



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
CAMPUS DE TRÊS LAGOAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO EM GEOGRAFIA**

**ASPECTOS DA DINÂMICA HIDROSEDIMENTOLÓGICA E DO USO E  
OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA DO CÓRREGO ARAPUÁ (MS)**

**FÁBIO LUIZ LEONEL QUEIROZ**

**TRÊS LAGOAS (MS)  
2011**

**FÁBIO LUIZ LEONEL QUEIROZ**

**ASPECTOS DA DINÂMICA HIDROSEDIMENTOLÓGICA E DO USO E  
OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA DO CÓRREGO ARAPUÁ (MS)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós  
Graduação – Mestrado em Geografia/CPTL/UFMS  
– Área de Concentração Análise Geoambiental e  
Produção do Território, como exigência final para  
obtenção do Título de Mestre em Geografia, sob  
orientação da Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Luiza Luciana Salvi

**TRÊS LAGOAS (MS)  
2011**

**FÁBIO LUIZ LEONEL QUEIROZ**

**ASPECTOS DA DINÂMICA HIDROSEDIMENTOLÓGICA E DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA DO CÓRREGO ARAPUÁ (MS)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação – Mestrado em Geografia/CPTL/UFMS – Área de Concentração Análise Geoambiental e Produção do Território, como exigência final para obtenção do Título de Mestre em Geografia.  
Linha de pesquisa: Dinâmica Ambiental e Planejamento.

**BANCA EXAMINADORA**

Dr<sup>a</sup>. Luiza Luciana Salvi  
(Presidente) – UFMS/DCH – Três Lagoas

Dr. Arnaldo Yoso Sakamoto  
(Membro) – UFMS/DCH – Três Lagoas

Dr. Paulo César Rocha  
(Membro) – UNESP/FCT – Presidente Prudente

**TRÊS LAGOAS (MS), 29 DE MARÇO DE 2011.**

Aos meus pais,  
João Leonel de Queiroz e Ivanda Menezes de Queiroz.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

À Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (PROPP/UFMS).

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

À Prof<sup>a</sup>. Luiza Luciana Salvi (UFMS/CPTL), pelos ensinamentos, compreensão, amizade, confiança e dedicação, que muito contribuiu para a realização do presente trabalho.

Ao Prof. Arnaldo Yoso Sakamoto (UFMS/CPTL), pelos ensinamentos, amizade, apoio e as valiosas contribuições, além da imprescindível contribuição nas atividades de campo.

Ao Prof. Paulo César Rocha (UNESP/FCT), pelos ensinamentos, amizade, sugestões metodológicas e a disponibilização de bibliografias incorporadas no trabalho, além de possibilitar a utilização do Laboratório de Geologia, Geomorfologia e Recursos Hídricos da Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Presidente Prudente.

Aos amigos e ajudantes dos trabalhos de campo Hermiliano Felipe Decco, Rodrigo Cacho Lima, Gustavo Henrique de Oliveira, Mauro Henrique Soares da Silva, César Cardoso Ferreira e Laís Coêlho do Nascimento Silva.

Ao Prof. André Luiz Pinto (UFMS/CPTL), pela disponibilização de equipamentos utilizados nos trabalhos de campo.

Ao Prof. Fernando Ximenes de Tavares Salomão (UFMT/ICET) pela atenção e disposição no esclarecimento de dúvidas, que muito gentilmente se colocou à disposição para auxiliar no desenvolvimento desse trabalho.

Às amigas Franciele Gonçalves e Renata Pereira Prates pelo auxílio nas atividades de laboratório.

Aos amigos João Cândido André da Silva Neto e Rodrigo Simão Camacho pela hospedagem em Presidente Prudente durante os trabalhos de laboratório.

À amiga e companheira, Juliane Pivetta Ferro pelo carinho, incentivo e pela compreensão nos meus momentos de ausência.

“A degradação desenfreada dos recursos naturais renováveis nos dias de hoje, é um processo que deve ser analisado e contido com eficiência e rapidez.”

**(ÂNGELA DA VEIGA BELTRAME)**

## RESUMO

A utilização de bacias hidrográficas como unidade de estudo é usual em pesquisas sobre qualidade ambiental. Foi adotada como área de estudo a bacia do Córrego Arapuá, localizada no município de Três Lagoas (MS), na Bacia do Rio Paraná. Os objetivos do presente trabalho foram os de levantar o uso e ocupação do solo, identificar aspectos das condições ambientais e descrever a dinâmica hidrossedimentológica na área de estudo. Os procedimentos metodológicos incluíram o estudo e mapeamento do uso do solo, a análise da pluviosidade, a análise da bacia hidrográfica (hierarquia fluvial e perfis longitudinal e transversais) e a análise da dinâmica hidrossedimentológica. As amostras para análise sedimentológica foram coletadas em 5 pontos no período chuvoso e no período seco, em fevereiro e agosto de 2010. Os resultados mostraram que há processos erosivos importantes na área, com presença de voçorocas, principalmente na porção sul da bacia, área mais ocupada. A análise hidrossedimentológica mostrou que no período chuvoso houve maior variabilidade de sedimentos de fundo e aporte de areias finas e médias, e maior concentração dos sedimentos em suspensão. Recomenda-se a continuidade dos estudos na área, visando a elaboração de políticas de planejamento e de recuperação das áreas degradadas.

**Palavras-chave:** qualidade ambiental, análise integrada da paisagem, erosão.

## ABSTRACT

The use of hydrographic basins as study units has been usual in researches on environmental quality. The Arapuá stream basin has been adopted as a study area, located in the municipality of Três Lagoas, in Mato Grosso do Sul state, in the Paraná River basin. This work aimed at searching the land use, identifying aspects of the environmental conditions and describing the hydrosedimentological dynamics in the study area. The methodological procedures included the study and mapping of the land use, the rainfall analysis, the hydrographical basin analysis (fluvial hierarchy and longitudinal and transversal profiles) and hydrosedimentological dynamics analysis. The samples for sedimentological analysis were collected in five points during the rainy and dry seasons, in February and August, 2010. The results have shown there are significant erosive processes in the area, and also gullies, especially in the south portion of the area which is the busiest one. The hydrosedimentological analysis has shown a higher variability of bed-load sediments and presence of bed-load fine and medium sand during the rainy season and a higher concentration of suspended sediments. The continuity of studies in the area is recommended, aiming at the creation of planning and recovery policies of the degraded areas.

**Keywords:** environmental quality, landscape integrated analysis, erosion.

# SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>CAPÍTULO 1 – BASES CONCEITUAIS</b> .....	17
1.1 Qualidade ambiental e Análise da Paisagem .....	17
1.1.1 Geossistema .....	17
1.1.2 Sistemas de terras .....	21
1.1.3 Ecodinâmica .....	21
1.2 Bacia Hidrográfica como Unidade de Estudo .....	24
1.3 Processos Erosivos .....	25
1.3.1 Voçorocas .....	28
1.3.2 Erosão fluvial, transporte e deposição .....	30
1.3.3 Práticas de controle de erosão e recuperação do solo .....	32
1.4 Dinâmica Sedimentológica .....	35
1.4.1 Hidrossedimentologia .....	36
1.4.2 Transporte de sedimentos .....	37
<b>CAPÍTULO 2 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E MATERIAIS</b> .....	39
2.1 Escolha da Área de Estudo .....	39
2.2 Variáveis Utilizadas .....	39
2.3 Estudo do Uso e Ocupação do Solo .....	40
2.4 Análise da Pluviosidade .....	40
2.5 Análise da Dinâmica Hidrossedimentológica e Coleta das Amostras .....	41
2.5.1 Classificação do padrão de drenagem e hierarquia fluvial .....	41
2.5.2 Elaboração dos perfis longitudinal e transversal .....	42
2.5.3 Reconhecimento da área de estudo e escolha dos pontos de amostragem .....	43
2.5.4 Medida de profundidade e largura do canal, velocidade do fluxo e vazão .....	43
2.5.5 Amostragem dos sedimentos de fundo .....	44
2.5.6 Amostragem dos sedimentos em suspensão .....	44
2.5.7 Análise sedimentológica em laboratório .....	45
2.5.8 Análise estatística .....	45

<b>CAPÍTULO 3 – ÁREA DE ESTUDO</b> .....	50
3.1 Características Gerais .....	50
3.2 Bacia do Paraná .....	50
3.2.1 Rio Paraná .....	52
3.2.2 Bacia do alto Rio Paraná .....	54
3.3 Bacia do Rio Sucuriú.....	58
3.3.1 Bacia do Ribeirão Campo Triste .....	61
3.4 Área de Estudo – Bacia do Córrego Arapuá e Entorno.....	64
3.4.1 Características gerais .....	64
3.4.2 Aspectos históricos .....	68
3.4.3 Pontos de coleta.....	69
3.4.4 Pluviosidade .....	72
<b>CAPÍTULO 4 – DINÂMICA HIDROSEDIMENTOLÓGICA E USO DO SOLO</b> .....	80
4.1 Uso e Ocupação do Solo Atual.....	80
4.2 Processos Erosivos .....	80
4.3 Pluviosidade Durante o Período de Amostragem.....	85
4.4 Padrão de Drenagem, Hierarquia Fluvial e Características do Fluxo .....	88
4.5 Largura, Profundidade e Velocidade do Fluxo.....	90
4.6 Distribuição dos Parâmetros Sedimentológicos .....	91
4.6.1 Materiais do leito .....	91
4.6.2 Sólidos em suspensão .....	96
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	99
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	101
<b>ANEXOS</b> .....	106
Anexos A – Dados Pluviométricos Disponíveis .....	107
Anexos B – Análise Granulométrica.....	115

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Granulometria média.....	47
<b>Tabela 2:</b> Grau de assimetria.....	48
<b>Tabela 3:</b> Grau de seleção.....	49
<b>Tabela 4:</b> Grau de curtose.....	49
<b>Tabela 5:</b> Período seco de acordo com os dados de precipitação das estações pluviométricas.....	76
<b>Tabela 6:</b> Precipitação total média anual e a precipitação total média do período chuvoso.....	77
<b>Tabela 7:</b> Variabilidade interanual dos totais anuais de precipitação em relação ao desvio padrão – 1984 a 2009.....	78
<b>Tabela 8:</b> Largura, Profundidade e Velocidade do Fluxo.....	91
<b>Tabela 9:</b> Granulometria média dos sedimentos de fundo na bacia do Córrego Arapuá..	91
<b>Tabela 10:</b> Assimetria dos sedimentos de fundo na bacia do Córrego Arapuá.....	92
<b>Tabela 11:</b> Desvio padrão dos sedimentos de fundo na bacia do Córrego Arapuá.....	92
<b>Tabela 12:</b> Curtose dos sedimentos de fundo na bacia do Córrego Arapuá.....	93

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Localização da bacia do Rio Paraná.....	53
<b>Figura 2:</b> Bloco diagrama da bacia do alto Rio Paraná.....	55
<b>Figura 3:</b> Atividades desenvolvidas no Parque Estadual das Várzeas do Rio Ivinheima.	57
<b>Figura 4:</b> Bacia do Rio Sucuriú.....	59
<b>Figura 5:</b> Região entre os rios Sucuriú e Verde e delimitação da área de estudo.....	62
<b>Figura 6:</b> Usos do solo e erosão na bacia do Ribeirão Campo Triste.....	63
<b>Figura 7:</b> Área de estudo – Bacia do Córrego Arapuá e entorno.....	65
<b>Figura 8:</b> Geomorfologia do município de Três Lagoas.....	67
<b>Figura 9:</b> Ponto de coleta P1.....	70
<b>Figura 10:</b> Ponto de coleta P2.....	70
<b>Figura 11:</b> Ponto de coleta P3.....	71
<b>Figura 12:</b> Ponto de coleta P4.....	71
<b>Figura 13:</b> Ponto de coleta P5.....	72
<b>Figura 14:</b> Localização das estações pluviométricas.....	73
<b>Figura 15:</b> Total médio de precipitação mensal – porção norte.....	74
<b>Figura 16:</b> Total médio de precipitação mensal – porção sul.....	75
<b>Figura 17:</b> Atual uso e ocupação do solo na bacia do Córrego Arapuá e seu entorno.....	81
<b>Figura 18:</b> Processos erosivos em áreas de pastagens.....	82
<b>Figura 19:</b> Voçoroca e desmoronamentos recentes.....	82
<b>Figura 20:</b> Córrego Jatobá e dique rompido I.....	83
<b>Figura 21:</b> Voçoroca, Córrego Jatobá e dique rompido II.....	84
<b>Figura 22:</b> Antiga área de vereda, Córrego Jatobá e dique rompido III.....	84
<b>Figura 23:</b> Estação Água Clara – Precipitação total mensal – 2009/2010.....	85

<b>Figura 24:</b> Estação Selvíria – Precipitação total mensal – 2009/2010.....	86
<b>Figura 25:</b> Estação São José do Sucuriú – Precipitação total mensal – 2009/2010.....	87
<b>Figura 26:</b> Período chuvoso e período seco.....	87
<b>Figura 27:</b> Hierarquia fluvial da bacia do Córrego Arapuá.....	88
<b>Figura 28:</b> Localização dos perfis longitudinal e transversal na bacia do Córrego Arapuá.....	89
<b>Figura 29:</b> Perfil longitudinal do Córrego Arapuá.....	89
<b>Figura 30:</b> Perfis transversais.....	89
<b>Figura 31:</b> Granulometria média e a velocidade do fluxo na bacia do Córrego Arapuá em fevereiro e agosto de 2010.....	94
<b>Figura 32:</b> Sólidos Suspensos Totais e a vazão na bacia do Córrego Arapuá em fevereiro e agosto de 2010.....	97

## INTRODUÇÃO

Problemas ambientais, os quais, além de prejudicar a dinâmica natural do ambiente podem afetar a população, têm se tornando cada vez mais frequentes. Pesquisas que envolvem a análise ambiental vêm se propagando rapidamente, com o intuito de fornecer subsídios para manutenção equilibrada das condições ambientais. Nessa perspectiva, destacam-se os estudos que abordam a qualidade dos recursos hídricos, principalmente os superficiais e de água doce.

O acelerado crescimento da população mundial, associado à expansão das atividades econômicas, provoca, além de profundas alterações paisagísticas, a degradação de amplas áreas. Acompanhando essa expansão, sobreveio o uso inadequado do solo, afetando a qualidade dos recursos hídricos. A utilização não planejada desses recursos causa a sua degradação e junto dela a perda da qualidade de vida de todos os que usufruem de suas funções. Reforçando assim a necessidade de estudos e investimentos na melhoria e manutenção da qualidade de tais recursos.

A água é um produto indispensável ao surgimento e à manutenção da vida, servindo de suporte ao seu desenvolvimento. No entanto, apesar de ser um bem essencial ao ser humano, este não a está utilizando de maneira racional, fato que frutifica a necessidade de se (re)pensar a utilização dos recursos hídricos sob a visão do planejamento e do desenvolvimento sustentável, uma vez que a água potável é um bem finito (TUNDISI, 2003).

A água doce está distribuída de maneira diferenciada na superfície terrestre. Alguns *territórios*<sup>1</sup> são mais agraciados ou não com esse recurso, afetando os processos de distribuição dos contingentes populacionais e o desenvolvimento das atividades econômicas regionais (TUNDISI, 2003).

Considerando a disponibilidade de água doce no Brasil, nota-se a existência de boa quantidade (aproximadamente 12% do total mundial), distribuída superficialmente em importantes bacias hidrográficas (Amazonas, Paraná, São Francisco, etc.) e, em relação as águas subterrâneas, destaca-se o Aquífero Guarani (abrangendo territórios do Brasil, Paraguai, Argentina e Uruguai). Mesmo assim, essa disponibilidade não ocorre de maneira proporcional à distribuição da população no território (TUNDISI, 2003).

---

<sup>1</sup> Ver – SAQUET, M. A. **Abordagens e concepções de território**. São Paulo/SP: Expressão Popular, 2007.

Assim, com a crescente demanda pelo desenvolvimento de estudos de planejamento e análise da qualidade ambiental dos recursos hídricos superficiais continentais, uma unidade de abordagem bastante usual é a bacia hidrográfica conforme as publicações de Caubet & Frank (1993); Beltrame (1994); Cunha & Guerra (2006); Botelho (2007); Botelho & Silva (2004); Silva *et. al.* (2007).

Dependendo do tamanho da drenagem, tem-se utilizado microbacia ou subbacia hidrográfica. No entanto, o emprego desse termo tem encontrado forte resistência numa parcela da comunidade científica. Quando se utiliza microbacia ou subbacia pressupõem que a mesma esteja denotando uma categoria de estudo de pequena dimensão espacial (BOTELHO, 2007; BOTELHO & SILVA, 2004). Diante da problemática que envolve o uso do termo, no decorrer desse trabalho, será adotada a denominação bacia hidrográfica.

Os rios funcionam como artérias responsáveis por drenarem os solos, levando fertilidade e proporcionando o desenvolvimento da vida em amplas áreas. Sendo os mais importantes agentes responsáveis por transportar materiais intemperizados do interior dos continentes para os litorais. Configurando-se, portanto, em importantes agentes modeladores do relevo principalmente das áreas tropicais, onde a presença de umidade é constante (CHRISTOFOLETTI, 1980; 1981b; JORGE & UEHARA, 1998; GUERRA & MARÇAL, 2006; CARVALHO, 2008).

Para a escolha da área em estudo, bacia do Córrego Arapuá e entorno, considerou-se o processo de evolução do uso e ocupação da área, e sua atual complexidade, que está associada à utilização pouco planejada do território. Em linhas gerais, o processo de ocupação da área remonta ao processo de formação do próprio município de Três Lagoas (MS).

A área em estudo está inserida na Bacia Sedimentar do Paraná, possui solos arenosos, relevo predominantemente aplainado e chuvas concentradas de outubro a março; associada à estrutura pedológica local, às chuvas concentradas e à prática usual da construção de açudes barrando as drenagens, principalmente em suas nascentes, gera uma situação propícia para o rompimento dos diques e conseqüentemente o desencadeamento de processos erosivos.

Os aspectos regionais da área em estudo começaram a sofrer alterações em sua organização econômica a partir de políticas do Governo Federal, principalmente associadas ao desenvolvimento da silvicultura a partir da segunda metade do século XX (DUARTE, 1989). Nos últimos anos, por influência da instalação de empresas produtoras de celulose

na região sudeste de Mato Grosso do Sul, a silvicultura tem modificado amplamente os aspectos paisagísticos na escala regional.

Em estudo de caso realizado por Aranha-Silva (1986) na área específica em estudo, bacia do Córrego Arapuá e seu entorno, identificou que a estrutura fundiária que prevalecia na área até a década de 1970, era de pequenas e médias propriedades dedicadas, entre outras atividades, à sericicultura.

Atualmente a estrutura fundiária na área foi alterada e a sericicultura não se faz presente, esta cedeu lugar para a ampliação da pecuária de corte e leiteira, e mais recentemente vem ocorrendo a introdução da cultura do eucalipto na região. Portanto, a área em estudo apresenta-se historicamente dinâmica no processo de uso e ocupação do solo, o que possivelmente também se reflete nas condições hidrossedimentológicas da bacia do Córrego Arapuá.

Na tentativa de melhor entender a dinâmica da área em estudo, tem como objetivo geral compreender se as atuais condições ambientais, de uso e ocupação do solo influenciam na dinâmica hídrica dos rios. Definem-se como objetivos específicos: a) Levantar o uso do solo; b) Identificar aspectos das condições ambientais; c) Descrever a dinâmica hidrossedimentológica em relação às condições ambientais.

O produto final desse trabalho poderá ter considerável importância em uma política de planejamento, recuperação da qualidade ambiental, e manejo de uso e ocupação do solo na área da bacia. Além de servir como subsídio para a implantação de possíveis projetos de educação ambiental na área e suscitar questionamentos acerca do entendimento funcional do sistema rio/vertentes, que poderá dar origem a outros trabalhos.

Os dados referentes ao presente trabalho estão apresentados em 4 capítulos.

No Capítulo 1 são apresentadas as bases conceituais de temas relacionados à análise integrada da paisagem, uso e ocupação do solo e processos erosivos e da dinâmica sedimentológica. O Capítulo 2 traz os procedimentos metodológicos e materiais adotados para o desenvolvimento do trabalho. No Capítulo 3 são abordadas as características gerais da área em estudo, iniciando por uma escala mais ampla e reduzindo até atingir as características específicas da área. No Capítulo 4 são apresentados os resultados e as discussões que envolvem as condições ambientais, a dinâmica hidrossedimentológica e o uso do solo na bacia do Córrego Arapuá.

E para finalizar, apresentam-se as Considerações Finais onde os resultados são avaliados e a discussão a respeito do tema proposto é encerrada.

# CAPÍTULO 1 – BASES CONCEITUAIS

## 1.1 Qualidade ambiental e Análise da Paisagem

Estudos associados à *qualidade ambiental*<sup>2</sup> são relevantes junto às políticas de planejamento, os quais, motivados pelas discussões envolvendo a temática ambiental, ganharam destaque nas últimas décadas.

A análise integrada da paisagem, em geografia, busca compreender as formas e dinâmicas que apresenta o espaço geográfico, por meio do desenvolvimento de estudos unificados de fatores associados aos elementos que compõem a paisagem e suas conexões. Apresenta-se como importante ferramenta para diagnosticar possíveis situações de desequilíbrio ambiental (GUERRA & MARÇAL, 2006).

A análise sistêmica e integrada da paisagem tem sido discutida por diversos geógrafos, entre os quais os trabalhos de Bertrand (1972); Chorley & Haggett (1974); Tricart (1976; 1977); Sothava (1977); Casseti (1995); Monteiro (1996; 2000); Christofolletti (1981a; 1999); Passos (2003); Guerra & Marçal (2006); Bertrand & Bertrand (2007); Rodriguez *et. al.* (2007); Ross (2009). Dentre os conceitos mais usuais relacionados à análise da qualidade ambiental na ciência geográfica, serão tratados os de geossistema, sistemas de terras e ecodinâmica.

### 1.1.1 Geossistema

Na academia, durante um longo período da história científica, e mesmo atualmente, muitos estudos que contemplam as questões ambientais são realizados de maneira fragmentada. Ao invés de utilizar o termo ecossistema, comum à Biologia, e elaborado por Tansley (1935), na Geografia foi proposto utilizar o termo geossistema para caracterizar a abordagem geográfica. Nessa perspectiva, Sothava (1977, p. 17) traz que:

Geossistemas abrangem complexos biológicos, possuem uma organização de sistema mais complicada e, em comparação com os ecossistemas, têm capacidade vertical consideravelmente mais ampla. Geossistemas são policêntricos, sendo-lhe peculiares alguns componentes críticos, um dos quais é, geralmente, representado pela biota. De qualquer modo, mesmo nos casos em que este ou aquele ecossistema coincide, espacialmente, com o seu geossistema adequado, as abordagens de um geógrafo e de um ecologista são diferentes: para o geógrafo, é universal; para o ecologista é especializado.

---

<sup>2</sup> “Estado das principais variáveis do ambiente que afetam o bem-estar dos organismos, particularmente dos humanos. Termo empregado para caracterizar as condições do ambiente segundo um conjunto de normas e padrões ambientais pré-estabelecidos” (LIMA-E-SILVA *et. al.*, 2002, p. 194).

O geossistema é objeto da Geografia Física, e busca conferir “[...] precisão aos limites entre a geografia física e as outras disciplinas geográficas definindo, ao mesmo tempo, a essência do seu campo de investigações e o seu lugar no conjunto da geografia” (SOTCHAVA, 1977, p. 06).

No estudo do geossistema devem-se abordar “[...] não os componentes da natureza, mas as conexões entre eles; não se deve restringir à morfologia da paisagem e suas subdivisões mas, de preferência, projetar-se para o estudo de sua dinâmica, estrutura funcional, conexões, etc” (SOTCHAVA, 1977, p. 02) .

Dentro da visão geossistêmica de ambiente, a paisagem geográfica não pode ser vista como uma simples adição de elementos geográficos desconexos. A mesma é resultado da combinação dinâmica dos elementos físicos, biológicos e antrópicos, os quais reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem geográfica um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução (BERTRAND, 1972).

Monteiro (2000, p. 30) reconhece o trabalho de Bertrand (1972), como “[...] o marco inicial, pelo menos entre nós, da proposta de Paisagem e Geografia Física Global, através do geossistema, que emerge como novo paradigma”, no entanto, o pioneiro a utilizar a terminologia “geossistema” foi o pesquisador soviético Sotchava, em obra publicada no ano de 1960.

A classificação do geossistema, segundo Sotchava (1977) está fundamentada em 3 níveis taxonômicos: planetário, regional e topológico – os quais estão fundamentados nas categorias denominadas de *geômeros*<sup>3</sup> e *geócoros*<sup>4</sup>.

Bertrand (1972) propõe uma classificação das paisagens, em seis níveis tempo-espaciais, em nível superior: zona, domínio e a região natural; e em nível inferior: geossistema, geofácies e o geótopo. Nesse modelo (BERTRAND, 1972, p. 13 – 14), o geossistema é considerado:

[...] uma unidade dimensional compreendida entre alguns quilômetros quadrados e algumas centenas de quilômetros quadrados. É nesta escala que se situa a maior parte dos fenômenos de interferência entre os elementos da paisagem e que evoluem as combinações dialéticas mais interessantes para o geógrafo. Nos níveis inferiores, os elementos biogeográficos são capazes de mascarar as combinações de conjunto. Enfim, [...] constitui uma boa base para os estudos de organização do espaço porque ele é compatível com a escala humana.

---

<sup>3</sup> Categoria definida como sendo unidades territoriais homogêneas (ROSS, 2009, p. 25).

<sup>4</sup> Categoria definida como sendo espaços territoriais com o conjunto de unidades heterogêneas (ROSS, 2009, p. 25).

Na primeira categoria de análise, em unidades superiores, a zona é a primeira ordem de grandeza e é definida pelas zonas climáticas e megaestruturas geológicas. O domínio apresenta a segunda ordem de grandeza, configurando-se em subdivisões presentes na primeira ordem de grandeza. A região natural é a terceira e quarta ordens de grandeza, apresentando-se como uma região natural inserida no interior do domínio. (BERTRAND, 1972; ROSS, 2009).

Na segunda categoria de análise, as unidades inferiores, o “[...] geossistema é um nível taxonômico que acentua o complexo geográfico ou geocomplexo e sua dinâmica. A geofácia define-se pela fisionomia, e o geótopo, pela menor unidade identificável no contexto da hierarquia estabelecida” (ROSS, 2009, p. 26).

A unidade geossistêmica é o resultado da combinação de 3 subsistemas: potencial ecológico, representado pelas atividades geomorfológicas, climáticas e hidrológicas; exploração biológica, representada pela vegetação, o solo e a fauna; e a ação antrópica (BERTRAND, 1972).

Modelo que, de acordo com Monteiro (2000, p. 30), “[...] é aceitável, embora o tríptico potencial ecológico, exploração biológica e ação antrópica além de pouco esclarecedor à conjunção, não difere muito [...]” do modelo ecossistêmico, fundamentado no tripé: abiótico, biótico e antrópico.

Os três subsistemas propostos por Bertrand (1972) articulam-se uns aos outros e formam um todo, o geossistema, o qual em condições normais apresenta-se em equilíbrio dinâmico (biostasia). Muitas vezes, por esforços exercidos pela ação antrópica em algum ponto do sistema causa desarmonia (resistasia), como por exemplo, o desmatamento e a aceleração dos processos erosivos.

Ross (2009, p. 25 – 26) destaca que a “dinâmica” é um critério relevante a ser observado dentro do modelo de classificação do geossistema, uma vez que:

[...] qualquer geossistema encontra-se em um determinado estado de dinâmica, no qual as estruturas primitivas, as mudanças de estado e as funções de determinado componente são fundamentais para o seu entendimento e classificação. A classificação do geossistema deve revelar a tendência dinâmica do meio natural, mostrando as possibilidades do *otimum* natural diante das sociedades humanas. É também importante o enfoque genético, a reconstrução dos ambientes paleogeográficos, para entender a dinâmica do presente e estabelecer a classificação em função da perspectiva futura da evolução de cada geossistema.

Para Monteiro (2000, p. 58):

[...] Já que o geossistema é uma integração de vários elementos não parece lógico que os seus limites sejam conduzidos por uma curva de nível (relevo), por uma isoieta (clima), pelo limite (borda) de uma dada formação vegetal, etc, etc. Embora considerando que estas variações ou atributos possam indicar ou sugerir, com maior peso, uma configuração espacial dos elementos do geossistema, desde que esse “emane” de uma integração, não é de esperar-se que isto seja uma regra.

Portanto, a crítica sobre a proposta de Bertrand (1972) está associada a como foram estabelecidos os limites entre as suas escalas de grandezas, o que dificultaria sua compreensão. No entanto, Monteiro (2000, p. 60) reconhece que o geossistema é “[...] um conceito mais passível de vir a estruturar-se num referencial, num norteador teórico capaz de proporcionar a “integração” tão necessária à síntese geográfica.”

Corroborando com o modelo geossistêmico, Caseti (1995, p. 33) adverte que:

[...] ao se procurar abordar as derivações ambientais processadas pelo homem, deve-se entender que tudo começa a partir da necessidade de ele ocupar determinada área, que se evidencia pelo relevo, ou mais especificamente, individualiza-se pelo elemento do relevo genericamente definido por vertente. Assim, a ocupação de determinada vertente ou parcela do relevo, seja como suporte ou mesmo recurso, conseqüentemente responde por transformações do estado primitivo, envolvendo desmatamento, cortes e demais atividades que provocam as alterações da exploração biológica e se refletem no potencial ecológico.

O modelo geossistêmico pode ser considerado uma crítica à visão fragmentada dos estudos da paisagem geográfica. Em muitas situações, os objetos que a compõem são considerados estáticos e sem interação. Assim, o geossistema proporciona uma visão holística e integrada, dinâmica entre os componentes sistêmicos da paisagem.

Desse modo, estudos que abordam a dinâmica ambiental, entre eles, os de monitoramento dos processos erosivos e dos parâmetros hidrossedimentológicos, não podem ser realizados desvinculados das características antropogênicas da área, as quais irão refletir na qualidade e quantidade de sedimentos produzidos dentro da bacia hidrográfica.

### **1.1.2 Sistemas de terras**

Ross (2009) faz referência à abordagem da paisagem por meio do modelo que surgiu na Austrália, em estudos realizados na segunda metade do século XX, por meio da Comunidade Científica e Organização de Pesquisa Industrial, e difundiu-se principalmente em trabalhos desenvolvidos por pesquisadores holandeses.

Tal proposta foi fundamentada a partir de um modelo vislumbrado em 3 níveis hierárquicos de identificação e representação cartográfica: que são os sistemas de terras, as unidades de terras e os sítios ou lugares (ROSS, 2009).

O sistema de terra é a primeira ordem de grandeza e corresponde às áreas naturais. As quais são delimitadas por elementos “[...] geomorfológico e geográfico associados, formam um determinado agrupamento ou conjunto de unidades de terras. Os limites desses padrões de terras coincidem com alguma feição ou processo discernível no âmbito da Geologia ou da Geomorfologia.” Onde é possível identificar 3 tipos diferentes de sistemas de terras: sistemas simples, sistemas complexos e sistemas compostos (ROSS, 2009, p. 35 – 36).

As unidades de terras configuram-se na segunda ordem de grandeza, o que corresponde a partes menores, resultantes do processo de divisão dos sistemas de terras. Para identificação e delimitação, utilizam-se principalmente as formas de relevo. “[...] As unidades de terras constituem-se de um conjunto de sítios ou lugares ou, ainda, facetas de terras ou *site* (na denominação original do inglês)” (ROSS, 2009, p. 36).

De acordo com Ross (2009, p. 36) os sítios, lugares, facetas de terras ou *site*, configuram-se na terceira e menor ordem de grandeza, constituída por partes de uma feição única de terras. No entanto, não possuem definição clara. Estão associados a superfícies que apresentam modificações “[...] sutis nos solos, na vegetação, no comportamento hidrológico ou mesmo na geologia. Pode representar partes específicas de formas de relevo, como, por exemplo, uma vertente coluvial, ou uma escarpa, ou outra forma específica qualquer”.

### **1.1.3 Ecodinâmica**

Tricart (1976, p. 20), adverte que “[...] O conhecimento do quadro natural permite observar a acuidade do perigo de degradação, classificar as unidades naturais em função de sua susceptibilidade. [...]”. A análise integrada do ambiente reflete a necessidade de se pensar em sistemas, isto é, ambientes integrados e articulados, onde cada parte do sistema

tem uma função específica e interage com as outras partes, gerando o sistema como um todo.

No estudo integrado da paisagem, em perspectiva geomorfológica, Tricart (1976; 1977), identifica 3 níveis taxonômicos: os meios estáveis, os meios intermediários ou *intergrades*<sup>5</sup> e os meios muito instáveis, os quais se diferenciam em relação à dinâmica entre os processos pedogenéticos e morfogenéticos.

Os meios estáveis, para Tricart (1976, p. 21), são típicos de regiões que apresentam as seguintes condições:

- [...] cobertura vegetal suficientemente cerrada para colocar um freio eficaz no desencadeamento dos processos mecânicos da morfogênese;
- [...] dissecação moderada, sem incisão violenta dos cursos d'água, sem solapamentos vigorosos dos rios, como vertentes em lenta evolução;
- [...] ausência de manifestações vulcânicas susceptíveis de desencadear paroxismos morfodinâmicos de alcance mais ou menos catastróficos.

Nas áreas onde ocorre o predomínio dos meios estáveis, os fenômenos pedogenéticos prevalecem em relação aos fenômenos morfogenéticos, e a cobertura vegetal que a recobre, frequentemente encontra-se em estágio de clímax (TRICART, 1976; 1977). Logo, a constituição das formas do terreno e a formação do solo estão se desenvolvendo normalmente, apresentando-se assim em estado de biostasia.

Nas áreas onde predominam os meios intermediários ou *intergrades*, os processos pedogenéticos e morfogenéticos se encontram em conflito, alternando os períodos de prevalência de um processo em relação ao outro (TRICART, 1976; 1977).

Para as áreas onde ocorre o predomínio dos meios muito instáveis, têm-se os processos morfogenéticos sobressaindo em relação aos processos pedogenéticos (TRICART, 1976; 1977), assim têm-se relevos mais movimentados e solos mal desenvolvidos, pouco propícios ao desenvolvimento de uma cobertura vegetal exuberante. Portanto, se apresentam como áreas bastante suscetíveis ao desencadeamento de eventos erosivos, como é o caso dos processos associados às ravinas e voçorocas.

Tricart (1976; 1977) a partir de seu estudo, enfoca a ordenação do território fundamentado nos processos geomorfológicos, propôs que o estudo integrado da paisagem

---

<sup>5</sup> Passagem gradativa de um estado a outro (TRICART, 1976).

para o ordenamento territorial deve ser desenvolvido considerando as seguintes características regionais para sua estruturação: definição do quadro natural, análise morfodinâmica, recursos ecológicos e problemas de ordenação.

Na definição do quadro natural, Tricart (1976, p. 33 – 34), considera duas variáveis principais: condições climáticas e quadro morfoestrutural.

A análise morfodinâmica deve ser realizada por meio dos dados obtidos na etapa anterior, sob a forma de uma abordagem taxonômica. Esta etapa é fundamentada, segundo Tricart (1976, p. 34 – 35) em 4 passos: delimitação das unidades em análise, com base no sistema morfogenético; abordagem interdisciplinar no estudo das relações entre as variáveis morfogenéticas, pedogenéticas e de ordenação, enfocando a natureza dos processos, a intensidade destes e a distribuição dos diversos processos na área caracterizada por um mesmo sistema morfogenético; as influências antrópicas; e a avaliação do grau de estabilidade morfodinâmica. Essas 4 variáveis fornecem “[...] um diagnóstico de grande importância para a avaliação regional e para as opções em matéria de ordenação.”

Para Tricart (1976, p. 36) os recursos ecológicos a serem abordados nesta etapa constituem “[...] dados positivos, recursos cuja exploração deve intervir na ordenação. [...]” A partir desta, são definidos 4 pontos a serem considerados: os recursos e regimes hídricos; as condições ecoclimatológicas; o estudo dos solos sob a perspectiva agrológica; e o *diagnóstico agrológico*<sup>6</sup>, o qual se apresenta como produto final desta etapa.

A última etapa, intitulada os ‘problemas de ordenação’ tem por “[...] objetivo situar os problemas de ordenação, relativos a uma área restrita, em um conjunto orgânico mais extenso. Isto também é uma integração que comporta um duplo aspecto: dinâmico e espacial” (TRICART, 1976, p. 37), portanto, é onde irá ocorrer a busca por implantação do diagnóstico agrológico.

Para o sucesso da proposição de ordenamento territorial, Tricart (1976, p. 37 – 42) recomenda 3 importantes ações: a apresentação dos “[...] diversos tipos de ordenação possíveis, mostrando claramente suas vantagens e seus inconvenientes”; a “classificação das regiões em função dos problemas de ordenação”; e as recomendações.

---

<sup>6</sup> “O diagnóstico agrológico determina os problemas relativos aos aspectos do meio natural que influem na exploração dos recursos ecológicos. Leva em conta as características do meio, com suas limitações e suas possibilidades, as técnicas susceptíveis de atenuar os obstáculos naturais e de aproveitar melhor os recursos, sem destruí-los. O diagnóstico é estabelecido após uma ordenação de características puramente científicas e técnicas. Evidentemente, ele é indispensável para que se possa decidir e aplicar uma política de ordenação com sucesso, mas não é suficiente” (TRICART, 1976, p. 37).

Considerando que a maioria das atividades humanas se dá de maneira direta na superfície terrestre e que esta é constituída por distintas formas de relevo, influenciando em maior ou menor grau as atividades humanas, o entendimento da dinâmica da paisagem é de extrema relevância para a compreensão dos processos de diagnóstico da qualidade ambiental e de propostas de recuperação de áreas degradadas.

## **1.2 Bacia Hidrográfica como Unidade de Estudo**

A água encontra-se disponível sob várias formas, além de ser uma das substâncias mais comuns encontradas na composição da natureza terrestre, estima-se que 70% da superfície da Terra sejam cobertas por água doce e salgada, e desse total, apenas 0,0002% encontram-se nos rios (BRAGA, *et. al.*, 2005). Atualmente, associado ao crescimento populacional, a utilização das águas superficiais tem se intensificado, envolvendo principalmente, controle de enchentes, suprimento de água, geração de energia, irrigação e navegação (BARACHO, 1999).

Numa perspectiva sistêmica, nas últimas décadas a categoria bacia hidrográfica tem sido adotada na academia como unidade ideal para estudos de planejamento e monitoramento da qualidade ambiental (BOTELHO & SILVA, 2004; BOTELHO, 2007). Nesse sentido, Botelho & Silva (2004, p. 153), abordam que a unidade:

[...] bacia hidrográfica é reconhecida como unidade espacial na Geografia Física desde o fim dos anos 60. Contudo durante a última década ela foi, de fato, incorporada pelos profissionais não só da Geografia, mas da grande área das chamadas Ciências Ambientais, em seus estudos e projetos de pesquisa. Entendida como célula básica de análise ambiental, a bacia hidrográfica permite conhecer e avaliar seus diversos componentes e os processos e interações que nela ocorrem. A visão sistêmica e integrada do ambiente está implícita na adoção desta unidade fundamental.

A bacia hidrográfica pode ser entendida como uma porção do território drenada por um rio principal e seus afluentes, tendo o relevo como divisores de água (CHRISTOFOLETTI, 1980; SUGUIO & BIGARELLA, 1990; JORGE & UEHARA, 1998; BOTELHO & SILVA, 2004; BOTELHO, 2007; ARAÚJO *et. al.*, 2008). Portanto, as bacias hidrográficas são unidades do território capazes de serem delimitadas geograficamente.

As bacias hidrográficas são unidades que se apresentam extremamente dinâmicas. Considerando a dinâmica de energia no sistema, essa unidade funciona como um sistema aberto, caracterizada por apresentar elevados “*inputs*” (chuva) e “*outputs*” (evapotranspiração, fluxos induzidos e transferências interbaciais) de matéria e energia (CHRISTOFOLETTI, 1999).

### **1.3 Processos Erosivos**

A erosão não é um fenômeno contemporâneo. Os processos erosivos têm origem na própria história de evolução do homem em sociedade. Na antiguidade, Mesopotâmia, Babilônia, Fenícia, Roma, Pérsia, Palestina, entre outras sociedades, já conviviam com o fenômeno da erosão, e se preocupavam em buscar técnicas para combatê-la (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005).

O termo erosão pode ser entendido como sendo o conjunto de agentes atuantes na crosta terrestre, capazes de promover a desagregação de partículas, proporcionando novas fisionomias ao relevo e, por conseguinte, a perda de grande quantidade de solo, com destaque para a ação da água, do vento e do gelo, os quais se apresentam como os principais agentes erosivos, responsáveis pelos processos de desagregação, transporte e deposição sedimentar.

Os sedimentos são produtos dos processos de desgaste da superfície terrestre. As condições climáticas, as formas de uso e ocupação das vertentes, associadas às propriedades do solo – quantidade de matéria orgânica, silte, argila, porosidade, etc. – têm influência direta na ação erosiva. Em áreas de climas com elevados índices pluviométricos a água se apresentará como o principal agente erosivo, já nas áreas de domínio de climas caracterizados por baixos índices pluviométricos – clima árido e semi-árido – terão pouca ocorrência de chuva e conseqüentemente pouca vegetação, o que irá proporcionar que o vento se apresente como o agente erosivo principal.

Em áreas de clima frio, onde durante a maior parte do ano as camadas superficiais do solo permanecem congeladas, o principal agente erosivo é o gelo; durante a estação mais quente, período em que ocorre o degelo, as águas escoam superficialmente atuando no modelado, desagregando, transportando e depositando sedimentos.

Para Carvalho (2008, p. 36) os agentes atuantes no processo erosivo “[...] são os elementos do meio físico que causam, ou afetam, diretamente a erosão [...]” e podem ser classificados em agentes ativos (água, temperatura, insolação, vento, gelo, neve, ação de

microorganismos, ação de animais e ação humana) e agentes passivos (topografia, gravidade, tipo de solo, cobertura vegetal, formações superficiais e práticas antrópicas).

Os processos erosivos se classificam de duas formas distintas, “[...] erosão natural ou geológica, erosão que se desenvolve em condições de equilíbrio com a formação do solo, e erosão acelerada ou antrópica, cuja intensidade é superior à da formação do solo, não permitindo a sua recuperação natural” (INFANTI JÚNIOR & FORNASARI FILHO, 1998, p. 134).

A erosão acelerada ou erosão antrópica “[...] é aquela provocada pela ação humana. A erosão provocada por catástrofes, como terremotos, grandes enchentes e erupções vulcânicas poderia estar nesse grupo apesar de não ser antrópica” (CARVALHO, 2008, p. 35). Ainda na perspectiva anterior, Carvalho *et. al.* (2000, 06 – 07) enfatiza que:

Atividades humanas introduzem uma profunda influência na erosão. Sob determinadas circunstâncias, as taxas de erosão são 100 vezes maiores, com a interferência humana, do que seriam apenas considerando-se em termos geológicos. A erodibilidade do material natural recebe forte interferência de perturbações na estrutura do solo por tratamento inadequado, seja em práticas agrícolas ou em uso para obras de engenharia. A camada protetora do solo (vegetação) é enfraquecida por fogo, corte, aração, etc. Além de produzir sedimentos de forma prejudicial, a erosão causa sérios prejuízos às terras agricultáveis, reduzindo a fertilidade e produtividade do solo. As condições de escoamento superficial e as características hidráulicas de canais naturais são exacerbadas pelo aumento da área de drenagem e pela alteração das suas feições morfológicas originais, como por exemplo o surgimento de meandros.

Portanto, a erosão é o principal agente exógeno atuante na esculturação da crosta terrestre. É um fenômeno natural, mas a interferência antrópica pode promover a intensificação dos processos erosivos responsáveis por perdas de elevada quantidade de solos agricultáveis, afetando assim de maneira direta o ritmo da economia em amplas áreas e, por consequência, de uma significativa parcela da população mundial.

Os tipos de erosão estão diretamente associados ao principal agente erosivo atuante no processo. Considerando a prevalência dos agentes erosivos, têm-se 3 tipos principais de erosões: *eólica*<sup>7</sup>, *glacial*<sup>8</sup> e *hídrica*<sup>9</sup>.

---

<sup>7</sup> Erosão provocada pela ação dos ventos.

<sup>8</sup> Erosão provocada pela ação do gelo.

<sup>9</sup> Erosão provocada pela ação da água.

A erosão hídrica, típica das áreas tropicais onde os índices pluviométricos são mais elevados, é de duas formas principais: laminar ou em lençol e linear (que se subdivide em sulcos, ravinas e voçorocas) (INFANTI JÚNIOR & FORNASARI FILHO, 1998; BAPTISTA, 2003; BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005; SALOMÃO, 2007; LEPSCH, 2007; ARAÚJO, *et. al.*, 2008; GUERRA, 2007; GUERRA, 2009b).

A erosão laminar ou em lençol é provocada “[...] pelo escoamento difuso das águas das chuvas, resultando na remoção progressiva e uniforme dos horizontes superficiais do solo [...]” (INFANTI JÚNIOR & FORNASARI FILHO, 1998, p. 134). O que a diferencia da erosão linear, é que esta última possui como principal característica, a presença do fluxo concentrado, provocando a existência de sulcos que podem evoluir para ravinas e posteriormente para voçorocas (INFANTI JÚNIOR & FORNASARI FILHO, 1998; GUERRA, 2009b).

Conforme destacam Bertoni & Lombardi Neto (2005), a água é o mais importante agente de erosivo. A função da água no modelado terrestre é a de aplainar, portanto sua ação associa-se a desagregação, transporte e deposição de partículas.

Pode-se caracterizar a erosão hídrica em 3 fases: primeira fase consiste no efeito *splash*, a ação que as gotículas da chuva aplicam na superfície terrestre, quando se precipitam, causando a desagregação de partículas; na segunda fase ocorrerá a mobilização e o carreamento das partículas das áreas de maior altitude para as de menor altitude, por meio da ação do fluxo das enxurradas; a terceira fase consiste na deposição do material em transporte, fato que tem ocorrência na medida em que o fluxo perde competência de mobilização e transporte (GALETI, 1987; GUERRA, 2007; ARAÚJO, *et. al.*, 2008; GUERRA, 2009b).

No processo de controle ou mesmo na prevenção dos processos erosivos, a presença da cobertura vegetal é de fundamental importância, pois na ausência desta, intensifica-se a ação das gotas da chuva sobre a superfície do solo, agindo de forma a desprender as partículas que serão mobilizadas e carreadas pelas correntes do fluxo das enxurradas para as áreas mais baixas, onde serão depositadas (GUERRA, 2007; ARAÚJO, *et. al.*, 2008; GUERRA, 2009a).

Pode-se concluir, portanto, que o fenômeno da erosão, além de modificar a fisionomia da superfície terrestre, apresenta-se como o principal agente fornecedor da carga sedimentar aos rios.

### 1.3.1 Voçorocas

As voçorocas são as formas mais avançadas de erosão ocasionadas “[...] por grandes concentrações de enxurrada que passam, ano após ano, no mesmo sulco, que se vai ampliando, pelo deslocamento de grandes massas de solos e formando grandes cavidades em extensão e em profundidade [...]” (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005, p. 77), atingindo o lençol freático, formando um novo curso d’água, tornando assim sua recuperação dificultosa, pois envolverá obras de engenharia e elevado custo financeiro.

Conforme Araújo *et. al.* (2008) as voçorocas são bastante destrutivas podendo afetar rodovias, aterros e bacias hidrográficas. São comuns em vertentes cobertas por pastagens e se apresentam como a principal forma erosiva em bacias de drenagem. Nas áreas rurais esse tipo de erosão provoca a perda de grandes porções de solos agricultáveis, portanto seu processo de formação deve ser uma preocupação constante para os produtores rurais.

A palavra voçoroca deriva do tupi-guarani “*ibi-çoroc*”, que quer dizer terra rasgada ou rasgão no solo (PICHLER, 1953). No entanto, esse tipo de erosão também pode ser grafado como boçorocas, bossorocas ou vossorocas. Leite (1961) identifica que a denominação voçoroca é resultante de um regionalismo paulista. Conforme Ramos (1945), a grafia vossoroca é a mais antiga, com registro de utilização desde 1765.

O fenômeno da voçoroca, conforme identifica Ramos (1945, p. 1515), durante certo tempo, a população atribuiu seu desenvolvimento “[...] as pragas lançada por padres indignados contra as cidades que os maltrataram, ou então as contorções do ‘minhocão’ que vive debaixo da terra e que por ocasião das grandes tempestades sai furioso pelos campos ‘rasgando morros e descascando árvores’ [...]”.

De acordo com Bigarella & Mazuchowski (1985, p. 102) as voçorocas originam-se a partir “[...] de um desequilíbrio hidrológico, causado principalmente pela ocupação das terras com remoção generalizada da floresta protetora. As incisões erosivas profundas do terreno seguem linhas estreitas, determinadas pela estrutura geológica.”

As voçorocas evoluem, basicamente, por meio de 4 processos: a erosão na cabeceira devido ao efeito *splash* das gotas de chuva; a erosão no talvegue ocasionada pelo fluxo concentrado; a diminuição da coesão do solo nas proximidades da erosão devido às variações dos índices de aquecimento e umidade ao longo do tempo; e as quedas das paredes laterais associadas ao efeito do *piping* (FENDRICH *et. al.*, 1997; GUERRA, 2009b).

De modo geral, as voçorocas têm maior ocorrência associada a terrenos essencialmente arenosos. Tal feição erosiva apresenta normalmente “[...] um vale estreito e profundo em V com flancos muito íngremes, sendo a parte superior geralmente de coloração vermelha intensa e a parte inferior de uma cor muito clara rósea que a destaca nitidamente da camada vermelha superior. [...]” Podendo algumas vezes essa transição apresentar-se intercalada por uma camada de argila (PICHLER, 1953, p. 04). Oka-Fiori & Soares (1976, p. 114), ressaltam outro tipo de voçoroca “[...] embora raro, é o desenvolvido apenas por dessecação, com intensa ramificação dos sulcos, sobre terrenos argilosos.”

Em linhas gerais, considera-se 4 estágios evolutivos de uma voçoroca: inicial, juvenil, maturo e senil (OKA-FIORI & SOARES, 1976).

O estágio inicial corresponde ao desenvolvimento dos primeiros sulcos provocados pela ação concentrada do escoamento superficial, associados a fatores como a ausência de vegetação, coesão do solo e declividade. Para Oka-Fiori & Soares (1976, p. 117 – 118), o estágio inicial apresenta como características o leito “[...] com perfil irregular, acompanhando a encosta, seção transversal em V, com paredes retilíneas, não tem ramificações; limites apresentam-se regulares e a base do sulco está elevada em relação à base da encosta”. No estágio juvenil, a voçoroca apresenta o leito com perfil irregular, “[...] com forma similar à de encosta, porém com gradiente independente, seção transversal em V aberto, com paredes côncavas para o vale, linha de contorno irregular, porém sem ramificações e a base da voçoroca está elevada em relação à base da encosta” (OKA-FIORI & SOARES, 1976, p. 118).

Nessa fase, nota-se a intensificação dos processos erosivos, a evolução da feição erosiva por meio do aceleração dos processos de erosão remontante e pelo surgimento da erosão em dutos (*piping*), provocando o aprofundamento, o alongamento e o alargamento do canal, proporcionando o delineamento do talvegue (OKA-FIORI & SOARES, 1976).

O estágio de maturidade caracteriza-se por apresentar o leito com perfil regular e côncavo, independente do perfil da encosta, a base da erosão já “[...] atingiu o nível de base da encosta, a voçoroca apresenta ramificações com linhas de contorno irregulares; estas ramificações podem apresentar as características do estágio juvenil e seção transversal em U; fundo chato e paredes côncavas” (OKA-FIORI & SOARES, 1976, p. 120).

Ainda naquele estágio, observa-se a ocorrência da intensificação dos processos de movimentação “[...] de massa nas paredes, com alargamento do vale; erosão vertical nas ramificações; alongamento apenas no sentido das cabeceiras; o alargamento rápido, unindo ramificações no mesmo vale e deixando cristas intermediárias remanescentes. [...]”; além de proporcionar o desenvolvimento de cobertura vegetal no fundo do vale (OKA-FIORI & SOARES, 1976, p. 120). Portanto, durante esse estágio, nota-se um relativo acomodamento dos processos erosivos principalmente os relacionados à erosão do canal, diminuindo, portanto, a incisão do talvegue. No entanto, irão predominar os processos erosivos desencadeados pelo fluxo subsuperficial representados pelos desmoronamentos do talvegue, por meio do efeito do *piping*.

Em seu último estágio, portanto, uma voçoroca senil apresenta o perfil do leito como no estágio de maturidade, “[...] linha de contorno pouco regular, ramificação com as mesmas características do leito principal, paredes com inclinação suave e relevo moderado, cobertura vegetal em toda a área e leito maior coberto com depósitos aluviais” (OKA-FIORI & SOARES, 1976, p. 120 – 122).

De acordo com Pichler (1953), considerando o estágio evolutivo das voçorocas, elas podem ser classificadas em duas feições distintas: voçorocas vivas e voçorocas mortas.

As voçorocas vivas “[...] apresentam erosão intensiva durante e logo após a época da chuva e nenhuma ou pouquíssima vegetação nos barrancos que formam o vale. [...]” Distinguindo das voçorocas vivas, as voçorocas mortas são aquelas que “[...] por um motivo qualquer, diminui a erosão e os barrancos começam a cobrir-se de plantas, [...]” entrando “[...] em estado de senilidade, morrendo dentro de pouco tempo; isto é, a erosão cessa pouco a pouco e os taludes e fundo do vale passam a cobrir-se com vegetação típica da região” (PICHLER, 1953, p. 05).

### **1.3.2 Erosão fluvial, transporte e deposição**

Associado à erosão hídrica, destaca-se o trabalho das águas dos rios no modelado terrestre, configurando o processo denominado de erosão fluvial. A erosão fluvial é processo de remoção, transporte e deposição de sedimentos por meio da água dos rios, responsável pela formação das feições encontradas nas margens e no leito dos canais. O qual se apresenta como objeto de estudo da Geomorfologia Fluvial. Conforme

Christofolletti (1980, p. 74 – 75), a erosão fluvial se processa por meio de 3 fatores: corrosão, corrasão ou abrasão e cavitação:

[...] A corrosão engloba todo e qualquer processo químico que se realiza como reação entre a água e as rochas superficiais que com ela estão em contacto. A corrasão é o desgaste pelo atrito mecânico, geralmente através do impacto das partículas carregadas pela água. A abrasão da superfície sobre a qual a água escoar é assinalada pelo suave polimento das rochas aflorantes no canal. [...] O terceiro processo, a cavitação, ocorre somente sob condições de velocidades elevadas da água, quando as variações de pressão sobre as paredes do canal facilitam a fragmentação das rochas.

A erosão do leito fluvial é ocasionada pela ação das correntes. Já a erosão marginal é desencadeada pela ação da corrente, ondas ou mesmo pelo desmoronamento das margens provocado pelo encharcamento do terreno (CARVALHO, 2008, p. 39).

O material transportado pelo canal fluvial está diretamente associado à sua competência e capacidade. A competência relaciona-se ao calibre dos sedimentos que podem ser movidos pela ação do fluxo, a qual é representada pelo maior diâmetro encontrado entre os materiais que compõem a carga do leito. “[...] A capacidade relaciona-se com a quantidade de material que pode ser movimentada por unidade de tempo. A capacidade corresponde à capacidade máxima de sedimentos, de determinada classe granulométrica, que o rio pode transportar” (CHRISTOFOLETTI, 1981b, p. 30).

A carga sedimentar fluvial é composta por materiais mais grosseiros que se deslocam por arraste no fundo e por materiais mais particulados, de calibres menores, que se movem em suspensão (CHRISTOFOLETTI, 1980; 1981b; BIGARELLA & MAZUCHOWSKI, 1985; CARVALHO, 2008). Em relação ao transporte dos sedimentos Christofolletti (1981b, p. 30 – 31) destaca que:

[...] Einstein (1964) observou que toda partícula de sedimento para passar em uma seção transversal de um curso fluvial deve necessariamente preencher duas condições: a) ser originada pela erosão em um ponto da área da bacia de drenagem situado acima da referida seção transversal; b) ser transportada pela água desde o ponto de origem até a seção transversal. Sob essas condições, o transporte de sedimentos através da seção transversal pode ser limitado pelo volume de sedimentos originado na área da bacia de drenagem ou pela capacidade de transporte do rio. O transporte da carga em suspensão é controlado pelo volume de sedimentos que são fornecidos aos cursos de água, enquanto o volume dos sedimentos grosseiros (carga do leito) é controlado ou limitado pela capacidade de transporte.

A granulometria dos materiais em transporte no canal fluvial diminui em direção da jusante, o que é resultado da diminuição da competência do rio (CHRISTOFOLETTI, 1981b). A carga sedimentar encontrada no canal fluvial é resultado da dinâmica do fluxo do próprio canal, dos índices pluviométricos locais e, dependendo da dimensão da bacia hidrográfica, dos índices pluviométricos regionais, associados às formas de uso e ocupação do solo na área da bacia. Para o DAEE/IPT (1989, p. 56):

O impacto da erosão nos recursos hídricos manifesta-se, principalmente, através do assoreamento dos cursos d'água e reservatórios e deterioração da qualidade dessas águas. Uma das mais sérias consequências provocadas pelo assoreamento é a promoção de enchentes e a perda de capacidade de armazenamento d'água, gerando problemas de abastecimento e de produção de energia.

Os estudos que monitoram a dinâmica hidrossedimentológica são capazes de indicar distúrbios ocorridos na área da bacia. Como, por exemplo, as alterações na quantidade e na qualidade da carga sedimentar do canal são um indicador de mudanças na dinâmica de uso e ocupação do solo nas vertentes (QUEIROZ *et. al.*, 2005; QUEIROZ & ROCHA, 2010).

### **1.3.3 Práticas de controle de erosão e recuperação do solo**

O homem em busca do seu bem estar vem, na maioria das vezes, utilizando do território sem se preocupar com sua pauperização, desconsiderando qualquer forma de planejamento, fato que promove a deterioração da qualidade de vida e ambiental em amplas áreas. Bastos & Freitas (2007, p. 17) advertem que:

Sob o ponto de vista da melhoria da qualidade de vida e da própria sobrevivência das espécies sobre o planeta, a relação homem-natureza está sendo reavaliada. A natureza não pode mais ser vista como uma simples fonte de matéria-prima ou um local de despejo de sucata industrial. Esta mentalidade, largamente empregada em tempos passados, resultou em desequilíbrio ambiental, que atualmente manifesta-se de diversas formas: poluição hídrica, poluição atmosférica, chuva ácida, destruição da camada de ozônio. E os processos erosivos são apenas alguns exemplos dos problemas ambientais que comprometem a nossa qualidade de vida.

Estudos relacionados às problemáticas ambientais tornaram-se constantes no período pós Segunda Guerra Mundial, motivados pelo movimento ambientalista nascente,

dentre os quais destaca-se a preocupação em controlar os processos erosivos. De acordo com o DAEE/IPT (1989, p. 31):

[...] a complexidade e relação entre os fatores que causam a erosão deixam claro que ela só virá a ser elucidada através da interação de conhecimentos de diversas áreas técnicas. Somente desta forma compreender-se-á adequadamente o assunto, o que vem a ser o passo mais importante para que os problemas decorrentes da erosão possam ser resolvidos em dois níveis, o local e o regional. [...]

Considerando a importância de evitar e controlar os processos erosivos desencadeados pela ação da água, Salomão (2007, p. 229) considera que “a adoção de medidas efetivas de controle preventivo e corretivo da erosão depende do entendimento correto dos processos relacionados com a dinâmica de funcionamento hídrico sobre o terreno.”

Com referência ao controle da erosão hídrica em áreas rurais, Salomão (2007, p. 258) adverte que:

O controle da erosão em terras rurais é muito complexo, por envolver questões tanto de ordem técnica como sócio-econômica, que devem ser conjuntamente avaliadas, visando à adoção de uma política agrícola que contemple a manutenção ou aumento do potencial produtivo das terras. No que se refere às questões técnicas, destacam-se, como fundamentais, a utilização adequada de práticas agrícolas de conservação do solo, a adoção de medidas preventivas contra a erosão associada a estradas e o fornecimento de subsídios visando ao planejamento da ocupação agrícola (capacidade de uso da terra).

Assim, sobressai a importância de adoção de medidas conservacionistas, as quais devem envolver a conscientização popular, facilitada por meio de práticas de educação ambiental. Fato que contribuirá para a ocupação e utilização do território de maneira sustentável e proporcionará o bom desenvolvimento das atividades implantadas na área, como a utilização de técnicas que permitem a não diminuição da infiltração da água no solo e a contenção do escoamento superficial.

Todo e qualquer procedimento utilizado com finalidade de combater os processos erosivos são considerados como práticas conservacionistas, dentre as quais merecem destaque a presença da cobertura vegetal, o controle do volume e da velocidade do escoamento superficial.

Para o DAEE/IPT (1989, p. 28) as práticas de controle de erosão envolvem 2 pilares: o uso e ocupação do solo e o conhecimento dos fatores naturais:

- Uso e ocupação do solo – A intervenção humana é decisiva para a aceleração dos processos erosivos e, portanto, exige a determinação das formas e das práticas de uso e ocupação mais adequadas possíveis, para que essa aceleração seja minimizada e para que os processos erosivos sejam controlados.
- Conhecimento dos fatores naturais – Não é possível determinar, sem conhecê-los, quais as formas e práticas de uso e ocupação mais adequadas.

O fenômeno da erosão não é um processo restrito somente a áreas rurais. Em áreas urbanas os processos erosivos, em sua grande maioria, estão associados à ausência de planejamento de uso e ocupação do solo. Sendo o escoamento superficial, principalmente das águas pluviais, o principal agente erosivo do território urbano. Assim, o grande desafio das políticas públicas de planejamento das cidades, com referência ao combate dos processos erosivos, é controlar o fluxo do escoamento superficial das águas pluviais.

Com referência às práticas conservacionistas do solo, Bertoni & Lombardi Neto (2005); Lepsch (2007) advertem que existem diversas maneiras de conservar o solo, que podem ser agrupadas em 3 unidades: as práticas de caráter edáfico, mecânico e vegetativo.

Na tentativa de conter a evolução dos processos erosivos vêm se utilizando com frequência as técnicas de monitoramento. Para o monitoramento dos processos erosivos de origem hídrica, tem-se utilizado o método dos pinos (ROCHA & SOUZA FILHO, 1996; CUNHA, 2009; GUERRA, 2009a).

O monitoramento dos processos erosivos é de fundamental importância para a dinâmica das atividades antrópicas e para a *manutenção natural*<sup>10</sup> do ambiente, servindo de subsídios para o desenvolvimento e implantação de políticas de planejamento, ordenamento do território, recuperação do solo e de erosões em estágio avançado, como é o caso das voçorocas.

Controlar a evolução dos processos erosivos consiste na aplicação de técnicas capazes de proporcionar sua estabilização. Com referência à contenção das feições erosivas de uma voçoroca, Oka-Fiori & Soares (1976) alertam que cada caso deve ser abordado

---

<sup>10</sup> “Estado metaestável da natureza, em que as interações e utilização dos recursos se fazem com uma mínima variação nos parâmetros fundamentais da comunidade ou ecossistema” (LIMA-E-SILVA *et. al.*, 2002, p. 100).

com base nos processos atuantes, objetivando estabelecer um sistema de orientação das áreas suscetíveis e submetidas aos efeitos da erosão acelerada.

A recuperação de erosões nem sempre é fácil, no caso das voçorocas torna-se uma atividade árdua, necessitando muitas vezes da utilização de obras de engenharia, como por exemplo, a canalização do fluxo. No entanto, atualmente, uma técnica bastante difundida no processo de recuperação de áreas atingidas pelo fenômeno da erosão, inclusive áreas de voçorocas é a *bioengenharia*<sup>11</sup>. Técnica que consiste no emprego associado de elementos vivos e de engenharia.

#### **1.4 Dinâmica Sedimentológica**

Nas últimas décadas ocorreu grande expansão da atividade agrícola no território brasileiro, atingindo áreas até então consideradas impróprias para essa prática, devido à baixa fertilidade do solo. Acompanhando essa expansão, sobreveio o mau uso do solo, afetando os recursos hídricos, uma vez que esses são contaminados por organoclorados. A vegetação nativa é retirada e posteriormente a área é queimada, diminuindo os índices de umidade do solo e aumentando o escoamento superficial.

As atividades agropastoris são responsáveis pela transformação paisagística em amplas áreas. Quando desenvolvidas sem a utilização de práticas conservacionistas, como por exemplo, a construção de curvas de nível, contribuem para o desencadeamento de processos de degradação da qualidade ambiental. Podendo contribuir para o desenvolvimento de processos erosivos nas vertentes, atuando como fontes de sedimentos fornecidos aos rios.

Ao observar a história do homem, percebe-se sua dependência perante os cursos d'água, seja como meio de transporte, fonte de alimento ou na geração de energia. Para que a permanência deste quadro não venha a entrar em crise é necessário a utilização planejada dos recursos hídricos.

A análise sedimentológica é uma importante ferramenta no auxílio à avaliação das consequências de mudanças ocorridas no uso e na ocupação do solo, nas áreas de montante da seção de amostragem da bacia hidrográfica.

---

<sup>11</sup> Ver - ARAÚJO, G. H. de S; ALMEIDA, J. R. de; GUERRA, A. J. T. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. Rio de Janeiro/RJ: Bertrand, 2008.

### 1.4.1 Hidrossedimentologia

A sedimentologia é uma parte das ciências geológicas responsável pelo estudo dos sedimentos, sejam eles depositados e consolidados formando pacotes sedimentares ou ainda em transporte; os principais agentes transportadores são a ação da água, do gelo e do vento. É bastante utilizada no processo de estudo da gênese das rochas sedimentares. Assim conforme Mendes *et. al.* (1972, p. 03) os estudos sedimentológicos têm por objeto a descrição e interpretação dos sedimentos, “[...] em função de suas propriedades fundamentais, relacionadas com o tamanho e forma das partículas constituintes, seu arranjo interno e sua composição mineralógica.”

De acordo com Suguio (1980) as bases da geologia sedimentar moderna têm origem entre a Renascença e a Revolução Industrial, associada a trabalhos de pesquisadores como Leonardo da Vinci, Hutton e Smith.

O progresso dos estudos dos sedimentos como existem atualmente deu-se de maneira lenta durante a primeira metade do século XX. Durante esse período as “[...] rochas sedimentares chegaram a ser encaradas apenas como ‘simples materiais portadores de fósseis’ ou, na melhor das hipóteses, como objeto de estudo petrográfico microscópico” (SUGUIO, 1980, p. 01).

Ainda no século XX, o grande avanço dos estudos sedimentológicos deu-se por meio de pesquisas associadas à procura de petróleo e outros hidrocarbonetos em áreas de rochas sedimentares (SUGUIO, 1980).

No Brasil, um dos primeiros estudos sedimentológicos realizados desenvolveu-se na primeira metade da década de 1970, no Delta do Rio Doce por geólogos da Petrobrás e pesquisadores da Universidade de São Paulo (SUGUIO, 1980). Já nas últimas décadas, destacam-se as publicações que abordam a dinâmica sedimentar desenvolvidas por diversos autores, dentre os quais podem ser citados os trabalhos de Mendes *et. al.* (1972); Suguio (1973; 1980); Christofolletti (1981b); Mabesoone (1983); Bigarella & Mazuchowski (1985); Carvalho *et. al.* (2000); Silva, *et. al.* (2007); Carvalho (2008).

Os estudos hidrossedimentológicos configuram uma distinção dentro da sedimentologia, uma vez que a hidrossedimentologia tem como objeto de estudo os sedimentos originados de processos associados à dinâmica hídrica no modelado terrestre, dentre os quais destaca-se a ação dos rios (CARVALHO, 2008).

#### 1.4.2 Transporte de sedimentos

Os rios constituem os mais importantes agentes responsáveis por transportar materiais intemperizados no interior dos continentes para os oceanos (CHRISTOFOLETTI, 1980; 1981b; JORGE & UEHARA, 1998; GUERRA & MARÇAL, 2006; CARVALHO, 2008), onde o processo de “[...]deslocamento e o transporte do sedimento dependem da forma, tamanho, peso da partícula e das forças exercidas pela ação do escoamento. [...]” (CARVALHO, 2008, p. 05).

Conforme Christofolletti (1981b) a mecânica do transporte fluvial, envolve 3 tipos de cargas: a dissolvida, a dos sedimentos em suspensão e a do leito; que são transportados, respectivamente, em solução, suspensão e saltação.

A carga dissolvida é composta por elementos intemperizados das rochas que são transportados em solução química (CHRISTOFOLETTI, 1980; 1981b; BIGARELLA & MAZUCHOWSKI, 1985). Ainda com referência a carga dissolvida, Christofolletti (1980, p. 73) destaca que:

A quantidade de matéria em solução depende, em grande parte, da contribuição relativa da água subterrânea e do escoamento superficial para o débito do rio. Todavia, a composição química das águas dos rios é determinada por vários fatores tais como o clima, a geologia, a topografia, a vegetação e a duração temporal gasta para o escoamento (superficial ou subterrâneo) atingir o canal. A carga dissolvida é transportada na mesma velocidade da água e é carregada até onde a água caminhar; a deposição desse material só se processa quando houver a saturação (por evaporação, como exemplo).

A carga de sedimentos em suspensão é constituída por materiais finos, com destaque para os índices representativos de silte, argila e matéria orgânica que, devido ao calibre reduzido, encontram-se totalmente mobilizados pela ação do fluxo. Já o material de fundo é representado por materiais mais grosseiros, com destaque para as classes de areias e cascalhos (BIGARELLA & MAZUCHOWSKI, 1985).

A carga de fundo de um canal é formada por sedimentos grosseiros, transportados por meio dos processos de saltação, deslizamento e rolamento (MENDES *et. al.*, 1972; CHRISTOFOLETTI, 1981b; BIGARELLA & MAZUCHOWSKI, 1985).

No processo de saltação, as partículas mobilizadas pelo fluxo do canal sofrem o processo de soerguimento em ângulo acentuado e são aceleradas por meio da ação do fluxo em direção a jusante. Durante o desencadear desse processo de movimentação, as

partículas apresentam-se rebaixadas em direção do leito em declividade decrescente (MENDES *et. al.*, 1972; CHRISTOFOLETTI, 1981b).

Durante o processo de deslizamento, as partículas rochosas são arrastadas em contato com o leito pela força do fluxo no canal (MENDES *et. al.*, 1972; CHRISTOFOLETTI, 1981b), e dependendo do substrato que recobre o canal, passarão pelo processo de desgaste proporcionado pelo atrito com o canal.

Já o processo de rolamento associa-se ao deslocamento dos fragmentos rochosos por meio de processos circulares, sempre em contato com o leito do canal (CHRISTOFOLETTI, 1981b), proporcionando o arredondamento dos fragmentos rochosos (MENDES *et. al.*, 1972).

Para os materiais do leito, na medida em que as forças exercidas pelo escoamento nos sedimentos se reduzem, as partículas que estavam sendo mobilizadas, podem deixar de ser transportadas, ocorrendo assim, o processo de deposição, podendo ocasionar o assoreamento do canal (CARVALHO, 2008).

A avaliação das condições que envolvem a produção, transporte e deposição dos sedimentos em bacias hidrográficas se apresenta como uma importante variável utilizada para a compreensão da dinâmica das atividades associadas ao uso e ocupação do solo. Podendo, portanto, ser utilizada como subsídio para a interpretação de alterações promovidas nas vertentes, auxiliando nas políticas de planejamento do território, além de contribuir para o controle do fenômeno da erosão e na recuperação de áreas degradadas.

A carga sedimentar em transporte no leito dos rios, reflete as características das áreas fonte, podendo estar associada a fenômenos erosivos naturais ou acelerados pela ação antrópica na área da bacia; dentre as feições erosivas aceleradas destacam-se os processos de voçorocamento (SILVA, *et. al.*, 2007). Contudo, a granulometria e a esfericidade dos grãos podem ser associadas aos diferentes processos pelos quais os sedimentos foram transportados e conseqüentemente esculpidos (SUGUIO, 1973).

A quantidade e a qualidade dos sedimentos presentes nos canais fluviais é resultado da própria dinâmica do canal, associada ao processo de uso e ocupação da área da bacia (SILVA, *et. al.*, 2007). Considerando que uma bacia hidrográfica é uma área delimitada pelo relevo e que a água sempre se movimenta das áreas altas para as baixas, os canais de drenagem, portanto, estão instalados nas áreas baixas e funcionam como vias de concentração e transporte dos sedimentos produzidos na área drenada pelo rio principal e seus afluentes.

## **CAPITULO 2 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E MATERIAIS**

### **2.1 Escolha da Área de Estudo**

A escolha da área de estudo se deu por meio de levantamento bibliográfico em escala regional e reconhecimento de campo em escala local.

Para o levantamento bibliográfico em escala regional, foram utilizados trabalhos associados a Bacia do Paraná, o Rio Paraná, bacia do alto Rio Paraná, planície fluvial do alto Rio Paraná, bacia do Rio Sucuriú e bacia do Ribeirão Campo Triste. Essa etapa serviu para reconhecer as características regionais.

Em 2 trabalhos de campo, realizados em 16 de julho e 19 de setembro de 2009, foram feitos o reconhecimento da área da bacia do Córrego Arapuá, onde constatou-se que a mesma possui características comparáveis em relação a escala regional, como por exemplo a presença de processos erosivos acelerados, relevo pouco acidentado, solos arenosos, vegetação natural constituída em sua grande maioria por Cerrado e atualmente bastante alterada, uso e ocupação do solo destinado principalmente à pecuária, entre outras.

Portanto, após o levantamento bibliográfico e o reconhecimento em campo pode-se concluir que a bacia do Córrego Arapuá possui características semelhantes a toda a região, o que a configura em uma unidade representativa de um todo.

A hipótese que se levanta para o desenvolvimento do trabalho é que os sedimentos que estão chegando ao Córrego Arapuá estão sendo influenciados pela atual dinâmica do uso e ocupação do solo das vertentes.

### **2.2 Variáveis Utilizadas**

Para o melhor entendimento das condições ambientais da área foram buscados os conceitos de geossistema, sistemas de terras e ecodinâmica. O uso desses conceitos, em geral, objetiva a delimitação de áreas homogêneas e a elaboração de mapas de unidades da paisagem. Entretanto, no presente trabalho esses procedimentos não foram adotados. Aqueles conceitos foram utilizados como base conceitual de modo a procurar estabelecer relações qualitativas entre variáveis do meio físico (topografia, hidrografia, precipitação e processos erosivos), do uso e ocupação do solo (cobertura natural e agropecuária) e da hidrossedimentologia (carga de fundo e materiais em suspensão).

Na escala regional foram estudadas as variáveis do meio físico e da ocupação humana por meio de levantamento bibliográfico e análise do material, procurando-se caracterizar os principais aspectos da Bacia do Paraná e da bacia do Rio Sucuriú, onde se localiza a área de estudo.

### **2.3 Estudo do Uso e Ocupação do Solo**

O primeiro passo para a obtenção do atual uso e ocupação do solo da área ocorreu por meio do tratamento digital de imagens de satélite *Landsat (Land Remote Sensing Satellite) 5 TM (Thematic Mapper)*; órbita ponto 223/74, bandas 3, 4 e 5, composição 3G 4B 5R, de 20 de agosto de 2010, obtidas junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e carta topográfica, com o *software SPRING® 4.3.3* disponibilizado pelo INPE e de domínio público. Para a base cartográfica foram utilizadas as cartas topográficas Arapuá, Folha SF 22 V-B-IV, MI 2592, e Três Lagoas, Folha SF 22 V-B-V, MI 2593 – 1981. O tratamento das imagens foi realizado por Laís Coêlho do Nascimento Silva junto ao Laboratório de Estudos Ambientais (LABORAM/CPTL/UFMS).

De acordo com IBGE (2006) foi possível identificar as seguintes classes de uso e ocupação do solo: área urbana, silvicultura, pastagem, vegetação arbórea, vegetação em área úmida e corpos d'água. Posteriormente, com a classificação prévia em mãos, ocorreu uma incursão ao campo com o objetivo de conferir se as classes identificadas estavam corretas. Após a observação no campo, ocorreu a correção do mapa de onde chegou-se ao mapa de uso e ocupação do solo da bacia do Córrego Arapuá e seu entorno.

### **2.4 Análise da Pluviosidade**

A região Centro-Oeste, e conseqüentemente, o Estado de Mato Grosso do Sul se caracterizam por não possuírem uma rede bem estruturada de observações dos índices de pluviosidade. Considerando tal fato, o primeiro passo do trabalho foi o levantamento de dados referentes às estações pluviométricas presentes nas proximidades da área em estudo, em que foi possível selecionar 12 estações pluviométricas.

Após o recebimento dos dados, selecionados com auxílio do *software* Hidro 1.2, disponibilizado pela Agência Nacional de Águas (ANA), realizou-se a seleção do período a ser estudado por meio do levantamento dos dados pluviométricos disponíveis. Nesse momento, ficou estabelecido que o período para estudo fosse de 1984 a 2009, uma vez que a maioria das estações apresentou os dados completos para esses 25 anos (Anexo A).

Para relacionar com os dados sedimentológicos seriam necessários os dados pluviométricos do ano de 2010, os quais também foram solicitados junto à ANA, que informou que havia dados disponíveis para o período de amostragem (fevereiro à agosto de 2010) somente para algumas estações pluviométricas. Apesar de não ter dados pluviométricos específicos da área em estudo, utilizaram-se os dados disponíveis em 3 estações pluviométricas: Água Clara, Selvíria e São José do Sucuriú.

Com os dados de precipitação, foram calculados para cada estação pluviométrica, os totais médios mensais e a variabilidade interanual do período de 1984 a 2009. Para a variabilidade interanual utilizou-se como referência o valor do desvio padrão, procurando-se caracterizar o período estudado em relação à precipitação.

Foram obtidos também o número de meses chuvosos e secos. Foi considerando, conforme Köppen (*apud* TREWARTHA, 1954), o mês seco aquele no qual choveu 60mm e menos.

Para o período de 2009/2010 foi comparada a precipitação total mensal com os valores médios mensais com o objetivo de identificar se esse período estava chuvoso.

## **2.5 Análise da Dinâmica Hidrossedimentológica e Coleta das Amostras**

### **2.5.1 Classificação do padrão de drenagem e hierarquia fluvial**

A drenagem fluvial de uma área é formada por um conjunto de canais interconectados que, em seu todo, formam uma bacia de drenagem (Sugiuo & Bigarella, 1990). Conforme identifica Christofolletti (1980, p. 102), as bacias de drenagem podem ser classificadas em 4 tipos considerando o escoamento total:

Exorreicas, quando o escoamento das águas se faz de modo contínuo até o mar ou oceano, isto é, quando as bacias desembocam diretamente no nível marinho;

Endorreicas, quando as drenagens são internas e não possuem escoamento até o mar, desembocando em lagos ou dissipando-se nas areias do deserto, ou perdendo-se nas depressões cársicas;

Arreicas, quando não há nenhuma estruturação em bacias hidrográficas, como nas áreas desérticas onde a precipitação é negligenciável e a atividade dunária é intensa, obscurecendo as linhas e os padrões de drenagem;

Criptorreicas, quando as bacias são subterrâneas, como nas áreas cársicas. A drenagem subterrânea acaba por surgir em fontes, ou integrar-se em rios subaéreos.

As bacias de drenagem apresentam particularidades, que recebem a denominação de padrões de drenagem (SUGUIO & BIGARELLA, 1990). Os quais para Christofolletti (1980, p. 103) “[...] referem-se ao arrançamento 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.”

De acordo com a classificação dos padrões de drenagem, por meio do critério geométrico da distribuição espacial dos rios e seus tributários, obtém-se os seis tipos principais: dendrítico ou arborescente, treliça, retangular, paralelo, radial, anelar e irregular (CHRISTOFOLETTI, 1980; SUGUIO & BIGARELLA, 1990).

O primeiro pesquisador que propôs a classificação dos cursos de água foi Robert E. Horton, sistema de classificação que posteriormente foi modificado por Arthur N. Strahler (CHRISTOFOLETTI, 1980; SUGUIO & BIGARELLA 1990).

Conforme a classificação proposta por Strahler (SUGUIO & BIGARELLA, 1990) identificam que os canais classificados como de primeira ordem não possuem tributários, os de segunda ordem recebem somente canais de primeira ordem, os de terceira ordem recebem tributários de segunda ordem e ordem inferior, e os de quarta ordem recebem afluentes de terceira ordem e de ordem inferior.

A classificação da bacia de drenagem, da hierarquia fluvial e do padrão de drenagem ocorreu por meio das cartas topográficas Arapuá Folha SF 22 V-B-IV, MI 2592, e Três Lagoas Folha SF 22 V-B-V, MI 2593 – 1981.

### **2.5.2 Elaboração dos perfis longitudinal e transversal**

Os perfis longitudinal e transversal são importantes para auxiliar na identificação e compreensão dos processos atuantes na dinâmica fluvial ao longo do canal e na dinâmica das vertentes.

Por meio de imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) de resolução de 90m e auxílio de um editor gráfico, foram elaborados o perfil longitudinal, acompanhando o canal do Córrego Arapuá, desde sua nascente até atingir sua foz, e os perfis transversais das vertentes, o primeiro localizado próximo à nascente e outro próximo à foz. Esse procedimento foi realizado por César Cardoso Ferreira junto ao Laboratório de Sensoriamento Remoto Aplicado (LA-SER/CPTL/UFMS).

A impossibilidade do acompanhamento fiel do leito do canal no momento da confecção do perfil longitudinal, terminou por gerar algumas irregularidades, entretanto estas foram desconsideradas para a interpretação final do perfil do canal.

### **2.5.3 Reconhecimento da área de estudo e escolha dos pontos de amostragem**

Para o desenvolvimento do trabalho foram realizadas 4 saídas a campo, as duas primeiras foram realizadas em 16 de julho e 19 de setembro de 2009, e tiveram por objetivo realizar o reconhecimento da área da bacia do Córrego Arapuá. As duas posteriores, ocorreram respectivamente, em 27 de fevereiro e 21 de agosto de 2010, em que foram coletados sedimentos do leito e água para determinação da carga sedimentar em suspensão, além de obtenção de dados referentes à largura do canal, velocidade de fluxo e profundidade, em 5 pontos de amostragem, distribuídos da nascente à foz no canal principal do Córrego Arapuá e seus afluentes.

A escolha dos locais de amostragem dos sedimentos ocorreu nos 2 primeiros trabalhos de campo, em que foram considerados as características do canal e o uso e ocupação das vertentes.

### **2.5.4 Medida de profundidade e largura do canal, velocidade do fluxo e vazão**

Foram conseguidas por medidas diretas no meio do canal, no mesmo local onde foram amostrados os materiais de fundo e em suspensão e as velocidades do fluxo, com auxílio de um aparelho de molinete, e a profundidade e a largura da seção, com o auxílio de uma trena flexível e uma régua metálica graduada de acordo com o procedimento descrito por Rocha (2002).

A partir dos dados obtidos nessa etapa foi possível estimar a vazão nos pontos de amostragem, nos 2 períodos. A vazão é obtida multiplicando a área da seção transversal pela velocidade média. Porém faz-se necessário a realização da batimetria do canal, para a obtenção dos valores de profundidade e de velocidade de uma margem a outra, assim tornando possível calcular de maneira precisa a vazão na seção transversal (CUNHA, 2009).

No presente trabalho a vazão foi calculada como se o rio tivesse simetria no perfil transversal, considerando-se que as profundidades ao longo da seção se mantêm iguais, de uma margem a outra, como à que se mediu no meio do canal. Portanto, todos os valores de vazão apresentam o mesmo erro, o que torna possível a comparação.

### **2.5.5 Amostragem dos sedimentos de fundo**

Em trabalhos científicos, para que os mesmos tenham sucesso, são de fundamental importância o estabelecimento de critérios, a escolha dos materiais e procedimentos adequados a serem adotados não só nos trabalhos em laboratório e gabinete, como também nas atividades de campo, uma vez que, se a coleta de materiais no campo não for adequada, os dados finais ficarão prejudicados, o que comprometerá os resultados do trabalho. Suguio (1973) identifica 2 princípios distintos de funcionamento dos pegadores de sedimentos de fundo para sistemas lacustres, marinhos e fluviais.

O primeiro é o amostrador de mandíbula, constituído de 2 pratos de metal articulados, semelhantes às pás de uma escavadora mecânica. Funciona com a força de seu próprio peso e com os pratos abertos, pressiona-se sobre a área de sedimento, em seguida os pratos se fecham e o equipamento é recolhido à superfície (SUGUIO, 1973).

O segundo utiliza uma caixa, com abertura no fundo, por onde o sedimento é coletado. Após esta etapa a caixa amostradora é fechada e recolhida. A vantagem de se utilizar o método da caixa de amostragem é que este, ao contrário dos pratos de metal, preserva a estrutura original da amostra, possibilitando que se estude a petrografia e a estratificação dos sedimentos (SUGUIO, 1973). No entanto, não é objetivo nesse trabalho estudar a petrografia e a estratigrafia dos sedimentos, portanto, não utilizou-se dessa técnica de amostragem.

Após a escolha dos pontos de amostragem, conforme recomendação de Suguio (1973) foi realizada a coleta de sedimentos de fundo por meio de um amostrador de mandíbula do tipo *Van-Veenn*, com auxílio de uma sustentação.

### **2.5.6 Amostragem dos sedimentos em suspensão**

Para o material em suspensão, utilizou-se amostragem em superfície, por meio de garrafas de 600ml, de boca fina, as quais, antes de serem utilizadas no procedimento de amostragem, passaram por lavagem com a água do próprio canal, na sequência foram mergulhadas contra a correnteza no canal, tendo o gargalo obstruído manualmente. Em seguida, o gargalo foi liberado para o enchimento das garrafas.

Durante a coleta do material em suspensão, tomou-se cuidado quanto à profundidade do canal, uma vez que, em ambientes mais rasos, como é o caso do canal do Córrego Arapuá, se a amostra for realizada próxima ao fundo, corre-se o risco de amostrar material em saltação, que faz parte da carga de fundo e não em suspensão.

### 2.5.7 Análise sedimentológica em laboratório

O material coletado passou pelo processo de secagem em local aberto e arejado até que a umidade fosse totalmente seca; em seguida, já em laboratório, as amostras foram destorroadas com o auxílio de um almofariz de louça e pistilo emborrachado.

Na sequência foram pesados 100 g que passaram por análise granulométrica por peneiramento a seco, com auxílio de um jogo de peneiras na escala proposta por Wentworth (1922) e agitador, por um período de 10 minutos.

Após a etapa anterior, as peneiras foram removidas e as partículas retidas nas malhas foram retiradas e pesadas para obtenção da porcentagem de cada classe granulométrica (SUGUIO, 1973; FERNANDEZ *et. al.*, 2000).

Após a coleta da água, as garrafas foram alojadas em locais refrigerados, para evitar o desenvolvimento de organismos, o que influenciaria nos valores dos Sólidos Suspensos Totais (SST). Posteriormente, o material passou pelo processo de filtração com bomba a vácuo, em que foram utilizados filtros de fibra de vidro de 47mm, acoplados a 2 suportes para alíquotas de 250ml de amostras de água.

Para se evitar possíveis alterações nos filtros, como por exemplo, o seu rompimento, fato que comprometeria a amostragem, utilizou-se a contraprova para cada uma das amostras. Posteriormente os filtros foram encaminhados para a estufa onde permaneceram durante 1 hora à temperatura de 105° C, para que toda a umidade fosse removida.

Em etapa posterior, as concentrações totais de materiais em suspensão foram obtidas por diferença entre os pesos dos filtros, antes e após a filtração, com o auxílio de balança de precisão.

### 2.5.8 Análise estatística

Após a obtenção das concentrações dos **sedimentos em suspensão**, os dados foram tratados estatisticamente, associados à vazão de cada seção, de modo a estabelecer a relação quantitativa entre as variações da velocidade do fluxo e as concentrações dos materiais em suspensão.

Os dados granulométricos do leito foram tratados estatisticamente por meio dos softwares *Grânulo*<sup>12</sup> e Excel (FERNANDEZ *et. al.*, 2000; ROCHA, 2002; QUEIROZ *et.*

---

<sup>12</sup> Software utilizado para tratar os dados granulométricos de fundo, por meio do qual são obtidos os parâmetros sedimentológicos.

*al.*, 2005; QUEIROZ & ROCHA, 2006; QUEIROZ & ROCHA, 2010), possibilitando relacionar os parâmetros hidrossedimentológicos, representados pelas variáveis de granulometria média, grau de assimetria, grau de seleção e grau de curtose, com as velocidades de fluxo no canal (SUGUIO, 1973; CRUZ *et. al.*, 1985; PONÇANO, 1986; FERNANDEZ *et. al.*, 2000; FERNANDEZ, 2003; ROCHA, 2002; ALMEIDA & ROCHA, 2004; QUEIROZ *et. al.*, 2005; ALMEIDA *et. al.*, 2006; QUEIROZ & ROCHA, 2006; QUEIROZ & ROCHA, 2010).

As amostras dos **sedimentos de fundo** foram classificadas quantitativamente e qualitativamente, de acordo com os parâmetros estatísticos de medida de tendência central, representada pela granulometria média; e medidas de dispersão representadas, pelo grau de assimetria, grau de seleção e o grau de curtose; conforme propostos por Folk & Ward (1957).

A **medida de tendência central** é responsável por identificar a classe granulométrica mais frequente na amostra (SUGUIO, 1973), configurando-se em uma variável de extrema relevância no processo de avaliação qualitativa e quantitativa das amostras dos sedimentos.

Assim, considerando a dinâmica hidrossedimentológica, “[...] a granulação média de um sedimento é de interesse porque indica a ordem de magnitude dos tamanhos das partículas” (SUGUIO, 1973, p. 77). A medida de tendência central utilizada no trabalho é a granulometria média.

A utilização do termo **granulometria média** está associada à medida do diâmetro dos grãos dos sedimentos, o que permite comparar amostras coletadas em pontos variados relacionando-os ao sentido de transporte dos sedimentos ao longo de um rio ou praia (SUGUIO, 1973), tornando assim possível relacionar a média granulométrica com as velocidades de fluxo no momento da amostragem.

A granulometria média dos sedimentos é classificada de acordo com a escala proposta por Wentworth (1922) (Tabela 1).

Portanto, o parâmetro da granulometria média representa o tamanho médio dos sedimentos coletados em cada seção de amostragem. Variável que, de acordo com Ponçano (1986), é empregada com o intuito de identificação das áreas que sofrem influência de ambientes fluviais e marinhos, para determinação de suas áreas fontes, as quais se associam à dinâmica do fluxo de energia atuante entre o meio de transporte e o sedimento.

As **medidas de dispersão** representam o espalhamento dos dados da amostra entorno da tendência central, os quais podem ser associados à estrutura geológica presente na área (SUGUIO, 1973).

**Tabela 1:** Granulometria média

ESCALA (mm)	ESCALA ( $\Phi$ )	CLASSIFICAÇÃO
4 a 3	-3 a -2	Seixos
3 a 2	-2 a -1	Grânulos
2 a 1	-1 a 0	Areia muito grossa
1 a 0.5	0 a 1	Areia grossa
0.5 a 0.25	1 a 2	Areia média
0.25 a 0.125	2 a 3	Areia fina
0.125 a 0.062	3 a 4	Areia muito fina
< 0.062	4 a 8	Silte e Argila

Fonte: Wentworth (1922).

Os agentes geológicos atuam no processo de seleção dos sedimentos, podendo se manifestar nestes pelo grau de selecionamento do calibre das partículas (SUGUIO, 1973).

Aparentemente, os sedimentos constituídos por uma classe granulométrica, seria considerado a seleção perfeita, no entanto em condições naturais essa medida irá sofrer alterações associadas principalmente às condições do fluxo no canal. Assim, as medidas de dispersão das frequências granulométricas podem ser consideradas como importante variável para o reconhecimento da origem dos depósitos sedimentares (SUGUIO, 1973). As medidas de dispersão utilizadas no trabalho são o grau de assimetria, grau de seleção e grau de curtose.

Para Suguio (1973), o **grau de assimetria** deve ser avaliado pois duas curvas de frequência podem apresentar os mesmos valores para a granulometria média e o grau de dispersão, entretanto podem possuir graus de assimetria distintos.

Dessa forma, faz-se necessário ter “[...] uma medida de tendência dos dados de se dispersarem de um ou do outro lado da média. Este parâmetro é denominado de grau de assimetria e, como pode ocorrer à direita ou à esquerda do diâmetro médio, assume valores positivos ou negativos. [...]” (SUGUIO, 1973, p. 78).

As curvas com assimetria positiva e as com assimetria negativa, apresentam desvios em sentidos opostos, a escolha desse sentido é convencional (SUGUIO, 1973), ficando a critério do pesquisador, porém tal fato deve estar claro no texto.

No presente trabalho foi adotado para distinção entre as curvas com assimetria negativa e as com assimetria positiva a escala proposta por Folk & Ward (1957) (Tabela 2).

**Tabela 2:** Grau de assimetria

<b>INTERVALOS</b>	<b>CLASSIFICAÇÃO</b>
<b>-1,00 e -0,30</b>	<b>Assimetria muito negativa</b>
<b>-0,30 e -0,10</b>	<b>Assimetria negativa</b>
<b>-0,10 e +0,10</b>	<b>Aproximadamente simétrica</b>
<b>+0,10 e +0,30</b>	<b>Assimetria positiva</b>
<b>+0,30 e +1,00</b>	<b>Assimetria muito positiva</b>

Fonte: Folk & Ward (1957, p. 14).

O parâmetro grau de assimetria configura-se na comparação entre os valores das medidas de tendência central: moda, mediana e média. Quando os valores das medidas de tendência central são iguais para determinada amostra de sedimentos, a mesma é classificada como simétrica, já quando eles diferem uns dos outros, há assimetria.

A avaliação de dados sedimentológicos é utilizada com o intuito de identificar as áreas onde prevalecem os processos de deposição e de remoção seletiva dos sedimentos.

Considerando a escala de Folk & Ward (1957), em locais onde predominam os processos deposicionais, diz-se que está ocorrendo a assimetria positiva, já nas áreas onde prevalece a remoção seletiva está atuante a assimetria negativa (DUANE, 1964), o que indica uma significativa atuação de correntes de fundo (PONÇANO, 1986), as quais, dependendo da intensidade do fluxo, são capazes de mobilizar classes variadas de sedimentos presentes no canal.

O **grau de seleção** ou desvio padrão é utilizado para identificar a competência dos agentes atuantes na área em selecionar o calibre dos sedimentos encontrados no canal, em que uma amostra bem selecionada expressa a existência de baixo grau de dispersão, enquanto uma amostra pobremente selecionada expressa alto grau de dispersão dos valores granulométricos dos sedimentos estudados (Tabela 3).

De acordo com Ponçano (1986, p. 16), tal variável relaciona-se “[...] a fatores gerais como, por exemplo, ao retrabalhamento de depósitos de dunas. Em linhas gerais, o grau de seleção nessas interpretações parece refletir mais características prévias que as condições que prevalecem durante a sedimentação nos locais amostrados.”

**Tabela 3:** Grau de seleção

<b>INTERVALOS</b>	<b>CLASSIFICAÇÃO</b>
<b>&lt; 0,35</b>	<b>Muito bem selecionado</b>
<b>0,35 e 0,50</b>	<b>Bem selecionado</b>
<b>0,50 e 1,00</b>	<b>Moderadamente selecionado</b>
<b>1,00 e 2,00</b>	<b>Pobrememente selecionado</b>
<b>2,00 e 4,00</b>	<b>Muito pobrememente selecionado</b>
<b>&gt; 4,00</b>	<b>Extremamente mal selecionado</b>

Fonte: Folk & Ward (1957, p. 13).

O parâmetro **curtose** ou grau de agudez do pico está associado à diferença entre a altura de um determinado calibre em relação aos outros calibres de sedimentos presentes na amostra, representados pelo grau de espalhamento dos sedimentos em uma curva de frequência granulométrica.

Para Suguio (1973), curvas com o mesmo grau de assimetria podem apresentar diferentes graus de agudez dos picos, representadas pelos valores de curtose. Os valores representativos do grau de curtose foram classificados com base nos intervalos apresentados por Folk & Ward (1957) (Tabela 4).

**Tabela 4:** Grau de curtose

<b>INTERVALOS</b>	<b>CLASSIFICAÇÃO</b>
<b>&lt; 0,67</b>	<b>Muito platicúrtica</b>
<b>0,67 e 0,90</b>	<b>Platicúrtica</b>
<b>0,90 e 1,11</b>	<b>Mesocúrtica</b>
<b>1,11 e 1,50</b>	<b>Leptocúrtica</b>
<b>1,50 e 3,00</b>	<b>Muito leptocúrtica</b>
<b>&gt; 3,00</b>	<b>Extremamente leptocúrtica</b>

Fonte: Folk & Ward (1957, p. 15).

As distribuições leptocúrticas podem indicar remoção dos sedimentos por meio da ação das correntes de fundo, as distribuições platicúrticas podem indicar mistura de populações diferentes (PONÇANO, 1986; FERNANDEZ, 2003; ALMEIDA *et. al.*, 2006). E, as distribuições mesocúrticas indicam que as classes se encontram significativamente separadas (ALMEIDA & ROCHA, 2004; ALMEIDA *et. al.*, 2006).

## CAPÍTULO 3 – ÁREA DE ESTUDO

### 3.1 Características Gerais

A área de estudo, a bacia do Córrego Arapuá e seu entorno, está inserida na borda oeste da Bacia Sedimentar do Paraná, na região leste do Estado de Mato Grosso do Sul, no município de Três Lagoas.

O Córrego Arapuá é afluente da margem direita do Ribeirão Campo Triste, o qual deságua no baixo curso do Rio Sucuriú, afluente do Rio Paraná, lançando suas águas no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) Engenheiro Souza Dias (Jupiá), nas proximidades de perímetro urbano de Três Lagoas.

### 3.2 Bacia do Paraná

O Rio Paraná situa-se no centro da Bacia Sedimentar do Paraná, estrutura geológica que tem sua origem há aproximadamente 400 milhões de anos (KASHIMOTO & MARTINS, 2005), localizada na porção centro leste do continente sul-americano, ocupando uma área total de 1.600.000km<sup>2</sup>, distribuída pelos territórios dos seguintes países: Uruguai (100.000km<sup>2</sup>), Paraguai (100.000km<sup>2</sup>), Argentina (400.000km<sup>2</sup>) e Brasil (1.000.000km<sup>2</sup>). Ocupa parte dos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Goiás (PETRI & FÚLFARO, 1983), constituindo a área drenada pelos rios Paraná, Paraguai e Uruguai, que associados formam a bacia do Rio da Prata.

A Bacia Sedimentar do Paraná é objeto de muitos estudos, dentre os quais destacam-se as ações desenvolvidas na área com o intuito de encontrar reservas de energia, nessa perspectiva podem-se citar os trabalhos de Gama Júnior *et. al.* (1982); Goulart & Jardim (1982); Silva & Vianna (1982); Ferreira (1982); Ohofugi (1982); Simon *et. al.* (1982); Yoshida & Gama Júnior (1982).

Considerando seus aspectos físicos e sociais, a área onde está a Bacia Sedimentar do Paraná, é uma das áreas mais conhecidas da América do Sul. Apesar disso, muitas dúvidas ainda pairam sobre vários aspectos, principalmente os relacionados aos processos que deram origem à sua feição, destacando-se a forma como os mecanismos de subsidência atuaram em sua evolução geológica.

O Brasil possui importantes bacias sedimentares em seu território, com destaque para as bacias do Amazonas, do Parnaíba e do Paraná, as quais são classificadas como

grandes unidades *intracratônicas*<sup>13</sup> (MENDES *et. al.*, 1972; PETRI & FÚLFARO, 1983). No entanto, esta área foi primeiramente classificada como um *geossinclinal*<sup>14</sup> antigo (LOCZY, 1966).

O processo de gênese e evolução da área está associado aos decorrentes movimentos tectônicos presentes durante o processo de configuração da plataforma sul-americana; além da influência dos fatores associados à presença de estruturas falhadas na área, os quais proporcionaram o arqueamento da região e conseqüentemente o desencadeamento das atividades deposicionais no centro da plataforma sul-americana, originando a feição atual da bacia (LOCZY, 1966; FÚLFARO *et. al.*, 1982).

A Bacia Sedimentar do Paraná é “[...] uma bacia intracratônica simétrica, com maior eixo aproximadamente na direção norte-sul, preenchida por cerca de 5000 m de sedimentos paleozóicos, mesozóicos, lavas basálticas e, em alguns locais, formações cenozóicas” (BRITO, 1979, p. 143).

A Bacia Sedimentar do Paraná apresenta estrutura de suas camadas do tipo concordante horizontal (PENTEADO, 1974). A distribuição sedimentar dá-se por rochas do Pré-Cambriano e Paleozóico Inferior, tendo início nos “[...] terrenos silurianos do Paraguai e com os sedimentos do Grupo Paraná que englobam as formações Furnas e Ponta Grossa de idade Devoniana. [...]” Posteriormente, surgem os depósitos sedimentares Permocarboníferos do Grupo Tubarão, cuja sequência inferior da estratigrafia é constituída pelo Subgrupo Itararé e em nível superior a presença do Subgrupo Guatá. Em continuação encontram-se as formações de idade Permiana, representadas pelo Grupo Passa Dois (BRITO, 1979, p. 144).

No Permocarbonífero a área da bacia caracterizou-se por um período de compensação isostática, causada pelo degelo, que marcou o início dos processos de elevação da bacia e de sedimentação em ambiente de deserto. Associados ao processo de sedimentação vieram os derrames basálticos que proporcionaram um novo estágio de compensação isostática, provocando seu afundamento e dando início à sedimentação da Formação Bauru, sob a alteração de ambiente seco para chuvoso (RUIZ, 1963).

---

<sup>13</sup> “São grandes áreas continentais que sofreram pouca, ou nenhuma, deformação, desde o Pré-Cambriano, há cerca de 570 milhões de anos. Os cratóns podem ser subdivididos em duas grandes áreas: uma central, conhecida por escudo, que é bastante instável, e uma plataforma marginal, formada por rochas sedimentares, que sofreram pequena movimentação, ou apresentam camadas sedimentares horizontais, que recobrem o escudo Pré-Cambriano” (GUERRA & GUERRA, 2001, p. 167).

<sup>14</sup> “Depressão alongada onde os sedimentos, por efeito da subsidência, acarretaram um afundamento progressivo no decorrer dos tempos geológicos, permitindo assim a acumulação de grandes espessuras de materiais” (GUERRA & GUERRA, 2001, p. 321).

As superfícies constituídas por “[...] terrenos Mesozóicos mais antigos, de idade Triássica ou atribuídos a esse período geológico, são denominadas de Formação Pirambóia, que ocorre em grande área da bacia, e Formação Santa Maria, restrita ao Rio Grande do Sul. [...]” Dá-se sequência com os depósitos do Grupo São Bento, representado na parte inferior pela Formação Botucatu e na parte superior por derrames basálticos da Formação Serra Geral e pela Formação Caiuá, as quais possuem idades oscilando entre o Triássico e o Cretáceo. Acima do Grupo São Bento encontra-se a Formação Bauru, de idade atribuída ao Cretáceo Superior (BRITO, 1979, p. 144).

### **3.2.1 Rio Paraná**

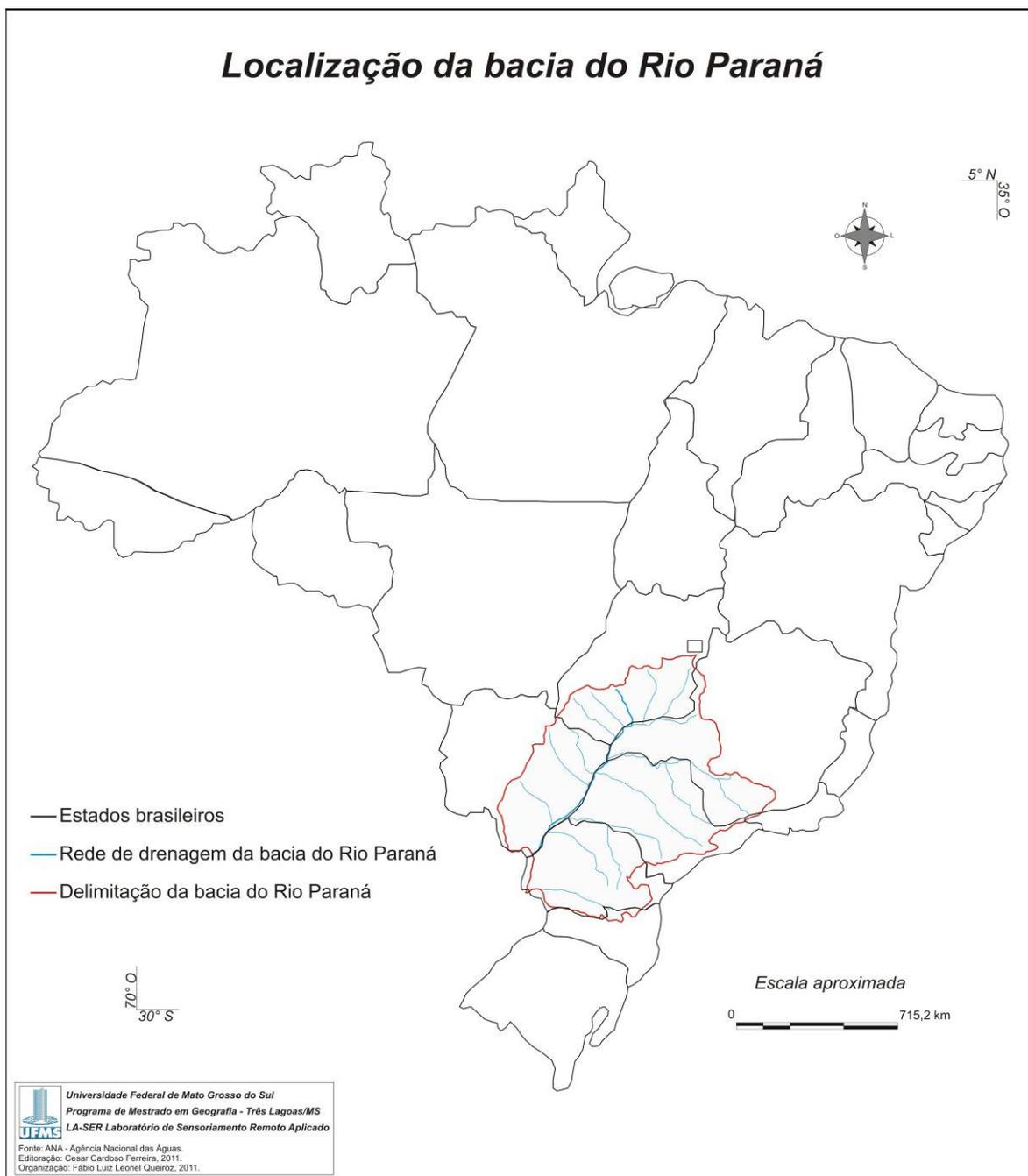
A denominação de Rio Paraná deriva dos termos em Tupi-Guarani *Pará-nã* e *Pará-ná*, que significam semelhante ao mar, enorme, imenso (KASHIMOTO & MARTINS, 2005).

O Rio Paraná (Figura 1) é um rio internacional; da nascente no Planalto Central, até atingir a foz, no estuário do Rio da Prata, percorre um trecho de aproximadamente 4.000km (CUNHA, 2006), drenando uma área de 2.800.000km<sup>2</sup> (STEVAUX, 1994). Da nascente até atingir sua foz, passa por rochas sedimentares e vulcânicas, das bacias sedimentares do Paraná e do Chaco, cujas bordas se constituem pela encosta leste dos Andes e por rochas Pré-Cambrianas do Escudo Brasileiro do Norte e Leste (PETRI & FÚLFARO, 1983).

Em linhas gerais, o relevo da bacia hidrográfica do Paraná é caracterizado pela presença de chapadões tabulares dispostos “[...] em patamares, elevados e altitudes moderadas, constituídas por sedimentos sub-horizontais associados a lavas basálticas” (RUIZ, p. 03, 1963).

A bacia do Rio Paraná se apresenta como a principal área do território brasileiro responsável pela produção de energia hidrelétrica, com destaque para as usinas de Ilha Solteira, Engenheiro Souza Dias (Jupia), Engenheiro Sergio Motta (Porto Primavera) e Itaipu, todas localizadas no alto curso do Rio Paraná, além de outras que estão em funcionamento em seus principais afluentes, rios Grande, Paranaíba e Tietê.

Quando consideramos a distribuição populacional e a concentração industrial, a bacia hidrográfica do Paraná configura-se como uma das áreas mais antropizadas do território nacional, nessa área encontra-se um elevado adensamento populacional e conseqüentemente, importantes centros urbanos.



**Figura 1:** Localização da bacia do Rio Paraná.

A bacia do Rio Paraná, considerando seus aspectos regionais de geologia, geomorfologia e morfometria, é compartimentada em bacia do Alto Rio Paraná, bacia do médio Rio Paraná e bacia do baixo Rio Paraná.

O curso superior do Rio Paraná compreende o trecho que vai da nascente, nos rios Grande (Serra do Mar) e Paranaíba (Serra da Mantiqueira), até o limite superior do reservatório de Itaipu, em Guairá/PR.

O curso médio tem início a partir do seccionamento da UHE Itaipu, próximo da cidade de Foz do Iguaçu/PR, estendendo-se, segundo Tucci (2004), até as proximidades da cidade Argentina de Diamante, onde tem início seu baixo curso.

### **3.2.2 Bacia do alto Rio Paraná**

Com base em registros arqueológicos obtidos durante escavações na região de Porto Primavera/PR, associadas à construção da Usina Hidrelétrica Sérgio Motta (Porto Primavera), estima-se que o processo de ocupação humana da bacia do alto Rio Paraná por comunidades de coletores, caçadores e pescadores, ao longo de seus principais rios, data de aproximadamente 6.000 anos. No entanto, sua procedência, seu perfil cultural e físico ainda são desconhecidos, fato que remete ao desenvolvimento de novas investigações arqueológicas na área (KASHIMOTO & MARTINS, 2005).

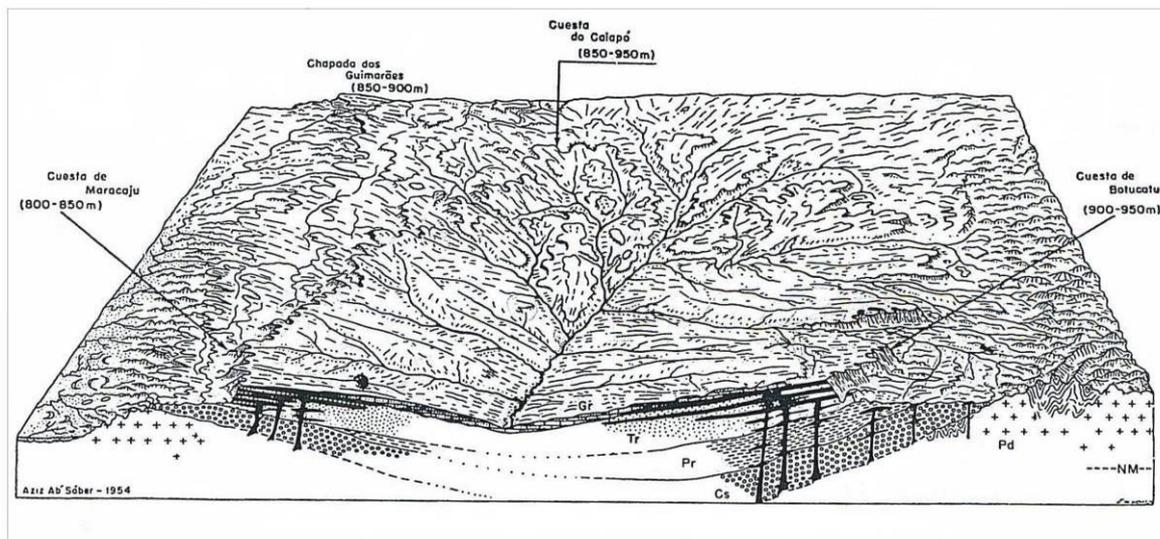
No século XVI, a dinâmica indígena na região se caracterizou pela intensificação do processo de acomodação espacial e étnica, provocado pela pressão exercida pelos colonizadores portugueses e espanhóis na região, uma vez que durante o período colonial, por meio do Tratado de Tordesilhas, parte do território da bacia do alto Rio Paraná pertencia à Espanha, contribuindo para o acirramento das tensões étnicas na área (KASHIMOTO & MARTINS 2005).

O alto Rio Paraná apresentou-se historicamente como uma importante via de acesso ao interior do território que hoje pertence ao Brasil, além de se configurar como área foco de conflitos entre colonizadores e indígenas, motivados principalmente pelas tentativas de subjugar os indígenas ao domínio colonial, servindo como fonte de mão-de-obra (KASHIMOTO & MARTINS, 2005).

Atualmente configura-se em uma das áreas mais importantes do território nacional do ponto de vista de concentração industrial, populacional e econômica (CUNHA, 2006). A utilização não racional dos seus recursos causou, e ainda causa, profundas alterações em sua dinâmica natural, representadas principalmente pelos processos de degradação que envolve a qualidade dos recursos hídricos, entre eles destacam-se a poluição dos corpos d'água por resíduos urbanos, industriais e agropecuários, e o assoreamento dos canais fluviais, fato diretamente associado a outro problema ambiental, que é o processo de desmatamento.

A bacia hidrográfica do Paraná que está inserida em terrenos da Bacia Sedimentar do Paraná possui como limites em seu alto curso, as áreas de maiores altitudes

representadas pela Chapada dos Guimarães e pela Serra do Mar, de Maracajú e Caiapó, sendo as duas últimas os divisores de águas com a bacia hidrográfica do Paraguai (Figura 2).



**Figura 2:** Bloco diagrama da bacia do alto Rio Paraná.  
Fonte: Ab'Sáber (1972).

O substrato geológico regional é constituído por basaltos da Formação Serra Geral, localizados à montante, até a região de Três Lagoas, e à jusante do município de Guaíra/PR, para o sul, e arenitos das formações Santo Anastácio e Caiuá, pertencentes ao Grupo Bauru (SOUZA FILHO & STEVAUX, 1997).

Os diferentes substratos geram características distintas à calha do rio; onde há a presença de basalto o Rio Paraná possui vale estreito, com corredeiras e saltos, e nas áreas onde afloram os arenitos apresenta vale amplo e águas calmas (SOUZA FILHO & STEVAUX, 1997).

Ao longo do curso dos principais rios que constituem a bacia do alto Rio Paraná – rios Paraná, Paranaíba, Tietê, Grande, Paranapanema, Ivinheima, Verde, Peixe, Sucuriú, etc. –, em uma distância de até 50km da calha dos rios, registra-se a ocorrência de depósitos de materiais granulares, formando os chamados cascalheiros, que se destacam na paisagem topográfica, pois, muitas vezes, se apresentam em formas de terraços fluviais (GUIDICINI, 1973).

Guidicini (1973) identificou na bacia do alto Rio Paraná, com base na morfologia de ocorrência de materiais naturais granulares seis unidades: os terraços altos (terraços de

topo de morro), os terraços e depósitos de meia encosta, os terraços baixos, os depósitos de várzeas de inundação, os depósitos de leito de rio e os casos especiais.

Apesar de muitas vezes esses depósitos de cascalhos serem atribuídos a períodos úmidos, Guidicini & Fernandes da Silva (1972) e Guidicini (1973) explicaram que a hipótese mais provável para a gênese, transporte e deposição desses cascalhos está relacionada a processos de epirogenismo positivo, combinados a um clima seco, caracterizado por chuvas torrenciais, e conseqüentemente a presença de reduzida cobertura vegetal, o que facilitaria a remoção mecânica de materiais, os quais foram trabalhados pela ação da água e na seqüência depositados, formando as cascalheiras.

Nas proximidades dos principais canais fluviais, entre eles os rios Paraná, Sucuriú e Verde, têm-se a presença de Formações de Influência Fluvial (SEPLAN, 1990). No entanto, nota-se que as mesmas apresentam-se bastante degradadas, cedendo lugar para as práticas antrópicas, representadas principalmente pela pecuária e silvicultura.

### **3.2.2.1 Planície fluvial do alto Rio Paraná**

A planície fluvial do alto Rio Paraná ou unidade Rio Paraná (SOUZA FILHO & STEVAUX, 1997; STEVAUX *et. al.*, 1997) tem despertado o interesse de muitos pesquisadores, refletindo-se nos inúmeros trabalhos científicos desenvolvidos nessa área, com destaque para as pesquisas realizadas junto à Universidade Estadual de Maringá.

A unidade Rio Paraná, encontrada a partir da região de Três Lagoas, possuía inicialmente 480km de extensão e largura máxima de 20km. Atualmente, associado aos processos de barramentos localizados junto ao Rio Paraná, restam menos de 230km, começando a partir da Usina Hidrelétrica Sérgio Motta (Porto Primavera) estendendo-se até a parte superior do reservatório da Usina Hidrelétrica de Itaipu (AGOSTINHO & ZALENSKI, 1996).

A área é considerada um imenso complexo paisagístico, sofrendo influência de diferentes sistemas, que se interconectam e interagem por meio das inundações, causando assim modificações sazonais no sistema rio-planície de inundação, alterando as características físico-químicas das águas tanto nos ambientes *lóticos*<sup>15</sup> como também nos ambientes *lênticos*<sup>16</sup> da planície, permitindo assim que organismos adentrem em corpos anteriormente isolados para se alimentarem e se reproduzirem (COMUNELLO, 2001).

---

<sup>15</sup> Sistemas aquáticos de águas correntes. Ex: rios.

<sup>16</sup> Sistemas aquáticos sem movimento longitudinal de água. Ex: lagos.

A região é caracterizada por apresentar um grande número de lagoas que durante as cheias se interconectam com os canais ativos da planície (canal Curutuba e rios Baía e Ivinheima), deixando de ser ambientes lênticos e tornando-se semi-lênticos, processo que apresenta considerável importância no que diz respeito ao processo produtivo dos seres aquáticos, uma vez que esta é uma área de reprodução (QUEIROZ & ROCHA, 2010).

Apesar da área da planície ser considerada como um importante ecossistema regional, com características particulares e, portanto, configura-se em uma área de extrema importância do ponto de vista da preservação; é possível identificarmos 3 conjuntos de atividades econômicas impactantes na área, a agropecuária (Figura 3A e B), o extrativismo e os barramentos (COMUNELLO, 2001).

Atualmente, encontra-se na área da planície, no Estado de Mato Grosso do Sul, a jusante da Usina Hidrelétrica Engenheiro Sérgio Mota (Porto Primavera), junto ao Rio Ivinheima, uma área de preservação – o Parque Estadual das Várzeas do Rio Ivinheima (QUEIROZ & ROCHA, 2010).

Criado pelo decreto nº 9.278 de 17 de dezembro de 1998, o Parque Estadual das Várzeas do Ivinheima, como medida compensatória aos impactos ambientais gerados pela instalação da Usina Hidrelétrica Engenheiro Sérgio Motta (Porto Primavera), ocupa uma área de 73.300.000 hectares, distribuída pelos municípios sul-mato-grossenses de Naviraí, Jateí e Taquarussu (SEMA/MS, 2005). Fato que gerou a desapropriação e indenização das propriedades localizadas na área, comandado pelas Centrais Energéticas de São Paulo (CESP).



**Figura 3:** Atividades desenvolvidas no Parque Estadual das Várzeas do Rio Ivinheima. (A) Área destinada a pastagem; (B) Rebanho bovino. Foto: Fábio Queiroz

### 3.3 Bacia do Rio Sucuriú

O Rio Sucuriú (Figura 4) possui suas nascentes na área limítrofe entre os estados de Mato Grosso do Sul e Goiás, no município sul-mato-grossense de Costa Rica (SEPLAN, 1990; PAGOTTO *et. al.*, 2006) que o configura em uma drenagem pertencente somente ao Estado de Mato Grosso do Sul.

O Rio Sucuriú e seus afluentes drenam terras dos municípios de Costa Rica, Figueirão, Três Lagoas, Água Clara, Inocência, Chapadão do Sul, Cassilândia e Selvíria (SEPLAN, 1990), configurando-se em uma drenagem de importância significativa no contexto regional da porção leste de Mato Grosso do Sul.

Percorrem terrenos da Bacia Sedimentar do Paraná, até atingir sua foz nas proximidades da cidade de Três Lagoas, na área do reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) Engenheiro Souza Dias (Jupiá), no Rio Paraná, e sofre, portanto, a influência direta da dinâmica do enchimento e esvaziamento do reservatório, fato que está associado à dinâmica pluviométrica nas áreas de montante da bacia hidrográfica.

Possui suas nascentes na Região dos Chapadões Residuais da Bacia do Paraná, superfície caracterizada por relevos residuais de topos planos, os quais apresentam as altitudes mais elevadas do Estado de Mato Grosso do Sul (SEPLAN, 1990).

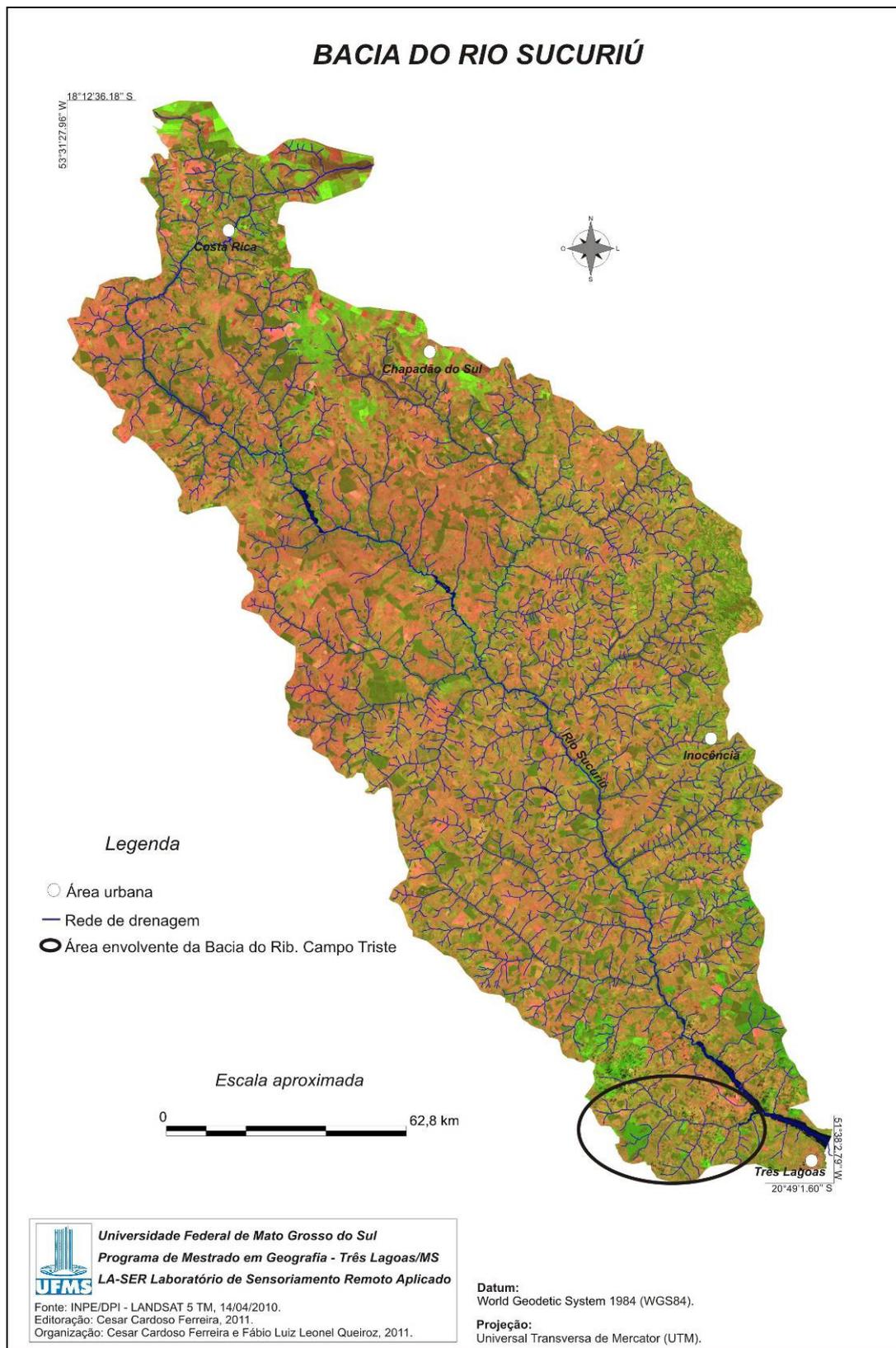
Na Região dos Chapadões Residuais da Bacia do Paraná, a nascente principal do Rio Sucuriú, mais especificamente, está localizada na unidade geomorfológica do Chapadão das Emas. Constituída por uma extensa superfície plana com altitudes entre 860 e 870m (SEPLAN, 1990).

Em sua margem direita, desde as proximidades da cidade de Costa Rica e estendendo-se até as nascentes do Ribeirão Campo Triste, no município de Três Lagoas, tem-se a presença da unidade geomorfológica das Rampas Arenosas dos Planaltos Interiores. A partir do Ribeirão Campo Triste percorre terrenos da unidade geomorfológica dos Divisores Tabulares dos rios Verde e Pardo (SEPLAN, 1990).

Na margem esquerda, desde a nascente até a foz, a maior parte das terras drenadas pertence à unidade geomorfológica dos Divisores Tabulares dos rios Verde e Pardo. No entanto, alguns dos afluentes dessa margem possuem suas nascentes na unidade geomorfológica dos Patamares da Serra do Aporé (SEPLAN, 1990).

Desde as áreas de nascentes até sua foz, o Rio Sucuriú, junto ao seu canal, pode apresentar modelado de acumulação. Áreas caracterizadas por deposição sedimentar, apresentando feição de planície fluvial, estando sujeitas à inundações em períodos de cheia

(SEPLAN, 1990), onde o canal não é suficiente para abarcar o volume de água e tal superfície é utilizada como uma extensão do canal.



**Figura 4:** Bacia do Rio Sucuriú.

A cobertura pedológica da área da bacia é constituída por *Glei Pouco Húmido*<sup>17</sup>, *Solos Litólicos (Litossolos)*<sup>18</sup> e Latossolo Vermelho-Escuro junto à nascente principal. O Latossolo Vermelho-Escuro se estende pela margem esquerda do Rio Sucuriú, intercalado por *Areias Quartzosas*<sup>19</sup>, *Podzol Vermelho-Amarelo*<sup>20</sup>, Latossolo Roxo, *Terra Roxa Estruturada*<sup>21</sup> e *Podzol Vermelho-Escuro*<sup>22</sup> (SEPLAN, 1990).

Pela margem direita a cobertura pedológica predominante de *Areias Quartzosas*<sup>23</sup> até a proximidade da nascente do Ribeirão Campo Triste onde ocorre a transição para Latossolo Vermelho-Escuro. Na região da foz do Ribeirão Campo Triste no Rio Sucuriú, tem-se a presença de Planossolo (SEPLAN, 1990).

O clima da região é controlado por massas equatoriais e tropicais e possui clima tropical, alternadamente úmido e seco. Na região atua com maior frequência a massa Tropical Atlântica (ZAVATINI 1990; 1992).

A área da bacia do Rio Sucuriú inclui-se nas unidades climáticas “Bordas do Planalto Central” e “Planalto Arenito-Basáltico (alto curso do Rio Paraná)” (ZAVATINI 1990; 1992).

O clima das “Bordas do Planalto Central”, onde estão as nascentes do Rio Sucuriú, corresponde ao extremo norte do Estado de Mato Grosso do Sul. Possui relevo movimentado com altitudes podendo atingir 800m e índices pluviométricos anuais, concentrados na primavera-verão, da ordem de 1400mm a 1600mm, estando sob a forte influência das Massas Tropical Atlântica, Tropical Atlântica Continental, Tropical Continental e, em raras ocasiões, a Equatorial Continental, associadas às passagens da Frente Polar Atlântica (ZAVATINI, 1990; 1992).

O clima do “Planalto Arenito-Basáltico (alto curso do Rio Paraná)”, onde encontram-se o médio e baixo cursos do Rio Sucuriú, está sob o domínio das correntes intertropicais, com chuvas concentradas na primavera-verão. Dentro dessa unidade é possível distinguir 2 subunidades, a “Região de Paranaíba”, que apresenta índices pluviométricos anuais entre 1400 e 1600mm, e o “Vale do Verde e Baixo Sucuriú”, que apresenta índices pluviométricos anuais entre 1200 e 1400mm (ZAVATINI, 1990; 1992).

---

<sup>17</sup> Atualmente denominado por Gleissolo (EMBRAPA, 2006).

<sup>18</sup> Atualmente denominado por Neossolo (EMBRAPA, 2006).

<sup>19</sup> Atualmente denominado por Neossolo (EMBRAPA, 2006).

<sup>20</sup> Atualmente denominado por Nitossolo (EMBRAPA, 2006).

<sup>21</sup> Atualmente denominado por Nitossolo (EMBRAPA, 2006).

<sup>22</sup> Atualmente denominado por Nitossolo (EMBRAPA, 2006).

<sup>23</sup> Atualmente denominado por Neossolo (EMBRAPA, 2006).

Associada à cobertura pedológica e às condições climáticas tem-se na área da bacia do Sucuriú a predominância da Savana (Cerrado), intercalada por Floresta Estacional nas proximidades do canal principal do Rio Sucuriú, como coberturas vegetais naturais (SEPLAN, 1990), as quais apresentam-se atualmente bastante modificadas pelos processos antrópicos, associados às práticas agropecuárias, destacando-se a pecuária extensiva presente em toda área e o cultivo da soja no alto curso. Pode-se concluir que a área drenada pelo Rio Sucuriú e seus afluentes configura-se em um território bastante significativo na produção agropecuária do Mato Grosso do Sul.

### **3.3.1 Bacia do Ribeirão Campo Triste**

O Ribeirão Campo Triste está localizado na porção sudeste de Mato Grosso do Sul, no município de Três Lagoas (Figuras 4 e 5), entre as coordenadas de 51°15'36'' a 52°47'56'' W e 20°30'47'' a 20°49'00'' S.

Possui a nascente em área da Formação Adamantina, predominando no restante da bacia a presença da Formação Santo Anastácio, ambas pertencentes ao Grupo Bauru, datado do mesozóico (SEPLAN, 1990).

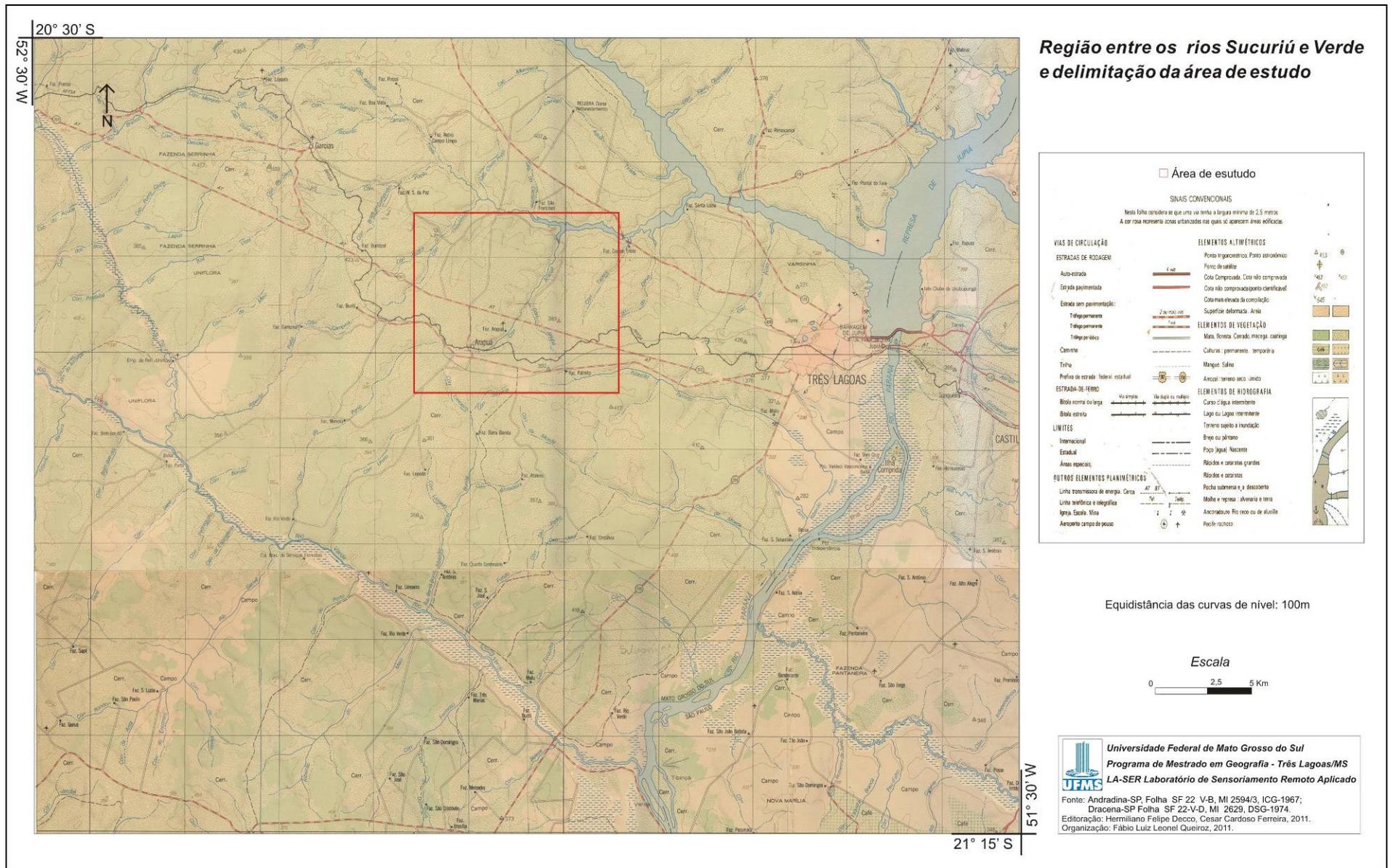
Segundo o estudo da SEPLAN (1990), a geomorfologia da área enquadra-se na Região dos Planaltos Arenítico-Basálticos Interiores, representada pela Unidade Geomorfológica dos Divisores Tabulares dos rios Verde e Pardo; unidade geomorfológica que apresenta altitudes aproximadas de 270m nas proximidades da calha do Rio Paraná e de 500m nos pontos mais elevados.

Nas áreas mais altas, junto à nascente principal, têm-se a presença de solo do tipo *Podzólico Vermelho-Escuro*<sup>24</sup>. No restante da bacia observa-se o predomínio de Latossolo Vermelho-Escuro (SEPLAN, 1990).

A ocupação da área da bacia deu-se no século XIX, com a chegada de migrantes mineiros, paulistas e goianos. Originando as extensas fazendas na área, dedicadas principalmente à pecuária extensiva, e a pouca presença de práticas agrícolas estava associada à própria subsistência dos habitantes das fazendas, estrutura que perdurou, sem grandes alterações até aproximadamente a década de 80 do século passado (SOUZA, 2007).

---

<sup>24</sup> Atualmente denominado por Nitossolo (EMBRAPA, 2006).

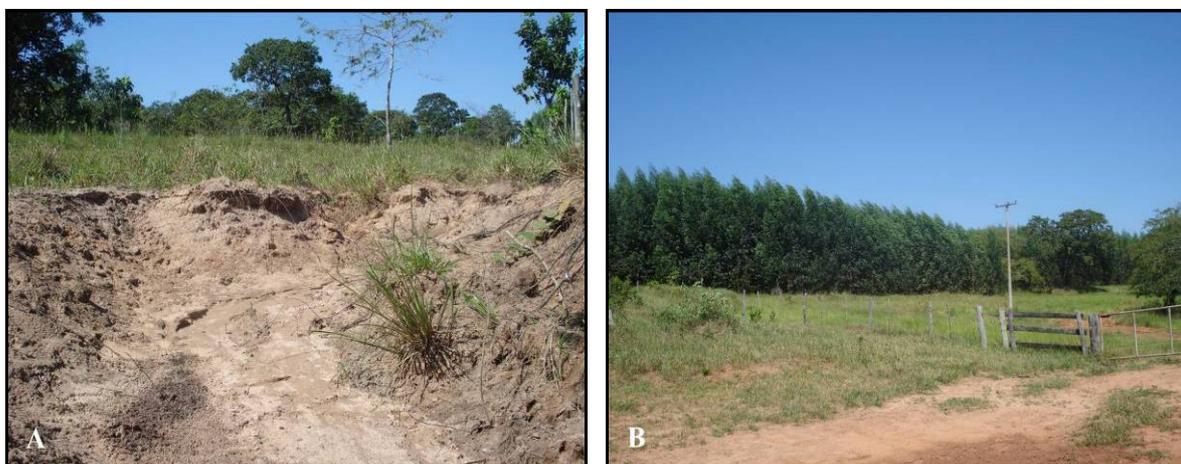


**Figura 5:** Região entre os rios Sucuriú e Verde e delimitação da área de estudo.

A partir das duas últimas décadas do século XX, as mudanças produtivas, associadas principalmente aos processos de modernização das fazendas e introdução de hortos florestais destinados ao cultivo do eucalipto, relacionada à expansão industrial no município de Três Lagoas, contribuíram para alterações no uso e ocupação do solo na área da bacia. O plantio de eucalipto na área não teve avanço, no entanto ocorreu o aumento e a propagação de loteamentos, onde são construídas residências, “ranchos”, localizados às margens dos principais rios do município, atingindo inclusive as margens do Ribeirão Campo Triste (SOUZA, 2007).

Segundo estudo de Ferreira *et. al.* (2009), com uma área total de 936,53km<sup>2</sup> a bacia do Ribeirão Campo Triste é predominantemente utilizada para pastagem, associada à forte influência da pecuária na região, fato que pode evidenciar o desencadeamento de problemas ambientais associados aos processos erosivos (Figura 6A).

Estimulado pela instalação no município da indústria de papel e celulose *International Paper* (IP) e *Votorantim Celulose e Papel* (VCP), ocorreu, a partir de 2006, a retomada do cultivo do eucalipto na bacia, fato que vem contribuindo para a promoção de alterações no uso e ocupação do solo na área (SOUZA, 2007) (Figura 6B).



**Figura 6:** Usos do solo e erosão na bacia do Ribeirão Campo Triste. (A) Processos erosivos associados a pecuária; (B) Plantio de eucalipto. Foto: Fábio Queiroz

A prática da silvicultura do eucalipto equivale a menos de 10% da área, evidenciando que a bacia apresenta pouca influência da expansão dessa cultura, fortemente desenvolvida no município de Três Lagoas, motivada pela presença de indústrias produtoras de papel e celulose instaladas na região (FERREIRA *et. al.*, 2009).

### **3.4 Área de Estudo – Bacia do Córrego Arapuá e Entorno**

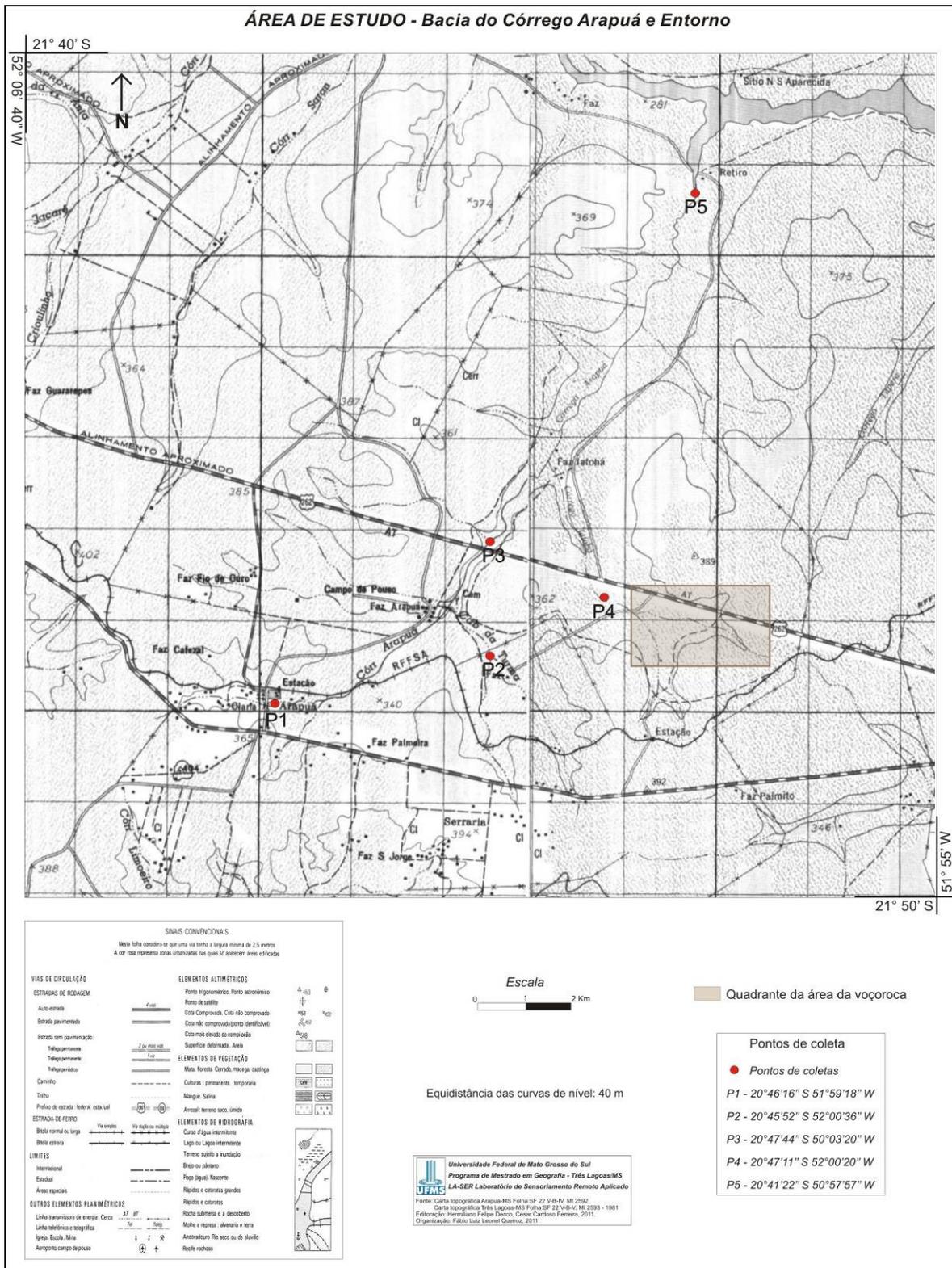
#### **3.4.1 Características gerais**

A bacia do Córrego Arapuá e seu entorno (Figuras 5 e 7), está situada no município de Três Lagoas (MS). Possui suas nascentes principais no interflúvio de duas importantes bacias regionais, bacia do Rio Sucuriú e bacia do Rio Verde (Figura 5), com altitudes na partes mais elevadas de 340m a 402m, decaindo para 281m nas proximidades da sua foz (Figura 7). Seccionando a área de estudo tem-se a presença da Rodovia Federal BR-262 e diversas estradas vicinais, além da estrada de ferro (Figura 7), atualmente pertencente à América Latina Logística (ALL), instalada no divisor de águas das bacias dos rios Sucuriú e Verde (Figuras 5 e 7), a qual, por meio da Estação de Ferro Arapuá, deu origem à sede do distrito homônimo.

O relevo regional se destaca por apresentar feições desgastadas, o que confere formas planas. O processo de sedimentação na região teve início no Paleozóico e concluiu-se no final do Mesozóico. Durante o Cretáceo um espesso pacote de sedimentos arenosos aí se depositou sob ambiente continental, variando de lacustre a fluvial, em regime de torrencialidade, característico de um período de semi-aridês. Tal dinâmica sedimentar está associada ainda ao processo de subsidência da Bacia do Paraná: na medida em que ela ocorria, a deposição se dava em depocentros, justificando assim a diversidade litológica (CATTANIO, s.d.).

Tais depósitos se referem ao Grupo Bauru, subdividido em Formação Caiuá, Formação Santo Anastácio, Formação Adamantina e Formação Marília (CATTANIO, s.d.). Para Cattanio & Lorenz-Silva (1987) na região são reconhecidas, da base para o topo da estrutura, 4 unidades litoestratigráficas: Formação Serra Geral, Formação Santo Anastácio, Formação Adamantina e Formação Marília, as quais serão descritas na sequência com base nos autores citados anteriormente.

A primeira unidade litoestratigráfica é representada pela Formação Serra Geral, que se configura na unidade mais antiga, de idade Juro-Cretácica, constituída regionalmente por basaltos toleíticos. “[...] Localmente, o basalto é afanítico, apresentando coloração entre o cinza e o negro, ocorrendo intercalações com arenito. Topograficamente, os basaltos afloram em cotas baixas, geralmente em áreas adjacentes aos canais dos rios Verde, Sucuriú, Paraná e do Ribeirão do Pombo” (CATTANIO & LORENZ-SILVA, 1987, p. 37).



**Figura 7:** Área de estudo – Bacia do Córrego Arapuá e entorno.

A segunda unidade litoestratigráfica encontrada é a Formação Santo Anastácio, que data do Cretáceo Inferior, que sobrejaz, na área, aos basaltos. É constituída por arenitos de granulometria média, coloração “[...] clara e apresentando marcas de onda e estratificações cruzadas. Essa litologia aflora na calha do Rio Paraná, (Porto Independência), apresentando como característica distintiva, pequenos grânulos brancos, provavelmente de caulim, em uma massa de cimento avermelhado” (CATTANIO & LORENZ-SILVA, 1987, p. 37). Essa unidade abrange a maior parte da região, apresenta altimetria variando de 270 a 450m e é recoberta predominantemente por Cerrados (CATTANIO, s.d.). Nessas áreas em que a Formação Santo Anastácio está na superfície, as vertentes são mais alongadas, a rede de drenagem é pouco densa, os canais fluviais são longos e retilíneos com padrão dendrítico. Tais características são resultado da maior permeabilidade desses arenitos (CATTANIO s.d.).

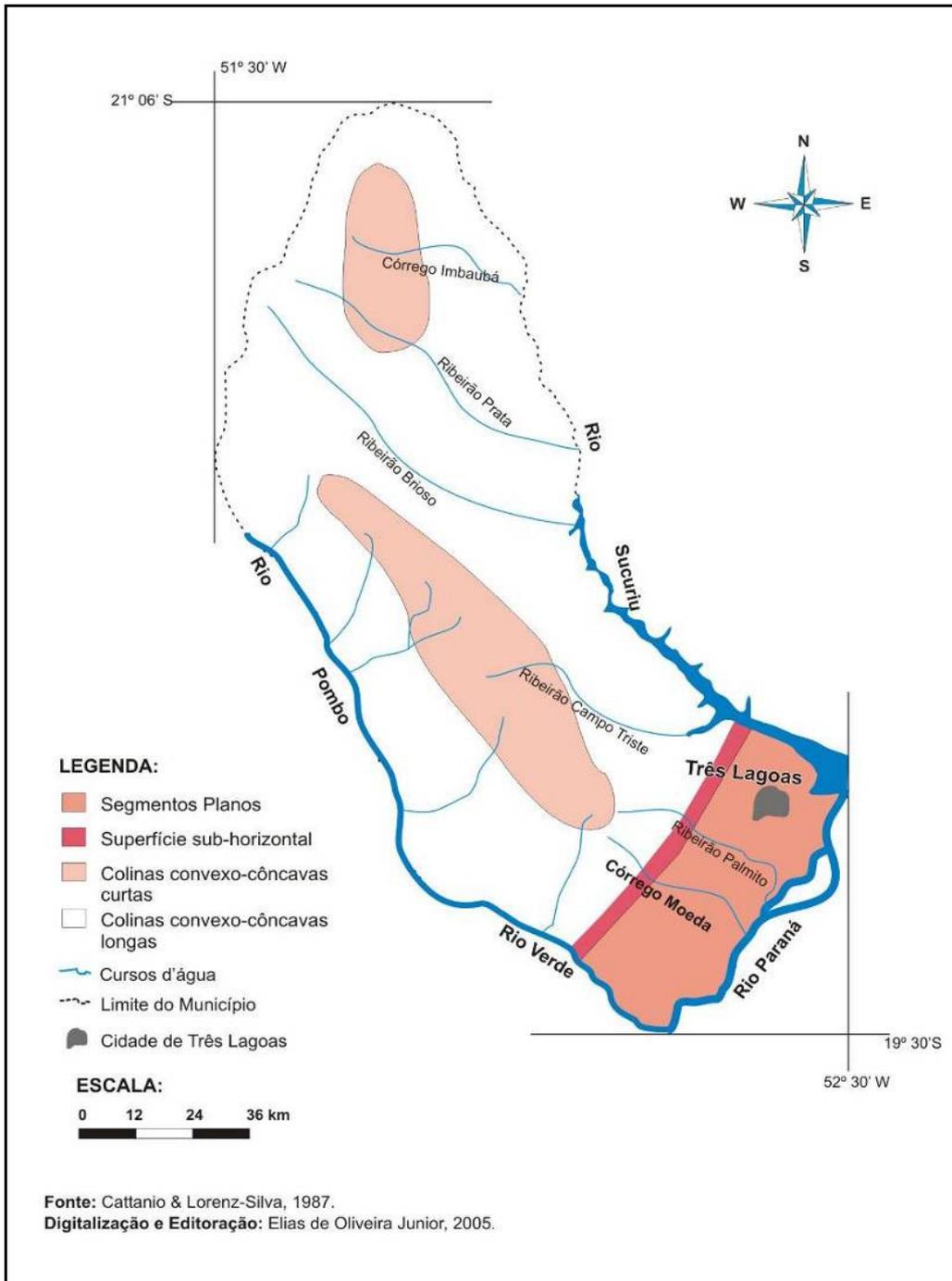
A terceira unidade litoestratigráfica é a Formação Adamantina, constituída por arenitos que “[...] afloram acima dos anteriores e compreendem termos avermelhados e finos, com uma cimentação e nódulos carbonáticos e cujas estruturas mais aparentes são as estratificações cruzadas e plano-paralelas” (CATTANIO & LORENZ-SILVA, 1987, p. 37).

Devido à presença dos carbonatos, em áreas de Formação Adamantina, os solos resultantes da decomposição dessas rochas são férteis, o que proporciona o desenvolvimento de uma vegetação mais densa, conhecida vulgarmente por “Croa ou Cerradão”. A superfície com tais características tem ocorrência em locais com altitude aproximada de 450m, existentes em pequenas áreas nos distritos de Arapuá e Garcias (CATTANIO, s.d.).

De acordo com Cattanio & Lorenz-Silva (1987, p. 37), baseados em informação verbal de Suguio, a quarta e última unidade litoestratigráfica aflorante na região é a Formação Marília, composta por “[...] arenitos com cimentação silicosa e níveis conglomeráticos. A cimentação confere aos arenitos uma grande dureza, sendo que os mesmos afloram na cota mais elevada [...]”, de 518m, na Serrinha de Garcias.

Por apresentar alto coeficiente de resistência aos processos erosivos, a Formação Marília se destaca na topografia regional como um relevo testemunho originado pelo processo de erosão diferencial, onde as feições de suas vertentes são bastante íngremes, cobertas por vegetação pouco densa (CATTANIO, s.d.).

A geomorfologia da área da bacia do Córrego Arapuá é representada, de acordo com classificação proposta por Cattanio & Lorenz-Silva (1987), por colinas côncavo-convexas curtas na região de sua nascente principal e no restante por colinas côncavo-convexas longas até atingir sua foz no Ribeirão Campo Triste (Figura 8).



**Figura 8:** Geomorfologia do município de Três Lagoas.

A topografia da região revela, conforme Cattanio & Lorenz-Silva (1987, p. 37), “[...] a existência de diferenciados tipos de encostas, o que possibilita a generalização em torno de 3 categorias: colinas convexo-côncavas curtas, colinas convexo-côncavas longas e segmentos planos” (Figura 8).

Os solos predominantes da área são do tipo Latossolo (SEPLAN, 1990) com teores de areia e argila bastante variáveis. Nos vales, em áreas varzeadas ou “veredas”, localmente encontrados próximos às nascentes e em áreas pontuais ao longo da calha do Córrego Arapuá, tem-se com frequência a presença de solos hidromórficos. Associado à cobertura pedológica e ao tipo climático, a cobertura vegetal natural predominantemente é representada pelo Cerrado (Savana).

### **3.4.2 Aspectos históricos**

Historicamente os primeiros habitantes da região onde hoje está o município de Três Lagoas foram os índios Caiapós. Já a presença dos primeiros desbravadores estima-se que se deu por volta do ano de 1632, representados por aventureiros paulistas que cruzaram os rios Paraná e Pardo, com o objetivo de capturar e aprisionar os indígenas. No entanto, os primeiros colonos a chegarem à região datam do início do século XIX, representados por Joaquim Francisco Lopes, Antônio Gonçalves Barbosa e José Garcia Leal (IBGE, s.d.).

A obtenção do espaço para a fundação da cidade de Três Lagoas deu-se no início do século XX, em área de 20 alqueires doada por Antônio Trajano dos Santos, localizada no entorno da Capela de Santo Antônio, onde se deu a construção das primeiras residências, influenciada ainda pela implantação da Estrada de Ferro Noroeste do Brasil (IBGE, s.d.).

Três Lagoas surgiu como Distrito de Santana do Paranaíba, atual Paranaíba, por meio da Lei Estadual nº 656, de 12 de junho de 1914 e como município em 15 junho de 1915, por meio da Lei Estadual nº 706. Já a elevação da até então vila de Três Lagoas à categoria de cidade, deu-se em 19 de outubro de 1920 por meio da Resolução Estadual nº 820 (IBGE, s.d.).

De acordo com dados apresentados pelo IBGE (s.d., p. 4), a partir dos anos de 1930 o município de Três Lagoas passou a contar com as seguintes áreas distritais: Água Clara, Alto Sucuriú, Xavantina, Vila de Garcias, Xavantes, Véstia e Sucuriú.

O Distrito de Arapuá, criado pela Lei Estadual nº 2067 de 14 de dezembro de 1963 (IBGE, 1965), situa-se a aproximadamente 40km da sede do município de Três Lagoas, possuindo área de 1.592km<sup>2</sup> (ARANHA-SILVA, 1986).

Inicialmente, em linhas gerais, a distribuição da terra no Distrito de Arapuá fez-se por meio de pequenas e médias propriedades, fato associado à expansão da *sericicultura*<sup>25</sup> na região, que ocorreu a partir de 1970 (ARANHA SILVA, 1986).

A sericicultura no distrito se apresentou como uma atividade econômica extremamente rentável, o que contribuiu para contenção do êxodo rural e consequentemente para diminuição do número de desempregados que migravam para a cidade de Três Lagoas em busca de melhores condições de sobrevivência (ARANHA-SILVA, 1986).

Demonstrando a importância da atividade de sericicultura no distrito, Aranha-Silva (1986) descreve a dinâmica de crescimento da atividade; considerando que no início da década de 1970 a região possuía um total de 250 pequenas e médias propriedades, deste total apenas 3ha estavam cultivados com a amoreira, já na segunda metade da década seguinte haviam passado para 115,5ha.

Atualmente a atividade da sericicultura foi interrompida, cedendo lugar à atividades agrícolas, à pecuária leiteira e de corte, além de áreas dedicadas à *silvicultura*<sup>26</sup>.

### 3.4.3 Pontos de coleta

A localização dos 5 pontos de coleta para a análise hidrossedimentológica, está apresentada na Figura 7.

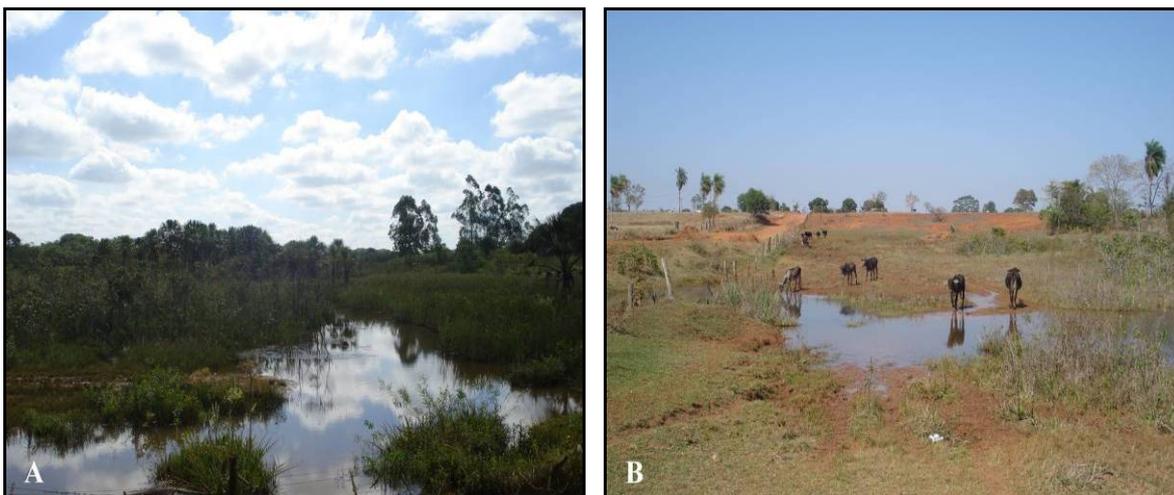
O primeiro ponto de amostragem (P1), que está localizado sob as coordenadas de 51°59'18" W e 20°46'16" S, na nascente principal (Figura 7), nas proximidades da sede do Distrito de Arapuá (Figura 9A), ao lado de uma estrada de terra, apresenta vertentes bastante modificadas, ambas possuindo vegetação arbustiva e arbórea rarefeita. De acordo com informações locais apontam para a possível existência de despejo de esgoto a montante deste ponto.

Na margem esquerda, a vertente é utilizada para o desenvolvimento de pastagens (Figura 9B), apresentando processos de ravinamentos. Na vertente da direita, também há a presença de pastagem, e encontra-se aí o núcleo urbano do Distrito de Arapuá.

---

<sup>25</sup> Criação do bicho da seda.

<sup>26</sup> Na região é possível observar a presença do cultivo de eucalipto.



**Figura 9:** Ponto de coleta P1. (A) Nascente principal; (B) Vertente sem vegetação, utilizada para o desenvolvimento de pastagem, com presença de ravinamentos. Foto: Fábio Queiroz

O segundo ponto de amostragem (P2) está localizado sob as coordenadas de  $52^{\circ}00'36''$  W e  $20^{\circ}45'52''$  S, no Córrego Cabeceira da Turma (Figura 7), um dos principais afluentes do Córrego Arapuá desaguando em sua margem direita. À montante desse ponto de amostragem, junto à sua nascente, a aproximadamente 500m, tem-se a presença de barramento, formando um açude. Nesta seção, suas margens são utilizadas para o desenvolvimento de pastagem, apresentando maior ocorrência de vegetação arbustiva em relação à arbórea (Figuras 10A e 10B).



**Figura 10:** Ponto de coleta P2. (A) Parte de montante da seção; (B) Vertente coberta por gramíneas e arbustos, utilizada como área de pastagem. Foto: Fábio Queiroz

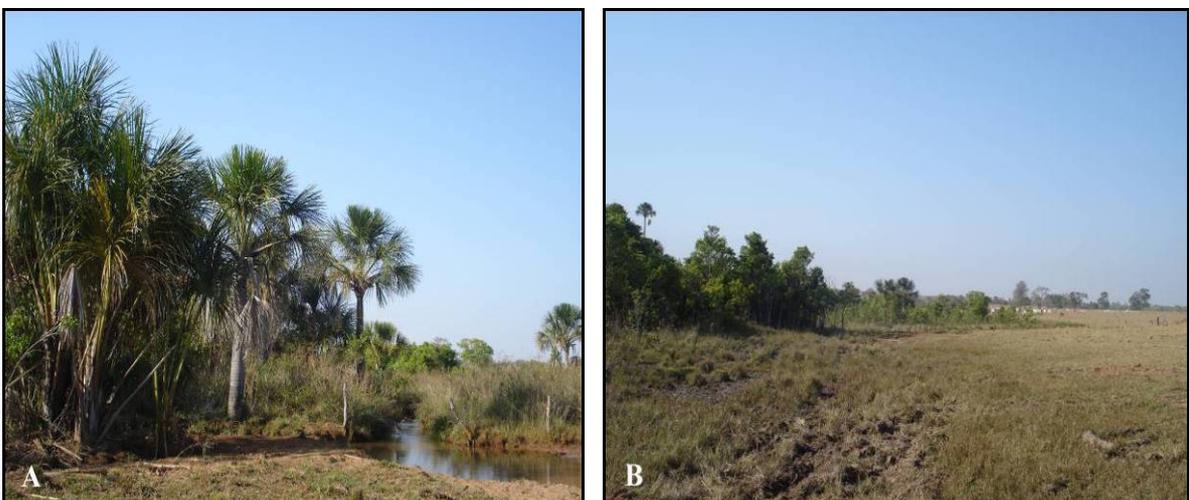
O terceiro ponto de amostragem (P3), localizado sob as coordenadas de  $52^{\circ}03'20''$  W e  $20^{\circ}47'44''$  S, à margem direita da BR-262 no sentido Três Lagoas – Campo Grande, junto ao canal principal do Córrego Arapuá (Figura 7), apresenta as vertentes utilizadas para o desenvolvimento de pastagens. Apesar da atividade pecuária se fazer presente na

área, nota-se que as vertentes estão bem preservadas, com presença de vegetação arbórea e arbustiva acompanhando o canal (Figuras 11A e 11B), fato que contribui para evitar a degradação ambiental do mesmo.



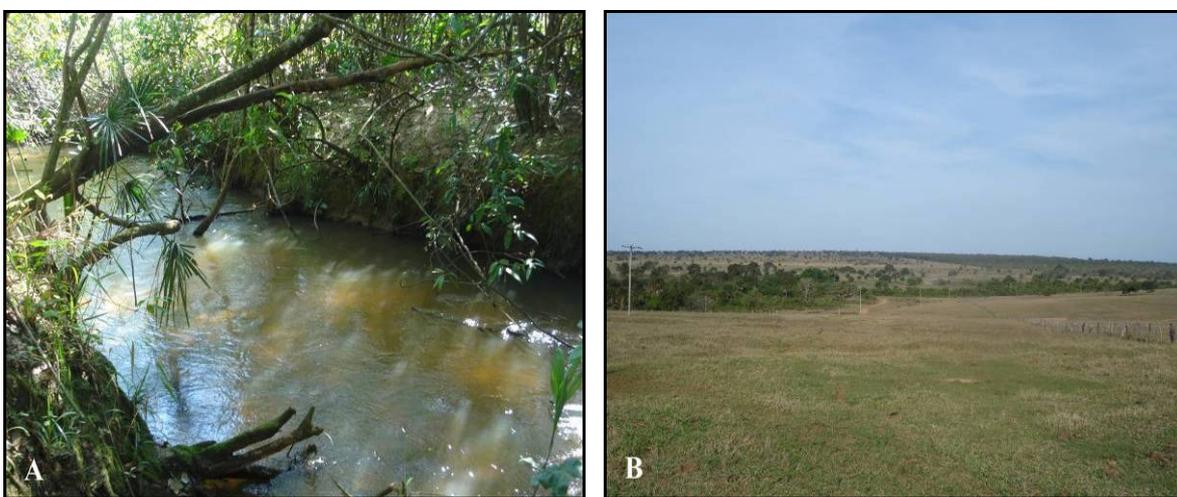
**Figura 11:** Ponto de coleta P3. (A) Canal fluvial encaixado com presença de fluxo turbulento; (B) Vertente com presença de vegetação. Foto: Fábio Queiroz

O quarto ponto de amostragem (P4), está localizado sob as coordenadas de 52°00'20" W e 20°47'11" S, à margem esquerda da BR-262 no sentido Três Lagoas – Campo Grande, junto ao canal do Córrego Jatobá (Figura 7), à jusante da feição erosiva de uma voçoroca. O processo de uso e ocupação das vertentes se caracteriza pelo desenvolvimento de pastagens (Figuras 12A e 12B). Na vertente esquerda há a presença de ravinas, contribuindo portanto, para o fornecimento de sedimentos ao canal. No entanto, assim como no P3 de amostragem, nota-se a presença de vegetação arbórea e arbustiva acompanhando o canal (Figuras 12A e 12B).



**Figura 12:** Ponto de coleta P4. (A) Margens do canal com presença de gramíneas, vegetação arbustiva e palmáceas; (B) Vertente com presença de vegetação e pastagem. Foto: Fábio Queiroz

O quinto e último ponto de amostragem (P5), localizado sob as coordenadas de 51°57'57" W e 20°41'22" S, junto ao canal principal (Figura 7) nas proximidades de sua foz no Ribeirão Campo Triste ao lado de uma estrada de terra, apresenta as vertentes utilizadas para o desenvolvimento de pastagens (Figuras 13A e 13B). Na vertente direita, há a presença de processos erosivos representados por ravinamentos, fato não evidenciado na vertente oposta. No entanto, assim como nos P3 e P4, observa-se a ocorrência de vegetação arbórea e arbustiva acompanhando o canal (Figuras 13A e 13B), contribuindo para a contenção dos sedimentos produzidos nas vertentes, proporcionando a manutenção do processo de equilíbrio entre o sistema vertentes/canal.

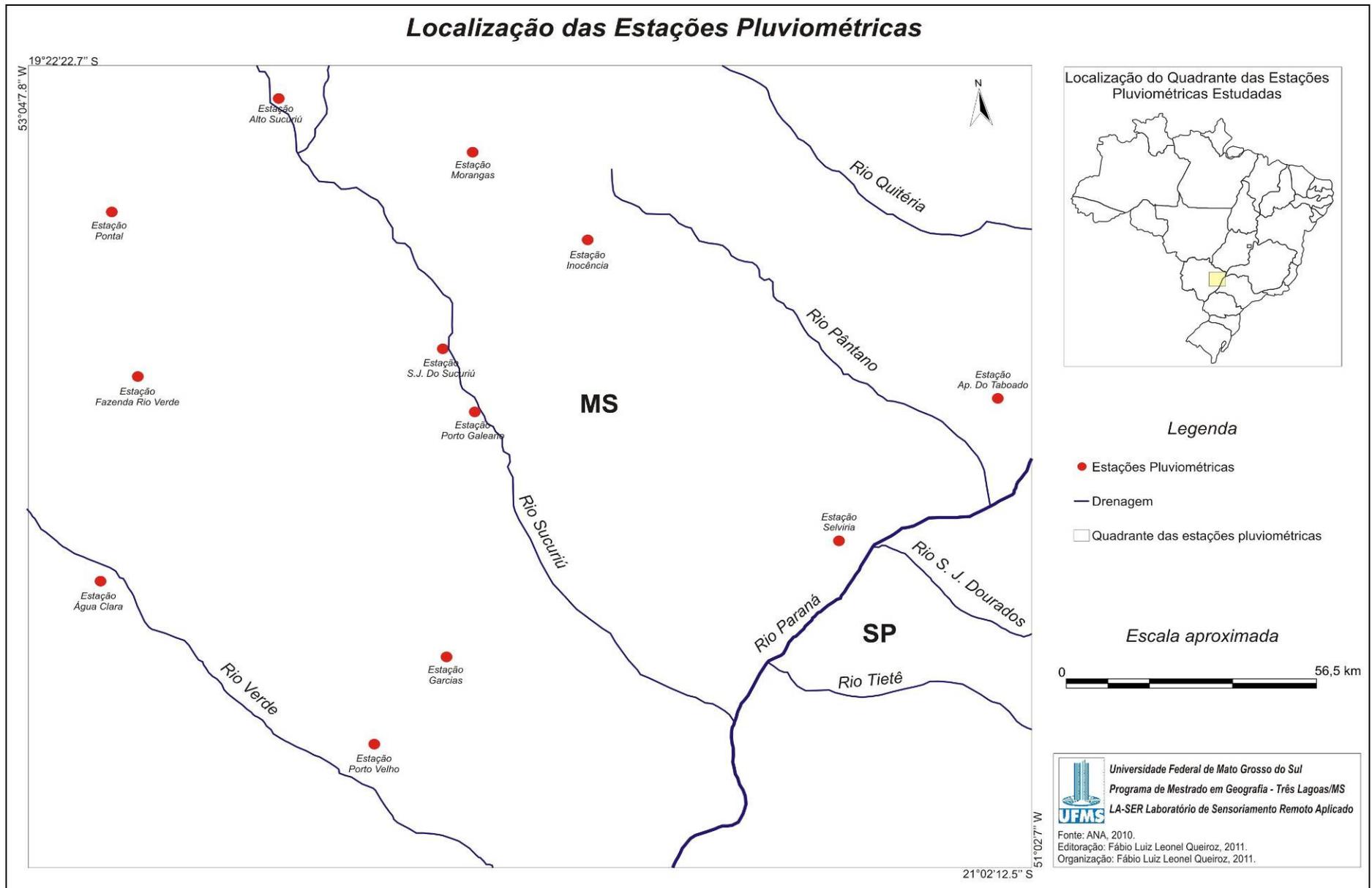


**Figura 13:** Ponto de coleta P5. (A) Canal fluvial nas proximidades da foz; (B) Vertentes utilizadas para o desenvolvimento de pastagem e vegetação margeando o canal fluvial. Foto: Fábio Queiroz

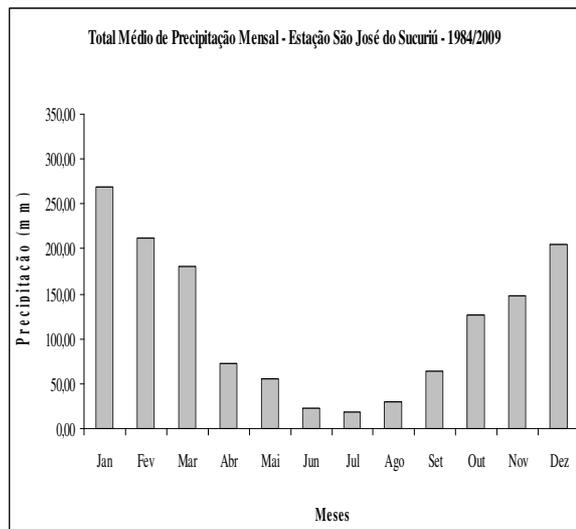
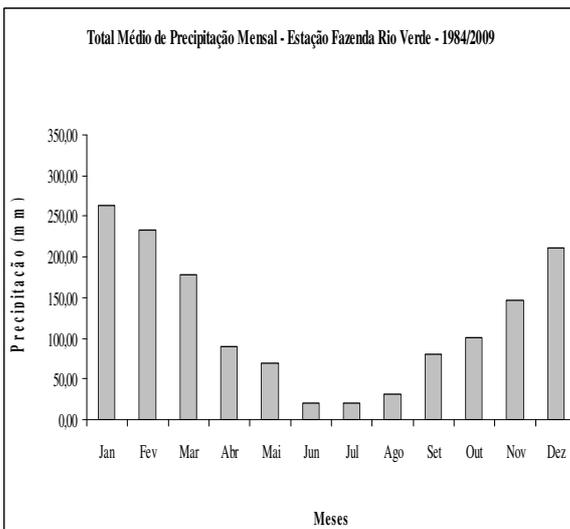
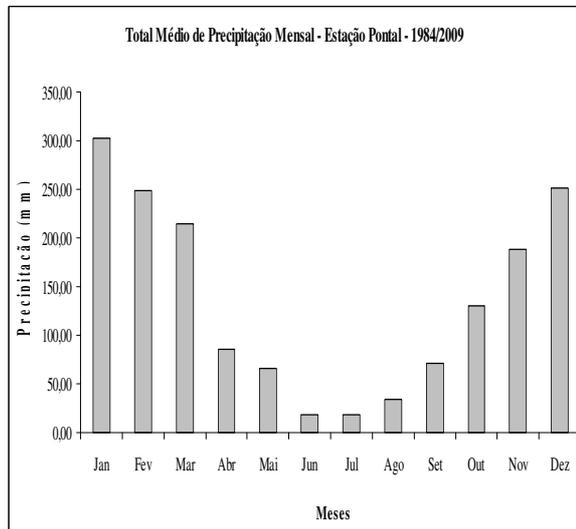
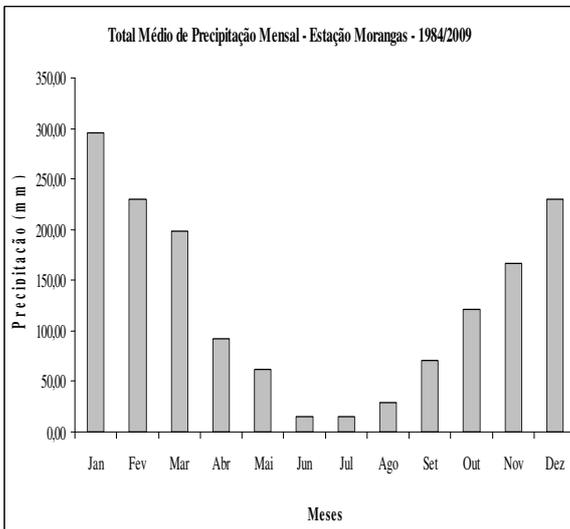
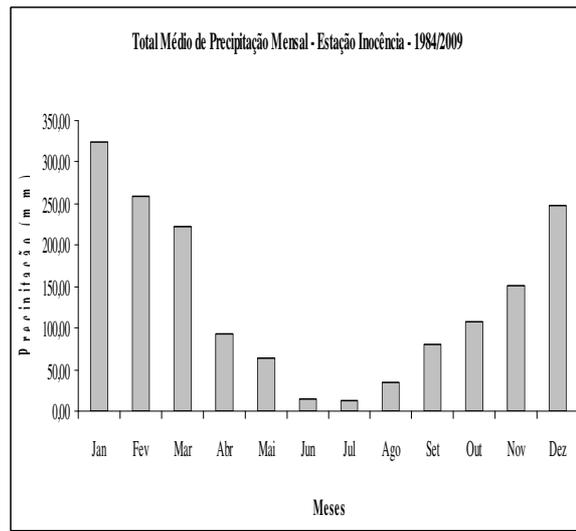
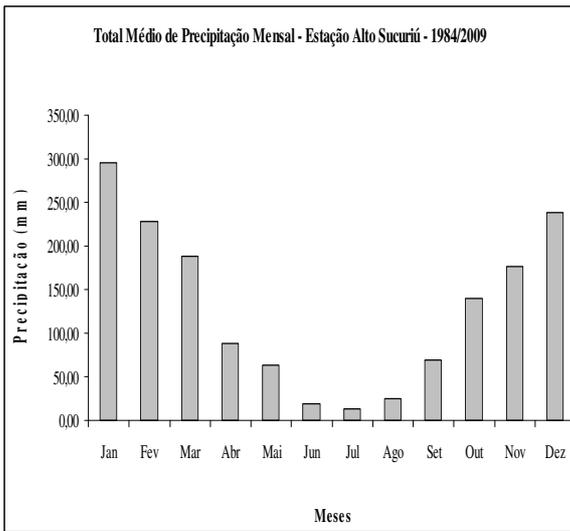
#### 3.4.4 Pluviosidade

A distribuição espacial das estações pluviométricas, em escala subregional (Figura 14) mostra-se bastante homogênea; entretanto, não há posto pluviométrico em Arapuá. A estação mais próxima é a de Garcias (Figura 14).

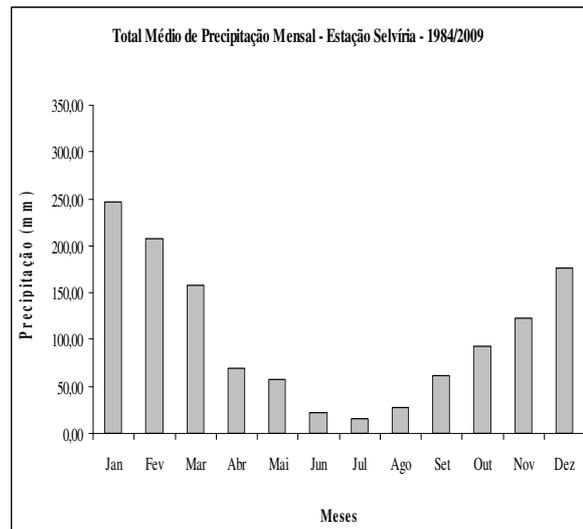
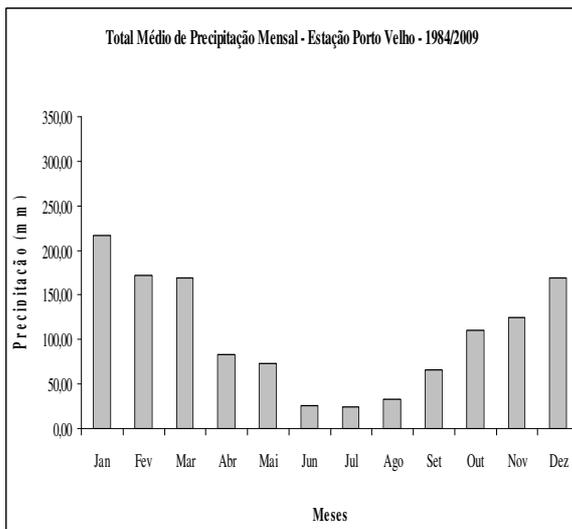
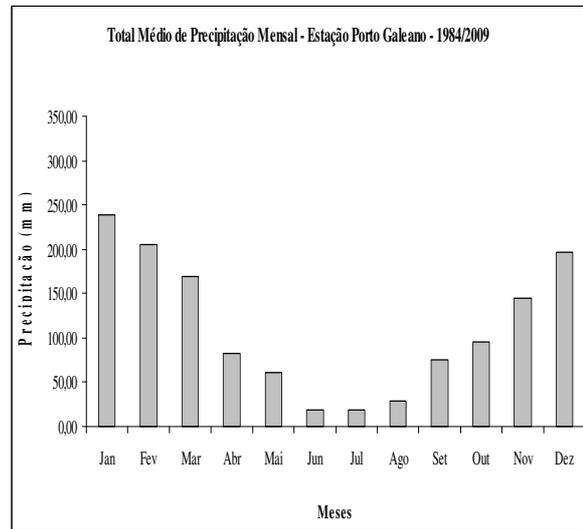
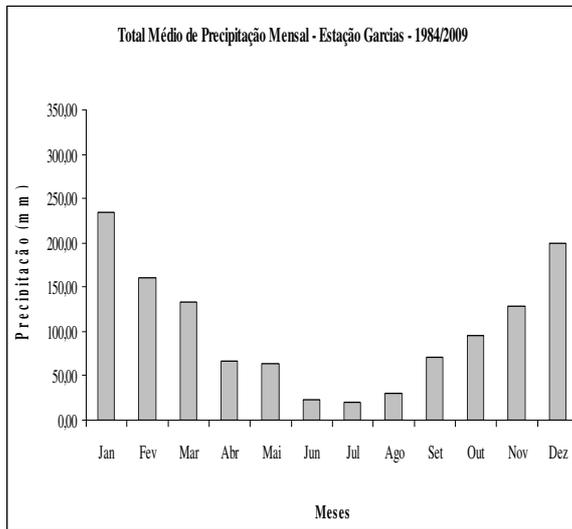
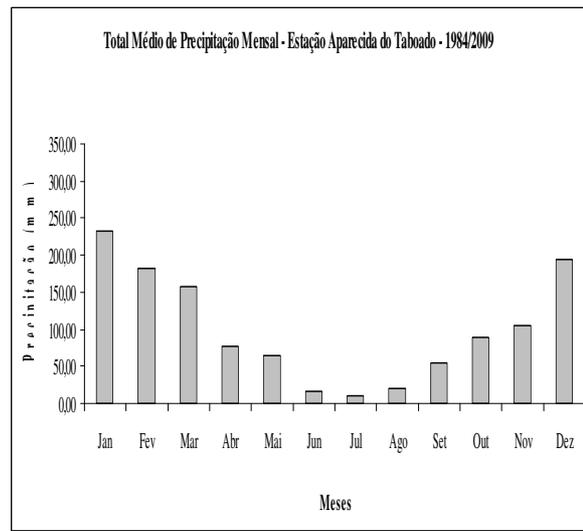
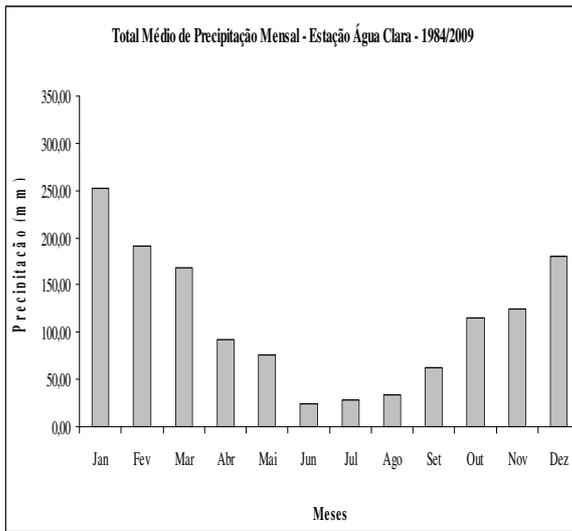
A disponibilidade de dados pluviométricos para as 12 estações permitiu utilizar os dados de 1984 a 2009 (Anexo A). A distribuição da pluviosidade na região da bacia do Córrego Arapuá (Figuras 15 e 16) mostra que os índices pluviométricos médios das precipitações mensais (1984 – 2009) são semelhantes, sendo que os maiores volumes de chuva se fazem presentes de outubro a março e os menores de abril a setembro. No entanto, as estações pluviométricas Alto Sucuriú, Inocência, Morangas e Pontal, localizadas mais ao norte, apresentaram índices pluviométricos mais elevados (Figuras 15 e 16).



**Figura 14:** Localização das estações pluviométricas.



**Figura 15:** Total médio de precipitação mensal – porção norte.



**Figura 16:** Total médio de precipitação mensal – porção sul.

De modo geral, a maioria das estações pluviométricas da região registram a presença de 3 meses secos representado pelo período de junho a agosto, com exceção das estações de Aparecida do Taboado, São José do Sucuriú e Selvíria que possuem 4 meses com precipitação inferior a 60mm, sendo que a primeira apresenta período seco de junho a setembro e as duas últimas de maio a agosto (Tabela 5).

**Tabela 5:** Período seco de acordo com os dados de precipitação das estações pluviométricas

ESTAÇÃO	NÚMERO DE MESES SECOS*	MESES SECOS
Água Clara	03	Junho a agosto
Alto Sucuriú	03	Junho a agosto
Faz. Rio Verde	03	Junho a agosto
Garcias	03	Junho a agosto
Inocência	03	Junho a agosto
Morangas	03	Junho a agosto
Pontal	03	Junho a agosto
Porto Galeano	03	Junho a agosto
Porto Velho	03	Junho a agosto
Ap. do Taboado	04	Junho a setembro
São José do Sucuriú	04	Mai a agosto
Selvíria	04	Mai a agosto

\* Considerado como seco o mês com precipitação inferior a 60mm, conforme Köppen (*apud* TREWARTHA, 1954).

Comparando os índices de precipitação do período chuvoso, outubro a março, em relação aos totais anuais, obtiveram-se valores variando de 75,9% para a estação Porto Velho até 81,9% para as estações pluviométricas Alto Sucuriú e Pontal. Portanto, as chuvas na região estão concentradas, sobretudo no período de outubro a março (Tabela 6).

Os valores totais de precipitação média anual variaram de 1209,48mm a 1629,19mm identificadas, respectivamente, nas estações Aparecida do Taboado e Pontal. Observando os valores apresentados na Tabela 6 nota-se que os totais anuais médios de precipitação mais elevados, superiores a 1500mm, foram encontrados nas estações Pontal, Inocência, Alto Sucuriú e Morangas, as quais estão localizadas na porção mais ao norte de área em estudo.

Conforme expressam os dados contidos na Tabela 6, ocorre pouca variação dos totais médios de precipitação do período chuvoso, os mesmos se apresentaram superiores a 1200mm anuais, sobretudo concentrados no período chuvoso. A estação pluviométrica que apresentou os maiores índices de precipitação total e para o período chuvoso foi a estação Pontal. No entanto, a estação pluviométrica que apresentou o menor valor para

precipitação total foi Aparecida do Taboado e a que apresentou os menores índices de precipitação durante o período chuvoso foi Garcias.

Segundo os dados pluviométricos da estação de Garcias, supõe-se que a área de estudo, bacia do Córrego Arapuá, apresenta 3 meses secos, de junho a agosto (Tabela 5) e precipitação total superior a 1200mm, concentradas no período de outubro a março (Tabela 6).

**Tabela 6:** Precipitação total média anual e a precipitação total média do período chuvoso

ESTAÇÃO	PT* (mm)	PPC** (mm)	RELAÇÃO ENTRE PT E PPC (%)
Alto Sucuriú	1542,93	1264,41	81,9
Pontal	1629,19	1334,98	81,9
Inocência	1612,87	1312,70	81,4
Morangas	1525,97	1241,52	81,4
São José do Sucuriú	1403,98	1141,25	81,3
Selvíria	1258,01	1004,96	79,9
Ap. do Taboado	1209,48	964,42	79,7
Porto Galeano	1335,52	1050,22	78,6
Faz. Rio Verde	1446,37	1133,49	78,4
Garcias	1258,01	951,32	77,7
Água Clara	1350,74	1033,08	76,5
Porto Velho	1268,08	962,11	75,9

\*Precipitação Total.

\*\*Precipitação do período chuvoso – outubro a março.

Em linhas gerais, ocorreu pouca variabilidade interanual, com ocorrência de períodos mais secos intercalados por períodos mais úmidos (Tabela 7).

Para a estação pluviométrica Água Clara (Tabela 7) nota-se que 2002 foi o ano mais seco, pois o mesmo apresentou valor de precipitação de 278,44mm abaixo da média anual e o ano mais chuvoso foi 1987, o qual apresentou 533,66mm acima da média.

Na estação pluviométrica Alto Sucuriú (Tabela 7) foi registrado, para 1985, precipitação de 532,83mm abaixo da média, configurando-se o ano mais seco. Já o ano mais chuvoso foi o de 1997 que apresentou 543,17mm acima da média anual.

Para a estação pluviométrica Aparecida do Taboado (Tabela 7) o ano mais seco foi registrado em 1994, o qual apresentou valor de precipitação de 408,78mm abaixo da média e o ano mais chuvoso foi o de 2005, com precipitação acima da média de 227,52mm. No entanto, em 2000 foram registrados 224,32mm acima da média, configurando-se um valor bastante próximo ao obtido para 2005.

**Tabela 7:** Variabilidade interanual dos totais anuais de precipitação em relação ao desvio padrão – 1984 a 2009

ANO	Água Clara	Alto Sucuriú	Ap. do Taboado	Faz. Rio Verde	Garcias	Inocência	Morangas	Pontal	Porto Galeano	Porto Velho	São J. do Sucuriú	Selvíria
1984	-19,94	65,67	-145,38	-58,67	98,19	-100,07	44,23	-76,19	-104,22	-128,28	58,02	-188,41
1985	-222,74	-532,83	-301,98	-536,87	-314,81	-232,37	-459,67	-460,89	-259,12	-496,38	-392,68	-103,91
1986	-81,24	325,97	81,72	34,13	-19,51	306,23	100,53	331,41	29,88	3,32	-3,18	238,79
1987	533,66	198,47	37,22	-140,47	-194,51	-64,27	39,63	-303,59	-21,92	-111,28	16,22	90,69
1988	-201,74	353,27	153,52	-12,47	-125,21	146,23	199,03	-126,69	0,88	-120,78	20,82	-92,81
1989	375,96	77,97	*	95,03	104,29	413,63	460,23	182,71	256,78	370,22	-6,28	212,09
1990	116,46	-86,63	*	208,03	-327,31	296,43	47,33	31,01	2,88	-33,88	-219,78	234,99
1991	-193,64	-221,73	*	-249,37	-202,41	-534,97	-211,97	-195,79	-286,52	-241,28	90,52	1,99
1992	149,66	228,77	20,92	247,33	19,99	-33,77	69,13	447,51	68,98	-14,58	510,82	-230,31
1993	-159,04	-14,43	-24,38	-243,47	-214,01	-470,37	40,83	41,71	-266,82	-83,88	52,72	-163,31
1994	181,86	60,27	-408,78	235,83	-325,71	-85,47	-236,47	668,21	-90,22	-186,08	-126,28	-195,41
1995	55,96	-145,33	157,92	-87,77	-99,51	63,13	-81,07	-466,19	37,08	291,22	74,32	20,29
1996	359,66	247,07	19,82	455,43	598,59	298,33	74,23	*	475,28	288,12	586,62	48,39
1997	174,56	543,17	184,12	326,43	34,29	167,73	-23,97	-1,39	136,18	*	194,12	202,19
1998	5,76	174,37	61,42	218,63	262,69	15,23	164,33	149,41	188,98	237,82	213,58	-199,81
1999	-110,14	-260,53	-157,18	-109,07	-284,81	-323,47	-169,27	-102,49	-156,52	-102,88	-109,68	-266,11
2000	-208,34	10,57	224,32	120,73	-86,31	-45,07	121,73	26,71	63,18	-108,78	-135,08	197,49
2001	-24,84	-115,03	-30,38	33,33	253,89	-237,27	252,53	-57,19	-62,42	359,52	-70,58	-93,01
2002	-278,44	-347,33	-181,78	*	-63,61	-343,87	-303,07	-91,69	-255,62	-321,58	20,22	-250,01
2003	-117,24	28,87	68,62	87,53	-96,21	182,53	-57,27	10,11	-35,52	76,72	-120,88	75,49
2004	-94,74	-144,63	-117,78	-465,07	416,49	-327,87	-108,17	-102,29	-396,52	46,32	-117,98	9,89
2005	147,56	199,47	227,52	-102,87	-0,91	16,53	46,03	209,91	89,68	101,42	-161,88	-7,81
2006	48,96	-285,93	-2,98	42,63	169,99	-224,97	-114,07	59,61	248,18	-24,58	198,12	24,19
2007	*	*	*	-274,47	111,79	83,53	-242,77	-493,49	-36,42	*	-325,48	*
2008	19,66	*	*	*	*	*	74,63	-264,49	*	*	*	*
2009	-220,14	206,27	*	48,63	*	913,73	273,23	*	*	*	98,42	288,69
<b>Desvio Padrão</b>	<b>221,85</b>	<b>315,98</b>	<b>170,25</b>	<b>231,48</b>	<b>233,49</b>	<b>309,67</b>	<b>199,39</b>	<b>283,09</b>	<b>193,38</b>	<b>231,33</b>	<b>216,62</b>	<b>194,93</b>

Acima do Desvio Padrão  
Abaixo do Desvio Padrão

\* Ausência de dados.

Fonte: Agência Nacional de Águas.

De acordo com os dados pluviométricos referentes à estação Fazenda Rio Verde (Tabela 7), 1985 foi o ano mais seco com precipitação de 536,87mm abaixo da média. E a maior concentração pluviométrica ocorreu em 1996, de 455,43mm.

Na estação pluviométrica Garcias (Tabela 7) o ano mais chuvoso foi o de 1996 com precipitação de 598,59mm. O período mais seco foi registrado em 1985, 1990 e 1994, os quais apresentaram valores próximos, representados respectivamente por 314,81mm, 327,31mm e 325,71mm abaixo da média.

Em relação aos índices de precipitação abaixo da média na estação Inocência (Tabela 7), 1991 foi o mais seco, com 534,97mm abaixo da média. Para período chuvoso destacou-se 2009 com precipitação de 913,73mm acima da média anual.

Para a estação pluviométrica Morangas (Tabela 7), ocorreu em 1985 um sensível período de baixa pluviosidade indicado por 459,67mm abaixo da média anual e em 1989 um período oposto, caracterizado por apresentar 460,23mm acima da média.

Na estação pluviométrica Pontal (Tabela 7) ocorreram 3 anos secos com valores pluviométricos próximos. Os anos secos foram 1985, 1987 e 1995, os quais apresentaram precipitação respectivamente de 460,89mm, 466,19mm e 493,49mm abaixo da média anual. Já a maior concentração pluviométrica ocorreu em 1994, com precipitação de 668,21mm acima da média.

Na estação pluviométrica Porto Galeano (Tabela 7) o ano mais seco foi 2004, com 396,52mm abaixo da média anual, e o mais chuvoso foi o de 1996, com precipitação de 475,28mm acima da média.

Para a estação Porto Velho (Tabela 7) o ano mais seco foi 1985, com 496,38mm abaixo da média anual. Períodos mais chuvosos ocorreram em 1989 e 2001 com valores bastante próximos, de 370,22mm e 359,52mm acima da média.

O ano mais seco registrado na estação São José do Sucuriú (Tabela 7) foi o de 1985 com precipitação de 392,68mm abaixo da média anual. E o mais úmido foi o de 1996, com 586,62mm acima da média.

Os dados pluviométricos da estação Selvíria (Tabela 7) indicam que os períodos mais secos ocorreram em 1999 e 2002, com valores bem próximos, de 266,11mm e 250,01mm respectivamente, abaixo da média. Já o maior índice de precipitação foi registrado em 2009, com 288,69mm acima da média anual.

Pode-se concluir que os anos mais secos foram os de 1985, 1991, 2002 e 2007; e os mais chuvosos foram os de 1989, 1996, 1997 e 2009.

## **CAPÍTULO 4 – DINÂMICA HIDROSEDIMENTOLÓGICA E USO DO SOLO**

### **4.1 Uso e Ocupação do Solo Atual**

Na área de estudo ocorre o predomínio de pastagem destinada à pecuária de corte e leiteira (Figuras 7 e 17). Destaca-se também a silvicultura do eucalipto utilizada principalmente para abastecer as indústrias de papel e celulose instaladas na região. A vegetação original da área encontra-se bastante devastada; as maiores concentrações se fazem presentes ao longo dos cursos d'água, e em manchas isoladas distribuídas nas propriedades rurais (Figura 17), representando unidades de reserva legal.

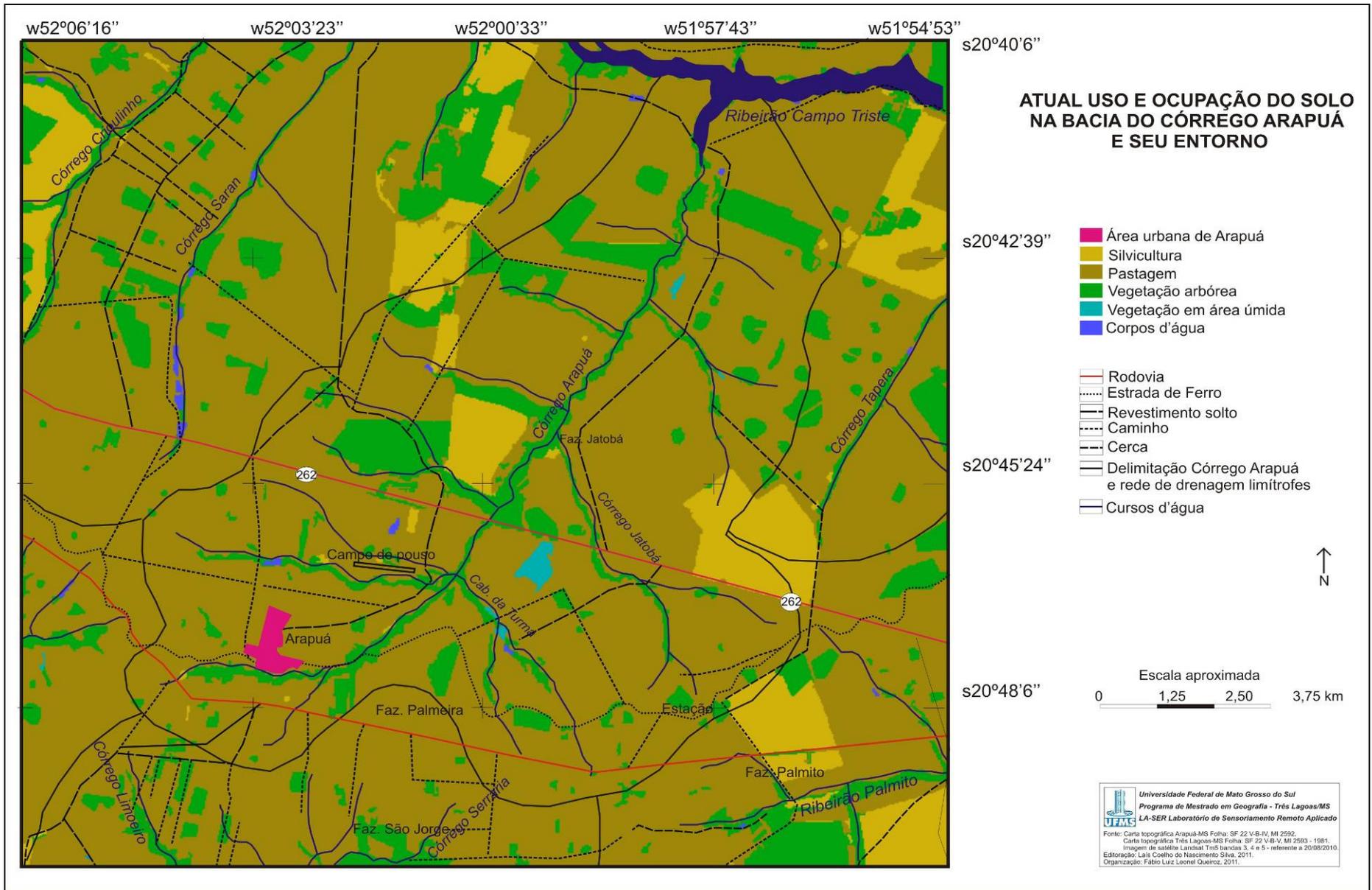
A porção ao sul da bacia apresenta-se mais ocupada e menos preservada, onde se localizam P1, P2, P3 e P4. Nos trabalhos de campo, foi possível perceber que nas proximidades da sede do Distrito de Arapuá, à montante das nascentes principais do Córrego Arapuá ocorre o predomínio de pequenas propriedades rurais, além da presença de várias estradas que podem atuar como áreas fornecedoras de sedimentos ao canal fluvial. E por apresentar o uso do solo diferenciado, seus recursos apresentam-se bastante exauridos.

Na porção ao norte da bacia, onde se localiza o P5, na medida em que se aproxima de sua foz, observa-se que a vegetação nativa está mais preservada (Figura 17). No entanto, atualmente, é em direção à foz onde se tem a maioria das áreas destinadas ao cultivo de eucalipto (Figura 17).

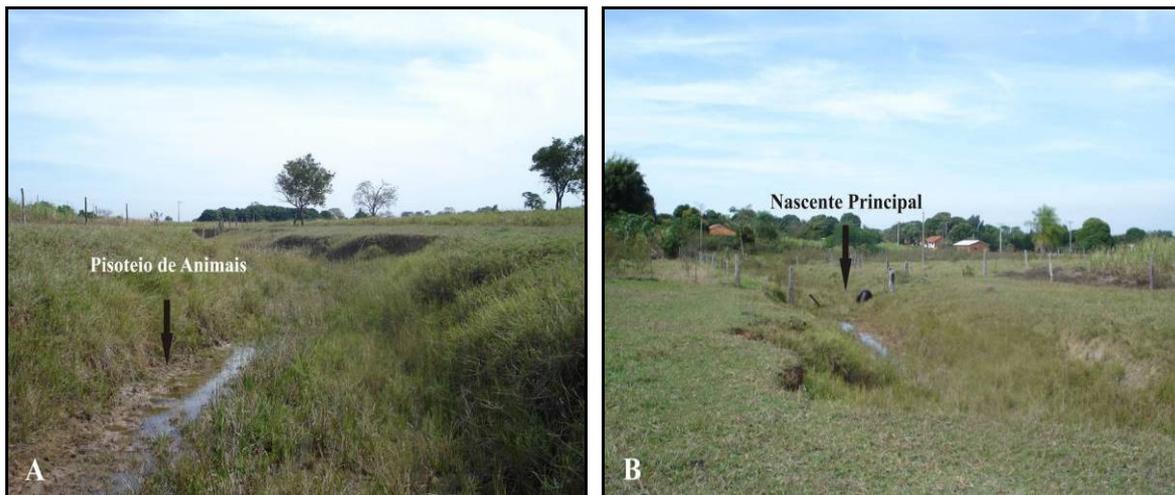
### **4.2 Processos Erosivos**

O reconhecimento da área de estudo mostrou que a mesma apresenta-se bastante alterada pelas práticas antrópicas, com destaque para a utilização da área para agricultura e criação de gado, no entanto a utilização não planejada dos recursos da área manifesta-se principalmente por meio da presença dos processos de erosivos encontrados com frequência (Figura 18A e 18B).

Um dos seus principais afluentes, o Córrego Jatobá (Figuras 7 e 17), apresenta-se bastante alterado. Encontra-se nessa área a feição erosiva do tipo voçoroca, resultado do rompimento de diques que formavam 3 açudes, que serão apresentados no decorrer do presente trabalho. Possivelmente, essa voçoroca configura-se em uma das principais áreas fonte de sedimentos na bacia.

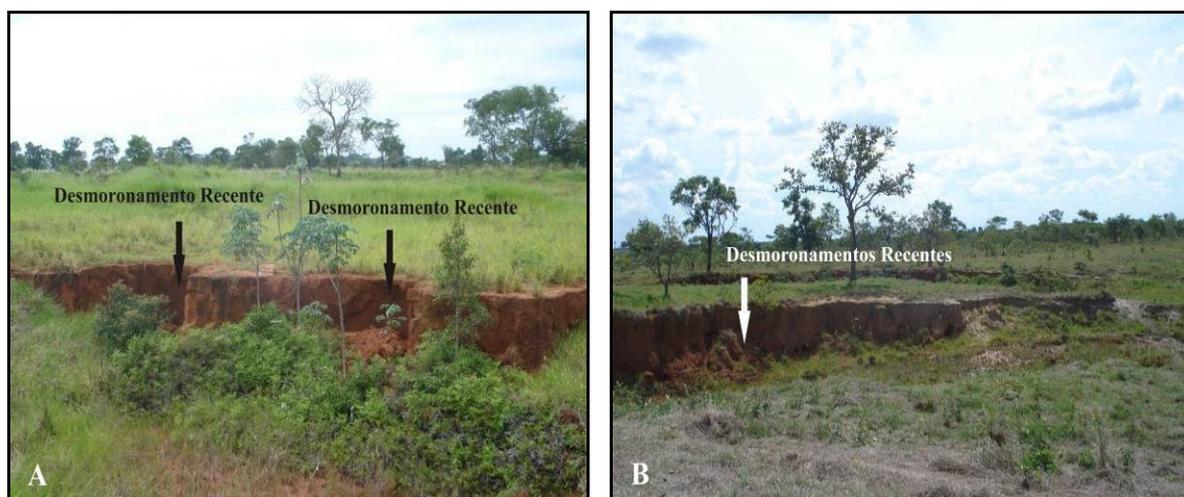


**Figura 17:** Atual uso e ocupação do solo na bacia do Córrego Arapué e seu entorno.



**Figura 18:** Processos erosivos em áreas de pastagens. (A) Área de pastagem e erosão localizada na nascente principal do Córrego Arapuá, com sinais de pisoteio; (B) Em primeiro plano tem-se a presença de processos erosivos em área de pastagens e ao fundo construções localizadas na sede do Distrito de Arapuá. Foto: Fábio Queiroz

Em observação de campo, nota-se que a área da voçoroca está isolada por cerca de arame para evitar a presença de animais pisoteando o terreno. A mesma encontra-se bem desenvolvida e ativa, uma vez que é possível perceber a presença de áreas com desmoronamentos recentes, motivados principalmente pela erosão em dutos “*piping*”, presentes ao longo de toda feição erosiva, inclusive no canal principal do Córrego Jatobá (Figura 19A e 19B).



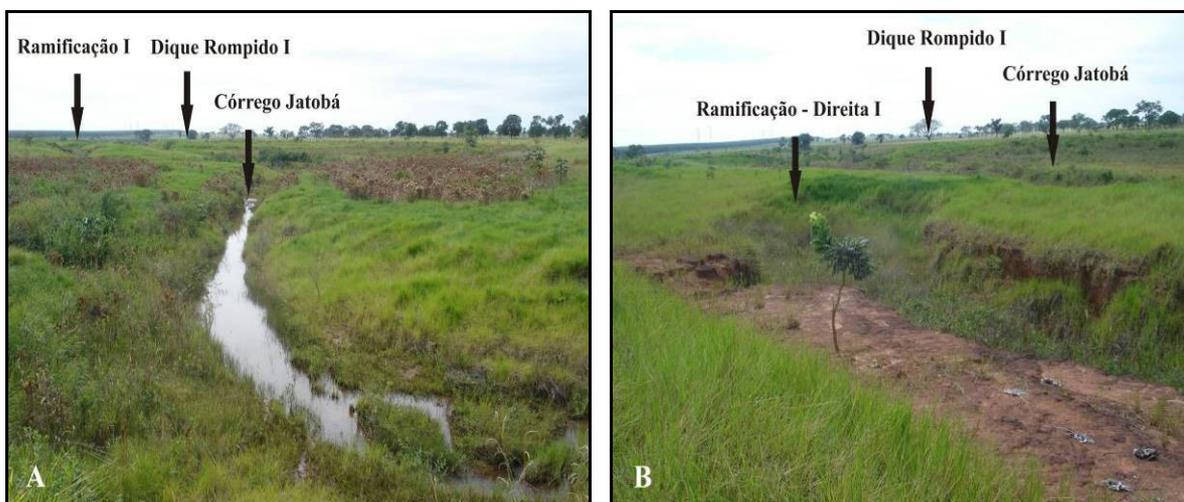
**Figura 19:** Voçoroca e desmoronamentos recentes. (A) Desmoronamentos recentes em uma das ramificações e presença de vegetação arbustiva no leito; (B) Desmoronamentos recentes provocados pela ação do escoamento em dutos e presença de gramíneas no leito. Foto: Fábio Queiroz

Em seu entorno encontram-se 3 feições que indicam serem resquílios de diques que foram construídos com o intuito de barrar o fluxo do canal do Córrego Jatobá, para formarem açudes e, possivelmente em um período de intensas chuvas romperam,

originando a retomada erosiva no canal principal do Córrego Jatobá e o processo de voçorocamento.

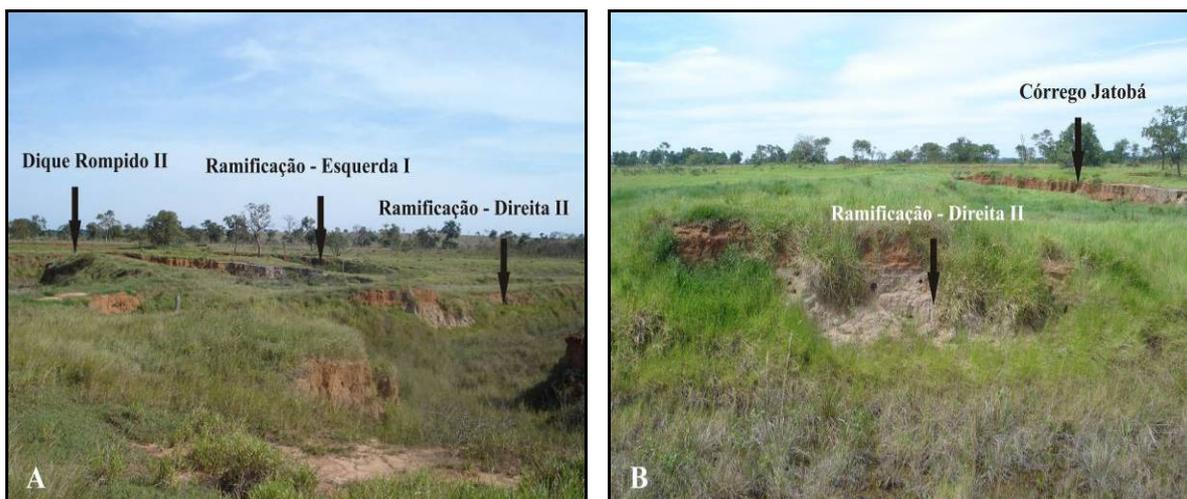
Associado ao canal principal do Córrego Jatobá há a existência de 4 ramificações bem desenvolvidas, sendo 3 na margem direita e uma na margem esquerda. Essas 4 ramificações devem estar relacionadas à construção de caixas de empréstimo que foram feitas durante a implantação dos barramentos, e com o rompimento dos diques foram gradativamente incorporadas ao canal principal do Córrego Jatobá, evoluindo para as atuais feições erosivas.

Em linhas gerais, na área da voçoroca ocorre o predomínio de solos do tipo Latossolo de textura média, associado a solos Hidromórficos. É possível observar também a presença de gramíneas e arbustos ao longo de todas as ramificações. A voçoroca apresenta todos os canais definidos e com fluxo corrente, os quais sofrem variações em termos de volume de água. À jusante do primeiro dique rompido, na margem direita do Córrego Jatobá (Figura 20A), há uma ramificação lateral, possuindo pequena lâmina d'água (Figura 20B).



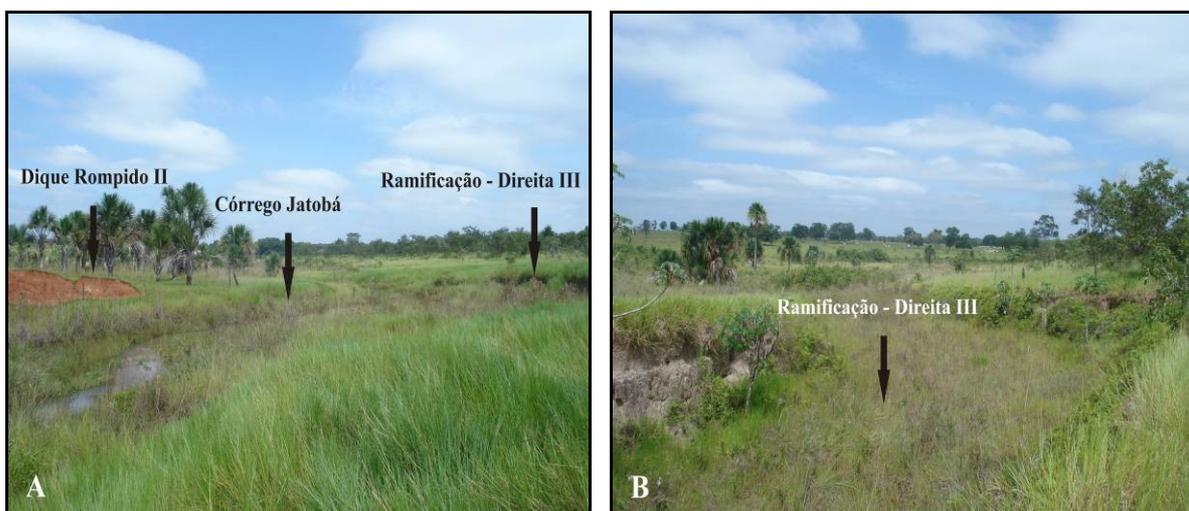
**Figura 20:** Córrego Jatobá e dique rompido I. (A) Córrego Jatobá; (B) Primeiro dique rompido e da primeira ramificação da margem direita, com presença de vegetação. Foto: Fábio Queiroz

A jusante do segundo dique rompido, tanto na margem direita quanto na esquerda do Córrego Jatobá, tem-se uma considerável ramificação do tipo voçoroca. As duas apresentam-se bastante ativas, onde se observa desmoronamentos recentes. A da direita encontra-se mais desenvolvida e com maior de fluxo de água em seu leito (Figura 21A e 21B).



**Figura 21:** Voçoroca, Córrego Jatobá e dique rompido II. (A) Destaque para as ramificações mais desenvolvidas e presença de gramíneas em suas margens e leito; (B) Presença de dutos na segunda ramificação da margem direita e Córrego Jatobá ao fundo. Foto: Fábio Queiroz.

À montante do terceiro dique rompido há outra ramificação. A área caracteriza-se por se apresentar bastante úmida, com presença de fluxo, semelhante a uma várzea. Pelas características da vegetação próxima e associada à umidade presente no solo, essa área possivelmente fora uma antiga vereda, que atualmente se encontra modificada pelas alterações promovidas pelo rebaixamento do nível de base do Córrego Jatobá e consequentemente, por sua retomada erosiva, fato que vem contribuindo para o desenvolvimento dos processos erosivos na voçoroca (Figura 22A e 22B).

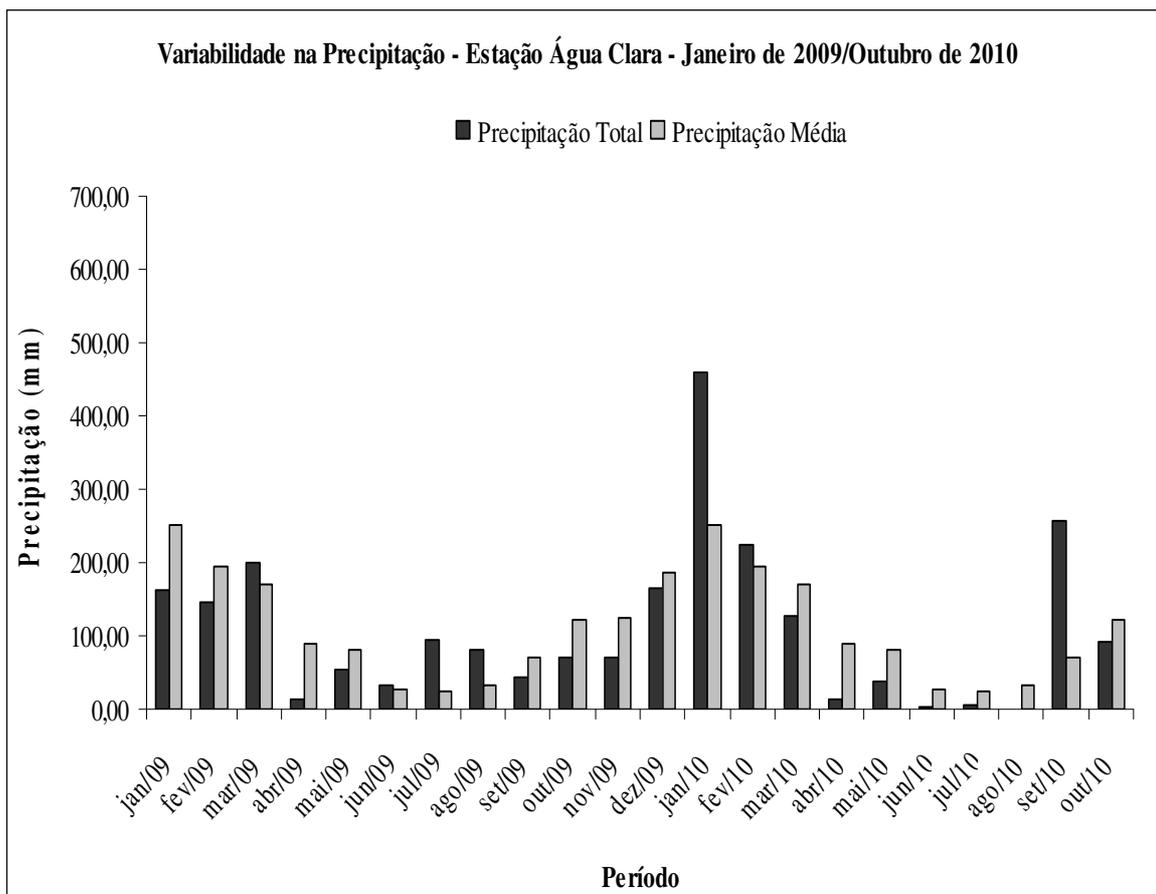


**Figura 22:** Antiga área de vereda, Córrego Jatobá e dique rompido III. (A) Terceiro dique rompido em antiga vereda; (B) Terceira ramificação da margem direita, apresentando dutos na sua margem, presença de vegetação arbustiva e gramíneas nas margens e no leito. Foto: Fábio Queiroz.

Segundo as classificações propostas Pichler (1953) e Oka-Fiori & Soares (1976) a voçoroca do Córrego Jatobá é uma feição erosiva viva que está em fase de transição de juvenil para madura.

### 4.3 Pluviosidade Durante o Período de Amostragem

De acordo com os dados da estação pluviométrica *Água Clara*<sup>27</sup>, em 2009 os índices pluviométricos foram acima da média nos meses de março, junho, julho e agosto. Para 2010, apresentou valores de precipitação acima da média para os meses de janeiro, fevereiro e setembro. Destaque para o mês de janeiro que registrou de 207,8mm acima da média (Figura 23).

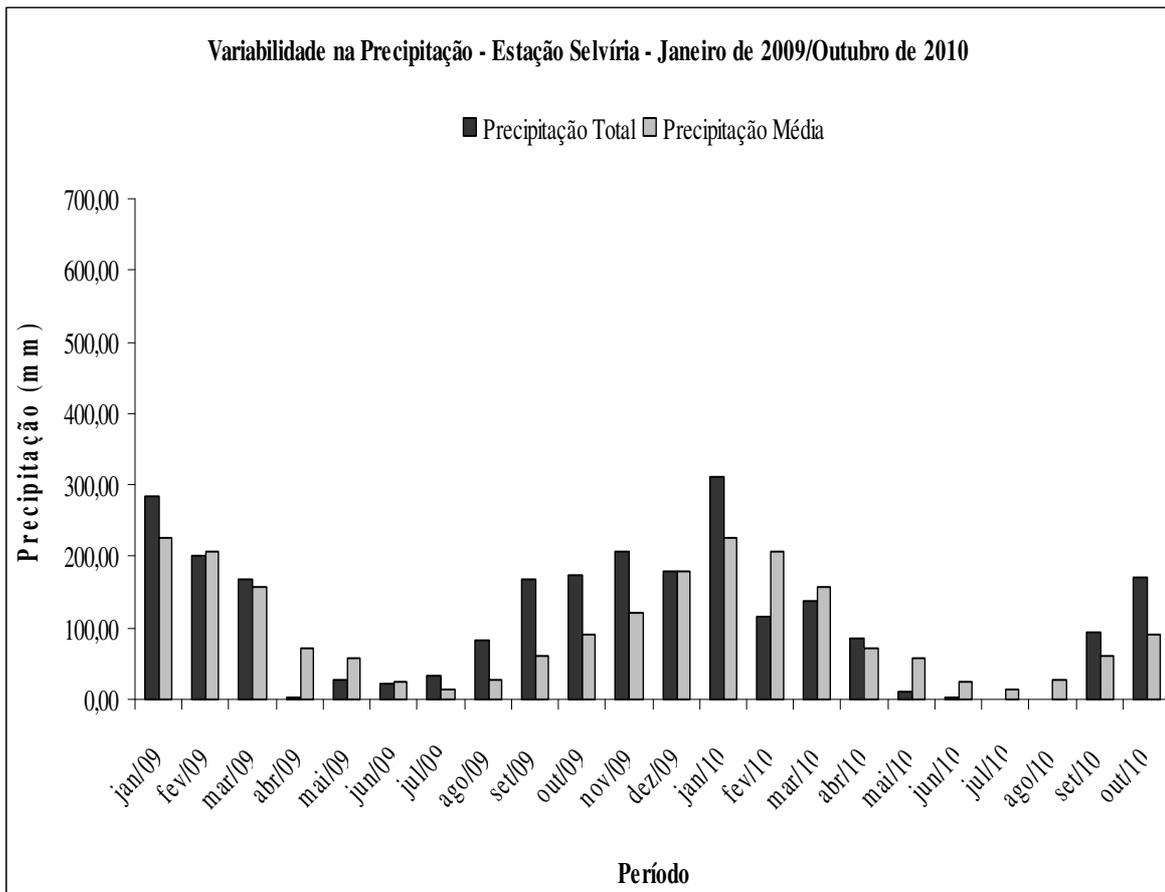


**Figura 23:** Estação Água Clara – Precipitação total mensal – 2009/2010.

Na estação *Selvíria*<sup>28</sup>, em 2009, nos meses de janeiro, março, julho, agosto, setembro, outubro e novembro choveu acima da média. Em 2010, os meses de janeiro, abril, setembro e outubro apresentaram chuvas acima da média. O mês de janeiro registrou 86,4mm acima da precipitação média (Figura 24).

<sup>27</sup> Possui dados pluviométricos disponíveis de janeiro de 2009 a outubro de 2010 (Anexo A1).

<sup>28</sup> Possui dados pluviométricos disponíveis de janeiro de 2009 a outubro de 2010 (Anexo A12).

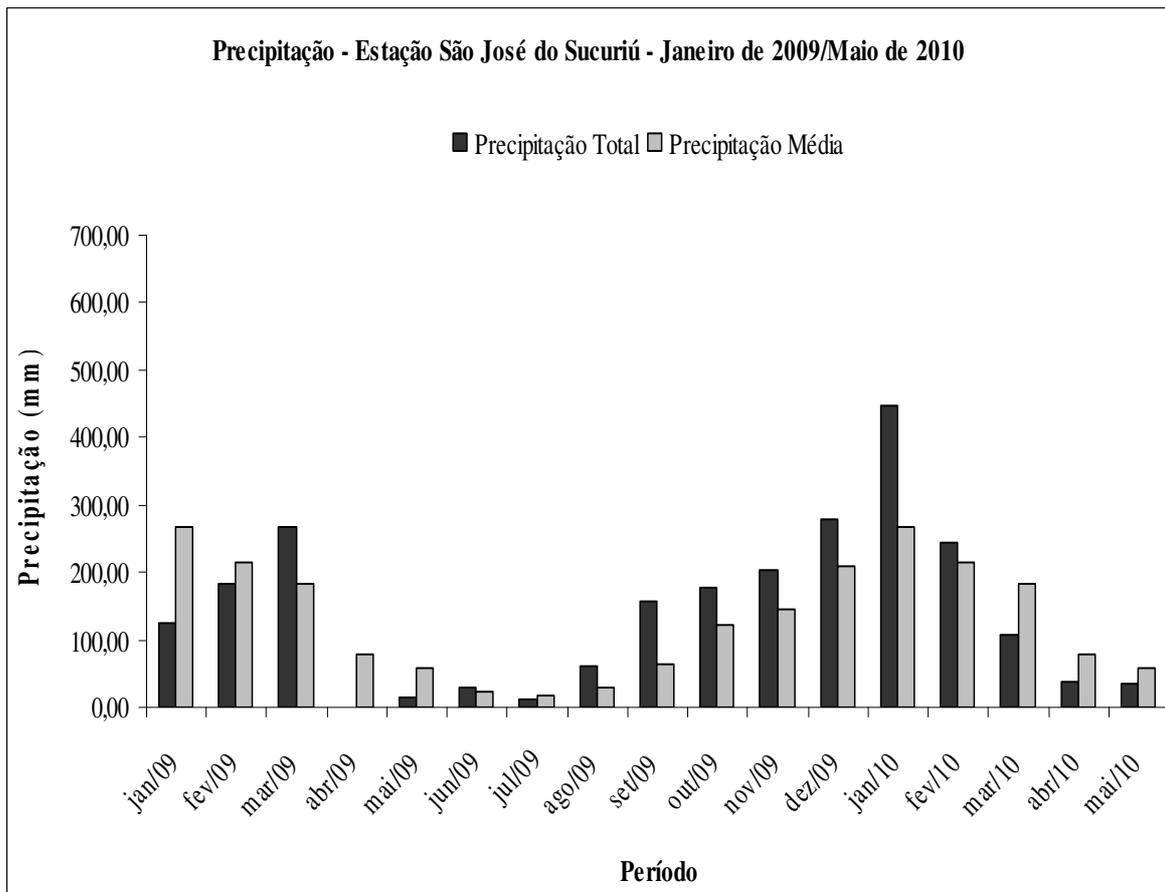


**Figura 24:** Estação Selvíria – Precipitação total mensal – 2009/2010.

Para a estação *São José do Sucuriú*<sup>29</sup>, em 2009, nos meses de março, junho, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro choveu acima da média. O ano de 2010 apresentou valores de precipitação acima da média para os meses de janeiro e fevereiro, sendo que para o primeiro registrou 181,8mm acima da média (Figura 25).

Para o ano de 2009 nos meses que apresentaram precipitação abaixo da média, esses valores foram muito próximos às médias históricas. De acordo com os índices de precipitações do ano de 2009 até meados de 2010, pode-se perceber que o período de outubro de 2009 a março de 2010 foi bastante chuvoso. Logo, a primeira amostragem da presente pesquisa além de ter ocorrido em um mês chuvoso, a área também estava sobre a influência da precipitação acumulada em 2009.

<sup>29</sup> Possui dados pluviométricos disponíveis de janeiro de 2009 a maio de 2010 (Anexo A11).



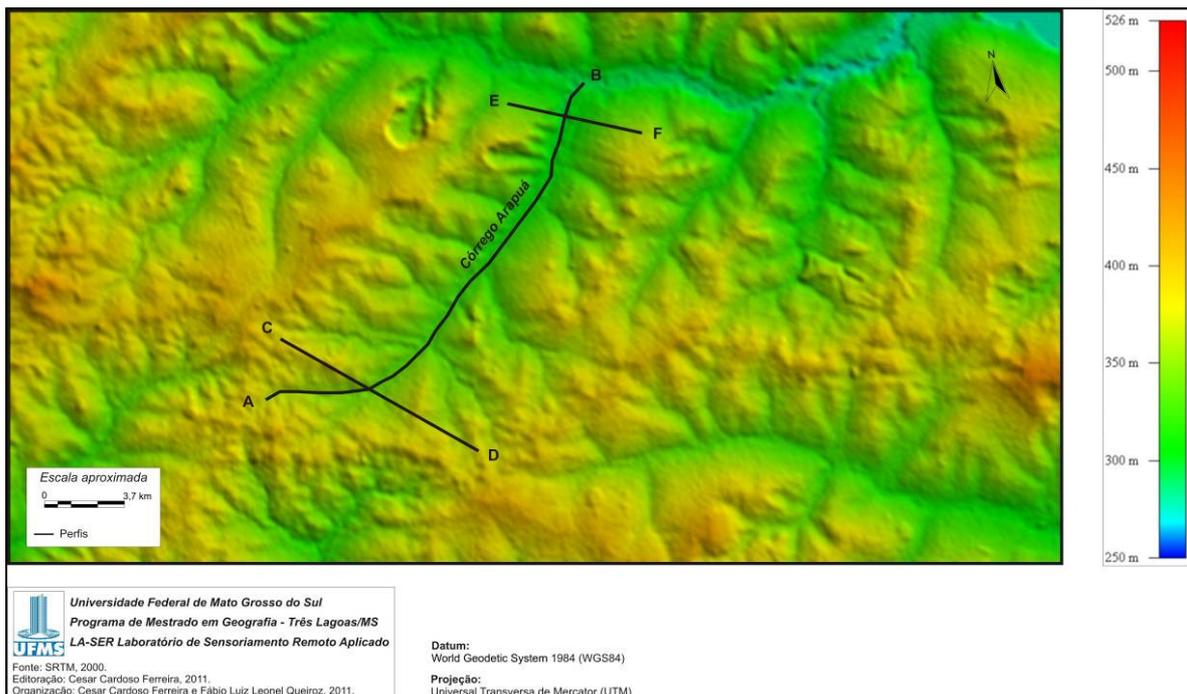
**Figura 25:** Estação São José do Sucuriú – Precipitação total mensal – 2009/2010.

Pode-se concluir, que durante a primeira coleta de sedimentos (fevereiro de 2010) predominava um período chuvoso (Figuras 23, 24, 25 e 26A). Para a segunda amostragem de sedimentos (agosto de 2010) prevalecia na região um período seco, de águas baixas; conforme também observado em campo, a área encontrava-se bastante seca, inclusive com presença de queimadas (Figuras 23, 24, 25 e 26B).

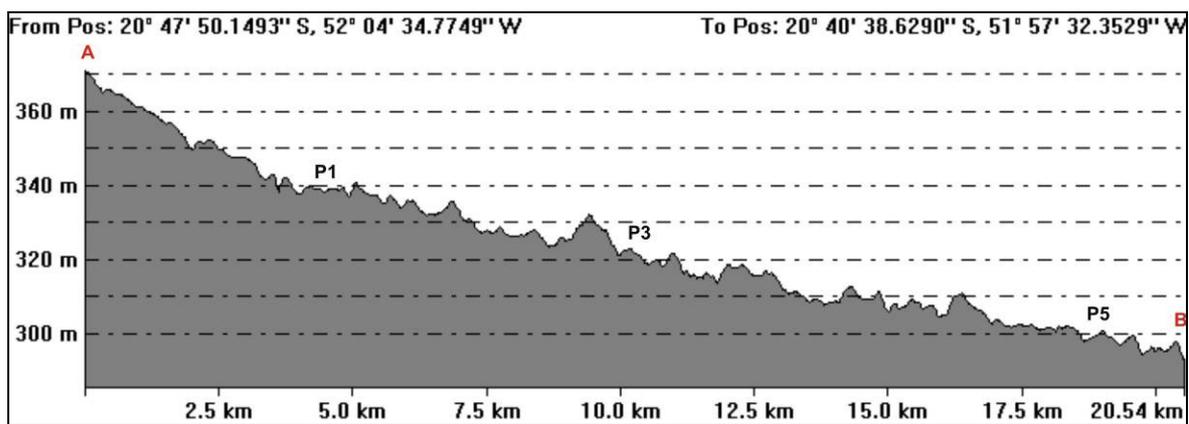


**Figura 26:** Período chuvoso e período seco. (A) Escoamento superficial intenso associado à chuva na área da nascente principal; (B) Vertente e vereda recentemente devastada pelo fogo. Foto: Fábio Queiroz



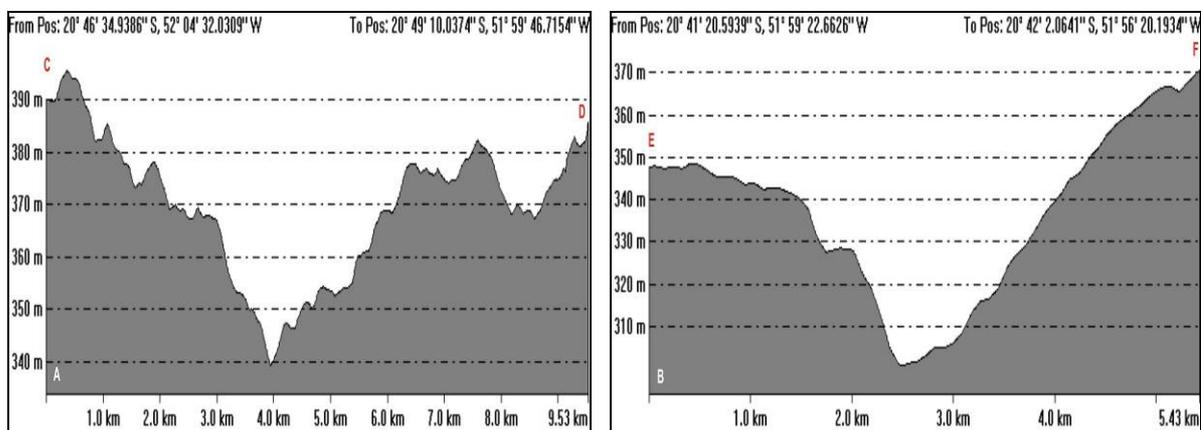


**Figura 28:** Localização dos perfis longitudinal e transversal na bacia do Córrego Arapuá.



**Figura 29:** Perfil longitudinal do Córrego Arapuá.

Fonte: SRTM – 90m.



**Figura 30:** Perfis transversais. (A) Perfil na nascente; (B) Perfil na foz.

Fonte: SRTM – 90m.

Portanto, o perfil transversal da nascente identifica que as vertentes são menos suavizadas, fato que associado a outras variáveis, contribui para explicar feições erosivas encontradas nessa área, se comparada às áreas de jusante, de acordo com observações de campo. Assim, considerando que as vertentes na área de montante da bacia estão mais degradadas, a presença de práticas conservacionistas, além da manutenção e recomposição da vegetação ciliar, são importantes para a manutenção do equilíbrio morfo genético atuante nessa área da bacia.

#### **4.5 Largura, Profundidade e Velocidade do Fluxo**

No primeiro campo, no P1 o canal apresentou largura de 7,34m, profundidade de 0,36m e velocidade de 0,011m/s (Tabela 8). No segundo campo apresentou aumento da largura e profundidade, para respectivamente, 10,12m e 0,41m, entretanto sua velocidade de fluxo diminuiu, apresentando-se totalmente parado (Tabela 8). Assim, considerando a velocidade do fluxo, o P1 na segunda amostragem estava com características de um ambiente lântico.

Durante a primeira amostragem, o P2 apresentou o canal com largura de 2,28m, profundidade de 0,44m e velocidade do fluxo de 0,55m/s (Tabela 8). No segundo campo a largura, a profundidade e a velocidade do fluxo diminuíram apresentando os respectivos valores de 1,83m, 0,16m e 0,46m/s (Tabela 8).

O P3, na primeira amostragem, apresentou largura do canal de 2,16m, profundidade de 0,46m e velocidade do fluxo de 0,75m/s (Tabela 8). Na segunda amostragem os valores de largura do canal, profundidade e velocidade do fluxo diminuíram, apresentando respectivamente, 1,96m, 0,35m e 0,34m/s (Tabela 8).

Para o P4, na primeira amostragem, a largura do canal foi de 1,89m, a profundidade de 0,51m e a velocidade do fluxo de 0,41m/s (Tabela 8). Na segunda amostragem observou-se o aumento da largura do canal para 2,07m, a diminuição da profundidade e da velocidade do fluxo, apresentando os respectivos valores de 0,42m e 0,35m/s (Tabela 8).

O P5, na primeira amostragem, apresentou canal com largura de 5,92m, profundidade de 0,38m e velocidade do fluxo de 0,52m/s (Tabela 8). Na segunda amostragem observou-se a diminuição da largura do canal para 4,81m, aumento da profundidade para 0,43m e diminuição da velocidade do fluxo para 0,49m/s (Tabela 8).

Portanto, os valores apresentados na Tabela 8, da primeira para a segunda amostragem, indicam que para o P1 aumentou o volume de água no canal, uma vez que

apesar da velocidade do fluxo ter diminuído, a largura e a profundidade aumentaram. Para os P2, P3, P4 e P5 ocorreu a diminuição do volume de água. No entanto, para P4 ocorreu o aumento da largura do canal, que pode estar associado a processos de desmoronamento das margens e no P5 aumentou a profundidade o que pode indicar que diminuiu a espessura do pacote dos materiais que estavam cobrindo o leito na primeira amostragem.

**Tabela 8:** Largura, Profundidade e Velocidade do Fluxo

	Fev./10			Ago./10		
	Larg. (m)	Prof. (m)	Vel. Fluxo (m/s)	Larg. (m)	Prof. (m)	Vel. Fluxo (m/s)
P1	7,34	0,36	0,011	10,12	0,41	0,00
P2	2,28	0,44	0,55	1,83	0,16	0,46
P3	2,16	0,46	0,75	1,96	0,35	0,34
P4	1,89	0,51	0,41	2,07	0,42	0,35
P5	5,92	0,38	0,52	4,81	0,43	0,49

Larg., Largura; Prof., Profundidade; Vel. Fluxo, Velocidade do Fluxo.

## 4.6 Distribuição dos Parâmetros Sedimentológicos

### 4.6.1 Materiais do leito

Na primeira amostragem a granulometria média dos sedimentos do leito variou de areias finas nos P1 e P4, areias médias nos P2 e P5 e areias grossas no P3 (Tabela 9 e Anexo B). Para o segundo campo, variou entre areias médias para os P4 e P5, e areias grossas para os P1, P2 e P3 (Tabela 9 e Anexo B).

A maior variabilidade da granulometria média ocorreu na primeira amostragem, fato que está associado a presença da chuva, a qual tem seus efeitos mais rápidos em pequenas áreas de drenagem, destacando-se assim a ação do escoamento superficial carreando sedimentos das vertentes para o canal fluvial.

**Tabela 9:** Granulometria média dos sedimentos de fundo na bacia do Córrego Arapuá

GRANULOMETRIA MÉDIA ( $\Phi$ )		
	Fev./10	Ago./10
P1	Areia Fina	Areia Grossa
P2	Areia Média	Areia Grossa
P3	Areia Grossa	Areia Grossa
P4	Areia Fina	Areia Média
P5	Areia Média	Areia Média

Conforme os dados da Tabela 10, a maior variabilidade nos valores de assimetria ocorreu durante a primeira amostragem. Na primeira amostragem, os P1 e P5, apresentaram assimetria negativa, o que indica a remoção seletiva dos sedimentos pela

ação do fluxo. Para o P3 prevaleceu a assimetria positiva, indicando que os processos de deposição estavam prevalecendo na área. Já o P2 e o P4, apresentaram-se aproximadamente simétricos, indicando o equilíbrio entre a remoção e a deposição dos sedimentos.

Na segunda amostragem, os P1 e P5 apresentaram aproximadamente simétricos, o que indica o equilíbrio entre os processos de deposição e remoção seletiva dos sedimentos, já, os P2, P3 e P4 apresentaram assimetria positiva, indicando que os processos de deposição estavam prevalecendo no local (Tabela 10).

Somente o P3 não apresentou mudanças nessa variável, tanto na primeira como na segunda amostragem prevaleceram no local processos deposicionais, o que contribui para compreender o porquê da granulometria média dos sedimentos não ter se modificado nessa seção.

**Tabela 10:** Assimetria dos sedimentos de fundo na bacia do Córrego Arapuá

<b>ASSIMETRIA</b>		
	<b>Fev./10</b>	<b>Ago./10</b>
P1	Assimetria Negativa	Aproximadamente Simétrica
P2	Aproximadamente Simétrica	Assimetria Positiva
P3	Assimetria Positiva	Assimetria Positiva
P4	Aproximadamente Simétrica	Assimetria Positiva
P5	Assimetria Negativa	Aproximadamente Simétrica

As situação registrada no P3 durante a primeira amostragem indica que no momento da coleta os materiais menos grosseiros presentes nos P1 e P2 estavam sendo mobilizados pela ação do fluxo e, portanto, não prevaleciam no P3. Fato que significa, provavelmente, que as condições dos sedimentos de fundo no P3 não modificaram do período chuvoso para o período seco.

Para o primeiro e segundo campo, em todas as amostras, considerando os valores de desvio padrão, as classes granulométricas amostradas apresentaram-se moderadamente selecionadas (Tabela 11).

**Tabela 11:** Desvio padrão dos sedimentos de fundo na bacia do Córrego Arapuá

<b>DESVIO PADRÃO</b>		
	<b>Fev./10</b>	<b>Ago./10</b>
P1	Moderadamente Selecionado	Moderadamente Selecionado
P2	Moderadamente Selecionado	Moderadamente Selecionado
P3	Moderadamente Selecionado	Moderadamente Selecionado
P4	Moderadamente Selecionado	Moderadamente Selecionado
P5	Moderadamente Selecionado	Moderadamente Selecionado

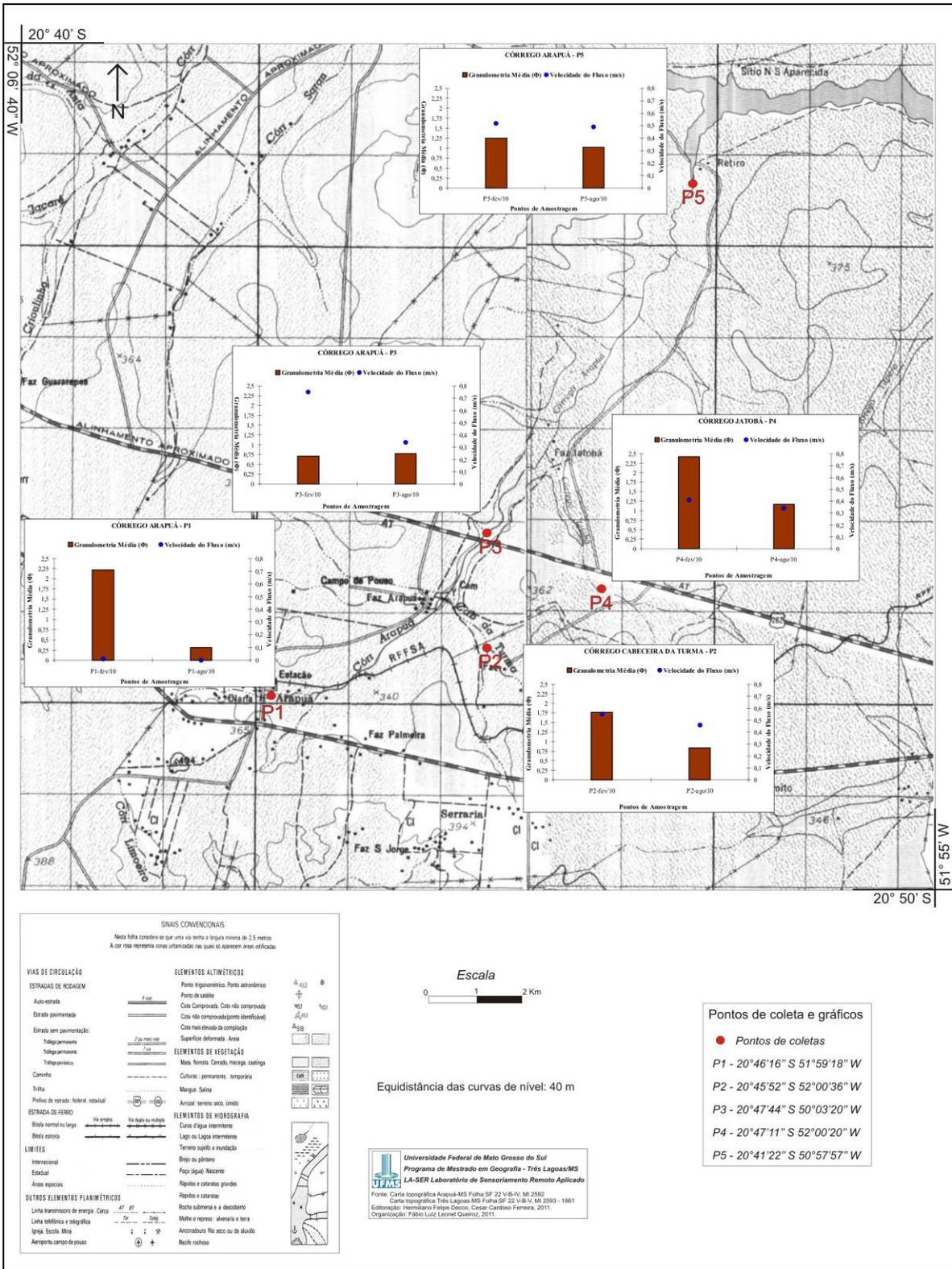
Para os valores de curtose, expressos na Tabela 12, no primeiro campo apresentou distribuição mesocúrtica para todas as seções, indicando que as classes granulométricas encontravam significativamente separadas. No segundo campo, no P1 prevaleceu a distribuição leptocúrtica, o que indica que os sedimentos presentes apresentaram características de materiais que passaram pelo processo de remoção pela ação das correntes de fundo (Tabela 12). Os P2 e P5 apresentaram distribuição platicúrtica, indicando a mistura das populações diferentes dos sedimentos (Tabela 12). E os P3 e P4, assim como na primeira amostragem, tiveram distribuição mesocúrtica, representando que as classes dos sedimentos encontram-se significativamente separadas, isto indica que as condições dos sedimentos nessas duas seções não se modificaram do primeiro para o segundo campo, fato possivelmente associado às características do canal para o P3 e à pouca variação da velocidade do fluxo para o P4 (Tabela 12).

**Tabela 12:** Curtose dos sedimentos de fundo na bacia do Córrego Arapuá

<b>CURTOSE</b>		
	<b>Fev./10</b>	<b>Ago./10</b>
P1	Mesocúrtica	Leptocúrtica
P2	Mesocúrtica	Platicúrtica
P3	Mesocúrtica	Mesocúrtica
P4	Mesocúrtica	Mesocúrtica
P5	Mesocúrtica	Platicúrtica

As velocidades do fluxo para todos os pontos, da primeira para a segunda amostragem diminuíram, acompanhando a diminuição dos índices pluviométricos. O relacionamento da velocidade do fluxo e a granulometria média, durante a primeira amostragem, para os seções localizadas ao longo do canal principal do Córrego Arapuá (P1, P3 e P5), foi direta (entre P1 e P3 aumentou a velocidade do fluxo e a granulometria média, entre P3 e P5 diminuiu a velocidade do fluxo e a granulometria média) e, na segunda amostragem, inversa (aumentou a velocidade do fluxo e diminuiu a granulometria média) (Figura 31).

Para as duas amostragens, os P1, P2 e P4 apresentaram as maiores variações na granulometria média dos sedimentos (Figura 31 e Tabela 9). Nesses pontos, na primeira amostragem, o aporte de materiais finos foi maior, os quais com o passar do tempo foram mobilizados pela ação do fluxo, prevalecendo na segunda amostragem materiais mais grosseiros que ficaram expostos na medida que os materiais mais finos foram retirados.



**Figura 31:** Granulometria média e a velocidade do fluxo na bacia do Córrego Arapuá em fevereiro e agosto de 2010.

Os resultados apontam durante o período chuvoso, para as seções localizadas nas nascentes, P1, no Córrego Arapuá, P2, no Córrego Cabeceira da Turma, e P4, no Córrego Jatobá, que essas são áreas de aporte de materiais mais finos (Figura 31 e Tabela 9). No entanto, considerando as duas amostragens, no P4 as frações que prevaleceram na área evoluiu de areias finas para areias médias, o que pode estar associado à diminuição do fornecimento de materiais menos grosseiro ou à falta de competência do canal para transportar essas frações (Figura 31 e Tabela 9).

A variação das frações granulométricas para os P1, P2 e P4 ocorreram em função dos processos de aporte de sedimentos e das condições pluviométricas, uma vez que durante a primeira amostragem, ocorrida em período chuvoso, os processos erosivos estavam mais atuantes e, portanto, fornecendo materiais mais diversificados ao canal (Figura 31).

Considerando os P1, P3 e P5, no canal principal, na primeira amostragem, os materiais mais finos foram encontrados no P1 com a menor velocidade do fluxo e, os mais grosseiros no P3 com a maior velocidade do fluxo (Figura 31). Da primeira para a segunda amostragem os sedimentos finos que prevaleciam no P1 foram mobilizados pelo fluxo deixando expostos os materiais mais grosseiros, P3 e P5 permaneceram com as mesmas classes granulométricas (Figura 31 e Tabela 9). Para o P3, apesar de ter ocorrido significativa alteração na velocidade do fluxo, do primeiro para o segundo campo, as características das frações do leito não se modificaram (Figura 31). No primeiro campo as velocidades estavam mais elevadas, fato relacionado ao maior volume de água presente no canal e portanto, o fluxo apresentava maior capacidade de mobilização das frações mais finas, prevalecendo os materiais mais grosseiros. No P5 (Figura 31), assim como no P3, não ocorreu variação na granulometria média das frações e, de acordo com o perfil longitudinal (Figura 29) para essa seção, está relacionado à diminuição da competência dos canais fluviais de transportar materiais mais grosseiros na medida em que se aproximam da foz. Assim, próximo à foz, os canais fluviais transportam somente as frações menores.

Foi observado por Queiroz & Rocha (2010), em estudo de caso realizado em duas seções transversais localizadas no Canal Curutuba, nas proximidades da foz do Rio Ivinheima (MS), uma situação semelhante a encontrada no segundo período de amostragem no Córrego Arapuá. Tal como naquele estudo, este também sugere a interpretação dos sedimentos coletados e analisados, não estarem em transporte no momento da coleta, e sim depositados no canal. Fato associado ao possível aporte de

materiais mais grosseiros oriundos das vertentes e, devido à baixa competência das correntes do fluxo no canal, os mesmos ficam depositados e ocorrendo o aumento da velocidade do fluxo são mobilizados em direção à jusante.

#### **4.6.2 Sólidos em suspensão**

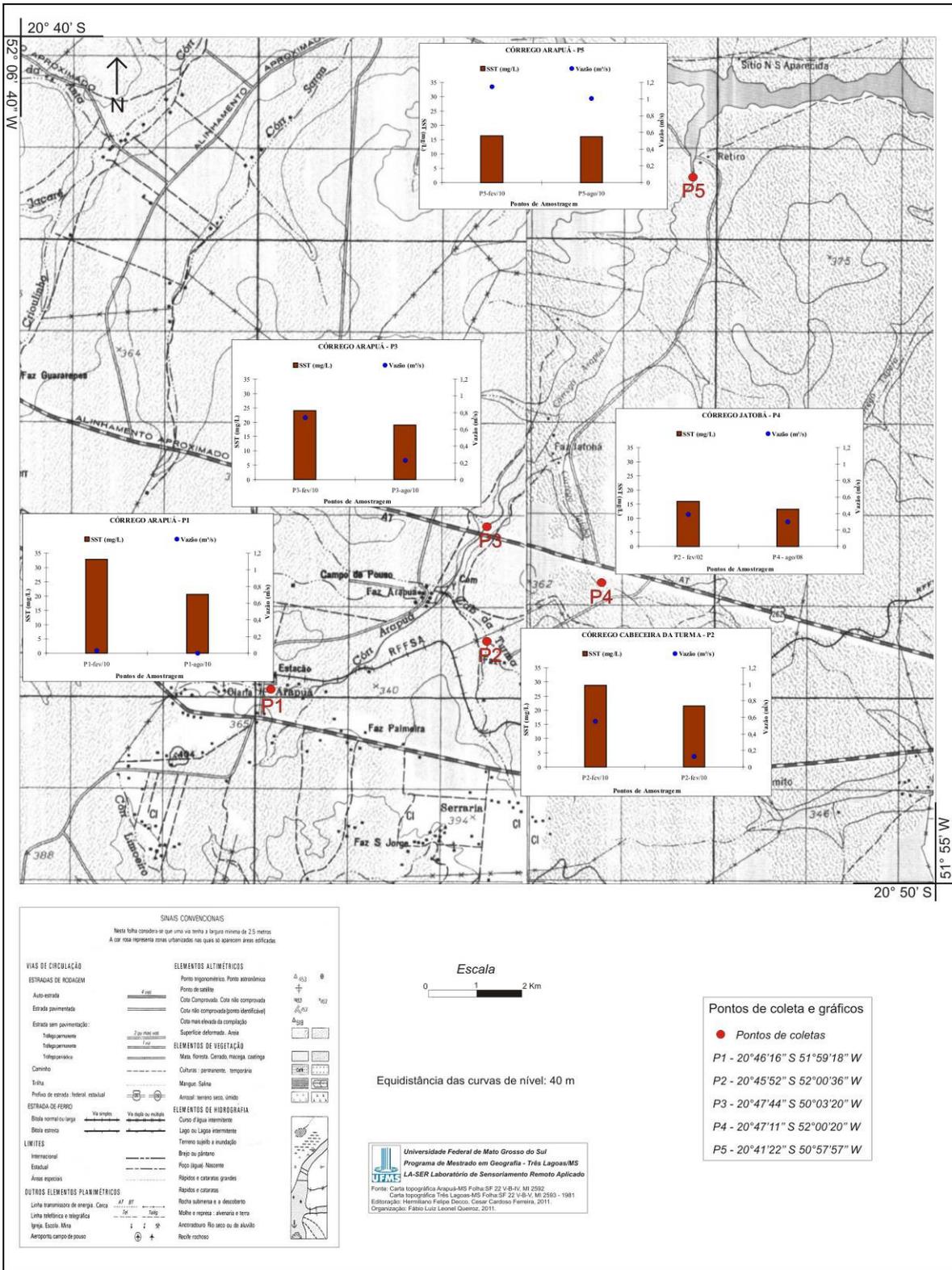
Os materiais em transporte em suspensão são constituídos por partículas reduzidas, capazes de serem mobilizadas e suspensas pela ação do fluxo no canal, portanto as amostras quando são coletadas capturam somente os materiais que estão em transporte no rio naquele momento. A quantidade dos materiais em transporte em suspensão, está associada ao aporte de materiais finos no canal e aos valores da vazão, os quais aumentam em direção a foz, e representam a energia total do sistema.

As vazões foram mais elevadas durante a primeira amostragem (Figura 32), fato que está relacionado ao maior volume de chuva e conseqüentemente, ao aumento do fornecimento de água que está chegando ao canal fluvial, proveniente dos índices pluviométricos concentrados nessa época.

Para os materiais em suspensão, considerando somente as amostragens realizadas ao longo do canal principal do Córrego Arapuá (P1, P3 e P5), nos 2 períodos, observou-se que as maiores concentrações ocorreram junto ao P1 (Figura 32). P3 apresentou diminuição da concentração de SST da primeira para a segunda amostragem, a qual foi acompanhada pela queda da vazão (Figura 32). P5 nas duas amostragens apresentou pouca variação na quantidade de SST, fato explicado pela pouca modificação da vazão (Figura 32).

Considerando todos os pontos de amostragens (P1, P2, P3, P4 e P5), nos 2 períodos, observa-se que P4 apresentou as menores concentrações SST, indicando portanto, que os materiais mais finos produzidos na voçoroca ou são em baixa quantidade ou o fluxo naquele trecho não tem capacidade para transportá-los em suspensão (Figura 32).

Para os P2 e P4, localizados respectivamente no Córrego Cabeceira da Turma e no Córrego Jatobá, da primeira para a segunda amostragem ocorreu a diminuição da vazão (menor pluviosidade) e provavelmente diminuiu o aporte dos materiais em suspensão, fato que pode estar associado à redução do fornecimento de sedimentos ao canal (Figura 32).



**Figura 32:** Sólidos Suspensos Totais e a vazão na bacia do Córrego Arapua em fevereiro e agosto de 2010.

Em todas as seções, tanto na primeira coleta quanto na segunda, a vazão aumentou para jusante, o que indica que aumentou a energia total do sistema em direção à foz. No canal principal, relacionando a vazão com a quantidade dos SST, nas duas amostragens foi inverso (aumentou a vazão e diminuiu a quantidade de SST) entre os P1, P3, e P5 (Figura 32). A explicação para a diminuição das concentrações de SST em direção a foz está associado a diminuição do fornecimento de materiais ao canal, o que é possivelmente explicado pela presença de vertentes mais preservadas. Portanto, o aumento do volume de água não foi acompanhado pelo aumento dos sedimentos fornecidos ao canal, o que proporcionou a diluição das concentrações de SST em direção a foz.

Discutindo os resultados, os dados sedimentológicos (materiais do leito e em suspensão) apontam para a presença de processos erosivos superficiais mais intensos no período chuvoso. Os pontos de amostragens possuem comportamentos diferentes do período chuvoso para o período seco, fato associado à pluviosidade, ao uso e ocupação do solo nas vertentes e a declividade ao longo do canal.

O uso e ocupação da bacia do Córrego Arapuá é mais dinâmico na porção sul, onde é mais frequente a existência de estradas rurais sem pavimentação, atuando como importantes áreas fornecedoras de materiais aos canais fluviais (Figura 26), além de processos erosivos, entre os quais destaca-se a voçoroca localizada do Córrego Jatobá (Figuras 19, 20, 21 e 22). Já a porção norte da bacia do Córrego Arapuá tem suas vertentes mais preservadas (Figura 17), fato que pode estar influenciando na diminuição do aporte de sedimentos no canal fluvial.

A vazão apresentou-se como importante variável para interpretação das quantidades de materiais transportados em suspensão, com exceção para as concentrações obtidas no P1, que apesar de ter apresentado as menores vazões foi onde ocorreram as maiores concentrações de materiais em suspensão (Figura 32). A hipótese mais provável para explicar as maiores concentrações de SST no P1 é que, pelo fato de estar localizada em área de pequenas propriedades e próxima a porção urbanizada do Distrito de Arapuá (Figura 18), a probabilidade do descarte de poluentes, entre os quais esgoto, no canal é bastante significativa, isto poderia levar à propagação de micro-organismos na coluna d'água, podendo influenciar na quantidade dos SST presentes no local.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que a dinâmica hídrica e a produção de sedimentos nas bacias hidrográficas estão relacionadas a ação conjunta das condições naturais (relevo, clima, vegetação, solo) e das atividades humanas praticadas nas vertentes, esse trabalho busca contribuir com o entendimento da qualidade ambiental e dos processos fluviais, associados ao manejo de uso e ocupação do solo na área da bacia do Córrego Arapuá.

As chuvas concentradas, associadas ao uso e ocupação das vertentes apresentaram-se importantes na determinação de áreas susceptíveis ao desenvolvimento de processos erosivos, os quais refletem na qualidade e na quantidade da carga sedimentar fornecida ao córrego. Assim, observou-se que no período chuvoso o aporte de areias finas e médias no leito foi maior, e no decorrer do tempo foram mobilizadas pela ação do fluxo no canal em direção à foz. Na medida em que essas frações mais finas foram removidas, os materiais mais grosseiros depositados abaixo ficaram expostos e por o canal não apresentar competência para seu transporte, prevaleceram no período de vazante.

As chuvas concentradas tiveram um papel importante na produção e aporte de sedimentos no canal fluvial. Durante o período chuvoso ocorreram maiores variações na qualidade e na distribuição dos sedimentos do leito, enquanto que no período seco apresentaram características mais homogêneas. As maiores quantidades dos materiais em suspensão foram registradas também durante o período chuvoso. Portanto, aparentemente, os índices pluviométricos regionais, associados ao atual uso e ocupação do solo, tem papel fundamental na dinâmica hidrossedimentológica da bacia do Córrego Arapuá.

A situação encontrada no período de vazante indica que os sedimentos de fundo no momento da coleta não estavam em transporte, e sim depositados. Fato relacionado à baixa competência das correntes do fluxo, em que os mesmos ficam depositados e quando ocorre o aumento da velocidade são mobilizados em direção a jusante.

Em relação ao perfil longitudinal, o Córrego Arapuá aparentemente tem seu perfil equilibrado. Considerando os perfis transversais, a área da nascente tem as vertentes menos suaves que a foz. A presença de solos arenosos e o desmatamento, tornam o local mais susceptível ao desencadeamento de processos erosivos e conseqüentemente de maior aporte de materiais particulados no canal, principalmente no período chuvoso, quando os materiais são mobilizados pela ação das enxurradas em direção aos canais fluviais.

A área mais ocupada, a porção sul da bacia (nascentes), apresentou comportamento diferenciado na produção de sedimentos, principalmente na quantidade dos materiais em suspensão. Fato relacionado à retirada da vegetação, proporcionando que os sedimentos sejam carreados, pela ação do escoamento superficial da água das chuvas, para o canal fluvial durante os eventos chuvosos. Nessa perspectiva enquadra-se a voçoroca localizada no Córrego Jatobá, com sua origem associada à construção de açudes rompidos possivelmente por concentrados e elevados índices pluviométricos. No entanto, para as amostras de sedimentos coletadas à jusante da voçoroca, observou-se entre todas as amostragens, tanto no período chuvoso quanto no período de vazante, o menor transporte de materiais em suspensão. Sendo, possivelmente, um indicador do baixo aporte de materiais finos.

Os resultados qualitativos presentes neste trabalho apontam para a existência de problemas ambientais na área da bacia. Demonstrando que provavelmente em situações de drenagens em condições semelhantes, apresentem o mesmo comportamento. Assim, recomenda-se que o atual processo de ocupação do solo da bacia do Córrego Arapuá deva passar por uma política de planejamento, associado ao processo de recuperação de áreas degradadas e da vegetação ciliar ao longo do canal, principalmente em suas nascentes.

Pode-se concluir que as variáveis estudadas no Córrego Arapuá apresentaram significativas relações. Entretanto, acredita-se ser necessário novas investigações na área para elucidações de algumas situações, como é o caso das concentrações de SST presentes no P1 e P4.

Considerando as características homogêneas das condições naturais e antrópicas, em escala regional, acredita-se que os resultados obtidos nesse trabalho são semelhantes a outras bacias hidrográficas, ou seja, as recomendações podem ser generalizadas para outras áreas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SÁBER, A. N. O relevo brasileiro e seus problemas. In: AZEVEDO, A. de (Org.). **Brasil: a terra e o homem**. 2 ed. São Paulo/SP: Nacional, 1972. Vol. 1 (As bases físicas).
- AGOSTINHO, A. A.; ZALEWSKI, M. **A planície alagável do Rio Paraná: importância e preservação**. Maringá-PR: EDUEM, 1996.
- ALMEIDA, B. T.; ROCHA, P. C. Dinâmica sedimentológica do Ribeirão Palmito, Três Lagoas-MS-Brasil. In: V SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA E I ENCONTRO SUL-AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA. 2004, Santa Maria/RS, **Anais...** Santa Maria/RS: 2004.
- ALMEIDA, B. T.; NUNES, J. O. R.; ROCHA, P. C. Caracterização e distribuição de carga sedimentar do leito do Ribeirão Palmito em Três Lagoas (MS). In: V SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA / REGIONAL CONFERENCE ON GEOMORPHOLOGY. 2006, Goiânia/GO, **Anais...** Goiânia/GO: 2006.
- ARANHA-SILVA, E. **A produção com destino industrial em pequenas propriedades: a sericicultura em Arapuá**. Monografia de Especialização – UFMS/CPTL. Três Lagoas/MS: 1986.
- ARAÚJO, G. H. de S; ALMEIDA, J. R. de; GUERRA, A. J. T. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. Rio de Janeiro/RJ: Bertrand, 2008.
- BAPTISTA, G. M. de M. **Diagnóstico ambiental de erosão laminar: modelo geotecnológico e aplicação**. Brasília/DF: Universia, 2003.
- BARACHO, M. A. R. **Transporte de sedimentos: programa e curso**. João Pessoa/PB: UFPB, 1999.
- BASTOS, A. C. S.; FREITAS, A. C. de. Agentes e processos de interdependência, degradação e dano ambiental. In: CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T., (Org.). **Avaliação e perícia ambiental**. 8. ed. Rio de Janeiro/RJ: Bertrand, 2007.
- BELTRAME, A. da V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação**. Florianópolis/SC: UFSC, 1994.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO F. **Conservação do solo**. 5. ed. São Paulo/SP: Ícone, 2005.
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**, 13. Tradução de Olga Cruz. São Paulo/SP: IGEO/USP, 1972.
- BERTRAND, G.; BERTRAND, C. **Uma geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades**. In: PASSOS, M. M. dos., (Org.). Modesto dos. Maringá/PR: Massoni, 2007.
- BIGARELLA, J. J.; MAZUCHOWSKI, J. Z. Visão integrada da problemática da erosão. In: III SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DA EROSIÃO. 1985, Maringá/PR. **Livro Guia...** Maringá/PR: ABGE/ADEA, 1985.
- BOTELHO, R. G. M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M., (Org.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 3 ed. Rio de Janeiro/RJ: Bertrand, 2007.
- BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. da. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T., (Org.). **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. Rio de Janeiro/RJ: Bertrand, 2004.
- BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L. de; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental**. 2 ed. São Paulo/SP: Pearson Prentice Hall, 2005.
- BRITO, I. M. **Bacias sedimentares e formações pós-paleozóicas do Brasil**. Rio de Janeiro/RJ: Interciência, 1979.
- CARVALHO, N. de O. **Hidrossedimentologia prática**. 2. ed. Rio de Janeiro/RJ: Interciência, 2008.
- CARVALHO, N. de O.; FILIZOLA JÚNIOR, N. P.; SANTOS, P. M. C. dos; LIMA, J. E. F. W. **Guia de práticas sedimentométricas**. Brasília/DF: ANEEL, 2000.
- CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. 2. ed. São Paulo/SP: Contexto, 1995.
- CATTANIO, M. B. **Geologia e geomorfologia do município de Três Lagoas-MS**. s.d. (Manuscrito).

- CATTANIO, M. B.; LORENZ-SILVA, J. L. Geologia e geomorfologia de Três Lagoas-MS. In: **Revista Científica e Cultural**. UFMS: Campo Grande/MS. v. 2, n. 1, 1987.
- CAUBET, C. G.; FRANK, B. **Manejo ambiental em bacias hidrográficas**: o caso do Rio Benedito (Projeto Itajaí I) – das reflexões teóricas às necessidades concretas. Florianópolis/SC: Fundação Água Viva, 1993.
- CHORLEY, R. J.; HAGGETT, P. **Modelos Integrados em Geografia**. Tradução de Arnaldo Viriato de Medeiros. Rio de Janeiro/RJ: Livros Técnicos e Científicos/USP, 1974.
- CRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo/SP: Edgard Blucher, 1980.
- CRISTOFOLETTI, A. Geografia física. **Boletim de Geografia Teorética**, n. 21 e 22, v. 11. Rio Claro/SP: AGETEO, 1981a.
- CRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo/SP: Edgard Blucher, 1981b.
- CRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo/SP: Edgard Blucher, 1999.
- COMUNELLO, E. **Dinâmica de inundações de áreas sazonalmente alagáveis na planície aluvial do alto Rio Paraná**. Dissertação de Mestrado – UEM/PEA. Maringá/PR, 2001.
- CRUZ, O.; SUGUIO, K.; EICHLER, B. B. Sedimentação Acelerada de Pontais e Barras Arenosas na Enseada de Caraguatatuba, SP: causas naturais e artificiais. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, n. 1, v. 33. São Paulo/SP: USP, 1985.
- CUNHA, S. B. da. Bacias hidrográficas. In: CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T., (Org.). **Geomorfologia do Brasil**. 4 ed. Rio de Janeiro/RJ: Bertrand, 2006.
- CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. Degradação ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da, (Org.). **Geomorfologia e meio ambiente**. 6 ed. Rio de Janeiro/RJ: Bertrand, 2006.
- CUNHA, S. B. da. Geomorfologia fluvial. In: CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T., (Org.). **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. 3 ed. Rio de Janeiro/RJ: Bertrand, 2009.
- DAEE/IPT. **Controle de erosão**: bases conceituais e técnicas – diretrizes para o planejamento urbano e regional – orientações para o controle de boçorocas urbanas. São Paulo/SP: DAEE/IPT, 1989.
- DUANE, D. B. Significance of skewness in recent sediments, Western Pamlico Sound, North Carolina. **Journal Sedimentary Petrology**, 34 (4): 864-874. 1964.
- DUARTE, A. C. Estrutura do espaço regional. In: IBGE (Org.). **Geografia do Brasil: região centro-oeste**. Rio de Janeiro/RJ: IBGE, 1989.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro/RJ: Embrapa Solos, 2006.
- FENDRICH, R.; OBLADEN, N. L.; AISSÉ, M. M.; GARCÍAS, C. M. **Drenagem e controle da erosão urbana**. 4. ed. Curitiba/PR: Champagnat, 1997.
- FERNANDEZ, O. V. Q. Mudanças topográficas e sedimentológicas em uma unidade soleira-depressão no Córrego Guavirá, Marechal Cândido Rondon, Paraná. Porto Alegre/RS: **Pesquisas em Geociências**, 30 (1). p. 53-63. 2003.
- FERNANDEZ, O. V. Q.; SANTOS, M. L. dos; FÚLFARO, V. J. Caracterização e distribuição dos sedimentos de fundo do Rio Paraná em Porto Rico (PR). Bauru/SP: **Ciência Geográfica**, v.I, VI, 2000. p. 25-32. Janeiro/Abril-2000.
- FERREIRA, F. F. Alinhamentos estruturais-magnéticos da região centro-oriental da Bacia do Paraná e seu significado tectônico. In: Paulipetro - Consórcio CESP/IPT (Org.). **Geologia da Bacia do Paraná - reavaliação da potencialidade e prospectividade em hidrocarbonetos**. São Paulo/SP: Paulipetro - Consórcio CESP/IPT, 1982.
- FERREIRA, C. C.; GONÇALVES, F.; AVELINO, P. H. M. Uso de geoprocessamento para mapeamento do uso e ocupação da terra com ênfase ao planejamento ambiental: estudo de caso da bacia hidrográfica Campo Triste - Três Lagoas/MS/Brasil. In: CONGRESSO DE MEIO AMBIENTE DA AUGM. 2009, São Carlos/SP, **Anais...** São Carlos: 2009.
- FOLK, R. L.; WARD, W. C. Brazos River Bar: a study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Petrology**, 27: 3-26, 1957.
- FÚLFARO, V. J.; SAAD, A. R.; SANTOS, M. V. dos; VIANNA, R. B. Compartimentação e evolução tectônica da Bacia do Paraná. In: Paulipetro - Consórcio CESP/IPT (Org.). **Geologia da Bacia do Paraná -**

**reavaliação da potencialidade e prospectividade em hidrocarbonetos.** São Paulo/SP: Paulipetro - Consórcio CESP/IPT, 1982.

GALETI, P. A. **Práticas de controle à erosão.** Campinas/SP: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1987.

GAMA JÚNIOR, E.; BANDEIRA JÚNIOR, A. N.; FRANÇA, A. B. Distribuição espacial e temporal das unidades litoestratigráficas paleozóicas na parte central da Bacia do Paraná. In: Paulipetro - Consórcio CESP/IPT (Org.). **Geologia da Bacia do Paraná - reavaliação da potencialidade e prospectividade em hidrocarbonetos.** São Paulo/SP: Paulipetro - Consórcio CESP/IPT, 1982.

GOULART, E.; JARDIM, N. Avaliação geoquímica das Formações Ponta Grosso e Irati – Bacia do Paraná. In: Paulipetro - Consórcio CESP/IPT (Org.). **Geologia da Bacia do Paraná - reavaliação da potencialidade e prospectividade em hidrocarbonetos.** São Paulo/SP: Paulipetro - Consórcio CESP/IPT, 1982.

GUERRA, A. J. T. O início do processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M., (Org.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações.** 3 ed. Rio de Janeiro/RJ: Bertrand, 2007.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T., (Org.). **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações.** 3 ed. Rio de Janeiro/RJ: Bertrand, 2009a.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da, (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos.** 9 ed. Rio de Janeiro/RJ: Bertrand, 2009b.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico.** 2 ed. Rio de Janeiro/RJ: Bertrand, 2001.

GUERRA, A. J. T; MARÇAL, M. **Geomorfologia ambiental.** Rio de Janeiro/RJ: Bertrand, 2006.

GUIDICINI, G.; FERNANDES DA SILVA, R. Sobre a ocorrência de uma extensa bacia de acumulação de sedimentos rudáceos na região de Três Lagoas, Sudeste de Mato Grosso. In: XXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. 1972, Belém. **Anais...** Belém: SBG, 1972.

GUIDICINI, G. Terraços fluviais no interior da bacia do alto Paraná. **Seminário apresentado para o curso de pós-graduação “sedimentação” do professor Dr. Kenitiro Suguio.** São Paulo/SP: USP/Instituto de Geociências, 1973. (Datilografado).

IBGE. **Divisão Territorial do Brasil - Conselho Nacional de Estatística,** 1965, p. 38. [II - Alterações territoriais verificadas no quadro municipal e distrital entre 1º de julho de 1960 e 31 de dezembro de 1963].

IBGE. **Três Lagoas (Mato Grosso).** Conselho Nacional de Estatística, nº 311, s.d. (Coleção monografias).

IBGE. **Manual técnico de uso da terra.** 2 ed. Rio de Janeiro/RJ: IBGE, 2006.

INFANTI JÚNIOR, N.; FORNASARI FILHO, N. Processos de dinâmica superficial. In: OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S. N. A. de, (Org). **Geologia de engenharia.** São Paulo/SP: Associação Brasileira de Engenharia, 1998.

JORGE, F. N. de; UEHARA, K. Águas de superfície. In: OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S. N. A. de, (Org). **Geologia de engenharia.** São Paulo/SP: Associação Brasileira de Engenharia, 1998.

KASHIMOTO, E. M.; MARTINS, G. R. **Uma longa história em um grande rio: cenários arqueológicos do alto Paraná.** Campo Grande/MS: Oeste, 2005.

LEITE, B. Voçoroca: suas causas e seus efeitos. **Revista Brasileira de Geografia.** v. 23, n. 3, p. 575. Rio de Janeiro/RJ: IBGE, 1961.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos.** 2 ed. São Paulo/SP: Oficina de Textos, 2007.

LIMA-E-SILVA, P. P.; GUERRA, A. J. T.; MOUSINHO, P.; BUENO, C.; ALMEIDA, F. G. de; MALHEIROS, T.; SOUZA JÚNIOR, A. B. de. **Dicionário brasileiro de ciências ambientais.** 2. ed. Rio de Janeiro/RJ: Thex, 2002.

LOCZY, L. de. Evolução paleogeográfica e geotectônica da Bacia Gonduânica do Paraná e do seu embasamento. **Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia.** n. 234. Rio de Janeiro/RJ: IBGE, 1966.

MABESOONE, J. M. **Sedimentologia.** 2 ed. Recife/PE: UFPE, 1983.

- MENDES, J. C.; BIGARELLA, J. J.; SALAMUNI, R. **Estratigrafia e sedimentologia, geologia estrutural, aerofotogeologia**. Brasília/DF: Instituto Nacional do Livro, 1972.
- MONTEIRO, C. A. de F. Os geossistemas como elemento de integração na síntese geográfica e fator de promoção interdisciplinar na compreensão do ambiente. **Revista de Ciências Humanas**, v. 14, n. 19, p. 67-101. 1996.
- MONTEIRO, C. A. de F. **Geossistema: a história de uma procura**. São Paulo/SP: Contexto, 2000.
- OHOFUGI, W. Resolução de método magnetotélúrico na área de Piquiri-Cantu – Bacia do Paraná. In: Paulipetro - Consórcio CESP/IPT (Org.). **Geologia da Bacia do Paraná - reavaliação da potencialidade e prospectividade em hidrocarbonetos**. São Paulo/SP: Paulipetro - Consórcio CESP/IPT, 1982.
- OKA-FIORI, C.; SOARES, P. C. Aspectos evolutivos das vossorocas. **Notícia Geomorfológica**, 32. Campinas/SP: PUC, 1976.
- OLIVEIRA JÚNIOR, E. de. Análise temporal do uso do solo na microbacia do Córrego da Moeda em Três Lagoas-MS. Monografia de Graduação – UFMS/CPTL. Três Lagoas/MS: 2005.
- PASSOS, M. M. dos. **Biogeografia e paisagem**. 2 ed. Maringá/PR: Edição do Autor, 2003.
- PAGOTTO, T. C. S.; CAMIOTTI, D. C.; LONGO, J. M. Bioma do Cerrado e área estudada. In: PAGOTTO, T. S. C.; SOUZA, P. R. de, (Org.). **Biodiversidade do complexo Aporé-Sucuriú: subsídios à conservação e ao manejo do Cerrado**. Campo Grande/MS: UFMS, 2006.
- PENTEADO, M. M. **Fundamentos de geomorfologia**. Rio de Janeiro/RJ: IBGE, 1974.
- PETRI, S.; FÚLFARO, V. J. **Geologia do Brasil (Fanerozóico)**. São Paulo/SP: Edusp, 1983.
- PICHLER, E. Boçorocas. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, 1. São Paulo/SP: Sociedade Brasileira de Geologia, 1953.
- PONÇANO, W. L. Sobre a interpretação ambiental de parâmetros estatísticos granulométricos: exemplos de sedimentos quaternários da costa brasileira. **Revista Brasileira de Geociências**. v. 16, n. 2. 1986.
- QUEIROZ, F. L. L.; ANDRADE, I. R. A. de; SILVA, J. L. da; ROCHA, P. C. Avaliação do material de fundo e em suspensão na foz do Rio Ivinheima (MS) / planície fluvial do alto Rio Paraná, região Centro-Sul do Brasil. In: XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA. 2005, São Paulo/SP, **Anais...** São Paulo/SP: 2005.
- QUEIROZ, F. L. L.; ROCHA, P. C. Dinâmica sedimentológica na foz do Rio Ivinheima / planície fluvial do alto Rio Paraná / região Centro-Sul do Brasil. In: XIV ENCONTRO SUL-MATO-GROSSENSE DE GEÓGRAFOS. 2006, Três Lagoas/MS, **Anais...** Três Lagoas/MS: 2006.
- QUEIROZ, F. L. L.; ROCHA, P. C. Avaliação de sedimentos do leito no canal Curutuba / planície fluvial do alto Rio Paraná, Mato Grosso do Sul – Brasil. **Revista eletrônica – AGB, seção de Três Lagoas/MS**. v. 1, n. 11. 2010.
- RAMOS, W. Vossoroca – variações em torno de uma confusa palavra da terminologia geográfica brasileira. **Boletim Geográfico**, n. 22, ano 2, p. 1515 – 1516. Rio de Janeiro/RJ: IBGE, 1945.
- ROCHA, P. C. **Dinâmica dos canais no sistema rio-planície fluvial do alto Rio Paraná, nas proximidades de Porto Rico-PR**. Tese de Doutorado – UEM/PEA. Maringá/PR, 2002.
- ROCHA, P. C.; SOUZA FILHO, E. E. de. Erosão marginal em canais associados ao Rio Paraná, na região de Porto Rico-PR. **Boletim Paranaense de Geociências**, 44. Curitiba/PR: UFPR, 1996.
- RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da; CAVALCANTI, A. P. B. **Geocologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 2 ed. Fortaleza/CE: UFC, 2007.
- ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental**. São Paulo/SP: Oficina de Textos, 2009.
- RUIZ, M. D. **Geologia aplicada à barragem de Jupia (Sistema Urubupungá)**. São Paulo/SP: IPT/CELUSA, 1963. (Datilografado).
- SALOMÃO, F. X. de T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M., (Org.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 3 ed. Rio de Janeiro/RJ: Bertrand, 2007.
- SAQUET, M. A. **Abordagens e concepções de território**. São Paulo/SP: Expressão Popular, 2007.

- SEMA/MS. **Parque estadual das várzeas do Rio Ivinheima.** Disponível em: <<http://www.sema.ms.gov.br>>. Acesso em: 01 de setembro de 2005.
- SEPLAN. **Atlas multirreferencial.** Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral, Fundação IBGE, 1990.
- SILVA, G. R.; VIANNA, R. B. Aplicabilidade do método de reflexão sísmica da Bacia do Paraná. In: Paulipetro - Consórcio CESP/IPT (Org.). **Geologia da Bacia do Paraná - reavaliação da potencialidade e prospectividade em hidrocarbonetos.** São Paulo/SP: Paulipetro - Consórcio CESP/IPT, 1982.
- SILVA, A. M. da; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. da. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas.** São Carlos/SP: Rima, 2007.
- SIMON, F. M.; ROLA, J. G. R.; BRUNO, J. de A. Avaliação de formações na Bacia do Paraná. In: Paulipetro - Consórcio CESP/IPT (Org.). **Geologia da Bacia do Paraná - reavaliação da potencialidade e prospectividade em hidrocarbonetos.** São Paulo/SP: Paulipetro - Consórcio CESP/IPT, 1982.
- SOTCHAVA, V. B. O estudo de geossistemas. **Métodos em Questão.** Tradução de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro e Dora Amarante Romariz. São Paulo/SP: USP/IG, 1977, n. 16.
- SOUZA, M. A. de. **Diagnóstico das alterações temporais no uso e ocupação do solo na sub-bacia do Ribeirão Campo Triste, Três Lagoas/MS, no período de 1974 a 2007.** Dissertação de mestrado – UFMS/CPAQ. Aquidauana/MS, 2007.
- SOUZA FILHO, E. E. de; STEVAUX, J. C. Geologia e geomorfologia do complexo Rio Baía, Curutuba e Ivinheima. In: VAZZOLER, A. E. A. de M.; AGOSTINHO, A. A.; HAHN, N. S., (Org.). **A Planície de inundação do alto Rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e sócio-econômicos.** Maringá/PR: UEM. 1997.
- STEVANUX, J. C. Geomorfologia, sedimentologia e paleoclimatologia do alto curso do Rio Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências, 42.** Curitiba/PR: UFPR, 1994.
- STEVANUX, J. C.; SOUZA FILHO, E. E. de; JABUR, I. C. A história quaternária do Rio Paraná em seu alto curso. In: VAZZOLER, A. E. A. de M.; AGOSTINHO, A. A.; HAHN, N. S., (Org.). **A Planície de inundação do alto Rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e sócio-econômicos.** Maringá/PR: UEM. 1997.
- SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia.** São Paulo/SP: Edgard Blucher, 1973.
- SUGUIO, K. **Rochas sedimentares: propriedades, gênese e importância econômica.** São Paulo/SP: Edgard Blucher, 1980.
- SUGUIO, K.; BIGARELLA, J. J. **Ambientes fluviais.** 2. ed. Florianópolis/SC: UFSC, 1990.
- TANSLEY A. G. The use and abuse of vegetational concepts and terms. **Ecology, 16:** 284 - 307, 1935.
- TREWARTHA, G. **An introduction to climate.** New York: McGraw-Hill, 1954.
- TRICART, J. A Geomorfologia nos estudos integrados de ordenação do meio natural. **Boletim Geográfico, 251,** Ano 34. Tradução de Lucy Pinto Galego. Rio de Janeiro/RJ: IBGE, 1976.
- TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro/RJ: IBGE, 1977.
- TUCCI, C. E. M. **Visão dos recursos hídricos da bacia do Rio da Prata: visão regional.** Buenos Aires: GEF/CIC/PNUMA/OEA, 2004.
- TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez.** São Carlos/SP: Rima, 2003.
- WENTWORTH C. K. A scale of grade and class term for clastic sediments. **Journal of Geology, 30:** 377-392, 1922.
- YOSHIDA, R.; GAMA JÚNIOR, E. Geologia da Bacia do Paraná - reavaliação da potencialidade e prospectividade em hidrocarbonetos. In: Paulipetro - Consórcio CESP/IPT (Org.). **Geologia da Bacia do Paraná - reavaliação da potencialidade e prospectividade em hidrocarbonetos.** São Paulo/SP: Paulipetro - Consórcio CESP/IPT, 1982.
- ZAVATINI, J. A. **A dinâmica atmosférica e a distribuição das chuvas no Mato Grosso do Sul.** Tese de doutoramento – USP/FFLCH, São Paulo/SP, 1990.
- ZAVATINI, J. A. Dinâmica climática no Mato Grosso do Sul. **Geografia, n. 17, v. 2.** Rio Claro/SP, 1992.

## **ANEXOS**

ANEXO A.....	107
ANEXO B.....	115

## **Anexos A – Dados Pluviométricos Disponíveis**

ANEXO A1: Dados pluviométricos disponíveis – estação Água Clara.....	108
ANEXO A2: Dados pluviométricos disponíveis – estação Alto Sucuriú.....	108
ANEXO A3: Dados pluviométricos disponíveis – estação Aparecida do Taboado.....	109
ANEXO A4: Dados pluviométricos disponíveis – estação Fazenda Rio Verde.....	109
ANEXO A5: Dados pluviométricos disponíveis – estação Garcias.....	110
ANEXO A6: Dados pluviométricos disponíveis – estação Inocência.....	110
ANEXO A7: Dados pluviométricos disponíveis – estação Morangas.....	111
ANEXO A8: Dados pluviométricos disponíveis – estação Pontal.....	111
ANEXO A9: Dados pluviométricos disponíveis – estação Porto Galeano.....	112
ANEXO A10: Dados pluviométricos disponíveis – estação Porto Velho.....	112
ANEXO A11: Dados pluviométricos disponíveis – estação São José do Sucuriú.....	113
ANEXO A12: Dados pluviométricos disponíveis – estação Selvíria.....	113
ANEXO A13: Dados pluviométricos disponíveis para as 12 estações.....	114

**ANEXO A1**

Dados pluviométricos disponíveis – estação Água Clara

Responsável: ANA  
Operadora: CPRM  
Código: 02052002

**X** Com dados  
 Sem dados

ANO	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1980	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1981	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1982	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1983	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1984	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1985	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1986	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1987	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1988	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1989	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1990	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1991	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1992	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1993	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1994	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1995	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1996	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1997	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1998	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1999	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2000	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2001	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2002	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2003	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2004	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2005	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2006	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2007	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2008	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2009	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2010	X	X	X	X	X	X	X	X	X			

Fonte: Hidro/ANA.

**ANEXO A2**

Dados pluviométricos disponíveis – estação Alto Sucuriú

Responsável: ANA  
Operadora: CPRM  
Código: 01952000

**X** Com dados  
 Sem dados

ANO	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1980												
1981												
1982												
1983	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1984	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1985	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1986	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1987	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1988	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1989	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1990	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1991	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1992	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1993	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1994	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1995	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1996	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1997	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1998	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1999	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2000	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2001	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2002	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2003	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2004	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2005	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2006	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2007			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2008	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
2009	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2010	X	X	X	X	X							

Fonte: Hidro/ANA.

**ANEXO A3**

Dados pluviométricos disponíveis – estação Aparecida do Taboado

Responsável: ANA  
Operadora: CPRM  
Código: 02051046

**X** Com dados  
Sem dados

ANO	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1980												
1981												
1982												
1983		X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
1984	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1985	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1986	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1987	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1988	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1989												
1990												
1991												
1992	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1993	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1994	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1995	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1996	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1997	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1998	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1999	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2000	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2001	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2002	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2003	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2004	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2005	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2006	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2007	X		X	X		X	X	X	X	X	X	X
2008	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
2009	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X
2010	X	X	X	X	X							

Fonte: Hidro/ANA.

**ANEXO A4**

Dados pluviométricos disponíveis – estação Fazenda Rio Verde

Responsável: ANA  
Operadora: CPRM  
Código: 02052003

**X** Com dados  
Sem dados

ANO	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1980												
1981												
1982												
1983	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1984	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1985	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1986	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1987	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1988	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1989	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1990	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1991	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1992	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1993	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1994	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1995	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1996	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1997	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1998	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1999	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2000	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2001	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2002	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
2003	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2004	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2005	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2006	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2007	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2008	X	X	X					X	X	X	X	X
2009	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
2010	X	X	X	X	X							

Fonte: Hidro/ANA.

**ANEXO A5**

Dados pluviométricos disponíveis – estação Garcias

Responsável: ANA  
Operadora: CPRM  
Código: 02052004

**X** Com dados  
Sem dados

ANO	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1980												
1981												
1982												
1983	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1984	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1985	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1986	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1987	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1988	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1989	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1990	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1991	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1992	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1993	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1994	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1995	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1996	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1997	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1998	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1999	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2000	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2001	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2002	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2003	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2004	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2005	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2006	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2007	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2008	X	X				X	X	X	X	X	X	X
2009	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
2010												

Fonte: Hidro/ANA.

**ANEXO A6**

Dados pluviométricos disponíveis – estação Inocência

Responsável: ANA  
Operadora: CPRM  
Código: 01951005

**X** Com dados  
Sem dados

ANO	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1980												
1981												
1982												
1983		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1984	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1985	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1986	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1987	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1988	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1989	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1990	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1991	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1992	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1993	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1994	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1995	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1996	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1997	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1998	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1999	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2000	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2001	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2002	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2003	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2004	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2005	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2006	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2007	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2008	X	X				X	X	X	X	X	X	X
2009	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
2010	X	X	X	X	X	X	X					

Fonte: Hidro/ANA.

**ANEXO A7**

Dados pluviométricos disponíveis – estação Morangas

Responsável: ANA  
Operadora: CPRM  
Código: 01952002

**X** Com dados  
Sem dados

ANO	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1980												
1981												
1982												
1983	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1984	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1985	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1986	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1987	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1988	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1989	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1990	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1991	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1992	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1993	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1994	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1995	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1996	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1997	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1998	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1999	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2000	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2001	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2002	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2003	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2004	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2005	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2006	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2007	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2008	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2009	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
2010	X	X	X	X	X							

Fonte: Hidro/ANA.

**ANEXO A8**

Dados pluviométricos disponíveis – estação Pontal

Responsável: ANA  
Operadora: CPRM  
Código: 01952001

**X** Com dados  
Sem dados

ANO	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1980												
1981												
1982												
1983	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1984	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1985	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1986	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1987	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1988	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1989	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1990	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1991	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1992	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1993	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1994	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1995	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1996	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1997	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1998	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1999	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2000	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2001	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2002	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2003	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2004	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2005	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2006	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2007	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2008	X	X	X					X	X	X	X	X
2009	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	
2010	X	X	X	X	X							

Fonte: Hidro/ANA.

**ANEXO A9**

Dados pluviométricos disponíveis – estação Porto Galeano

Responsável: ANA  
Operadora: CPRM  
Código: 02052006

**X** Com dados  
Sem dados

ANO	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1980												
1981												
1982												
1983												
1984	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1985	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1986	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1987	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1988	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1989	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1990	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1991	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1992	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1993	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1994	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1995	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1996	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1997	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1998	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1999	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2000	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2001	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2002	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2003	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2004	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2005	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2006	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2007	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2008	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X
2009	X				X	X	X	X	X	X		
2010	X	X	X	X	X	X	X					

Fonte: Hidro/ANA.

**ANEXO A10**

Dados pluviométricos disponíveis – estação Porto Velho

Responsável: ANA  
Operadora: CPRM  
Código: 02152000

**X** Com dados  
Sem dados

ANO	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1980	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1981	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1982	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1983	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1984	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1985	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1986	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1987	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1988	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1989	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1990	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1991	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1992	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1993	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1994	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1995	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1996	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1997												
1998	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1999	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2000	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2001	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2002	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2003	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2004	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2005	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2006	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2007		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2008	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
2009		X	X	X	X	X	X	X	X	X		
2010	X	X	X	X	X							

Fonte: Hidro/ANA.

**ANEXO A11**

Dados pluviométricos disponíveis – estação São José do Sucuriú

Responsável: ANA  
Operadora: CPRM  
Código: 01952003

**X** Com dados  
Sem dados

ANO	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1980												
1981												
1982												
1983	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1984	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1985	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1986	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1987	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1988	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1989	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1990	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1991	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1992	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1993	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1994	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1995	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1996	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1997	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1998	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1999	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2000	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2001	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2002	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2003	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2004	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2005	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2006	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2007	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2008	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X
2009	X		X	X	X	X	X	X	X	X		
2010	X	X	X	X	X							

Fonte: Hidro/ANA.

**ANEXO A12**

Dados pluviométricos disponíveis – estação Selvíria

Responsável: ANA  
Operadora: CPRM  
Código: 02051045

**X** Com dados  
Sem dados

ANO	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1980												
1981												
1982												
1983		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1984	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1985	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1986	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1987	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1988	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1989	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1990	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1991	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1992	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1993	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1994	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1995	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1996	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1997	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1998	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1999	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2000	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2001	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2002	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2003	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2004	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2005	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2006	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2007	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2008	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
2009	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2010	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		

Fonte: Hidro/ANA.

ANEXO A13

Levantamento dos dados pluviométricos disponíveis para as 12 estações

 Sem dados  Com dados

Ano	Água Clara	Alto Sucuriú	Ap. do Taboado	Faz. Rio Verde	Garcias	Inocência	Morangas	Pontal	Porto Galeano	Porto Velho	S. J. do Sucuriú	Selvéria
1980	X									X		
1981	X									X		
1982	X									X		
1983	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
1984	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1985	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1986	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1987	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1988	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1989	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
1990	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
1991	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
1992	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1993	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1994	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1995	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1996	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1997	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
1998	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1999	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2000	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2001	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2002	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2003	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2004	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2005	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2006	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2007	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2008	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2009	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2010	X	X	X	X								

## **Anexos B – Análise Granulométrica**

ANEXO B1: Análise granulométrica – P1 – 27 de fevereiro de 2010.....	116
ANEXO B2: Análise granulométrica – P2 – 27 de fevereiro de 2010.....	117
ANEXO B3: Análise granulométrica – P3 – 27 de fevereiro de 2010.....	118
ANEXO B4: Análise granulométrica – P4 – 27 de fevereiro de 2010.....	119
ANEXO B5: Análise granulométrica – P5 – 27 de fevereiro de 2010.....	120
ANEXO B6: Análise granulométrica – P1 – 21 de agosto de 2010.....	121
ANEXO B7: Análise granulométrica – P2 – 21 de agosto de 2010.....	122
ANEXO B8: Análise granulométrica – P3 – 21 de agosto de 2010.....	123
ANEXO B9: Análise granulométrica – P4 – 21 de agosto de 2010.....	124
ANEXO B10: Análise granulométrica – P5 – 21 de agosto de 2010.....	125

**ANEXO B1**  
Análise granulométrica – P1 – 27 de fevereiro de 2010

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\* ANÁLISE GRANULOMÉTRICA \*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

AMOSTRA P1 – 27 de Fevereiro de 2010

Dados para Curva Acumulativa (escala phi)

Classes	Pesos		Porc.	Porc. Acum.
-2.00	.000	.000	.000	.000
-1.00	.000	.000	.000	.000
.00	.000	.000	.000	.000
1.00	3.000	3.093	3.093	3.093
2.00	27.000	27.835	27.835	30.928
3.00	59.000	60.825	60.825	91.753
4.00	8.000	8.247	8.247	100.000

PERCENTIS:

05	16	25	50	75	84	95
1.069	1.464	1.787	2.314	2.725	2.873	3.394

MÉDIA:	2.217	DESVIO PADRÃO:	.705
ASSIMETRIA:	-.139	CURTOSE:	1.016

**Observações:**

Porc. = Porcentagem (%);

Porc. Acum. = Porcentagem Acumulada (%);

Dados processados no *software* Grânulo.

**ANEXO B2**  
Análise granulométrica – P2 – 27 de fevereiro de 2010

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\* ANÁLISE GRANULOMÉTRICA \*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

AMOSTRA P2 – 27 de Fevereiro de 2010

Dados para Curva Acumulativa (escala phi)

Classes	Pesos		Porc.	Porc. Acum.
-2.00	.000	.000	.000	.000
-1.00	.000	.000	.000	.000
.00	1.000	1.020	1.020	1.020
1.00	12.000	12.245	12.245	13.265
2.00	53.000	54.082	54.082	67.347
3.00	29.000	29.592	29.592	96.939
4.00	3.000	3.061	3.061	100.000

PERCENTIS:

05	16	25	50	75	84	95
.325	1.051	1.217	1.679	2.259	2.563	2.934

MÉDIA:	1.764	DESVIO PADRÃO:	.773
ASSIMETRIA:	.065	CURTOSE:	1.027

**Observações:**

Porc. = Porcentagem (%);

Porc. Acum. = Porcentagem Acumulada (%);

Dados processados no *software* Grânulo.

**ANEXO B3**  
Análise granulométrica – P3 – 27 de fevereiro de 2010

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\* ANÁLISE GRANULOMÉTRICA \*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

AMOSTRA P3 – 27 de Fevereiro de 2010

Dados para Curva Acumulativa (escala phi)

Classes	Pesos		Porc.	Porc. Acum.
-2.00	1.000	1.031	1.031	1.031
-1.00	.000	.000	.000	1.031
.00	1.000	1.031	1.031	2.062
1.00	73.000	75.258	75.258	77.320
2.00	22.000	22.680	22.680	100.000
3.00	.000	.000	.000	100.000
4.00	.000	.000	.000	100.000

PERCENTIS:

05	16	25	50	75	84	95
.039	.185	.305	.637	.969	1.295	1.780

MÉDIA:	.706	DESVIO PADRÃO:	.541
ASSIMETRIA:	.249	CURTOSE:	1.074

**Observações:**

Porc. = Porcentagem (%);

Porc. Acum. = Porcentagem Acumulada (%);

Dados processados no *software* Grânulo.

**ANEXO B4**  
Análise granulométrica – P4 – 27 de fevereiro de 2010

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\* ANÁLISE GRANULOMÉTRICA \*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

AMOSTRA P4 – 27 de Fevereiro de 2010

Dados para Curva Acumulativa (escala phi)

Classes	Pesos		Porc.	Porc. Acum.
-2.00	.000	.000	.000	.000
-1.00	.000	.000	.000	.000
.00	.000	.000	.000	.000
1.00	2.000	2.083	2.083	2.083
2.00	26.000	27.083	27.083	29.167
3.00	46.000	47.917	47.917	77.083
4.00	22.000	22.917	22.917	100.000

PERCENTIS:

05	16	25	50	75	84	95
1.108	1.514	1.846	2.435	2.957	3.302	3.782

MÉDIA:	2.417	DESVIO PADRÃO:	.852
ASSIMETRIA:	-.011	CURTOSE:	.987

**Observações:**

Porc. = Porcentagem (%);

Porc. Acum. = Porcentagem Acumulada (%);

Dados processados no *software* Grânulo.

**ANEXO B5**  
Análise granulométrica – P5 – 27 de fevereiro de 2010

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\* ANÁLISE GRANULOMÉTRICA \*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

AMOSTRA P5 – 27 de Fevereiro de 2010

Dados para Curva Acumulativa (escala phi)

Classes	Pesos		Porc.	Porc. Acum.
-2.00	.000	.000	.000	.000
-1.00	.000	.000	.000	.000
.00	.000	.000	.000	.000
1.00	27.000	27.551	27.551	27.551
2.00	67.000	68.367	68.367	95.918
3.00	4.000	4.082	4.082	100.000
4.00	.000	.000	.000	100.000

PERCENTIS:

05	16	25	50	75	84	95
.181	.581	.907	1.328	1.694	1.826	1.987

MÉDIA:	1.245	DESVIO PADRÃO:	.585
ASSIMETRIA:	-.236	CURTOSE:	.940

**Observações:**

Porc. = Porcentagem (%);

Porc. Acum. = Porcentagem Acumulada (%);

Dados processados no *software* Grânulo.

**ANEXO B6**  
Análise granulométrica – P1 – 21 de agosto de 2010

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\* ANÁLISE GRANULOMÉTRICA \*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

AMOSTRA P1 – 21 de Agosto de 2010

Dados para Curva Acumulativa (escala phi)

Classes	Pesos		Porc.	Porc. Acum.
-2.00	.000	.000	.000	.000
-1.00	1.200	1.205	1.205	1.205
.00	25.700	25.803	25.803	27.008
1.00	58.100	58.333	58.333	85.341
2.00	14.600	14.659	14.659	100.000
3.00	.000	.000	.000	100.000
4.00	.000	.000	.000	100.000

PERCENTIS:

05	16	25	50	75	84	95
-.853	-.427	-.078	.394	.823	.977	1.659

MÉDIA:	.315	DESVIO PADRÃO:	.731
ASSIMETRIA:	-.081	CURTOSE:	1.143

**Observações:**

Porc. = Porcentagem (%);

Porc. Acum. = Porcentagem Acumulada (%);

Dados processados no *software* Grânulo.

**ANEXO B7**  
Análise granulométrica – P2 – 21 de agosto de 2010

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\* ANÁLISE GRANULOMÉTRICA \*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

AMOSTRA P2 – 21 de Agosto de 2010

Dados para Curva Acumulativa (escala phi)

Classes	Pesos		Porc.	Porc. Acum.
-2.00	.000	.000	.000	.000
-1.00	.000	.000	.000	.000
.00	.500	.503	.503	.503
1.00	66.100	66.499	66.499	67.002
2.00	31.000	31.187	31.187	98.189
3.00	1.800	1.811	1.811	100.000
4.00	.000	.000	.000	100.000

PERCENTIS:

05	16	25	50	75	84	95
.068	.233	.368	.744	1.256	1.545	1.898

MÉDIA:	.841	DESVIO PADRÃO:	.605
ASSIMETRIA:	.241	CURTOSE:	.845

**Observações:**

Porc. = Porcentagem (%);

Porc. Acum. = Porcentagem Acumulada (%);

Dados processados no *software* Grânulo.

**ANEXO B8**  
Análise granulométrica – P3 – 21 de agosto de 2010

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\* ANÁLISE GRANULOMÉTRICA \*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

AMOSTRA P3 – 21 de Agosto de 2010

Dados para Curva Acumulativa (escala phi)

Classes	Pesos		Porc.	Porc. Acum.
-2.00	.000	.000	.000	.000
-1.00	.000	.000	.000	.000
.00	.500	.500	.500	.500
1.00	72.500	72.500	72.500	73.000
2.00	25.000	25.000	25.000	98.000
3.00	2.000	2.000	2.000	100.000
4.00	.000	.000	.000	100.000

PERCENTIS:

05	16	25	50	75	84	95
.062	.214	.338	.683	1.080	1.440	1.880

MÉDIA:	.779	DESVIO PADRÃO:	.582
ASSIMETRIA:	.276	CURTOSE:	1.004

**Observações:**

Porc. = Porcentagem (%);

Porc. Acum. = Porcentagem Acumulada (%);

Dados processados no *software* Grânulo.

**ANEXO B9**  
Análise granulométrica – P4 – 21 de agosto de 2010

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\* ANÁLISE GRANULOMÉTRICA \*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

AMOSTRA P4 – 21 de Agosto de 2010

Dados para Curva Acumulativa (escala phi)

Classes	Pesos		Porc.	Porc. Acum.
-2.00	.000	.000	.000	.000
-1.00	.000	.000	.000	.000
.00	.000	.000	.000	.000
1.00	43.800	44.694	44.694	44.694
2.00	38.200	38.980	38.980	83.673
3.00	13.100	13.367	13.367	97.041
4.00	2.900	2.959	2.959	100.000

PERCENTIS:

05	16	25	50	75	84	95
.112	.358	.559	1.136	1.777	2.024	2.847

MÉDIA:	1.173	DESVIO PADRÃO:	.831
ASSIMETRIA:	.159	CURTOSE:	.920

**Observações:**

Porc. = Porcentagem (%);

Porc. Acum. = Porcentagem Acumulada (%);

Dados processados no *software* Grânulo.

**ANEXO B10**  
Análise granulométrica – P5 – 21 de agosto de 2010

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\* ANÁLISE GRANULOMÉTRICA \*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

AMOSTRA P5 – 21 de Agosto de 2010

Dados para Curva Acumulativa (escala phi)

Classes	Pesos		Porc.	Porc. Acum.
-2.00	.000	.000	.000	.000
-1.00	.000	.000	.000	.000
.00	.200	.200	.200	.200
1.00	48.600	48.551	48.551	48.751
2.00	49.500	49.451	49.451	98.202
3.00	1.800	1.798	1.798	100.000
4.00	.000	.000	.000	100.000

PERCENTIS:

05	16	25	50	75	84	95
.099	.325	.511	1.025	1.531	1.713	1.935

MÉDIA:	1.021	DESVIO PADRÃO:	.625
ASSIMETRIA:	-.009	CURTOSE:	.738

**Observações:**

Porc. = Porcentagem (%);

Porc. Acum. = Porcentagem Acumulada (%);

Dados processados no *software* Grânulo.