

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PRESIDENTE PRUDENTE**



ALINE APARECIDA DOS SANTOS

**DINÂMICA HIDROSEDIMENTOLÓGICA NOS RIOS
AGUAPEÍ E PEIXE, OESTE PAULISTA**

PRESIDENTE PRUDENTE

2013

ALINE APARECIDA DOS SANTOS

**DINÂMICA HIDROSEDIMENTOLÓGICA NOS RIOS AGUAPEÍ E
PEIXE, OESTE PAULISTA**

Monografia apresentada ao Conselho do Curso de Geografia, da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Câmpus de Presidente Prudente, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Rocha

PRESIDENTE PRUDENTE

2013

ALINE APARECIDA DOS SANTOS

**DINÂMICA HIDROSEDIMENTOLÓGICA NOS RIOS AGUAPEÍ E
PEIXE, OESTE PAULISTA**

Monografia apresentada ao Conselho do Curso de Geografia, da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Câmpus de Presidente Prudente, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, para obtenção do título de Bacharel em Geografia. Defendida e aprovada pela Banca Examinadora composta pelos professores:

Prof. Dr. Paulo Cesar Rocha
Orientador

Prof. Dr. João Osvaldo Rodrigues Nunes
Membro

Profª. Renata Pereira Prates
Membro

RESULTADO: _____

PRESIDENTE PRUDENTE, ____ de _____ de 2013.

DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho a minha família, pela compreensão
e apoio, os quais me acompanharam durante a
graduação.*

AGRADECIMENTOS

À Deus em primeiro lugar por ser meu apoio em todos os momentos importantes da vida, incluindo os anos de graduação com suas dificuldades e superações.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo financiamento da pesquisa (Processo 2012/18327-3) que deu origem a esse trabalho.

Ao Prof. Dr. Paulo Cesar Rocha pela orientação. A paciência, a disponibilidade e a atenção concedidas foram essenciais na construção e conclusão deste trabalho. Foram três anos de ótimas contribuições!

Ao Prof. Plínio Carielo, da Escola Técnica Prof. Dr. Antonio Eufrásio de Toledo, pela ajuda às minhas atividades acadêmicas, embora não fosse de sua responsabilidade.

Aos professores da Graduação em Geografia da FCT/UNESP, pelos ensinamentos passados dentro e fora da sala de aula. Levarei ao longo da vida todo conhecimento aprendido e as lições recebidas nesses cinco anos.

Às amigas Camila, Marleide, Fernanda, Jéssica, Lara e Ellen pelo convívio, apoio e pelas alegrias e dificuldades que compartilhamos durante a graduação. Seguimos até o final unidas, final esse que se prolongará! E aos amigos Gustavo, Luzia, Aline Kuramoto, Heloísa e Igor pelos momentos divertidos na faculdade e a companhia nas “*festas da Unesp*”... Sem vocês tudo teria sido tão monótono!

Aos amigos do Laboratório de Geologia, Geomorfologia e Recursos Hídricos da FCT/UNESP, Renata, Lucinete, Tainá, Franciele, Jhonatan, Vinícius e Eduardo pelos momentos de descontração e pelas contribuições na minha pesquisa. Um agradecimento especial aos meninos, Márcio, Jhonatan, Vinícius, Eduardo, Assis e Rodrigo pela ajuda nos trabalhos de campo desta pesquisa.

Ao “*superior*” mais bondoso da pós-graduação, Marcel, pela revisão realizada neste trabalho e pelas contribuições ao mesmo. Esse último ano não teria sido o mesmo sem a nossa troca de *bullying*!

Aos meus pais, Waldir Monteiro dos Santos e Maria Dilma dos Santos, pela paciência, dedicação, apoio financeiro e emocional, que foram de fundamental importância para a conclusão do curso e deste trabalho. E ao meu irmão Altair Alexandre dos Santos, que embora um pouco distante, dedicou seu apoio.

E a todos que fizeram parte desses anos de graduação e que contribuíram de alguma forma na realização deste trabalho.

Muito Obrigada!

EPÍGRAFE

*Vira usinas comer
as terras que iam encontrando;
com grandes canaviais
todas as várzeas ocupando.
O canavial é a boca
com que primeiro vão devorando
matas e capoeiras,
pastos e cercados;
com que devoram a terra
onde um homem plantou seu roçado;
depois os poucos metros
onde ele plantou sua casa;
depois o pouco espaço
de que precisa um homem sentado;
depois os sete palmos
onde ele vai ser enterrado.*

(João Cabral de Melo Neto)

RESUMO

O presente trabalho apresenta uma análise espaço-temporal da dinâmica hidrossedimentológica nos rios Aguapeí e Peixe, localizados no oeste do estado de São Paulo. Considerando a importância econômica e ambiental das bacias hidrográficas para o Oeste Paulista, o trabalho teve o objetivo de analisar o comportamento sedimentológico como maneira de compreender os processos fluviais atuantes em ambos os canais. Para o desenvolvimento do trabalho, foram coletadas amostras de sedimentos de fundo e em suspensão em três seções transversais dos rios, com pontos de amostragem localizados no baixo, médio e alto cursos. O período de coleta partiu de uma perspectiva sazonal, caracterizando períodos diferentes de acordo com o regime hidrológico e climático da região, nos meses de dezembro de 2011, março, junho e dezembro de 2012. As amostras passaram por análises laboratoriais e tratamento estatístico, para posterior interpretação e discussão dos resultados. A partir dos dados de granulometria, observou-se nos rios Aguapeí e Peixe a predominância de sedimentos finos nas seções e períodos amostrados. Com relação à concentração de sedimentos em suspensão, nota-se que o Rio do Peixe apresenta maior concentração de sedimentos em relação ao Rio Aguapeí.

Palavras-chave: Sedimentologia, Dinâmica Fluvial, Rio do Peixe, Rio Aguapeí, Bacia Hidrográfica.

ABSTRACT

This study presents a spatio-temporal analysis of the hydrosedimentological dynamic in Aguapeí and Peixe Rivers, located in the west of São Paulo state. Considering the economic and environmental importance of the watersheds to this area, the study aimed to examine the sedimentological behavior to understand the fluvial processes operating on both channels. For development this study, bottom and suspended sediment samples were collected in three cross sections of rivers, with sampling points located in low, medium and high courses. The collection period was based on a seasonal perspective, featuring different periods according to the hydrologic and climatic regime of the region, in the months of December 2011 and March, June and December 2012. Were realized laboratory analysis and statistical processing of the samples for further interpretation and discussion of results. From the data of particle size was observed in Aguapeí and Peixe rivers the predominance of fine sediments in the sections and sample periods. About the concentration of suspended sediment, it is noted that the Peixe river has a greater concentration of sediment in relation to Aguapeí river.

Keywords: Sedimentology, Fluvial Dynamic, Peixe River, Aguapeí River, Watershed.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização das Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe.....	15
Figura 2 – Efeito da velocidade da corrente sobre sedimentos de diferentes granulações, de acordo com Hjulström (1953).....	22
Figura 3 – Distribuições verticais que podem ser encontradas num curso d’água.....	23
Figura 4 – Diagrama da distribuição da velocidade, concentração de sedimentos e descargas sólida nos cursos d’água.....	24
Figura 5 – Geometria hidráulica de uma seção no Rio Iguaçu/PR.....	27
Figura 6 – Geologia das Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe.....	34
Figura 7 – Geomorfologia das Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe.....	36
Figura 8 – Carta das zonas de tendências erosivas e deposicionais das Bacias dos Rios Aguapeí e Peixe.....	38
Figura 9 – Padrões dos Canais dos Rios Aguapeí e Peixe.....	39
Figura 10 - Uso das Terras nas Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe.....	41
Figura 11- Localização dos pontos de amostragem, nas Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe.....	45
Figura 12 – Seção no alto curso do Rio do Peixe.....	46
Figura 13 – Seção no alto curso do Rio Aguapeí.....	47
Figura 14 – Seção no médio curso do Rio Aguapeí.....	47
Figura 15 – Seção no médio curso do Rio do Peixe.....	48
Figura 16 – Seção no baixo curso do Rio do Peixe.....	49
Figura 17 – Coleta de sedimentos de leito.....	49
Figura 18 – Equipamentos utilizados nas análises de sedimentos de fundo.....	51
Figura 19 – Equipamentos utilizados para análise de sedimentos em suspensão.....	52
Figura 20 – Frequência Granulométrica nos Rios Aguapeí e Peixe, em dezembro de 2011.....	54
Figura 21 - Frequência Granulométrica nos Rios Aguapeí e Peixe, em março de 2012.....	55
Figura 22 - Frequência Granulométrica nos Rios Aguapeí e Peixe, em junho de 2012.....	55
Figura 23 - Frequência Granulométrica nos Rios Aguapeí e Peixe, em dezembro de 2012.....	56
Figura 24 – Variação da Distribuição Granulométrica de acordo com o período de amostragem.....	58
Figura 25 – Concentração de sedimentos em suspensão nos Rios Aguapeí e Peixe, nos períodos de Dezembro de 2011 e Março De 2012.....	61

Figura 26 – Concentração de sedimentos em suspensão nos Rios Aguapeí e Peixe, nos períodos de Junho de 2012 e Dezembro de 2012.....	62
Figura 27 – Perfis Batimétricos das seções transversais amostradas nos rios Aguapeí e do Peixe.....	66
Figura 28 – Expoentes b, f, m dos Rios Aguapeí e Peixe no período de Dezembro de 2011 a Dezembro de 2012.....	68

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Definições de transporte fluvial de sedimentos.....	21
Quadro 2 – Variáveis geométricas de uma seção transversal.....	25
Quadro 3 – Problemas decorrentes do transporte e deposição de sedimentos.....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relações matemáticas da geometria hidráulica de canais fluviais.....	27
Tabela 2 – Métodos usuais para análise de sedimentos, de acordo com DNAEE, 1970.....	29
Tabela 3 – Escala granulométrica de acordo com a classificação de Wentworth (1922).....	51
Tabela 4 - Escala granulométrica em <i>phi</i>	54
Tabela 5 – Média da concentração de sedimentos em suspensão (Mg/L), por período e seção de amostragem.....	60
Tabela 6 – Dados de geometria hidráulica dos Rios Aguapeí e Peixe, por seção e período de amostragem.....	64

LISTA DE ABREVIATURAS

DNAEE = Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica

SIGRH = Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos

CBH-AP = Comitê de Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe

IPT = Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	14
CAPÍTULO I	
1. REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
1.1. Bacia Hidrográfica e Dinâmica Fluvial.....	19
1.2. Estudos Hidrossedimentológicos.....	28
CAPÍTULO II	
2. ÁREA DE ESTUDOS: BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS AGUAPEÍ E PEIXE.....	32
2.1. Caracterização do Meio Físico.....	32
2.2. Padrão dos Canais dos Rios Aguapeí e Peixe.....	39
2.3. Uso da Terra.....	40
CAPÍTULO III	
3. MATERIAIS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	44
3.1. Trabalho de Campo.....	44
3.2. Análises em Laboratório.....	50
CAPÍTULO IV	
4. DINÂMICA HIDROSSEDIMENTOLÓGICA NOS RIOS AGUAPEÍ E PEIXE.....	54
4.1. Distribuição Granulométrica de Sedimentos de Fundo.....	54
4.2. Concentração de Sedimentos em Suspensão.....	60
4.3. Morfologia das Seções Transversais.....	63
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	69
BIBLIOGRAFIA.....	71

INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Em busca do desenvolvimento da sociedade, o ser humano intensificou no decorrer dos anos suas ações sobre o meio natural, apropriando-se inadequadamente dos recursos naturais. Tal intervenção provocou uma série de danos à natureza, modificando espaços naturais e construindo novas paisagens. Em contrapartida, este desenvolvimento trouxe à tona preocupações com a degradação imposta à natureza, sendo o ponto de partida para as discussões referentes à preservação ambiental e a minimização destes impactos.

Como ressalta Ross (1998), nas relações humanas com o meio natural, a natureza é vista como um recurso, como um suporte para a sobrevivência humana. Neste sentido, através do uso e ocupação do solo e da apropriação dos recursos hídricos, a intervenção humana em bacias hidrográficas tem resultado em mudanças na dinâmica dos canais fluviais, interferindo em seus ecossistemas em diferentes escalas.

Diante disso, a Geomorfologia Fluvial contribui a partir de conceitos e metodologias, servindo como suporte para pesquisas ligadas a bacia hidrográfica e os cursos d'água. Cunha (2001), destaca que a Geomorfologia Fluvial adota uma perspectiva interdisciplinar a partir da década de 1970, agregando outras áreas de conhecimento em seus trabalhos, tal como Pedologia, Hidrologia, Ecologia e a Geografia, passando a preocupar-se com as modificações no ambiente fluvial, decorrentes da atuação do ser humano.

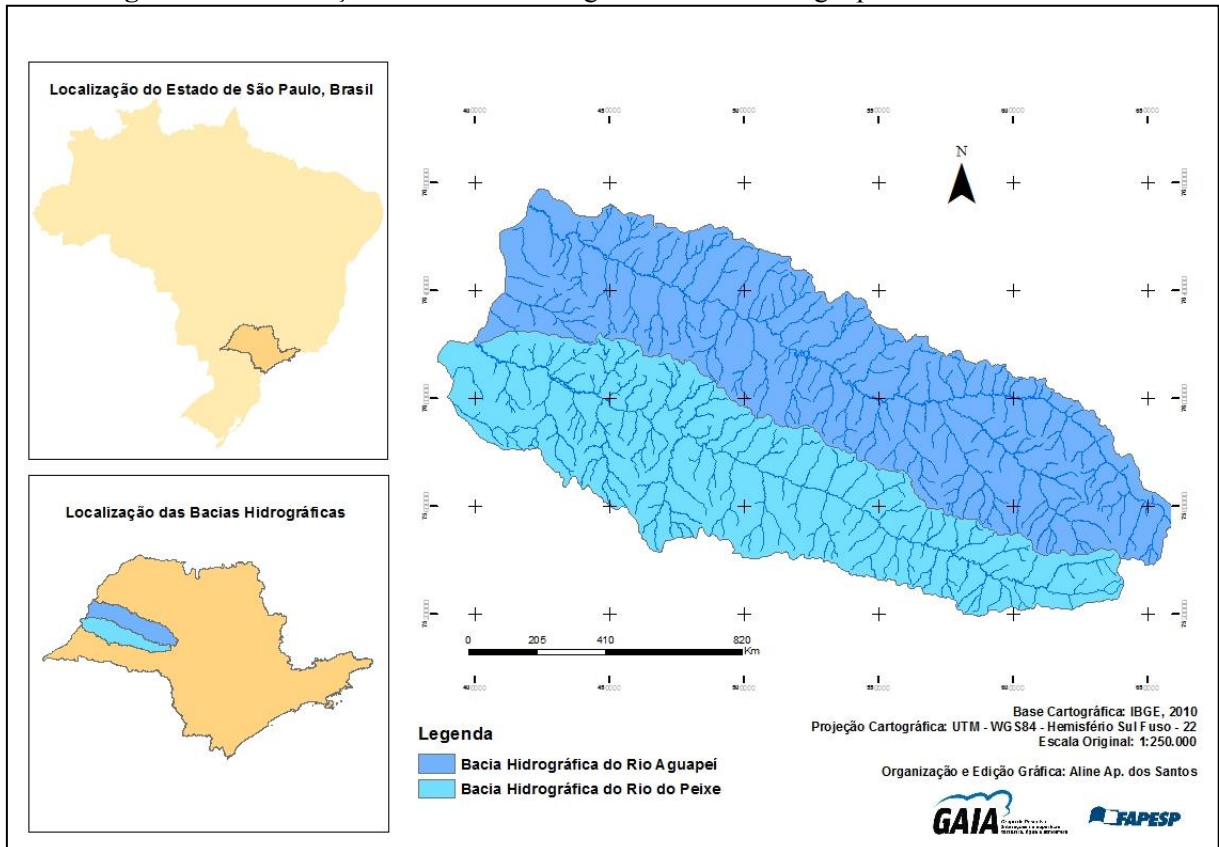
Desta maneira, pesquisas voltadas aos canais fluviais e os processos que atuam em seus limites tornam-se instrumentos necessários ao planejamento e gestão dos recursos hídricos, além de suporte para projetos de recuperação, quando vistas como indicativos de mudanças nas características morfológicas e hidráulicas do rio bem como do estado da água.

Neste sentido, partindo de uma perspectiva geomorfológica e geográfica, o presente trabalho teve como objetivo realizar uma análise da dinâmica hidrossedimentológica nos Rios Aguapeí e Peixe, considerando as escalas espacial e temporal. Para tanto, definiu-se os seguintes objetivos específicos:

- Analisar o comportamento dos materiais de fundo nos canais fluviais, no que se refere à distribuição granulométrica nas seções;
- Analisar a concentração dos materiais em suspensão;
- Mensurar as variáveis de geometria hidráulica;
- Relacionar estatisticamente as variáveis avaliadas.
- Relacionar os resultados com os aspectos físicos das bacias.

A área deste estudo compreende as Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe (figura 1), localizadas no Oeste do Estado de São Paulo. As bacias integram o Comitê de Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe, sendo Unidades Hidrográficas de Gerenciamento contíguas (SIRGH, 2009, p. 32).

Figura 1 – Localização das Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe.



Org: Santos, 2013.

Assim como as demais áreas do Oeste Paulista, a área deste estudo teve sua paisagem e suas dinâmicas naturais alteradas pela intervenção antrópica durante o processo de ocupação, resultando na instalação de um quadro de degradação ambiental.

Inicialmente, o Oeste Paulista foi ocupado pelos grandes latifúndios de café nos fins do século XIX e início do século XX, que estavam localizados próximos aos municípios de Campinas, Limeira, Araras, Itu, Araraquara, Ribeirão Preto, Mococa entre outros (SOUSA, 2008). Posteriormente, de acordo com o autor, as terras do Oeste Paulista despertaram o interesse dos plantadores de café e algodão, ocupando os municípios de Araçatuba, Presidente Prudente, Marília, Bauru, Valparaíso, Ourinhos entre outros.

De acordo com Monbeig (1984), embora uso da terra não tenha sido o mesmo em todo o Planalto Ocidental Paulista, com áreas de usos predominantes diferenciados, o

desmatamento foi comum a todas elas. Para Oliveira e Brannstrom (2004) o principal mecanismo responsável pelas primeiras transformações ambientais foi a alteração do balanço hídrico provocado pelo desmatamento drástico da região e a intensificação do escoamento d'água concentrado, superficial e subterrâneo, que provocou também alterações nos ambientes fluviais.

O ambiente fluvial compreende uma série de relações interdependentes entre o meio biótico e abiótico. Do ponto de vista biótico, os ambientes fluviais se constituem em um ecossistema no qual se relacionam a fauna e flora aquática.

Do ponto de vista abiótico, os ambientes fluviais atuam como agentes geomorfológicos, erodindo, transportando e depositando os sedimentos que chegam até seus leitos, alterando as morfologias dos canais. Para Silva et al (2004), no entanto, à medida que há maior desenvolvimento e ocupação do espaço geográfico de maneira desordenada e conflituosa, aumentam-se os problemas decorrentes do aumento da carga sedimentar, resultando no assoreamento dos cursos d'água.

Desta maneira, a pesquisa na área de estudos mostra-se relevante, visto que as bacias apresentam uma importância ambiental, social e econômica para a região do Oeste Paulista. Diante disso, o trabalho apresenta uma análise da frequência e distribuição de sedimentos nos Rios Aguapeí e Peixe, como forma de compreender os processos e dinâmicas que atuam em seus canais.

A primeira parte do trabalho constitui o referencial teórico, contendo a bibliografia levantada ao longo da pesquisa. O referencial teórico discorre sobre os processos atuantes em um canal fluvial e a importância e aplicações de pesquisas ligadas a sedimentologia em ambientes fluviais.

Na segunda parte contempla a caracterização ambiental da área de estudo, através do levantamento das características do meio físico, tais como a geologia, geomorfologia, solos, clima e uso da terra.

A terceira parte traz a descrição dos materiais e procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa. Primeiramente, descreveu-se sobre as atividades realizadas em campo, destacando e caracterizando as seções de amostragem em ambos os rios. Posteriormente, descreveram-se as atividades realizadas em laboratório, incluindo a análise granulométrica das amostras, a análise da concentração de sedimentos em suspensão e o tratamento estatístico dos dados obtidos.

Por fim, a quarta e última parte do trabalho apresenta os resultados e discussões da pesquisa. Neste item, os dados tratados e as informações levantadas foram analisados e posteriormente relacionados, evidenciando a dinâmica hidrossedimentológica nos Rios Aguapeí e Peixe.



CAPÍTULO 1

REFERENCIAL TEÓRICO



1. REFERENCIAL TEÓRICO

1.1. Bacia Hidrográfica e Dinâmica Fluvial

A bacia hidrográfica ou bacia de drenagem pode ser definida como uma área da superfície terrestre, drenada por um rio principal e seus afluentes (BIGARELLA & SUGUIO, 1979). De acordo com Silva et al (2004) por esse conjunto de canais escoam água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum.

O regime hidrológico de uma bacia bem como a origem do material presente em seus cursos d'água depende de diferentes variáveis, mencionadas por Christofolletti (1981) e Novo (2008), tais como o clima, estrutura geológica da bacia, relevo e a cobertura vegetal.

Quando consideradas, essas diferentes variáveis tornam a bacia hidrográfica em um instrumento ideal para uma análise integrada do meio ambiente. Assim como salienta Botelho e Silva (2004), enquanto unidade de análise ela permite que o pesquisador conheça e avalie seus diversos componentes e os processos e interações que nela ocorrem. Nascimento e Villaça (2008) destacam que em uma bacia hidrográfica os processos de circulação de matéria e de energia que nela se operam envolvem os canais fluviais e planícies de inundação assim como as vertentes, nas quais os processos internos são de suma importância.

Por seus aspectos naturais e sua menção na legislação ambiental, grande parte de estudos ligados à erosão, manejo e conservação do solo e ao gerenciamento de recursos hídricos adota a bacia hidrográfica como unidade de análise e planejamento.

Estudos hidrossedimentológicos, por sua vez, também adotam a bacia hidrográfica para seu desenvolvimento. Nesse caso, a importância de se estudar a bacia deriva da necessidade de se relacionar suas características físicas, as características do fluxo e a produção de sedimentos (GARDE, 2006). Christofolletti (1981), menciona a importância do escoamento fluvial para a geomorfologia:

A dinâmica do escoamento, no que se refere à perspectiva geomorfológica, ganha importância na atuação exercida pela água sobre os sedimentos do leito fluvial, no transporte dos sedimentos, nos mecanismos deposicionais e na escultura da topografia do leito (CHRISTOFOLETTI, 1981, p. 01).

Neste contexto, Novo (2008), ressalta que os rios são agentes geomorfológicos, capazes de erodir, transportar e depositar sedimentos. Tais processos são interdependentes, que em sua relação constituem uma dinâmica interna na bacia de drenagem, exercendo influência no ambiente fluvial do ponto de vista biótico e abiótico.

Os sedimentos são constituídos por compostos orgânicos e inorgânicos, os quais provêm de fonte externa ou interna de um rio ou lago. Os compostos orgânicos compreendem microorganismos, restos de macrófitas e outros organismos de grande porte, em conjunto com os detritos provenientes de materiais em decomposição (GOLTERMAN et al., 1983).

Os materiais inorgânicos, por sua vez, compreendem produtos resultantes de processos erosivos (fragmentos de rocha, siltes e argilas). De acordo com Christofolletti (1981), esse material é fornecido pela sua remoção das vertentes e da ação erosiva da água nas margens e fundo do canal fluvial. Ainda segundo o autor, o seu carregamento para os cursos d'águas recebe influência da quantidade e distribuição das precipitações, as condições topográficas e a cobertura vegetal da bacia hidrográfica.

O presente estudo leva em consideração apenas os materiais inorgânicos e sua dinâmica no interior de um canal fluvial. Partindo dessa perspectiva compreende-se que a carga de sedimentos presentes no canal é formada por um conjunto de partículas com diferentes formas e tamanhos, que sofrem um processo de transporte variado conforme as condições locais e de escoamento. Referente a isso, Carvalho (2008) acrescenta:

As forças que atuarão sobre a partícula podem mantê-la em suspensão ou no fundo do rio, saltando do leito para o escoamento, deslizando ou rolando ao longo do leito. Essa situação é função do tamanho da partícula, do peso e forma; é também função da forma de escoamento, se laminar ou turbulento, da velocidade da corrente, dos obstáculos do leito e de diversas outras funções que estão interrelacionadas, como declividade do leito, forma do canal, temperatura da água e outras (CARVALHO, 2008, p. 74).

A carga de fundo compreende partículas de granulometria maior, como cascalhos, areia ou fragmentos de rocha. Já a carga em suspensão é formada, em geral, por siltes e argilas, cuja dimensão e peso permitem que sejam mantidos em suspensão (NOVO, 2008).

Carvalho (2008) menciona que as formas de transporte de sólidos são discutidas separadamente, visto que o fenômeno não está suficientemente entendido para apresentar uma explicação completa e inter-relacionada. Segundo o autor, enquanto o transporte de sedimentos em suspensão se dá predominantemente em função da velocidade da corrente, o transporte de leito é muito influenciado pelo atrito que atua em seu deslocamento.

Para Durlo e Sutili (2005), os materiais presentes nos cursos d'água podem ser transportados de três formas: dissolvidos na água, como sobrenadantes ou em suspensão. De acordo com os autores, o transporte em suspensão não incluem apenas os materiais em suspensão propriamente ditos, mas também os materiais transportados no leito, seja por

arraste, deslizamento ou saltos. Carvalho (2008) destaca que a descarga sólida em suspensão não é dissociada da descarga de arrasto. Conforme a velocidade da corrente, ou outras variáveis determinantes em seu transporte, uma partícula pode estar ora em suspensão, ora saltando do leito para o meio líquido ou deslizando ou rolando pelo leito.

O quadro abaixo apresenta as definições de transporte mais utilizadas em trabalhos hidrossedimentológicos:

Quadro 1 – Definições de transporte fluvial de sedimentos.

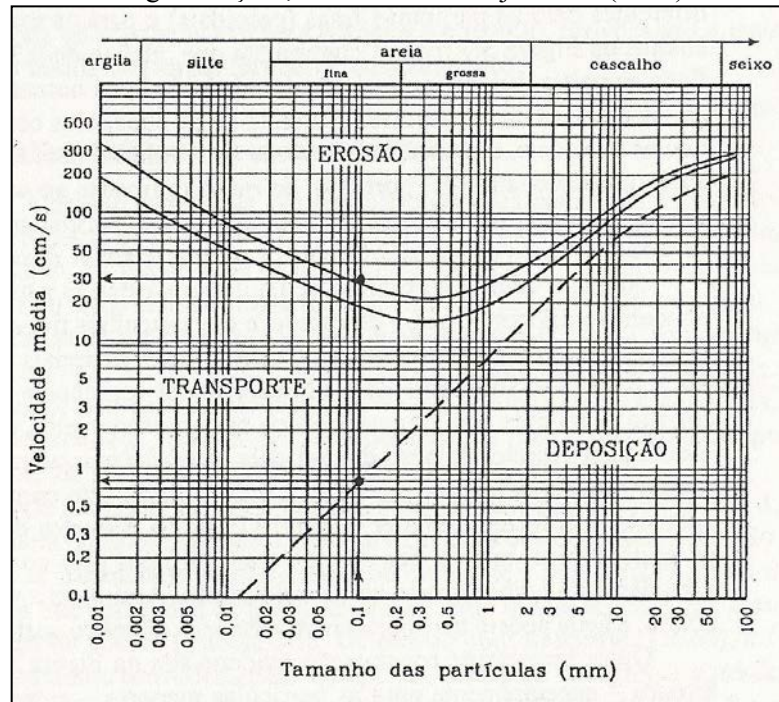
Tipo de Transporte/ Autor	Carga Sólida de Arrasto	Carga Sólida Saltante/Saltitante	Carga Sólida em Suspensão
Durlo & Sutili (2005)	Partículas que se movimentam deslizando ou rolando no leito. Com o movimento, ocorre seu soerguimento em relação à superfície do leito e ela se incorpora ao fluxo do fluido.	Partículas que se movimentam por pequenos saltos sobre o leito. Com o movimento, ocorre seu soerguimento em relação à superfície do leito, incorporando-se ao fluxo do fluido.	Partículas oriundas da erosão ou desgaste dos próprios materiais em transporte, que se movimentam por longos trechos suspensos na massa de água.
Carvalho (2008)	Partículas de sedimento que rolam ou escorregam longitudinalmente no curso d'água. As partículas estão em contato com o leito na maior parte do tempo.	Partículas que pulam ao longo do curso por efeito da corrente ou devido à ação de outras partículas.	Partículas suportadas pelas componentes verticais das velocidades do fluxo turbulento, enquanto estão sendo transportadas pelas componentes horizontais dessas velocidades, sendo pequenas suficientes para permanecer em suspensão.

Fonte: Adaptado de Silva et. al (2004), Durlo & Sutili (2005) e Carvalho (2008).

Para Christofolletti (1981), duas noções são importantes no que se refere ao transporte fluvial de sedimentos: a capacidade e a competência do rio. De acordo com Bigarella e Suguio (1973), a competência determina o tamanho máximo do material que pode ser transportado e a capacidade o volume de carga que pode ser transportado.

A capacidade de transporte de um rio depende da velocidade do fluxo e da granulometria do material. Hjulström (1935), citado por Durlo e Sutili (2005, p. 40), mostra em um diagrama as relações hidrodinâmicas que envolvem erosão, transporte e deposição, conforme a figura 2:

Figura 2 – Efeito da velocidade da corrente sobre sedimentos de diferentes granulações, de acordo com Hjulström (1953).



Fonte: Durlo e Sutili (2005, pag. 40).

Na sistematização Hjulström (1935), relaciona a erosão e deposição de sedimentos em função do diâmetro das partículas e da velocidade da água. A partir do diagrama nota-se a diferença nas forças de resistência à erosão entre partículas finas (coloidais) e maiores, e as velocidades a partir das quais há movimentação dessas partículas e na qual o rio perde a capacidade de transporte e inicia a deposição do material.

Em análise a sistematização, Durlo e Sutili (2005) salientam que quanto mais finas as partículas, maior é a velocidade necessária para desagregá-las e pô-las em transporte. De acordo com Novo (2008), a velocidade para erodir as partículas finas (argilas) é maior que a necessária para erodir areias devido à sua força de coesão.

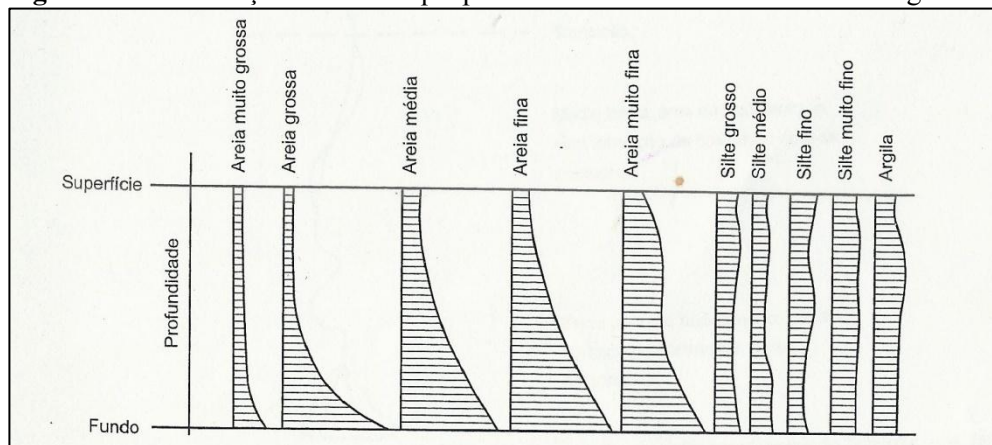
Para as partículas de diâmetro médio, que correspondem às areias e cascalhos finos, a velocidade necessária para movimentação é baixa. Segundo Durlo e Sutili (2005), esses materiais não possuem coesão nem peso suficiente para oferecer resistência ao transporte. “No entanto, à medida que o tamanho dos materiais aumenta, começa a surgir o efeito, agora direto, do peso da partícula na resistência do movimento, e a velocidade necessária para provocar erosão e transporte começa a crescer novamente” (DURLO & SUTILI, 2005, p. 39).

A distribuição do material em um curso d’água está associada à relação entre a granulometria das partículas e as características do fluxo fluvial. De acordo com Carvalho

(2008) a distribuição de sedimentos há de ser entendida em uma vertical, numa seção transversal, ao longo do curso d'água e em relação ao tempo.

Uma partícula em suspensão recebe influência da velocidade da corrente na direção horizontal, predominantemente, e do seu peso. Decorrente disso, a concentração dos sedimentos apresenta um mínimo na superfície e um máximo perto do leito, para uma granulometria variada (CARVALHO, 2008). As partículas mais grossas apresentam uma variação crescente da superfície para o leito. Já as partículas finas possuem uma distribuição quase uniforme na vertical, conforme a figura 3.

Figura 3 – Distribuições verticais que podem ser encontradas num curso d'água.

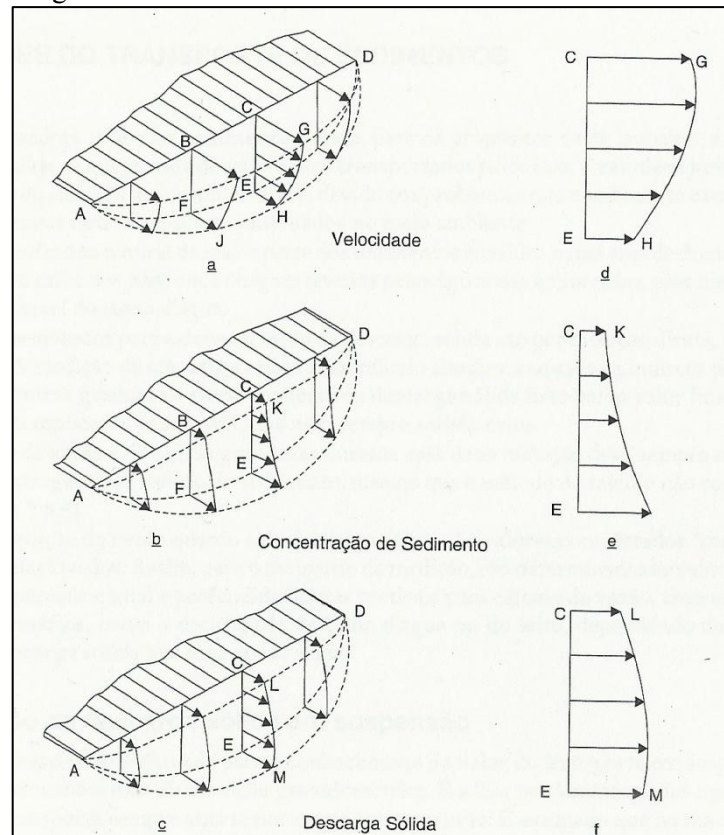


Fonte: retirado de Carvalho, 2008, p. 77.

Carvalho (2008), menciona que a distribuição de sedimentos através de uma seção transversal varia de um lado para o outro, sendo melhor expressa em termos de concentração. Como a concentração de sedimentos mostra variações verticais de acordo com a profundidade no fluxo e variações laterais conforme a posição na largura do canal (margens e centro), verifica-se um *selecionamento local* (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Em análise ao diagrama (figura 4), Carvalho (2008), lembra que a velocidade do fluxo e a concentração dos sedimentos são menores próximo as margens, aumentando em direção ao centro. Por outro lado, as velocidades do fluxo na vertical são variáveis, decrescendo para o leito, possibilitando que o peso da partícula seja um fator na variação da concentração.

Figura 4 – Diagrama da distribuição da velocidade, concentração de sedimentos e descargas sólida nos cursos d'água.



Fonte: retirado de Carvalho, 2008, p 77.

Quanto à distribuição longitudinal de sedimentos em um curso d'água, a literatura menciona que a granulometria dos sedimentos vai diminuindo em direção a jusante. Carvalho (2008), observa que as cabeceiras dos rios apresentam sedimentos de dimensões maiores. À medida que são transportados esses materiais vão se fracionando, transformando-se em sedimentos de granulometria menor.

De uma forma geral, na alta bacia há maior erosão e transporte de sedimentos. A erosão vai diminuindo da alta para a média bacia à medida que as declividades decrescem [...]. Na parte baixa da bacia há muita formação de colúvios, isto é, a maior parte dos sedimentos erodidos vai se distribuindo nos terrenos (CARVALHO, 2008, p. 79).

De acordo com Christofolletti (1981), a diminuição progressiva no tamanho das partículas em direção à jusante, pode ser modificada, no entanto, pela entrada de tributários carregando materiais diferentes dos provindos da montante. Outras mudanças no

comportamento podem ser resultantes também do uso da terra e do regime de chuvas na bacia.

O material sedimentar bem como o fluxo são elementos fundamentais na estruturação da geometria hidráulica em cursos aluviais. A geometria hidráulica refere-se ao “estudo das características geométricas e de composição dos canais fluviais, consideradas através das relações que se estabelecem no perfil transversal” (CHRISTOFOLETTI, 1981, p. 53).

O quadro abaixo apresenta as principais variáveis de geometria hidráulica, descritas por Christofolletti (1981) e Dias-Oliveira (2012):

Quadro 2 – Variáveis geométricas de uma seção transversal.

Variável	Símbolo	Definição
Largura do canal	W ou L	Largura da superfície da camada de água recobrando o canal
Profundidade	D ou h	Espessura do fluxo medida entre a superfície do leito e a superfície da água
Vazão	Q	Quantidade de água escoada, por unidade de tempo
Velocidade do fluxo	V	Comprimento da coluna d'água que passa, em determinado perfil, por unidade de tempo
Área	A	Área ocupada pelo fluxo no perfil transversal do canal, considerando a largura e a profundidade
Perímetro úmido	P	Linha que assinala a extensão da superfície limitante recoberta pelas águas
Raio hidráulico	R	Valor adimensional resultante da relação entre a área e o perímetro úmido ($R = A/P$)
Concentração de sedimentos	L	Quantidade de material detrítico por unidade de volume, transportada pelo fluxo

Fonte: Adaptado de Christofolletti (1981) e Dias-Oliveira (2012).

Para Grison e Kobiyama (2011), baseado em Leopold e Maddock (1953), a geometria hidráulica trata-se de uma “medição quantitativa de alguns dos fatores hidráulicos que ajudam a determinar a forma dos canais dos cursos d'água naturais: profundidade, largura, velocidade e carga suspensa, e como eles variam com a descarga como simples funções potenciais” (GRISON & KOBİYAMA, 2011, p. 26).

O conceito de geometria hidráulica foi apresentado por Leopold e Maddock (1953)¹ e, embora não mencionado por tais autores pode ser considerado como exemplo de sistema morfológico [...] A forma do canal é resposta que reflete no ajustamento aos débitos fluindo através de determinada secção transversal. Considerando que o canal em rios aluviais é resultante da ação exercida pelo fluxo sobre os materiais rochosos componentes do leito e das

¹LEOPOLD, L.B.; MADDOCK JR, T. **The hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications.** U.S. Geol. Survey Professional Paper, (252): 1-57, 1953.

margens, pode-se afirmar que as suas dimensões serão controladas pelo equilíbrio entre as forças erosivas de entalhamento e os processos agradacionais depositando material no leito e em suas margens (CHRISTOFOLETTI, 1981, p. 53).

Desta maneira, de acordo com Grison e Kobiyama (2011), a geometria hidráulica como ferramenta de estudo contribui para o entendimento de mudanças no sistema de drenagem e principalmente do canal fluvial. De acordo com os autores, a geometria hidráulica pode ser estudada de duas maneiras: em uma determinada seção transversal ou ao longo do perfil longitudinal.

Dias-Oliveira (2012), destaca que quando aplicada à seção transversal a geometria hidráulica prevê mudanças na largura, profundidade e velocidade com a variação da vazão. No caso do perfil longitudinal, prevê a adaptação do tamanho e da forma do canal de acordo com a vazão ao longo do rio.

Assim, mudanças ocorridas na vazão de uma seção implicam em alterações e ajustamentos na largura, profundidade, velocidade, rugosidade e concentração de sedimentos (CHRISTOFOLETTI, 1981). Quanto à concentração de sedimentos, Carvalho (2008) acrescenta:

A natureza procura um equilíbrio próprio, considerando estável para o rio. Se há mudança na quantidade de descarga sólida, o rio responde, reagindo conforme as alterações impostas. Se a carga sólida é grande haverá uma tendência de depósitos, ocorrendo a “agradação” do leito do rio. Ao contrário, se a carga sólida é pequena, o rio responde com a “degradação” do leito (CARVALHO, 2008, p 76).

Para Dias-Oliveira (2012), a vazão constitui-se em uma das propriedades que mais influencia nos processos agradacionais/degradacionais sendo responsável pela construção e manutenção das propriedades geométricas contidas na seção transversal.

Leopold e Maddock (1953), referenciados por Christofolletti (1981) e Grison e Kobiyama (2011), apresentam as relações matemáticas que descrevem o termo *geometria hidráulica*, conforme a tabela 1:

Tabela 1 – Relações matemáticas da geometria hidráulica de canais fluviais

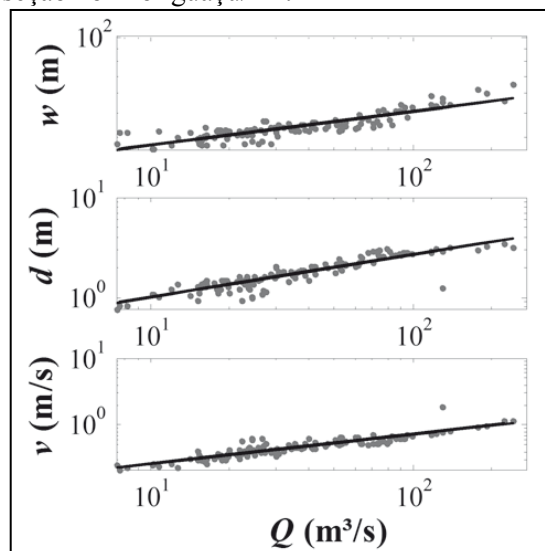
Variáveis	Equação
Largura	$w = aQ^b$
Profundidade	$d = cQ^f$
Velocidade	$v = kQ^m$
Carga Sedimentar	$L = pQ^j$
Declividade Superficial da Água	$S = rQ^z$

Fonte: Adaptado de Christofolletti (1981) e Grison e Kobiyama (2011).

Nas expressões matemáticas supracitadas, compreende-se que: Q é a vazão; w é a largura; d é a profundidade; v é a velocidade; L é a carga sedimentar; e s é a declividade superficial da água. As letras a, c, k, p, r são os coeficientes; e as letras b, f, m, j, z são os expoentes.

Segundo Grison e Kobiyama (2011), as equações mais utilizadas são as que representam a largura, profundidade e a velocidade. Considerando que a vazão depende da área da secção do canal e da velocidade do fluxo (BIGARELLA & SUGUIO, 1979). Assim, é comum relacioná-las, resultando na equação: $Q = ackQ^{b+f+m}$, onde $b+f+m = 1$ e $a.c.k = 1$.

A análise e interpretação dos resultados de um estudo de geometria hidráulica podem ser realizadas de maneira gráfica ou estatística. Leopold & Maddock (1953) interpretaram os resultados da geometria hidráulica por meio de plotes em escala logarítmica para a largura, a profundidade e a velocidade em função da variação da vazão (GRISON & KOBİYAMA, 2011). A figura 5 exemplifica a representação em escala logarítmica do rio Iguazu - PR.

Figura 5 – Geometria hidráulica de uma seção no Rio Iguazu/PR.

Fonte: Grison e Kobiyama, 2011.

Dias-Oliveira (2012) considera os estudos envolvendo a geometria hidráulica fundamentais para determinar o ajuste dinâmico de um sistema fluvial. Visto que, os mesmos abrangem a análise das alterações na morfologia do canal, sendo que esta se ajusta de maneira gradual, já que seus valores se alteram de acordo com as transformações na bacia hidrográfica.

Assim, dentre as diferentes aplicações da teoria de geometria hidráulica, destaca-se neste trabalho a importância da mesma para tratar a dinâmica que envolve o débito fluvial e o transporte de sedimentos, tendo em vista que essas variáveis auxiliam no entendimento dos processos atuantes em um canal fluvial, abrangendo os mecanismos de produção, transporte e deposição de sedimentos e seu papel nas mudanças morfológicas dos canais.

1.2. Estudos Hidrossedimentológicos

A Sedimentologia é uma disciplina que estuda os sedimentos levando em consideração os processos hidroclimatológicos, enfatizando a relação água-sedimento, ou outros aspectos tratados na Geologia e Pedologia (CARVALHO, 2008). No Brasil, as primeiras investigações de cunho sedimentológico tem início em meados de 1950, com a finalidade de aplicação na previsão do assoreamento de reservatórios.

Os trabalhos hidrossedimentológicos são relevantes do ponto vista social, econômico e ambiental, uma vez que a produção e transporte de sedimentos interferem direta e indiretamente nas relações bióticas e abióticas de um sistema fluvial.

Do ponto de vista socioeconômico, Silva et al. (2004), consideram os estudos hidrossedimentológicos importantes para o Brasil, visto que os sistemas elétricos do país tem base predominantemente hidráulica. Além disso, o excesso de carga sedimentar em um curso d'água pode comprometer o uso da água para abastecimento público ou mesmo o seu uso industrial.

Do ponto de vista ambiental, estudos da área abrangem mudanças no comportamento dos processos fluviais, que refletem na qualidade e estabilidade dos ecossistemas aquáticos. Silva et al. (2004), ressalta que o conhecimento na área é importante em estudos ambientais ligados à flora e fauna aquática.

Carvalho (2008), menciona alguns dos problemas decorrentes do transporte e deposição de sedimentos em um rio, sistematizados no quadro 3:

Quadro 3 – Problemas decorrentes do transporte e deposição de sedimentos.

Problemas	Ambientais	Sociais	Econômicos
	Sedimentos em suspensão em excesso, impedem a penetração da luz e calor, reduzindo a atividade fotossintética necessária a salubridade dos cursos d'água.	Sedimentos degradam a água para abastecimento e recreação.	Sedimentos em suspensão degradam o uso da água, aumentando o custo do tratamento.
	O sedimento atua como portador de outros poluentes, como nutrientes químicos, inseticidas, herbicidas e metais pesados.	O depósito pode assorear as calhas dos rios, prejudicando a navegação pela diminuição da profundidade, ou aumentar o risco de enchentes.	Colisão de areia em suspensão produz abrasão em turbinas, máquinas e comportas, quando as partículas se movem em alta velocidade, produzindo a redução de eficiência ou inutilizando a peça.
	Em cursos d'água assoreados, a água em nível elevado provoca erosão marginal.	O aumento da turbidez na água reduz a qualidade estética do curso d'água.	O depósito em reservatórios pode provocar seu assoreamento, reduzindo o volume de água e a vida útil do lago.

Fonte: Adaptado de Carvalho (2008, pag. 8 e 9).

De acordo com Carvalho (2008), o conhecimento acerca do comportamento, qualidade e quantidade de material transportado é essencial para estudos na bacia, projetos de obras hidráulicas, estudos ambientais e usos dos recursos hídricos. Durlo e Sutili (2005) destacam que a compreensão dos mecanismos que determinam a estabilidade ou a movimentação dos corpos sólidos em um meio líquido é um dos fundamentos para o manejo de cursos d'água.

Usualmente, as amostras de sedimentos em suspensão ou de leito são analisadas quanto sua concentração e granulometria. A tabela 2 demonstra os procedimentos metodológicos utilizados para análise de sedimentos:

Tabela 2 – Métodos usuais para análise de sedimentos, de acordo com DNAEE, 1970.

Sedimento em Suspensão	Análise de Concentração	Filtração Evaporação Tubo de remoção pela base
	Análise Granulométrica	Tubo de remoção pela base Pipetagem Densímetro
Material de leito	Análise Granulométrica	Peneiramento Densímetro Pipetagem
		Tubo de Acumulação visual
		Tubo de remoção pela base

Fonte: Adaptado de Carvalho (2008, pag. 196).

O termo granulometria refere-se à medida do tamanhos dos grãos. Assim, conforme Suguio (1979), a análise torna possível estabelecer uma expressão quantitativa da distribuição das partículas e grãos de acordo com seu diâmetro. Isso torna possível caracterizar e

classificar os sedimentos, correlacionar sedimentos de áreas diferentes e deduzir a gênese destes. Neste contexto, Christofolletti (1981, p. 19), destaca que “o ambiente de sedimentação fluvial é importante para elucidar e interpretar a evolução histórica de paisagens na escala geológica”.

Poleto (2007) apresenta um estudo de caráter sedimentológico em uma Bacia Hidrográfica urbana na região metropolitana de Porto Alegre, objetivando verificar a presença de poluentes inorgânicos, identificar sua origem e seu potencial poluidor. O autor salienta que o aumento da produção de sedimentos conjuntamente com os contaminantes gerados em um ambiente urbano, “estão transformando áreas residenciais que poderiam ser consideradas livres de vários tipos de poluentes em importantes fontes de poluição difusa” (POLETO, 2007, p.02).

Já Salunn et al (2008) realizam um estudo na Bacia Hidrográfica do Alto Rio Paraná, com o objetivo de caracterizar sedimentologicamente a Aloformação Paranaíba, aflorante na região. De acordo com os autores tal estudo mostra-se relevante visto que:

O reconhecimento de áreas fontes dos sedimentos e caracterização textural da Aloformação Paranaíba pode permitir sistematizar as fases evolutivas geológico-geomorfológicas cenozóicas do Alto Rio Paraná, ainda tão pouco conhecidas. O registro dessa sedimentação da Aloformação Paranaíba pode indicar importantes mudanças paleoclimáticas e/ou eventos neotectônicos, que modificaram os níveis de base e reafeiçoaram o relevo [...] (SALUNN, SUGUIO E SOBRINHO, 2008, p. 86).

Rocha (2010), por sua vez, apresenta um estudo em canais secundários da Planície Fluvial do Alto Rio Paraná, objetivando caracterizar o padrão de distribuição granulométrica dos materiais em uma perspectiva espaço-temporal. De acordo com o autor, “as análises sedimentológicas se mostram como um importante instrumento se entender a dinâmica dos processos no transporte de sedimentos presentes no leito dos rios” (ROCHA, 2010, p. 02).

Assim como o estudo supracitado, o presente trabalho objetivou avaliar o comportamento sedimentológico nos Rios Aguapeí e Peixe, como forma de compreender os processos fluviais atuantes em ambos os canais.



CAPÍTULO 11

BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS AGUAPEÍ E PEIXE



2. ÁREA DE ESTUDOS: BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS AGUAPEÍ E PEIXE

2.1. Caracterização do Meio Físico

O rio Aguapeí possui área de drenagem de 13.196 km², sendo composta por 89 subacias. Possui 32 municípios inseridos (total ou parcialmente) em sua área. O Rio do Peixe, por sua vez, possui área de drenagem de 10.769 km², é composto por 78 subacias e possui 26 municípios inseridos em sua área (SIGRH, 2009).

O clima do Oeste Paulista é do tipo tropical, situado em uma área de transição climática, compartilhada pelos sistemas atmosféricos inter e extratropicais; nele ocorre conflito entre as massas Tropical Atlântica e Tropical Continental, e a massa Polar Atlântica, havendo ainda participação esporádica da massa Equatorial Continental (BOIN, 2000, p. 23). A área é caracterizada pela presença de um período seco no inverno e um período chuvoso durante o verão. De acordo com Boin (2000) a precipitação anual média varia entre 1200 e a 1500 mm, enquanto a temperatura média anual permanece acima de 22°C.

As bacias estão situadas geologicamente sobre a morfoestrutura da Bacia Sedimentar do Paraná e morfoescultura do Planalto Ocidental Paulista, que de acordo com o Mapeamento Geológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981), está disposto sobre rochas do Grupo Bauru, que é constituído por diversas formações predominantemente areníticas, em algumas regiões cimentadas por carbonato de cálcio.

A região das Bacias do Aguapeí e Peixe abrange principalmente a Formação Adamantina, conforme a figura 6. De acordo com IPT (1981), essa formação tende a apresentar sedimentos mais finos e bem selecionados.

A Formação Adamantina apresentam subdivisões conforme proposto por Almeida (1981), com base em variações litológicas. As Unidades de Mapeamento compreendem: Ka1, Ka2, Ka3, Ka4 e Ka5.

De acordo com o Relatório Zero das Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe (CBH-AP, 1997), a unidade de mapeamento Ka1 é formada por arenitos finos e muito finos, siltitos arenosos, arenitos finos argilosos e subordinadamente de arenitos médios. Os arenitos são constituídos principalmente de quartzo.

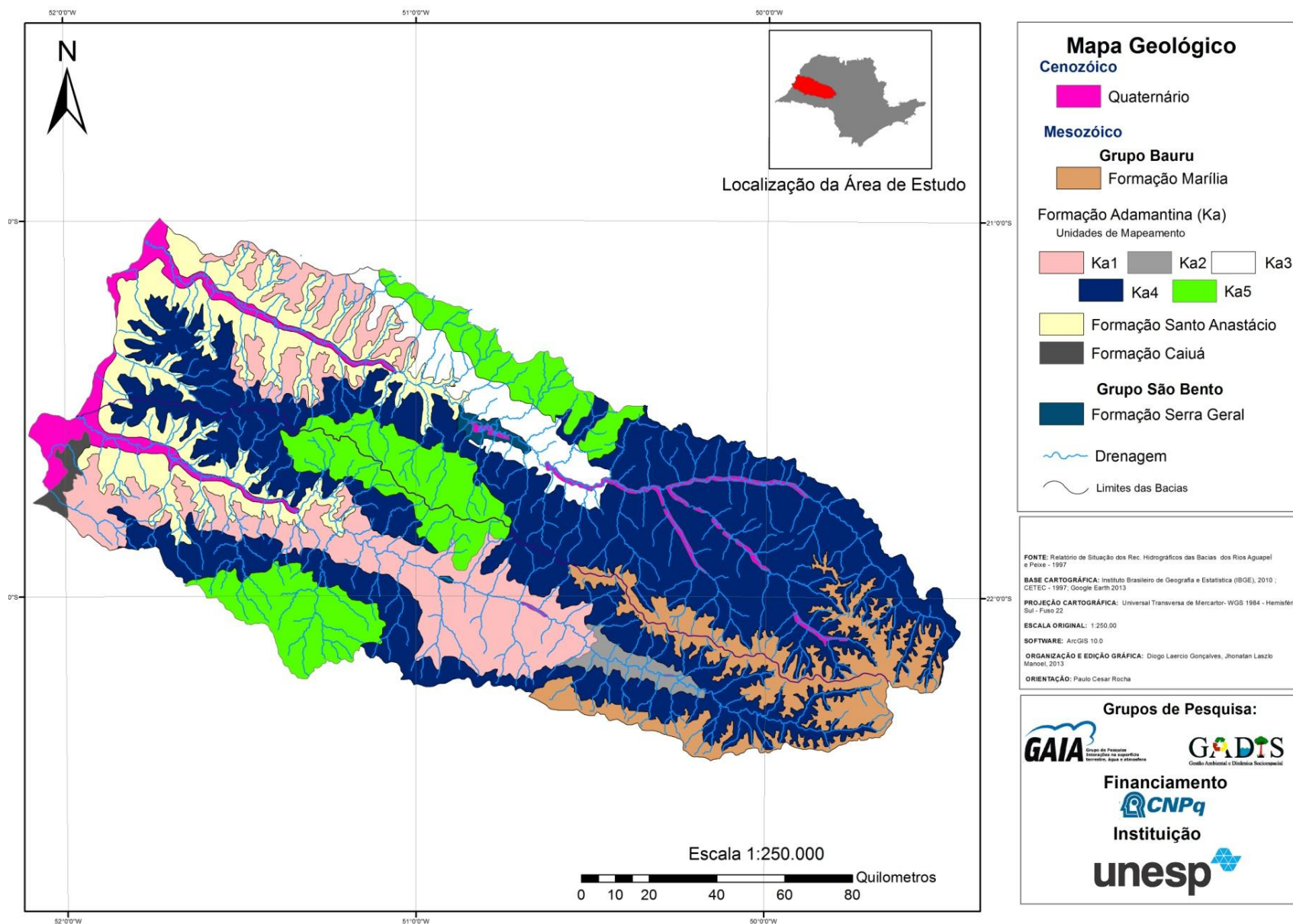
A Unidade de Mapeamento Ka2 compreende arenitos muito finos e siltitos. Os arenitos são constituídos de quartzo, minerais opacos e raros grãos de feldspatos. “Esses arenitos são bem selecionados, possuem pouca matriz argilosa e cimentação carbonática” (CBH-AP, 1997, p. 25).

A Unidade de Mapeamento Ka3 constitui-se em arenitos muito finos, siltitos e argilitos siltosos, dispostos em bancos predominantemente maciços. Os arenitos são geralmente selecionados e são constituídos de quartzo, pouco feldspato, sílica amorfa, minerais opacos e pouca mica (CBH-AP, 1997).

A Unidade Ka4 compreende arenitos finos a muito finos, estes constituídos de quartzo, pequena quantidade de feldspato e sílica amorfa, minerais opacos e micas. Os arenitos apresentam boa seleção, com matriz argilosa em porcentagens variadas (CBH-AP, 1997).

Por fim, a Unidade de Mapeamento Ka5 é constituída por arenitos finos e muito finos. Apresenta com frequência cimentação carbonática (CBH-AP, 1997).

Figura 6 – Mapa geológico das Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe.



Fonte: IPT (1981). Org: Laszlo & Gonçalves, 2013.

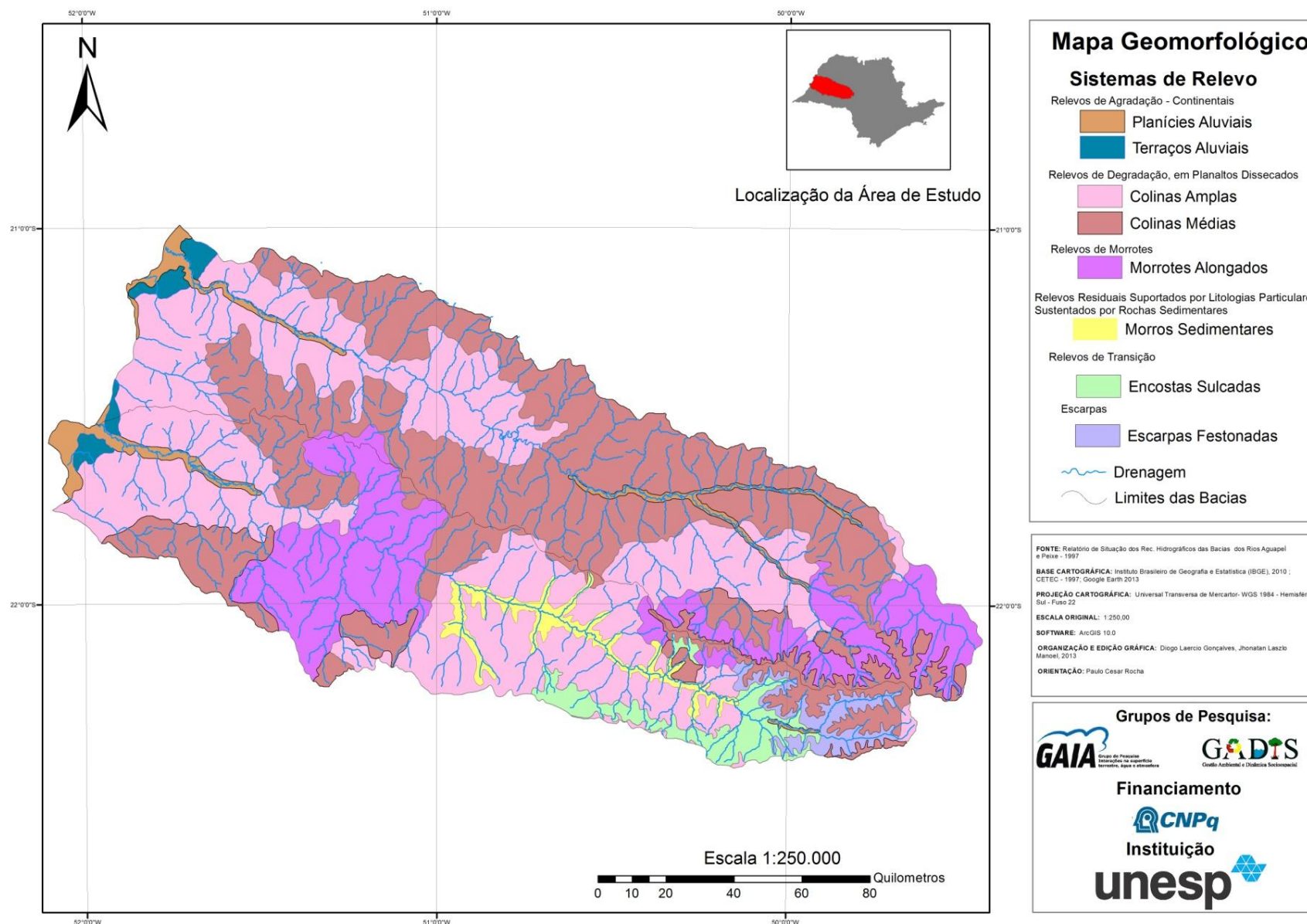
As Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe situam-se em relevo de colinas amplas e médias, conforme a figura 7. O mapa apresentado foi compilado a partir do mapa geomorfológico do IPT (1981), produzido na escala 1:1.000.000.

Nas colinas amplas predominam interflúvios com áreas superiores de 1 a 4 km², topos extensos e aplainados, vertentes com perfis retilíneos a convexos. Drenagem de baixa densidade, padrão subdendrítico, vales abertos, planícies aluviais interiores restritas, presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes (GONÇALVES, 2011).

As colinas médias possuem predominância de interflúvios com áreas superiores de 1 a 4 km², topos aplainados, vertentes com perfis convexos a retilíneos. Drenagem de média a baixa densidade, padrão subtreangular, vales abertos a fechados, planícies aluviais interiores restritas, presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes (CBH-AP, 1997).

Consideraram-se também as informações do Mapeamento Geomorfológico do Estado de São Paulo, realizado por Ross e Moroz (1997) na escala 1:500.000, buscando uma representação mais detalhada. De acordo com os autores, o Planalto Ocidental Paulista compreende um relevo levemente ondulado com predomínio de colinas amplas e baixas, com topos aplainados.

Figura 7 – Mapa Geomorfológico das Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapé e Peixe



Fonte: IPT (1981). **Org:** Laszlo & Gonçalves, 2013.

No tocante às características pedológicas, Boin (2000), cita que os solos da região do Oeste Paulista tem sua gênese de rochas areníticas do Grupo Bauru e de rochas básicas do Grupo São Bento (Formação Serra Geral).

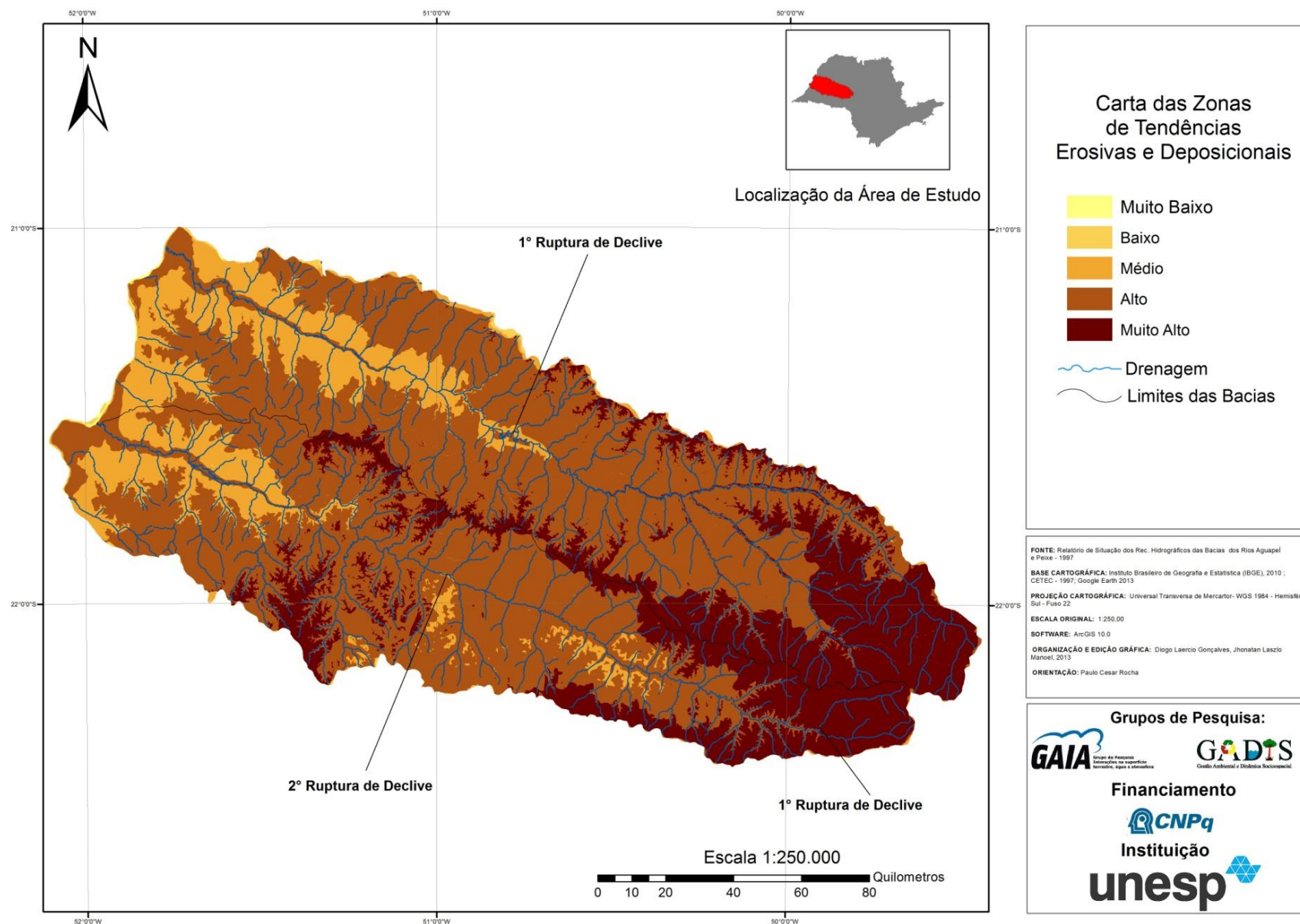
De acordo com o Relatório Zero das Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe (CBH-AP, 1997), as associações pedológicas mais expressivas da área são os Latossolos Vermelhos distróficos e os Argissolos Vermelho-Amarelos. Os Latossolos Vermelhos distróficos caracterizam-se como profundos ou muito profundos, bem drenados, com textura argilosa, muito argilosa ou média (EMBRAPA, 2011).

Os Argissolos Vermelho-Amarelos são solos bem a moderadamente drenados, variando de rasos a profundos e textura variando de arenosa/média a argilosa/muito argilosa. Distribuem-se em relevos de encostas declivosas, de colinas médias e morrotes alongados (GONÇALVES, 2011).

Estes solos apresentam risco natural a erosão causada pela diferença de textura superficial e subsuperficial e condições de declividade. Decorrente destas características associadas a um uso inadequado da terra, de acordo com o Caderno Sínteses das Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe (CBH-AP, 2011), 70% das áreas das bacias apresentam elevado potencial a erosão dos solos. A figura 8 apresenta as tendências erosivas e deposicionais das bacias.

Em análise a figura 8, nota-se que parte da alta bacia apresenta uma tendência muito elevada a processos erosivos e deposicionais. De maneira geral, no entanto, predomina uma tendência alta a processos erosivos e deposicionais, evidentes da alta para a média bacia. Apenas em trechos próximos a baixo curso dos Rios Aguapeí e Peixe observa-se baixa tendência aos processos de erosão.

Figura 8 – Carta das zonas de tendências erosivas e deposicionais das Bacias dos Rios Aguapeí e Peixe.



Fonte: CBH-AP, 1997. Org: Laszlo & Gonçalves, 2013

2.2. Padrão dos Canais dos Rios Aguapeí e Peixe

De acordo com Novo (2008, p. 230), os padrões dos canais “fluviais refletem o ajustamento do rio ao tipo, tamanho e volume da carga sedimentar por ele transportada, para uma dada resistência de seu substrato e para uma dada vazão”. Tal como salienta Christofolletti (1981), os tipos de canais representam mecanismos de ajuste entre as variáveis implicadas no sistema geomorfológico, constituindo respostas que se somam e se inter-relacionam com as relacionadas à seção transversal e ao perfil longitudinal.

Os rios Aguapeí e Peixe possuem um padrão predominantemente meândrico, como exemplifica a figura 9.

Figura 9 – Padrão dos canais dos Rios Aguapeí e Peixe.
A: Rio do Peixe; B: Rio Aguapeí.



Fonte: Google Earth, 2010.

De acordo com Bigarella e Suguio (1979), o padrão meandrante é comum em rios com gradiente moderadamente baixo. É caracterizado por curvas alternadas ao longo do percurso e seus canais tendem a ser estreitos e relativamente profundos e com margens estáveis. O ajuste do canal às variações de vazão se dá através da deposição no leito e por sua migração lateral na planície de inundação (NOVO, 2008).

No que se refere ao transporte de sedimentos, os canais meandrantess possuem competência e capacidade mais baixa e uniforme em comparação ao padrão anastomosado, e por isso tendem a transportar materiais finos e mais selecionados (BIGARELLA & SUGUIO, 1979).

2.3. Uso da Terra

A ocupação do Oeste Paulista teve início em meados dos anos 1920, no contexto de expansão cafeeira na região, seguido posteriormente pela cultura do algodão e a pecuária.

A primeira valorização da região - Oeste Paulista – feita através do pastoreio, por criadores mineiros, deixou, assim, de lado imensas áreas florestais. Na área entre o rio São José dos Dourados e Grande aproximadamente a partir de 1850, fundaram São José do Rio Preto e Viradouro; no espigão mestre entre o Paranapanema e o rio do Peixe, fundaram São Pedro do Turvo, São José dos Campos (hoje Campos Novos Paulista) e Nossa Senhora da Conceição do Monte Alegre. Com outro propósito e visando a outro tipo de terras, não teria, aparentemente, relação alguma com a colonização posterior realizada com o café. No entanto, é preciso lembrar que os criadores mineiros agiram como os primeiros pioneiros da região, facilitando o caminho dos agricultores que os seguiram; os núcleos por eles formados servirão de base para irradiação do povoamento; as picadas que finalmente seus descendentes iriam fornecer, à nova fase de colonização, os elementos de tradição local (MÚLHER 1960 *apud* SALGADO 1971, p. 23-24)

O setor cafeeiro estimulou a expansão ferroviária, o que permitiu a fundação de municípios na região. De acordo com Nunes (2009), a ferrovia estabeleceu uma relação econômica positiva com a via fluvial, tanto para transporte de gado, madeira, produtos agrícolas e mantimentos, quanto de deslocamento das pessoas, intensificando também a derrubada de mata e o cultivo agrícola, em meados do século XX.

A esta primeira alteração ambiental promovida pela colonização, sucederam-se outras alterações dentre as quais podem ser destacadas aquelas provocadas pelo processo de urbanização desde os anos de 1960; pela substituição das culturas agrícolas por outras e pela pecuária; pela construção de barragens de grande porte nos principais rios que delimitam o Planalto - o Grande, o Paraná e o Paranapanema – que transformaram seus principais cursos d'água em lagos artificiais, durante os anos de 1960 a 1990 (DEAN, 1996 *apud* OLIVEIRA & BRANNSTROM, 2004).

De acordo com o Relatório da Situação das Bacias Hidrográficas do Aguapeí e Peixe (2011), na Bacia Hidrográfica do Rio Aguapeí destacam-se nas áreas urbanas atividades econômicas ligadas aos setores de serviços e comércio como fonte indutora da economia regional. Na bacia do Rio do Peixe destacam-se os setores de serviços e comércio como mantenedores da economia regional, com exceção de Marília, considerada como pólo regional

onde se concentra grande parte das atividades industriais, com destaque para o segmento alimentício.

Nas áreas rurais, por sua vez, a agricultura e a pecuária são as atividades mais expressivas, destacando-se as lavouras de café, cana-de-açúcar e milho, no caso da bacia do Rio Aguapeí. As áreas de pastagem, que antes ocupavam boa parte das áreas rurais, dividem espaço com a cana-de-açúcar. Na bacia do Rio do Peixe ainda há predominância da pecuária, com forte expansão da cana (CBH-AP, 2011).

De forma geral, o uso da terra de ambas as bacias tem predominância do setor agropecuário. O gráfico abaixo apresenta a divisão das atividades na área rural.

Figura 10 – Uso das Terras nas Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe.



Fonte: CBH-AP, 2011. **Org:** Santos, 2013.

Além da economia agropecuária, as bacias contam com atividades no setor de mineração, em alguns pontos de sua área. De acordo com o Relatório da Situação das Bacias Hidrográficas do Aguapeí e Peixe (2011), há a extração de areia e argila com expressividade nos municípios de Panorama, Presidente Epitácio e Paulicéia para o setor cerâmico, além de um porto de areia localizado em Tupã.

No que se refere ao potencial hidrelétrico, apenas na Bacia do Rio do Peixe há uma PCH (Pequena Central Hidrelétrica) no município de Rancharia, denominada Usina Quatiara, que possui 0,93 km² de área inundada. Além dessa área, a bacia possui ainda terrenos inundados pelo lago da Usina Sérgio Mota, no leito do Rio Paraná. Embora não existam barramentos para geração de energia hidrelétrica, os municípios de Panorama, Presidente Epitácio, Paulicéia e Santa Mercedes foram impactados pelo lago da Usina Sergio Mota, na calha do Rio Paraná (CBH-AP, 2011).

Quanto à demanda de água, os Rios Aguapeí e Peixe têm seus recursos usados como fonte de abastecimento urbano, industrial e rural. Cabe salientar a existência de pontos de captação de água nos Rios Aguapeí e Peixe para o abastecimento público das cidades de Marília e Presidente Prudente.

O Rio Aguapeí possui dois pontos de captação de água para fins de abastecimento público para a cidade de Marília, ambos localizados na alta bacia, no município de Marília.

O rio do Peixe, por sua vez, tem três pontos de captação de água para abastecimento público. Dois pontos, localizados na alta bacia no município de Marília, abastecem a área urbana do município. O outro ponto de captação situa-se na média bacia no município de Caiabu, sendo utilizado para o abastecimento da área urbana de Presidente Prudente.



CAPÍTULO III

MATERIAIS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS



3. MATERIAIS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a realização deste estudo foram delimitadas três seções transversais do Rio Aguapeí e do Rio do Peixe, com pontos de amostragem localizados no baixo, médio e alto curso dos canais. O período de coleta partiu de uma perspectiva sazonal, caracterizando períodos diferentes de acordo com o regime hidrológico e climático da região, nos meses de dezembro de 2011, março, junho e dezembro de 2012.

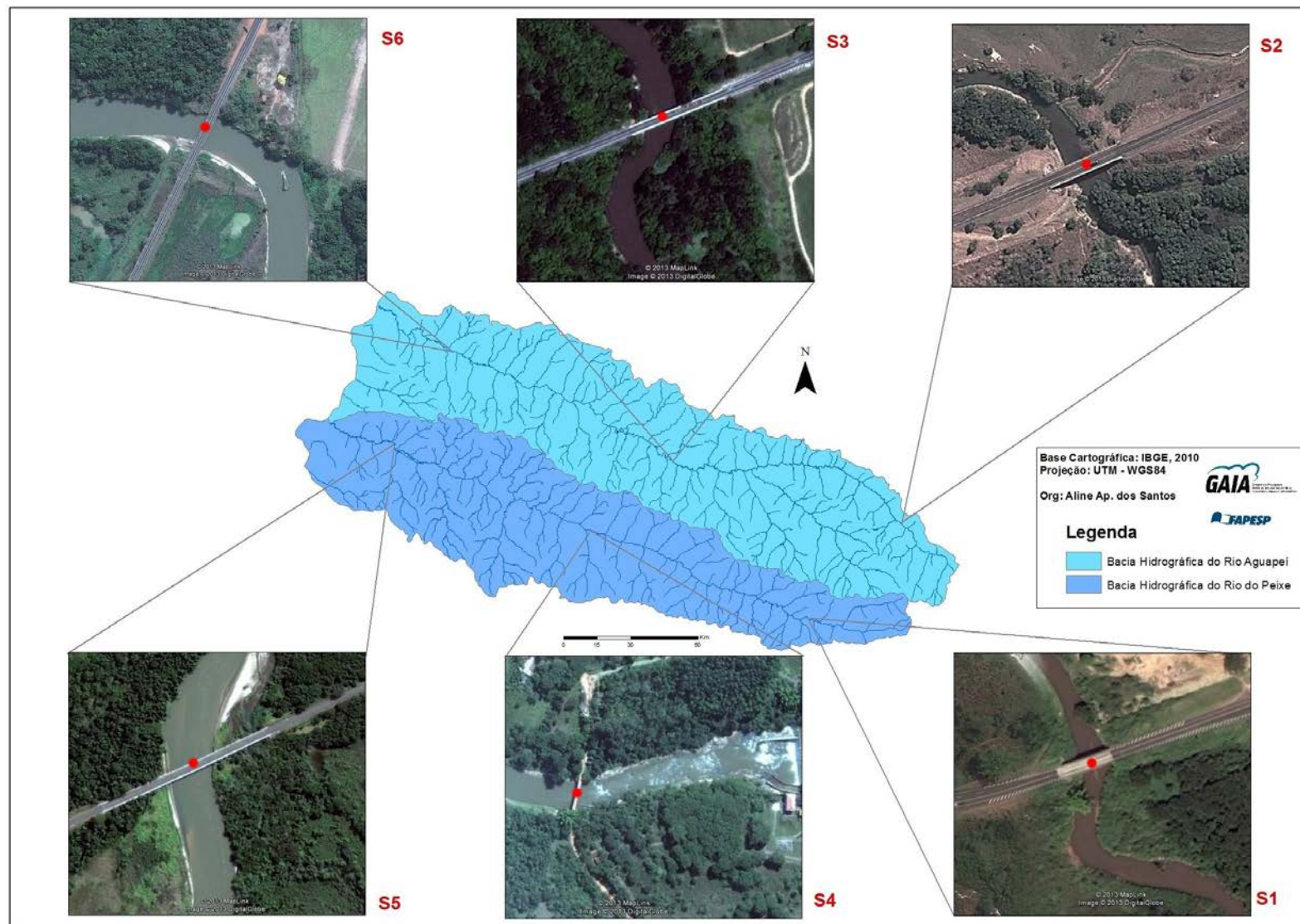
Para o desenvolvimento do trabalho, realizaram-se coletas de sedimentos de leito e de suspensão. Como suporte a discussão da dinâmica fluvial, levantou-se também os dados de geometria hidráulica (largura, profundidade, velocidade e vazão) das seções nas quais realizaram-se as coletas de carga sedimentar. Posterior à coleta e o levantamento das medidas, os dados foram tratados em laboratório e analisados.

Os procedimentos são descritos seguir.

3.1. Trabalho de Campo

Buscando compreender a dinâmica hidrossedimentológica ao longo do perfil longitudinal dos canais, delimitaram-se seções transversais no alto, médio e baixo curso de ambos os rios, considerando também a acessibilidade aos pontos (Figura 11).

Figura 11 – Localização dos pontos de amostragem, nas Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapei e Peixe.



Org: Santos, 2013.

A seção 1 (S1) situada no alto do curso do Rio do Peixe (Figura 12), localiza-se no município de Marília, na rodovia Comandante João Ribeiro de Barros, entre as coordenadas $22^{\circ} 18' 13.12''$ S e $50^{\circ} 02' 53.74''$ O.

A área apresenta pouca vegetação em suas margens, à montante do ponto de amostragem. Verifica-se nesta seção a presença de vegetação arbustiva e gramíneas, típicas em planícies de inundação.

À jusante da seção, há um porto de extração de areia, conforme a figura 12B.

Figura 12 – Seção no alto curso do Rio do Peixe.

A: À montante do ponto de amostragem.

B: À jusante do ponto de amostragem.



Fonte: Arquivo Pessoal.

A Seção 2 (S2) situa-se no alto curso do rio Aguapeí. Localiza-se às margens da Rodovia Dona Leonor Mendes de Barros, no município de Guarantã, entre as coordenadas $21^{\circ} 55' 18.28''$ S e $49^{\circ} 40' 33.33''$ O.

Nesta área verifica-se presença mais significativa de vegetação arbórea, principalmente na margem direita à montante do ponto de amostragem.

A margem direita dessa seção pode ser caracterizada como um ambiente semi lântico, por apresentar um fluxo com baixa velocidade (figura 13B).

Figura 13 – Seção no alto curso do Rio Aguapeí.
A: À montante do ponto de amostragem.
B: Vista do canal no ponto de amostragem.



Fonte: Arquivo Pessoal.

A Seção 3 (S3) situa-se no médio curso do Rio Aguapeí, localizando-se às margens da Rodovia Assis Chateaubriand, entre os municípios de Santópolis do Aguapeí e Rinópolis. Encontra-se entre as coordenadas $21^{\circ} 40' 32.74''$ S e $50^{\circ} 35' 17.19''$ O.

Conforme a figura 14, as margens dessa seção apresentam significativa vegetação arbórea em suas margens. À montante da seção de amostragem o rio apresenta um trecho sinuoso.

Figura 14 – Seção no médio curso do Rio Aguapeí.



Fonte: Arquivo Pessoal.

A Seção 4 (S4) situa-se no médio curso do Rio do Peixe (figura 15). O ponto localiza-se às margens da Rodovia Assis Chateaubriand, à jusante da Usina Quatiara, no município de Rancharia. A seção está entre as coordenadas $21^{\circ} 57' 06.89''$ S e $50^{\circ} 55' 55.84''$ O.

Essa seção possui o leito rochoso, motivo pelo qual não foi possível realizar a coleta de sedimentos de fundo em nenhum dos períodos de amostragem. À margem esquerda dessa seção apresenta um dreno pelo qual escoam os sedimentos retidos pelo reservatório. As margens da seção possuem vegetação, compostas por gramíneas e arbustos.

Figura 15 – Seção no médio curso do Rio do Peixe.

A: À montante do ponto de amostragem.

B: À jusante do ponto de amostragem.



Fonte: Arquivo Pessoal.

A Seção 5 (S5) situa-se no baixo curso do Rio do Peixe (figura 16). Localiza-se às margens da Rodovia Euclides de Oliveira Figueiredo, no município de Presidente Venceslau, entre as coordenadas $21^{\circ} 36' 22.81''$ S e $51^{\circ} 42' 10.96''$ O.

A área apresenta vegetação significativa em suas margens, com presença de arbustivas e gramíneas. O trecho do canal possui meandros tanto à montante quanto à jusante da seção, sendo possível identificar a presença de meandros abandonados na área.

Verifica-se que há nesta seção significativa deposição de sedimentos, evidenciado pelas barras de areia próximas as margens (figura 16B).

Figura 16 – Seção no baixo curso do Rio do Peixe.

A: À montante do ponto de amostragem.

B: Barra de areia à jusante do ponto de amostragem.



Fonte: Arquivo Pessoal.

A Seção 6 (S6) localiza-se no baixo curso do Rio Aguapeí, na Rodovia Euclides de Oliveira Figueiredo, município de São João do Pau D'alto. A área situa-se entre as coordenadas $21^{\circ} 13' 11.29''$ e $51^{\circ} 29' 44.42''$ O.

Assim como a anterior, a seção no baixo curso do Rio Aguapeí apresenta vegetação significativa em suas margens. Há também significativa deposição de sedimentos, com o canal apresentando barras de pontal nas margens esquerdas (figura 17). O canal é meandrante nesse trecho à montante e jusante da seção.

Figura 17 – Seção no médio curso do Rio Aguapeí.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Nos pontos de amostragem supracitados, realizou-se a coleta das amostras de carga de leito, utilizando-se uma draga *Van Veen* (figura 18), nas partes laterais e no centro das seções. Cabe citar que não foi possível realizar a coleta de sedimentos em alguns pontos ou seções devido a impedimentos do procedimento utilizado.

Na seção no baixo curso do Rio do Peixe, como citado anteriormente, não foi possível realizar a coleta de sedimentos de fundo em nenhum dos períodos, em decorrência do leito rochoso. Nas demais seções houve períodos distintos em que não foi possível realizar a coleta em decorrência da velocidade da água (fluxo turbulento).

As amostras de água com material em suspensão foram coletadas com auxílio de corda e balde, sendo possível realizar a coleta em todas as seções e pontos de amostragem. Assim como as amostras de fundo, os sedimentos em suspensão foram coletados nas partes laterais e no centro das seções.

Figura 18 – Procedimentos para a coleta de sedimentos de fundo.
A: Coleta dos Sedimentos; **B:** Draga *Van Veen*



Fonte: Arquivo Pessoal

A profundidade média do canal e a largura foram obtidas através de medidas com auxílio de trena flexível nas seções de amostragem. A mensuração da velocidade de fluxo foi feita em campo, com auxílio de um fragmento de madeira, trena e cronômetro. Por meio desses dados, obtiveram-se também os dados de vazão, através da equação Q (vazão) = P (profundidade média) \times L (largura do canal) \times V (velocidade média).

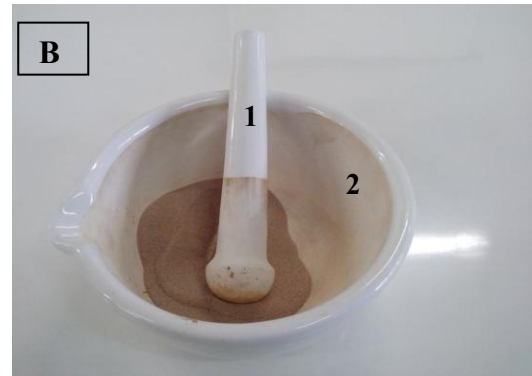
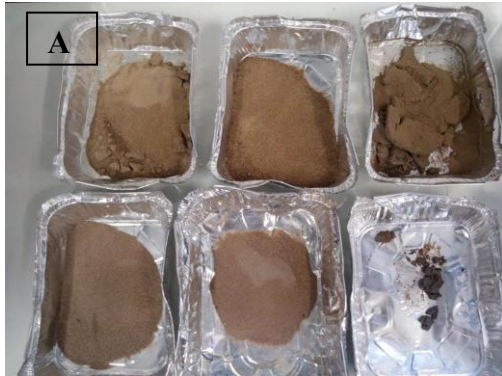
Posterior à coleta, as amostras e dados foram analisados e tratados em laboratório.

3.2. Análises em Laboratório

As amostras de leito foram levadas para o Laboratório de Geologia, Geomorfologia e Recursos Hídricos da FCT/UNESP para análise. Após sua secagem, foram separadas em alíquotas de 100 gramas de sedimentos de cada amostra, que passaram pelo destorroamento com auxílio de um almofariz e pistilo (Figura 19).

Figura 19 – Equipamentos utilizados nas análises de sedimentos de fundo.

A: Amostras; **B:** Almofariz (1) e pistilo (2); **C:** Balança Granatária; **D:** Conjunto de peneiras e agitador eletromagnético.



Fonte: Arquivo Pessoal

Na sequência, as alíquotas passaram por análise granulométrica por peneiramento. O método por peneiramento utiliza uma série de peneiras-padrão, que são agitadas mecanicamente por um tempo determinado. Nesse trabalho, utilizaram-se peneiras com diâmetro da malha seguindo a classificação proposta por Wentworth (1922), conforme demonstra a tabela 3.

Tabela 3 – Escala granulométrica de acordo com a classificação de Wentworth (1922)

Diâmetro (mm)	Classificação
2.000	Grânulos
1.000	Areia muito grossa
0.500	Areia grossa
0.250	Areia média
0.125	Areia fina
0.062	Areia muito fina
<0.062	Partículas finas (silte + argila)

Fonte: Adaptado de Suguio, 1973.

Após o peneiramento, o material retido em cada peneira foi pesado e os valores obtidos foram anotados para posterior tratamento.

As amostras de sedimentos em suspensão passaram por filtragem, baseado nos procedimentos utilizados por Rocha (2002) para análise de sedimentos em suspensão. Para o processo, os filtros de fibra de vidro foram para mufla (Figura 20A) para calcinação com temperatura de 470°C durante 4 horas. Após esse processo, os filtros foram levados ao dissecador para resfriar e depois foram pesados em uma balança analítica.

Para a filtragem, foram separados 200 ml da amostra (água e sedimentos) e 200 ml para réplica. Colocou-se o filtro em duplicata no aparato de filtração para a filtragem utilizando bomba a vácuo (Figura 20B).

Figura 20 – Equipamentos utilizados para análise de sedimentos em suspensão. **A:** Mufla; **B:** Aparato para filtração e bomba a vácuo.



Fonte: Arquivo pessoal.

Após este processo, as membranas filtrantes foram para estufa durante uma hora, à 105° C, para secagem. Posterior à secagem, os filtros foram pesados novamente na balança analítica. O peso das amostras foi obtido a partir da equação: $[MS] \text{ mg/L} = (P2 - P1) / V$, na qual P1 é o peso do filtro calcinado (mg); P2 é o peso do filtro com material retido na filtração após a secagem (mg); V é o volume da amostra filtrada (L).

O tratamento dos dados obtidos foi realizado por meio do software *Excel*², para os cálculos, sistematização e geração de gráficos. A discussão dos dados foi realizada a partir do relacionamento entre as variáveis analisadas, bem como sua relação com as características físicas e de uso da terra das bacias.

² Excel é marca registrada da Microsoft.



CAPÍTULO IV

DINAMICA HIDROSEDIMENTOLÓGICA NOS RIOS

AGUAPEÍ E PEIXE



4. DINÂMICA HIDROSEDIMENTOLÓGICA NOS RIOS AGUAPEÍ E PEIXE

4.1. Distribuição Granulométrica de Sedimentos de Fundo

A análise da distribuição granulométrica das seções foi realizada a partir dos dados de frequência das amostras. Nesse caso, para representação do diâmetro das partículas, utilizou-se uma escala em *phi* (ϕ), conforme a tabela 4. A proposta de Krumbein (1934) utilizou os expoentes da escala de Wentworth (1922) como base de uma escala logarítmica, com o objetivo de facilitar a aplicação dos métodos estatísticos convencionais à sedimentologia (DIAS, 2004).

Tabela 4 - Escala granulométrica em *phi*

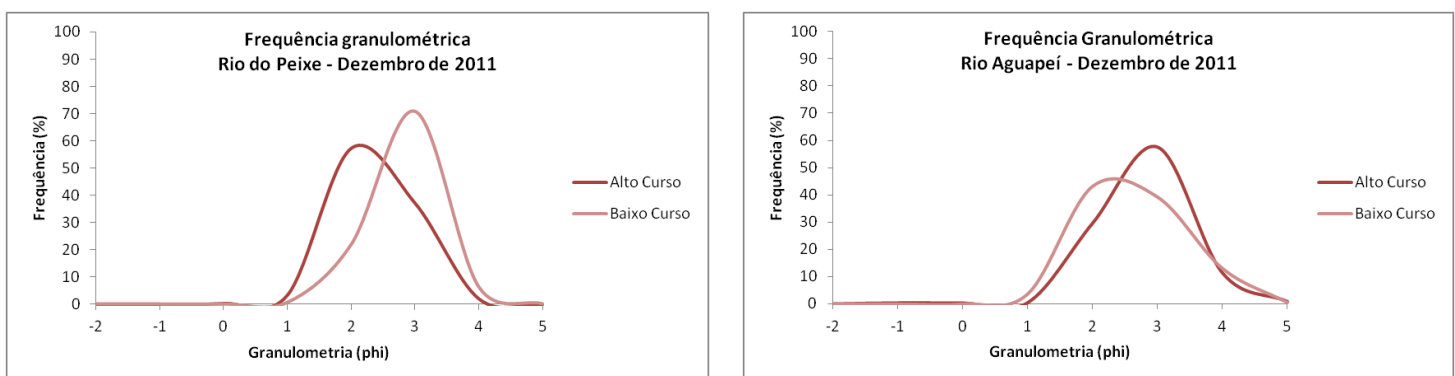
phi	Classificação
-1	Grânulos
0	Areia muito grossa
1	Areia grossa
2	Areia média
3	Areia fina
4	Areia muito fina
5	Partículas finas (silte + argila)

Fonte: Adaptado de Suguio, 1973.

Em análise aos dados de dezembro de 2011, nota-se que na seção no alto curso do Rio do Peixe há predominância das classes granulométricas areia média e areia fina. Na seção a baixo curso do Rio do Peixe há predominância de areia fina, conforme a figura 21.

Na seção no alto curso do Rio Aguapeí predomina a classe areia fina. No baixo curso observa-se maior frequência de areia média e areia fina.

Figura 21 – Frequência Granulométrica nos Rios Aguapeí e Peixe, em dezembro de 2011

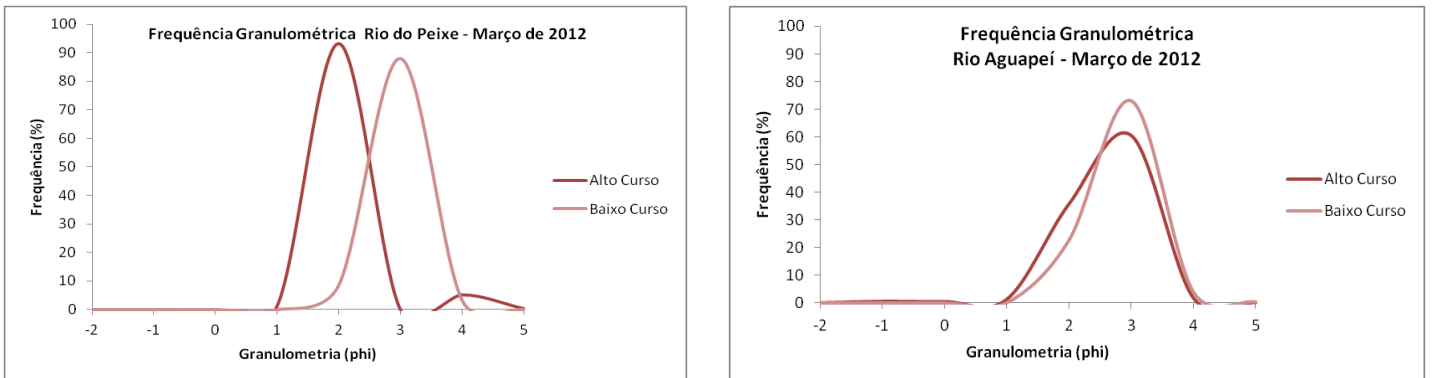


Fonte: Dados obtidos em campo. Org: Santos, 2013.

No período de março de 2012 (figura 22), nota-se predomínio de areia média no alto curso do Rio do Peixe, mas com ocorrência significativa de areia fina em comparação as outras classes granulométricas. Na seção no baixo curso há maior ocorrência de areia fina.

O Rio Aguapeí neste período apresenta predominantemente as classes de areia média e areia fina na seção tanto no alto curso quanto no baixo curso do canal.

Figura 22 - Frequência Granulométrica nos Rios Aguapeí e Peixe, em março de 2012

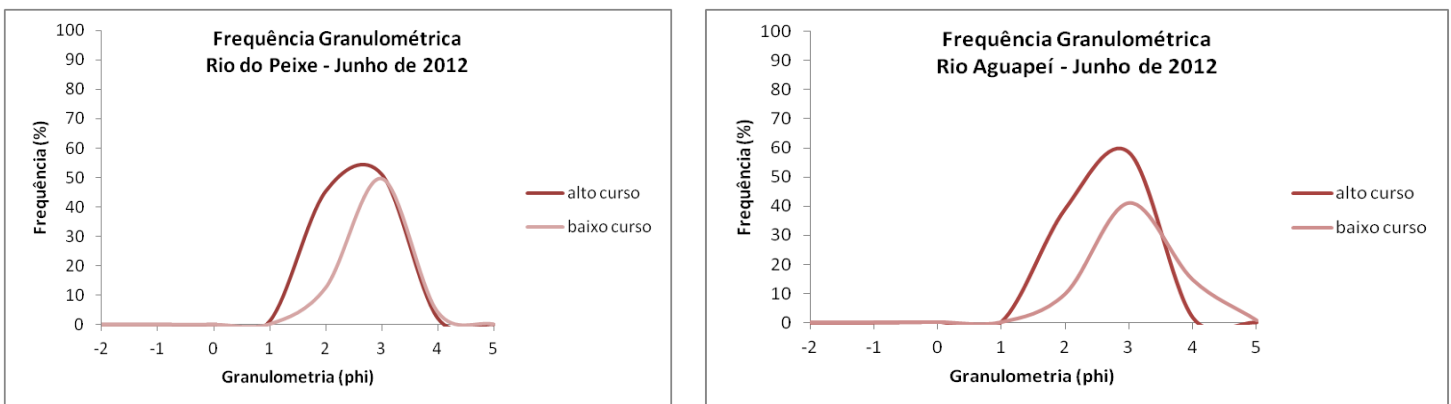


Fonte: Dados obtidos em campo. Org: Santos, 2013.

No período de junho, as seções no alto curso de ambos os canais apresentam maior frequência das classes areia média e areia fina, como pode ser observado na figura 23.

Na seção no baixo curso do Rio do Peixe há o predomínio da classe areia fina. Na seção adjacente do Rio Aguapeí ocorre o mesmo, se diferenciando, no entanto, por uma ocorrência significativa de areia muito fina.

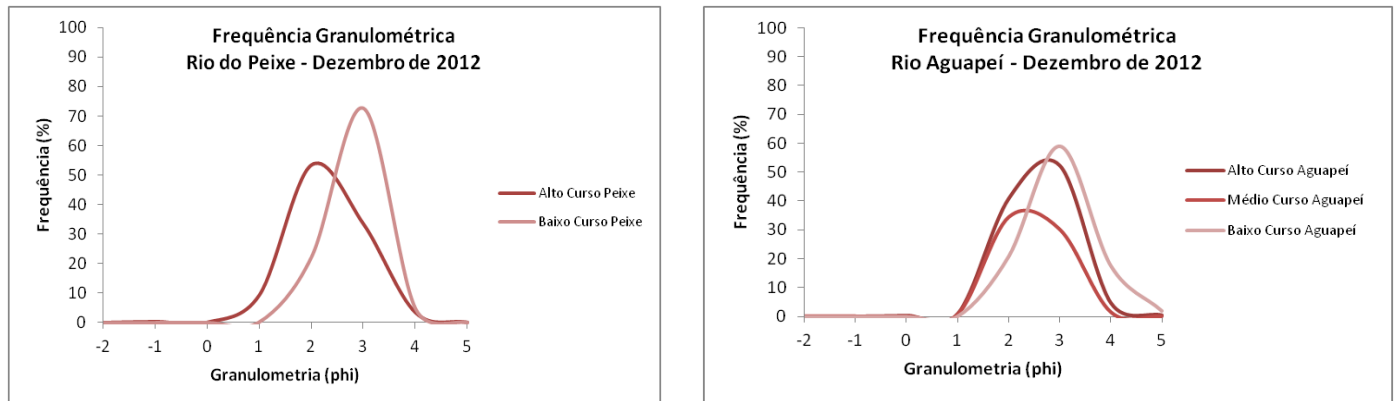
Figura 23 - Frequência Granulométrica nos Rios Aguapeí e Peixe, em junho de 2012



Fonte: Dados obtidos em campo. Org: Santos, 2013.

No período de dezembro de 2012, verifica-se que na seção no alto curso do Rio do Peixe, há predominância de areia média. A seção no alto curso do Rio Aguapeí apresenta predominância de areia média e fina, conforme a figura 24.

Figura 24 - Frequência Granulométrica nos Rios Aguapeí e Peixe, em dezembro de 2012.



Fonte: Dados obtidos em campo. Org: Santos, 2013.

A seção no médio curso do Rio Aguapeí há predomínio de areias médias e areias finas, apresentando um padrão semelhante a seção no alto curso do rio.

Na seção no baixo curso dos rios nota-se o predomínio de areia fina, ocorrendo, no entanto, frequência significativa de areia muito fina no Rio Aguapeí.

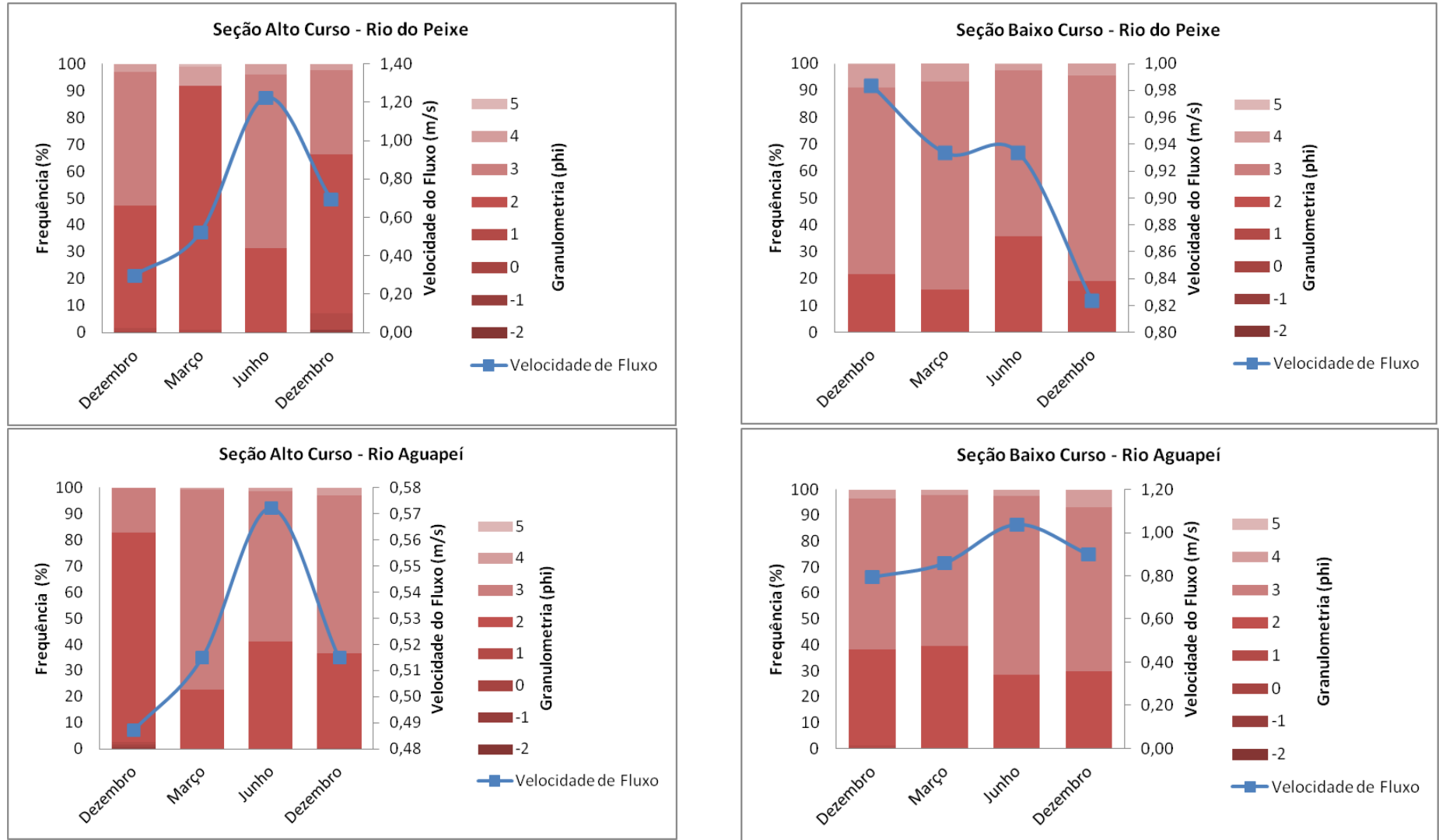
Bigarella e Suguio (1979) mencionam que nos cursos d'água ocorre um aumento da relação largura-profundidade à jusante assim como uma diminuição de declividade, o que resulta em uma diminuição na competência do rio. Nota-se tal padrão em ambos os rios e períodos amostrados, exceto pelo Rio Aguapeí que apresenta predominância de areia média no baixo curso, no mês de dezembro de 2011. A seção apresenta também uma significativa seletividade do material, em relação à seção no alto curso.

Para a análise da granulometria, considerou-se também relacionar a velocidade média nas seções e a distribuição de sedimentos. Nesse caso, a análise deu foco em cada seção transversal, levando em consideração as mudanças no padrão de distribuição de sedimentos no centro do canal (figura 25).

Na seção no alto curso do Rio do Peixe observa-se uma variação na frequência das classes granulométricas durante os períodos de amostragem. Verifica-se uma heterogeneidade das classes no mês de dezembro, ao passo que no mês de março há predomínio de areia média e em junho areia fina.

A seção no baixo curso do Rio do Peixe apresenta o predomínio de sedimentos de menor calibre. Verifica-se, no entanto, que no mês de junho há variação na distribuição do material na seção, ocorrendo presença significativa de areia média.

Figura 25 – Variação da Distribuição Granulométrica de acordo com o período de amostragem



Fonte: Dados obtidos em campo. Org: Santos, 2013

Na seção no alto curso do Rio Aguapeí verifica-se em geral maior ocorrência de areia fina, com exceção do mês de dezembro de 2011 no qual há predomínio de areia média. Na seção no baixo curso em todo o período de amostragem, predominaram sedimentos de calibre fino. Cabe salientar o padrão uniforme de distribuição dos sedimentos ao longo do período de análise.

Neste sentido, observa-se que as seções no alto curso apresentam maior variação das classes granulométricas, considerando a escala temporal. Uma vez que na alta bacia predominam os processos de erosão e transporte de sedimentos em decorrência da declividade, verifica-se a heterogeneidade da carga sedimentar. As seções no baixo curso, por sua vez, apresentam em geral um padrão uniforme.

A análise comparativa entre a velocidade média e a frequência granulométrica dos sedimentos de fundo, verifica-se que os pontos com maiores valores de velocidade apresentam maior variação nas classes granulométricas dos sedimentos depositados no leito. Tal dinâmica é evidenciada principalmente nas seções no alto curso dos rios, no período de junho.

No alto curso do rio Peixe com aumento da velocidade de fluxo, aumentou-se a frequência de areia fina, indicando a passagem de uma concentração dessas areias sobre o substrato mais grosseiro. O aumento da velocidade pode implicar no aumento da vazão e a chegada de sedimentos. À medida que a velocidade diminui, os sedimentos de calibre fino vão sendo retirados, diminuindo sua frequência.

No baixo curso, que em geral apresenta menor velocidade devido a diminuição de declividade, o comportamento apresenta-se ao contrário. Verifica-se que com velocidades menores há o aumento da frequência de areia fina. Com o aumento da velocidade ocorre uma mobilização parcial desses grãos.

No alto curso do Rio Aguapeí à velocidades mais baixas o leito apresenta predominância de sedimentos mais grosseiros. Com o aumento da velocidade há ocorrência significativa de sedimentos de calibre mais fino, depositados sob a camada de partículas maiores. No baixo curso do rio, com aumento da velocidade há predominância de sedimentos mais finos.

4.2. Concentração de Sedimentos em Suspensão

Com relação à carga em suspensão, observa-se na tabela 5 que a seção no alto curso do Rio do Peixe apresenta maior concentração de sedimentos em relação ao Rio Aguapeí em todos os períodos de análise, conforme a tabela 5. Nas seções no médio curso, nos períodos de dezembro de 2011 e 2012 e junho de 2012, no Rio do Peixe há maior concentração de sedimentos do que no Rio Aguapeí.

Com relação à seção no baixo curso, o Rio Aguapeí apresenta grande concentração de sedimentos nos períodos de amostragem em relação ao Rio do Peixe, exceto no mês de junho de 2012.

Tabela 5 – Média da concentração de sedimentos em suspensão (Mg/L), por período e seção de amostragem.

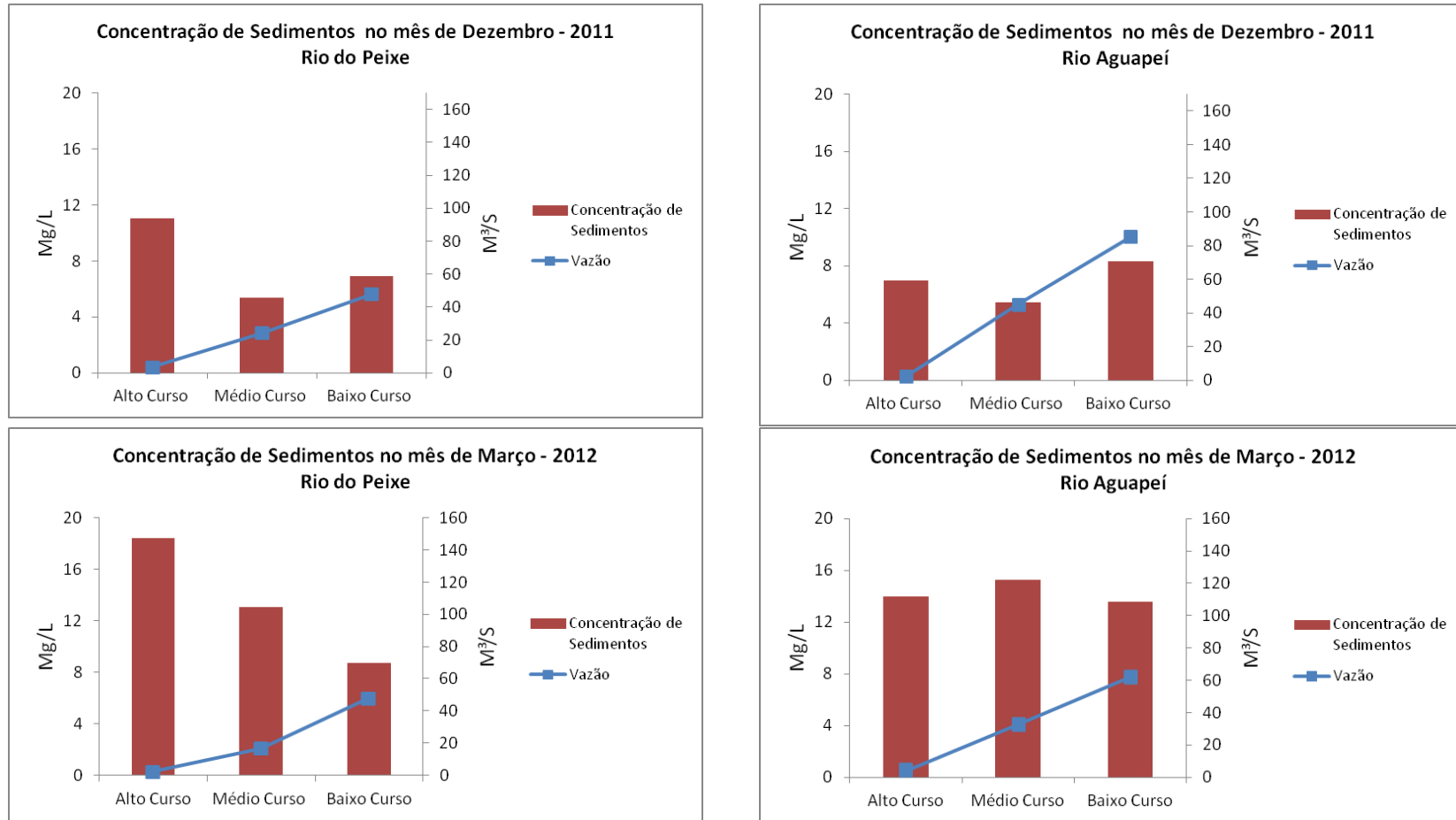
Período/Seção	Dezembro de 2011	Junho de 2012	Março de 2012	Dezembro de 2012
Alto Curso Rio do Peixe	11,05	19,65	18,4	112,68
Médio Curso do Rio do Peixe	5,37	10,67	13,05	7,27
Baixo Curso Rio do Peixe	6,93	9,62	8,73	5,98
Alto Curso Rio Aguapeí	7	6,12	13,95	24,57
Médio Curso do Rio Aguapeí	5,42	9,9	15,3	6,63
Baixo Curso Rio Aguapeí	8,33	4,88	13,55	9,13

Fonte: Dados obtidos em campo. **Org:** Santos, 2013.

Em geral, observa-se maior concentração de sedimentos nos altos cursos, no qual predominam os processos de erosão e transporte de sedimentos em função da declividade.

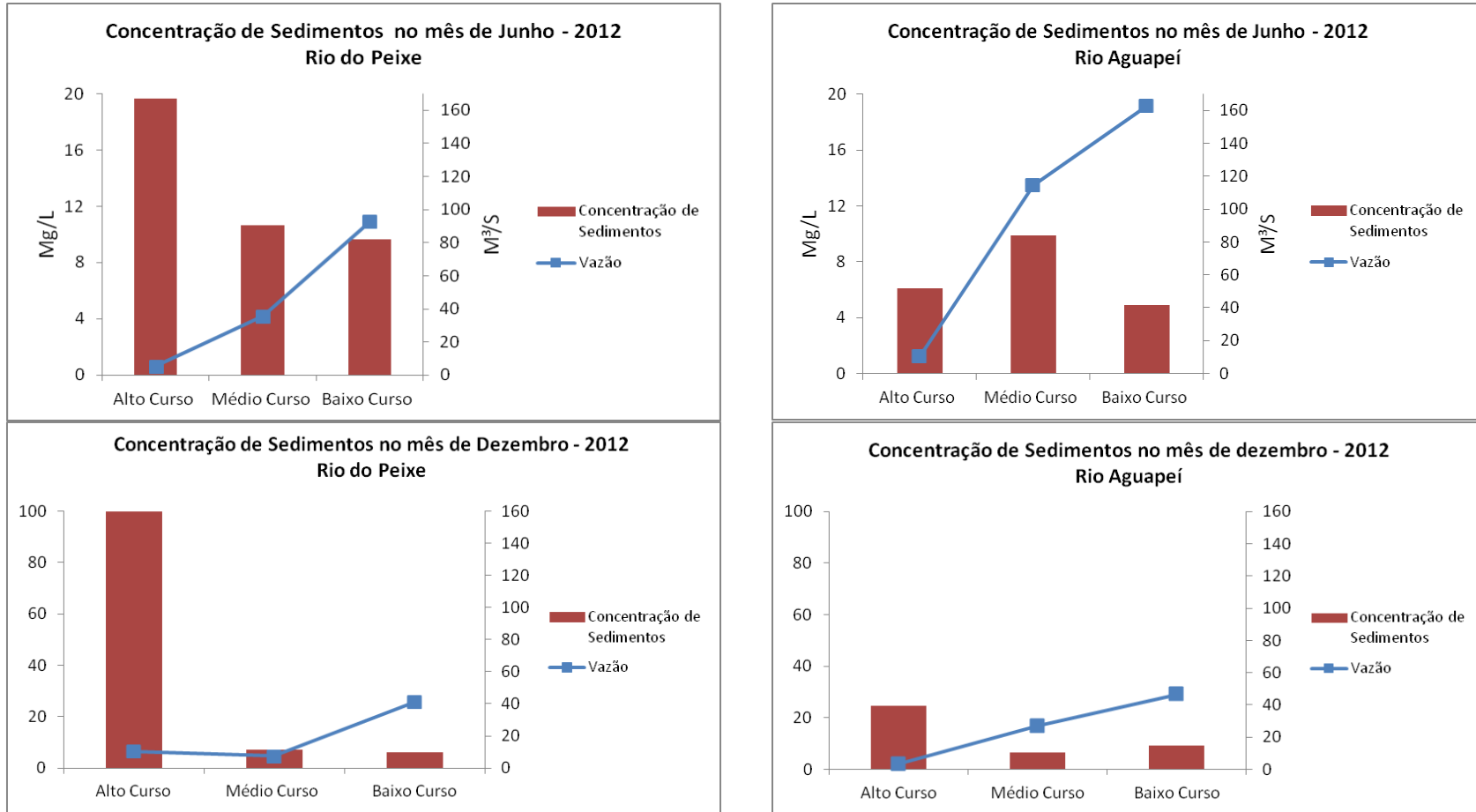
Na literatura encontramos menção à relação entre a vazão e a carga em suspensão. Bigarella e Suguio (1979) e Christofolletti (1981) analisam que o aumento da velocidade e da vazão cria condições energéticas para que a competência e a capacidade do rio sejam maiores. Neste sentido, as figuras 26 e 27 apresentam a relação entre a carga de sedimentos em suspensão e a vazão das seções:

Figura 26 – Concentração de sedimentos em suspensão nos Rios Aguapeí e Peixe, nos períodos de Dezembro de 2011 e Março De 2012.



Fonte: Dados obtidos em campo. Org: Santos, 2013.

Figura 27 – Concentração de sedimentos em suspensão nos Rios Aguapeí e Peixe, nos períodos de Junho de 2012 e Dezembro de 2012.



Fonte: Dados obtidos em campo. Org: Santos, 2013.

A análise dos gráficos permite afirmar que, no caso dos rios Aguapeí e Peixe, com o aumento da vazão a concentração de sedimentos diminui, exceto pelo Rio Aguapeí no mês de dezembro de 2011. Assim, observa-se que nesses períodos de amostragem a mobilização e o aporte de sedimentos não estão relacionados diretamente com a vazão.

Verifica-se no alto curso do Rio do Peixe no mês de dezembro de 2012 alta concentração de sedimentos em relação ao médio e baixo curso. Por predominarem as atividades agropecuárias em ambas as bacias, configurando o uso da terra principalmente por pastagens, as áreas altas das bacias podem receber grande carga de materiais no período de chuvas por escoamento.

No período de dezembro de 2011, considerando como pré águas altas, em ambos os rios as seções no baixo curso apresentaram maior concentração de sedimentos em relação à seção a médio curso. Tais seções apresentam meandros à montante dos pontos de amostragem, o que pode implicar em um aumento da produção de sedimentos na área em decorrência da erosão das margens e o aumento da vazão. Nota-se a mesma dinâmica no Rio Aguapeí no período de dezembro de 2012.

4.3. Morfologia das seções transversais

Para a análise da morfologia das seções, construiu-se um perfil batimétrico (figura 28) a partir dos dados de largura e profundidade levantados durante os trabalhos de campo. A tabela 6 sistematiza as variáveis de geometria hidráulica obtidas, compreendendo as medidas de largura total, profundidade média, velocidade média e a vazão das seções transversais consideradas neste estudo.

Tabela 6 – Dados de geometria hidráulica dos Rios Aguapeí e Peixe, por seção e período de amostragem.

Período	Seção	Largura Total (m)	Profundidade Média (m)	Velocidade Média (m/s)	Vazão (m ³ /s)
DEZ	S1 - Alto Curso do Peixe	23	0,325	0,48	3,66
	S4 - Médio Curso do Peixe	28,7	1,65	0,64	24,31
	S5 - Baixo Curso do Peixe	63	0,79	0,85	47,63
	S2 - Alto Curso do Aguapeí	23	0,58	0,16	2,29
	S3 - Médio Curso do Aguapeí	48,2	1,23	0,85	45,02
	S6 - Baixo Curso do Aguapeí	61,5	1,57	0,81	85,30
MAR	S1 - Alto Curso do Peixe	22,2	0,17	0,61	2,29
	S4 - Médio Curso do Peixe	24,85	1,37	0,56	16,73
	S5 - Baixo Curso do Peixe	73,4	0,77	0,90	47,81
	S2 - Alto Curso do Aguapeí	22	0,43	0,44	4,12
	S3 - Médio Curso do Aguapeí	44,6	1,15	0,70	32,45
	S6 - Baixo Curso do Aguapeí	52,2	1,98	0,74	61,69
JUN	S1 - Alto Curso do Peixe	21,6	0,26	1,01	5,47
	S4 - Médio Curso do Peixe	29,45	1,84	0,87	35,72
	S5 - Baixo Curso do Peixe	77	1,44	0,93	92,85
	S2 - Alto Curso do Aguapeí	20	1,2	0,57	10,69
	S3 - Médio Curso do Aguapeí	44,6	3,02	0,93	114,61
	S6 - Baixo Curso do Aguapeí	69,35	2,74	0,88	162,89
DEZ	S1 - Alto Curso do Peixe	23	0,65	0,74	10,55
	S4 - Médio Curso do Peixe	25,85	0,54	1,01	28,73
	S5 - Baixo Curso do Peixe	70,2	0,64	0,91	41,18
	S2 - Alto Curso do Aguapeí	21,95	0,53	0,40	3,39
	S3 - Médio Curso do Aguapeí	45	3,53	0,73	26,78
	S6 - Baixo Curso do Aguapeí	58,1	0,92	0,71	46,21

Fonte: Dados obtidos em campo. **Org:** Santos, 2013.

Conforme apresentado na tabela 6, observa-se que a geometria hidráulica de ambos os rios variaram conforme o período de coleta dos dados. No alto curso dos rios Aguapeí e Peixe, verifica-se que a largura das seções transversais diminuíram nos meses de março e junho, período considerado como pós águas altas. A velocidade média, por sua vez, aumentou durante esse período.

No caso do Rio do Peixe, a profundidade também diminui nos meses de março e junho. Já no Rio Aguapeí, o mês de junho apresentou a maior profundidade média mensurada na seção do alto curso.

No médio curso do Rio do Peixe houve um aumento na largura e profundidade no mês de junho. No caso do Rio Aguapeí o aumento das variáveis foi registrado em dezembro de 2012, período considerado como pré águas altas.

No baixo curso do Rio do Peixe a largura e a velocidade média aumentaram nos meses de março e junho, registrando-se maior profundidade média no mês de junho. No Rio Aguapeí registraram-se no mês de junho o aumento da largura, profundidade média e velocidade média na seção.

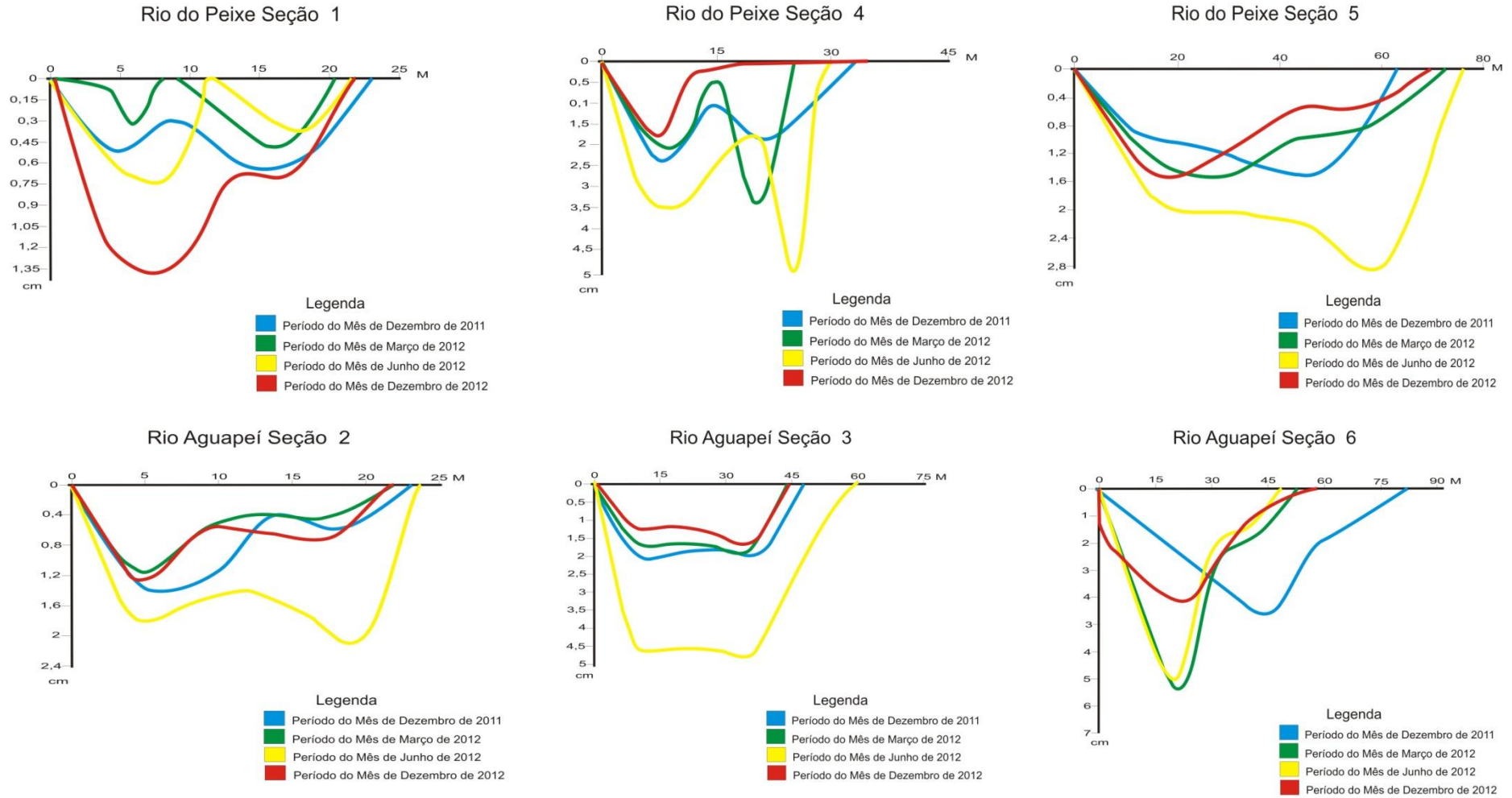
Os perfis batimétricos (figura 28) demonstram a variação espacial da morfologia das seções, no sentido montante-jusante. Tal como é descrito na literatura, nos cursos d'água

ocorre um aumento da relação largura-profundidade à jusante, o que, por sua vez, implica na diminuição da competência do rio (BIGARELLA & SUGUIO, 1979).

Observa-se que as seções à montante apresentam maior variabilidade na distribuição da carga sedimentar de leito, geralmente apresentando como ponto mais fundo uma de suas margens. A seção localizado no médio curso do Rio do Peixe apresenta poucas variações em sua morfologia, com exceção do mês de dezembro de 2012. Cabe destacar a presença da barragem à montante da seção, o que implica na redução de material de fundo na área, havendo desta maneira pouca variação nos dados de profundidade.

Sazonalmente, o Rio do Peixe apresentou uma mudança significativa no período de junho de 2012, na seção do baixo curso em comparação aos outros períodos. Já a seção do baixo curso do Rio Aguapeí apresentou gradativamente mudanças em sua morfologia.

Figura 28 – Perfis Batimétricos das seções transversais amostradas nos rios Aguapeí e do Peixe.



Fonte: Dados obtidos em campo. Org: Godoy e Santos, 2013.

Para auxiliar a análise morfológica dos canais, foi utilizada a equação proposta por Leopold e Maddock (1953), relacionando a largura, profundidade e velocidade média com a vazão nas seções transversais.

Em análises aos expoentes b, f, m^3 (Figura 29), nota-se que no Rio do Peixe o aumento da vazão está relacionado ao aumento da profundidade média do canal e da velocidade média. No caso do Rio Aguapeí, o ajuste da profundidade média deu-se de maneira mais significativa que das outras variáveis.

Desta maneira, observa-se que no Rio do Peixe o processo de transporte de sedimentos é mais significativo que o processo erosão e deposição, ou seja, o canal tende a transportar mais do que erodir ou depositar os sedimentos em seu leito. O Rio Aguapeí, da mesma maneira, apresenta tendência ao transporte de sedimentos.

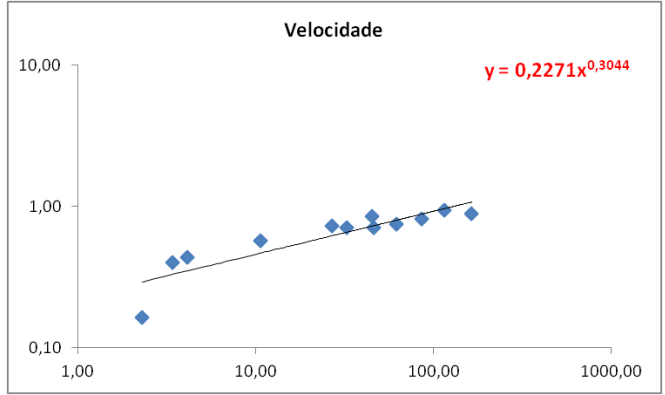
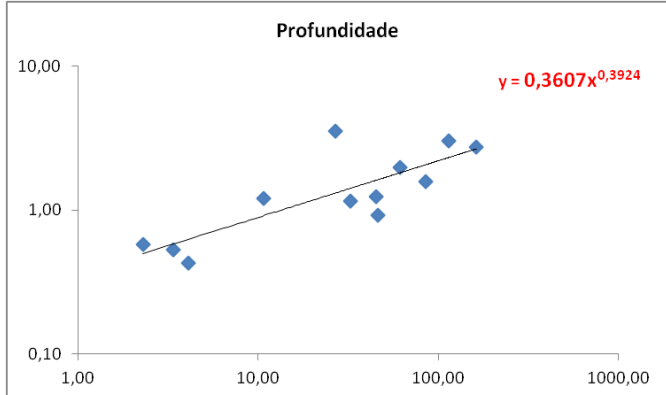
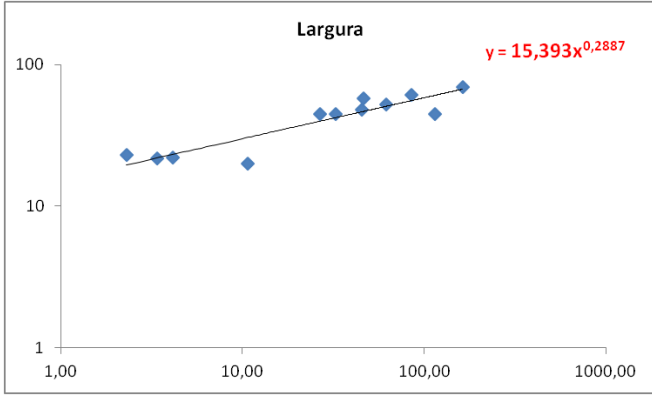
Essa tendência pode ser considerada de maneira positiva do ponto de vista ambiental, uma vez que rios com alta capacidade de transporte apresentam menor risco de assoreamento em seus canais.

³ Se a largura, a profundidade e a velocidade forem plotadas contra a vazão em escala logarítmica as relações resultantes serão expressas por linhas retas, o que matematicamente facilita a interpretação. Por isso, os expoentes b, f, m representam a inclinação de suas respectivas retas de ajuste (GRISON & KOBAYAMA, 2011).

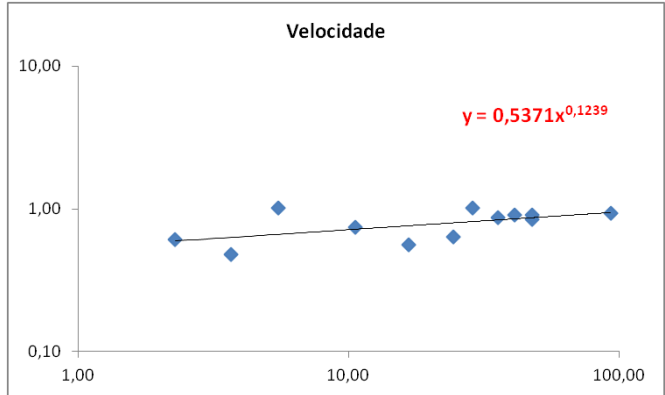
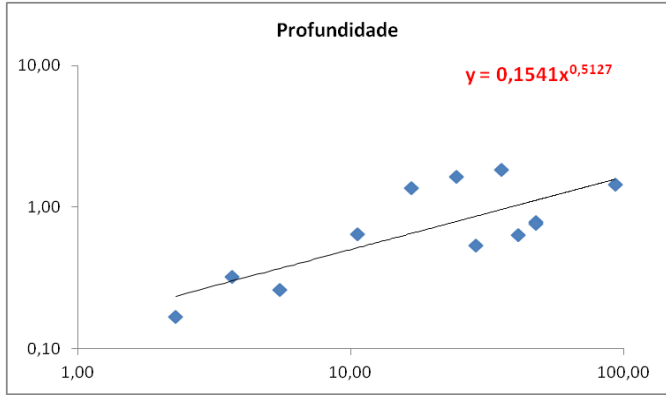
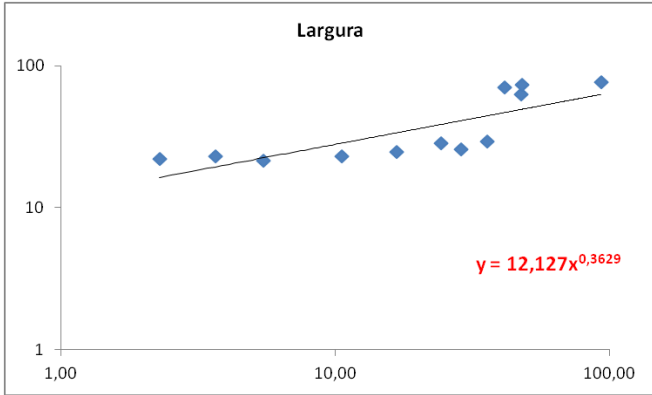
Figura 29 – Expoentes *b*, *f*, *m* dos Rios Aguapeí e Peixe no período de Dezembro de 2011 a Dezembro de 2012.

A: Expoentes do Rio do Peixe; **B:** Expoentes do Rio Aguapeí.

A



B



Fonte: Dados obtidos em campo. **Org:** Santos, 2013.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observa-se nos rios Aguapeí e Peixe a predominância das classes granulométricas de areia média e areia fina nas seções e períodos amostrados, o que pode ser associado aos solos da região de estudo, que por ter origem de rochas areníticas apresentam em sua composição principalmente areia, além do risco natural à erosão.

Em geral, notou-se pouca variação na distribuição dos materiais ao longo do perfil longitudinal dos rios. Verifica-se também a tendência ao afinamento do calibre dos sedimentos em direção à jusante, conforme menciona a literatura. Com relação às seções transversais, observou-se que no alto curso houve variação das classes granulométricas durante os períodos de amostragem, enquanto as seções no baixo curso apresentaram um padrão uniforme de distribuição.

Assim, foi possível verificar espacialmente nos rios a variação da morfologia das seções no sentido montante-jusante, apresentando em geral um ajuste da profundidade em relação à vazão. Desta maneira, considera-se que ambos os rios apresentam tendência ao transporte de sedimentos.

A análise comparativa entre a velocidade do fluxo e a frequência granulométrica dos sedimentos permite afirmar que conforme a velocidade aumenta maior é a variação na distribuição de classes granulométricas.

Com relação à concentração de sedimentos em suspensão, nota-se que o Rio do Peixe apresenta maior concentração de sedimentos em relação ao Rio Aguapeí, evidenciado principalmente nas seções no alto e médio curso do rio. Observou-se uma diminuição na concentração de sedimentos em suspensão de montante para jusante no rio do Peixe, contudo não se observou uma nítida variação na concentração no mesmo sentido para o rio Aguapeí.

Diante dos resultados obtidos, foi possível compreender a dinâmica fluvial dos Rios Aguapeí e Peixe, a partir da hidrossedimentologia, no que se refere aos processos geomorfológicos atuantes nos canais (erosão, transporte e deposição) e a influência destes na construção morfológica das seções e suas mudanças, podendo estas transformações serem resultantes da sazonalidade (regime hidrológico/climático), de fatores externos ao canal ou das próprias características do sistema fluvial.

Nesse sentido, o presente trabalho constitui-se como um subsídio para futuras pesquisas ou projetos que possam ser desenvolvidos na área, ligadas ao manejo e gerenciamento das Bacias Hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe, sobretudo no tocante à

fauna e flora aquática desses rios, visando assegurar também qualidade dos corpos hídricos com vistas ao abastecimento público.

BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, J. J. de. **Uso do solo e impactos físicos-ambientais na paisagem agrícola do córrego do Cedro, na bacia do Santo Anastácio – SP.** 1996. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

BIGARELLA, J. J; SUGUIO, K. **Ambiente fluvial.** Curitiba, Editora Universidade Federal do Paraná e Associação de Defesa e Educação Ambiental, 1979. 172 p.

BOIN, M. N. **Chuvas e erosões no Oeste Paulista:** uma análise climatológica aplicada. 2000. 264 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. da. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: VITTE, A. C.; Guerra, A. J. T. **Reflexões Sobre a Geografia Física no Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p. 153-192.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia Prática.** Rio de Janeiro: Interciência, 2008, 599p.

COMITE DE BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS AGUAPEÍ E PEIXE. **Relatório Zero.** Disponível em: <<http://cbhap.org/publicacoes/relatorio-zero.html>>. Acesso em: 27. AGO. 2012.

COMITE DE BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS AGUAPEÍ E PEIXE. **Relatório da Situação das Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe.** Disponível em: <http://www.comiteap.sp.gov.br/file/Relatorio_Situacao_2011-CBH_AP.zip>. Acesso em: 27. AGO. 2012.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial.** São Paulo: Edgard Blucher, 1981. 296 p.

CUNHA, S. B. da. Geomorfologia fluvial. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, B da. **Geomorfologia:** uma atualização de bases e conceitos. 4. ed., Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. 211-252 p.

DIAS, J. A. **A Análise Sedimentar e o Conhecimento dos Sistemas Marinhos.** Disponível em: <http://w3.ualg.pt/%7Ej dias/JAD/eb_Sediment.html> Acesso em: 10. DEZ. 2013.

DIAS-OLIVEIRA, E. **Geometria Hidráulica:** algumas considerações teóricas e práticas. Sociedade e Território, v. 24, p. 166-184, 2012.

DREW, D. **Processos Interativos Homem-Meio Ambiente.** São Paulo: DIFEL, 1986. 198 p.

DURLO, M. A; SUTILI, F. J. **Bioengenharia:** manejo biotécnico de cursos de água. Porto Alegre: EST edições, 2005. 189 p.

FRANCISCO, F. C. de. **Análise ambiental e consequências do desmatamento no município de Presidente Prudente no período de 1917 a 1986**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Geografia do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1989.

GARDE, R. J. **River Morphology**. New Delhi: New Age International (P) Ltd, Publishers, 2006. 479 p.

GONÇALVES, F. **Interações entre o ambiente físico, uso e cobertura da terra e as características físicas e químicas no canal fluvial: a bacia hidrográfica do Rio Santo Anastácio, Oeste Paulista**. 140 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2011.

GOLTERMAN, I. L.; SLY, P. G.; THOMAS, R. L. **Study of the relationship between water quality and sediment transport**. Paris: UNESCO, 1983. 231 p.

GRISON, F.; KOBAYAMA, M. Geometria **Hidráulica em Bacias Hidrográficas Paranaenses**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 16, p. 111-131, 2011.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. **Mapa geológico do Estado de São Paulo**. Escala 1:500.000. Publicação IPT no. 1.184. São Paulo, 1981a. 2v.

NASCIMENTO, W M do; VILLAÇA, M. G. **Bacias Hidrográficas: planejamento e gerenciamento**. Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seção Três Lagoas, v. 1 N 7, p. 102-120, 2008.

NOVO, E. M. L. de M. Ambientes Fluviais. In: FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008, 219-246 p.

NUNES, A. B. **Inventário do Patrimônio Industrial: a estação ferroviária de Presidente Epitácio**. 2009. TCC (Graduação em Turismo) – Campus Experimental de Rosana, Universidade Estadual Paulista, Rosana.

OLIVEIRA, A. M. S.; BRANNSTROM, C. Fundamentos da história ambiental do Planalto Ocidental do Estado de São Paulo. In: **Anais Eletrônicos II Encontro Estadual de História ANPUH-BA**. Feira de Santana, 2004.

POLETO, C. **Fontes potenciais e qualidade dos sedimentos fluviais em suspensão em ambiente urbano**. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

ROCHA, P. C. **Dinâmica Dos Canais No Sistema Rio-Planície Fluvial Do Alto Rio Paraná, Nas Proximidades De Porto Rico-PR**. Tese (Doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) - Universidade Estadual de Maringá, UEM, Paraná, 2002.

ROCHA, P. C. Variação espaço-temporal dos sedimentos do leito em canais da planície fluvial do Alto Rio Paraná, Centro-Sul do Brasil. In: **VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2010, Recife**. Anais do VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2010.

ROSS, J. L. S. Geomorfologia Ambiental. In: Antonio Teixeira Guerra; Sandra B. da Cunha. (Org.). **Geomorfologia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand, 1998, p. 351-387.

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

SISTEMA INTEGRADO DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS. **Relatório da Situação das Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe**. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/basecon/relatoriosituacao2009/2_aguapeipeixe.pdf>. Acesso em: 15. ABRIL. 2012.

SOUSA, A. A. **A Formação Histórica Do Oeste Paulista**: Alguns Apontamentos Sobre A Introdução Da Imigração Japonesa. Geografia em Atos, v.8, p. 1-10, 2008.

SALLUN, A. E. M.; SUGUIO, K.; SOBRINHO, J. M. A. 2008. Sedimentologia da Aloformação Paranavaí, Bacia Hidrográfica do Alto Rio Paraná (SP, PR, MS). In: **SBG, Cong. Bras. Geol.**, 44, Anais, p. 969.

SILVA, A. M.; SHULTZ, H. E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas**. São Carlos: RiMa, 2004.

SUDO, H. **Bacia do Alto Santo Anastácio**: estudo geomorfológico. São Paulo, 1980. 235p. Tese (Doutorado em Geografia Física com ênfase em Geomorfologia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SUGUIO, K. **Introdução a sedimentologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1973.

Sites consultados:

<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 25.OUT.2013.