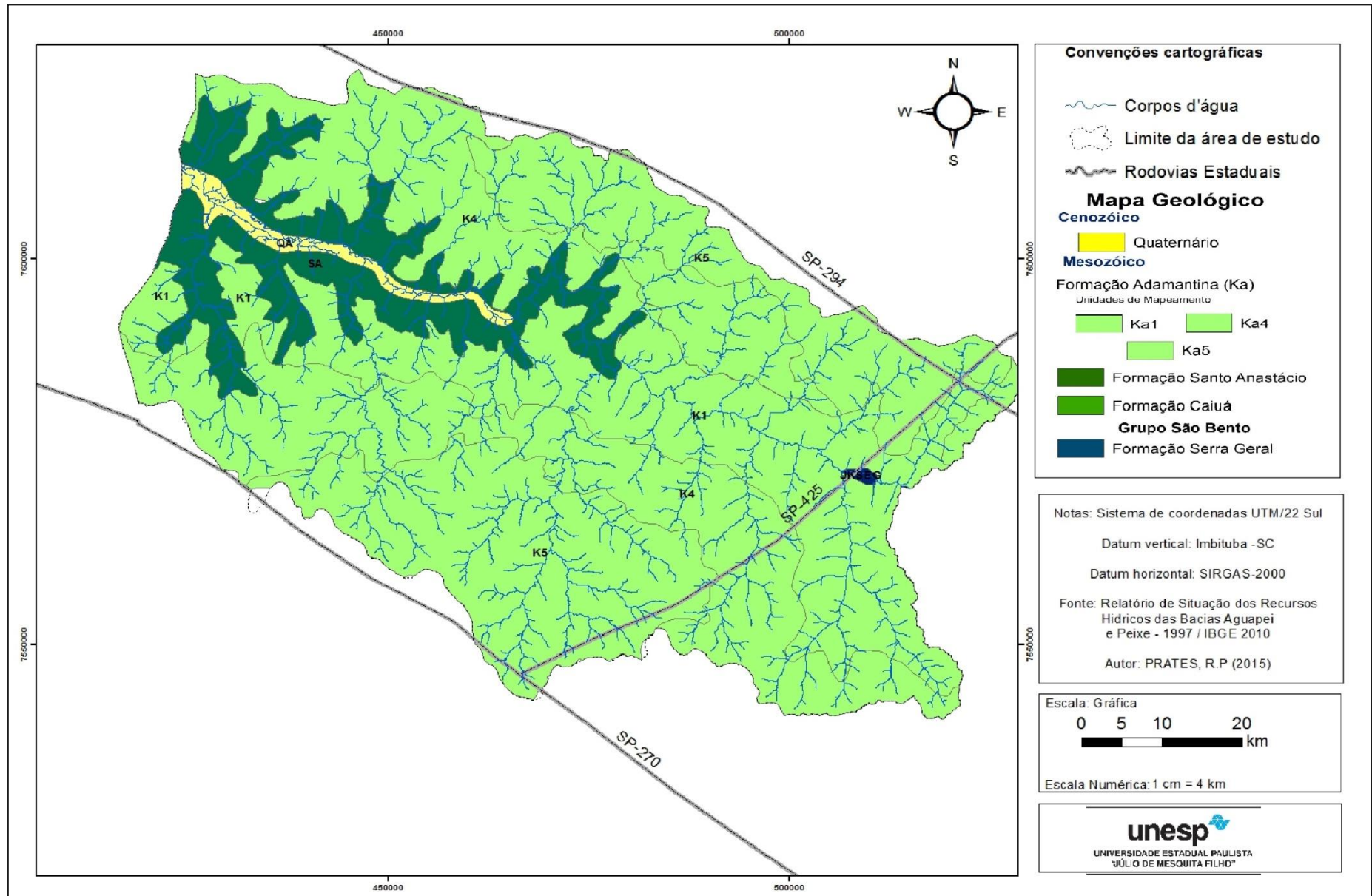
A unidade K_{aIV} apresenta arenitos finos a muito finos, que estão dispostos em espessos bancos alternados, apresentando intercalações e lentes de argilitos, siltitos e, mais restritamente, arenitos com pelotas de argilas. Esta unidade caracteriza-se ainda por algumas variações litológicas, principalmente no interflúvio Peixe - Aguapeí predominam bancos maciços de arenitos finos, bem selecionados, sem intercalações de outras litologias.

A unidade de mapeamento K_{aV} é constituída de arenitos finos e muito finos dispostos em banco pouco espessos. Apresenta ainda com frequência cimentação carbonática, com ocorrência locais de nódulos carbonáticos.

Os depósitos quartenários associados à rede fluvial são representados pelas planícies aluviais atuais e terraços de acumulação subatuais, bem como por depósitos originados a partir da evolução das vertentes, sendo assim, menos expressivos e tendo como referências as rampas coluviais e alvéolos preenchidos por material colúvio-aluvionar (STEIN, 1999 apud GUEDES et. al.; 2006).

A seguir é possível observar o mapa com a caracterização geológica do baixo curso do rio do Peixe (figura 16), com base nos levantamentos geológicos contidos no Mapa Geológico do Estado de São Paulo, na escala de 1:500.00 do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT (1981)

Figura 16: Mapa geológico do baixo curso do rio do Peixe, Oeste Paulista



4.3 – Geomorfologia

Para a caracterização geomorfológica em escala regional do baixo curso do rio do Peixe, realizou-se um levantamento das recentes pesquisas de mapeamento geomorfológico para o Estado de São Paulo e Ross e Moroz (1997).

Os trabalhos desenvolvidos por Ross e Moroz (1997) têm como referencial teórico para mapeamento das unidades geomorfológicas os conceitos de morfoestrutura e morfoescultura.

O conceito de morfoestrutura tem origem russa, a partir de pressupostos desenvolvidos por Penck (1953), Gerasimov & Mercerjakov (1968), no qual as morfoestruturas são representadas por extensões de relevo com determinadas características estruturais, litológicas e geotectônicas associadas as suas gêneses, Ross e Moroz (1996). Destaca-se ainda, formas de relevo como as bacias sedimentares, os cinturões orogênicos, crátons, bem como outros processos geotectônicos e forças externas que constituem e estruturam o modelado terrestre.

As morfoesculturas são formas ou tipologias de relevo que estão associadas a ações climáticas atuais e pretéritas, que foram geradas sobre diferentes desgastes erosivos promovidos pelos agentes climáticos diferenciados no espaço e no tempo sobre o relevo e que, resultam em formas de morfoesculturas (ROSS e MOROZ, 1997).

O mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo se divide em três unidades morfoestruturais: 1º táxon: Cinturão Orográfico do Atlântico; Bacia Sedimentar do Paraná e Bacias Sedimentares Cenozóicas. Destaca-se ainda, outros níveis taxonômicos de morfoesculturas levando em consideração a escala e as formas de relevos mapeados (ROSS e MOROZ, 1997).

O baixo curso do rio do Peixe está inserido na Unidade Morfoestrutural Bacia Sedimentar do Paraná, caracteriza-se por Morfoesculturas do Planalto Ocidental Paulista e Unidades Morfoestruturais Bacias Sedimentares Cenozóicas, no qual encontra-se a unidade morfoescultural Planícies Fluviais.

O Planalto Ocidental Paulista ocupa aproximadamente 50% da área total do Estado de São Paulo. Segundo o IPT, (1981) apud Ross e Moroz (1997, p.41)

"... Situa-se essencialmente sobre rochas do Grupo Bauru, que é constituído por diversas formações predominantemente

areníticas, em algumas regiões cimentadas por carbonato de cálcio. Basaltos expõem-se nos vales dos principais rios em ocorrências descontínuas, exceto ao longo do Paranapanema e do Pardo, onde afloram extensivamente."

O relevo desta unidade morfoescultural caracteriza-se, por ser levemente ondulado com predomínio de colinas amplas e baixas com topos aplainados. Neste planalto identifica-se ainda variações fisionômicas regionais, que possibilitaram delimitar unidades geomorfológicas, dentre as quais observa-se na área de estudo o Planalto Centro Ocidental (ROSS e MOROZ, 1997)

O **Planalto Centro Ocidental** é uma unidade morfoescultural que ocupa a maior parte da morfoestrutura denominada Bacia Sedimentar do Paraná. Nesta unidade predominam formas de relevo denudacionais cujo modelado constitui-se basicamente em colinas amplas e baixas com topos convexos (Dc) e topos aplanados ou tabulares. O entalhamento médio dos vales são inferiores a 20 m. e as dimensões interfluviais médias predominantes estão entre 1.750 e 3.750 m. As altimetrias variam de 400 e 700m e as declividades médias predominantes das vertentes estão entre 2% e 10%. (ROSS e MOROZ, 1997)

O Planalto Centro Ocidental apresenta formas de dissecação fracas e vales poucos entalhados e com densidade de drenagem baixa, a unidade possui ainda um nível de fragilidade potencial baixo, nos setores aplanados dos topos das colinas, porém as características texturais dos solos, os setores de vertentes pouco mais inclinados são extremamente susceptíveis aos processos erosivos, principalmente quando esses processos se desenvolvem através do escoamento concentrado, (ROSS e MOROZ, 1997).

As unidades morfoesculturais Planícies Fluviais são terrenos planos, gerados por processo de aggradação de sedimentos recentes de origem fluvial e, encontram-se dispostos em áreas junto às margens dos rios sujeitos a inundações periódicas. Geralmente, as Planícies Fluviais estão associadas a depósitos do Quaternário, relacionadas principalmente ao Holoceno (ROSS e MOROZ, 1997).

No baixo curso da bacia hidrográfica do rio do Peixe, as Planícies Fluviais ocorrem à jusante do canal fluvial, área de influência do reservatório da Usina Hidrelétrica Engenheiro Sérgio Motta, contribuindo para o aumento das áreas de Planícies nessa região.

4.4 - Mapa Hipsométrico

A hipsometria é uma técnica de representação da elevação do terreno através de cores. A caracterização altimétrica de uma região auxilia no entendimento dos atributos físicos da bacia hidrográfica. Assim, com os dados obtidos com a hipsometria é possível identificar as áreas com maior e menor altitude dentro da área de estudo (figura 18).

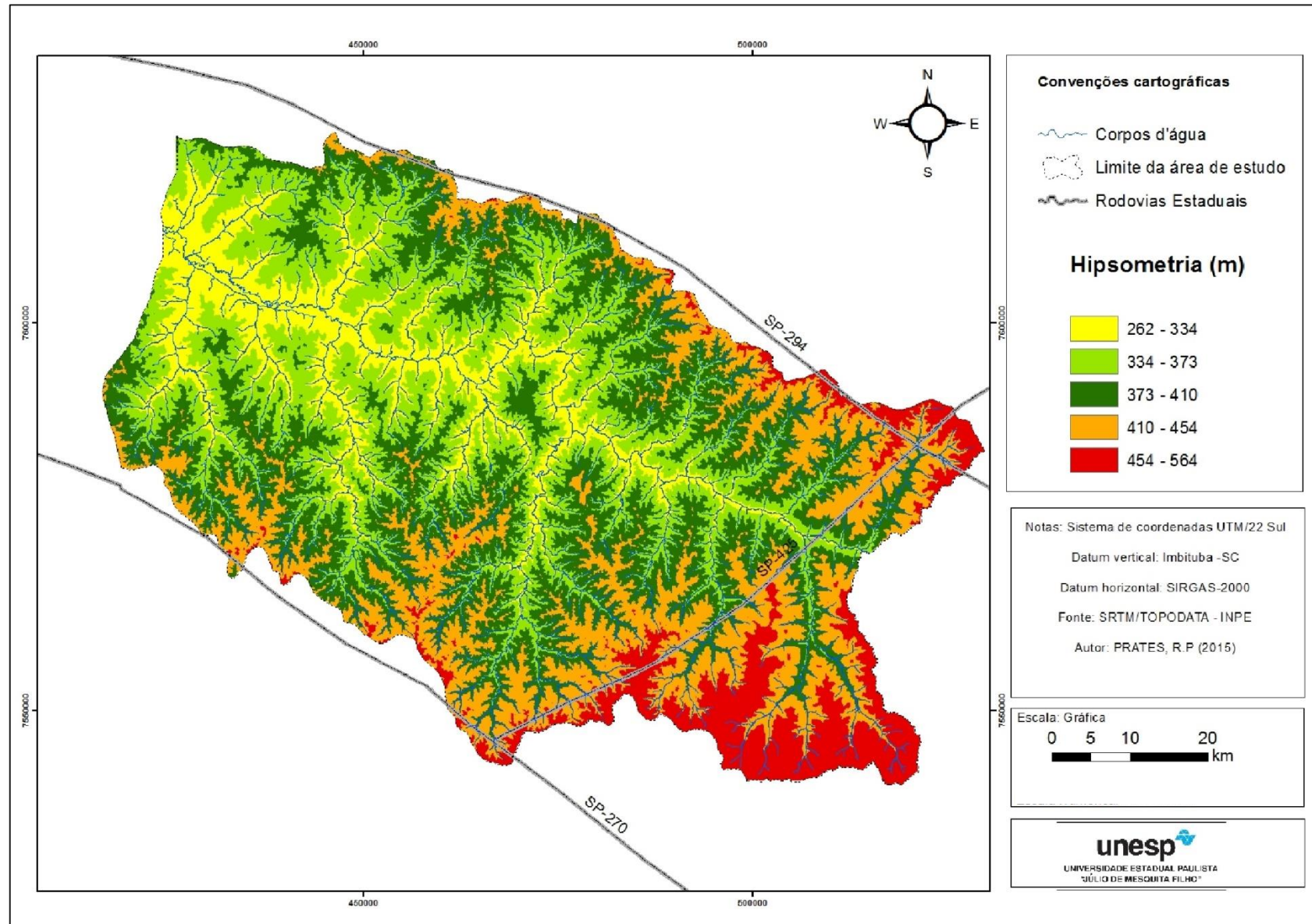
A identificação e caracterização hipsométrica do baixo curso do rio do Peixe possibilitaram a análise dos processos relacionados à geomorfologia e formas de uso e cobertura da terra, além da variação altimétrica na região. Villela e Mattos (1975) mencionam que o levantamento altimétrico colabora no entendimento do escoamento superficial de uma determinada área.

O baixo curso do rio do Peixe apresentou cotas altimétrica que variam de 262m a 554m. As cotas altimétrica diminuem no sentido das bordas da bacia para o canal fluvial, caracterizando as formas do relevo dessa região. Observa-se que predomina altimetria de 334m a 373 m, com 153, 12 Hectare do total da área de estudo, de 563, 20 Hectares, demonstrando pouca variação altimétrica e região plana.

Tabela 4: Classes Altimétricas

Classes altimétricas	Área (hectare)
262-334	85,6
334-373	153,12
373-410	163,20
410-454	113,21
454-564	48,10

Figura 18: Mapa hipsométrico do baixo curso do rio do Peixe, Oeste Paulista



4.5 - Carta de Declividade

A carta clinográfica ou de declividade, representa o declive ou a inclinação do relevo. De acordo com De Biasi (1992) as cartas de declividades tem sido utilizadas no desenvolvimento de trabalhos relacionados a ciências da terra, para o planejamento regional, urbano e agrário, aliado a outras representações gráficas, tais como: orientação das vertentes, insolação direta, direção e velocidade de ventos, entre outras, permitindo assim, com suas correlações, uma melhor compreensão e um equacionamento dos problemas que ocorrem no espaço analisado (figura 19).

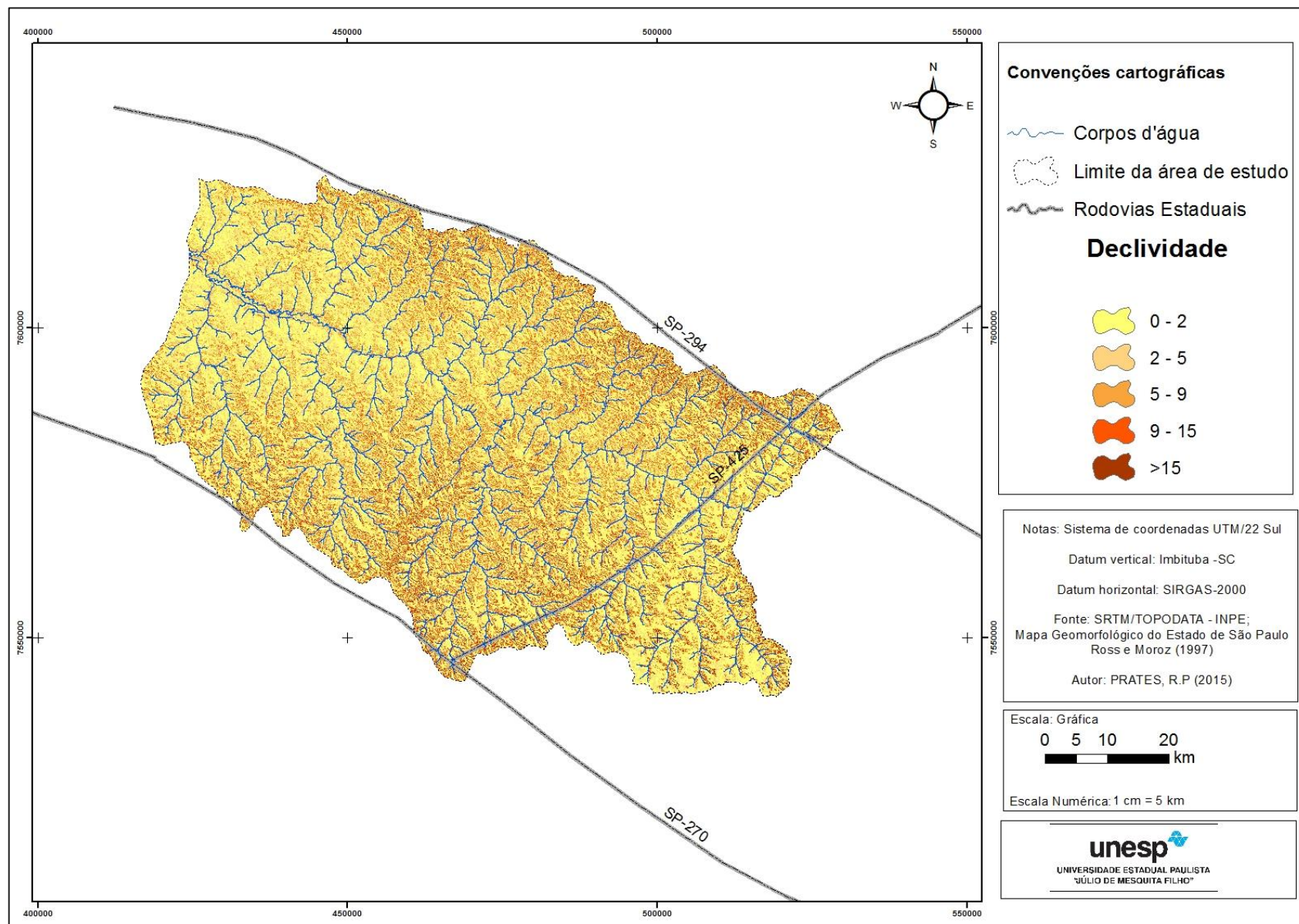
Para melhor elucidar a declividade do relevo os dados foram tabelados com o objetivo de verificar as áreas com maiores e menores declives. Predomina na região, declives de 0 - 2%, ressaltando os baixos declives localizados principalmente no fundo de vale, o que indica uma dinâmica fluvial deposicional mais intensa nessas áreas, apresentados na Tabela 5.

Em geral, o baixo curso do rio do Peixe não apresenta em sua totalidade, altos índices de declividade, apresentando assim terrenos de baixa a média declividade no interior como nas bordas da bacia hidrográfica.

Tabela 5: Classes de Declividade do baixo curso do rio do Peixe

Classes de declividade	Área (hectares)
0 a 2%	270,20
2 a 5%	138,42
5 a 9 %	73,72
9 a 15%	55,74
> 15%	25,1

Figura 19: Mapa de declividade do baixo curso do rio do Peixe, Oeste Paulista



4.3 – Solos

De acordo com o Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (Embrapa, 1999), no baixo curso da bacia hidrográfica do rio do Peixe, foram identificados e mapeados quatro tipos de solos: os Latossolos Vermelhos (LV); Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA); os Gleissolos Háplicos (GX) e os Neossolos Quartzarênicos (RQ). Os solos mais representativos na área de estudo são os Argissolos Vermelhos e os Latossolos Vermelhos. Os solos dessa região são decorrentes de rochas areníticas que pertencem ao Grupo Bauru (Formações Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina e Marília) e de rochas basálticas do Grupo São Bento (Formação Serra Geral), conforme figura 20.

A primeira classificação dos solos no Estado de São Paulo foi realizada em 1960, pela antiga Comissão de Solos, do Ministério da Agricultura, atualmente, Centro Nacional de Pesquisa de Solos – Embrapa, que contava com base cartográfica de baixa precisão, tanto para os trabalhos de campo, como para a compilação final, já que as primeiras coberturas aerofotogramétricas foram realizadas no Estado de São Paulo a partir de 1965. A progressão dos conhecimentos pedológicos contribuíram para o aperfeiçoamento de técnicas de prospecção e a existência de mapas-base mais precisos e atualizados, além de fotos aéreas, que tornaram mais confiáveis as informações, em relação ao mapa anterior, que encontra-se desatualizado (OLIVEIRA, 1999).

Os Latossolos são “solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200 cm da superfície do solo ou dentro de 300 cm, se o horizonte A apresenta mais que 150 cm de espessura” (EMBRAPA, 1999, p. 50).

A classe dos Latossolos constitui o agrupamento mais extenso de solos no Estado de São Paulo, correspondendo cerca de 50% da área do Estado. Em geral, são solos com boas propriedades físicas e situados, na maioria dos casos, em relevo que favorecem as atividades agrícolas e o uso de maquinários agrícolas, exceção daqueles que estão localizados nas regiões serranas (BRASIL, 1960 apud OLIVEIRA, 1999, p. 51). Os Latossolos apresentam boa tolerância a processos erosivos, isso se deve ao fato, de ter boa permeabilidade interna e capacidade de

infiltração, quando localizados em relevo pouco declivoso (Lombardi Neto et al., 1975 apud Oliveira et al., 1999).

Conforme menciona Oliveira (1999), os Argissolos são:

“solos constituídos por material mineral com argila de atividade baixa e horizonte B textural, imediatamente abaixo do horizonte A ou E apresentando horizonte B textural com argila de atividade baixa imediatamente abaixo do horizonte A ou E e apresentando, os seguintes requisitos:

- horizonte plântico, se presente, não está acima e nem é coincidente com a parte superior do horizonte B textural;
- horizonte glei, se presente, não está acima e nem é coincidente com a parte superior do horizonte B textural”. (OLIVEIRA, 1999, p. 9)

Os Argissolos ocupam cerca de 29% da área do Estado de São Paulo e é a classe de solo de maior expressão espacial depois dos Latossolos no Estado (Oliveira, 1999, p. 10).

Na área de estudo predomina os Argissolos Vermelho – Amarelos, considerados solos com maior susceptibilidade a processos erosivos, por apresentar maior relação textural entre o horizonte A ou E e o Horizonte B. No caso, do Argissolos, a mudança textural abrupta, a classe de solo apresentam baixa ou muito baixa resistência a erosão, indicando assim, para esse tipo de processo, terraços em desnível (LOMBARDI NETO et al., 1991 apud OLIVEIRA et al., 1999, p. 11)

Os Argissolos são considerados, em sua maioria, solos mais profundos, não apresentam qualquer impedimento físico à penetração do sistema radicular, pelo menos até 200 cm de profundidade. De textura média ou arenosa em superfície e baixa atividade da fração de argila, os Argissolos são facilmente preparados para atividades agrícolas (OLIVEIRA, 1999, p. 11).

Os Gleissolos podem ser definidos, segundo Oliveira (1999) como:

“solos constituídos por material mineral, com horizonte glei dentro dos primeiros 50 cm da superfície, ou entre 50 e 125 cm desde que imediatamente abaixo de horizonte A ou E, ou precedido por horizonte B incipiente, B textural ou horizonte C com presença de mosqueados abundantemente com cores de redução e satisfazendo, ainda, todos os seguintes critérios:

- ausência de qualquer tipo de horizonte B diagnóstico acima do horizonte glei;

- ausência de horizonte vértico ou plântico acima do horizonte glei ou coincidente com este;
 - ausência de horizonte B textural com mudança textural abrupta;
 - ausência de horizonte hístico com 40 cm ou mais de espessura.”
- (OLIVEIRA, 1999, p. 42).

Os Gleissolos são formados por sedimentos aluviais e, apresentam geralmente textura errática ao longo do perfil, às vezes, com variações texturais significativas entre os horizontes. Por conta da presença do lençol freático a pouca profundidade, esses solos possuem sérias limitações de uso. A aeração inadequada aumenta a resistência da difusão dos gases do solo para a atmosfera e vice-versa, no qual o consumo rápido do oxigênio do solo pelos microorganismos e plantas, impede o crescimento das raízes (OLIVEIRA, 1999, p. 43).

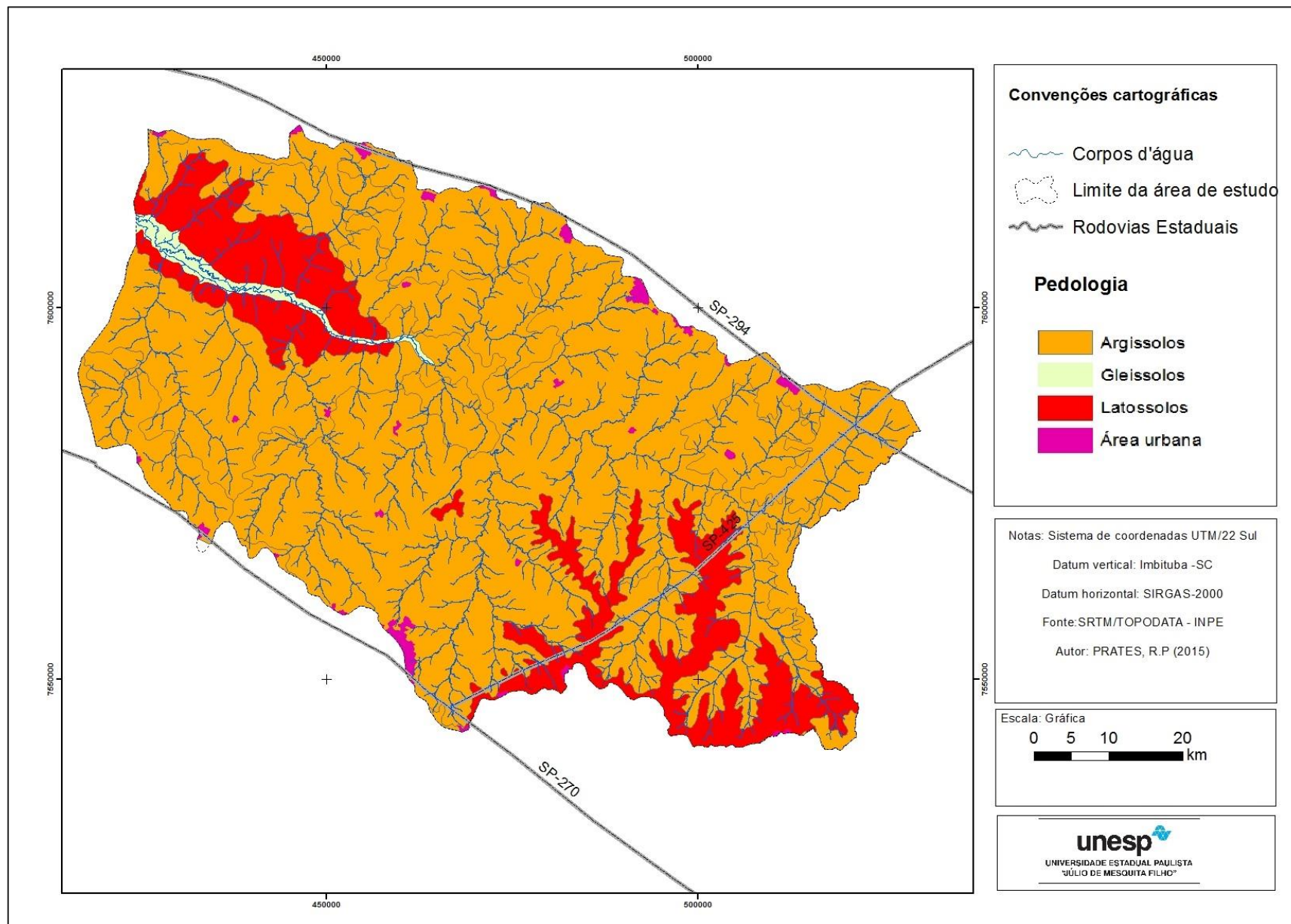
Os Neossolos são solos “constituídos por material mineral ou orgânico com menos de 40 cm de espessura, não apresentando qualquer tipo de horizonte B diagnóstico” (OLIVEIRA, 1999, p. 76). Foram registrados três subdordens de Neossolos: Neossolos Litólicos; Neossolos Flúvicos e o Neossolos Quartzarênicos.

No baixo curso da bacia hidrográfica do rio do Peixe, foi identificado os Neossolos Quartzarênicos, que são:

“solos com sequência de horizonte AC, sem caráter litóide dentro de 50 cm de profundidade, apresentando textura areia ou areia branca nos horizontes até, no mínimo, à profundidade de 150cm a partir da superfície ou presença de caráter litóide, essencialmente quartzosos, tendo nas frações areia grossa e areia fina 95% ou mais de quartzo e, principalmente ausência de minerais primários alteráveis (menos resistente ao intemperismo)” (OLIVEIRA, 1999, p. 76).

Os Neossolos Quartzarênicos são essencialmente areno-quartzosos, apresentando baixa atividade coloidal, além de baixa capacidade de retenção de nutrientes e de água. Devido à baixa adesão e coesão, esses solos, possuem elevada erodibilidade (OLIVEIRA, 1999, p. 76).

Figura 20: Mapa pedológico do baixo curso do rio do Peixe, Oeste Paulista



4.5 - Clima

O sudoeste do Estado de São Paulo, caracteriza-se segundo Nimer (1977), por clima tropical quente e úmido (com chuvas de verão), e estação seca (inverno), região onde se localiza a bacia do rio do Peixe.

A precipitação média anual é de 1.250 mm e, a temperatura média anual é superior a 18°C. O mês mais chuvoso na região é janeiro, com precipitação média de 200mm e o mês mais seco é julho, com precipitação média de 25 mm.

Segundo Monteiro (1973), a região sudoeste do Estado de São Paulo, situa-se em uma zona de transição climática onde a circulação atmosférica é controlada pela dinâmica das massas tropicais, setentrionais e meridionais. Destas massas de ar, observa-se que a frente polar Atlântica é a principal responsável pela produção de maior quantidade de precipitação na região. As massas tropicais setentrionais, responsáveis pela instabilidade são correntes oriundas da Amazônia e provocam chuvas intensas e de curta duração.

Durante o outono e o inverno, as temperaturas amenas e baixas ocorrem por conta da penetração dos sistemas frontais (FPA) e pela atuação da massa Polar Atlântica (Pa). As atuações desses sistemas também são responsáveis pelo aumento da velocidade do vento e de longos períodos de estiagem. Outra característica climática na região é a atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), assim como a ocorrências de ENOS (Oscilação Sul), que podem intensificar positivamente ou negativamente o regime de chuvas (NERY, 2005).

Conforme Santa'Anna Neto & Tommaselli, (2009) a temperatura média no oeste paulista é de 23,4° C e a média anual de chuvas, em Presidente Prudente, de 1300 mm registrando variabilidade anual de até 50% com oscilações de precipitação anual entre 840 e 1800 mm. Apresentando ainda, duas situações climáticas, um período quente e chuvoso entre outubro e março e, outro mais ameno e seco entre abril e setembro.

A Figura 21, apresenta os trajetos das massas de ar que atingem o alto curso do rio Paraná e que influenciam na dinâmica climática regional.

Figura 21: Trajetos preferenciais das massas de ar que atingem o alto curso da bacia do rio Paraná, em anos de pluviosidade habitual



Fonte: Boin, 2000.

A análise dos dados de pluviosidade são extremamente importante para a compreensão da dinâmica dos sistemas fluviais, como o regime hidrológico dos rios e para a análise de processos erosivos, gerados a partir do escoamento superficial da água.

5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 - Morfologia do relevo e mapeamento de uso e cobertura da terra

O mapa geomorfológico da área de pesquisa foi elaborado a partir metodologia propostas por Ross (1992), no qual foi possível identificar modelados de dissecação com topos convexos (Dc), modelados de dissecação de topos tabulares (Dt) e as planícies fluviais (Apf), conforme ilustrado na figura 22 .

A Morfoescultura identificada no baixo curso do rio do Peixe é a do Planalto Centro Ocidental (inserida na morfoestrutura Bacia Sedimentar do Paraná) e as Planícies Fluviais (morfoestrutura Bacias Sedimentares Cenozóicas).

O Planalto Centro Ocidental apresenta terrenos sedimentares com idades a começar pelo Devoniano ao Cretáceo. Destaca-se que “todo contato dessa unidade com as depressões circundantes é feito através de escarpas que se identificam como frentes de cuesta única, ou desdobradas em duas ou mais frentes” (ROSS, 2009, 75-76).

Na Unidade Morfoescultural, Planalto Centro Ocidental foram identificadas Unidades de Padrões de Formas Semelhantes com diferentes modelados e índices de dissecação do relevo, como: Dt (modelados de dissecação com topos tabulares), correspondendo aproximadamente 149,31 hectares (26,51%) da área total de 563,120 hectares; Dc (modelados de dissecação com topos convexos), com 398,11 hectares (70,69%) da área de pesquisa, como pode ser observado na tabela 6

Tabela 6: Área ocupada pelas categorias de forma do relevo no baixo curso do rio do Peixe

Morfologia	Índice de Dissecação	Área (hectares)
DISSECAÇÃO EM TOPOS CONVEXOS - Dc		
Dc	Médio - 31	126,26
Dc	Médio - 33	10,18
Dc	Médio - 32	88,64
Dc	Fraco - 25	86,11
Total		398,11
DISSECAÇÃO EM TOPOS TABULARES - Dt		
Dt	Médio - 31	53,2
Dt	Fraco - 23	16,11
Dt	Fraco - 25	32,5
Dt	Médio - 35	47,5
Total		149,31
Apf		15,7

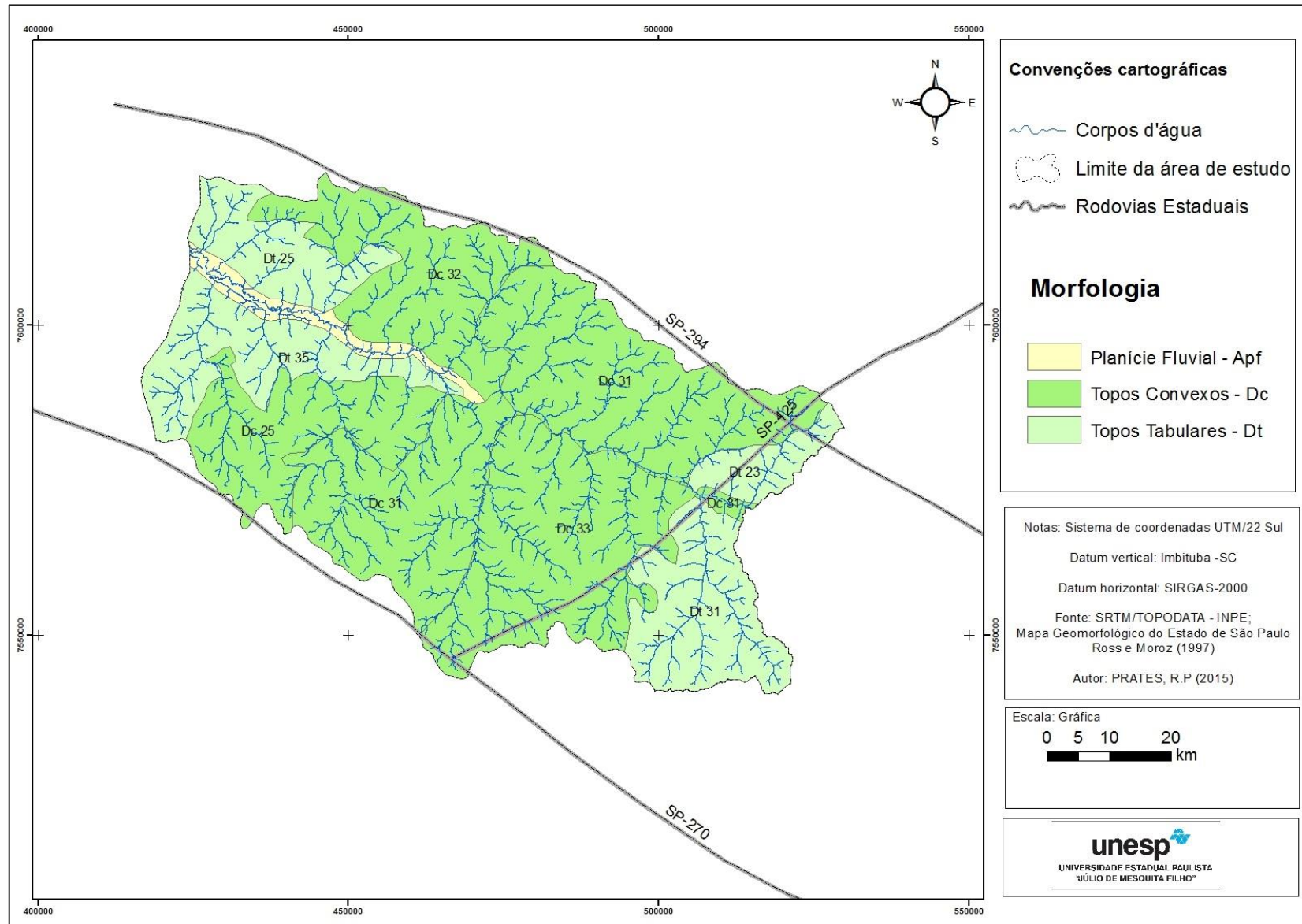
As formas denudacionais de topos convexos (Dc) apresentam vales definidos e vertentes de declividades variadas, entalhadas por sulcos e cabeceiras de drenagem de primeira ordem (IBGE, 2009). As formas dissecadas do relevo indicam grau de entalhamento dos vales entre fraco e médio e, dimensão interfluvial de muito grande a média.

As unidades morfológicas com formas de topos tabulares (Dt) caracterizam-se por feições de rampas suavemente inclinada, baixa densidade da rede de drenagem, vales rasos e vertentes de pequena declividade. As formas tabulares resultam da formação de processos de dissecação, sobre uma superfície aplanada (IBGE, 2009). Os indices de dissecação do relevo da unidade morfológica Dt, apresentam grau de entalhamento entre os vales de 20 a 40m (fraco) e de 40 a 80m (médio) com baixa densidade de drenagem e grande dimensão interfluvial.

As Planícies Fluviais (Apf) são áreas planas resultantes de acumulação fluvial que estão sujeitas as inundações periódicas e ocorrem nos vales com preenchimento aluvial (IBGE 2009).

As planícies fluviais apresentam aproximadamente 15.70 hectares (2.78%), da área total de 563,120 hectares. Destacam-se nos trechos de planícies fluviais na área de pesquisa a presença de canais abandonados, leques aluviais, paleocanais e processo de avulsão, presentes nesse sistema fluvial.

Figura 22: Geomorfologia e Unidades Morfológicas do Relevo - Bacia do rio do Peixe



5.2 - Mapeamento de uso e cobertura da terra: uma análise multitemporal

As características e as diversas formas de uso e cobertura da terra são as principais ferramentas de diagnóstico do meio físico, auxiliando na análise e indicação de mau uso da terra e os possíveis reflexos sobre os recursos hídricos.

O mapeamento de uso e cobertura da terra da área de pesquisa indicou uma variação nos diferentes usos, que resultou em processos de degradação e ocupação intensa no decorrer dos anos analisados. O que remete ao processo histórico de ocupação do Oeste Paulista, a região era rota de mineiros e se destacava pela marcha do café e pela expansão da Estrada de Ferro Sorocabana, esses processos resultaram em um intenso desmatamento, que aliado à susceptibilidade natural a erosão, contribuiu para a formação de numerosas feições erosivas e, consequentemente na degradação do solo e no assoreamento dos corpos d' água.

A identificação e descrição do uso e cobertura da terra de uma determinada região podem contribuir para elaboração de programas de monitoramento e orientação de uso da terra e, de conservação do solo, da água e da cobertura vegetal.

A análise multitemporal de uso e cobertura da terra tem por finalidade compreender a evolução histórica de uso da terra na região e as principais alterações causadas no meio físico pelo "uso inadequado". Essas alterações associadas com as dinâmicas ambientais, climáticas e hidrológicas podem provocar problemas ambientais significativos, entre eles os processos erosivos e o assoreamento dos cursos d' água.

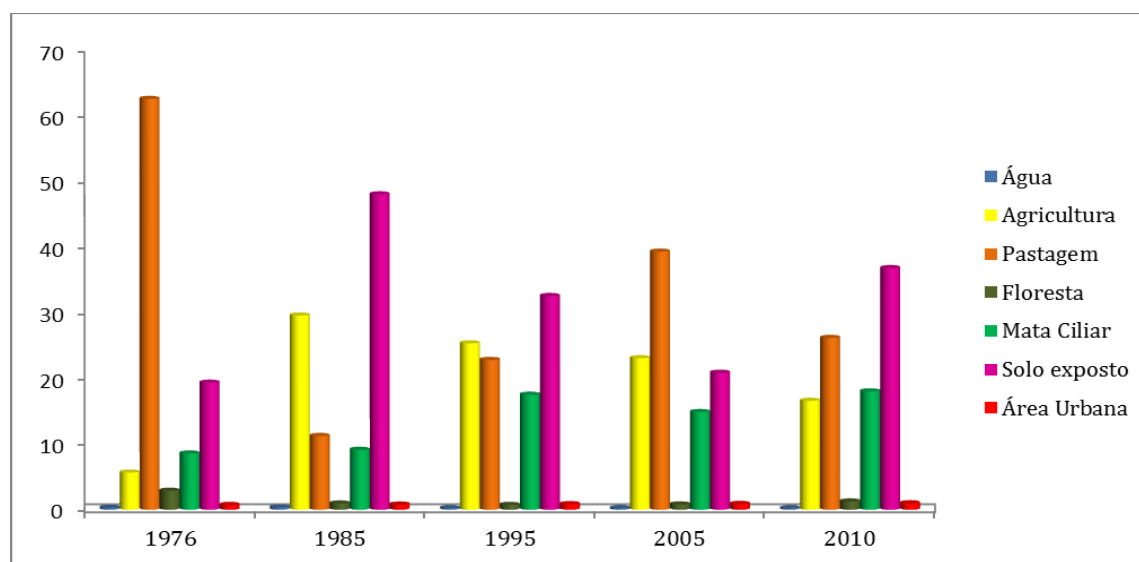
Os resultados apresentados constituem de cinco mapas temáticos, dos anos de 1976, 1985, 1995, 2005 e 2010, gerados a partir das imagens Landsat 1/MSS e Landsat 5/TM. Para os períodos analisados foram classificadas sete classes temáticas: água, agricultura, pastagem, floresta, mata ciliar, solo exposto e área urbana.

De acordo com o mapeamento de uso e cobertura da terra realizado, a área de pesquisa apresenta uma área total de 563,120 hectares (ha), como pode ser observado na tabela 7.

Tabela 7: Uso e cobertura da terra do baixo curso do rio do Peixe.

1976			1985		1995		2005		2010	
Classes	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Água	1.626	0,29	1.90	0,34	1.28	0,23	1.29	0,23	1.25	0,22
Agricultura	31.84	5,65	166.51	29,57	142.62	25,33	129.92	23,07	93.37	16,58
Pastagem	352.13	62,53	63.23	11,23	128.42	22,81	221.23	39,29	147.28	26,15
Floresta	16.26	2,89	5.35	0,95	4.15	0,74	4.52	0,80	7.12	1,26
Mata Ciliar	48.22	8,56	51.34	9,12	98.57	17,50	83.73	14,87	101.42	18,01
Solo exposto	108.91	19,34	270.36	48,01	183.21	32,54	17.42	20,85	207.13	36,78
Área Urbana	4.11	0,73	4.41	0,78	4.83	0,86	4.98	0,89	5.52	0,98
Total	563,12	100	563.12	100	563.12	100	563.12	100	563.12	100

Ao analisar os dados apresentados na tabela 7 e da figura 22, é possível observar que ao longo dos anos analisados o predomínio da pastagem, com destaque para o ano de 1976, no qual a classe temática ocupa aproximadamente 62,53% do total da área de estudo. No ano de 1985 houve uma retração das áreas de pastagens, com decréscimo de 11,23%, que pode estar relacionado às mudanças de uso da terra na região e, conseqüentemente houve um aumento da classe de solo exposto e de agricultura para o mesmo ano.

Figura 23: Uso e cobertura da terra no baixo curso do rio do Peixe - Oeste Paulista

Org: PRATES, R.P (2015)

A classe solo exposto ocorre de forma significativa em todos os anos mapeados, apresentando-se de forma expressiva no ano de 1985, na qual tínhamos

48,01%, com redução em 2005 para 20,85%. Nesta classe estão agrupados os solos permanentemente expostos ou aqueles que estão em estágio de preparo para o plantio, o que explica a expressividade da classe temática.

Apresentando-se de forma menos expressiva no ano de 1976 com apenas 5,65% do total da área estudada, a agricultura foi a classe temática que sofreu maior variação espaço temporal ao longo dos anos analisados. Em 1985 nota-se um aumento significativo na classe temática agricultura, ocupando 29,57%, enquanto que nos seguintes de 1995 o total da área foi de 25,33% e em 2005 de 23,06%, demonstrando assim pequenas mudanças na classe. Em 2010 observa uma queda na agricultura para 16,58% e um aumento na classe de solo exposto, o que explicaria o estágio de preparo do solo para as culturas temporárias.

As mudanças de uso da terra em meados da década de 1980 na região, com a introdução de culturas como a cana-de-açúcar e da citricultura, contribuem para o entendimento da variação das classes de pastagem, solo exposto e agricultura. Essas mudanças podem estar relacionadas ao processo histórico de ocupação de todo o Oeste Paulista, que no final da década de 1970 assistiu ao forte declínio da cultura cafeeira, levando ao processo de descapitalização dos produtores e consequentemente a implantação de novas culturas na região.

Já a classe de mata ciliar apresenta um crescimento ao longo dos anos, em 1976 ocupava 8,56%, enquanto em 1995, tínhamos 17,50%, com retração em 2005 para 14,87% e crescimento em 2010 para 18,01%, demonstrando assim o aumento e manutenção da classe temática. Mesmo apresentando um crescimento significativo, a região está praticamente desprovida de vegetação ciliar, considerando que a antiga legislação do código florestal (Decreto 23.793/34), já definiam que essas áreas deveriam ser protegidas, com o objetivo de garantir a preservação dos rios e lagos e, de mananciais, evitando a ocupação de áreas de risco.

As áreas de florestas ocupavam aproximadamente 2,89% da área estudada em 1976, com retração em 1985 para 0,95%. Em 1995 e 2005, foram registrados os menores valores da classe temática, de 0,74% e 0,80% respectivamente, já em 2010 houve um crescimento da classe apresentado 1,26%. Os índices são considerados baixos e preocupantes, visto que as florestas são extremamente importantes para o equilíbrio ambiental.

A água representa a classe temática com os menores valores representados. Os baixos valores podem ser justificados pelo fato de não ser registrados na imagem utilizada, visualizada nas áreas que ocorre uma largura mais significativa do canal principal. Na área estudada há pouca variação nos valores da classe temática, com destaque para o ano de 1985 que foi registrado 0,34%.

A classe temática áreas urbanizadas aparece com 0,73% no ano de 1976 da área mapeada, com aumento no ano de 2010 para 0,98% da área e é representada principalmente pelos municípios de Dracena, Junqueirópolis, Presidente Venceslau, Osvaldo Cruz, Adamantina, Lucélia, Bastos, Rancharia, Martinópolis e Presidente Prudente.

A avaliação dos dados e quantificação do uso da terra no baixo curso da bacia hidrográfica do rio do Peixe observou-se que apesar das mudanças que ocorreram no uso ao longo dos anos, ainda predomina na região a classe temática pastagem, apesar do avanço das áreas com agricultura, principalmente da cultura da cana-de-açúcar na região.

A espacialização das classes de uso e cobertura da terra dos anos analisados pode ser observada, nos mapas a seguir: figura 24 - 1976; figura 25-1985; figura 26 - 1995; figura 27 - 2005; figura 28 - 2010.

Figura 24: Mapa de Uso da terra - 1978

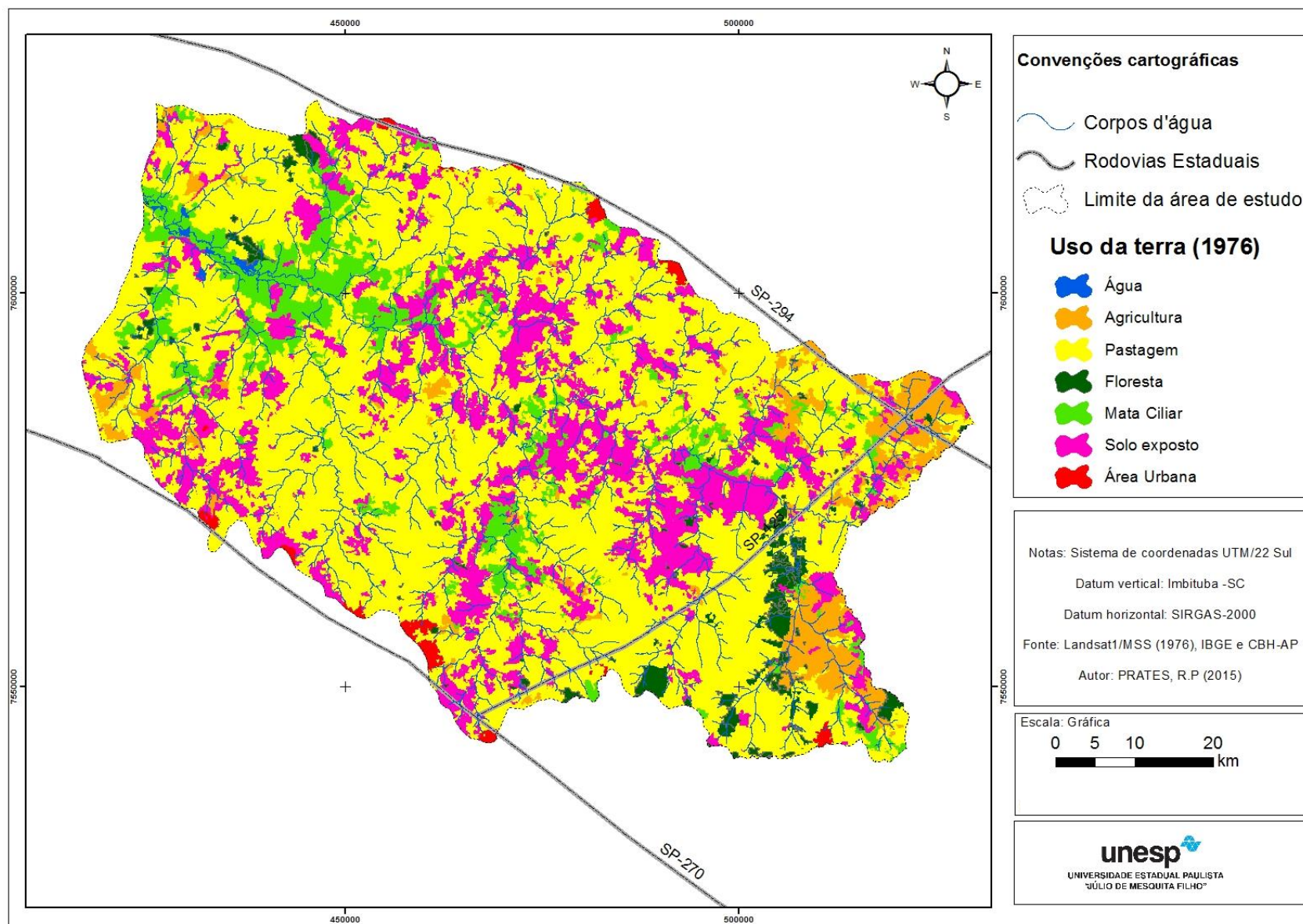


Figura 25: Mapa de Uso da Terra - 1985

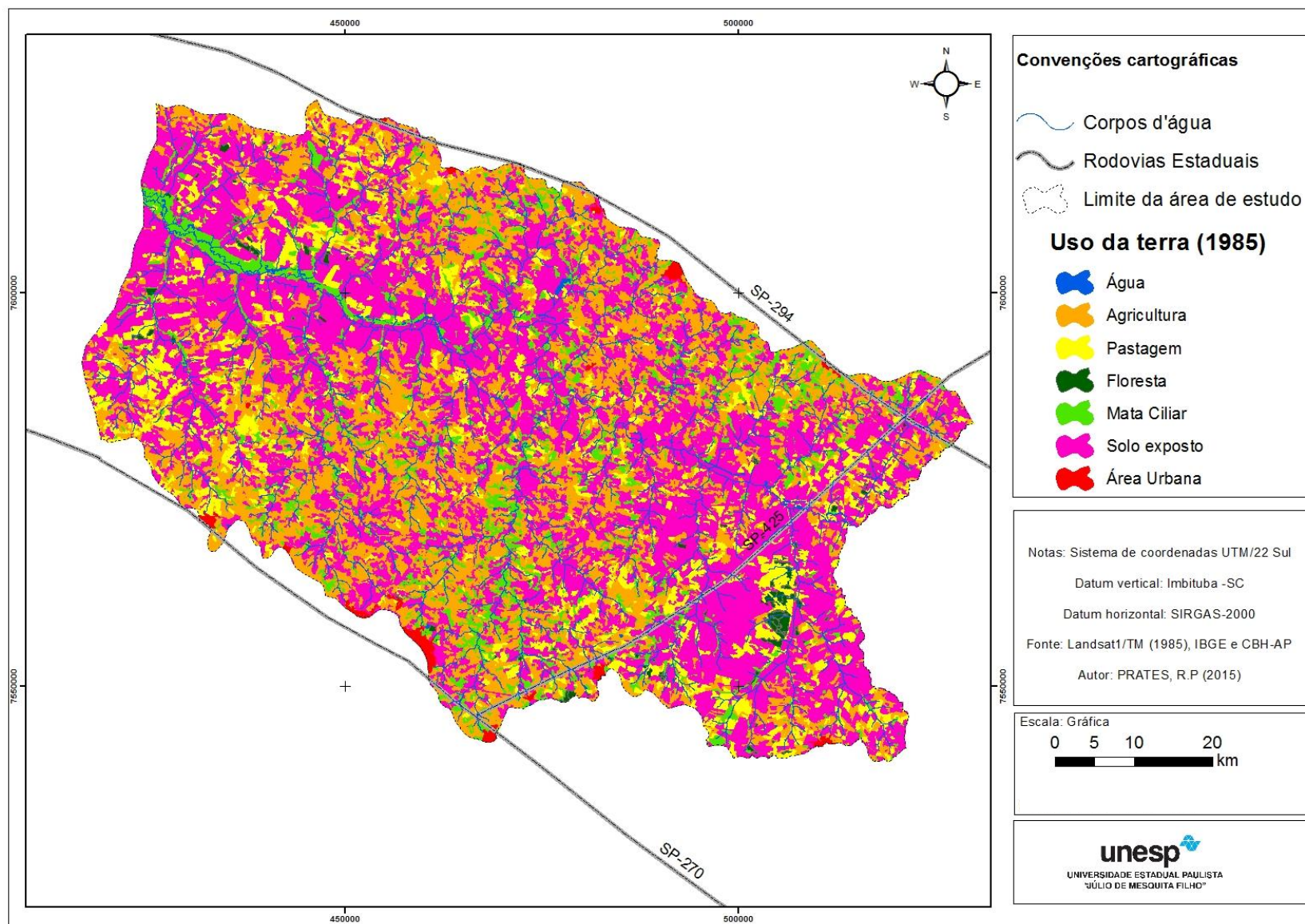


Figura 26: Mapa de Uso da Terra - 1995

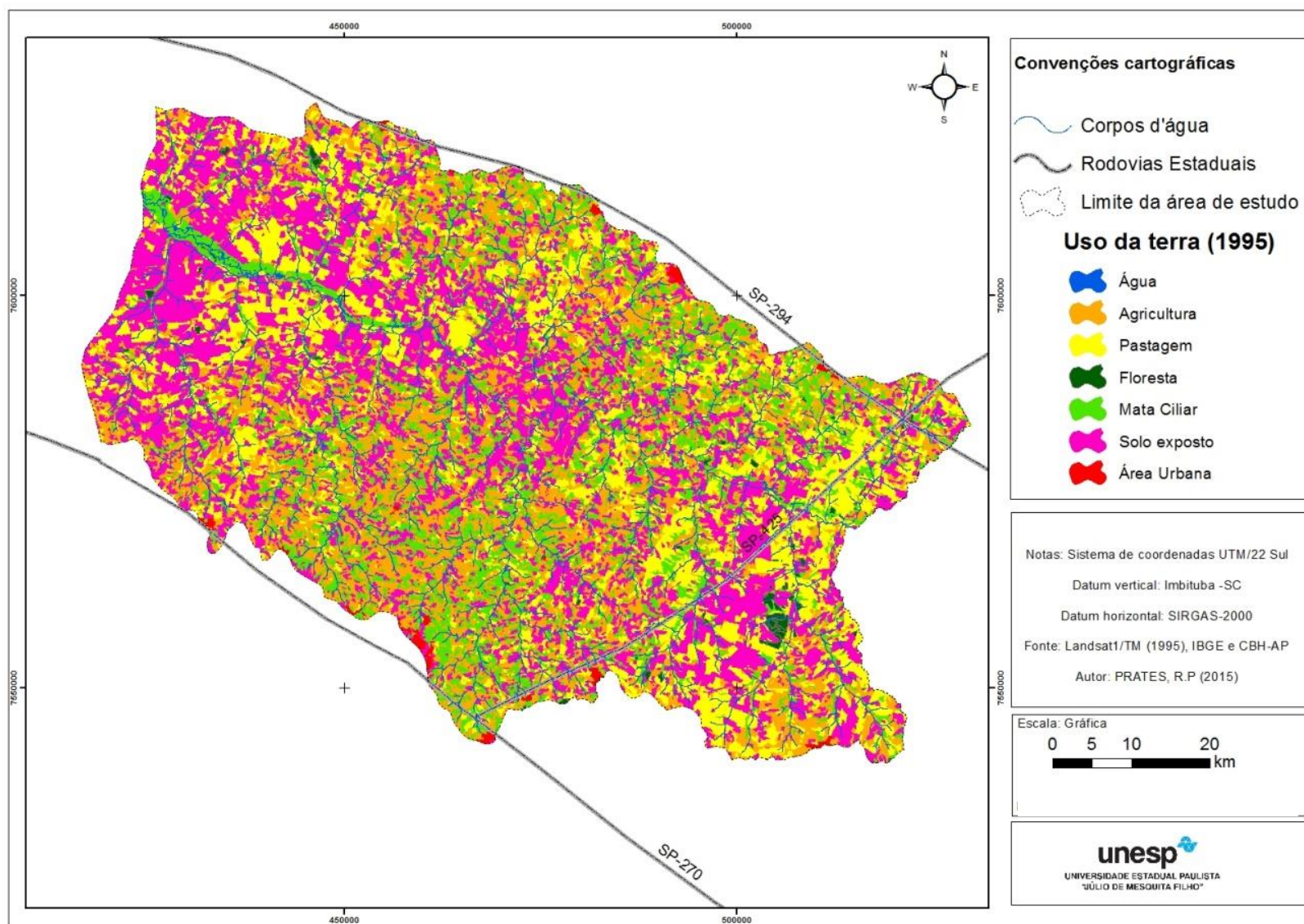


Figura 27: Mapa de Uso da Terra - 2005

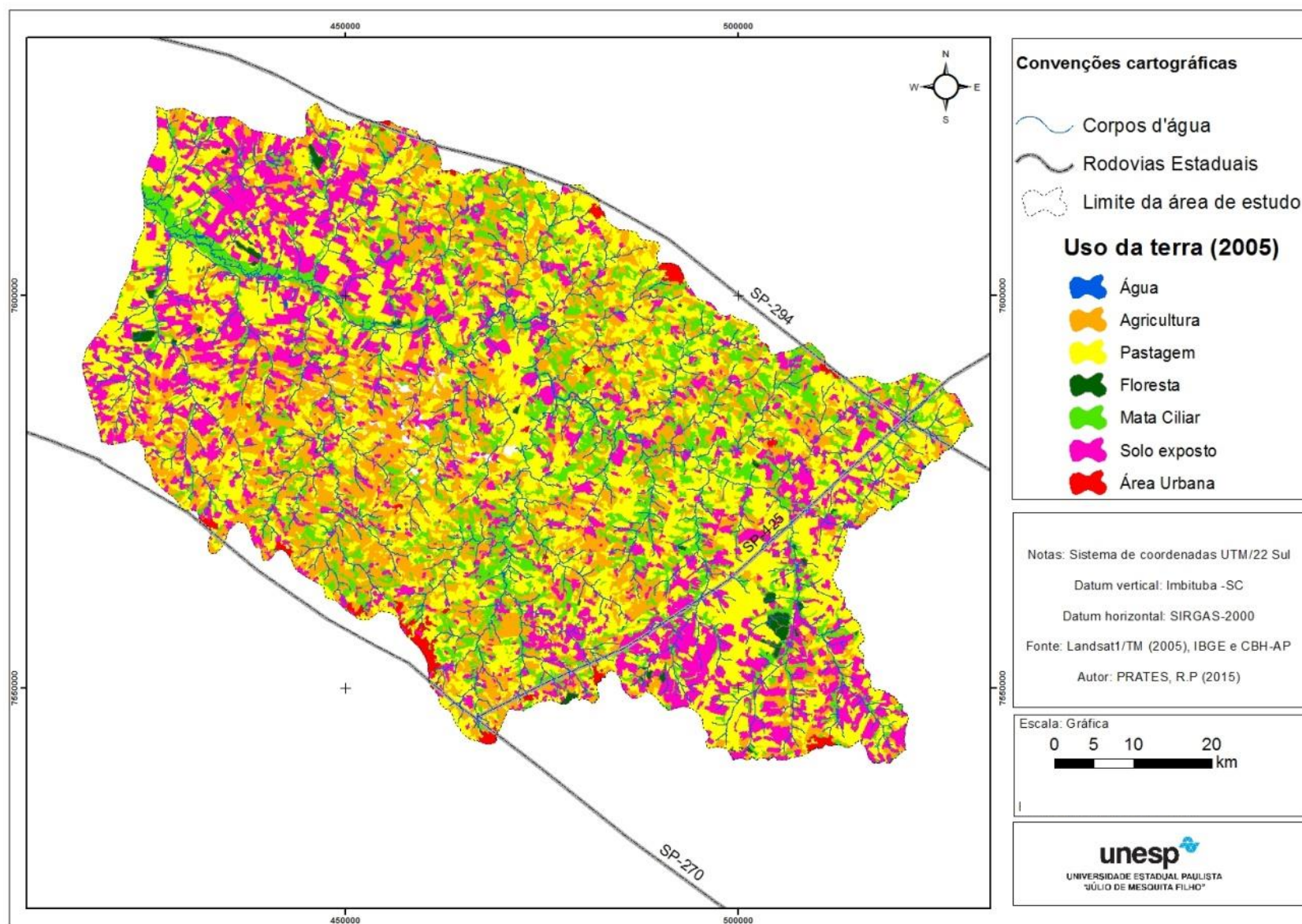
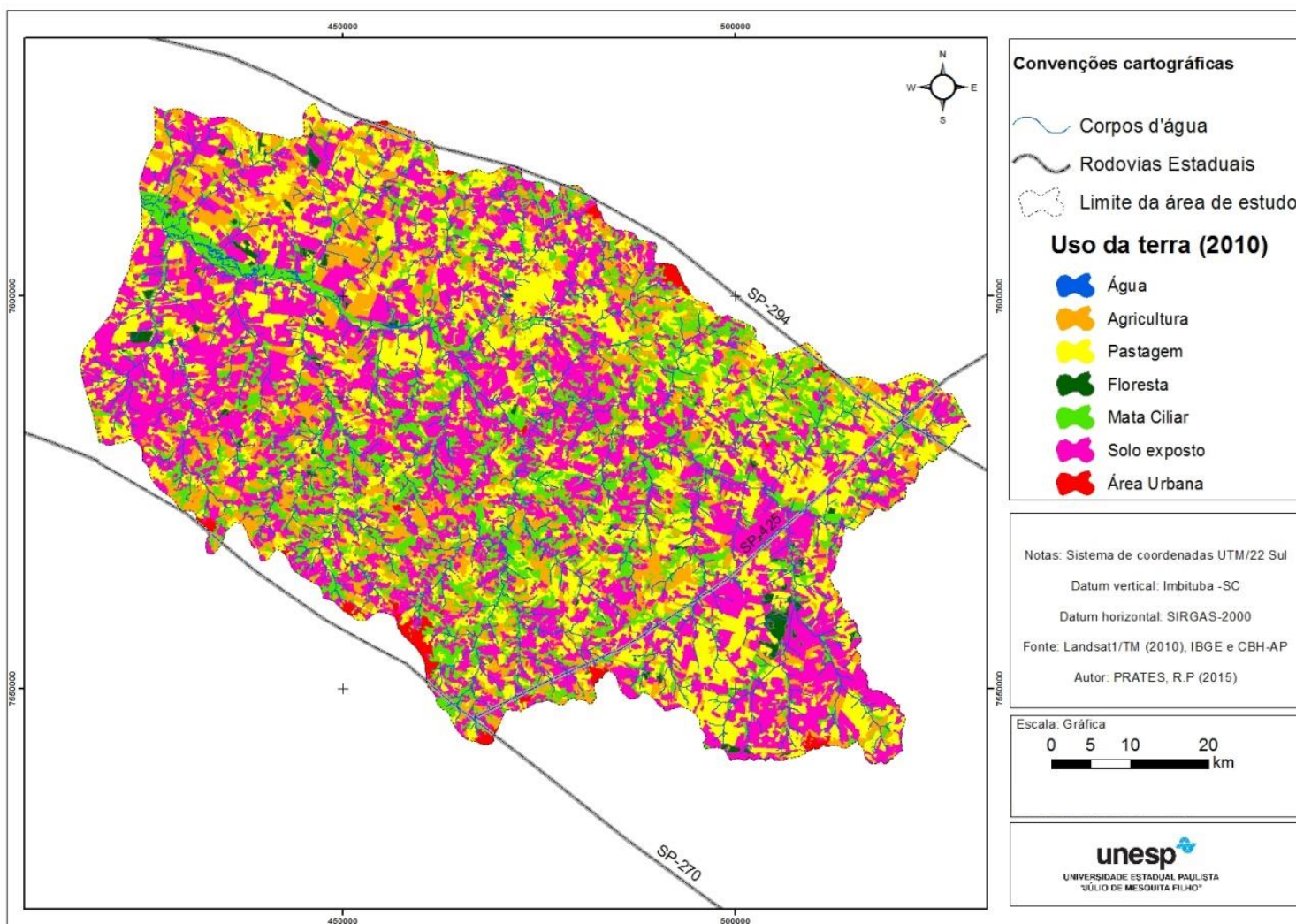


Figura 28: Mapa de Uso da Terra - 2010



5.3 - Relacionamento da morfologia do relevo com o uso e cobertura da terra

Com a finalidade de compreender as dinâmicas do uso da terra sobre o relevo, foi realizada a tabulação cruzada levando em consideração a morfologia do relevo (Dc, Dt e Apf) com os mapas de uso da terra dos anos analisados (1976, 1985, 1995, 2005 e 2010).

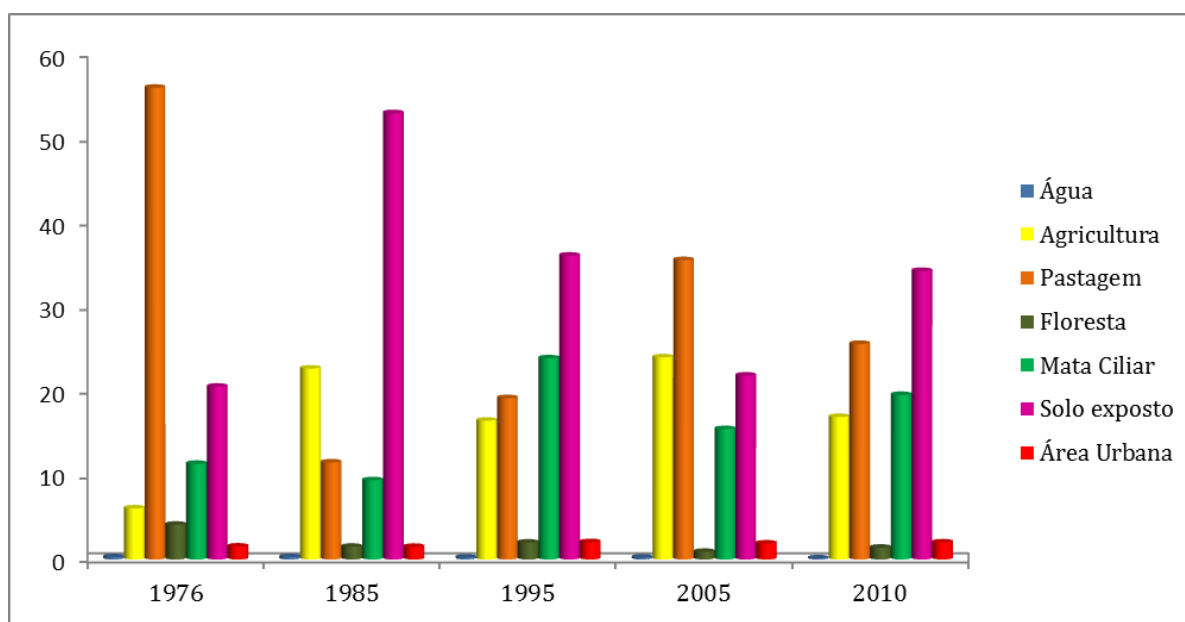
Nas unidades morfológicas com formas de topos tabulares (Dt), há uma variação de uso ao longo dos anos. Em 1976 a pastagem predomina com 56,05% nos topos tabulares, com queda significativa em 1985, quando houve um crescimento na classe temática de solo exposto (53,02%) e de agricultura (22,69%), conforme tabela 8 e figura 29.

Tabela 8: Representação das classes de uso em morfologias com topos tabulares

1976			1985		1995		2005		2010	
Classes	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Água	0,36	0,28	0,41	0,29	0,24	0,23	0,28	0,23	0,26	0,15
Agricultura	7,90	6,07	31,71	22,69	17,33	16,49	28,71	24,02	30,10	17,52
Pastagem	72,91	56,05	16,12	11,54	20,15	19,18	42,51	35,57	44,02	25,62
Floresta	5,39	4,14	2,13	1,53	2,122	2,02	1,09	0,91	2,42	1,41
Mata Ciliar	14,80	11,38	13,16	9,42	25,123	23,91	18,52	15,50	33,6	19,56
Solo exposto	26,72	20,54	74,10	53,02	37,834	36,01	26,12	21,86	58,9	34,28
Área Urbana	2,01	1,55	2,11	1,51	2,276	2,17	2,27	1,91	2,5	1,46
Total Dt	130,09	100	139,76	100	105,08	100	119,51	100	171,80	100

Org: PRATES, R.P (2015)

Figura 29: Representação das classes de uso em morfologias com topos tabulares



Org: PRATES, R.P (2015)

Nas unidades morfológicas com formas de topos convexos (Dc), o uso da terra predominante é da classe de pastagem, assim como nos topos tabulares (Dt). Em 1976 a pastagem ocupa 66,60% de 276,91 hectares de área, com queda em 1985 (11,14%). Em 1995 a classe temática passa a ocupar 24,09%, com crescimento e queda nos anos seguintes, em 2005 atingiu 41,90% e em 2010 registou queda, apresentando 28,05%, como observados na tabela 9 e na figura 30.

Tabela 9: Representação das classes de uso e cobertura da terra em morfologias com topos convexos

	1976		1985		1995		2005		2010	
Classes	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Água	0,720	0,18	0,85	0,22	0,63	0,15	0,580	0,14	0,56	0,16
Agricultura	24,63	6,06	126,12	32,59	121,54	28,05	99,93	23,82	59,97	16,97
Pastagem	270,91	66,60	43,12	11,14	104,40	24,09	175,79	41,90	99,13	28,05
Floresta	6,80	1,67	2,102	0,54	1,06	0,25	2,50	0,60	2,37	0,67
Mata Ciliar	22,80	5,61	22,20	5,74	62,03	14,32	49,57	11,82	46,84	13,25
Solo exposto	78,81	19,37	190,33	49,18	141,09	32,56	88,62	21,12	142,45	40,30
Área Urbana	2,108	0,52	2,303	0,60	2,53	0,59	2,53	0,60	2,10	0,60
Total Dc	406,78		387,02		433,30		419,54		353,44	

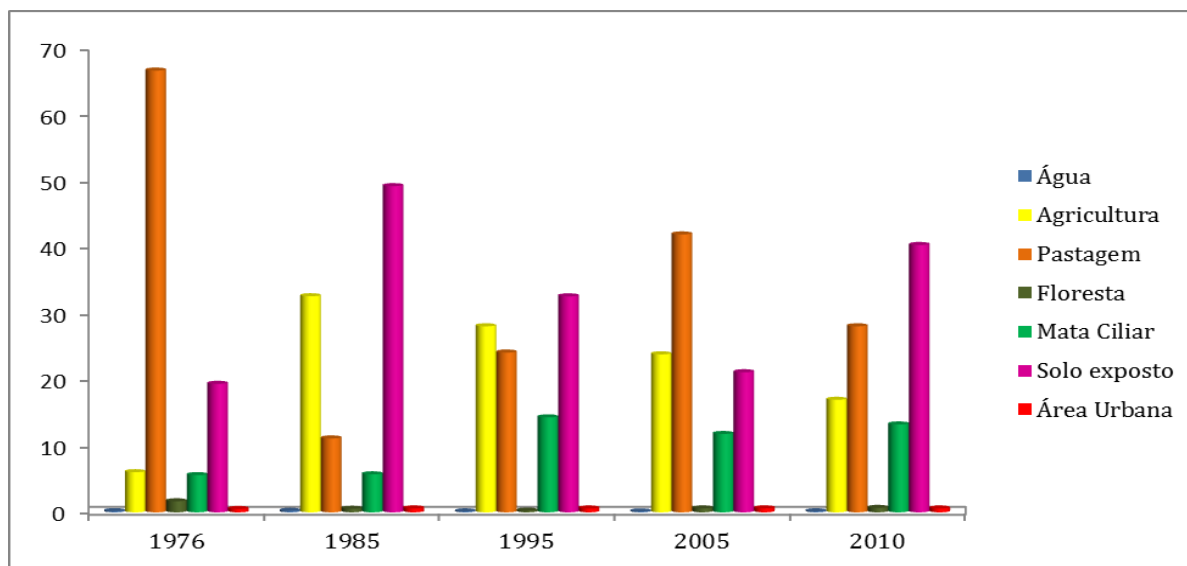
Org: PRATES, R.P (2015)

A classe temática solo exposto apresenta maiores registros no ano de 1985 com 49,18%, voltando a crescer de forma mais significativa em 2010 apresentando 40,30%. Cabe salientar, que pastagens degradadas e pastagens mais secas é muito similar ao solo exposto na interpretação visual, o que ajuda a explicar os valores apresentados.

A agricultura apresentou crescimento significativo a partir de 1985, principalmente nas áreas em morfologias de topos convexos. Em 1976 a classe de uso ocupava 6,06% do total de 24,63 hectares na área de estudo, enquanto que em 1985 passou a ocupar 126,12 hectares, representando 32,59% da atividade agrícola na unidade morfológica. Os topos convexos por apresentar relevo com grau de entalhamento dos vales de fraco a médio, na região são usados principalmente para as atividades antrópicas.

Já a classe temática floresta sofre redução ao longo dos anos, observa-se que em 1976 ocupava 1,67%, enquanto que em 1995 a classe apresentou apenas 0,25% do total de 433,30 hectares da unidade morfológica em topos convexos. Em 2005 a classe floresta volta a crescer, atingindo 0,60% e 0,67% em 2010.

Figura 30: Representação das classes de uso e cobertura da terra em morfologias com topos convexos



Org: PRATES, R.P (2015)

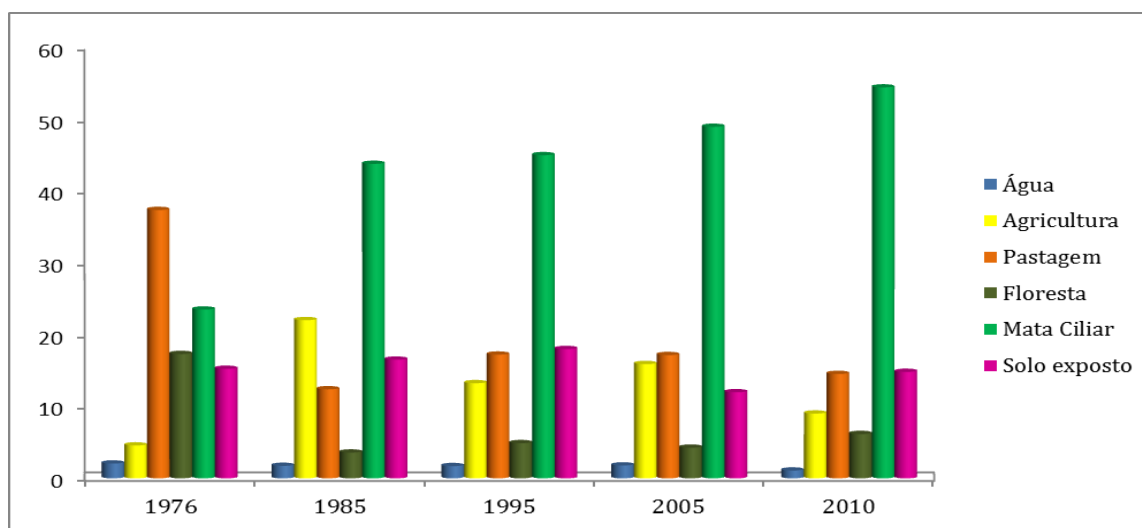
Nas áreas de planícies fluviais (Apf) a cobertura vegetal predominante é de mata ciliar, como pode ser observado na tabela 10 e na figura 31. A classe temática registrou menor valor em 1976 de 23,48%, enquanto nos seguintes é possível observar o crescimento da classe temática, apresentando em 2010 54,40%. O dado é extremamente positivo, o que significa que essas áreas têm sido preservadas contribuindo para a proteção das nascentes e dos cursos d'água nessa região.

Tabela 10: Representação das classes de uso e cobertura da terra na planície fluvial

	1976		1985		1995		2005		2010	
Classes	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Água	0,54	2,06	0,63	1,73	0,42	1,70	0,43	1,79	0,41	1,08
Agricultura	1,20	4,57	8,00	22,02	3,27	13,24	3,82	15,90	3,41	9,01
Pastagem	9,80	37,34	4,50	12,39	4,26	17,22	4,12	17,15	5,50	14,52
Floresta	4,54	17,30	1,30	3,58	1,21	4,89	1,02	4,26	2,34	6,17
Mata Ciliar	6,16	23,48	15,90	43,76	11,12	44,97	11,76	48,92	20,60	54,40
Solo exposto	4,00	15,24	6,00	16,51	4,452	17,99	2,88	11,98	5,61	14,81
Área Urbana	0		0	0	0	0	0	0	0	0
Total apf	26	100	36,33		24,74				37,87	

Org: Prates, R.P (2015)

Figura 31: Representação das classes de uso e cobertura da terra na planície fluvial



Org: Prates, R.P (2015)

A classe temática floresta que ocupava 17,30% em 1976, teve retração significativa no ano de 1985, apresentando 3,58%, enquanto cresce as classes de agricultura e solo exposto nas áreas de planície fluvial. Em 2010 a classe floresta cresce e chega a 6,17%. Os baixos valores apresentando nos anos analisados,

podem estar associados ao processo de ocupação dessa região, acompanhado de qualquer preocupação ambiental no que se refere à proteção de suas florestas.

A região caracteriza-se por formas de dissecação baixa e vales pouco entalhados com baixa densidade de drenagem, favorecendo o desenvolvimento das atividades antrópicas. De acordo com Ross e Moroz (1996), em geral o Planalto Centro Ocidental apresenta um nível de fragilidade potencial baixo, nos setores aplanados dos topos e colinas, porém salienta que devido às características texturais dos solos, os setores de vertentes com maior inclinação são mais susceptíveis aos processos erosivos, principalmente quando se desenvolvem escoamento concentrado.

Nas planícies fluviais apresentam natureza sedimentar fluvial e encontra-se dispostas em áreas junto às margens dos rios e por serem áreas mais baixas, planas e sujeitas a constantes inundações, como menciona Ross (1996), o uso da terra nessas áreas são limitadas.

6 - Dinâmica da precipitação

Um dos principais eventos naturais, especialmente nas regiões tropicais é precipitação. Um grande número de atividades humanas é diretamente dependente da gestão dos recursos hídricos, por exemplo, a produção de eletricidade e abastecimento de água. Na agricultura, por exemplo, a precipitação é um dos principais fatores que determinam ou o sucesso ou fracasso das atividades, como a preparação da terra, o cultivo de plantio, irrigação e colheita. Além disso, a população urbana tem crescido substancialmente, colocando mais demandas sobre os recursos hídricos disponíveis.

As análises dos dados pluviométricos contribuíram para uma análise preliminar da formação da avulsão e para compreender o comportamento do sistema hidrológico do rio, bem como na análise das possíveis alterações ocorridas em relação à magnitude dos índices fluviométricos que somados aos efeitos do uso da terra e dos processos de desmatamento ocorridos principalmente nas encostas, podem ter contribuído para as eventuais alterações no regime hidrológico do rio do Peixe.

Dessa forma, ao analisar os dados de precipitação faz-se necessário mencionar os fenômenos El Niño e La Niña. Desde os anos de 1960, os pesquisadores vêm tentando vincular a ocorrência de precipitação ou eventos relacionados diretamente a esses fenômenos (FERREIRA e NERY *et al.* 1999). O El Niño é uma grande escala anomalias climáticas geradas por um aumento da temperatura das águas superficiais no Oceano Pacífico, o que afeta a circulação atmosférica, causando perturbação do clima em escala global, embora na maior parte confinado para o hemisfério sul (FERREIRA e NERY, 1999), mas que influencia diretamente o clima sul-americano.

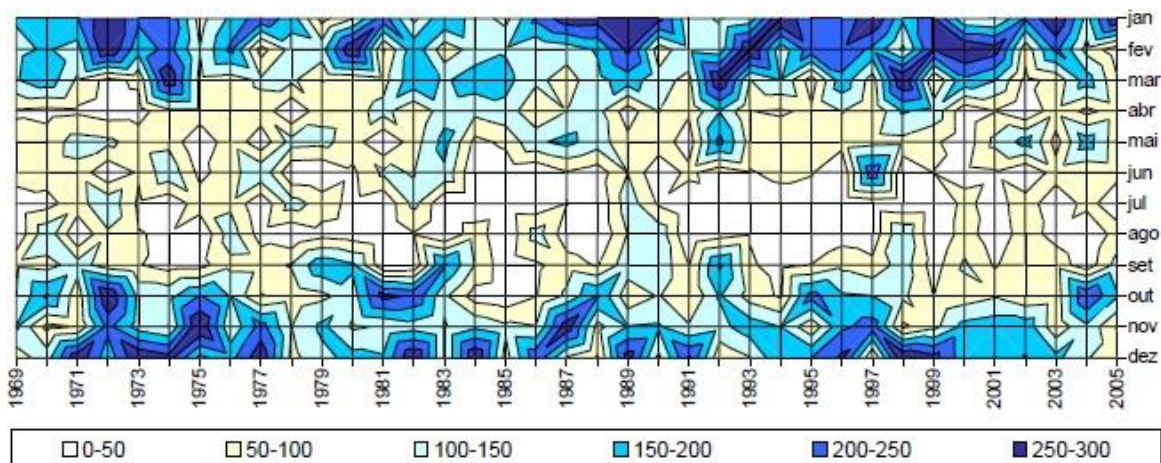
Dentre os fatores que influenciam a distribuição regional de precipitação no estado de São Paulo, destacam-se: a posição em relação à circulação dos "Alísios"; a localização no lado oriental do continente no hemisfério sul; a localização em planalto de 500 a 600m de altitude, com declive suave que flui a partir da costa na direção do continente, queda acentuada da altitude na costa oposição quase perpendicularmente à direção do vento. Esses fatores resultam em uma região com um clima variado (SCHRODER, 1956).

Sant'Anna Neto (1995) mostrou que a precipitação no estado de São Paulo, apresenta um padrão espacial natural da diminuição da precipitação de leste a oeste e de norte a sul, esses fatores são, no entanto, influenciado pela circulação atmosférica geral, caracterizada por massas tropicais (continental e marítima). A precipitação é influenciada pela área de sequeiro de Pontal, que vai do noroeste-sudeste, com uma inclinação de frente para o canal do rio Paraná. A precipitação anual, a oeste, é a mais baixa, cerca de 1100 mm – 1500 mm anualmente. Assim, a sua distribuição deve ser considerada não apenas à escala regional, mas também variabilidade temporal (SCHRODER, 1956).

Sant'Anna Neto (1999) ao analisar o comportamento da pluviosidade no Estado de São Paulo nos últimos 100 anos, constatou uma tendência de aumento da precipitação entre os períodos 1941/1970 e 1971/1993, de aproximadamente 10 % para o segundo período, concentrados nos limites da bacia do Paraná. Para o autor a variabilidade climática apresenta ciclos mais ou menos regulares de períodos chuvosos alternados que se repetem em ciclos curtos que variam de 4 a 8 anos e, com ciclos maiores que variam entre 9 a 13 anos.

Ainda nessa perspectiva, Sant'Anna Neto (2000) observou que os valores de pluviosidade mensal em série histórica para Presidente Prudente, no Oeste Paulista demonstram pequena alteração na sazonalidade das chuvas, no qual é possível perceber que o verão foi se tornando mais úmido, enquanto que o mês mais chuvoso se deslocou de dezembro-janeiro, para fevereiro-março durante as décadas. Por outro lado, houve intensificação do período de estiagem, também com deslocamento dos meses mais secos para o inverno e primavera, que antes era mais úmida (Figura 32)

Figura 32: Variabilidade mensal em série histórica da pluviosidade em Presidente Prudente-SP.



Fonte: Sant'Anna Neto (2000).

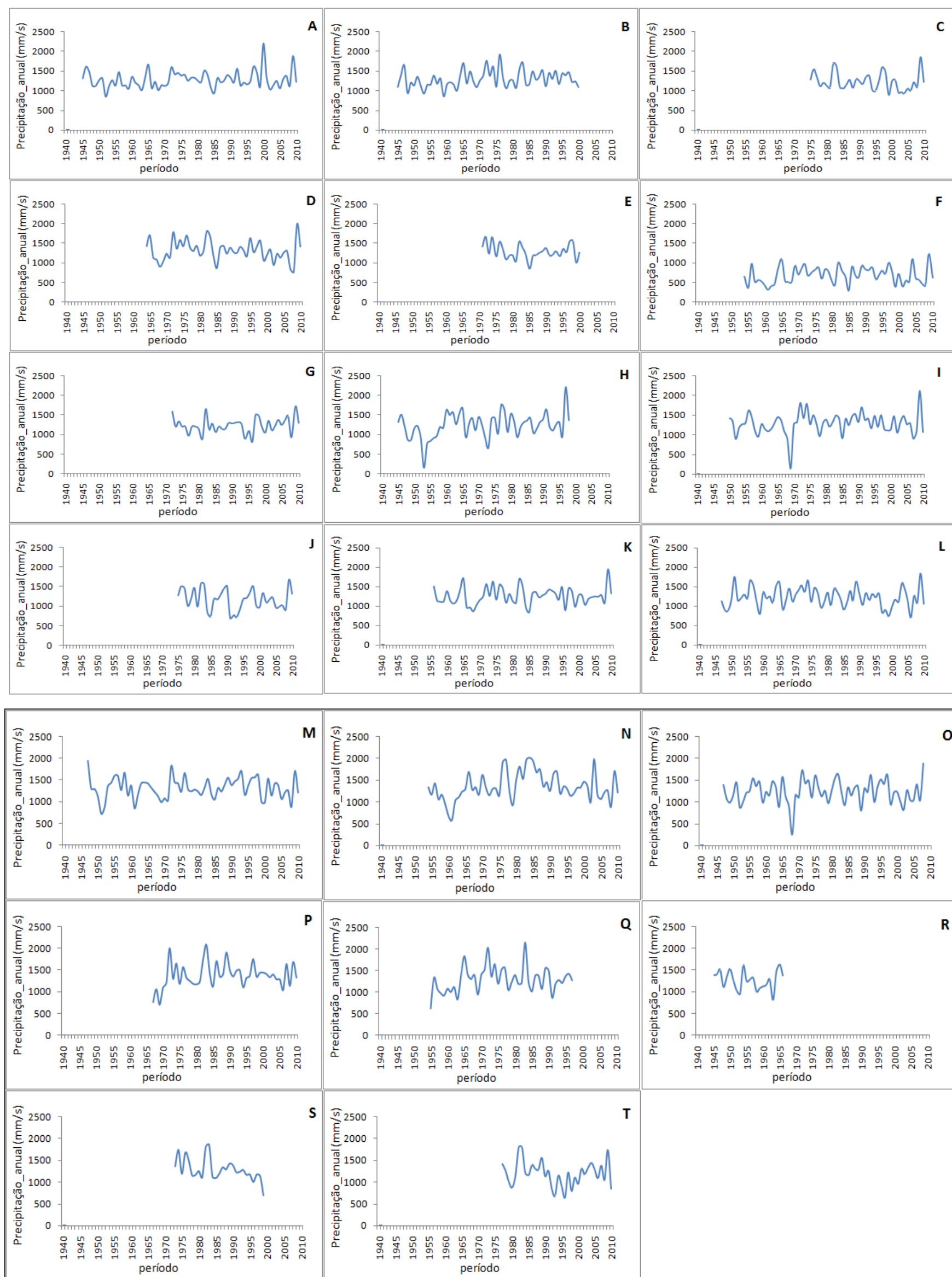
Conforme elucidado por Andrade (2014), a precipitação na bacia hidrográfica do rio do Peixe apresenta tendência à diminuição da precipitação no sentido de montante para jusante, contudo, as estações localizadas nas áreas de montante da bacia hidrográfica, há maior variabilidade nos índices de precipitação, sendo em torno de 500 mm a 1500 mm. Tais estações estão localizadas no município de Marília e Pompéia. No sentido a montante, a estação pluviométrica de Quatá, também apresenta a mesma variabilidade de dados.

Nesse contexto, há três estações cujos dados não apresentam variabilidade substancial (representadas pelas letras **F**- C8002, **L** - D8003 e **M** - C7062 na figura 27). As três estações pluviométricas mencionadas estão localizadas nas áreas do meio a baixo curso da bacia, nos municípios de Bastos, Presidente Prudente e Flora Rica. Na estação pluviométrica do município de Bastos a série de dados de precipitação abrange o período de 1940 a 2010, contudo a variabilidade é relativamente baixa, em torno de 1000 a 1450 mm durante toda a série histórica, assim também acontece na estação pluviométrica localizada no município de Presidente Prudente.

Já no município de Flora Rica, localizado à margem direita do local onde se deu o processo de avulsão no rio do Peixe, os índices de precipitação são os menores apresentados para área estudada, com variação muito sensível, entre 500 mm e 1000 mm.

As demais estações pluviométricas cuja localização varia ao longo de diferentes áreas no perímetro da bacia do rio do Peixe, há menor variabilidade, no entanto, com índices significativamente mais altos, variando de 1000 mm a 1500 mm. Estas são as estações pluviométricas A - C7001, B - C7043, D - C8018, H - C8001, I - C8042, N - C7067, O - C7054, conforme apresentado na figura 33.

Figura 33- Precipitação anual na bacia hidrográfica do rio do Peixe, Oeste Paulista



A - C7001(Parapuã); **B** - C7043 (Tupã); **C** - D7073(Rancharia); **D** - C8018 (Lucélia); **E** - 8047 (Mariápolis);

F - 8002 (Florida Paulista); **G** - C8055 (Ouro Verde) ; **H** - C8001 (Piquerobi); **I** - C8042 (Irapuru); **J** - C8059 (Flora Rica);

K - C8004 (Adamantina); **L** - D8003 (Presidente Prudente; **M** - C7062 (Bastos); **N** - C7067 (Osvaldo Cruz); **O** - C7067 (Osv.Cruz);

O - C7054 (Iacri); **P** - D7001(Quatá); **Q** - D7003 (Pompéia); **R** - D6010 (Marília 1); **S** - D7067 (Marília2); **T** - D7074 (Marília3);

6.1 - Possíveis influências na variabilidade da precipitação na bacia hidrográfica do rio do Peixe

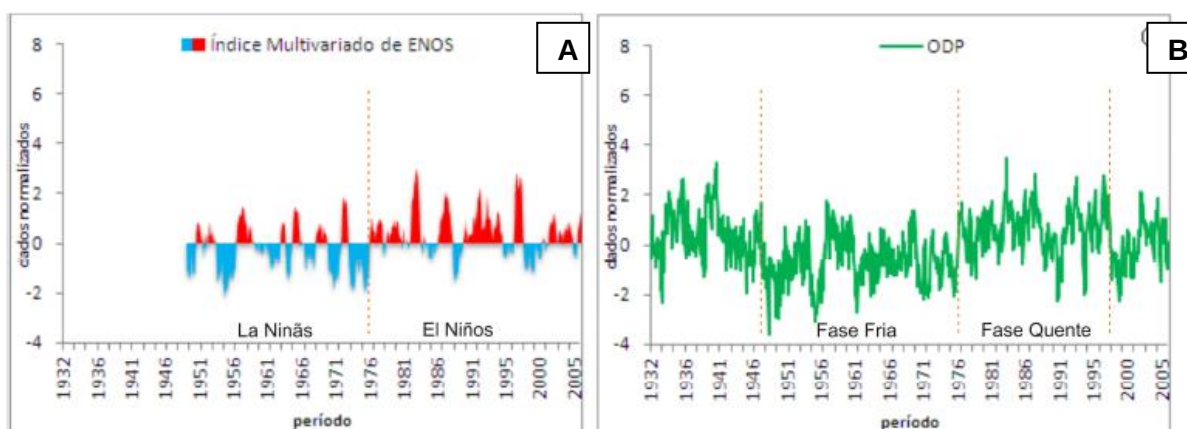
Da observação aos gráficos da figura 33, verifica-se a ocorrência de eventos extremos de precipitação ao longo da série histórica de dados, são picos de precipitação que se sobressaem às médias consideradas na série histórica, sobretudo na década de 1980.

Sant'Anna Neto (1999) relaciona os ciclos de pluviosidade à frequência de eventos interanuais e interdecadais como El Niño, La Niña e Oscilação Sul (ENOS), na variabilidade pluviométrica na Bacia do Paraná, conforme assinalado por Grimm *et al.* (1998) e Nery, Carfan e Parizotto (1999). Já os eventos de baixa frequência, vinculados a temperatura de superfície do mar (TSM), como a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP/ ENOS) e seu relacionamento com regime de chuvas e temperaturas, ainda não são bem conhecidos (MOLION, 2005).

A Oscilação Decadal do Pacífico caracteriza-se por apresentar eventos contínuos por períodos de 20 a 30 anos, alternando-se em duas fases. A fase fria que é designada por anomalias negativas de TSM (Temperatura Superficial do Mar) no Pacífico tropical, e concomitantemente, anomalias de TSM positivas no Pacífico extratropical em ambos os hemisférios. A fase fria apresenta anomalias de TSM positivas, no Pacífico Tropical, e negativas, no Pacífico Extratropical Mantua *et al.* (1997) e Molion (2005).

Outra peculiaridade apontada por Molion (2005) consiste nos maiores registros de El Niño e La Niña, de acordo a fase da ODP. Na Figura 34, verifica-se a persistência de eventos de La Niña, na Fase Fria da ODP (1947 a 1976), e uma maior frequência no período posterior de El Niño, na Fase Quente da ODP (1977 a 1998).

Figura 34: Serie temporal dos índices normalizados de ENOS, OPD e Q. A: Serie temporal do índice Multivariado de El Nino/La Nina-Oscilação Sul (ENOS); B: Serie temporal do índice OPD.



Dessa forma, verifica-se que a primeira metade da década de 1980 demarcada com a linha tracejada nos gráficos da figura 34 demonstra a alteração no padrão da precipitação com forte influência de uma fase quente que permaneceu até aproximadamente o ano de 1998.

7 - Regime Hidrológico no canal do rio do Peixe

A análise dos dados das estações fluviométricas estudadas permitiu a caracterização da distribuição anual e espacial da vazão na área de estudo. A apresentação dos resultados tem como perspectiva compreender a dinâmica hidrológica e as possíveis alterações ocorridas pelas práticas de uso da terra.

Segundo Gustard (1996) o fluxo é considerado a variável fundamental para compreender o regime de diferentes rios, bem como avaliar a disponibilidade dos recursos hídricos para estimar mudanças na sequência de fluxos históricos e determinar os impactos das atividades antrópicas.

O desenvolvimento econômico, o aumento da população, a diversificação, o consumo, o crescimento das cidades, as atividades industriais e a agricultura tem acelerado os processos de degradação da natureza, especialmente os recursos hídricos. As intervenções antrópicas atuam, principalmente, no âmbito da cobertura vegetal e do uso do solo e podem repercutir em outras variáveis do sistema, primordialmente a alteração dos padrões físicos e químicos dos escoamentos e, potencialmente, nas variáveis climáticas, dentro de uma escala mais restrita, tal como uma pequena bacia hidrográfica.

Drew (1994) salienta que com o avanço da tecnologia, o grau de interferência foi ampliado de maneira expressiva nos sistemas hidrológicos. Atualmente, são poucos os sistemas de drenagem, no mundo inteiro, que têm caráter inteiramente natural. Embora o controle dos sistemas hidrológicos seja maior nos países desenvolvidos, as modificações inadvertidas nestes sistemas são universais, em geral em função do atual modelo de apropriação da natureza pelo homem contemporâneo.

As intervenções humanas no sistema hidrológico normalmente ocorrem em diferentes pontos e de diversas formas. Segundo o autor supracitado, pode-se considerar o ciclo hidrológico como uma série de armazenagens de água ligadas por transferências. De fato, muitos depósitos são, na realidade, transferências mais demoradas (por exemplo, da água subterrânea) e algumas transferências mais rápidas (por exemplo, os rios) e também exercem limitada função de armazenagem. Assim, para cada ponto de intervenção, as dimensões dos impactos

podem ser distintas, no qual os maiores impactos estariam relacionados aos processos de *infiltração, armazenagem e fluxo* fluviais.

As intervenções antrópicas e apropriação dos recursos hídricos pelo homem podem provocar diversos impactos no regime hidrológico do rio, existe assim uma necessidade de compreender e prever os impactos ecológicos que podem ocorrer no sistema hidrológico. Dessa forma, a preocupação com o regime de fluxos dos rios fez com que diversos métodos e procedimentos fossem estabelecidos e aplicados, contribuindo para avaliação hidrológica (Richter et al. 1997).

De acordo com Araújo (2011), a utilização da variabilidade média anual do fluxo podem prescrever as taxas de fluxos ecologicamente importantes. Enquanto, outros assumem como fator importante de análise dos fluxos do regime hidrológico do rio as variáveis: baixos fluxos, médios fluxos e altos fluxos, cuja função é facilitar o estudo sobre as características do regime natural do rio.

Com base na metodologia descrita, foram analisados os dados fluviométricos de três postos fluviométricos na bacia do rio do Peixe, quais sejam: aquele localizado no Ribeirão Mandaguari, no município de Presidente Prudente, à margem esquerda do rio do Peixe, postos fluviométricos de Flora Rica e de Tupã localizados respectivamente à margem direita e no médio curso do rio principal, que caracterizam a dinâmica interanual do regime hidrológico na bacia hidrográfica do rio do Peixe entre os anos de 1948 e 2000. A análise hidrológica, bem como dos dados de precipitação tem como finalidade compreender as dinâmicas fluviais da área de estudo.

Andrade (2014), em estudo que abrangeu também essa porção da bacia do rio do Peixe apresentou as estatísticas básicas aplicadas à série de dados de vazão dos referidos postos fluviométricos. Onde é possível observar a variação do regime hidrológico em períodos, os quais foram denominados períodos hidrológicos, a variação da vazão média, em cerca de uma década esta muda seu comportamento, tabela 11.

Tabela 11 - Estatísticas aplicadas no regime hidrológico na bacia hidrográfica do rio do Peixe

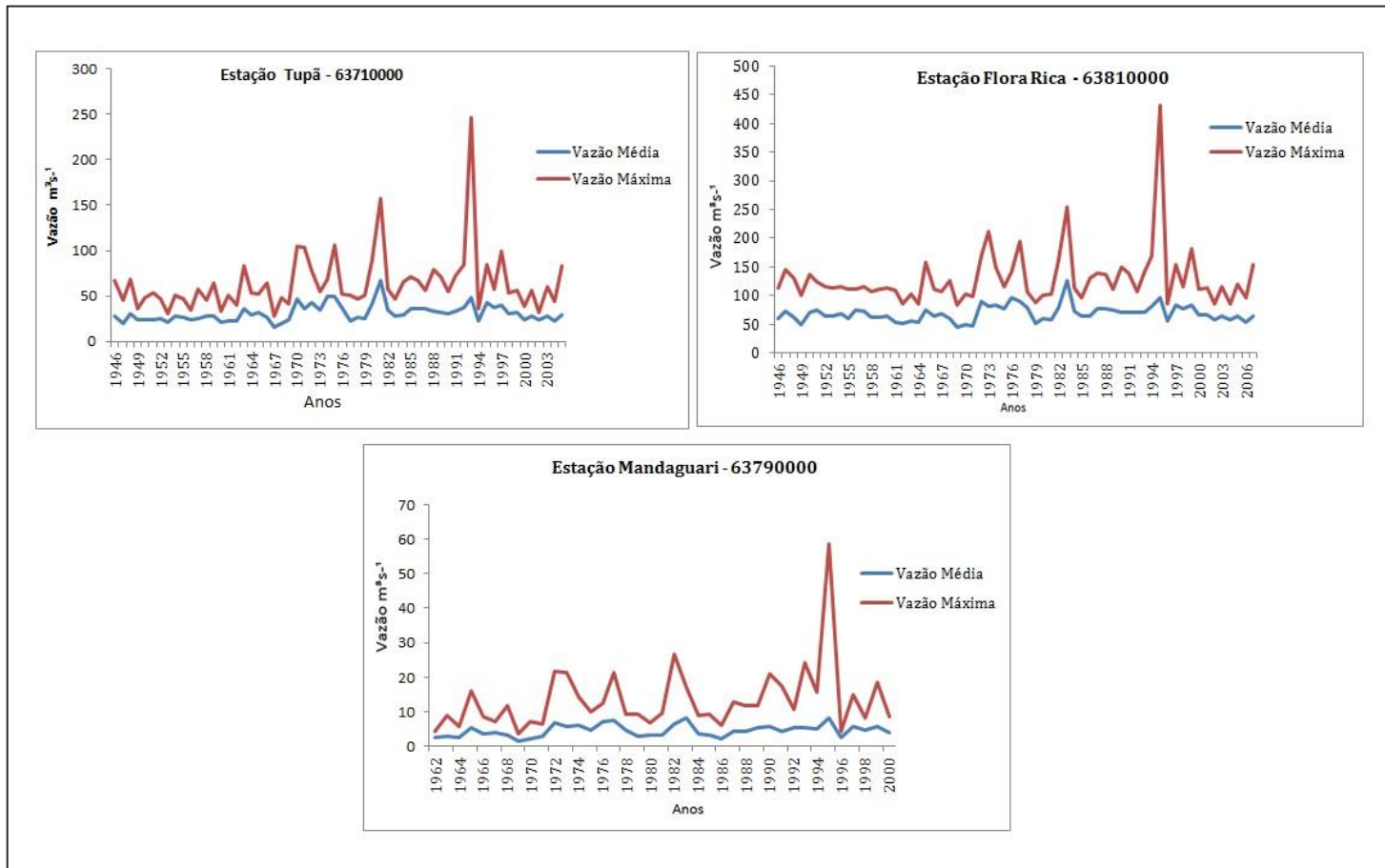
Postos	63710000	63810000	63790000
Fluviométricas			
Q média (m ³ s ⁻¹) 1948-1971	24,66	66,37	3,03
Q média (m ³ s ⁻¹) 1972-1984	39,52	98,89	5,73
Q média (m ³ s ⁻¹) 1985-2000	32,28	80,26	4,70
σ 1948-1971	6,22	9,67	1,02
σ 1972-1984	12,09	18,93	1,71
σ 1985-2000	6,39	10,18	1,38
CV (%) 1948-1971	25,20	17,05	0,34
CV (%) 1972-1984	30,6	23,68	0,32
CV (%) 1985-2000	19,8	14,52	0,29

Fonte: Andrade (2014)

A referida autora identificou a variação hidrológica compreendida em três períodos hidrológicos ao longo da série histórica de dados. Sendo um primeiro período de 1948 a 1971, o segundo de 1972 a 1984 e o terceiro de 1985 a 2000. Conforme observa-se na análise estatística de dados, verifica-se que no postos fluviométricos do Ribeirão Mandaguari a vazão é pouco expressiva, pois o posto fluviométrico se localiza em uma área próxima às nascentes, onde os contribuintes são de pequena ordem, considerando-se a classificação de Christofolletti (1974).

O posto de Flora Rica apresenta maior volume de vazão, proporcionalmente também apresenta maiores coeficientes de variação e desvios padrão. Trata-se de um posto localizado na porção de baixo curso da bacia hidrográfica, uma vez que, conforme o aumento do tamanho da bacia hidrográfica também há maior volume de vazão. Por outro lado, o posto de Tupã localiza-se no médio curso da bacia, com vazão também consideravelmente alta em comparação com o posto do ribeirão Mandaguari. A distribuição da vazão ao longo dos três postos selecionados para análise é apresentada a seguir na figura 35.

Figura 35 – Vazões média e máxima de postos fluviométricos na bacia hidrográfica do rio do Peixe. Postos de Tupã, Flora Rica e Mandaguari.



O período de 1976 a 1998 caracterizou-se pelo predomínio de uma fase quente, em outras palavras, trata-se da ocorrência de um episódio intenso El Niño /Oscilação Sul (ENOS) que pode ter refletido nos altos índices de vazão na região, registrados pelos postos fluviométricos analisados. Como pode ver observado na figura 3, o posto fluviométrico de Flora Rica registrou vazão significativa em relação ao posto de Mandaguari e também o posto de Tupã durante a ocorrência El Niño. Assim tem-se que houve dois eventos marcadamente intensos, que foram os anos de 1982 e 1983 e também os anos de 1997/1998, conforme observado nos gráficos.

As análises das variáveis hidrológicas no ambiente fluvial podem contribuir para o entendimento das possíveis mudanças no canal fluvial, mas precisamente na planície aluvial, onde se encontra o processo de avulsão. Os dados apresentados indicam que os picos de cheia foram importantes para o rompimento do dique marginal e para formação da avulsão, evidenciado pela análise dos produtos cartográficos gerados e pelos dados de vazão média dos postos fluviométricos, a montante do canal secundário.

8 - Caracterização das unidades geomorfológicas na planície aluvial do rio do Peixe

As principais unidades geomorfológicas encontradas no trecho aluvial da área da avulsão foram: planície de inundação, terraço fluvial, bacia de inundação, lagos em meandro, paleocanais, leques de espraçamento e leques aluviais. A interpretação de fotografias aéreas dos anos de 1962 e 1978 e do canal formado pela avulsão evidencia que fluxo estabelecido pelo processo foi favorecido pela presença de bacias de inundação e paleocanais, que já existiam na planície fluvial (MORAIS *et al* 2013), conforme ilustrado na figura 36.

Morfológicamente os terraços surgem como superfícies aplainadas, de largura variada, limitadas por uma escarpa em direção ao curso do canal (CHRISTOTOFOLETTI, 1980). Basicamente, os terraços são produtos da erosão fluvial e do encaixamento do talvegue (SUGUIO e BIGARELLA, 1990). No trecho aluvial, onde ocorreu a avulsão foram identificados dois níveis de terraços que ocorrem dispostos paralelamente ao longo do canal do rio do Peixe, o terraço alto e terraço baixo. Observa-se que entre os níveis da planície de inundação e o terraço ocorre um abrupto contato topográfico que varia entre 10 e 15 metros (MORAIS *et al*, 2014). Os terraços altos situam-se acima do nível do rio e, não são atingidos pelas águas do rio, mesmo nos períodos de enchentes, quando toda a planície de inundação é ocupada. Já os terraços baixos são formados a partir dos processos erosivos que ocorrem na planície de inundação.

Os paleocanais são considerados feições morfológicas importantes para o entendimento sistema fluviais e das mudanças ambientais ocorridas no processo de formação da avulsão. Na área da planície aluvial, os paleocanais estão localizados nos terraço fluvial alto e baixo, bem como na planície de inundação. Feições de paleocanais em terraços podem ser considerados um indicativo do antigo curso do rio. Para tanto, na planície aluvial os paleocanais demonstram a dinâmica e o caráter fluvial meandrante do rio do Peixe, associados a processo de deposição aluvial.

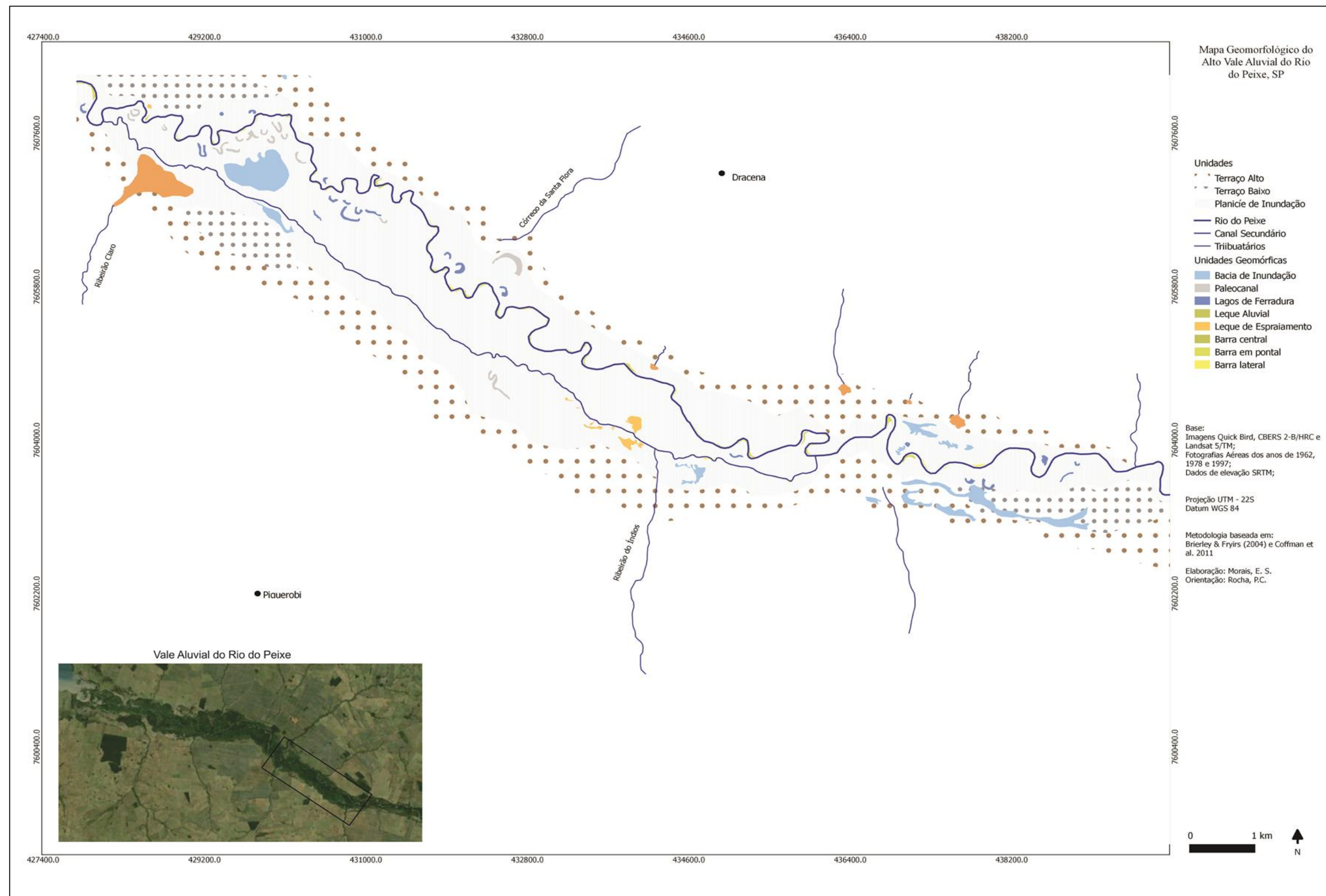
Lagos em meandros são formados pelo isolamento dos meandros, geralmente por processos de erosão e sedimentação. No sistema rio-planície que envolve o canal da avulsão e o canal principal os lagos em meandros encontra-se em diferentes processos de evolução e em alguns pontos observa-se os canais de ligação conectando os ambientes de lago e canal fluvial (MORAIS *et al* 2013). Geralmente, lagos em meandros quando isolados resulta em áreas pantanosas, em forma de ferradura. A formação desses lagos caracteriza a dinâmica da planície aluvial, que ao longo do tempo são construídas a partir dos processos de erosão e deposição.

As unidades do canal caracterizadas pelas barras em pontal, barra central e barra lateral que periodicamente são inundados de acordo com o regime hidrológico do rio, refletem as condições atuais de deposição do canal fluvial associado a sua sinuosidade. As barras se formam nas margens por deposição de sedimentos transportados durante as cheias e podem indicar o quanto o canal é ativo e dinâmico, caracterizado por grau de energia significativo.

Os leques aluviais são sistemas deposicionais que apresentam forma de leque aberto, caracterizados por canais fluviais tributários de grande mobilidade lateral (ASSINE, 2008). No trecho da avulsão o leque aluvial ocorre próximo à foz de alguns afluentes e estão localizadas entre o terraço e a planície de inundação.

A caracterização dessas unidades geomorfológicas presente no sistema rio-planície demonstra importância da planície de inundação e dos paleocanais no processo de formação da avulsão, demonstrando a complexidade da dinâmica fluvial presente nesse sistema. Estudos realizados Hudson e Kessel, (2000) apontam que existe uma resistência no processo de migração do canal devido aos depósitos argilosos formados pelos canais. Enquanto que Aslan *et al.* (2005) e Phillips, (2009), destacam que os processos erosivos presentes no canal podem estar relacionado com reocupação de paleocanais na planície.

Figura 36: Mapa das unidades geomorfológicas na planície fluvial - rio do Peixe - Oeste Paulista



8.1 - Processo de avulsão na planície aluvial do rio do Peixe

As dinâmicas e processos que ocorrem nos canais meandrantess são importantes no processo de formação de avulsão, transformando a rede de drenagem. As avulsões são recorrentes em canais meandrantess, porém não consideradas o principal processo nesse tipo de padrão de canal (JONES e HARPER, 1998; ASSINE e SILVA, 2009; ZACONPÉ *et al.* 2009). Os processos de avulsão estão relacionados às distintas características dos sistemas fluviais, como a reocupação de paleocanais, picos de cheias, declividade e geometria do vale e entre outras (JONES e HARPER, 1998; ASLAN, 2005; JUDD *et al.* 2007; KLEINHANS *et al.* 2013).

Os diques, que margeiam o canal fluvial, podem ser rompidos em alguns trechos durante os eventos de cheia (margem plena), ao transbordar a água, ocupa a planície de inundação, dando origem a outros processos como erosão, transporte e deposição fluvial. O processo de avulsão tem início com o rompimento (*crevasse*) do dique marginal e por aggradação de material sedimentar. Com o rompimento do dique marginal, o fluxo da água vai escavando a planície, formando um novo canal, por exemplo, e transportando parte da carga de fundo do leito fluvial oriundo do canal principal. Na planície aluvial do rio do Peixe, a ruptura do dique marginal associado aos processos de evolução morfológica do sistema fluvial e características hidrodinâmicas deram origem a avulsão.

O processo de avulsão do rio do Peixe ocorreu em um trecho da planície fluvial, alterando a rede hidrográfica local, formando um sistema multicanal. Registros cartográficos indicam que esse processo teve início com o rompimento do dique marginal a partir de 1978 e o estabelecimento do canal secundário tenha ocorrido entre os anos de 1978 e 1985.

Para este primeiro período que compreende o ano de 1962 as informações cartográficas é possível notar a ausência do processo. Em seguida para o ano de 1978 os documentos cartográficos indicam o rompimento do dique marginal, quando ocorreu um fluxo significativo interligando o canal ao lago de ferradura. O canal formado pelo processo de avulsão só é constatado a partir de 1985 com análise da base cartográfica disponível. Como resultado, a avulsão formou um canal secundário de 14,5 km que flui paralelo ao canal principal e conecta-se novamente ao canal principal.

Na Figura 37 observa-se a ausência da avulsão na fotografia aérea de 1962, enquanto na fotografia de 1978 é possível identificar o rompimento do dique marginal e a conexão do canal ao lago de ferradura adjacente.

Figura 37: Fotografia aérea de 1962 e 1978



No canal da avulsão é possível observar a formação de leques de espraçamento localizados à margem esquerda do canal, onde os sedimentos arenosos são depositados sobre a planície e sobre vegetação ripária ou mata ciliar. (MORAIS *et al*, 2013). Os leques de espraçamento estão associados à complexa dinâmica que envolve os sistemas fluviais e, resultam em sua maioria dos processos erosivos e deposicionais que ocorrem a partir das mudanças nos canais fluviais. Erosão, transporte e sedimentação ocorrem de forma concomitante na formação de leques, que vão irradiar-se em baixa declividade, constituindo sua forma deposicional. A presença de leques de espraçamento no canal da avulsão revela o quanto este canal é ativo, porém a baixa

declividade e baixa energia dos sistemas demonstram a ausência de formação de novos canais (Figura 38).

Figura 38: Leques de espreadimento no canal da avulsão.



Fonte: Google Earth, 2013

O canal secundário, formado pelo processo de avulsão já persiste por ao menos 29 anos e possui largura média de 30 metros comparada aos 45 metros do canal principal. Na figura 39 é possível observar o rompimento do dique marginal, que deu origem a avulsão.

Figura 39: Início do processo de avulsão - rompimento do dique marginal



Fonte: arquivo pessoal

A formação dos processos de avulsão pode contribuir para a manutenção da planície fluvial e para demais áreas úmidas, presentes no sistema fluvial, como é possível observar no rio do Peixe. A planície fluvial na área da avulsão apresenta aproximadamente 554 metros de largura a montante e de 1.228 metros de largura abaixo do local onde houve o rompimento do dique marginal, que da origem ao canal secundário.

A Jusante da avulsão observa-se um estreitamento da planície, resultando na junção do canal secundário ao canal principal. Essa característica demonstra que a planície é ativa e, em processo de formação, contribuindo para a estabilização do processo de avulsão. A figura 40 mostra as medidas aproximadas da planície, já que não foi possível adotar uma escala específica para essa medição.

Figura 40: Planície fluvial no trecho da avulsão no rio do Peixe - Oeste Paulista



Fonte: Organizado por Moraes, 2014.

O processo de avulsão é comumente associado aos eventos de cheias, parte da água passa a fluir na planície de inundação pelo rompimento do dique marginal, o que pode dividir o canal, dando origem ao processo (ASSINE, 2005).

A formação da avulsão requer um nível alto de vazão e altas taxas de transporte de sedimento. Esses elementos são fundamentais para o desencadeamento da avulsão. A formação de um processo de avulsão pode levar dias a séculos para que ocorra a migração do canal principal para o novo canal ou mesmo para o abandono do canal formado (KLEINHANS *et al.* 2013).

Pesquisas desenvolvidas na área da avulsão do rio do Peixe por Moraes *et al* (2013; 2014) identificaram duas características importantes que contribuíram para a formação da avulsão: a geometria do vale fluvial e a distribuição das unidades geomorfológicas presentes na planície fluvial. Essas características associadas possibilitaram a interpretação de condições ambientais que favoreceram o desenvolvimento do processo.

8.2 - Variações da sinuosidade no sistema-fluvial: canal principal do rio do Peixe e no canal da avulsão

O grau de sinuosidade é uma das principais características dos canais meandantes, no qual a identificação da sinuosidade tem por finalidade definir se o rio pode ser considerado ou não meandrante.

Para avaliação do índice de sinuosidade os trechos foram compartimentados levando em consideração as particularidades morfológicas obtidas a partir das imagens de satélites dos anos de 1976, 1985, 1995, 2005 e 2010. Assim, os índices de sinuosidade do canal principal e do canal secundário obtidos no trecho fluvial, foram (tabela 12):

Tabela 12: Índice de Sinuosidade no trecho fluvial do rio do Peixe - canal principal - canal secundário.

	1976	1985	1995	2005	2010
Canal principal - rio do Peixe	1,58	1,63	1,74	1,79	1,83
Canal secundário - Avulsão	0	1,04	1,06	1,09	1,09

Org: PRATES, R.P (2015)

Como o processo de avulsão teve início a partir de 1978, de acordo com os produtos cartográficos disponíveis, o que explica o valor expresso na tabela acima para o ano de 1976.

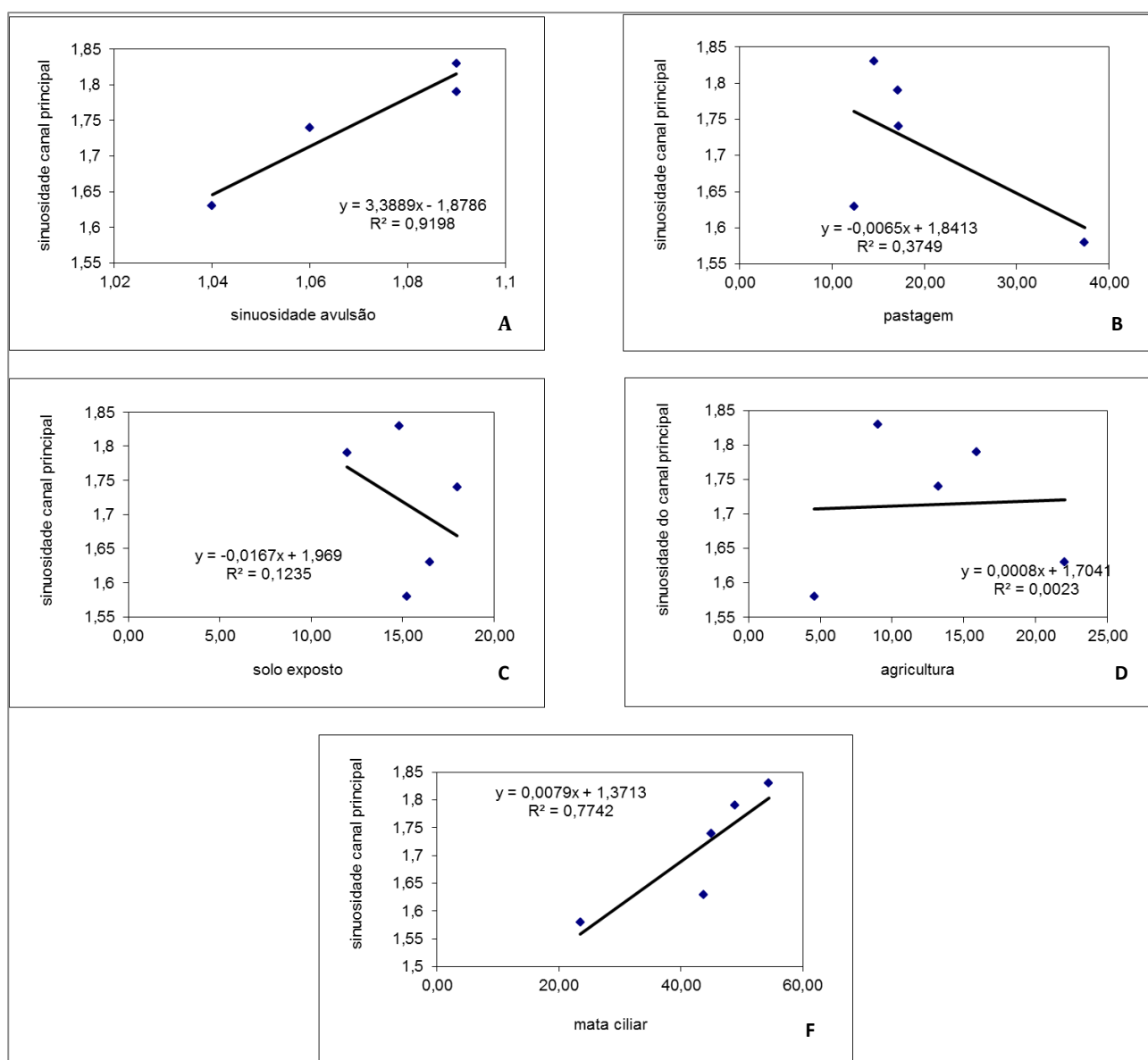
Os índices de sinuosidade no canal principal demonstram que o canal mantém certa estabilidade, sofrendo pouca variação ao longo dos anos analisados no trecho fluvial, porém observa-se uma evolução nos índices no decorrer dos anos, o que demonstra que apesar de uma sequência homogênea, o canal principal encontra-se em processo de evolução e dinamismo, mesmo que pequeno para esse trecho.

O canal formado pelo processo de avulsão apresenta baixa sinuosidade, e não há uma variação significativa nos índices avaliados. Apresenta-se pequena sinuosidade em alguns trechos, sendo este considerado em sua maior extensão como um padrão de canal retilíneo.

9 - Análise espaço-temporal entre o uso da terra e variações de sinuosidade do canal na planície fluvial

Este item tem por objetivo avaliar o relacionamento entre as principais variáveis identificadas no mapeadas de uso da terra na planície aluvial em relação a sinuosidade do canal no sistema-fluvial, no mesmo trecho de avulsão. Foram realizados testes estatísticos de regressão e correlação linear para buscar possíveis interligações entre as variáveis analisadas, conforme ilustrado na figura 41.

Figura 41: Correlação entre os principais tipos de uso da terra identificados na planície fluvial em relação a sinuosidade do canal principal e do canal da avulsão.



Os dados apresentados sugerem correlação entre a sinuosidade do canal principal com o canal da avulsão, que estatisticamente significativa indica uma correspondência entre as

variáveis analisadas, mesmo os valores de sinuosidade do canal da avulsão serem menor em relação ao canal principal, sugerindo que o sistema se auto-regula no trecho fluvial dado pela sinuosidade do canal principal frente à avulsão. Assim, os dados apresentados permitem uma leitura de que tanto o canal principal como o canal da avulsão teria uma capacidade natural de se ajustar no sistema fluvial através de uma série de mecanismos, como: erosão, transporte e deposição presentes na dinâmica do canal fluvial e que caracteriza o comportamento do rio.

Observa-se nos dados apresentados que estatisticamente não existe uma relação direta entre pastagem, solo exposto e agricultura com a sinuosidade do canal principal. Ela ocorre devido *outliers*, ou seja, pontos que estão muito fora do "padrão", já que a quantidade de dados amostrados pode não ser representativos para indicar um correlacionamento entre as variáveis analisadas.

A correlação estatisticamente significativa dos dados apresentados se refere a mata ciliar em relação com sinuosidade do canal principal no trecho avaliado, o que sugere que a mata ciliar pode contribuir para manutenção da sinuosidade do canal. A manutenção da sinuosidade do canal pode estar relacionada com as propriedades e sistemas de raízes da vegetação, que podem ser considerados essenciais no comportamento da sinuosidade

10 - Considerações finais

Neste trabalho de pesquisa, procurou desenvolver estudos que pudessem reunir informações que indicassem quando o processo de avulsão teve início, analisando outros aspectos que poderiam influenciar na formação do processo e manutenção do canal da avulsão. Assim, analisou-se as características de uso e cobertura da terra, as formas do relevo na área estudada, a precipitação e o regime hidrológico do canal, seguido dos aspectos relacionados a dinâmicas presentes na planície fluvial, como as unidades geomorfológicas, o processo de avulsão e a sinuosidade do canal principal e do canal secundário.

Verifica-se que a partir do mapeamento multitemporal do uso e cobertura da terra dos anos de 1976, 1985, 1995, 2005 e 2010, o uso da terra predominante na região é de pastagem, ocupando de forma significativas todas as formas de relevo, seguida de solo exposto e agricultura nas diferentes formas de relevo, tanto topos tabulares e topos convexos. Para tanto, observa-se que na planície fluvial a mata ciliar foi à classe temática mais representativa, principalmente para o ano de 2010, apresentando 54,40%.

As séries históricas das estações pluviométricas e fluviométricas inventariadas possibilitaram compreender o comportamento hidrodinâmico da bacia hidrográfica do rio do Peixe, destacando a periodicidade e magnitude das vazões, principalmente no baixo curso da bacia. Foi possível identificar uma variação significativa das vazões e consequentemente uma mudança na magnitude de fluxo, a partir dos anos de 1970, que pode estar relacionado com as alterações climáticas, de aumento da precipitação no estado de São Paulo depois dos anos de 1971.

Com base nos dados hidrológicos apresentados e dos produtos cartográficos obtidos da área de estudo, foi possível reunir informações que indicaram que processo de avulsão pode ter sido formado a partir dos anos de 1978. As análises dos dados hidrológicos levaram em consideração a ocorrência de episódios de El Niño/ Oscilação Sul (ENOS), que pode ter contribuído para o aumento da precipitação na região e que também pode ter influenciado no aumento da vazão no canal principal.

Para tanto, a compreensão do regime pluviométrico e sua variabilidade é importante para avaliar o comportamento destas variáveis no sistema fluvial, indicando que essas variáveis podem ter contribuído para a formação do processo de avulsão na planície aluvial.

O uso do material cartográfico e de sensoriamento remoto foi essencial para o desenvolvimento da pesquisa, no qual foi possível identificar nas imagens de satélite landsat com suporte de fotografia aéreas, quando o processo de avulsão pode ter iniciado. Nota-se

que na fotografia aérea de 1962 e na imagem de satélite landsat 1/MSS de 15 de outubro de 1976 e 11 de dezembro de 1976, a ausência da formação do canal secundário. Apenas, a partir de 1978 é possível observar a formação do canal da avulsão na planície aluvial de acordo com os produtos cartográficos disponíveis.

Entre as variáveis utilizadas na análise estatística de regressão e correlação linear, de uso da terra e sinuosidade do canal, apenas a classe temática mata ciliar apresentou valor estatisticamente significativo.

Os resultados apresentados nesse trabalho demonstram que ainda é necessário investigar fatores e elementos que contribuem para mudanças na morfologia do canal e quais variáveis podem influenciar nessa mudança. Para tanto, observa-se que o canal da avulsão pode estar relacionado à dinâmica do canal meandrante, que se auto - ajusta no sistema-fluvial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, A. A.de. A teoria Geomorfológica e sua edificação: Análise crítica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Uberlândia, ano 4, n. 2, p. 51-67, 2003.
- AB'SABER, A. N. Os Baixos Chapadões do Oeste Paulista. **Geomorfologia**. Universidade de São Paulo/Instituto de Geografia, n.17, p. 1-8, 1969.
- ALMEIDA, M. A.; FERNANDES, L. A.; DANTAS, A. S. L.; SAKATE, M. T.; GIMENEZ, A. F.; TEIXEIRA, A. L.; BISTRICHI, C. A.; ALMEIDA, F. F. M. de. Considerações sobre a estratigrafia do Grupo Bauru na região do Pontal do Paranapanema do Estado de São Paulo. In: **SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA**, 3. (1981, Curitiba). **Atas...** Curitiba: SBG/Núcleo SP, v.2, p. 77-89, 1981.
- ALMEIDA, M. A., STEIN, D. P., MELO, M. S. de, BISTRICHI, C. A., PONÇANO, W. L., HASUI, Y. E ALMEIDA, F. F. M. de. Geologia do oeste paulista e áreas fronteiriças do Estado de Mato Grosso do Sul e Paraná. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA**, 31., (1980, Camboriú). **Anais...** Camboriú: SBG, v.5, p. 2799-2812, 1980.
- ALMEIDA, F. F. M. Síntese sobre a tectônica da Bacia do Paraná. In: **SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA**, 3, 198, São Paulo. **Atas do...** São Paulo: SBG, 1981. v. 1, p.1-20
- ALLEN, J.R.L., 1965. A Review of the Origin and Character of Recent Alluvial Sediments. *Sedimentology*, 5: 89-191.
- ANDRADE, L. F. Análise espaço-temporal do escoamento superficial nas Bacias Hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe, Oeste Paulista, Brasil. 135f. 2014 (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Ciências e Tecnologia, Unesp, campus de Presidente Prudente.
- ARAUJO, A. P. **Dinâmica fluvial e regime hidrológico na bacia hidrográfica do rio Paranapanema**. Dissertação (Mestrado em Geografia). 166f. Presidente Prudente: Universidade Estadual Paulista. 2011
- ARGENTO, M. S. F. Mapeamento Geomorfológico. In: GUERRA, A.J.T. e CUNHA.S.B. **Geomorfologia: Uma atualização de Bases e Conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrant Brasil, 1995. p. 365-392.
- ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistemas de Informação Geográficas: Aplicações na Agricultura**. Platina: Embrapa, 1993
- ASSINE, M. L. Padovani, C. R, Zacharias, A. A, Cristina, M. Compartimentação geomorfológica, processos de avulsão fluvial e mudanças de curso do Rio Taquari, Pantanal Mato- Grossense. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 2005;1:97-108
- ASSINE, M. L., & Silva, A. (2009). **Contrasting fluvial styles of the Paraguay River in the northwestern border of the Pantanal wetland, Brazil**. *Geomorphology*, 113(3-4), 189-199

ASLAN, A. AUTIN, W. J. BLUM, M. D. Causes of river avulsion insights from the late Holocene avulsion history of the Mississippi River U.S.A. **Journal of Sedimentary Research**. 2005; 1952: 650-664.

BERTALLANFY, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas**. Petrópolis: Editora Vozes, 1973

BIGARELLA, J.J. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. 2 ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2007.

BOIN, M. N. **Chuvas e erosões no Oeste Paulista: uma análise climatológica aplicada**. Tese de Doutorado – UNESP – IGCE, Rio Claro, p. 1-24, 2000.

BRIGANTE, J; ESPÍNDOLA, E. L. G; POVINELLI, J. et al. **Avaliação ambiental do rio Moji-Guaçu: resultados de uma pesquisa com abordagem ecossistêmica**. São Paulo: RiMa Editora, 2002.

BRIERLEY, G.J. FRYIRS, K.A. Geomorphology and river management—Applications of the River Styles Framework: Malden, Mass., Blackwell Publishing. 2005, 398 p.

CAMARGO, J. F. Crescimento da população do Estado de São Paulo e seus aspectos econômicos: ensaio sobre as relações entre a demografia e a economia. São Paulo, 1952. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, C.B.; CASANOVA, M.A.; HERMELY, A.; MAGALHÃES, G. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Campinas, Instituto de Computação/UNICAMP. (1996)
CÂMARA, G. SOUZA, R. C. M. FREITAS, U. M. GARRIDO, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. **Computers & Graphics**, 1996, 20: 395-403

CASSETI, V. Geomorfologia. (S.I.): (2005). Disponível em <http://www.funape.org.br/geomorfologia/> Acesso em: 05/08/2013

CARFAN, AC; PARIZOTTO, TM Análise da Precipitação Pluvial na Bacia do Paranapanema. Revista Brasileira de Climatologia. vol. 5, 1999.

CHARLTON, R. (2008). The fundamentals of fluvial geomorphology. New York, Taylor & Francis Group. Coffman, D.K., Malstaff, G., Heitmuller, F.T., (2011). Characterization of geomorphic units in the alluvial valleys and channels of Gulf Coastal Plain rivers in Texas, with examples from the Brazos, Sabine, and Trinity Rivers: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2011–5067, 31 p

CHRISTOFOLETTI, Antonio. O desenvolvimento da Geomorfologia. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v.12, n. 23, p. 13-30, jun 1972.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. Geometria hidraulica. **Notícia Geomorfológica**. Campinas, PUC-Campinas, n. 32, v.16, p. 3-37, dez., 1976.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 2a edição, 1980.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia fluvial: o canal fluvial**. São Paulo: Edgard Blucher 1981. v.1.

CRISTOLETTI, Antonio. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1999

CRISTOFOLETTI, A; et al (Org); **Geografia e Meio Ambiente no Brasil**, São Paulo: Ed. Hucitec, 2002.

CHORLEY, Richard J. A Geomorfologia e a teoria dos sistemas gerais. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v.11, n. 21, p. 3-22, jun, 1971.

CHORLEY, R.J.; SCHUMM, S.A. & SUGDEN, D.E., 1985. **Geomorphology**. Methuen, Inc., New York, 607 p.

COELHO NETTO, Ana L. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In: GUERRA, Antonio Jose Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. p. 93 – 148.

COFFMAN, D.K. MALSTAFF, G. HEITMULLER, F.T. Characterization of geomorphic units in the alluvial valleys and channels of Gulf Coastal Plain rivers in Texas, with examples from the Brazos, Sabine, and Trinity Rivers, 2010: **U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report**; 2011–5067, 31.

COLLINSON, J.D., 1986. Alluvial Sediments. Sedimentary Environment and Facies. Reading, H:G ed., 2nd ed.

CUNHA, S. B. Da. Bacias Hidrográficas. IN: CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. T. J. (orgs). **Geomorfologia do Brasil**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. T. J. (orgs). **Geomorfologia do Brasil**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. T. J. (orgs). **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995.

DEFFUME, C. Clima e **Uso da Terra no Norte e Noroeste do Paraná – 1975/1986, Subsídios ao Planejaento Ambiental**. São Paulo, 1990. Dissertação (mestrado em Geografia). Universidade de São Paulo- Faculdade de Filosofia, Letras e Ciencias Humanas. São Paulo, 174, 1990.

DREW, David. **Processos interativos homem – meio ambiente**. 3ª ed. São Paulo: Difel, 1994.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Manual de Métodos de Análise de Solos. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília-DF: Serviço de Produção de Informação (SPI), 1999.

ETCHEBEHERE M. L. C., SAAD A. R., TADEO J. S. A. & HELLMEISTER JR. Z. 1991. Moldes de cristais salinos no Grupo Bauru, Estado de São Paulo: implicações econômicas e paleoclimáticas. *Geociências*, **10**: 101-117.

ETCHEBEHERE, M. L. SAAD, C. Análise morfoestrutural aplicada no vale do rio do Peixe (SP): uma contribuição ao estudo da neotectônica e da morfogênese do planalto ocidental paulista. **Geociências**. 2005; 6:45-62.

FERNANDES, L. A.; COIMBRA, A. M. O Grupo Caiuá (Ks): revisão estratigráfica e contexto deposicional. **Revista Brasileira de Geociências**. São Paulo, v. 24, n.3, p. 164-176, 1994.

FERNANDES L. A.; COIMBRA A. M. A Bacia Bauru (Cretáceo Superior, Brasil). In: ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS, (1996, São Paulo). **Anais...** São Paulo:ABC, v. 68, n.2, p. 13-27, 1996.

FERNANDEZ, O.V.Q. & SOUZA FILHO, E.E. 1995. Efeitos do regime hidrológico sobre a evolução de um conjunto de ilhas no rio Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**, ed da UFPR, Curitiba, n° 43, p161-171.

FERREIRA, J. H. D.; NERY, J. T. Relações de parâmetros meteorológicos associados com índice de oscilação sul. In: **Boletim de Geografia**. São Paulo, v. 17, p 103-114, 1999.

FERREIRA, N.C. Sistemas de Informações Geográficas. Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás, 2006. Disponível em: <http://www.geolab.faed.udesc.br> <acesso em 10 de julho de 2014.

FITZ, Paulo Roberto. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

FLORENZANO, T. G (Org). **Geomorfologia: Conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008, 318p

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia e meio ambiente**. 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

GONÇALVES, F. **Interações entre o Ambiente Físico, Uso e Cobertura da Terra e as Características Físicas e Químicas no Canal Fluvial: A Bacia Hidrográfica do Rio Santo Anástacio, Oeste Paulista**, 133 p. Dissertação (mestrado em Geografia) Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, 2011

GUSTARD, A. Analysis of river regimes. In: PETTS, G.; CALOW, P. (Ed.). River flows and channel forms. Oxford: Blackwell Science, 1996. p. 32-50.

GHIRARDELLO, N. À beira da linha: formações urbanas da Noroeste paulista. São Paulo: Editora Unesp, 2002.

GRIMM, Alice Marlene; MULLER, Ingrid Illich; KRUGER, Claudio M.; KAVISKI, Eloy. Variações pluviométricas nos estados de São Paulo e Paraná entre os períodos pré e pós 1970 e suas possíveis causas. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA**, X, 1998, Brasília. Disponível em: <http://www.cbmet.com> acessado em 14/03/2015

GREGORY, K.J. & WALLING, D.E., 1985. Drainage Basin, Form and Process Arnold ed., London.

- HACK, John T. Interpretação da topografia erodida em regiões temperadas úmidas. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v.12, n. 24, p. 3-37, dez. 1972.
- HOOKE, J. M. Changes in river meanders: a review of techniques and results of analyses **Progress in Physical Geography**. 1984, 8: 473–508.
- HOOKE, J.M. Cutoffs galore!: occurrence and causes of multiple cutoffs on a meandering river. **Geomorphology**. 2004; 61 (3–4), 225–238.
- HOOKE, J.M. Harvey, A.M. Meander changes in relation to bend morphology and secondary flows. In: Collinson, J., Lewin, J. (Eds.), *Modern and Ancient Fluvial Systems*. International Association of Sediment Special Publication. 1983; 6: 121–132.
- HOOKE, J. M. River channel adjustment to meander cutoffs on the River Bollin and River Dane, northwest England. **Geomorphology**. 1995; 14: 235-253.
- HOOKE, J. M. River meander behaviour and instability: a framework for analysis. **Trans. Inst. Br. Geogr.** 2003; 238-253
- HOOKE, J. M. Temporal variations in fluvial processes on an active meandering river over a 20-year period. **Geomorphology**. 2008; 100(1-2):3-13.
- HOOKE, J.M. The distribution and nature of changes in river channel pattern. In: Gregory, K.J. (Ed.), *River Channel Changes*. Wiley, Chichester, 1977, 265–280.
- HOOKE, J. M, Yorke, L. Rates, distributions and mechanisms of change in meander morphology over decadal timescales. River Dane, UK. **Earth Surface Processes and Landforms**. 2010; 35(13):1601-1614.
- HOLLOWAY, T. H. Imigrantes para o café: café e sociedade em São Paulo (1886-1934). Tradução: Eglê Malheiros. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1984.
- HOWARD, Alan D.. Equilíbrio e dinâmica dos sistemas geomorfológicos. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v.13, n. 26, p. 3-20, dez. 1973
- Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística-IBGE, 2006. **Manual Técnico do Uso da Terra**. 2ª edição, Rio de Janeiro, IBGE
- Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística-IBGE. 2009. **Manual Técnico de Geomorfologia** 2ª edição, Rio de Janeiro, IBGE.
- JENSEN, J. **Introductory Digital Image Processing: a remote sensing perspective**. New Jersey: Prentice, 1996
- JONES, H.L., Hajek, E.A., 2007, Characterizing avulsion stratigraphy in ancient alluvial deposits: *Sedimentary Geology*, v. 202, p. 124–137, doi:10.1016/j.sedgeo.2007.02.003
- JOHNSON, L.J., RICHARDSON, W.B. & NAIMO, T.J., 1995. Past, Present, and Future Concepts in Large River Ecology. *BioScience*, 45. N.3., 134-141 pp.

LANDIM, P. M. B.; SOARES, P. C. Estratigrafia da Formação Caiuá. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA**, 29., (1976, Ouro Preto). **Anais...** Ouro Preto: SBG, v.2, p.195-206, 1976.

LEPSCH, IGO F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

LEOPOLD, L. B.; WOLMAN, M. G. River channel patterns. In: DURY, G. H. (ed.) Rivers and river terraces. London: Macmillan, 1970. Cap. 7, p. 197-236. LEOPOLD, L. B.; WOLMAN, M. G.; MILLER, J. P. Fluvial process in geomorphology. San Francisco: W. H. Freedman & Cia., 1964.

LEOPOLD, L. B. River channel change with time: an example. **Geological Society of America Bulletin**. 1973; 84: 1845-1860.

LILLESAND, T. M.; KIEFFER, R. W.; CHIPMAN, J. W. **Remote Sensing and Image Interpretation**. Nova York: John Wiley & Sons, 2004.

MANTUA, N.J.; HARE, S.R.; ZHANG Y.; WALLACE, J.M.; FRANCIS R.C: A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* v. 78, p. 1069-1079, 1997.

MATOS, O. N. de. **Café e ferrovias: a evolução ferroviária de São Paulo e o desenvolvimento da cultura cafeeira**. São Paulo: Alfa-Omega, 1974.

MELO, M. S.; STEIN, D. P.; ALMEIDA, M. A. Aspectos litoestratigráficos do Grupo Bauru. In: ENCONTRO DE GEOLOGIA E HIDROGEOLOGIA, (1982, São Paulo). **Atas...** São Paulo: SBG/ABAS, v.9, p. 01-19, 1982.

MILANI, E.J. 1997. Evolução Tectono-Estratigráfica da Bacia do Paraná e de seu Relacionamento com a Geodinâmica Fanerozóica do Gondwana Sul-Occidental. 255p. (Tese de Doutorado. IG-UFRS, Porto Alegre).

MILANI, E. J. ; FACCINI, U. F. ; SCHERER, C. M. ; ARAÚJO L. M. ; CUPERTINO, J. A. Sequences and stratigraphic hierarchy of the Paraná Basin (Ordovician to Cretaceous), southern Brazil. **Boletim IG USP**, Série Científica, v.29, p.125-173, 1998

MIALL, A.D. **A review of the braided-river depositional environment**. *Earth Science Reviews*, 13:1-62. 1977

MINSHALL, G.W.; CUMMINS, K.W.; PETERSEN, R.C.; CUSHING, C.E.; BRUNS, D.A.; SEDELL, J.R. & VANNOTE, R.L., 1985. Developments in Stream Ecosystem Theory. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 42. 1045-1055 pp.

MOLION, L.C.B. Aquecimento global, El Ninos, manchas solares, vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico. *Climanálise*, 8, ago., 2005. Disponível em: <http://www6.cptec.inpe.br/revclima/revista>>. Acesso em: 14/03/2015

MONBEIG, P. **Pioneiros e fazendeiros de São Paulo**. Tradução: Ary França e Raul de Andrade e Silva. São Paulo: Hucitec/Polis, 1984.

MORAIS, E.S. ; ROCHA, P.C. IDENTIFICAÇÃO DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS EM UM SISTEMA FLUVIAL MEANDRANTE: O VALE ALUVIAL DO RIO DO PEIXE, SP; 9º SINAGEO - Simpósio Nacional de Geomorfologia. **Anais**, 2013

MOREIRA, M.A. Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação. 4.ed. Viçosa - MG: UFV, 2011. 422 p

NASCIMENTO, F. R. do; CARVALHO, O. **Bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão ambiental: uma proposta metodológica**. Revista Fluminense de Geografia, n. 2, Niterói, 2003.

NANSON, G.C. & PAGE, K.J., 1983. Lateral Accretion of Fine Grained Concave Benches on Meandering Rivers. In: J. Collinson & J. Lewin (Ed.), Modern and Ancient Fluvial Systems. Int. Assoc. Sedimentol. Spec. Public., 6. 133-145.

NIMER, Ed. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989

NOVO, Evelyn M. L. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgard Blucher, 2010.

NUNES, J. O. R. **Mapeamento geomorfológico do perímetro urbano do município de Presidente Prudente – SP**. In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia/Regional Conference on Geomorphology, 2006, Goiânia. **CD-ROM** Goiânia: União da Geomorfologia Brasileira, 2006. p. 1 – 11.

NUNES, J. O. R, FREIRE e PEREZ. **Mapa Geomorfológico do perímetro urbano do município de Presidente Prudente – SP**. FCT/UNESP, Presidente Prudente, 2006

PETTS, G. & FOSTER, I., 1990. **Rivers and landscape**. The Athenaeum Press, 3 ed., New Castle, Great Britain.

PHILLIPS, J. D. Avulsion regimes in southeast Texas rivers. **Earth Surf. Process. Landforms**. 2009; 87: 75-87

POFF, H.L., ALLAN, D., BAIN, M.B., KARR, J.R., PRESTEGAARD, K.L., RICHTER, B.D., SPARKS, R.E., & STROMBERG, J.C., 1997. The natural flow regime: a paradigm for river conservation and restoration. **Bioscience**, Washington DC, v. 47, n. 11. P. 769-784.

RICHTER, B.D., BAUMGARTNER, J.V., WIGINGTON, R. & BRAUN, D.P., 1997. How Much Water Does a River Need. **Freshwater Biology**, New York, 37. p. 231-249.

RICCOMINI, C.; GIMENEZ FILHO, A.; STEIN, D. P.; ALMEIDA, F. F. M.; PIRES NETO, A. G.; DEHIRA, L. K.; MELO, M. S. de; BRAGA, T. de; PONÇANO, W. L. Características da porção basal da Formação Caiuá no Noroeste do Paraná. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3., (1981, Curitiba). **Atas...** Curitiba: SBG/Núcleo São Paulo, v.2, p. 34-48, 1981.

ROCHA, Paulo Cesar. **Dinâmica dos canais no sistema rio-planície fluvial do alto rio Paraná, nas proximidades de Porto Rico-PR**. 2002. 171 f. Tese (Doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

_____, P. C.; O regime de fluxo dos Rios Aguapeí e Peixe, Bacia do alto Paraná/Brasil: alterações e formas de impacto. In: XII ENCUESTRO DE GEÓGRAFOS DE AMÉRICA LATINA, 12, 2009, Montevideo: **Anais** XII Encuentro de Geógrafos de América Latina: Universidad de la República, 2009. p. 1-12.

_____, P. C. Indicadores de Alteração Hidrológica no Alto Rio Paraná: Intervenções Humanas e Implicações na Dinâmica do Ambiente Fluvial. **Rev Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 22, n.1, p.205-225, abr. 2010.

_____, P. C.; TOMMASELLI, J. T. G. Variabilidade hidrológica nas bacias dos rios aguapeí e peixe, região Oeste Paulista. **Rev Brasileira de Climatologia**. n 8, vol 10, pg 69-84, 2012.

SANT'ANNA NETO, J. L. Variabilidade e tendência das chuvas no oeste paulista. **Boletim Climatológico**, Presidente Prudente, vol. 1, n.1, p. 45-56, mar. 1996.

ROSA, R. BRITO, J. L. S. **Introdução ao Geoprocessamento: Sistema de Informação Geográfica**. Uberlândia, 1996.

ROSA, R. 2009. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 7ª edição, Uberlândia, Editora UFU. 264p.

ROSS, J.L.S. Relevo Brasileiro: uma nova proposta de classificação. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo nº 4. 1985, p. 25-39.

ROSS, J.L.S. **Geomorfologia, Ambiente e Planejamento**. São Paulo: Contexto, 1990. 88p.

ROSS, J.L.S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n º 6, 1992. p. 17-29.

ROSS, J.L.S. & MOROZ, I.C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: Laboratório de Geomorfologia Depto de Geografia FFLCH-USP/Laboratório de Cartografia Geotécnica - Geologia Aplicada - IPT/FAPESP, 1997. 63p

OLIVEIRA, J. B. de. *Solos do Estado de São Paulo*: descrição das classes registradas no mapa pedológico. Campinas: Instituto Agrônômico, 1999. 112p.

SAES, F. A. M. de. **As ferrovias de São Paulo (1870-1940)** . São Paulo: Hucitec, 1981.

SANTOS, M. L.; Stevaux, J. C.; Gasparetto, N. V. L.; Souza Filho, E. E. (2008). Geologia e Geomorfologia da planície do rio Ivaí-PR. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 9 (1), 23-24

SANTOS, M.L., ROCHA, P.C. & COMUNELLO, E. (2001), Sistema Fluvial do Rio Paraná (Brasil) em seu Curso Superior: Um Exemplo de Planície Aluvial em Desequilíbrio. V REQUI/ I CQPLI, Lisboa, Portugal. Jul/2001. 145 – 148 p.

SANT'ANNA NETO, J. L. Variabilidade e tendência das chuvas no oeste paulista. **Boletim Climatológico**, Presidente Prudente, vol. 1, n.1, p. 45-56, mar. 1996.

SANT'ANNA NETO, J. L. (1995) As chuvas no Estado de São Paulo: Contribuição ao estudo da variabilidade e tendência da pluviosidade na perspectiva da análise geográfica (São Paulo).

SANT' ANNA NETO, J. L. Avaliação das mudanças no regime das chuvas do Estado de São Paulo durante um século (1888 - 1993). *Acta Scientiarum. Technology*. Maringá, v. 21(4), p. 915-921, 1999.

SANT'ANNA Neto, J. L., Tommaselli, J. T. G. (2009). O tempo e o clima de Presidente Prudente. Presidente Prudente: FCT/UNESP,. v. 1. 78 p.

SILVA, A. B. **Sistema de informações Georeferenciadas: conceitos e fundamentos.** Campinas São Paulo: Unicamp, 2003

SILVEIRA, Andre L. L. da Ciclo Hidrologico e bacia hidrografica. In: TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**, Porto Alegre-RS, Editora da Universidade – UFRGS, 2a edição, 1997. p. 35-51.

SOUZA FILHO, E.E., 1993. Aspectos da Geologia e Estratigrafia dos Depósitos Sedimentares do Rio Paraná entre Porto Primavera (MS) e Guaíra (PR). Tese de Doutorado. Instituto de Geociências/USP. São Paulo-SP. Inédito.

SOUZA FILHO, E.E. & STEVAUX, J.C. 1997., Geologia e Geomorfologia do Complexo Rio Baía, Curutuba, Ivinheima. In: Vazzoler, A.E.A.M., Agostinho, A.A. and Hahn, N.S. (eds), A PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DO ALTO RIO PARANÁ. UEM-Nupelia, Maringá-PR.

SOUZA FILHO, E.E., ROCHA, P.C., CORREA, G.T. & COMUNELLO, E., 2001. O Ajuste Fluvial e a Erosão das Margens do Rio Paraná em Porto Rico (Brasil). V REQUI/ I CQPLI, Lisboa, Portugal. Jul/2001. 37 – 40 p.

SOARES, P. C.; LANDIM, P. M. B.; FÚLFARO, V. J.; SOBREIRO NETO, A. F. Ensaio de caracterização estratigráfica do cretáceo no Estado de São Paulo: Grupo Bauru. **Revista Brasileira de Geociências**. São Paulo, v. 10, p. 177-185, 1980.

SOUZA, B. I.; SUERTEGARAY, D. M. A. Considerações sobre a geografia e o ambiente. **Okara: Geografia em Debate** (UFPB), v.1, n1, p. 5-15, 2007.

SUGUIO, K. & BIGARELLA, J.J., 1990. Ambientes Fluviais. 2. Ed. Florianópolis. Ed. da UFSC/UFPR, 183 p.

SUGUIO, K.; BARCELOS, J. H. Significado paleoambiental de estrutura “boudinóide” e outras feições presentes na Seção Tipo da Formação Santo Anastácio do Grupo Bauru, Estado de São Paulo. **Boletim IG**, São Paulo, v. 14, p. 49-54, 1983.

SUERTEGARAY, D. M. A. Um antigo debate (a divisão e a unidade da geografia) ainda atual?. **Boletim Paulista de Geografia**, v.85, p.29-38, 2006

SCHRODER, R. (1956) Distribuição e curso anual das precipitações no estado de São Paulo, Boletim técnico do Instituto Agrônômico do estado de São Paulo, 18, pp. 194-249.

SCHUMM, S. A. River Variability and Complexity. Cambridge University Press, UK, 2005.

SCHUMM, S. A. The fluvial system. Wiley: Chishester, 1977.

SMITH, D.G., 1983. Anastomosed Fluvial Deposits: Modern Exemples From Western Canada. In: J.D.Collinson and J. Lewin (Ed.), Modern and Ancient Fluvial Systems. Int. Assoc. Sedimentol. Spec. Public. 6. 155-168.

SMITH, D.G., 1986. Anastomosing River Deposits, Sedimentation Rates and Basin subsidence, Magdalena River, Northwestern Colombia, South America. Sed. Geol., 46. 177-196.

SLINGERLAND, R., SMITH, N.D., 2004, River avulsions and their deposits: Annual Review of Earth and Planetary Sciences, v. 32, p. 257-285, doi:10.1146/annurev.earth.32.101802.120201

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M. de; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. (Orgs.) **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. 568 p.

TUCCI, Carlos E. M. **Regionalização de vazões**. Rio Grande do Sul: Ed. Universidade/UFRGS, 2002.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**, Porto Alegre-RS, Editora da Universidade – UFRGS, 2a edição, 1997. 943p

TUCCI, Carlos E. M.; CLARKE, Robin T. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 135-152, jan/jun. 1997.

TUCCI, Carlos E. M.; MENDES, Carlos A. **Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica**. Brasília: Ministério de Meio Ambiente / SQA, 2006

TUNDISI, Jose Galizia; TUNDISI, Takano Matsumura. Rios. In: TUNDISI, Jose Galizia; TUNDISI, Takano Matsumura. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 355-380.

TUNDISI, J.G. **Produção primária, “standing stock” e fracionamento do fitoplâncton na região lagunar de Cananéia**. São Paulo: USP, 1969, 131p. (tese)

TUNDISI, J. G. **A bacia hidrográfica como unidade de pesquisa, Gerenciamento e Planejamento**. São Carlos, USP, CDCC, 1996.

TRICART, Jean. **Método de estudos hidrológicos**. Salvador: Universidade da Bahia. 1960.

TRICART, J. **Principes et méthodes de la Géomorphologie**. Paris: Masson, 1965. p. 86-128

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: SUPREN, 1977

TROPPEMAIR, H. Ecossistemas e geossistemas do Estado de São Paulo. **Boletim de Geografia Teórica**. Rio Claro, vol. 13, n. 25, p. 27-36, 1983.

TROPPEMAIR, H. **Geossistemas paulistas**. Rio Claro: edição do autor, 2001.

TROPPEMAIR, H. **Sistemas/ Geossistemas/ Geossistemas Paulistas/ Ecologia da Paisagem**. Edição do autor. Rio Claro, 2004. 130 p

VILLELA, S. M. E MATTOS, A. 1975, Hidrologia Aplicada,. Editora Mc Graw Hill, São Paulo 245p

VICENTE, L. E.; PEREZ FILHO, A. “Abordagem Sistêmica e Geografia”. **Geografia-Ageteo**, Rio Claro, v. 28, n. 3, p. 323-344, set./dez. 2003

WARD, J.V. & STANFORD, J.A., 1993. Research needs in regulated river ecology. **Regulated Rivers: Research & Management**. John Wiley & Sons Ltd. Vol. 8, 205-209 pp.

ZANCOPÉ, M. H. C. PEREZ FILHO, A. CARPI JÚNIOR, S. (2009)., “Anomalias no perfil longitudinal e migração dos meandros do Rio Mogi Guaçu”, Revista Brasileira de Geomorfologia - v. 10, nº 1 Pág 31-32.