

ANDRÉ APARECIDO MALAVAZZI

INFLUÊNCIA DA CONSTRUÇÃO DA USINA HIDROELÉTRICA DE PORTO
PRIMAVERA NA EVOLUÇÃO DE CANAIS DE PRIMEIRA ORDEM DA REDE DE
DRENAGEM DO RIBEIRÃO DAS ANHUMAS – UGRHI PONTAL DO
PARANAPANEMA

Dissertação apresentada ao Instituto de
Geociências e Ciências Exatas Campus de
Rio Claro, da Universidade Estadual
Paulista como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Archimedes Perez
Filho.

Rio Claro – SP
2012

**Dedico este trabalho aos meus pais,
Marinda Bernardes da Silva Malavazzi e
Sebastião Natal Malavazzi (em memória).**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela vida de cada dia. Dividimos e acabamos vivendo nossa vida por etapas, mas em cada uma das etapas as coisas se misturam, permanecem e se perdem. Tem algumas coisas que são mais que permanentes e que fazem parte de nós no nível mais íntimo, falo aqui das relações de sangue. Nesse sentido meu primeiro agradecimento é para meus pais. Para minha mãe Marina (como ela gosta de ser chamada) que, com seu imenso altruísmo, desfez-se de seus sonhos e viveu para sua família e filhos. A ela sou grato por tudo que sou hoje, por tudo que hoje vivo. Agradeço a meu pai Sebastião (em memória) que a seu modo se manteve presente e deu apoio nos momentos em que necessitei, amando e cuidando para que eu me tornasse uma boa pessoa. Agradeço Letícia Sato (e família) pelo amor, paciência e compreensão, e que esteve ao meu lado durante todo esse trajeto do mestrado dando força e apoio. Agradeço agora meu orientador e amigo professor Archimedes que acreditou em meu potencial e deu um voto de confiança para que eu pudesse desenvolver este trabalho. Agradecimentos aos demais professores que foram fundamentais no processo de elaboração e finalização desta etapa: profa. Regina e profa. Cenira. Um agradecimento especial para o Salvador, pesquisador da Unicamp e amigo que me ajudou em diversas oportunidades durante a pesquisa. Agradeço a Tânia, Samuel e demais funcionários do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) que deram grande suporte e apoio ao meu trabalho. Agradeço a Vera e Maíca por partilharem vários momentos no decorrer da pesquisa, e agradecimentos aos demais funcionários da Unesp de Rio Claro que, sem eles, trabalho algum seria possível. Agradeço aos companheiros de graduação, pós-graduação e porque não dizer companheiros da vida (Tiago, Rafael-Araraquara, Kleber, Silas, Leandro, Diego, Cristiano, Renata e muitos outros que, apesar de não serem citados aqui, saibam que nesse momento lembrei-me de muitos, porém a lista seria demasiadamente longa) que estiveram presentes, tanto nos momentos de descontração, quanto nos momentos de tensão, partilhando de sentimentos diversos. Meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que, direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta pesquisa. Por fim, agradeço ao apoio financeiro concedido pela FAPESP que foi de extrema importância para a conclusão deste trabalho.

RESUMO

INFLUÊNCIA DA CONSTRUÇÃO DA USINA HIDROELÉTRICA DE PORTO PRIMAVERA NA EVOLUÇÃO DE CANAIS DE PRIMEIRA ORDEM DA REDE DE DRENAGEM DO RIBEIRÃO DAS ANHUMAS – UGRHI PONTAL DO PARANAPANEMA

A construção de Usinas Hidroelétricas de grande porte, ao represarem o canal de um rio principal formando um lago artificial de grandes proporções, promovem significativas alterações nas dinâmicas dos sistemas naturais e sistemas sociais. Do ponto de vista dos processos naturais ligados as dinâmicas fluviais há um reajustamento de todo o sistema de drenagem conectado a este canal represado, além também de ocorrer intensificação dos processos de erosão superficial. Nesse sentido, a presente pesquisa teve como foco avaliar as alterações dos canais de primeira ordem da rede de drenagem e intensificação dos processos de erosão superficial no contexto da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Anhumas, localizada no Pontal do Paranapanema. Utilizou-se, enquanto método de pesquisa, a análise sistêmica em geografia, com destaque para a perspectiva geossistêmica. Para tanto, realizou-se um estudo comparativo com base em dois índices morfométricos da rede de drenagem, Densidade de Drenagem (Dd) e Densidade Hidrográfica (Dh) para dois cenários: 1962, anterior à construção da usina e 2010, posterior. Cabe destacar que esses índices foram gerados tendo como foco os canais de primeira ordem, por meio da utilização de amostras circulares de 10 km² distribuídas por toda extensão da bacia, abarcando o maior número possível desses canais, totalizando quarenta amostras circulares. Foram realizadas também caracterização e descrições com relação à pedologia, textura do solo, geologia, pluviometria e processo de uso e ocupação das terras para a bacia. A partir da análise integrada dos dados foi possível verificar que após a construção da Usina Hidroelétrica de Porto Primavera houve um significativo aumento do número de canais de primeira ordem e que os índices de Dd e Dh também aumentaram em quase todas as amostras circulares. Também se evidenciou consequente desequilíbrio dos processos erosivos superficiais, apresentando aumento no contexto de um número menor de amostras e diminuição para a grande maioria.

Palavras-Chaves: Análise Sistêmica. Bacia Hidrográfica. Rede de Drenagem. Densidade de Drenagem. Densidade Hidrográfica.

ABSTRACT

INFLUENCE OF THE CONSTRUCTION OF A HYDROELECTRIC PLANT CALLED PORTO PRIMAVERA ON EVALUATING THE CHANGES OF THE FIRST-ORDER CHANNELS IN THE DRAINAGE INTO THE RIBEIRÃO DAS ANHUMAS BASIN – UGRHI PONTAL DO PARANAPANEMA

The construction of large hydropower plants, which blocks the main channel of a river and creates an artificial lake of great proportions, promote significant changes in the dynamics of natural and social systems. From the viewpoint of natural processes, this kind of change results in an adjustment of the whole system connected to this channel and causes increases of the level of surface's erosion. In this sense, this research focused on evaluating the changes of the first-order channels in the drainage network, and on the intensification of the erosions processes of surface into the Ribeirão das Anhumas basin, located in Pontal do Paranapanema. The systemic analysis in geography, especially the prospect geo-systemic, was adopted as the research method. For both, we performed a comparative study based on two indexes morphometrics, namely Drainage Density (Dd) and Hydrographic Density (Dh) for two scenarios: 1962, prior to construction of the plant and for 2010, after of that. These rates were applied to first orders channels, by using circular samples of 10 km² of area. These samples were distributed throughout the basin, covering the largest possible number of channels, totaling forty circular samples. Were also analyzed and described other characteristics related to the soil, geology, rainfall and use and occupation of land. Results showed that the construction of the Porto Primavera hydroelectric plant caused a significant increase of the number of the first order channels and of the Dd and Dh indexes in almost all samples considered. It also showed an increased of the erosion of the surface in a smaller number of samples and a decreased in the majority of them, thus representing an imbalance of surface's erosion.

Keywords: Systemic Analysis. Watershed. Drainage Network. Drainage Density. Hydrographic Density.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica	28
Figura 2 - Litologia da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Anhumas	54
Figura 3 - Diagrama de Repartição de Classes Generalizadas de Textura	58
Figura 4 - Mapa Pedológico	62
Figura 5 - Mapa de Declividade	66
Figura 6 - Mapa Hipsométrico da BHRA	68
Figura 7 - Mapa de Distribuição das Amostras Circulares e Hierarquia da Rede de Drenagem na BHA	71
Figura 8 - Mapa de Localização da BHRA e Municípios na UGRHI 22	73
Figura 9 – Total das Precipitações Anuais e das Médias Mensais – Estação Mirante do Paranapanema	76
Figura 10 - Localização da BHRA em relação à Usina Hidroelétrica de porto Primavera	81
Figura 11 - Recorte BHRA da imagem ALOS	84
Figura 12 - Recorte BHRA das Fotografias Aéreas	85
Figura 13 - Restituição da Rede de Drenagem da BHRA - 1962	89
Figura 14 - Restituição da Rede de Drenagem da BHRA - 2010	91
Figura 15 - Mapa Hipsométrico das Amostras Circulares da BHRA - 1962 ..	94
Figura 16 - Mapa Hipsométrico das Amostras Circulares da BHRA - 2010 ..	95
Figura 17 - Mapa de Declividade nas Amostras Circulares da BHRA - 1962	97
Figura 18 - Mapa de Declividade nas Amostras Circulares da BHRA - 2010	98
Figura 19 - Mapa Pedológico nas Amostras Circulares da BHRA - 1962.....	100
Figura 20 - Mapa Pedológico nas Amostras Circulares da BHRA - 2010.....	101
Figura 21 - Gráfico dos Processos Erosivos para a BHRA	104
Figura 22 - Mapa de Uso e Ocupação da Terra nas Amostras Circulares da BHRA - 1962	105
Figura 23 - Mapa de Uso e Ocupação da Terra nas Amostras Circulares da BHRA - 2010	106
Figura 24 - Gráfico de Número de Canais de Primeira Ordem (N1): 1962 e 2010.....	110
Figura 25 - Gráfico da Variação da Densidade Hidrográfica (Dh): 1962 e 2010	110

Figura 26 - Gráfico da Variação da Densidade de Drenagem (Dd): 1962 e 2010.....	110
Figura 27 - Processos Erosivos por Amostras nos dois Cenários: 1962 e 2010	114
Figura 28 - Mapa Pedológico com Rede de Drenagem 2010	116
Figura 29 - Mapa de Uso e Ocupação da Terra - 2010	118

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Folhas Topográficas Utilizadas.....	30
Quadro 2 - Classes Hipsométricas	36
Quadro 3 - Características das Classes de Declividade Adotadas	36
Quadro 4 - Sistema de Classificação de Uso e Ocupação	40
Quadro 5 – Coordenadas do Ponto Central das Amostras Circulares.....	42
Quadro 6 - Ficha de Coleta de Solos Utilizada em Trabalho de Campo.....	45
Quadro 7 – Coluna Litoestratigráfica do Grupo Bauru	51
Quadro 8 – Tipos de Solos da BHRA e Intensidade de Ocorrência	56
Quadro 9 – Caracterização dos Argissolos Vermelhos – PV4.....	57
Quadro 10- Caracterização dos Argissolos Vermelho-Amarelos – PV4.....	59
Quadro 11 – Caracterização dos Latossolos Vermelhos – LV45.....	60
Quadro 12 - Caracterização dos Argissolos Vermelho-Amarelos – PVA10...	60
Quadro 13- Caracterização dos Argissolos Vermelho-Amarelos – PVA5.....	61
Quadro 14 - Classes de Relevo em Função da Declividade	65
Quadro 15 - Área da BHA por Cota Altimétrica.....	69
Quadro 16 - Vegetação nos Municípios da BHRA	78
Quadro 17 - Análise Morfométrica das Amostras Circulares	90
Quadro 18 - Análise Morfométrica das Amostras Circulares	92
Quadro 19 - Quadro de Atributos Físicos - PVA2	102
Quadro 20 - Uso e Ocupação da Terra na BHRA: 1962 e 2010	107

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Tabela Síntese das Alterações no Interior das Amostras	112
---	-----

LISTA DE SIGLAS

BHRA – Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Anhumas

CBH – Comitê de Bacia Hidrográfica

Dd – Densidade de Drenagem

Dh – Densidade Hidrográfica

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas

PP – Pontal do Paranapanema

SRTM – Shuttle Radar Topography Mission

UGRHI – Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS.....	15
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
4	MATERIAIS E MÉTODOS	27
4.1	Localização da Área de Estudo.....	27
4.2	Procedimentos Operacionais	30
5	RESULTADOS	49
5.1	Caracterização da Área de Estudo	49
5.2	Análise dos Resultados.....	83
5.2.1	Alterações da Rede de Drenagem e Dinâmicas do Uso e Ocupação da Terra na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Anhumas.....	88
5.2.2	Análise Integrada dos Dados com base nas Amostras Circulares ..	109
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	120
	REFERÊNCIAS	124
	APÊNDICE A – QUADROS COMPARATIVOS DAS AMOSTRAS CIRCULARES	129

1 INTRODUÇÃO

Compreender a lógica e processos que mobilizam as forças transformadoras das organizações espaciais não é tarefa das mais fáceis, porém, o geógrafo dispõe de métodos e ferramentas conceituais que o habilitam a investigar e, muitas vezes, desvendar as ordens e relações por trás da aparente organização que se observa em um dado sistema ambiental.

Por vezes, em paisagens aparentemente “estáveis”, observam-se forças agindo e transformando o lugar, e tais forças podem ter sido mobilizadas por intervenções em locais fisicamente distantes. Uma bacia hidrográfica, por exemplo, pode ser compreendida enquanto um sistema aberto, porém, não isolado. O sistema bacia hidrográfica está conectado a outras bacias e, neste universo hierarquicamente maior, a energia que mobiliza os processos no interior de uma bacia hidrográfica é função das demais bacias localizadas ao redor, e também dos demais elementos que compõem o sistema ambiental como um todo.

Um sistema ambiental, como o caso de uma bacia hidrográfica, pode apresentar-se mais ou menos complexo em função da quantidade de elementos que se elege para serem investigados. Em função dos objetivos da investigação é que os elementos serão eleitos e com base nas análises e interpretação das relações entre estes elementos é que se pode chegar a conclusões pré-estabelecidas. Lembrando que concluir não é necessariamente chegar a uma resposta definitiva que encerre o processo investigativo engessando outras possíveis interpretações.

A partir da perspectiva sistêmica, a bacia hidrográfica, tomada como unidade de análise, tem configurado amplo campo de estudo para a Geografia. A compreensão da organização espacial dessa unidade de análise se dá pela análise das relações entre o sistema natural, dinâmicas e elementos da natureza, e o sistema socioeconômico, dinâmicas promovidas pela ação do homem. Com a incorporação do elemento antrópico na análise, a bacia hidrográfica pode ser entendida

enquanto um geossistema, no qual duas forças de escalas temporais (natural e antrópica) diferentes agem promovendo a organização de seu espaço.

O homem vem transformando os sistemas ambientais com grau de intensidade cada vez mais elevado. Obras de grandes proporções são comuns nas paisagens e promovem intensas alterações nas dinâmicas naturais em diversas escalas espaciais, local e regional. Como exemplo, as represas hidroelétricas de grande porte, que, além das obras de engenharia propriamente ditas, imensos lagos artificiais são formados sendo desmatadas grandes áreas, tanto para construção destes lagos, quanto para a instalação das linhas de transmissão da eletricidade produzida até os lugares consumidores desse produto.

Além disso, toda a rede de drenagem é afetada pelas alterações ocorridas nesse canal que foi inundado. Com isso, muitas bacias hidrográficas que fazem parte da rede hidrográfica desse universo maior (bacia hidrográfica do rio Paraná) sofrem algum tipo de influência, principalmente com a elevação do nível de base local a partir da construção do lago artificial.

Uma das alternativas para se compreender a influência da construção desse lago artificial nas demais bacias hidrográficas que fazem parte desse complexo hidrográfico, é realizar um estudo comparando cenários anteriores à construção do lago, com cenários posteriores a essa intervenção.

Dessa forma, o equilíbrio dinâmico das bacias, suas condições e alterações ambientais são investigados na presente pesquisa, a partir da interpretação de imagens orbitais (fotografias aéreas e imagens de satélites) e análise morfométrica da rede de drenagem, utilizando-se dois índices: Densidade Hidrográfica (D_h) e Densidade de Drenagem (D_d) para caracterizar a Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Anhumas (BHRA, afluente do rio Paraná), em dois cenários distintos: 1962 e 2010.

O primeiro cenário (1962) corresponde a uma condição ambiental anterior à formação do lago da Usina Hidrelétrica Engenheiro Sérgio Motta¹ (mais conhecida como Usina de Porto Primavera), e o segundo cenário (2010) corresponde a uma condição ambiental posterior à formação do lago artificial represado.

A proposta foi verificar alterações na morfologia da rede de drenagem a partir da análise dos canais de primeira ordem dessa bacia, comparando dois cenários, tendo como parâmetro principal de alteração a elevação do nível de base local provocado pela construção da Usina Hidrelétrica de Porto Primavera. Também serão considerados nas análises, os processos de uso e ocupação da terra, processos erosivos, pluviometria, vegetação, solo, geologia e relevo da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Anhumas.

Dessa forma, as análises e interpretações das organizações espaciais com base na rede de drenagem, tendo em vista as alterações dos canais de primeira ordem, foram realizadas por meio de amostragem circular com 10 km² de área a partir de análise comparativa dos dois cenários propostos, resultando na produção de mapas temáticos, quadros e gráficos que servirão de base para as discussões. Será também realizada a caracterização geral da bacia por meio do histórico de uso e ocupação da terra.

Nesse sentido, o trabalho foi estruturado em sete capítulos, visando ao **1º Capítulo** introduzir o leitor na temática proposta, enquanto que o **2º Capítulo** é destinado a apresentar o objetivo principal e aqueles secundários do processo investigativo.

Por sua vez, o **3º Capítulo** tem como foco apresentar a fundamentação teórica da pesquisa e arcabouço conceitual que orienta as análises.

O **4º Capítulo** é reservado para apresentar os materiais e metodologias utilizadas durante a investigação e na sequência são apresentados no **5º Capítulo** os resultados da pesquisa, caracterização

¹ Na região do Pontal do Paranapanema, a Usina Hidrelétrica Engenheiro Sérgio Motta é conhecida como Usina Hidrelétrica Porto Primavera. Apesar do primeiro ser o nome oficial da usina, foi o segundo que ganhou popularidade. Isso ocorreu, provavelmente, por causa da localização da obra situada na cidade de Porto Primavera, cidade a qual surge para justamente abrigar os trabalhadores no período da construção da usina.

física e processos de uso e ocupação da área da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Anhumas. Além disso, neste capítulo também são realizadas as correlações, análises e interpretações dos dados obtidos durante o processo investigativo.

O **6º Capítulo** é dedicado às considerações finais sobre a temática proposta, buscando apontar os objetivos alcançados e possibilidades de continuidade da pesquisa. Por fim, a última parte do trabalho é destinada à apresentação da bibliografia utilizada, a qual fundamentou todo processo de pesquisa realizado.

2 OBJETIVOS

Objetivou-se nesta pesquisa analisar a influência da construção da Usina Hidroelétrica de Porto Primavera nas alterações da rede de drenagem da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Anhumas (BHRA), tendo como principal parâmetro os processos de reativação de canais de primeira ordem e identificação dos processos erosivos, a partir da análise comparativa dos cenários de 1962 e 2010.

Para que o objetivo principal fosse alcançado foram traçados alguns objetivos específicos:

- Descrever e analisar o processo de uso e ocupação da terra e sua relação com os processos de erosão superficial;
- Identificar e caracterizar as condições pluviométricas da área em estudo;
- Identificar e caracterizar os solos em termos de textura nas amostras coletadas em campo, com base em análises granulométricas;
- Realizar análise morfométrica da rede de drenagem por meio dos índices de Densidade de Drenagem (Dd) e Densidade Hidrográfica (Dh) a partir das amostras circulares nos canais de primeira ordem.

Tais objetivos foram definidos com base na hipótese inicial da pesquisa: a construção de grandes barragens, ao alterar o nível de base local de um rio principal, promove significativas alterações na dinâmica dos canais fluviais de primeira ordem a montante, e também intensificação dos processos erosivos, resultando em novas formas de organizações físico-espaciais da rede de drenagem (PEREZ FILHO, 2006).

Com isso, buscou-se com esta pesquisa verificar se as metodologias propostas foram eficazes no sentido de se constatar tal hipótese e também atingir aos objetivos apresentados.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As etapas iniciais e de grande importância da pesquisa científica é justamente aquela dedicada à fundamentação das bases teóricas e conceituais do tema pesquisado. Isso é uma das principais diferenciações do conhecimento científico para os demais tipos de conhecimentos, como o popular ou o puramente tecnológico.

Neste capítulo, serão apresentados os conceitos fundamentais que estão no alicerce das discussões e metodologias que orientaram tanto a caracterização do objeto de estudo, quanto a sua análise e compreensão. Dessa forma, inicialmente será abordada a noção do objeto de estudo da geografia, sua perspectiva teórica e os conceitos que lhe dão sustentação.

Na sequência, serão conceituados e explicados termos relacionados ao Uso e Ocupação da Terra, tendo como unidade espacial de análise a Bacia Hidrográfica, dentro da perspectiva da análise temporal, comparando-se cenários temporalmente distintos. Termos como: Bacias Hidrográficas; Rede de Drenagem; Cabeceiras de Drenagem; Erosão e Solo - sendo fundamentais - serão apresentados e esclarecidos.

Enquanto perspectiva metodológica, o presente trabalho toma como objeto de estudo da geografia as organizações espaciais da superfície terrestre por meio da perspectiva geossistêmica, considerando dois subconjuntos básicos: o sistema físico ambiental e o sistema antrópico (CHRISTOFOLETTI, 1979; PEREZ FILHO, 2006; PEREZ FILHO, 2003).

Tal perspectiva teórica parte de bases fundamentais como a abordagem sistêmica, apresentada inicialmente pelo biólogo Ludwing Von Bertalanffy (1968), em sua já consagrada obra “Teoria Geral dos Sistemas”. Nela o autor aponta, com extrema eloquência, que a compreensão de um sistema não se limita a simples soma de suas partes (BERTALANFFY, 2009). Além disso, Bertalanffy também defende a criação de uma nova disciplina com o nome de Teoria Geral dos

Sistemas, dada a multiplicidade de aplicações dessa teoria nas mais diversas áreas do conhecimento.

Segundo ele, a teoria Geral dos Sistemas é uma ciência geral da “totalidade”, e em sua forma elaborada seria uma disciplina lógico-matemática puramente formal em si mesma, mas passível de aplicação nas mais diversas áreas do conhecimento científico (BERTALANFFY, 2009).

Complementar a essa teoria, o autor Edgar Morin, em sua obra “O Método: A Natureza da Natureza”, enfatiza a necessidade de um pensamento sistêmico nas ciências e aponta o conceito de organização e complexidade como conceitos chave para a superação do modelo cartesiano de entendimento do mundo (MORIN, 1977).

Para esse autor e outros (CHRISTOFOLETTI, 1999; BRIGUENTI, 2005), sistema pode ser compreendido enquanto unidade global organizada de inter-relações entre seus elementos componentes, ações e indivíduos, onde sua organização, de modo inter-relacional, conecta elementos ou indivíduos, os quais se tornam também os componentes de um todo, compondo uma complexa entidade integrada, cujos elementos funcionam e se encontram interconectados.

Essa perspectiva teórica de analisar a realidade geográfica enquanto uma realidade sistêmica, na qual a organização e relação entre os elementos componentes se tornam tão importantes quanto o elemento em si mesmo, possibilita um enorme salto e refinamento metodológico nos estudos de Geografia, principalmente aqueles ligados à Geografia Física, pois, insere-se na discussão acerca das organizações espaciais o elemento social, e de certa forma, a dicotomia entre homem e natureza, apesar de não ser totalmente eliminada, é consideravelmente reduzida.

Na década de 1960, Sotchava (1977) apresentou o conceito de Geossistema na tentativa de explicar as formações naturais resultantes da ação da dinâmica dos fluxos de energia e circulação de matéria nos sistemas abertos, e da ação do homem (elemento antrópico) sobre os mesmos, o que resultaria na formação das Paisagens.

Ou seja, com base em Sotchava (1977) compreende-se que há dois sistemas, natural e antrópico, e cada qual possui sua própria dinâmica de ação no espaço e no tempo. Como resultado da interação

desses dois sistemas, é que se dá a formação das Paisagens e, por consequência, a organização espacial (SOTCHAVA, 1977). A perspectiva geossistêmica possibilitou um grande avanço metodológico nos estudos de Geografia Física, principalmente aqueles ligados à Geomorfologia.

Alguns autores (CHRISTOFOLETTI, 1999; MONTEIRO, 2000; TROPPIAIR, 2000), porém, apontam o fato de que o conceito de geossistema foi empregado por vários autores com conteúdo, método, enfoque e escala diferentes. A presente pesquisa toma como base essa concepção apresentada por Sotchava (1977), a qual se entende como a mais apropriada para possibilitar o desenvolvimento deste trabalho.

Outra importante noção que dá sustentabilidade a perspectiva teórica e, por consequência, às reflexões deste projeto, é a de equilíbrio dinâmico.

Segundo essa noção, o modelo terrestre é concebido como um sistema aberto, isto é, um sistema que mantém permanente permuta de matéria e fluxo de energia com os demais sistemas componentes de seu universo o que garante um equilíbrio a partir dessa dinâmica. Aplicando essa concepção de equilíbrio dinâmico às relações dos sistemas de drenagem, se houver alterações no fornecimento de energia, o sistema como um todo reagirá a tais modificações e se desenvolverá até alcançar nova estruturação em outro estado de equilíbrio, diferente do anterior (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Dessa forma, a noção de geossistema, aproximando a abordagem sistêmica à noção de equilíbrio dinâmico, insere a sociedade e o território na análise geomorfológica possibilitando compreender e aproximar duas escalas de tempo diferentes, a escala de tempo natural e a do tempo social. Sotchava definirá geossistemas como sendo sistemas abertos, dinâmicos, flexíveis e hierarquicamente organizados, apresentando estágios de evolução temporal, numa modalidade cada vez mais sob influência antrópica. O elemento básico para classificação é o espaço e tudo que nele contido está em integração funcional (SOTCHAVA, 1962 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1999).

Nesse sentido, Kozma e Bidegain (1984) ressaltam que uma região que possui uma determinada dinâmica em suas relações

ecológicas e sociais, quando submetidas a um evento extremo como a transformação de um rio em um extenso lago artificial, desencadeia uma série de transformações e impactos ambientais sobre os elementos físicos, biológicos e socioeconômicos.

De acordo com Christofolletti (1979), quando um evento influi na entrada (input), de forma a ultrapassar o limiar compatível com a organização de um sistema, mesmo alterando-lhe profundamente, verifica-se que a tendência do mesmo é reajustar-se às novas situações que lhe são impostas. Nesse reajustamento, o sistema pode voltar a um estado semelhante ao precedente, ou atingir um estado estacionário, em novo posicionamento, podendo desenvolver outra dinâmica através de processos que podem ser reversíveis ou irreversíveis.

Dessa forma, com a alteração do nível de base de um rio a partir da formação de um lago artificial, seus afluentes localizados a montante, os quais se configuram enquanto sistemas abertos e conectados dentro de um sistema hierarquicamente maior (CHORLEY, 1971; CHRISTOFOLETTI, 1980), procuraram se reajustar à nova condição ambiental tendendo encontrar um novo estado de equilíbrio dinâmico.

Uma das formas de reajuste que esse sistema aberto encontra para equilibrar-se é alterar as formas e a quantidade de canais de primeira ordem, e também a intensidade com que os mais diversos processos (erosão, por exemplo) se desenvolvem (RODRIGUES, 2006; LEVANTEZA, 2008; SIMON, 2007).

A importância dos estudos sobre processos erosivos e sua relação com as dinâmicas da rede de drenagem de uma bacia hidrográfica são fundamentais para que seja possível analisar e interpretar as alterações nas organizações espaciais da área de estudo e melhor compreender os mecanismos que estão por trás de tais alterações.

Nesse sentido, Rodrigues (2006) afirma que o estudo dos processos erosivos, principalmente aqueles relacionado à circulação da água superficial e subsuperficial, requer escalas apropriadas para sua melhor compreensão. Nesse sentido, as bacias hidrográficas mostram-se como categorias espaciais mais adequadas, pois permitem o intercruzamento dos condicionantes dentro de limites que são

influenciados pela circulação hídrica contida entre os divisores e o canal de drenagem, bem como a relativamente fácil identificação das ocorrências, contribuindo para que seu comportamento hidrológico possa ser mais bem compreendido, quantificado, monitorado e interpretado.

Segundo Christofolletti (1980), a bacia hidrográfica pode ser entendida como um conjunto de canais de escoamento inter-relacionados, definindo, assim, a área drenada por um determinado rio ou sistema fluvial. Caracterizada e estudada enquanto um sistema aberto e complexo, pois recebe influências de outras bacias e de outros elementos do sistema geomorfológico, sofre todas as diretrizes associadas ao equilíbrio dinâmico, sendo facilmente aproximada da noção de geossistema. (CHRISTOFOLETTI, 1980)

Dessa forma, compreendendo a grande complexidade inerente aos processos que se desenvolvem em uma bacia hidrográfica devido à complexa inter-relação de seus elementos, é grande a dificuldade de previsão dos impactos sobre tal sistema, sobretudo, quando as análises se debruçam sobre aqueles impactos antrópicos, cujas ações perduram por longo período temporal afetando as mais diversas dinâmicas da natureza, muitas vezes, extrapolando os limites do sistema estudado.

Ross (2003) afirma que, tendo toda causa seu efeito correspondente, todo benefício que o homem extrair da natureza certamente terá seus malefícios. Dessa forma, partindo do princípio de que toda ação antrópica no sistema natural causa algum impacto nos mais diferentes níveis, o que gera alterações com graus diversos de agressão, muitas vezes levando ao estabelecimento de uma nova condição ambiental e/ou surgimento de processos irreversíveis (ROSS, 2003).

Compreender as alterações em uma Bacia Hidrográfica requer entender os principais elementos que compõem os sistemas, natural e antrópico, como: Forma; Geologia; Solo; Relevo; Rede de Drenagem; Clima; Uso e Ocupação da Terra. Além disso, também é necessário compreender as inter-relações entres esses elementos, tendo como objetivo interpretar as alterações ocorridas no interior desse sistema na

tentativa de identificar as gêneses dos novos processos que se estabelecem.

Nesse sentido, a Rede de Drenagem da Bacia Hidrográfica se apresenta como importante elemento indicador das alterações ocorridas no sistema Bacia Hidrográfica. As variáveis mais consistentes para avaliar alterações na rede de drenagem, relacionado à distinção entre unidades de solo, segundo alguns autores são as: Densidade de Drenagem (Dd) e Densidade Hidrográfica (Dh). (FRANÇA, 1968; FADEL, 1972; PEREZ FILHO, 1977; VASQUES FILHO 1972 *apud* FRANÇA, 1979; CHRISTOFOLETTI, 1969 e 1981).

Horton (1945) propôs duas relações para expressar quantitativamente o grau de desenvolvimento da drenagem superficial de uma bacia hidrográfica. Em adição à ordem de rios: a densidade de drenagem (Dd) e a densidade hidrográfica (Dh).

A densidade de drenagem dimensiona o comprimento total de canais por unidade de área, enquanto a densidade hidrográfica expressa a relação entre o número total de canais de drenagem e a área da bacia.

Strahler (1957) considerou a densidade de drenagem como um índice importante da escala linear dos elementos de forma do terreno em uma bacia hidrográfica, uma vez que a divisão do comprimento total de canais pela área produz um número com dimensão do inverso do comprimento. Assim, em geral, ao aumento do valor numérico da densidade de drenagem corresponde, proporcionalmente, a diminuição do tamanho das unidades de drenagem, como por exemplo, das áreas dos canais de primeira ordem.

França (1979) aponta que Ray e Fischer (1960 *apud* FRANÇA, 1979) usaram a área de bacias hidrográficas e a área de amostras circulares de 10 km² para o cálculo de densidade de drenagem em estudo sobre a litologia. Esses autores também concluíram que as amostras circulares fornecem determinações mais consistentes desse índice, para qualquer tipo de rocha, do que as amostras representadas por pequenas bacias (FRANÇA, 1979).

Para Collares (2000), alterações temporais, sejam por mudanças na sua estruturação ou forma, sejam pela perda ou aparecimento de novos canais, fazem da rede de drenagem um geoindicador das

condições ambientais da bacia hidrográfica, uma vez que refletem a ocorrência de processos antrópicos ou naturais recentes, determinando nova dinâmica para o escoamento superficial das águas.

Dessa forma, com o registro e a análise da rede de drenagem da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Anhumas em dois momentos distintos, sendo um anterior à formação do lago da represa de Porto Primavera e outro posterior a tal intervenção, será possível obter-se tais índices e, assim, realizar análise comparativa das modificações ocorridas na rede de drenagem identificando as alterações em tais índices e relacioná-los ao comportamento dos processos erosivos identificados. Além disso, tais índices podem ser relacionados aos demais elementos elencados por esta pesquisa, como por exemplo: solo, relevo, pluviometria, vegetação e uso e ocupação.

De modo mais amplo, compreende-se erosão como desgaste da superfície do solo e/ou rocha, a partir da remoção e transporte de material. Em geral, os processos erosivos apresentam-se como indicativo das transformações de um dado sistema ao longo do tempo (OLIVEIRA *et al.*, 1995).

No presente trabalho é de interesse compreender a erosão do tipo linear, a qual resulta da ação do escoamento superficial de águas pluviais, que ao convergir em pequenas depressões do terreno torna-se escoamento concentrado na forma de micro canais d'água, os quais escorrem pelo terreno com força suficiente para arrastar partículas do solo já soltas e também aquelas ainda não desagregadas (SOUZA, 2001; RODRIGUES, 2006). O processo de erosão linear pode ser dividido em três tipos: sulco, ravina e voçoroca (SOUZA, 2001).

Em geral, sulco e ravina são diferenciados pela profundidade e largura da erosão linear em forma de canal que tem sua origem do escoamento concentrado das águas superficiais, tendo o sulco menor profundidade e menor largura de canal (RODRIGUES, 2006).

Já voçoroca surge do aprofundamento da ravina e interceptação do lençol freático, fazendo com que ocorra aceleração no processo erosivo ocasionando uma maior retirada e transporte de material (solo ou rocha). Este é o estágio mais grave de processo erosivo e o qual provoca grandes perdas de produtividade na atividade agrícola.

Para o caso dos processos erosivos, os estudos clássicos na área de geomorfologia (e áreas afins) apontam que as causas mais prováveis da intensificação de tais processos estão relacionadas com a fragilidade das terras, devido ao uso agrícola irracional das mesmas ou com as alterações nos regimes climáticos (BOIN, 2000).

Entretanto, alguns autores (PEREZ FILHO, 2001; RODRIGUES, 2006; SIMON, 2010; LEVANTEZA, 2008) mostram em suas pesquisas a existência de relações entre a formação de grandes lagos artificiais (devido à construção de reservatórios para fins hidroelétricos) com alterações na rede de drenagem e intensificação de processos erosivos em bacias localizadas a montante dos mesmos.

Segundo Haff (2001 *apud* SIMON, 2010), as ações antrópicas estão diretamente envolvidas nas taxas de denudação das vertentes e de deposição de sedimentos a partir das distintas formas de organização das sociedades. Esse autor aponta ainda que modificações impostas, por obras de engenharia, às características espaciais das formas do relevo, evidenciam alterações das feições geomorfológicas implicando na transformação dos processos que se ajustam à nova estrutura condicionada pelo Homem.

O homem assume nos dias atuais, e de forma mais incisiva, um papel importante enquanto elemento ativo frente às dinâmicas naturais responsáveis pelas organizações espaciais na crosta terrestre, inclusive como agente transformador dos processos geomorfológicos que modelam a superfície de nosso planeta. (NIR, 1983)

Sobre isso, Perez Filho *et al* (2001) afirmam que as variadas formas com que o homem tem interferido na dinâmica natural da Terra fornecem elementos para alguns pesquisadores defenderem o posicionamento de estarmos na vigência de uma situação de ocorrência de processos geomorfológicos com gênese antrópica.

Nesse mesmo sentido, Haff (2001 *apud* SIMON, 2010) indica que o reconhecimento do conjunto de atividades humanas, como agentes geomorfológicos diretos e indiretos, poderiam ser compreendido como foco de análise da Neogeomorfologia, que, neste caso, seria um sinônimo dos termos Geomorfologia Antrópica (NIR, 1983) e Antropogeomorfologia (GOUDIE, 1993).

É inegável a influência que o homem exerce sobre os mais diversos sistemas naturais, no entanto, é complexo precisar a intensidade de tal interferência. No caso da geomorfologia, a partir da abordagem sistêmica, é possível tentar isolar partes do sistema (como, por exemplo, alterações no uso da terra, obras de engenharia, etc...) para tentar medir o grau de influência antrópica sobre um dado processo ou dinâmica geomorfológica.

A região da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Anhumas apresenta processos erosivos que podem ser observados através de imagens orbitais atuais da área. Esses processos, em geral, são problemáticos em diversos aspectos, como, por exemplo, àqueles relacionados ao uso agrícola das terras, pois diminui a capacidade produtiva das mesmas.

Na tentativa de prevenir e evitar que tais problemas ocorram, há várias décadas, segmentos da sociedade têm se preocupado cada vez mais com os impactos ao meio ambiente, bem como discutido e propondo novas formas de intervenção antrópica que sejam menos agressivas à natureza.

Dessa forma, apesar das construções de reservatórios para fins hidrelétricos estarem fundamentadas em Estudos de Impacto Ambiental que, por vezes, objetivam minimizar os impactos ao meio ambiente, grandes transformações, previstas ou não, ocorrem nas dinâmicas locais, já durante os estádios iniciais do enchimento dos mesmos. Em longo prazo, pode ser percebida a influência desses reservatórios em regiões cada vez mais distantes da obra.

Cunha (2001) afirma que há um equilíbrio entre os rios e o seu fluxo, ocorrendo um balanço entre vários fatores, como: sedimentação, erosão e transporte, mantendo certa proporção. No entanto, tal estado pode sofrer alteração a partir da ação humana, por exemplo, a partir da construção de barragens, usinas hidrelétricas ou reservatórios.

Sobre a influência de grandes barragens na dinâmica da rede de drenagem a montante do lago formado, Cunha (2001) afirma que com o aumento do nível de base local é alterado a forma do canal e a capacidade de transporte sólido do rio principal da barragem e tal

efeito estende-se gradualmente ao longo dos perfis dos rios localizados a montante da obra (CUNHA, 2001).

Perez Filho (2001) vai além e, com base na teoria do equilíbrio dinâmico, aponta que a construção de grandes barragens, ao alterar o nível de base local de um rio principal, promove significativas alterações na dinâmica dos canais fluviais de primeira ordem a montante da barragem, o que também promoveria uma intensificação dos processos erosivos, resultando em novas formas de organizações físico-espaciais da rede de drenagem (PEREZ FILHO, 2006).

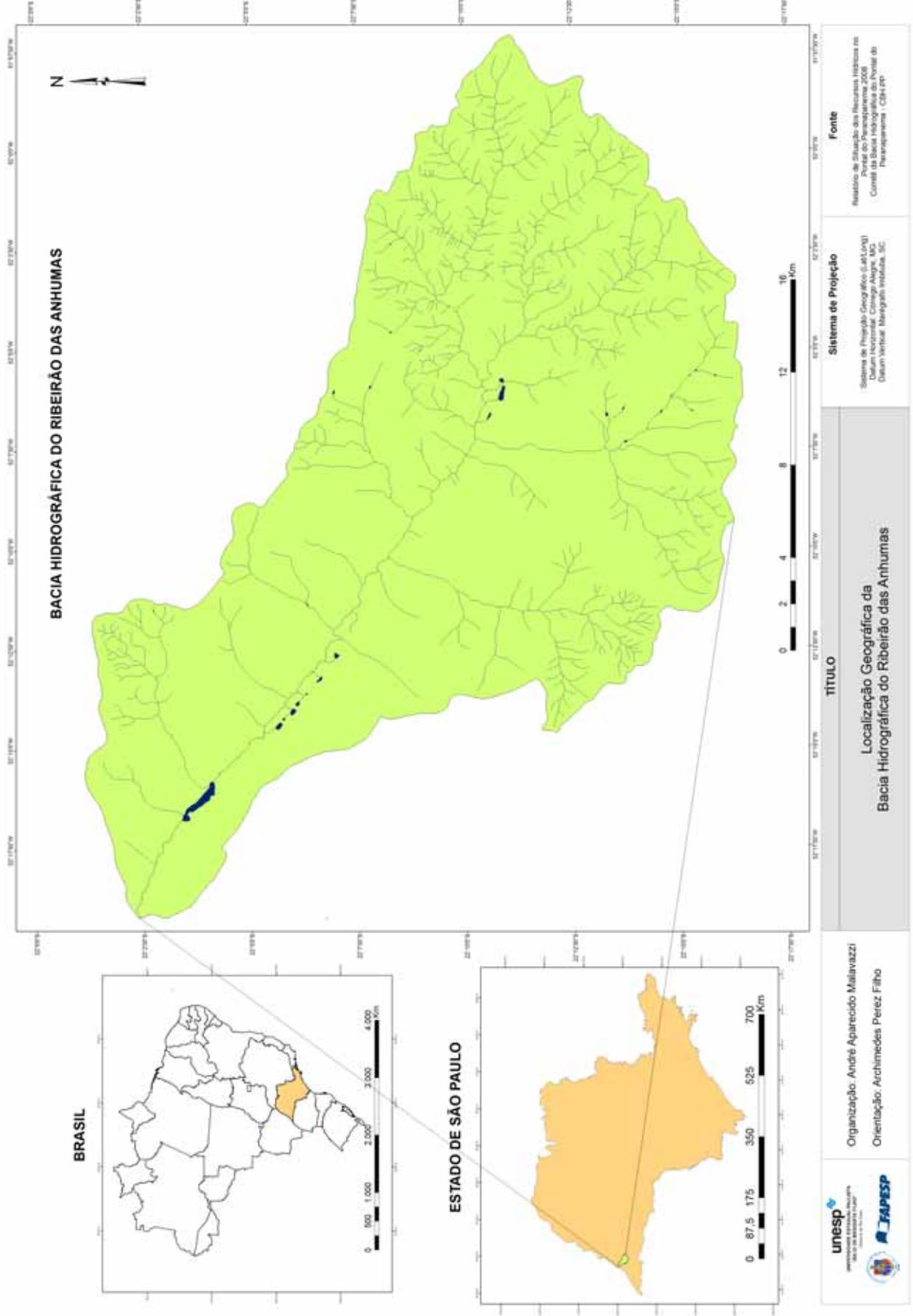
4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Localização da Área de Estudo

A pesquisa tem início já com seu objeto definido *a priori*, ou seja, escolheu-se antecipadamente como recorte espacial para análise a Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Anhumas (BHRA), localizada no extremo oeste do Estado de São Paulo, entre os paralelos $22^{\circ}01'00''\text{S}$ a $22^{\circ}16'30''\text{S}$ e entre os meridianos $51^{\circ}56'30''$ a $52^{\circ}19'30''\text{W}$. Sendo que, a mesma, conta com área total de 525 km².

Sua localização geográfica pode ser observada por meio da figura apresentada na sequência.

Figura 1 - Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica



Como pode ser observado no mapa de localização da área de estudo, a BHRA encontra-se situada na região do extremo Oeste do Estado de São Paulo, região esta também conhecida como Pontal do Paranapanema.

Assim, por apresentar limites bem definidos e constantes dentro da escala de tempo antrópica, a bacia hidrográfica tem sido adotada internacionalmente como unidade de análise para estudos ambientais e de planejamento e gestão de recursos hídricos (RODRIGUES, 2006).

Dessa forma, constituindo-se como unidade física bem caracterizada, alterações ocorridas em sua rede de drenagem refletem as interações existentes entre seus componentes físicos, biológicos e socioeconômicos frente às condições ambientais (CHRISTOFOLETTI, 1980). Alterações na rede de drenagem em um determinado período de tempo decorrem da ação conjunta de diferentes tipos de fatores, tanto fatores de ordem natural, quanto fatores de ordem antrópica.

Alterações no uso do solo, de ordem climática, elevação do nível de base do canal principal acabam influenciando a rede de drenagem de forma direta, por meio de mudanças em sua estrutura, forma e número de canais. Nesse sentido a rede de drenagem constitui-se como importante indicador das alterações ambientais nas bacias hidrográficas e sua análise temporal, principalmente a partir de parâmetros morfométricos, possibilita uma precisa interpretação das variáveis que influenciam tais alterações.

Identificar e compreender as alterações das dinâmicas promovidas pela ação do homem sobre os processos naturais dos sistemas ambientais da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Anhumas exige-se a montagem de um banco de dados de bases diversas, como por exemplo, uma boa base cartográfica e imagens orbitais, os quais possibilitem análises quantitativas, qualitativas e relacionais permitindo verificar alterações relacionadas à interferência antrópica.

Com isso, buscou-se num primeiro momento realizar montagem e organização da base cartográfica e imagens orbitais para construção de dois cenários distintos: Cenário I - 1962, anterior à construção da Usina Hidroelétrica de Porto Primavera e Cenário II - 2010, posterior à conclusão desta obra.

Para cada cenário foram elaborados mapas de Uso e Ocupação e Declividade, além dos mapas que são comuns a ambos os cenários como Mapa Pedológico, Mapa de Declividade e Mapa Hipsométrico.

Além disso, foram obtidos dados como Densidade de Drenagem (**Dd**) e Densidade Hidrográfica (**Dh**) para cada um dos cenários apresentados.

A metodologia de análise comparativa, por meio da construção de dois cenários temporalmente distintos, deu-se tendo como base o recorte espacial de amostras circulares de 10 km² distribuídas pela área da BHRA de forma a contemplar o maior número possível de canais de primeira ordem, sendo as alterações nesses canais o foco principal das análises.

4.2 Procedimentos Operacionais

Base cartográfica

Como base cartográfica foram utilizadas quatro Cartas Topográficas na escala de 1:50.000 (IBGE) para recobrimento de toda a Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Anhumas. Esse material foi adquirido em formato papel no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e posteriormente passou por processo via *scanner* 600 dpi (*Dots per inch*), e foi convertido em formato digital. No quadro a seguir são apresentadas as Folhas utilizadas.

Quadro 1 - Folhas Topográficas Utilizadas

FOLHA TOPOGRÁFICA	DENOMINAÇÃO
SF-22-Y-B-I-1	Ariranha/SP
SF-22-Y-B-I-2	Ribeirão das Anhumas/SP
SF-22-Y-B-II-1	Marabá Paulista/SP
SF-22-Y-B-I-4	Cuiabá Paulista/SP

Fonte: Elaborado por próprio autor

Essa base, além de ter sido utilizada para fins de restituições preliminares da rede de drenagem e curvas de nível, também serviu como referencia espacial no georreferenciamento das demais como, por exemplo, fotografias aéreas, imagens de satélites, mapa geológico e mapa pedológico.

Trabalho de Gabinete

Os trabalhos de gabinete ocuparam grande parte do tempo para a realização desta pesquisa e, por muitas vezes, os processos de digitalização, organização e processamento de algumas imagens demandavam longos períodos de tempo e, por motivos diversos as mesmas acabavam não sendo passíveis de utilização.

A manipulação dos dados em ambiente SIG demonstrou ser bastante eficaz na maioria das vezes e garantiu uma boa precisão e qualidade nos produtos finais.

Optou-se por trabalhar com o programa *ArcGis* 9.3, pois o mesmo possui um ambiente de trabalho mais versátil e intuitivo ao seu usuário. Além deste programa foi utilizado também o programa de edição de imagens *Corel Draw* versão 13 para finalizar detalhes nos mapas.

Geração da Base Digital

A base de dados criada possibilitou a geração de todos os mapas necessários para a construção dos dois cenários. Segue abaixo a lista da base de dados digital processada.

- Área da BHRA (Cartas Topográficas);
- Restituição da rede de drenagem (Cartas Topográficas; Fotografias Aéreas e Imagens de Satélite);
- Curvas de nível (Cartas Topográficas e Dados SRTM);
- Curvas de nível (Dados SRTM);
- Hipsometria (Dados SRTM);
- Declividade (Dados SRTM);

- Pedologia (Mapa Pedológico do Estado de São Paulo);
- Litologia (Mapa Geológico do Estado de São Paulo);
- Amostras circulares de 10 km²;
- Uso e Ocupação da Terra – 1962 e 2010 (Fotografias Aéreas e Imagens de Satélite).

Delimitação da BHRA

As Cartas Topográficas serviram ao primeiro momento da pesquisa no que diz respeito à delimitação da BHRA. Com a digitalização das Cartas (tamanho aproximado do *pixel* 10 m) e inserção dos dados digitais em um ambiente SIG, utilizando-se o *software ArcGis 9.3*, foi possível delimitar os limites da BHRA utilizando-se como parâmetros as curvas de nível das Cartas.

Para tanto as Cartas foram previamente georreferenciadas uma a uma com base no sistema de projeção UTM (*Universal Transverse Mercator*), fuso 22S e *Datum* Córrego Alegre. Para cada Carta foram identificados 10 pontos de controle o que garantiu a precisão do processo. O procedimento seguinte foi à montagem do mosaico possibilitando a visualização dos mesmos lado a lado, sem ser prejudicado pelas bordas da carta.

Após a delimitação dos limites da BHRA, o segundo passo consistiu em restituir em formato vetor a rede de drenagem da Carta, para que, com base nessa rede fosse possível realizar a distribuição das amostras circulares na bacia.

Com a delimitação da bacia foi possível gerar um *shapefile* cuja função foi imprescindível para realizar recortes nas demais bases digitais permitindo a visualização apenas da área de interesse quando necessário.

Imagens do Satélite ALOS

O satélite ALOS é dotado de dois instrumentos ópticos (PRISM – *Panchromatic Remote-Sensing Instrument for Stereo Mapping* e AVNIR-

2 – *Advanced Visible and Near-Infrared Radiometer type 2*) e um radar (PALSAR – *Phased Array L-band synthetic Aperture Radar*).

As imagens que adquiridas para a BHRA foram duas do sensor PRISM e uma do sensor AVNIR no mês de maio de 2010. As imagens do sensor PRISM possuem resolução espacial de 2,5 metros (cada *pixel* tem dimensões laterais de 2,5 m), enquanto que a imagem do sensor AVNIR possui resolução espacial de 10 metros (cada *pixel* tem dimensões laterais de 10,0 m).

As imagens do Satélite ALOS foram adquiridas junto ao IBGE em maio de 2010 e as mesmas foram armazenadas no ambiente SIG e, por processo de fusão entre a imagem do sensor AVNIR com as imagens do sensor PRISM, foi possível gerar uma imagem da BHRA com cor verdadeira e resolução espacial de 2,5 m.

Fotoíndices, Mosaico Ortoretificados e Fotografias Aéreas 1962

Foi adquirido junto ao IAC os Fotoíndices (1962) na escala de 1:100.000 para a visualização geral da área pesquisada e seleção das fotografias aéreas.

Além desse Fotoíndice foram também adquiridos os Mosaicos Ortoretificados (1962) na escala aproximada de 1:30.000 para se trabalhar as primeiras interpretações da BHRA. No total foram oito Mosaicos adquiridos.

Por último foram selecionadas as fotografias aéreas provenientes das coberturas aerofotográfica do Estado de São Paulo de 1962, com escalas aproximadas de 1:25.000. No total foram adquiridas 101 fotografias para o recobrimento de toda a extensão da BHRA.

Tais fotografia foram digitalizadas via *scanner* com 600 dpi (*Dots per inch* – Pontos por Polegada) em escala de cinza e inseridas no ambiente SIG do *ArcGis* e, uma a uma forma todas georreferenciadas tendo como base as Cartas Topográficas (IBGE).

Cabe destacar que no processo de scanerização das fotografias ocorre uma perda de resolução das imagens o que implica e menor qualidade na visualização das mesmas em ambiente digital. Recomenda-se para tal processo de conversão a utilização de *scanners*

fotogramétricos com capacidade de 3600 dpi, gerando um produto digital com potencialidade para mapeamentos na escala de 1:10.000 (PREOSCK, 2006). Com isso, considerando uma escala de 1:100, o tamanho do *pixel* da imagem seria de 0,72 cm. No entanto, por meio do processo de digitalização realizado com capacidade de 600 dpi o tamanho do *pixel* nesta mesma escala (1:100) é de 1,90 cm.

Há significativa perda na qualidade da imagem ao ser utilizado um *scanner* convencional, mas devido a falta de autonomia com relação ao processo de escanerização (pois, o mesmo é feito diretamente pelo IAC) e elevado custo de tal procedimento o escaneamento convencional de 600 dpi foi adotado e o mesmo se mostrou suficiente no que diz respeito aos objetivos da pesquisa.

Dessa forma, a resolução espacial das fotografias agora no formato digital é de aproximadamente 1,90 metros. Uma vez que as imagens ALOS (sensor PRISM) possuem 2,5 m de resolução espacial, essa perda de resolução das fotografias aéreas ao serem escaneadas por *scanner* convencional possibilitou que resolução espacial de duas fontes de dados diferentes tivesse suas características técnicas aproximadas. Ou seja, há uma aproximação em termos técnicos das duas bases de dados o que garante um ganho em qualidade de resultados no que diz respeito às comparações entre os produtos gerados a partir de tais bases. Com isso, obteve-se o recorte da BHRA com base no mosaico montado a partir da união de todas as fotografias aéreas do Levantamento Aerofotografico do Estado de São Paulo ano de 1962.

Mapas de Declividade e Hipsometria

A elaboração de Mapa de Declividade e Mapa Hipsométrico com as curvas de nível da BHRA se processou com base, inicialmente, na utilização das Cartas Topográficas e posteriormente os dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) disponibilizados pelo projeto TOPODATA do INPE. Este projeto oferece dados topográficos e suas derivações básicas em cobertura nacional, elaborados a partir dos dados SRTM disponibilizados na internet (VALERIANO e ROSSETI, 2008).

Os dados SRTM – TOPODATA possuem resolução de 30 metros e são gerados a partir da interpolação por *krigagem*.

Dessa forma realizou-se a restituição das curvas de nível sobre as Cartas Topográfica 1:50.000 (IBGE) no ambiente SIG do *ArcGis* e, somando-se a isso, foram utilizados mosaicos de dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) com recobrimento da área da bacia e ainda com o programa *ArcGis*, utilizando-se um polígono da área da bacia como máscara sobre os mosaicos SRTM, foram extraído os dados referentes à altimetria para toda a área da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Anhumas.

Com a ferramenta de elaboração de curvas de nível (*Contour*), disponibilizada no programa *ArcGis* gerou-se curvas equidistantes em 20 metros, o que forneceu dados suficientes para a confecção de um Modelo Digital de Elevação do Terreno, utilizando-se o aplicativo de criação TIN, do módulo de análise 3D.

Tais procedimentos e criação do modelo TIN da BHRA possibilitou a geração dos Mapas de Declividade, Hipsometria e as curvas de nível.

Comparando-se as curvas de nível restituídas das Cartas Topográficas e aquelas geradas a partir dos dados SRTM pode-se perceber que não havia muitas divergências entre ambas, o que orientou a escolha por se trabalhar com as curvas de nível geradas pela base SRTM-TOPODATA.

Para o Mapa Hipsométrico cabe destacar que as cotas altimétricas foram subdivididas em intervalos de 50 m resultando em quatro classes diferentes de altimetria como pode ser observado no quadro a seguir.

Quadro 2 - Classes Hipsométricas

CLASSES HIPSOMÉTRICAS (m)	
	410 - 460
	360 - 410
	310 - 360
	260 - 310

Fonte: Elaborado por próprio autor

No caso do Mapa de Declividade a classificação das classes de declividade foi definida com base em adaptações do “Manual para Levantamento Utilitário do Meio Físico e Classificação de Terras no Sistema de Capacidade de Uso” (LEPSCH, 1991) como pode ser visto no quadro a seguir.

Quadro 3 - Características das Classes de Declividade Adotadas

CLASSE	DECLIVIDADE (%)	CLASSES DE RELEVO	DESCRIÇÃO (LEPSCH ET AL. 1991; SIMON, 2010; RODRIGUES, 2006)
1	≤ 3	Plano	Áreas planas ou quase planas com escoamento superficial muito lento ou inexistente.
2	3,00 - 6,00	Suave	Áreas com declives suaves e escoamento superficial de lento a médio.
3	6,00 - 12,00	Ondulado	Áreas inclinadas e de relevo ondulado cujo escoamento superficial varia de médio a lento.
4	12,00 - 20,00	Colinoso	Áreas muito inclinadas ou colinosas cujo escoamento superficial é rápido.
5	$\geq 20,00$	Fortemente Inclinado	Áreas fortemente inclinadas com escoamento superficial muito rápido.

Fonte: Organizado por próprio autor

Mapa Litológico

O Mapa Litológico foi organizado a partir da restituição feita sobre o Mapa Geológico do Estado de São Paulo - Folha Presidente Prudente/Loanda (SF-22-Y-A/Y-B) na escala de 1:250.000.

Após o processo de digitalização deste material por meio de *scanner* (300 dpi) o produto digital gerado foi armazenado no banco de dados do ambiente SIG previamente montado no *software ArcGis* e utilizando-se das ferramentas de edição foi possível realizar a vetorização dos dados de interesse da presente pesquisa. Dessa forma, gerou-se um Mapa Litológico para a BHRA contendo toda a informação necessária para os fins deste trabalho.

No processo de elaboração da legenda optou-se pela utilização de uma legenda simples e próxima aquela apresentada no mapa original, restrita apenas as unidades litológicas e suas cores.

Mapa Pedológico

O Mapa Pedológico foi organizado a partir da restituição feita sobre o Mapa Pedológico do Estado de São Paulo na escala de 1:500.000.

Após o processo de digitalização deste material por meio de *scanner* (300 dpi) o produto digital gerado foi armazenado no banco de dados do ambiente SIG previamente montado no *software ArcGis* e utilizando-se das ferramentas de edição foi possível realizar a vetorização dos dados de interesse da presente pesquisa. Dessa forma, gerou-se o Mapa Pedológico para a BHRA contendo toda a informação necessária para os fins deste trabalho.

Com relação à legenda optou-se pela utilização de uma legenda simples e próxima aquela apresentada no mapa original, restrita apenas as unidades de solo e suas cores.

Rede de Drenagem

Como apresentado anteriormente foi possível aproximar em termos técnicos, a resolução espacial das duas principais bases de dados imagéticos da área em estudo (fotografias aéreas e imagens do satélite ALOS).

Do ponto de vista metodológico seria inviável realizar a restituição da rede de drenagem da BHRA nas fotografias em formato analógico por meio de estereoscopia e querer comparar este cenário com um segundo construído com base na restituição das imagens do satélite ALOS. Isso porque são bases muito distintas do ponto de vista técnico, e com resolução espacial muito diferente entre ambas e tal distinção inviabilizaria possíveis comparações.

Dessa forma, após conseguir aproximar as duas bases de dados, foi possível realizar a restituição da rede de drenagem da BHRA diretamente nas imagens, sem a necessidade de estereoscopia.

Tal procedimento foi realizado tendo como base a proposta de Sousa (2000), o qual utilizou técnicas de realce em fotografias aéreas digitalizadas e verificou a viabilidade de restituir a rede de drenagem diretamente nas imagens, por meio da análise na própria tela do computador (SOUSA, 2000).

Além disso, para melhor precisão durante o processo de restituição foram também utilizadas as Cartas Topográficas e curvas de nível da mesma como parâmetros de orientação do relevo. Como as cartas topográficas apresentam uma rede de drenagem, esta também serviu como orientação no processo.

Dessa forma, foram geradas as restituições da rede de drenagem da BHRA para os dois cenários propostos: Cenário I – 1962 e Cenário II – 2010. Cabe destacar que estas restituições foram realizadas apenas no interior das amostras circulares e não para toda a rede de drenagem.

Mapas de Uso e Ocupação da Terra

O mapeamento do uso e ocupação da BHRA buscou priorizar as particularidades da área associadas aos interesses dos objetivos do presente trabalho. Alguns dos princípios norteadores aqui empregados foram àqueles estabelecidos pelo sistema de classificação propostos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006).

Foram elaborados dois Mapas de Usos e Ocupação, um para o Cenário I – 1962 e outro para o Cenário II- 2010. A base de imagética para esta etapa será: para o primeiro cenário (Cenário I) as fotografias aéreas digitalizadas enquanto para o segundo cenário (Cenário II) serão utilizadas as imagens do satélite ALOS.

Em primeiro lugar fez-se uma interpretação geral da área da bacia na busca por identificar as diversidades locais em termos de uso e ocupação para os dois cenários propostos. Nesta primeira leitura foi possível constatar que a BHRA, para ambos os cenários, apresenta pouca diversidade de uso e ocupação e que não haveria a necessidade do estabelecimento de um sistema de classificação amplo.

Nesse sentido foi possível estabelecer que apenas três tipos de classes de uso e ocupação para a área seriam necessários para os fins desta pesquisa, sendo eles:

Quadro 4 - Sistema de Classificação de Uso e Ocupação

CLASSES	CARACTERÍSTICAS (IBGE, 2006; SIMON, 2010)	PRINCIPAIS IMPLICAÇÕES MORFOHIDROLÓGICAS (SIMON, 2010)
Vegetação Nativa	Formações arbóreas em diferentes estágios de desenvolvimento, incluindo zonas de reflorestamento.	Promovem a manutenção do equilíbrio da dinâmica fluvial e dos processos que ocorrem nas vertentes, atuando no aporte da carga d'água e sedimentos que chega aos canais fluviais.
Culturas (Anuais/Perenes)	Compreende tanto as culturas de ciclo longo como as culturas temporárias.	Exposição do solo com dinamização dos processos erosivos e alteração do escoamento superficial e subsuperficial em decorrência das curvas de nível nas lavouras.
Campo	Compreende tanto as áreas destinadas à pastagem com características homogêneas quanto às áreas de composição heterogêneas localizadas em fundos de vale ou superfícies acidentadas.	Dependendo da intensidade das atividades pastoris, associado ao grau de declividade do terreno pode implicar numa dinamização dos processos erosivos.

Fonte: Organizado por próprio autor

Após o estabelecimento das classes foi realizado o processo de identificação das classes e mapeamento por meio direto e manual no *software ArcGis* e efetuado com base na interpretação das bases digitais (fotografias aéreas e imagens do satélite ALOS) tendo como parâmetros de distinção: tonalidade, textura, dimensão, cor, topografia, padrão, sombra, forma e drenagem (RODRIGUES, 2006).

Além disso, também foram utilizadas como parâmetros de identificação dos tipos de uso e ocupação as observações realizadas durante os trabalhos de campo na área de estudo.

Análise Temporal com Base em Amostras Circulares

A proposta metodológica de se trabalhar com análise temporal e amostras circulares consiste na construção de dois cenários distintos temporalmente só que com a mesma localização espacial (FRANÇA, 1979; PINTO, 1982; RODRIGUES, 2006; SIMON, 2010). No caso desta pesquisa foram selecionados dois momentos específicos que representam diferentes condições ambientais da BHRA. O primeiro Cenário, 1962, corresponde ao momento anterior à construção da Usina Hidroelétrica de Porto Primavera, já o segundo cenário, 2010, corresponde o momento posterior à construção da Usina, o que configura nova condição ambiental da bacia, a qual se encontra sob influência desta obra de imensas proporções, configurando assim uma defasagem temporal entre um cenário e outro de 48 anos.

Após a construção dos dois cenários, tendo em vista que *a priori* a principal alteração no contexto regional da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Anhumas foi a construção da Usina Hidroelétrica de Porto Primavera, observando os mapas de uso e ocupação e os parâmetros da rede de drenagem será possível apontar as principais alterações na organização espacial e correlacionar com as intensificações dos processos erosivos.

O primeiro passo a ser observado é com relação a distribuição das amostras circulares pela área da bacia. Cabe destacar que as amostras circulares possuem área de 10 km² e a utilização de amostras circulares para estudos de alterações ambientais no contexto das bacias hidrográficas já é uma metodologia consagrada no meio geográfico, e muitos autores recomendam este método de análise (RODRIGUES, 2006; FRANÇA, 1979; IBGE, 1995; LEVANTEZA, 2008; SIMON, 2007).

Como um dos principais objetivos da pesquisa é verificar as alterações dos parâmetros morfométricos tais como Densidade de Drenagem (Dd) e Densidade Hidrográfica (Dh) apenas dos canais de primeira ordem (CHRISTOFOLETTI, 1969) as amostras circulares foram distribuídas objetivando abarcar a maior quantidade de canais de primeira ordem possível.

Seguindo esta orientação foram então distribuídas as amostras pela área da bacia perfazendo um total de quarenta amostras. A seguir tem-se um quadro com as coordenadas geográficas de localização de cada amostra.

Quadro 5 – Coordenadas do Ponto Central das Amostras Circulares

	W	S		W	S
A01	52°17'53,853"	22°2'28,859"	A21	52°10'25,667"	22°15'6,579"
A02	52°16'3,73"	22°1'31,792"	A22	52°9'5,527"	22°13'33,551"
A03	52°14'17,227"	22°2'35,382"	A23	52°6'19,032"	22°11'8,755"
A04	52°12'15,453"	22°2'3,669"	A24	52°4'0,151"	22°9'40,384"
A05	52°14'33,831"	22°5'12,924"	A25	52°2'24,941"	22°8'9,833"
A06	52°11'57,465"	22°4'24,788"	A26	52°8'24,263"	22°15'37,633"
A07	52°12'58,689"	22°6'30,002"	A27	52°6'59,171"	22°13'31,352"
A08	52°9'53,438"	22°4'46,075"	A28	52°4'59,793"	22°12'53,99"
A09	52°12'14,008"	22°8'19,332"	A29	52°3'27,938"	22°11'33,918"
A10	52°9'23,995"	22°6'40,158"	A30	52°1'57,402"	22°10'11,861"
A11	52°12'48,005"	22°10'12,413"	A31	52°0'26,303"	22°8'50,413"
A12	52°10'7,838"	22°8'30,731"	A32	52°6'17,447"	22°15'46,385"
A13	52°7'17,71"	22°6'39,857"	A33	52°4'27,61"	22°14'49,103"
A14	52°13'14,2"	22°12'13,532"	A34	52°2'57,617"	22°13'28,659"
A15	52°8'8,486"	22°9'9,754"	A35	52°1'27,695"	22°12'4,966"
A16	52°12'3,631"	22°13'52,579"	A36	51°59'56,546"	22°10'44,478"
A17	52°10'44,764"	22°12'20,806"	A37	52°2'45,824"	22°15'58,741"
A18	52°8'45,213"	22°11'13,906"	A38	52°0'49,701"	22°14'0,125"
A19	52°6'1,596"	22°9'10,033"	A39	51°59'15,035"	22°12'38,592"
A20	52°4'29,065"	22°7'45,611"	A40	51°59'15,082"	22°12'38,554"

Fonte: Elaborado por próprio autor

Com a distribuição das amostras circulares e numeração das mesmas foi possível construir os dois cenários propostos (1962 e 2010), respeitando os limites espaciais da área da amostra. Além disso, tornou-se possível realizar recortes espaciais delimitando somente a área da amostra. Delimitação esta que serviu de base para recortar todos os demais produtos digitais utilizados na pesquisa somente na área das amostras circulares.

Com relação aos parâmetros morfométricos para a análise areal das amostras, como dita anteriormente, foram utilizados dois cálculos: a Densidade de Drenagem (Dd) e Densidade Hidrográfica (Dh) ambos inicialmente definidos por R. E. Horton (CHRISTOFOLLETTI, 1980).

Abaixo segue as equações para cada parâmetro:

Densidade de Drenagem (Dd)

$Dd=Lt/A$, onde Lt = comprimentos dos canais de 1° ordem
 A = área da amostra circular

Densidade Hidrográfica (Dh)

$Dh=N1/A$, onde $N1$ = número total de canais de 1° ordem
 A = área da amostra circular

Os estudos comparativos dos dois cenários para analisar as alterações na rede de drenagem teve como base os dados obtidos destes dois parâmetros morfométricos.

Trabalhos de Campo

Foi realizado um total de três trabalhos de campo na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Anhumas. Tanto o primeiro quanto o segundo trabalho de campo tiveram como objetivo o reconhecimento geral da área de estudo e uso e ocupação da área, sendo observados também os processos erosivos existentes na região e as características da rede de drenagem do Ribeirão das Anhumas em alguns afluentes, nas áreas do baixo, médio e alto curso da bacia.

O terceiro campo foi realizado para fazer as coletas de solo e também refinar as observações com relação ao uso e ocupação, características do relevo e identificar os processos erosivos mais frequentes na área.

Destes trabalhos de campo pode-se constatar que os processos erosivos mais comuns identificados *in loco* são: sulcos, ravinas e, em menor frequência, voçorocas.

Com base nas anotações de campo e fotointerpretação das fotografias aéreas de 1962 e das imagens do satélite ALOS foi possível identificar e localizar no interior das amostras circulares os focos dos três principais processos erosivos: Sulco, Ravina e Voçoroca.

Análises de Laboratório

Foram realizados ensaios granulométricos com o intuito de caracterizar os solos da bacia em termos de textura, uma vez que o tamanho das partículas do solo exerce influencia direta sobre a degradação e processos erosivos no meio físico.

Nesse sentido foi realizado trabalho de campo para coleta de solo em diferentes pontos da bacia, tendo como objetivo inicial coletar uma amostra de solo por amostra circular. Por dificuldades de acesso em alguns previamente selecionados não foi possível alcançar tal objetivo, no entanto, foram realizadas coletas em 29 pontos e com isso todas as unidades de solo foram contempladas.

Em cada ponto foram coletadas amostras em duas profundidades: 0-20 cm e 80-100 cm, correspondentes aos horizontes A (0-20 cm) e horizonte B (80-100 cm). Para realização de tal procedimento foi utilizado um trado holandês.

Durante este trabalho de campo foi possível também verificar elementos relacionados ao relevo, processos erosivos e também processos de usos e ocupação na área. A seguir é apresentado um quadro elaborado para este campo e que serviu de orientação na coleta das amostras de solo e nas observações em campo.

Após a coleta as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Solos da Faculdade de Engenharia Agrícola/UNICAMP onde foram realizadas as análises granulométricas.

5 RESULTADOS

5.1 Caracterização da Área de Estudo

Em primeiro lugar cabe destacar que a organização espacial da área em estudo só pode ser compreendida tendo em vista as interações entre o sistema físico-ambiental e o sistema socioeconômico. Os processos desencadeados no sistema físico-ambiental em função da atuação do sistema socioeconômico é o centro das discussões aqui apresentadas. Dessa forma, o objetivo deste capítulo é não apenas possibilitar a compreensão da organização espacial da área em estudo, mas também indicar os processos e principais elementos eleitos no decorrer da pesquisa e suas necessárias caracterizações geográficas. Nesse sentido, busca-se inicialmente apresentar ao leitor o objeto de estudo da presente pesquisa e suas principais características.

Uma das principais características geológicas da área em estudo é a extensa cobertura sedimentar que recobre os derrames basálticos e que na região do Pontal do Paranapanema a espessura total desses depósitos pode ultrapassar 5.000 metros (IPT, 1981). Essa camada sedimentar faz parte da Bacia do Paraná, unidade geotectônica estabelecida sobre a Plataforma Sul-Americana a partir do Devoniano Inferior (IPT, 1981). Essa unidade, por sua vez, ocupa quase 2/3 de toda a extensão do Estado de São Paulo (ALMEIDA, 1974) sendo composta em grande parte por arenitos do Grupo Bauru e Grupo São Bento, com destaque, segundo Pinto (1982) para o Grupo Bauru que ocorre em maior extensão do que o segundo.

As várias unidades litoestratigráficas cretáceas supra-basálticas da Bacia do Paraná tiveram sua distribuição geográfica fortemente controlada pelo arcabouço estrutural regional, isto é, depositaram-se na área delimitada pelo arco da Canastra, a nordeste do Estado de São Paulo, arco da Serra do Mar, a sudeste, e arco de Ponta Grossa, a sudoeste (IPT, 1891).

Cessados os derrames de lavas da Formação Serra Geral, que marcaram o final dos eventos deposicionais e vulcânicos generalizados

na área da Bacia do Paraná, observou-se uma tendência geral para o soerguimento epirogênico em toda a Plataforma Sul-Americana em território brasileiro.

Entretanto a porção norte da Bacia do Paraná comportou-se como área negativa relativamente aos soerguimentos marginais e à zona central da Bacia, marcando o início de uma fase de embaciamentos localizados em relação à área da Bacia como um todo.

Nessa área deprimida acumulou-se o Grupo Bauru, no Cretáceo Superior, que ocupa grande parte do oeste do Estado de São Paulo (FERNANDES, 1998).

Além disso, conforme indicam os estudos de paleocorrentes deposicionais do Grupo Bauru, os depocentros deste Grupo migraram com o tempo. Não menos importantes foram os fatores paleoambientais e paleoclimáticos, que se superimpuseram aos controles tectônicos na definição das características litológicas dos sedimentos (IPT, 1981).

O quadro a seguir (Quadro 7) apresenta as Unidades Litoestratigráficas com destaque para o Grupo Bauru e suas respectivas Formações e composições litológicas.

Quadro 7 – Coluna Litoestratigráfica do Grupo Bauru

ÉON	ERA	PERÍODO	GRUPO	FORMAÇÕES
FANEROZÓICO	MESOZÓICO	JURÁSSICO A CRETÁCEO	BAURU	<p style="text-align: center;">Km</p> <p>Marília</p> <p>Arenitos de granulação fina a grossa, compreendendo bancos maciços com tênues estratificações cruzadas de médio porte. Subordinadamente ocorrem lentes de siltitos, argilitos e arenitos muito finos. Presença comum de nódulos carbonáticos.</p>
				<p style="text-align: center;">Ka</p> <p>Adamantina</p> <p>Arenitos finos e muito finos, podendo apresentar cimentação e nódulos carbonáticos com lentes de siltitos arenosos e argilitos ocorrendo em bancos maciços, estratificação plano-paralela e cruzada de pequeno a médio porte.</p>
				<p style="text-align: center;">Ksa</p> <p>Santo Anastácio</p> <p>Arenitos muito finos a médios, mal selecionados, subordinadamente de caráter arcossiano, geralmente maciços, apresentando localmente cimento e nódulos carbonáticos.</p>
				<p style="text-align: center;">Kc</p> <p>Caiuá</p> <p>Arenitos finos a médios, com grãos bem arredondados, com coloração arroxeada típica, apresentando abundantes estratificações cruzadas de grande a médio porte. Localmente ocorrem cimento e nódulos carbonáticos.</p>

Fonte: Organizado por próprio autor, adaptado do Mapa Geológico do Estado de São Paulo/IPT 1981

A área de afloramento da Formação Caiuá (Kc) compreende a região do Pontal do Paranapanema e estende-se ao norte por estreita faixa na margem esquerda do rio Paraná até a confluência com o rio do Peixe, representando o início da deposição do Grupo Bauru e sobrepõe-se às eruptivas da Formação Serra Geral (IPT, 1981).

Esta Formação caracteriza-se por apresentar alto grau de uniformidade litológica, sendo constituída predominantemente por arenitos (quartzo, feldspatos, calcedônia e opacos) de coloração arroxeadada com marcante estratificação cruzada de grande porte, tangencial na base, de granulação fina a média, bem selecionados e com grãos arredondados a subarredondados (IPT, 1981).

As litologias atribuídas à Formação Santo Anastácio estendem-se para leste, até a região de Paraguaçu Paulista, e para norte, até o divisor entre os rios São José dos Dourados e Grande, além disso, os arenitos desta formação (Ksa) afloram em áreas que acompanham as cotas mais baixas dos vales dos rios afluentes do Paraná, no oeste do Estado de São Paulo. Tais fatores desta distribuição indicam que essa configuração se deu sobre o embaciamento da Formação Caiuá, embora em continuidade tectônica e sedimentar (IPT, 1981).

Os arenitos marrom-avermelhados a arroxeados, de granulação fina a média com seleção geralmente regular a ruim e grãos arredondados a subarredondados são o que melhor representa a litologia desta Formação (Ksa). Outra característica importante a se destacar é com relação a espessura máxima compreendida entre 80 e 100 metros (IPT, 1981).

A formação Adamantina ocorre por ampla extensão do oeste do Estado de São Paulo, constituindo os terrenos da maior parte do Planalto Ocidental, deixando de estar presente apenas nas porções de cotas mais baixas dos vales dos principais rios de onde já foi removida pela erosão. Recobre as Formações anteriormente citadas (Kc e Ksa) e é recoberta em parte pela Formação Marília e por depósitos cenozoicos (IPT, 1981).

O embaciamento desta Formação (Ka) estende-se por grande parte da porção norte da Bacia do Paraná, o que propiciou sedimentação

que recobre e transgride sobre a Formação Santo Anastácio sotoposta (IPT, 1981)

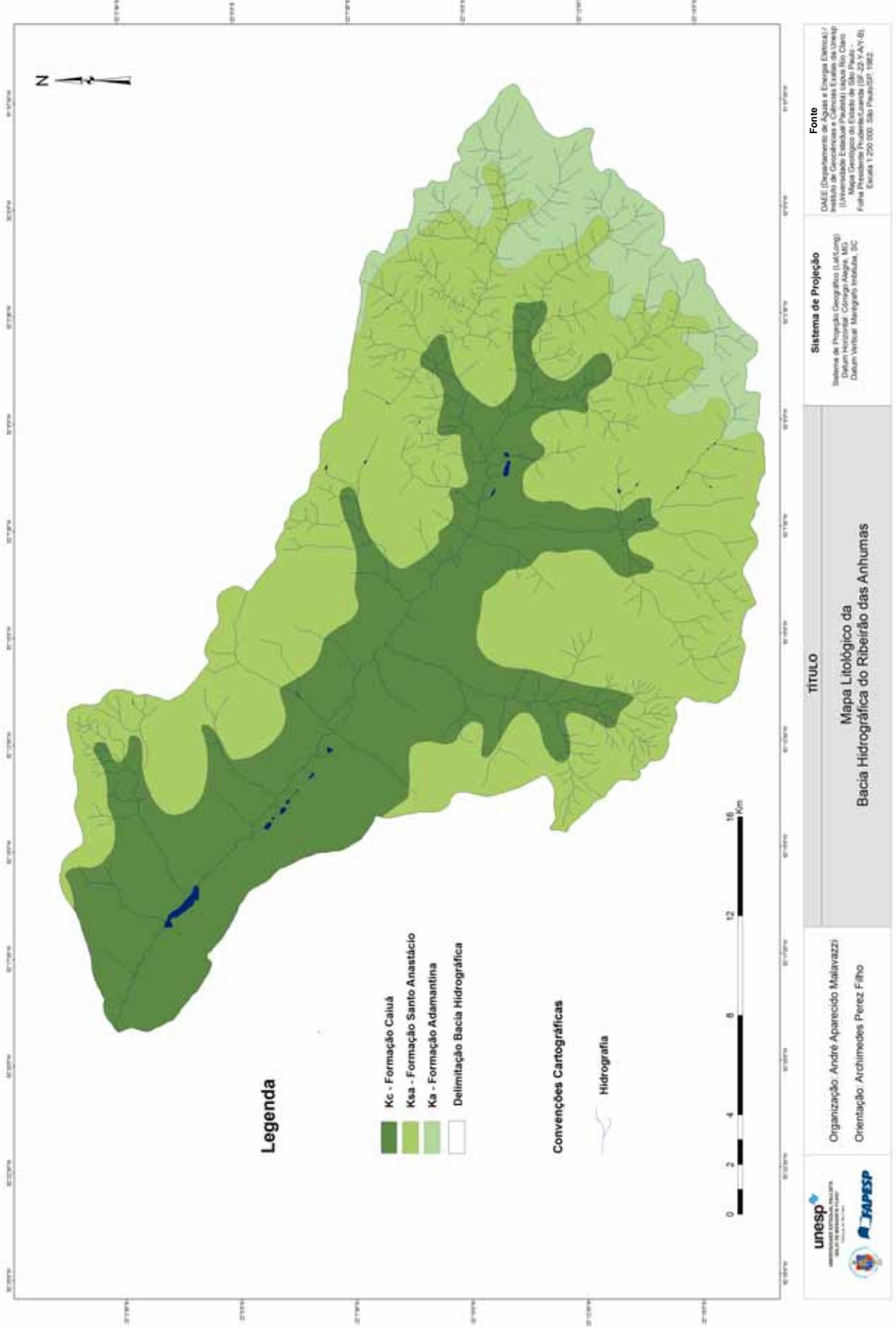
A principal característica litológica desta Formação (Ka) é a presença de bancos arenitos de granulação de fina a muito fina, cor de róseo a castanho, estratificação cruzada e espessuras variando entre 2 a 20 metros, alternados com bancos lamitos, siltitos e arenitos lamíticos de cor castanho-avermelhado a cinza-castanho, maciços ou com acamamento plano-paralelo grosseiro, sendo também comum a ocorrência de seixos de argilito da própria unidade, cimento e nódulos carbonáticos (IPT, 1981).

As maiores espessuras desta Formação (Ka) atingem 160 metros entre os rios São José dos Dourados e Peixe, 190 metros entre os rios Santo Anastácio e Paranapanema, e 100 a 150 metros entre os rios Peixe e Turvo, tornando-se mais delgado a partir dessas regiões em direção a leste e nordeste (IPT, 1981).

A Formação Marília (Km) depositou-se em um embaciamento localizado desenvolvido ao término da deposição Bauru, repousando sobre as formações citadas, principalmente e diretamente sobre a Formação Adamantina (Ka), sendo que, mais a leste, houve deposição diretamente sobre os basaltos Serra Geral (IPT, 1981).

Na figura a seguir é possível observar a litologia da Bacia do Ribeirão das Anhumas (Figura 2) e distribuição dos diferentes tipos de arenitos que compõe a geologia dessa área.

Figura 2 - Litologia da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Anhumas



O solo dessa área é, portanto, originário das rochas sedimentares do Grupo Bauru o qual é marcadamente constituído por arenitos (quartzo, feldspatos, calcedônia e opacos) marrom-avermelhados a arroxeados, de granulação fina a média e cor de róseo a castanho de granulação de fina a muito fina.

Tal uniformidade de rochas e suas propriedades mineralógicas viabilizaram a existência de uma baixa variabilidade de tipos de solos e, nesse sentido o que se pode verificar foi à predominância de apenas um tipo de solo ocupando quase toda área da BHRA, o qual é o Argissolo (83,77%).

No entanto o mesmo é dividido em duas classes diferentes de solos, os quais foram identificados na área pesquisada apresentando porcentagens distintas: Argissolos Vermelhos (PV) com 39,09% e Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA) com 44,68%.

O Quadro (Quadro 8) a seguir apresenta todos os tipos de solos identificados na BHRA, suas principais características e extensão (km² e em porcentagem) de ocorrência.

Quadro 8 – Tipos de Solos da BHRA e Intensidade de Ocorrência

NEOSSOLOS FLÚVICOS (RU)	LATOSSOLOS VERMELHOS (LV)	ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS (PVA)			ARGISSOLOS VERMELHOS (PV)
	Latossolos Roxos + Latossolos Vermelho-Escuros LV45	PVA2	PVA5	PVA10	Podzólicos Vermelho-Escuros Tb PV4
Solos Aluviais RU2			Podzólicos Vermelho-Amarelos		
Eutróficos A moderado + GLEISSOLOS HÁPLICOS Tb	Latossolos Roxos + Latossolos Vermelho-Escuros LV45	PVA2	PVA5	PVA10	PV4
		Eutróficos abruptos ou não, A moderado text. arenosa/média e média rel. suave ondulado.	Eutróficos text. arenosa/média rel. ondulado e suave ondulado + ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS	Eutróficos + ARGISSOLOS VERMELHOS Distróficos e Eutróficos ambos text. Arenosa/média e média rel. suave ondulado + LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos text. Média rel. plano todos A moderado.	Podzólicos Vermelho-Escuros Tb PV4
Eutróficos ambos text. Argilosa rel. de várzea.			Eutróficos pouco profundos text. arenosa/argilosa rel. ondulado ambos abrupticos A moderado.		
Área (Km²)	84,7461	200,5525	8,0450	25,7695	205,0153
Área (%)	16,16	38,24	1,53	4,91	39,09
					TOTAIS
					524,4896
					100

Fonte: Elaborado por próprio autor

Como pode ser observado no quadro apresentado, além dos dois principais tipos de solos mais frequentes, também foram identificados outros dois tipos que aparecem em porcentagem pouco significativa, sendo eles: Neossolos Flúvicos (RU) com 0,07% e Latossolos Vermelhos (LV) com 16,16%.

Tais dados foram retirados do “Mapa Pedológico do Estado de São Paulo” e sua “Legenda Expandida” foi utilizada como fonte para a caracterização dos diferentes tipos de solos.

Os Argissolos são constituídos por material mineral com argila de atividade baixa e horizonte B textural imediatamente abaixo do horizonte A ou E. Outra característica importante desse tipo de solo é que o mesmo tende a ocupar o terço inferior das colinas e morros e o acúmulo de argila no horizonte B reduz muito a permeabilidade do mesmo. Além disso, somando-se ao fato de o horizonte superficial muitas vezes ser arenoso, faz com que a grande limitação agrícola do Argissolo intensifique o risco de erosão, devendo-se atentar para o uso e manejo deste tipo de solo.

A seguir são apresentados os resultados de análises granulométricas para este tipo de solo, caracterizando-o de forma mais precisa para a presente pesquisa.

Quadro 9 – Caracterização dos Argissolos Vermelhos – PV4

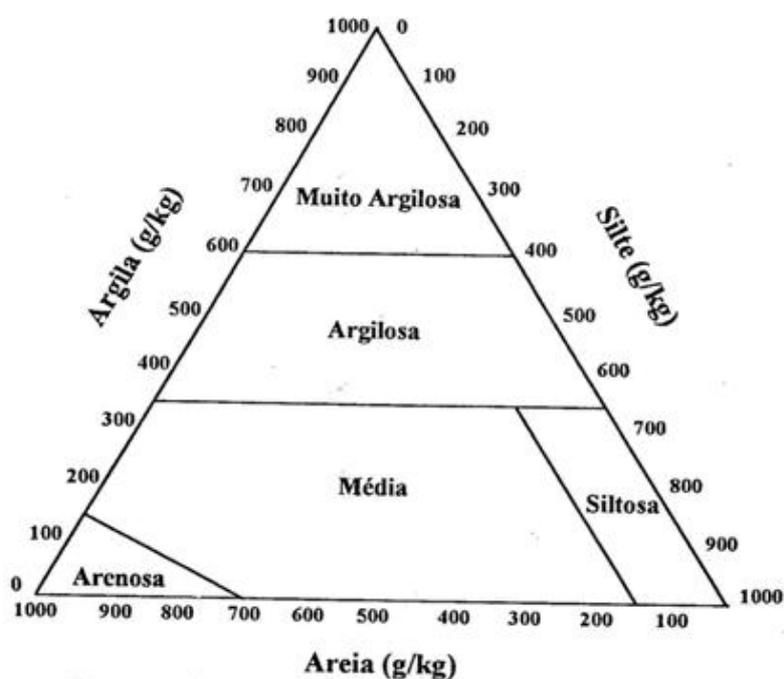
Atributos Físicos (Valores Médios) dos Argissolos Vermelhos - PV4								
Profundidade	AREIA						ARGILA	SILTE
	Muito Grossa	Grossa	Média	Fina	Muito Fina	AREIA TOTAL		
g/kg								
20 cm	0	77	209	291	272	849	85	66
80 cm	0	61	193	288	250	792	115	93

Fonte: Elaborado por próprio autor

O Quadro apresentado (Quadro 9) mostra o resultado da análise granulométrica para o principal tipo de solo encontrado na BHRA. Nota-se que há uma grande diferença de proporção entre Areia Total e os demais componentes, ou seja, Argila e Silte tanto no horizonte mais superficial (horizonte A), quanto no horizonte mais profundo (horizonte B). A quantidade de Areia Total é quase dez vezes maior que a de

Argila e pouca mais que doze vezes maior que o Silte no horizonte A e utilizando-se um Diagrama de Repartição de Classes Generalizadas de Textura (Figura 3) para classificação da textura do solo pode-se caracterizar este (PV4) como sendo um solo com Textura Arenosa. Já para o horizonte B, apesar dos valores serem próximos houve um aumento nas quantidades de Argila e Silte e essa diferença com relação à quantidade de Areia Total possibilita outra classificação para este horizonte. A proporção neste horizonte é de quase sete vezes mais Areia Total em relação à Argila e de aproximadamente oito vezes mais Areia Total em relação à quantidade de Silte, o que permite caracterizar este solo como de Textura Média.

Figura 3 - Diagrama de Repartição de Classes Generalizadas de Textura



Fonte: Embrapa, 1999

O segundo tipo de solo de maior destaque na BHRA, os Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA2), apresentam comportamento com pouca diferença relação aos resultados do PV4, como podemos observar no quadro seguinte (Quadro 10).

Quadro 10- Caracterização dos Argissolos Vermelho-Amarelos – PV4

Atributos Físicos (Valores Médios) dos Argissolos Vermelho - Amarelos - PVA2									
Profundidade	AREIA						ARGILA	SILTE	
	Muito Grossa	Grossa	Média	Fina	Muito Fina	AREIA TOTAL			
	g/kg								
20 cm	0	2	109	382	307	799	116	85	
80 cm	0	2	111	349	313	774	125	101	

Fonte: Elaborado por próprio autor

Assim como o anterior (PV4) os Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA2) apresentam pouca variação entre os horizontes A e B. No caso do horizonte A identifica-se que a quantidade de Areia Total em relação a Argila é quase sete vezes maior, já em relação ao Silte a quantidade de Areia Total é aproximadamente nove vezes maior. O comportamento deste horizonte A se assemelha muito ao comportamento do horizonte B do solo anterior (PV4).

Com relação ao horizonte B a quantidade de Areia Total encontrada é de aproximadamente seis vezes maior que a quantidade de Argila e de aproximadamente sete vezes maior que a quantidade de Silte.

Tendo em vista essa grande quantidade de Areia Total identificada para este tipo de solo, tanto no horizonte A, quanto para o horizonte B, utilizando-se o mesmo método de classificação como feito para o solo anterior (PV4), este solo (PVA2) pôde ser classificado como de Textura Média.

Nesse sentido, tendo em vista que esses dois tipos de solos juntos, como apontados anteriormente, representam 83,77% da área em estudo, a BHRA caracteriza-se por um tipo de solo de Textura Arenosa e Textura Média, texturas estas que, dada as suas características mecânicas favorece a rápida infiltração de água no solo (elevada permeabilidade) e por consequência baixa retenção hídrica. Quando exposto, torna-se suscetível aos processos erosivos dada a natureza friável de suas características mecânicas.

O próximo tipo de solo identificado com maior frequência (16,16%) na BHRA é o Latossolo Vermelho (LV45) e no quadro a seguir

(Quadro 11) pode ser observada a relação entre Areia Total, Argila e Silte para este tipo de solo.

Quadro 11 – Caracterização dos Latossolos Vermelhos – LV45

Atributos Físicos (Valores Médios) dos Latossolos Vermelhos - LV45

Profundidade	AREIA						AREIA TOTAL	ARGILA	SILTE
	Muito Grossa	Grossa	Média	Fina	Muito Fina				
	g/kg								
20 cm	0	2	133	358	300	792	120	88	
80 cm	0	5	125	330	280	740	174	86	

Fonte: Elaborado por próprio autor

No quadro apresentado (Quadro 11) pode ser observado que entre os horizontes A e B há pouca variação e assim, como para os solos anteriores, há uma grande diferença entre Areia Total e os demais, Argila e Silte. A quantidade de Areia Total em relação a Argila é de aproximadamente seis vezes maior no horizonte A e de aproximadamente quatro vezes maior no horizonte B. Já com relação aos Silte essa proporção é bem diferente sendo que para o horizonte A a quantidade de Areia Total é nove vezes maior e para o horizonte B a quantidade de Areia Total é aproximadamente oito vezes maior.

Nota-se que a areia é para este solo também o principal elemento encontrado. A diferença é que há uma maior uniformidade entre os valores e proporções entre o horizonte A e horizonte B e ambos podem ser também caracterizados como de Textura Média.

A seguir o solo identificado em 4,91% da BHRA é o Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA10) e o quadro a seguir (Quadro 12) apresenta seus atributos físicos.

Quadro 12 - Caracterização dos Argissolos Vermelho-Amarelos – PVA10

Atributos Físicos (Valores Médios) dos Argissolos Vermelho - Amarelos - PVA10

Profundidade	AREIA						AREIA TOTAL	ARGILA	SILTE
	Muito Grossa	Grossa	Média	Fina	Muito Fina				
	g/kg								
20 cm	0	38	104	286	346	773	133	94	
80 cm	0	0	87	284	321	692	217	91	

Fonte: Elaborado por próprio autor

Como nos tipos de solo anteriormente apresentados a Areia Total é o elemento que prevalece sobre os demais, Argila e Silte e, nesse sentido, este solo é classificado como de Textura Média tanto para o horizonte A, quanto para o horizonte B dada as proporções entre seus elementos apresentados no Quadro 12.

Identificado em 1,53% da BHRA o Argissolo Vermelho-Amarelo PVA5 também foi submetido à análise granulométrica e em seguida é apresentado o quadro (Quadro 13) com seus resultados.

Quadro 13- Caracterização dos Argissolos Vermelho-Amarelos – PVA5

Atributos Físicos (Valores Médios) dos Argissolos Vermelho - Amarelos - PVA5

Profundidade	AREIA						ARGILA	SILTE
	Muito Grossa	Grossa	Média	Fina	Muito Fina	AREIA TOTAL		
	g/kg							
20cm	0	13	13	248	179	453	339	208
80cm	0	7	74	179	192	452	446	102

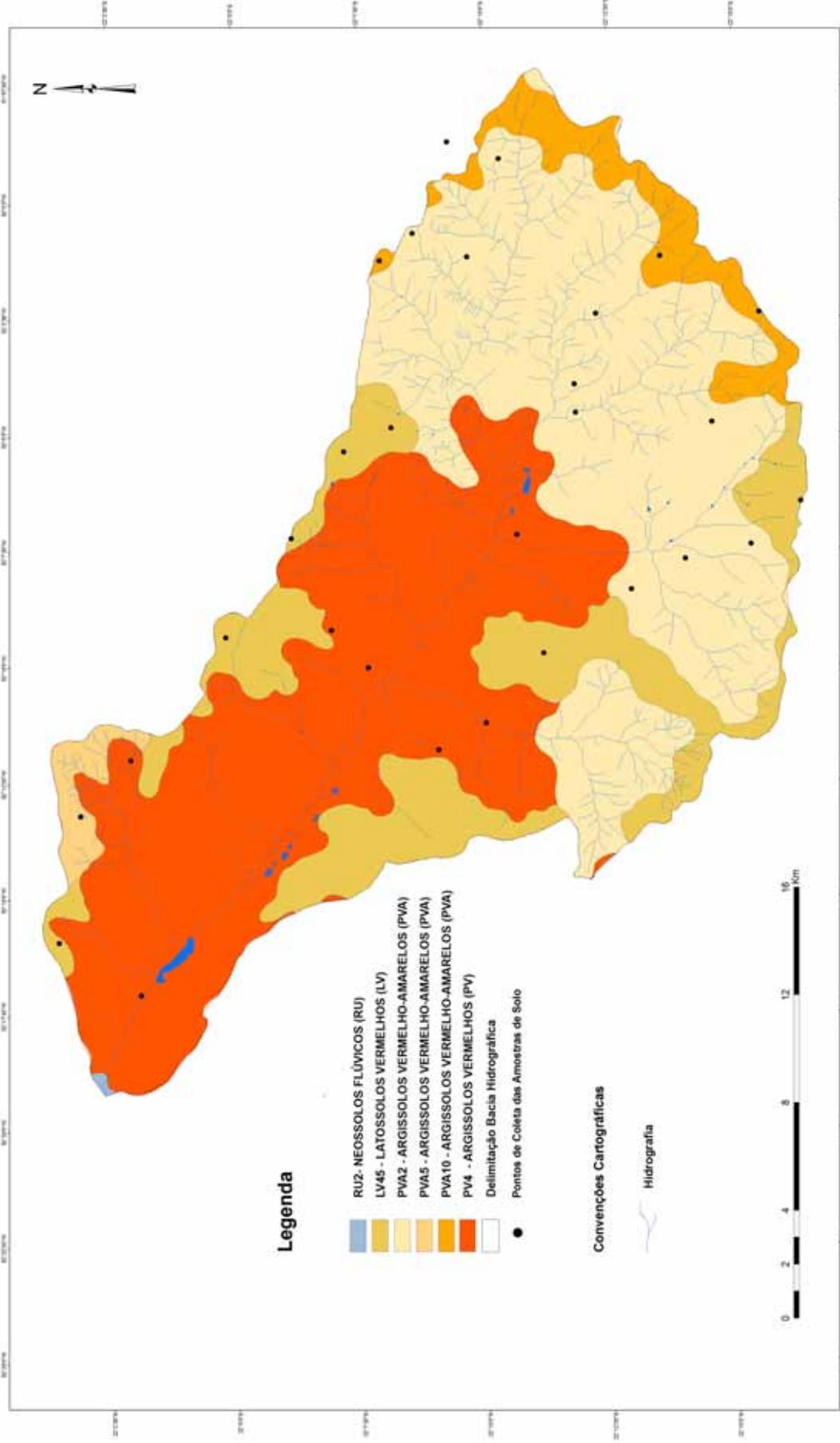
Fonte: Elaborado por próprio autor

Este solo apresenta valores bem diferentes dos demais anteriores como pode ser observado no quadro anterior. As proporções entre Areia Total, Argila e Silte são bem mais equilibradas, principalmente no horizonte B. Dessa forma, com base nessas proporções, o horizonte A deste solo é classificado como de Textura Média enquanto que o horizonte B, diferentes de todos os demais, é classificado como de Textura Argilosa.

Com relação aos Neossolos Flúvicos realizou-se análise granulométrica, pois, não foi possível coletar amostra para este tipo de solo devido às dificuldades de acesso à sua localização. No entanto, como sua participação no total da BHRA é baixa, cerca de 0,07%, compreende-se que a sua ausência na análise não prejudica a qualidade do presente trabalho.

A seguir é possível observar (Figura 4) a espacialização dos diferentes tipos de solos identificados na BHRA.

Figura 4 - Mapa Pedológico



	<p>Organização: André Aparecido Malavazzi Orientação: Archimedes Perez Filho</p>	<p>TÍTULO</p> <p>Mapa Pedológico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Anhumas</p>	<p>Sistema de Projeção</p> <p>Sistema de Projeção Geográfica (Lambert) Datum Vertical: Sertãozinho, M. S. Datum Vertical: Maringá, Sertãozinho, S.C.</p>	<p>Fonte</p> <p>OLIVEIRA, J. B.; CAMARGO, M. N.; BISSINI, M. L.; LACERDA, P. O. B. Atlas pedológico do Estado de São Paulo. São Paulo: Companhia Instituto Agronômico, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1989</p>
--	--	---	---	---

É possível verificar por este Mapa Pedológico da BHRA (Figura 4) que os solos de maior extensão (PV4 e PVA2) se distribuem principalmente pela região central da bacia e em grande parte das cabeceiras de drenagem, onde também é possível evidenciar uma maior concentração de canais de primeira ordem.

Além disso, este Mapa também indicada a localização dos pontos de coleta das amostras de solo, as quais contemplaram todas as principais unidades de solo da BHRA, contabilizando 29 pontos do total. A distribuição das quantidades de amostras por unidade de solo se deu da seguinte forma: sete amostras do PV4; 10 amostras do PV2; 7 amostras do LV45; 4 amostras do PVA10; e 1 amostra do PVA5.

O solo, por sua vez, está diretamente relacionado ao tipo de relevo identificado em uma dada região. Tanto para os Argissolos (PV4, PVA2, PVA5 e PVA10), quanto para os Latossolos (LV45) o relevo associado a estas unidades é de plano a suave ondulado. Já para os Neossolos Flúvicos (RU) o tipo de relevo relacionado é o de planície de inundação (EMBRAPA, 1999).

É claro que outros fatores também são importantes como agentes que interferem nos processos de formação e manutenção das formas de relevo.

O relevo, enquanto resultado da oposição entre forças endógenas e exógenas (CASSETI, 1991), pode ser classificados por diferentes tipos de concepções segundo grau de detalhamento desejado e tipologias de classificação e hierarquização dos principais elementos que influenciam em sua diferenciação.

Para melhor fundamentação o presente trabalho optou-se por adotar a proposta de classificação do relevo do Estado de São Paulo apresentada por Ross e Moroz (1997), os quais consideram que os processos tectônicos e climáticos são os principais responsáveis pela gênese das unidades morfoesculturais, as quais, por sua vez, estão inseridas nas unidades denominadas morfoestruturas.

No Estado de São Paulo são três as unidades morfoestruturais destacadas por esses autores:

- Cinturão Orogênio do Atlântico;
- Bacia Sedimentar do Paraná;
- Bacias sedimentares Cenozóicas / Depressões Tectônicas.

Para estes autores, diferente da clássica proposta do IPT de divisão geomorfológica que tem como ênfase padrões morfológicos definidos pela textura topográfica ou rugosidade topográfica e pelos dados morfométricos a eles inerentes, os elementos principais na classificação geomorfológica são: clima e estrutura da litosfera.

Nesse sentido eles apontam que

“(...) o primeiro fato de suma importância é ter-se claro que o relevo é apenas uma das componentes da litosfera e que está intrinsecamente relacionado com as rochas que o sustenta e com os solos que o recobre. É também de absoluta importância, ter-se como noção básica que as formas diferentes do relevo decorrem, portanto da atuação simultânea e desigual das atividades climáticas de um lado e da estrutura da litosfera de outro, bem como a clareza de que tanto clima quanto a estrutura não se comportam permanentemente sempre iguais, ou seja, ao longo do tempo e no espaço ambos nos permitem considerar que o relevo, como os demais componentes da natureza são dinâmicos e, portanto, em constante estado de evolução.”(ROSS e MOROZ, 1997).

Com relação ao Planalto Ocidental estes autores apontam que as formas de relevo predominantes nesta unidade são as denudacionais, marcadamente formadas por colinas amplas e baixas com topos convexos, aplanados ou tabulares (ROSS e MOROZ, 1997).

Durante visitas de campo foi possível constatar que tal descrição se evidencia para a área de estudo. Ou seja, observou que o relevo se apresenta levemente ondulado com paisagens monótonas e predomínio de colinas amplas e baixas e em certas áreas notou-se a existência de morrotes de topos aplainados.

De acordo com Perez Filho (1977), as formas de relevo do Planalto Ocidental Paulista apresentam-se suavizadas e com fraca amplitude topográfica. Essa suavização das formas de relevo é característica da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Anhumas. Isso fica

evidente quando observamos o Mapa de Declividade (Figura 5) dessa região que nos apresenta níveis de declividade com variações entre 0 a 06 % em aproximadamente 80% da área total da Bacia.

Complementar ao Mapa de Declividade é apresentado na sequência um quadro (Quadro 14) que apresenta a relação entre as classes de relevo e os níveis de declividade identificados para BRHA. Tais relações foram estipuladas por meio de adaptação baseada no Manual para Levantamento Utilitário do Meio Físico e Classificação de Terras no Sistema de Capacidade de Uso proposto por Lepsch *et all* (1991).

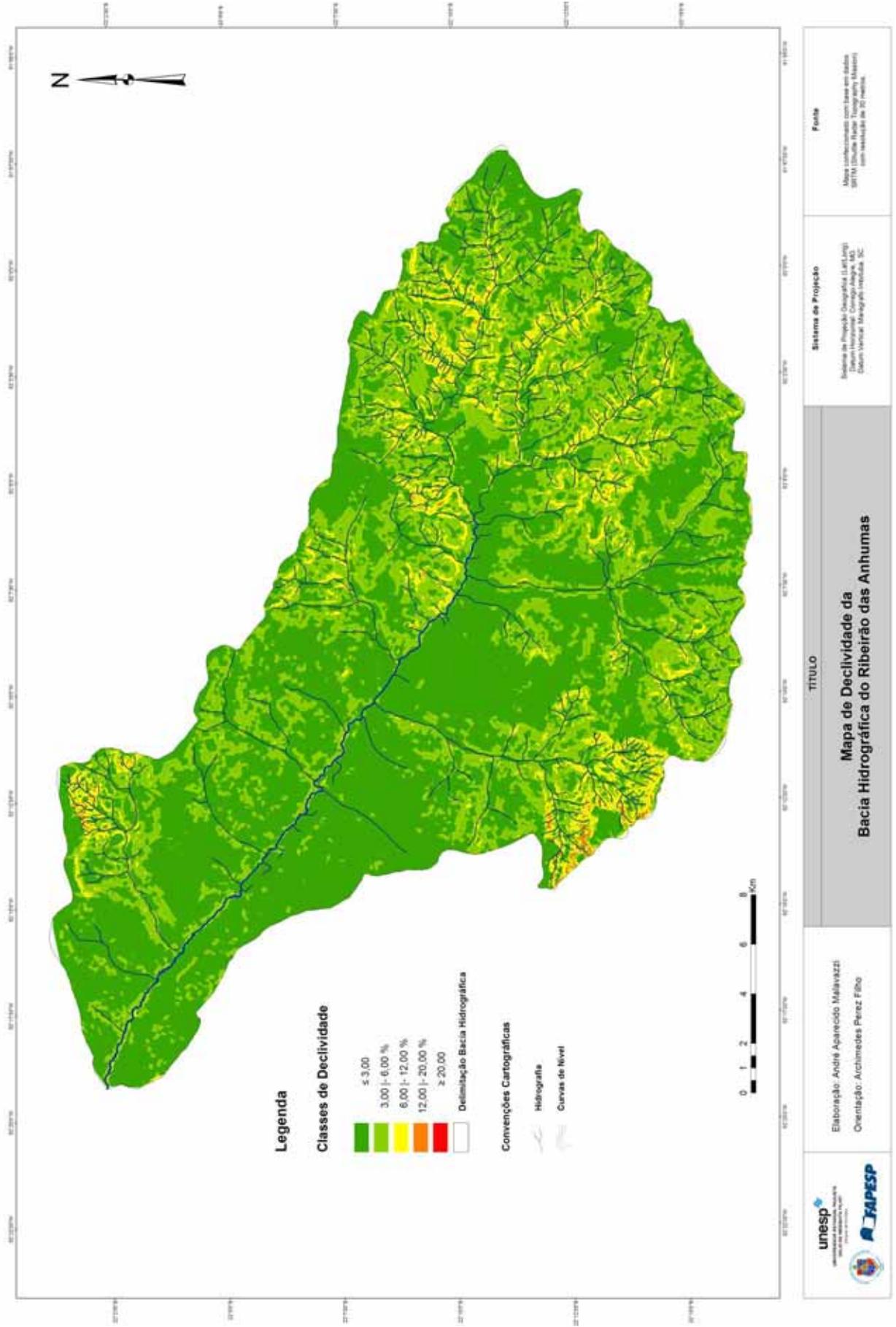
Quadro 14 - Classes de Relevo em Função da Declividade

CLASSE	NÍVEL DE DECLIVIDADE (%)	CLASSES DE RELEVO	FREQUÊNCIA NA BHRA (%)
1	≤ 3	Plano	41
2	3 - 6	Suave	46
3	6 - 12	Ondulado	12,1
4	12 - 20	Colinoso	0,7
5	≥ 20	Fortemente inclinado	0,2

Fonte: Elaborado por próprio autor

A seguir o Mapa de Declividade da BHRA no qual pode ser observada a distribuição espacial dos níveis de declividade por toda a extensão da área pesquisada.

Figura 5 - Mapa de Declividade

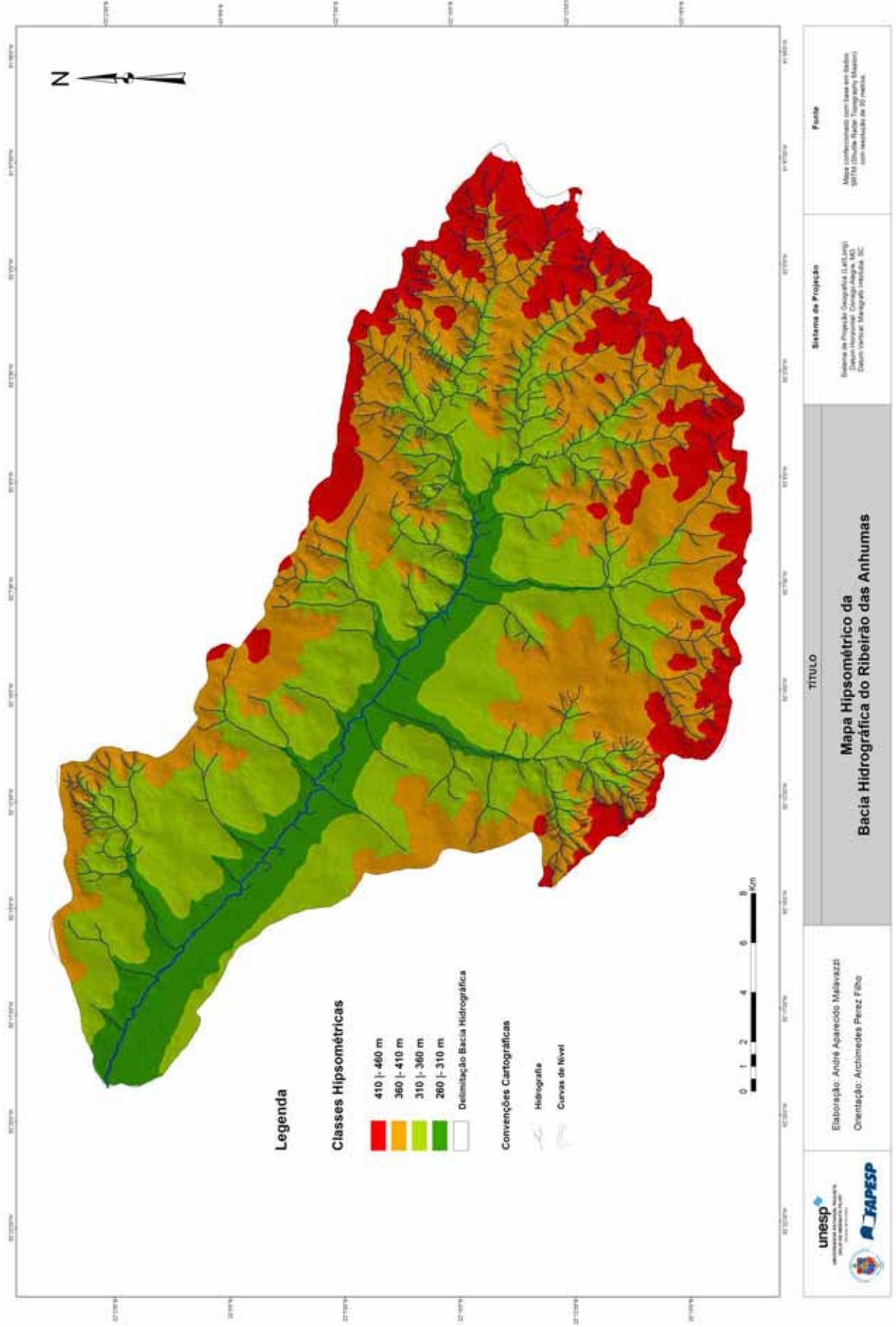


É possível perceber uma concordância entre as correlações apresentadas anteriormente com relação a formas do relevo associado ao tipo de solo. Em quase toda a extensão da BHRA o tipo de relevo que pode ser identificado é o Plano (41%) e o Suave (46%). Trata-se, pois, de uma área de relevo uniforme e com declividades suavizadas.

Os vales na região do Pontal do Paranapanema apresentam entalhamentos médios inferiores a 20 m e as altitudes variam entre 200 metros e 700 metros com declividades médias das vertentes entre 2% a 10%.

Com relação à BHRA especificamente há pouca amplitude na variação nas cotas altimétricas, as quais se encontram entre 260 metros à 460 metros. Na figura a seguir (Figura 6) pode ser observado o Mapa Hipsométrico da área pesquisada.

Figura 6 - Mapa Hipsométrico da BHRA



A BHRA apresenta, como pode ser visto no mapa, pequena amplitude altimétrica o que era de se esperar tendo em vista as características do relevo já apresentadas. As maiores cotas se encontram em uma faixa restrita nas cabeceiras de drenagem. A seguir é apresentado um quadro, complementar ao Mapa Hipsométrico, com as cotas e a porcentagem de área ocupada na BHRA.

Quadro 15 - Área da BHA por Cota Altimétrica

Hipsometria (m)	Área Ocupada (%)
260 - 310	11,0
310 - 360	34,5
360 - 410	38,3
410 - 460	16,2

Fonte: Elaborado por próprio autor

Nota-se que, apesar de mais de 60% da área da BHRA encontrar-se entre as cotas 310 metros a 410 metros, há uma distribuição relativamente uniforme entre as diferentes cotas.

A rede de drenagem, por sua vez, apresenta características associadas tanto a base litológica, quanto ao tipo de solo e relevo. Em geral os rios desta região apresentam padrão de drenagem paralelo com traçados ligeiramente inclinados em direção ao Rio Paraná.

Nesse sentido Koffler (1976) afirma a característica principal do Planalto Ocidental é justamente essa sucessão de terrenos ondulados, relevo extremamente suavizado e de cimos ondulados, configurando baixas e amplas colinas que avançam em direção aos vales dos principais rios buscando as águas do Paraná. Tais características de relevo podem ser localmente mais movimentadas em função da dissecação promovida pela erosão do terreno. Além disso, este autor lembra que o paralelismo da drenagem principal parece indicar que os rios estabeleceram seus traçados principalmente nas superfícies essencialmente planas, inclinadas para o Rio Paraná (KOFFLER, 1976).

Segundo Pinto (1982) o Ribeirão das Anhumas e os rios principais das áreas vizinhas que escoam para o Rio Paraná possuem traçado quase retilíneo e com direção geral Leste – Noroeste, provavelmente condicionados por falhamentos orientados a Noroeste.

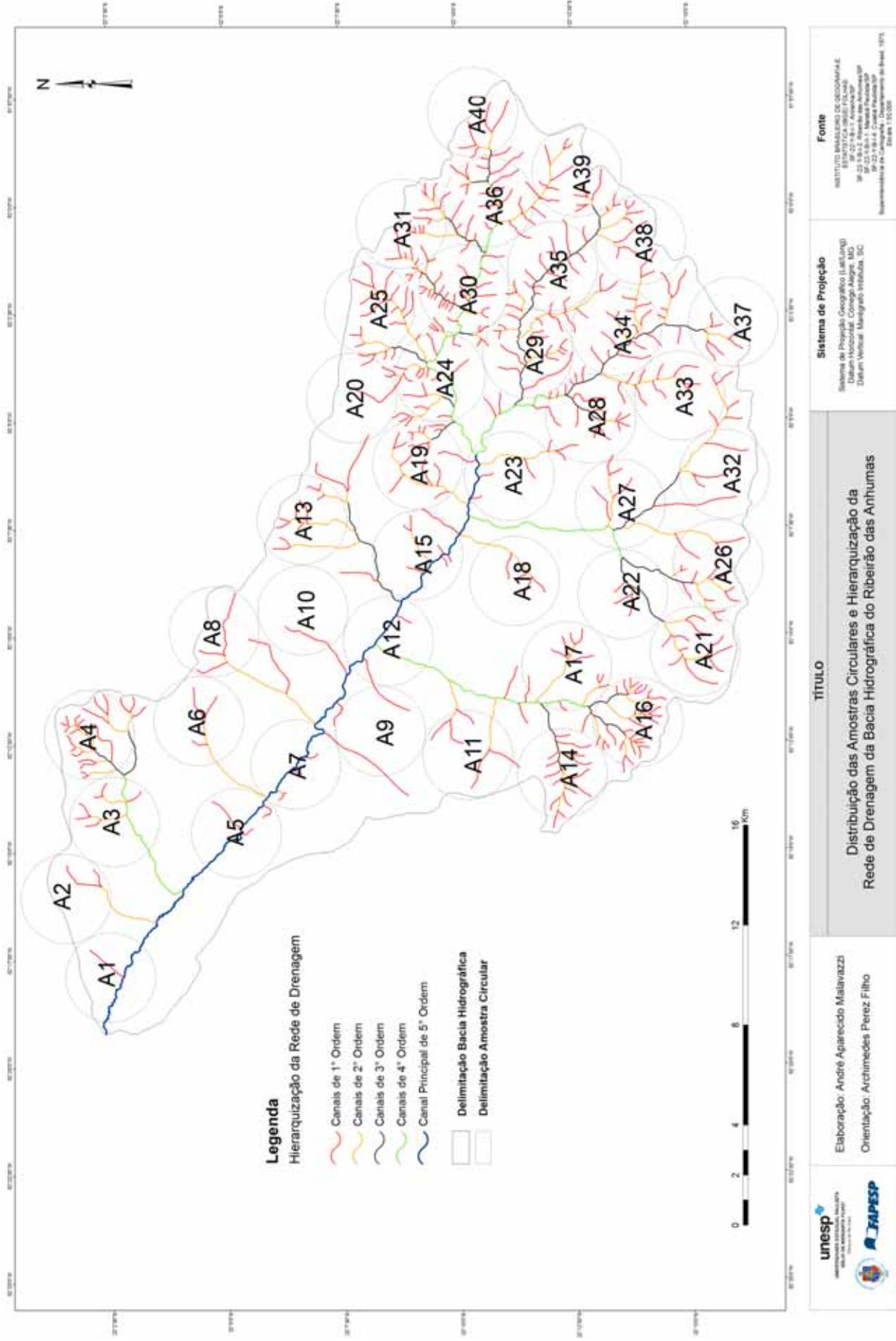
Por sua vez, os rios tributários possuem direção quase ortogonal em relação aos eixos dos rios principais.

Muitos autores assinalam que o comportamento da rede de drenagem (seus padrões e anomalias) à medida que revelam relações entre os ambientes climáticos atuais ou passados, e condicionantes litológicas ou tectônicas, por vezes é tomado como ponto de partida para demarcação de níveis taxonômicos como; Domínios Morfoestruturais, Regiões Geomorfológicas e Unidades Geomorfológicas (IBGE, 2009).

A rede de drenagem da área de estudo apresenta padrão de drenagem dendrítica e seu canal principal é o Ribeirão das Anhumas, o qual surge da confluência de outros dois canais conhecidos como Córrego da Prata (localizado na porção nordeste da BHRA) e Córrego do Ouro (localizado na porção sudeste da BHRA).

Além destes há outros três principais afluentes na porção sul da bacia do Ribeirão das Anhumas que cabe citação, sendo eles; Córrego Água do Ourinho, Córrego da Areia Branca e Córrego Jataí. Na porção norte, ou seja, margem direita do Ribeirão, temos os Córregos do Macaco, da Lagoa, do Coqueiro e da Jacutinga.

Figura 7 - Mapa de Distribuição das Amostras Circulares e Hierarquização da Rede de Drenagem na BHA



Como pode ser observado (Figura 7) o Ribeirão das Anhumas, de forma geral, apresenta um tipo de canal fluvial retilíneo com maior adensamento hidrográfico à montante da bacia, ou seja, nas cabeceiras de seus afluentes.

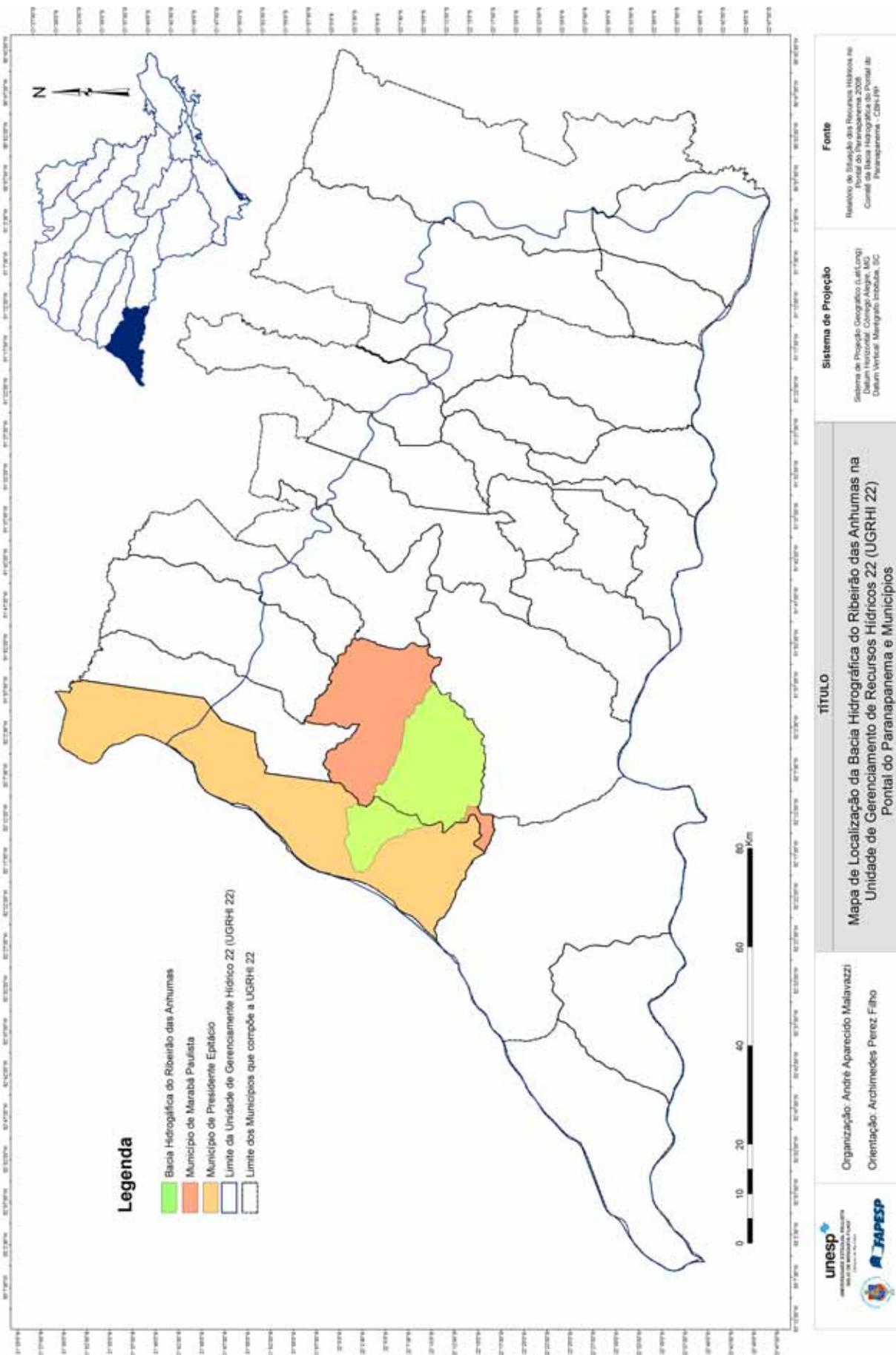
Para definição da hierarquia da rede de drenagem da BHRA definiu-se como base para o presente trabalho a metodologia de hierarquização da rede de drenagem proposta por Strahler (CHRISTOFOLETTI, 1980; IBGE, 2009). O método de hierarquização de rede de drenagem proposto por este autor se mostrou mais indicado para os objetivos da pesquisa, pois, como o foco das análises recai sobre os canais de primeira ordem tal metodologia de hierarquização possibilita uma melhor caracterização de tais canais. Ou seja, os canais de primeira ordem ganham maior evidência por meio deste método de hierarquização.

Nesse sentido, após a hierarquização pode-se concluir que a rede de drenagem da BHRA é classificada como uma bacia de quinta ordem, ou seja, seu canal principal (o Ribeirão das Anhumas) apresenta a maior ordem hierárquica da rede de drenagem e isso pode ser verificado no Mapa de Distribuição das Amostras Circulares e Hierarquia da Rede de Drenagem na BHA apresentado (Figura 7).

Cabe lembrar que os principais contribuintes do Ribeirão das Anhumas nascem no município de Marabá Paulista nos limites com o município de Mirante do Paranapanema, e este Ribeirão percorre uma distância de aproximadamente 30 km desaguardo no Rio Paraná. Como dito anteriormente a área da BHRA é de 525 km² e abrange dois municípios: Presidente Epitácio e Marabá Paulista.

O Estado de São Paulo é dividido em 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos e a BHRA está localizada na UGRHI 22 – Unidade de Gestão de Recursos Hídricos do Pontal do Paranapanema (Figura 8).

Figura 8 - Mapa de Localização da BHRA e Municípios na UGRHI 22



De acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos² tais unidades foram criadas para favorecer o planejamento, gestão e utilização integrada dos recursos hídricos do Estado por parte do poder público e das concessionárias.

Cabe destacar que o limite físico dessas Unidades corresponde às delimitações das principais Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo. Dessa forma, a delimitação da UGRHI 22 corresponde à delimitações das Bacias Hidrográficas do Pontal do Paranapanema (BHPP)³.

A UGRHI 22 possui área de 11.838 km² e abriga vinte e seis municípios. Destes, como pode ser observado na Figura 8, treze encontram-se totalmente inseridos dentro dos limites dessa unidade, enquanto que outras seis municipalidades, além de fazerem parte da Unidade de Gestão em questão, também participam de outras UGRHI's.

Um detalhe interessante a ser lembrado é que essa região hoje denominada de Pontal do Paranapanema (ou simplesmente Pontal), antigamente era conhecida como Grande Reserva do Pontal do Paranapanema (DITT, 2005).

Outro elemento que também é importante para caracterização da área de estudo é o clima. Pois, este elemento contribui e também sofre influência direta pelas características do solo, relevo, hidrografia, vegetação e atividades de uso da terra nas mais diversas escalas, espacial e temporal.

O Oeste do Estado de São Paulo encontra-se numa área de transição climática, entre os sistemas atmosféricos inter e extratropicais, onde ocorre conflito entre as massas Tropical Atlântica, Tropical Continental e Polar, sendo que esporadicamente há também participação da massa Equatorial Continental (BOIN, 2000)

² “O Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), estabelecido pela Lei nº 9.433/97, é um dos instrumentos que orienta a gestão das águas no Brasil. O conjunto de diretrizes, metas e programas que constituem o PNRH foi construído em amplo processo de mobilização e participação social. O documento final foi aprovado pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) em 30 de janeiro de 2006.” (Fonte: <http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=161&idConteudo=9513>, consulta realizada dia 23/12/2010)

³ “Em atendimento à Lei Estadual n.º 7.663/91, foi instalado em 21 de junho de 1996, o Comitê da Bacia Hidrográfica do Pontal do Paranapanema – CBH-PP com a competência de gerenciar os recursos hídricos existentes nesta sub-bacia do rio Paranapanema, denominada Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 22 (UGRHI-22).” (Fonte: Relatório de Situação dos Recursos Hídricos no Pontal do Paranapanema 2008, elaborado pelo CBH – PP)

Como principais características climáticas da região Oeste podem ser apontadas, primeiro, a participação das massas de Oeste-Noroeste, a qual no inverno provoca o aquecimento pré-frontal, responsável pelas chuvas de inverno, mas se forma reduzida promovendo um período seco (MONTEIRO, 1973; BOIN, 2000).

Segundo, tendo como foco o extremo sudoeste do Estado de São Paulo, ou seja, o Pontal do Paranapanema, Boin (2000) destaca que, mesmo sob influência da participação das massas de ar continentais, pelo fato de esta região estar localizada mais ao sul há maior influência das massas polares, o que confere um maior índice de chuvas no inverno, apesar de não eliminar o caráter seco desta estação.

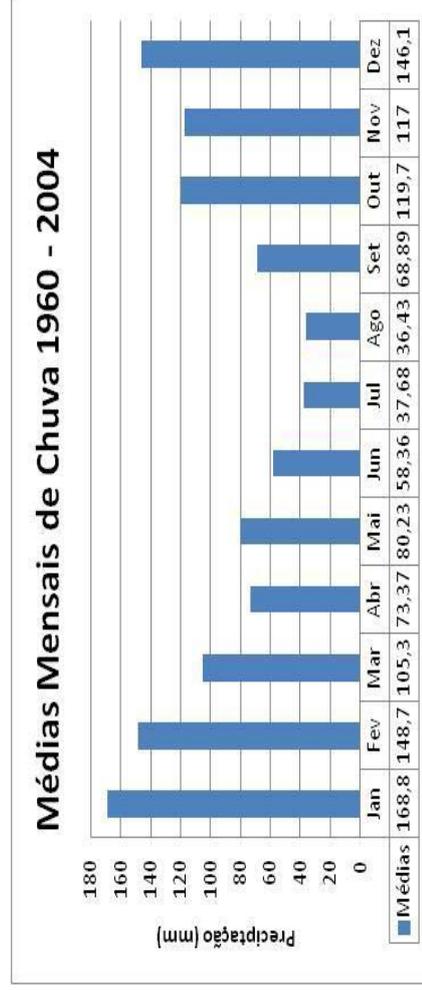
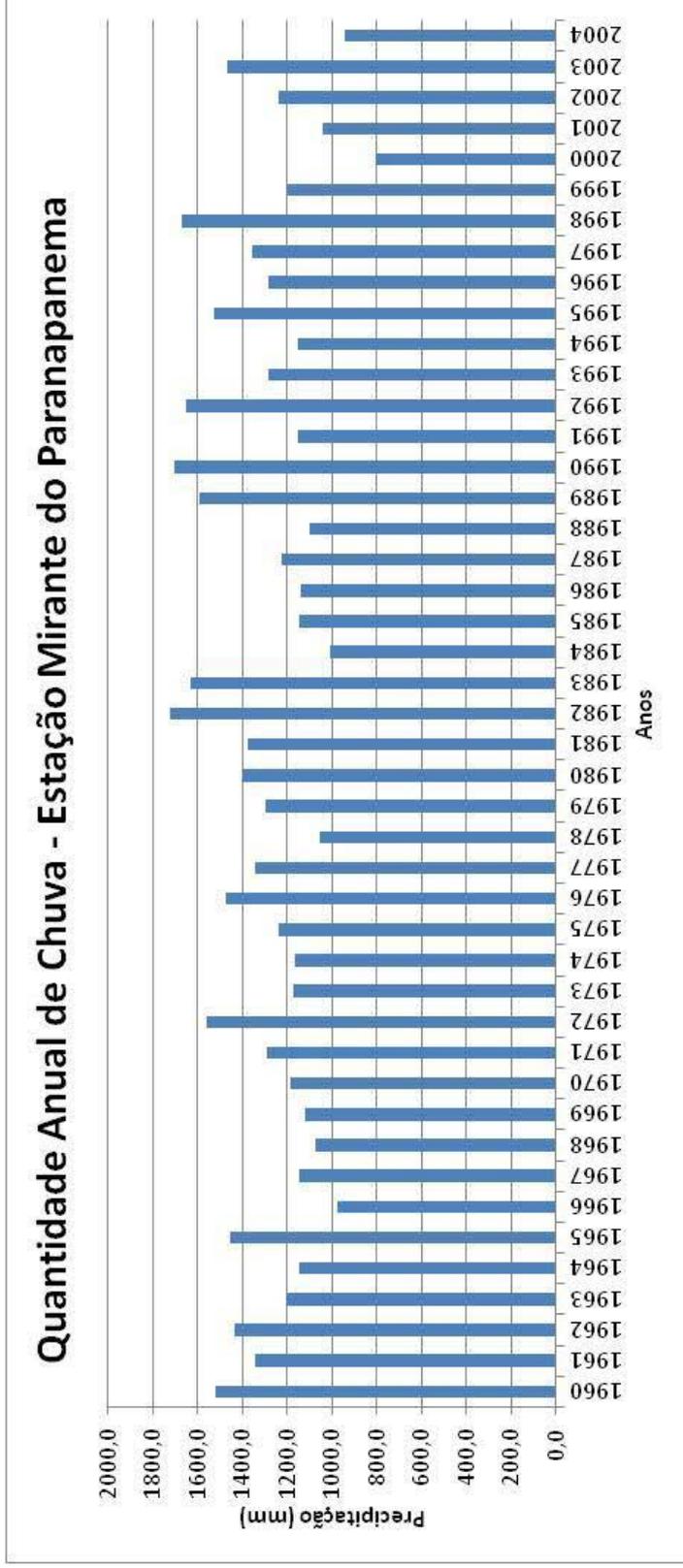
Para uma caracterização mais precisa das chuvas na BHRA foram pesquisados dados de precipitação de três estações pluviométricas localizadas no entorno da bacia. Buscou-se a maior quantidade de dados disponíveis para o período entre 1960 e 2010. As estações pluviométricas pesquisadas⁴ foram: Marabá Paulista; Mirante do Paranapanema e Teodoro Sampaio (Figura 10).

Infelizmente nem todas as estações apresentavam séries históricas completa dos dados pluviométricos para o período desejado. Mas, mesmo assim foi possível verificar as principais alterações pluviométricas na BHRA para este período proposto baseando-se nos dados da estação de Mirante do Paranapanema, a única a possuir todos os dados para o período previsto.

Em posse dos dados foram elaborados dois gráficos, um com a quantidade de chuva anual para o período (1960-2004) e outro com as médias mensais para o mesmo período. A seguir são apresentados esses gráficos (Figura 9) para melhor visualização das variações pluviométricas da BHRA.

⁴ Infelizmente não foi possível conseguir dados a partir do ano de 2004. As fontes de pesquisa utilizadas foram o Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (SigRH), Agência Nacional de Águas (ANA) e Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE).

Figura 9 – Total das Precipitações Anuais e das Médias Mensais – Estação Mirante do Paranapanema



Fonte: Elaborado por próprio autor

Além da caracterização pluviométrica da BHRA, a construção desse gráfico permite observar se houve, baseando-se nas quantidades anuais e nas variações das médias mensais, algum comportamento que pudesse vir a interferir de forma significativa nos processos erosivos e no comportamento hidrológico da rede de drenagem inviabilizando a análise comparativa dos dois cenários, 1962 e 2010.

Para o período visualizado os totais anuais apontam que a partir do ano de 1983 há uma diminuição na quantidade pluviométrica anual em relação aos anos anteriores, e esse comportamento se mantém até 1989. Além desse período, o que se nota é um padrão bem uniforme em relação aos valores anuais de chuva sem grandes variações.

Entre os anos que apresentam maiores registros de chuvas, e aqueles menores com valores pluviométricos, o que se percebe é uma transição equilibrada entre os períodos mais secos e mais úmidos. Considerando que o maior valor anual de chuva verificado é de aproximadamente 1700 mm, o valor médio então é de 850 mm. Nesse sentido, o que se observa é que todos os anos estão acima desse valor médio (750 mm), sendo o valor anual mais baixo registrado é aquele indicado no ano de 2000, sendo 800 mm.

O gráfico da variação mensal para todo o período (1960-2004) apresenta apenas a variação do comportamento pluviométrico ao longo de um ano. O que possibilita identificar os meses mais secos (abril, maio, junho, julho, agosto e setembro) e aqueles mais úmidos (outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março).

Com base nesses dados, por meio da caracterização pluviométrica, é possível afirmar que a área apresenta uma distribuição equilibrada das quantidades anuais de chuva para todo o período analisado e sua interferência nos processos erosivos e alterações na rede de drenagem manteve-se constante não sendo um elemento que poderia prejudicar as análises.

O elemento chuva é também fator importante para a evolução da vegetação de uma dada região. Em eventos climáticos extremos ele pode ser responsável, por exemplo, por alterar a flora (não somente a flora, mas também os demais elementos que compõe esse sistema) de uma área de forma drástica.

Originalmente a região do Pontal do Paranapanema era recoberta por vegetação do tipo Floresta Pluvial com algumas manchas de Cerrado e Cerradão, os quais são associados aos solos arenosos, ácidos e de baixa fertilidade (RODRIGUES, 2006).

Na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Anhumas há poucas áreas em que a vegetação original se manteve protegida, pois, grandes áreas foram tomadas por culturas ou disponibilizadas para campo.

Em três visitas realizadas como Trabalho de Campo na BHRA pode-se constatar esse cenário descrito acima e o tipo de cultura que hoje predomina na área da bacia é a cana-de-açúcar.

No quadro abaixo (Quadro 16) podemos observar o tipo de vegetação predominante para cada um dos municípios da BHRA, e suas ocorrências em termos de área.

Quadro 16 - Vegetação nos Municípios da BHRA

Municípios	Vegetação Natural (ha)							Total
	Mata	Capoeira	Cerrado	Cerradão	Várzea	Não Indent.	Reflorestamento	
Presidente Epitácio	3.578	926	232	0	440	0	14	5.190
Marabá Paulista	1510	1266	48	0	17	0	15	2856

Fonte: Organizado por próprio autor, adaptado do Relatório de Situação dos Recursos Hídricos no Pontal do Paranapanema 2008.

Estes dados foram retirados do “Relatório de Situação dos Recursos Hídricos no Pontal do Paranapanema 2008” e como pode ser observado, de modo geral, em ambos os municípios a vegetação do tipo Mata é mais significativa do que os demais tipos de vegetação; Presidente Epitácio 3.578 há e Marabá Paulista 1510 há. Além disso, também se observa que Presidente Epitácio apresenta índices maiores para quase todos os tipos de vegetação, com exceção do tipo Capoeira.

Tal constatação talvez se deva ao fato de a cidade de Presidente Epitácio possuir uma maior extensão territorial. Além disso, esta cidade também faz fronteira com o Rio Paraná e, portanto, possui uma grande Área de Proteção Permanente (APP), com características físico-

ambientais favoráveis à consolidação e permanência principalmente do tipo de vegetação Mata.

Na área pesquisada atualmente essa vegetação original encontra-se restrita às áreas residuais em consequência da ocupação antrópica, a qual foi a grande responsável pelas profundas alterações na paisagem local devido ao intenso desmatamento provocado e a construção da usina hidroelétrica de Porto Primavera que dinamizou economicamente aquela região.

Entre 1920 e 1970 a vegetação natural da região do Pontal do Paranapanema foi reduzida a poucos fragmentos de mata como, por exemplo, a reserva o Morro do Diabo que se ainda se mantém protegida até os dias atuais (BOIN, 2000).

Carmo (2001) destaca que a partir de 1930, com a decadência do café, a cultura do algodão assumiu um papel de destaque no estado de São Paulo, e sua expansão, aliada ao arrendamento da terra, atingiu diretamente o Pontal no início da década de 40.

Esse processo foi marcado também por uma forma específica de atuação em relação ao meio ambiente, sendo que, a expansão cafeeira (primeira fase de ocupação) havia ocorrido através da ocupação de áreas de florestas nativas.

Essas terras revelaram-se muito produtivas nos primeiros anos, vindo a exaurir-se em pouco tempo (aproximadamente 15 anos), provocando o desmatamento de novas áreas, enquanto áreas antigas eram transformadas em pastagens (segunda fase de ocupação). Ocorreu assim um processo continuado de exaustão do solo por meio do uso e ocupação irracional das terras.

A cultura algodoeira marca a terceira fase de uso das terras no Pontal, definindo novo modelo de apropriação da mesma, apoiado na pequena propriedade, no trabalho de pequenos agricultores, arrendatários e parceiros de terra. Esta atividade agrícola não se limitou às terras onde havia anteriormente culturas cafeeiras, estendendo-se a solos virgens e distantes do eixo ferroviário (CARMO, 2001).

Com o declínio da lavoura de algodão, no início da década de 70, a maior parte das propriedades agrícolas já estava basicamente tomada pelas pastagens.

A forma do processo de uso e ocupação do Pontal e suas decorrências podem ser sintetizadas segundo a afirmação de Alvim (1996), o qual diz que todo o processo de ocupação das terras do Pontal, ocorrendo por meio de derrubada de matas e emprego constante de lavouras anuais sem a utilização de qualquer prática conservacionista, levou à intensa degradação dos solos, reduzindo seu potencial econômico de utilização.

Em 1978, apesar da proibição da extração de madeira na região, devido à falta de fiscalização, paradoxalmente, houve aumento do desmatamento ocorrendo uma intensificação dos impactos causados pelo homem naquela região (CARMO, 2001).

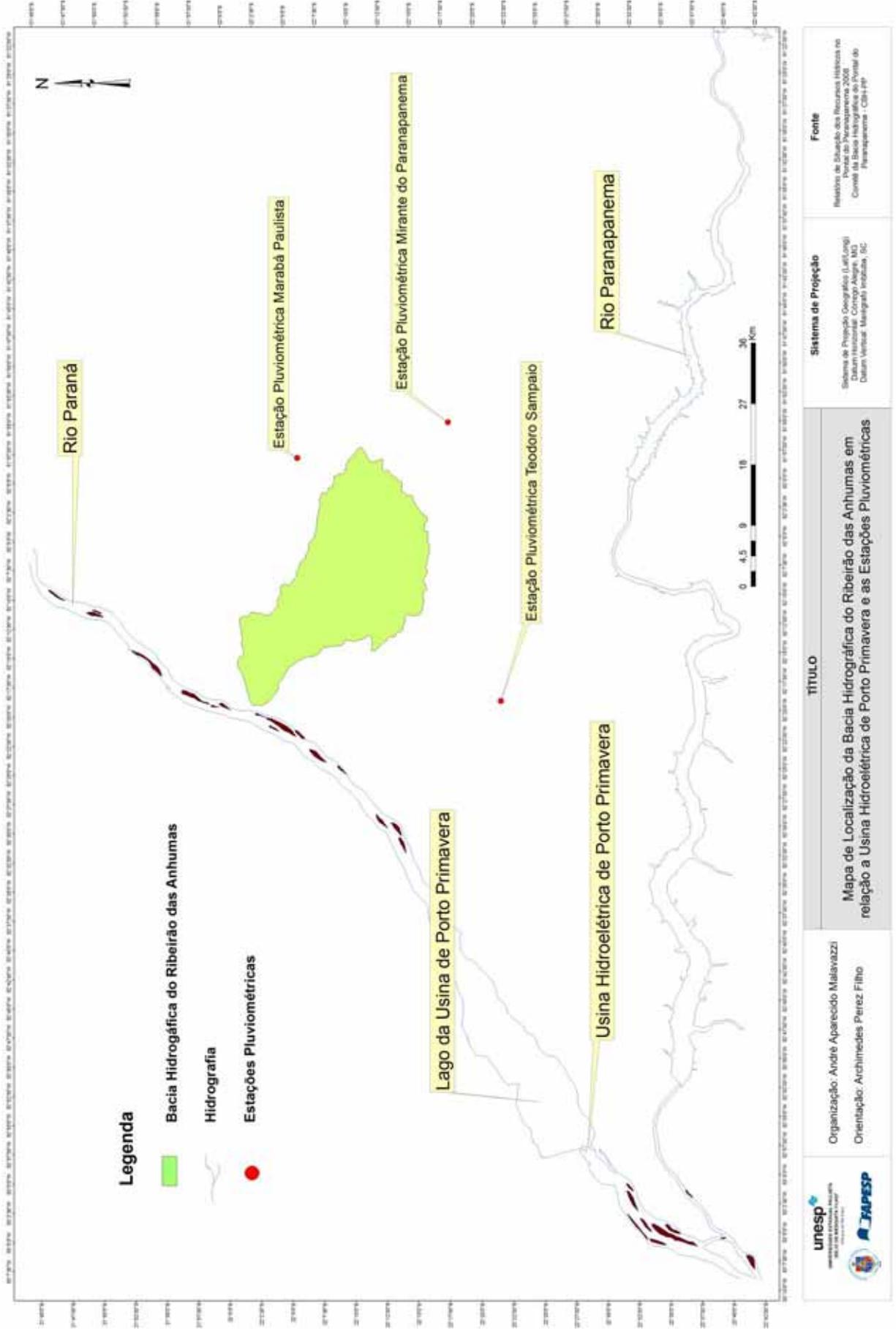
A partir de 1980 inicia-se outro um novo processo de intervenção antrópica nessa região com o projeto de construção da Usina Hidrelétrica Engenheiro Sérgio Motta, também conhecida como Usina Hidrelétrica de Porto Primavera, instalada no Rio Paraná, próxima ao município paulista de Rosana, tendo 80% de seu lago no estado de Mato Grosso do Sul e o restante no estado de São Paulo.

A construção desta represa trouxe grandes transformações para aquela região, tendo em vista as suas proporções. O lago de Porto Primavera inundou uma área de 2.250 km², ou 225 mil hectares, aumentando em nove vezes o leito do rio Paraná para produzir, em sua potência máxima, 1.800 megawatts, com média de 900 megawatts.

Em dezembro de 1998 foi concluída a primeira etapa do enchimento do reservatório, na cota 253,00 m. Já a segunda etapa do projeto, na cota 257,00 m, concluiu-se três anos mais tarde, em março de 2001.

Essa obra, localizada a aproximadamente 80 km de distância da área da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Anhumas (Figura 10), causou profundos e diversos tipos de impactos ambientais com consequências irreparáveis, alterando as dinâmicas tanto naturais e físicas, quanto sociais daquela região de forma intensa e muitas vezes irreversíveis.

Figura 10 - Localização da BHRA em relação à Usina Hidroelétrica de porto Primavera



Como se pode perceber o histórico de uso e ocupação da terra no Pontal do Paranapanema é marcado por constantes e diversificadas ações antrópicas que tem modificado tanto a paisagem daquela região, quanto as dinâmicas do meio físico de forma intensa e significativa implicando em uma nova organização espacial daquela região.

5.2 Análise dos Resultados

Grande parte do trabalho de mapeamento se desenvolveu tendo como base principal, primeiro, para o Cenário I (1962), as fotografias aéreas do levantamento aérofotográfico do Estado de São Paulo de 1962, segundo, para o Cenário II, as imagens do satélite ALOS, sensores PRISM e AVNIR, adquiridas em maio de 2010.

A seguir são apresentadas as duas bases imagéticas (Figura 11 e 12) recortadas nos limites da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Anhumas.

Figura 11 - Recorte BHRA da imagem ALOS

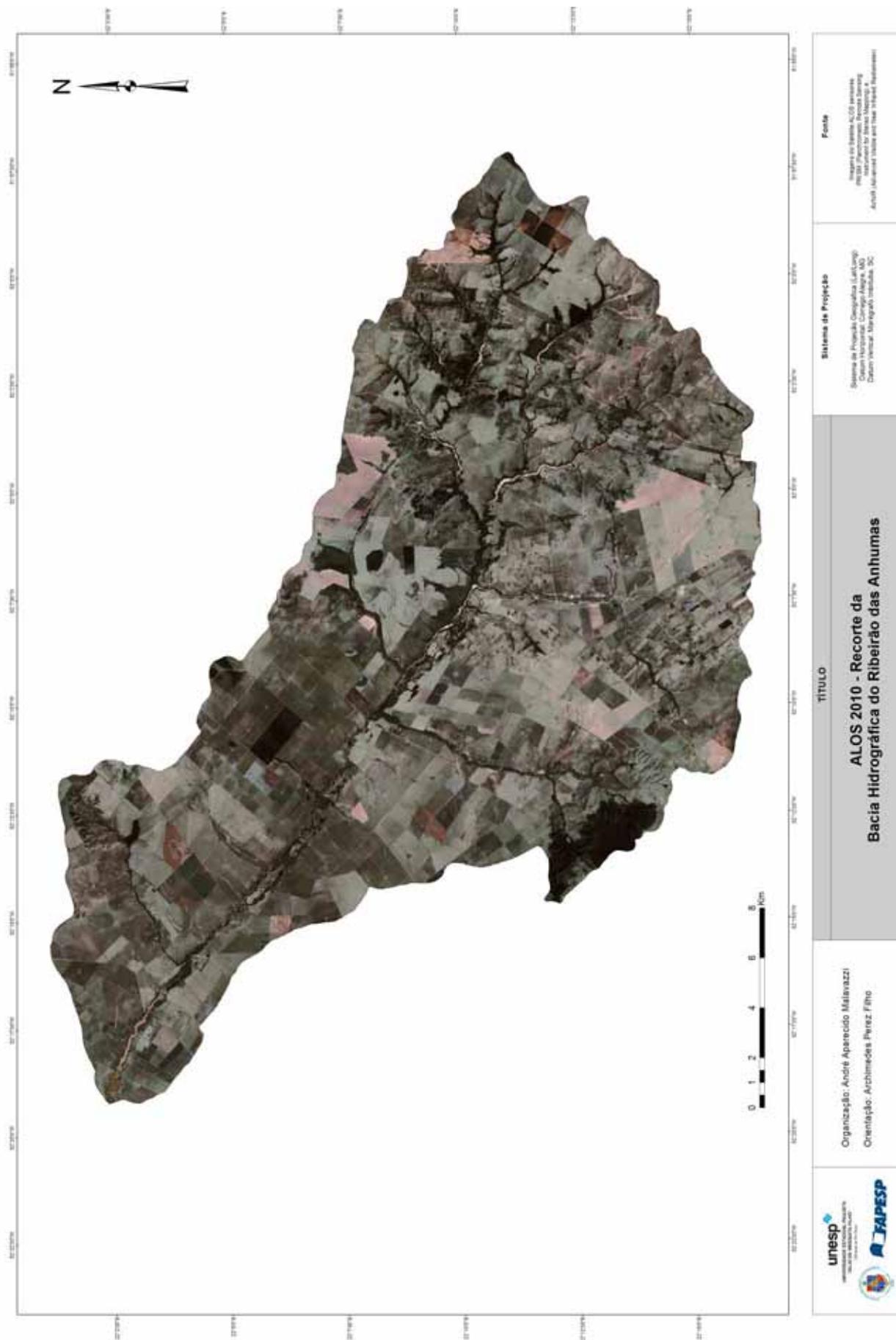
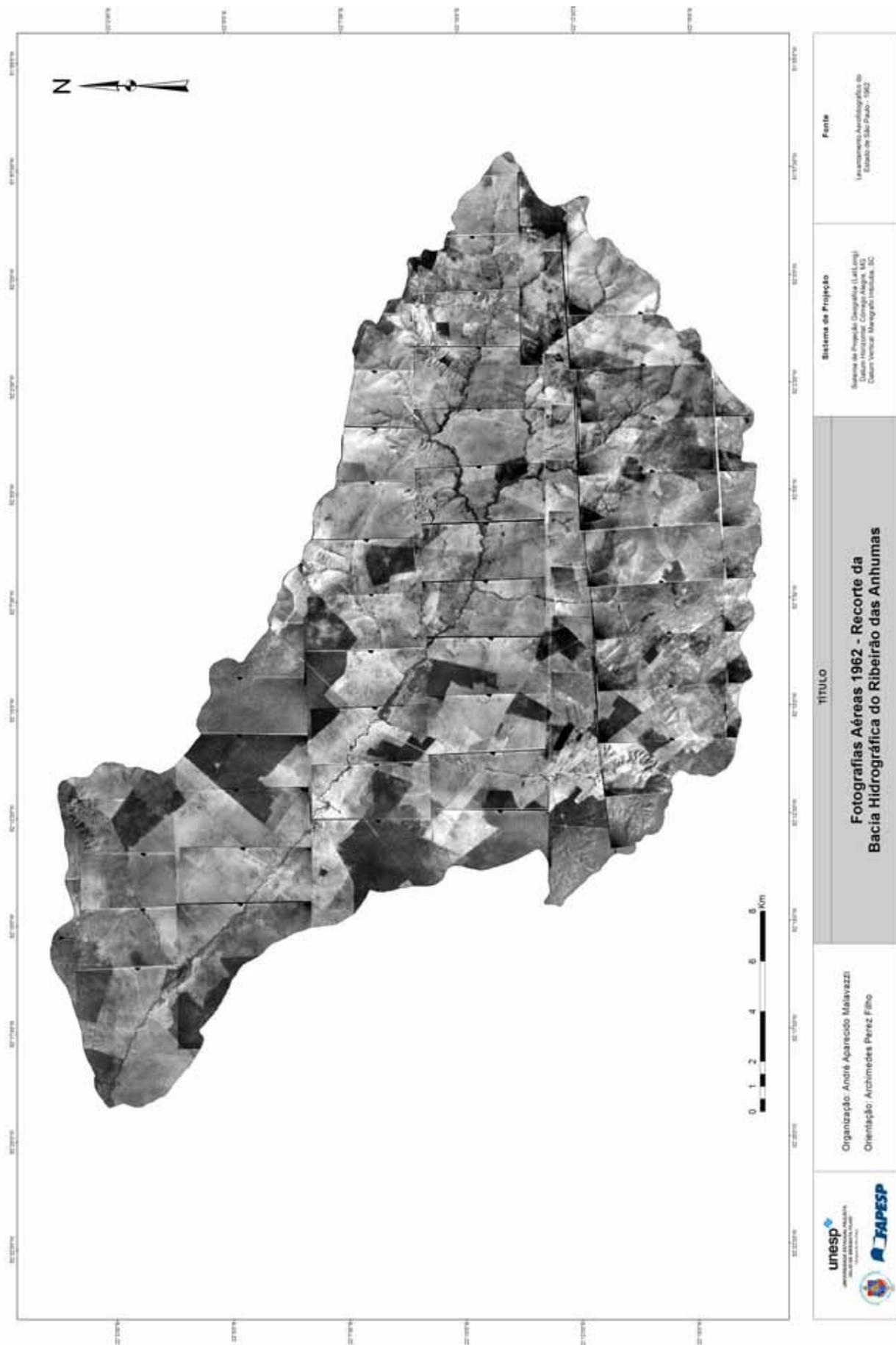


Figura 12 - Recorte BHRA das Fotografias Aéreas

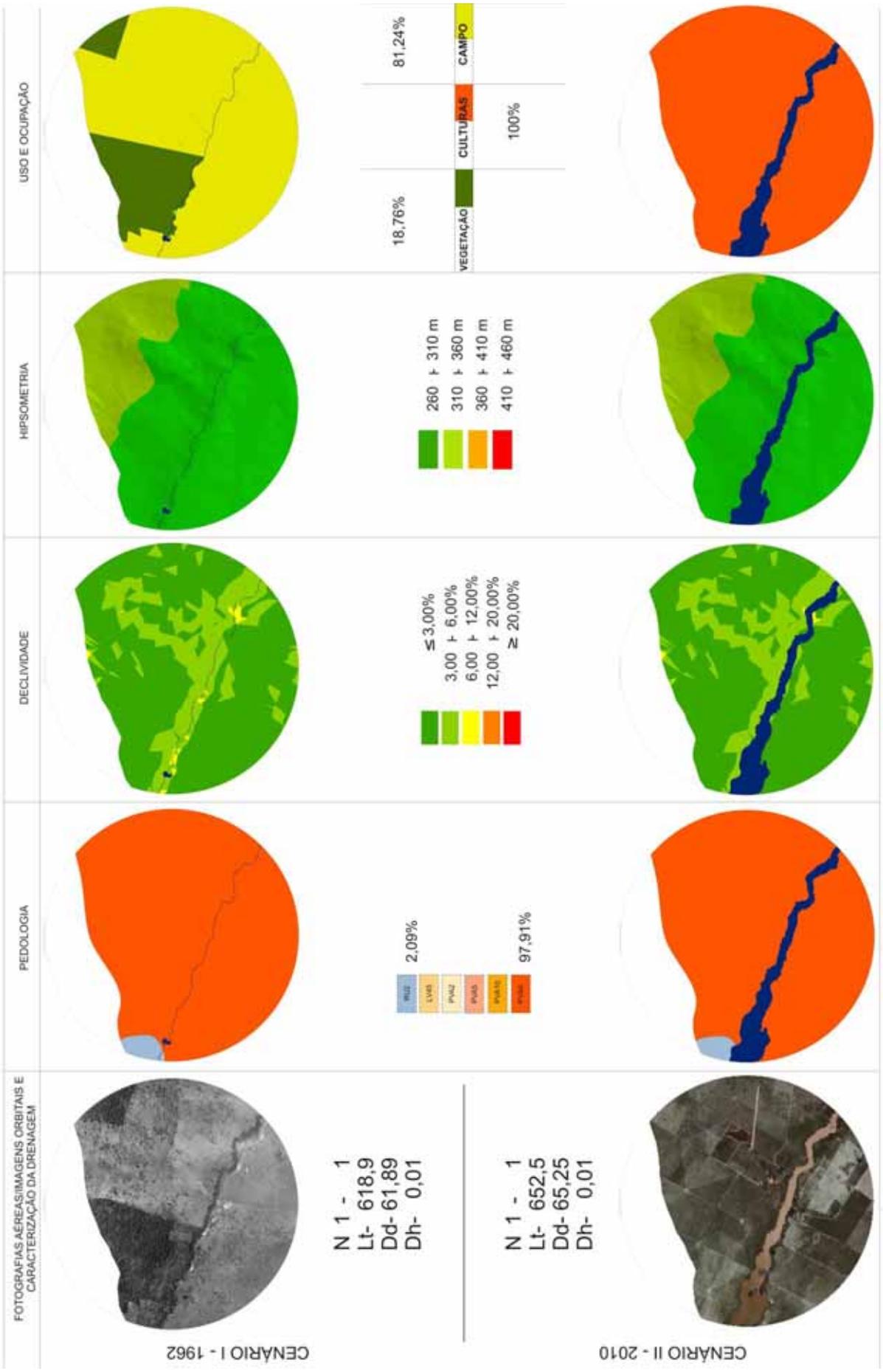


Dessa forma, após serem produzidos e processados os resultados foram organizados em duas partes para a realização da análise integrada dos dados. A primeira parte consiste em apresentar e analisar os resultados com relação às alterações da rede de drenagem e modificações do uso e ocupação da terra no contexto geral de toda a Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Anhumas (tendo como base o total das 40 amostras circulares) para os dois cenários proposto: **1962** e **2010**. Além disso, também serão apresentados nesta primeira etapa dados com relação às características do ambiente físico da bacia: altimetria, declividade e solo.

Na segunda etapa, por sua vez, as análises são direcionadas para o contexto das amostras circulares no sentido de identificar as correlações entre os elementos do sistema ambiental da bacia e o comportamento da rede de drenagem em cada amostra circular, procurando estabelecer e identificar padrões que indiquem as prováveis causas das alterações observadas.

Além disso, no sentido de possibilitar melhor comparação entre as amostras circulares foram elaborados quadros comparativos para cada amostra circular, no qual, são apresentadas as imagens (fotografia aérea de 1962 e imagens ALOS de 2010) recortadas para cada amostra, e também os recortes para os elementos: solo, declividade, hipsometria e uso e ocupação da terra. A seguir, apenas a título de exemplo, é apresentado o quadro comparativo para a amostra A01.

AMOSTRA 01



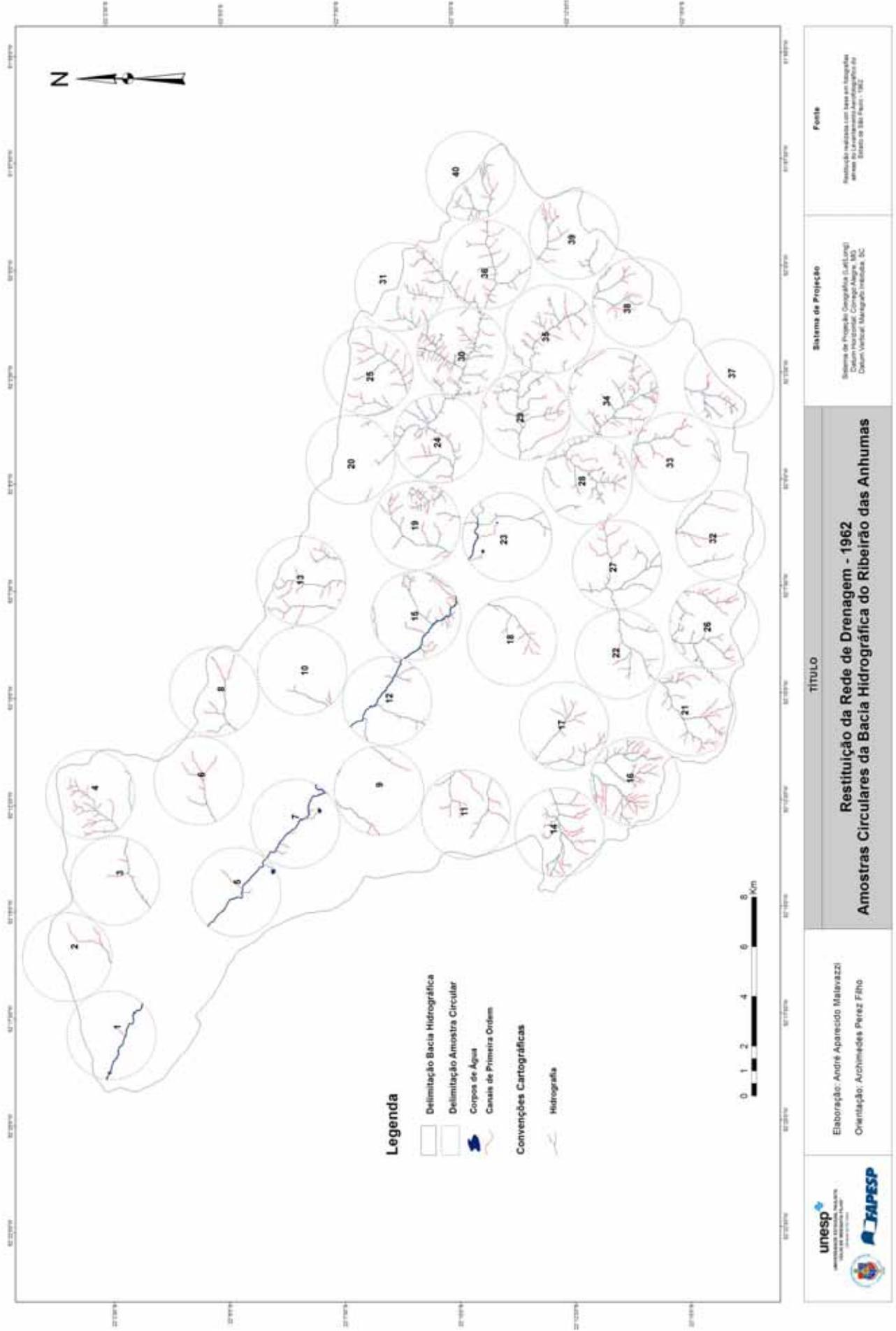
Fonte: Elaborado por próprio autor

Todos os Quadros Comparativos para cada uma das amostras encontram-se disponível em formato digital (CD) no Apêndice do presente trabalho e podem ser visualizados quando se fizer necessário observar com maior detalhe cada amostra em particular.

5.2.1 Alterações da Rede de Drenagem e Dinâmicas do Uso e Ocupação da Terra na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Anhumas

A partir da restituição da rede de drenagem para os dois cenários: 1962 e 2010, e da quantificação dos dados foi possível vislumbrar o quanto a morfologia dos canais de primeira ordem alteram-se nesse intervalo de tempo de apenas 48 anos. Em seguida são apresentados os mapas de restituição da rede de drenagem dos dois cenários.

Figura 13 - Restituição da Rede de Drenagem da BHRA - 1962



Como dito anteriormente foram distribuídas 40 amostras circulares de 10 km² por toda área da bacia sendo numeradas sequencialmente da nascente do Ribeirão das Anhumas em direção as cabeceiras de drenagem como observado na figura apresentada.

Tendo como foco da pesquisa analisar as alterações da rede de drenagem a partir da análise morfométrica dos canais de primeira ordem (N1) buscou-se, no processo de mapeamento, dar destaque para os canais de primeira ordem (N1) como pode ser observado na Figura 13. Em vermelho estão indicados no mapa de restituição da drenagem os canais de primeira ordem para o Cenário I: 1962.

A análise morfométrica para a área de todas as amostras circulares resultou no quadro a seguir.

Quadro 17 - Análise Morfométrica das Amostras Circulares

Comprimento (km)	Canais de Primeira Ordem (N1)	Dd (Km/Km²)	Dh (N1/km²)
324228,4	896	810,6	2,0

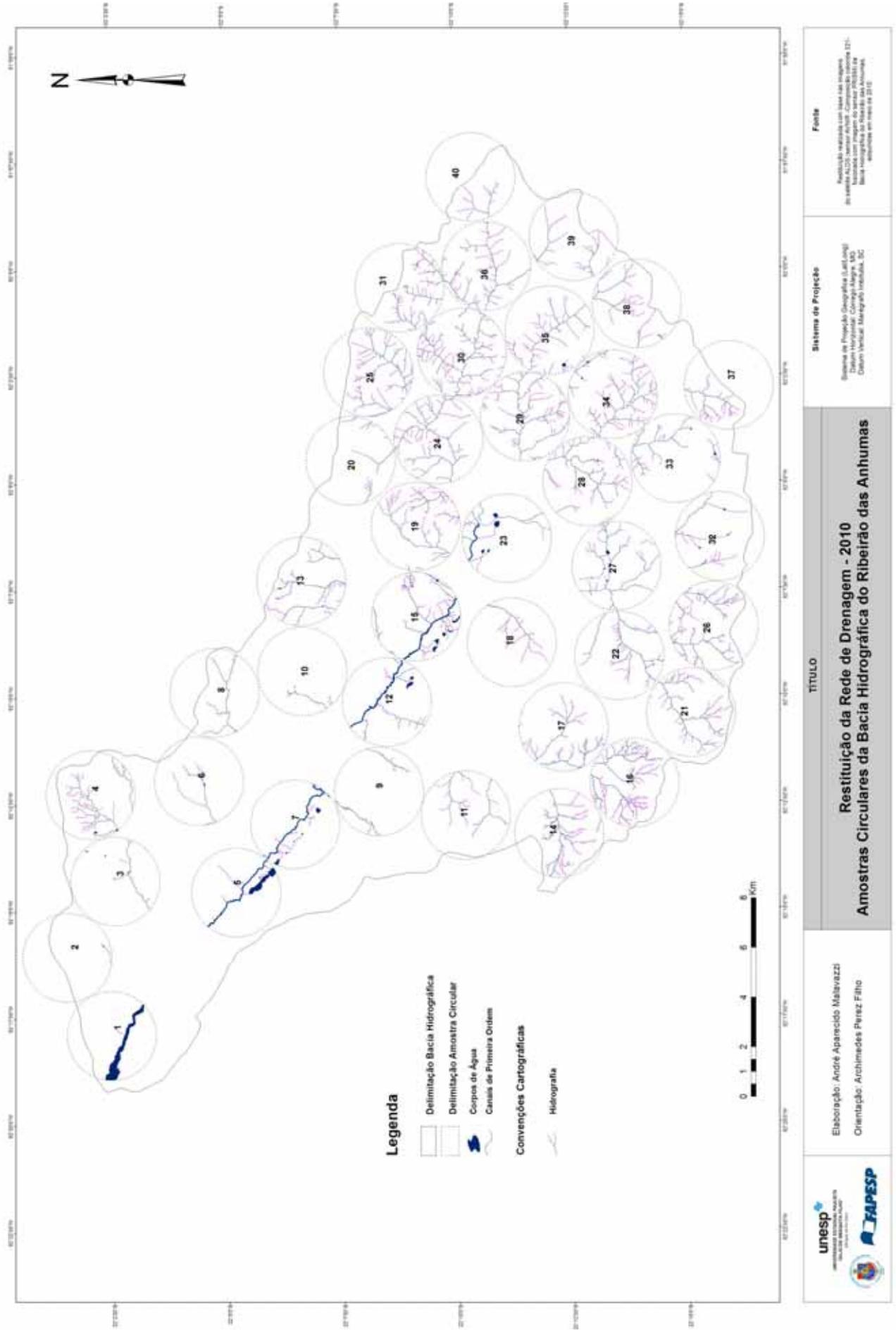
Fonte: Elaborado por próprio autor

Somando-se as áreas das amostras circulares, que no total contabilizam 40 amostras de 10 km² cada, temos que a área total da bacia recoberta pelas amostras circulares é de 400 km². Sabendo-se que a área total da BHRA é de 525 km², as amostras circulares recobrem cerca de 76% de toda bacia, sendo esta uma porcentagem bastante representativa do sistema como um todo.

No Quadro 17 observa-se que, somando-se todos os canais de primeira ordem de todas as amostras tem-se um total de 896 canais de primeira ordem para este Cenário I – 1962.

O comportamento da rede de drenagem no Cenário II – 2010, posterior à construção da Usina Hidroelétrica de Porto Primavera apresentam significativas variações com relação a esses dados apresentados para o Cenário I. Observe na sequência o Mapa de Restituição da rede de Drenagem do Cenário II.

Figura 14 - Restituição da Rede de Drenagem da BHRA - 2010



A rede de drenagem neste novo contexto (2010) sofreu significativas alterações em relação ao cenário anterior (1962), principalmente com relação aos canais de primeira ordem, foco desta pesquisa. Abaixo segue um quadro da análise morfométrica do total das amostras circulares.

Quadro 18 - Análise Morfométrica das Amostras Circulares

Comprimento (km)	Canais de Primeira Ordem (N1)	Dd (Km/Km ²)	Dh (N1/km ²)
379594,2	1180	949,0	3,0

Fonte: Elaborado por próprio autor

O primeiro elemento que se destaca é com relação ao número de canais de primeira ordem que agora é de 1180 canais. Isso representa um aumento de 31,6% de canais de primeira ordem em um espaço de tempo de 48 anos.

Por consequência desse aumento os demais índices também apresentam significativas variações em relação ao cenário anterior. Enquanto no Cenário I os índices de **Dd** é de **810,6 km/km²** e **Dh** de **2 N1/km²**, no Cenário II esses índices são: **Dd = 949,0 km/km²** e a **Dh = 3 N1/km²**.

Já se constata que no prazo de 48 anos houve alterações significativas nos padrões da rede de drenagem da BHRA. Na perspectiva das análises clássicas em geomorfologia fluvial, tais alterações são muitas vezes relacionadas às alterações no uso e ocupação da terra.

Porém, partindo da hipótese inicial de que **a construção de grandes barragens, ao alterar o nível de base local de um rio principal, promove significativas alterações na dinâmica dos canais fluviais de primeira ordem a montante e também intensificação dos processos erosivos, resultando em novas formas de organizações físico-espaciais da rede de drenagem**, há que se considerar no contexto da BHRA que a construção da Usina Hidroelétrica de Porto Primavera promoveu grandes alterações nas mais diversas escalas espaciais e temporais naquela região e, tendo em vista que a construção

de tal empreendimento ocorreu entre os dois cenários apresentados, há indícios para relacionar a construção de Porto Primavera com tais alterações observadas.

Nos dois cenários observa-se que há um adensamento dos canais de primeira ordem nas cabeceiras de drenagem, principalmente no sentido leste e nordeste da bacia. Comportamento que pode ser explicado com base na distribuição espacial das altimetrias pela área da bacia, pois, nesta região observada é onde se encontram as maiores cotas altimétricas como pode ser visto no Mapa Hipsométrico da BHRA com sobreposição da rede de drenagem do Cenário I (Figura 15).

E na sequência é apresentada a mesma base altimétrica só que sobreposta com a rede de drenagem do Cenário II (2010) para serem observadas as variações da rede de drenagem sobre o mapa hipsométrico da BHRA.

Figura 15 - Mapa Hipsométrico das Amostras Circulares da BHRA - 1962

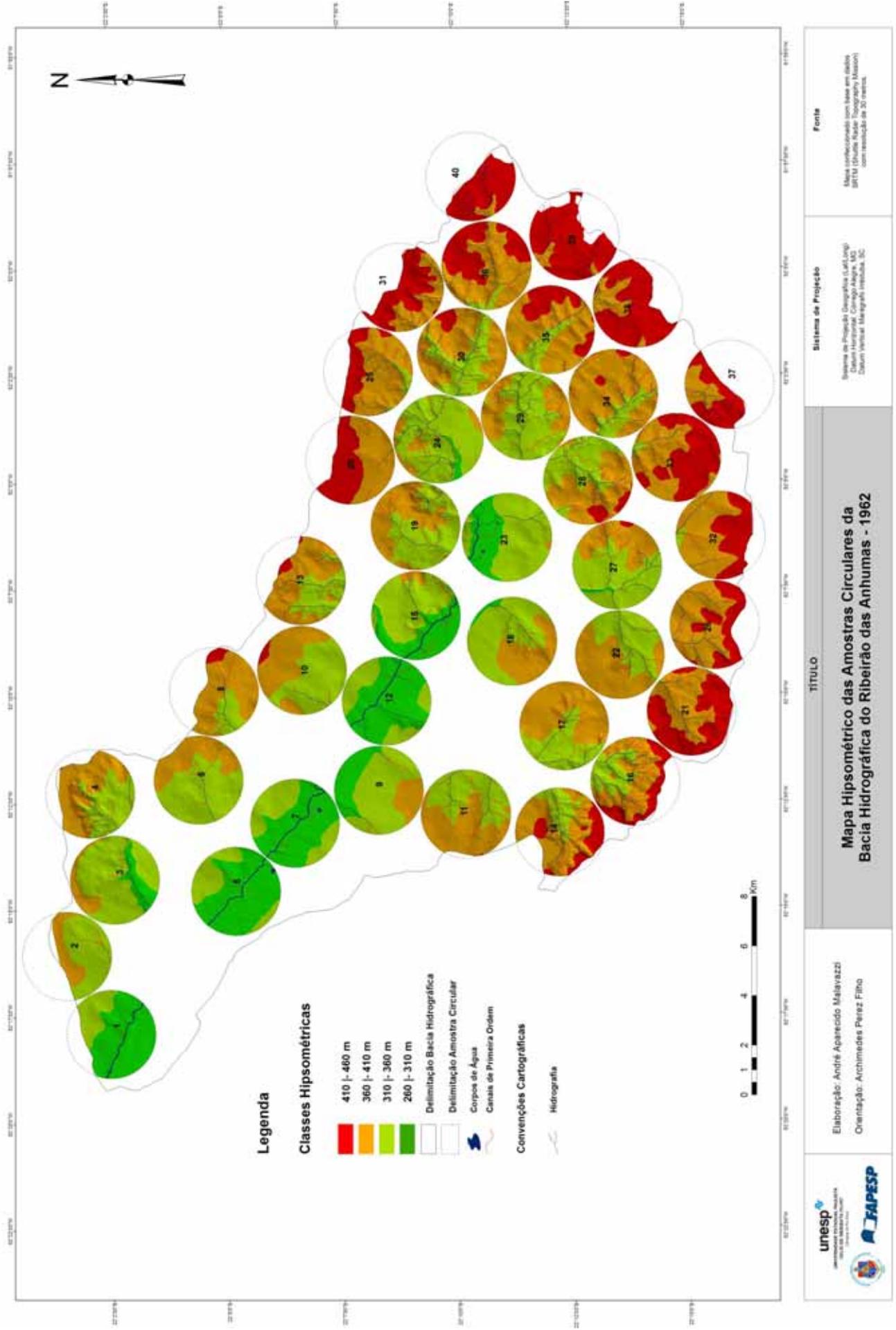
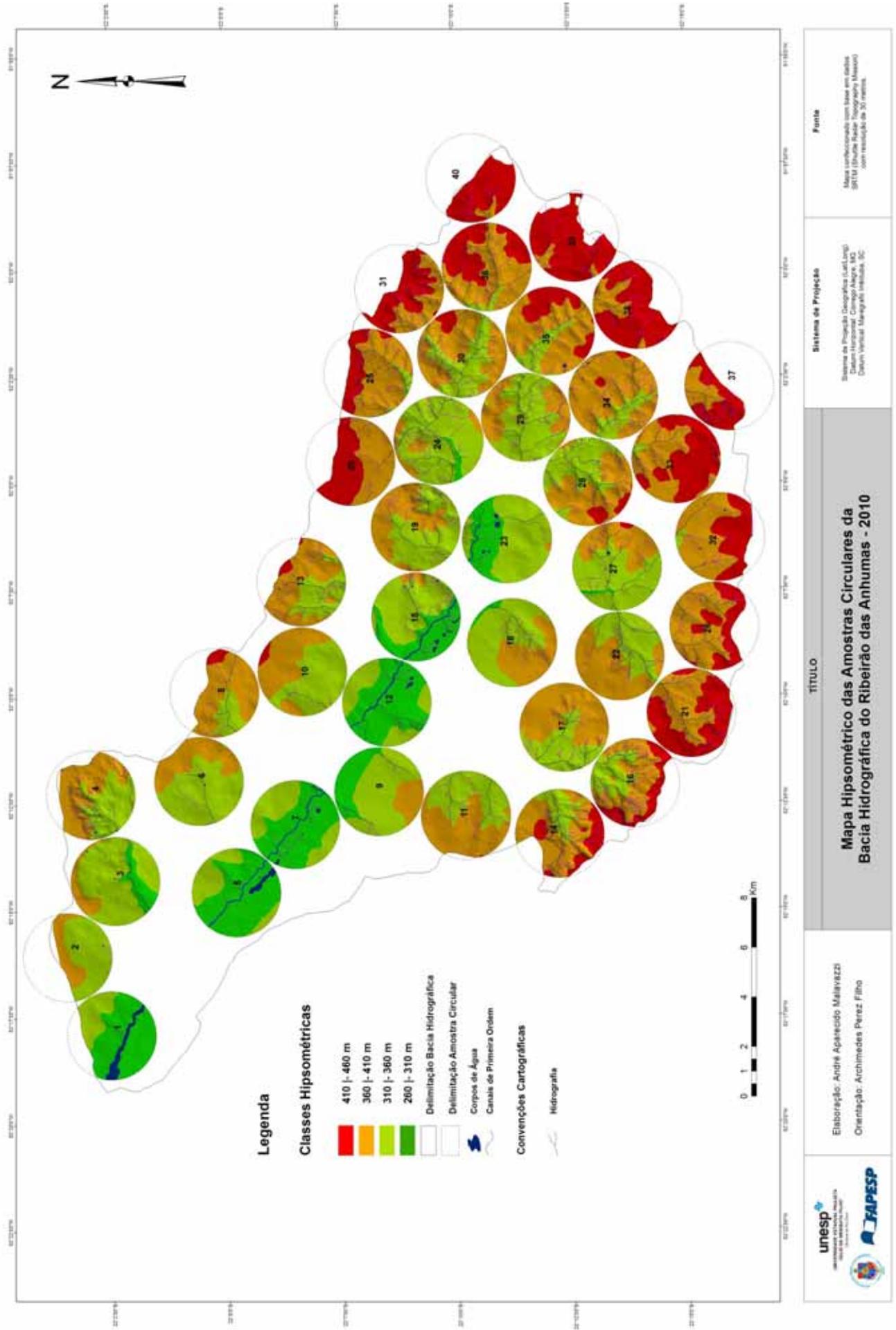


Figura 16 - Mapa Hipsométrico das Amostras Circulares da BHRA - 2010



Esse adensamento de canais de primeira ordem encontra-se localizados principalmente, tanto para o Cenário I, quanto para o Cenário II, nas cotas acima de 360 metros. E na comparação dos dois cenários sobre a base altimétrica parece indicar que as alterações no comportamento da rede de drenagem se mantêm restritas a uma mesma parcela da variação altimétrica da BHRA.

Nota-se que a BHRA apresenta pouca variação altimétrica, sendo suas cotas mais baixas de 260 metros enquanto as maiores encontram-se na casa dos 460 metros.

Essa variação se distribui de forma gradual sem formações de quebras abruptas do relevo e isso se reflete no mapa de declividade da área caracterizando assim o relevo da área com formas em sua grande maioria planas ($\leq 3,00\%$) a suaves ($3,00|-6,00\%$) e, em menor parcela, formas onduladas ($6,00|-12\%$). E tal contexto morfológico interfere diretamente na configuração da rede de drenagem e também nos processos erosivos.

As declividades para o Cenário I e Cenário II, com destaque nas amostras circulares, podem ser conferidas nas próximas figuras (Figura 17 e 18).

Figura 17 - Mapa de Declividade nas Amostras Circulares da BHRA - 1962

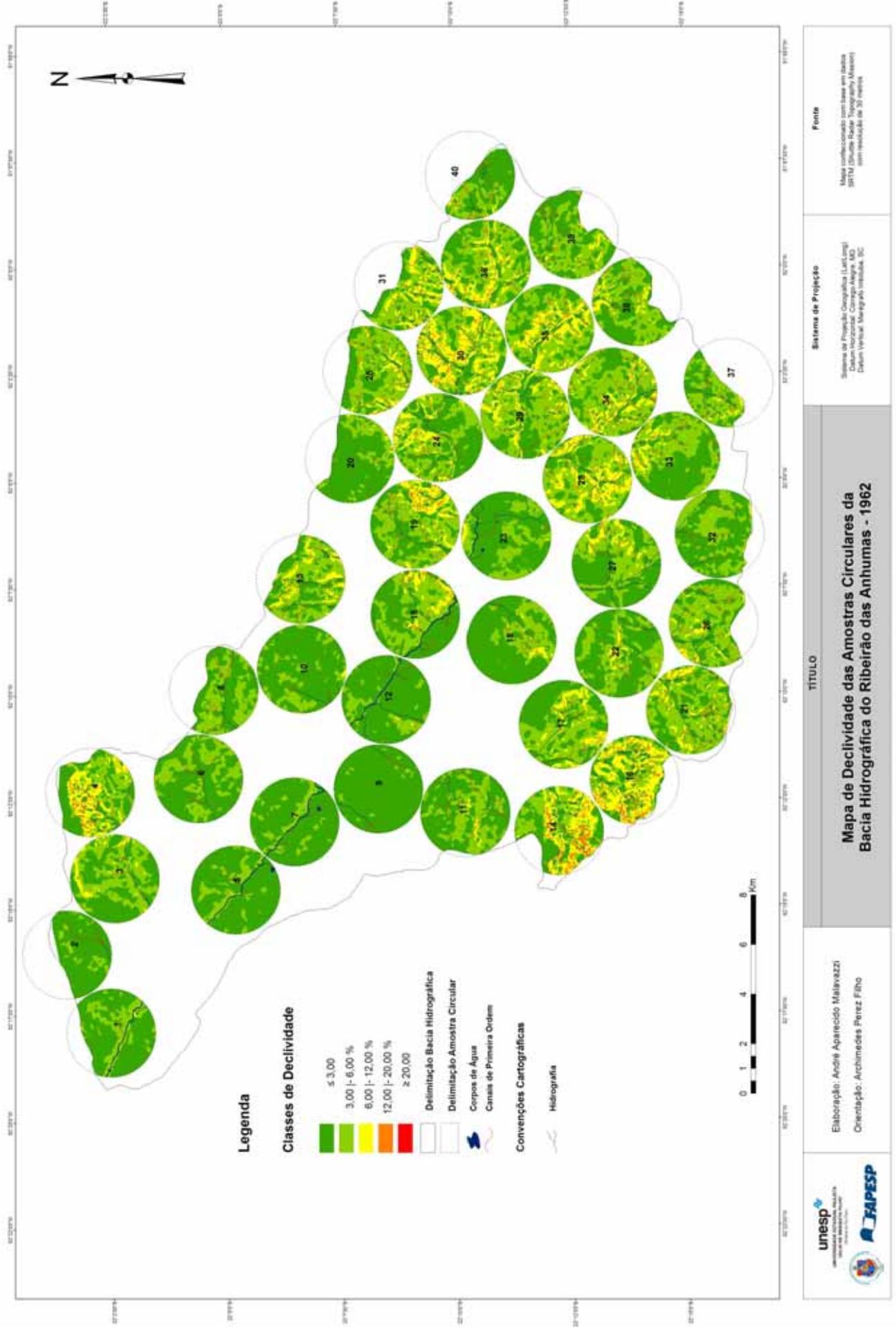
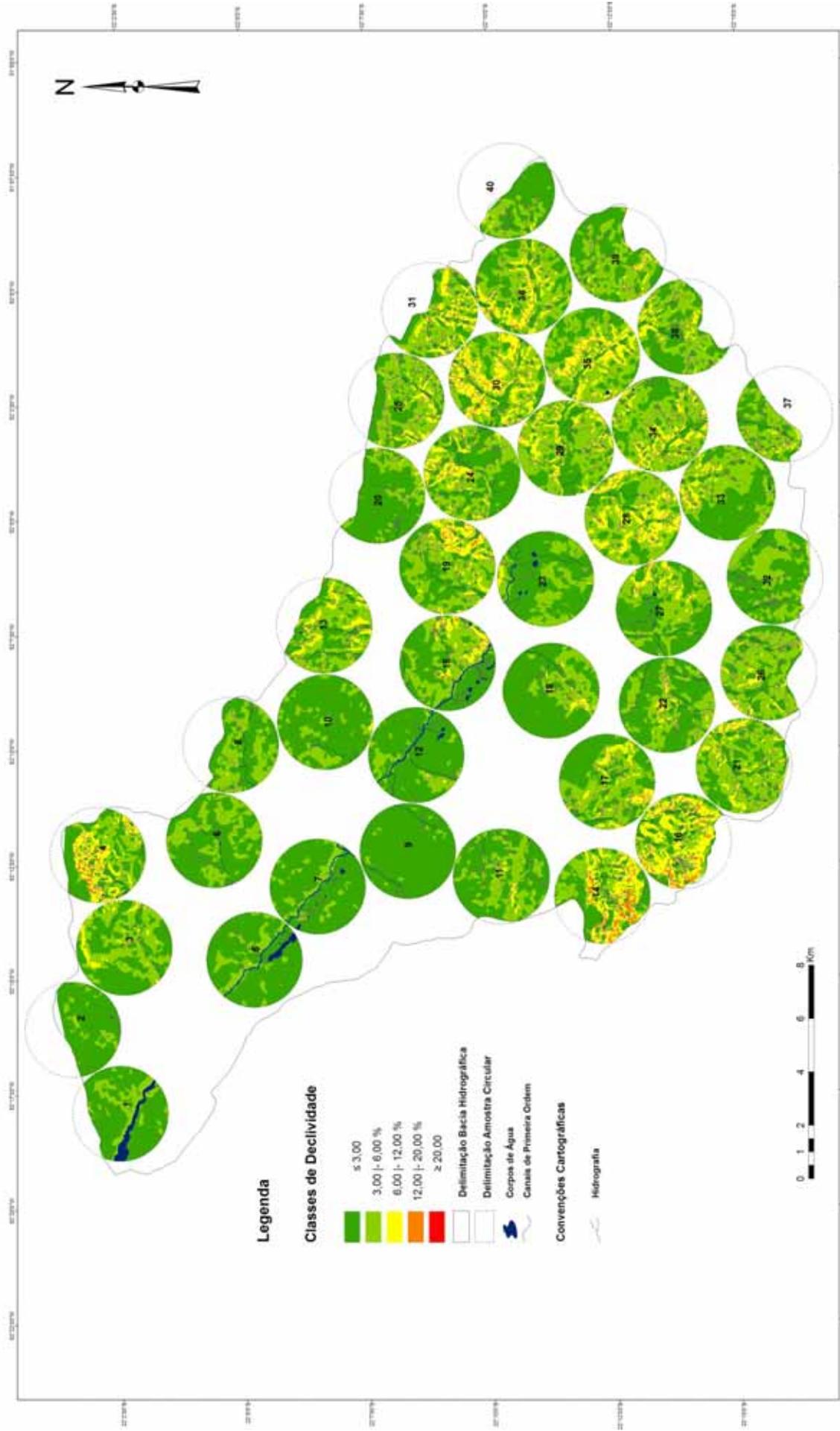


Figura 18 - Mapa de Declividade nas Amostras Circulares da BHRA - 2010



Elaboração: André Aparecido Malavazzi
 Orientação: Archimedes Perez Filho

TÍTULO

**Mapa de Declividade das Amostras Circulares da
 Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Anhumas - 2010**

Sistema de Projeção

Sistema de Projeção Geográfica (Lat/Long)
 Datum Vertical: Maritimó Instituto, S/C

Fonte

Mapa confeccionado com base em dados
 SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)
 com resolução de 30 metros.

O Mapa de Declividade complementa o mapa anterior (Mapa de Hipsometria) e nele observa-se, para ambos os cenários, que a área onde os canais de primeira ordem estão concentrados é justamente aquela onde se encontram as maiores declividades do relevo.

A partir da perspectiva geossistêmica compreende-se que todos os elementos de um sistema se inter-relacionam, promovendo uma constante organização espacial e manutenção do equilíbrio dinâmico. Nesse sentido entende-se que a alteração de um desses elementos promoverá ruptura do estado de aparente equilíbrio e novos processos e intensificação ou desaparecimento de processos já existentes pode ocorrer, permitindo a constante reorganização espacial da área.

Outro elemento importante para se compreender a lógica dos processos que atuam no sistema hidrológico e mobilizam diversas outras dinâmicas na BHRA é o solo.

Como exposto anteriormente a BHRA é composta por seis diferentes tipos de solos (Figura 4), sendo que um deles é restrito a uma parcela muito pequena da bacia e, no presente contexto das análises não representa valor significativo. Nesse sentido é apresentado na sequência o Mapa Pedológico da BHRA para os dois cenários com destaque nas amostras circulares.

Figura 19 - Mapa Pedológico nas Amostras Circulares da BHRA - 1962

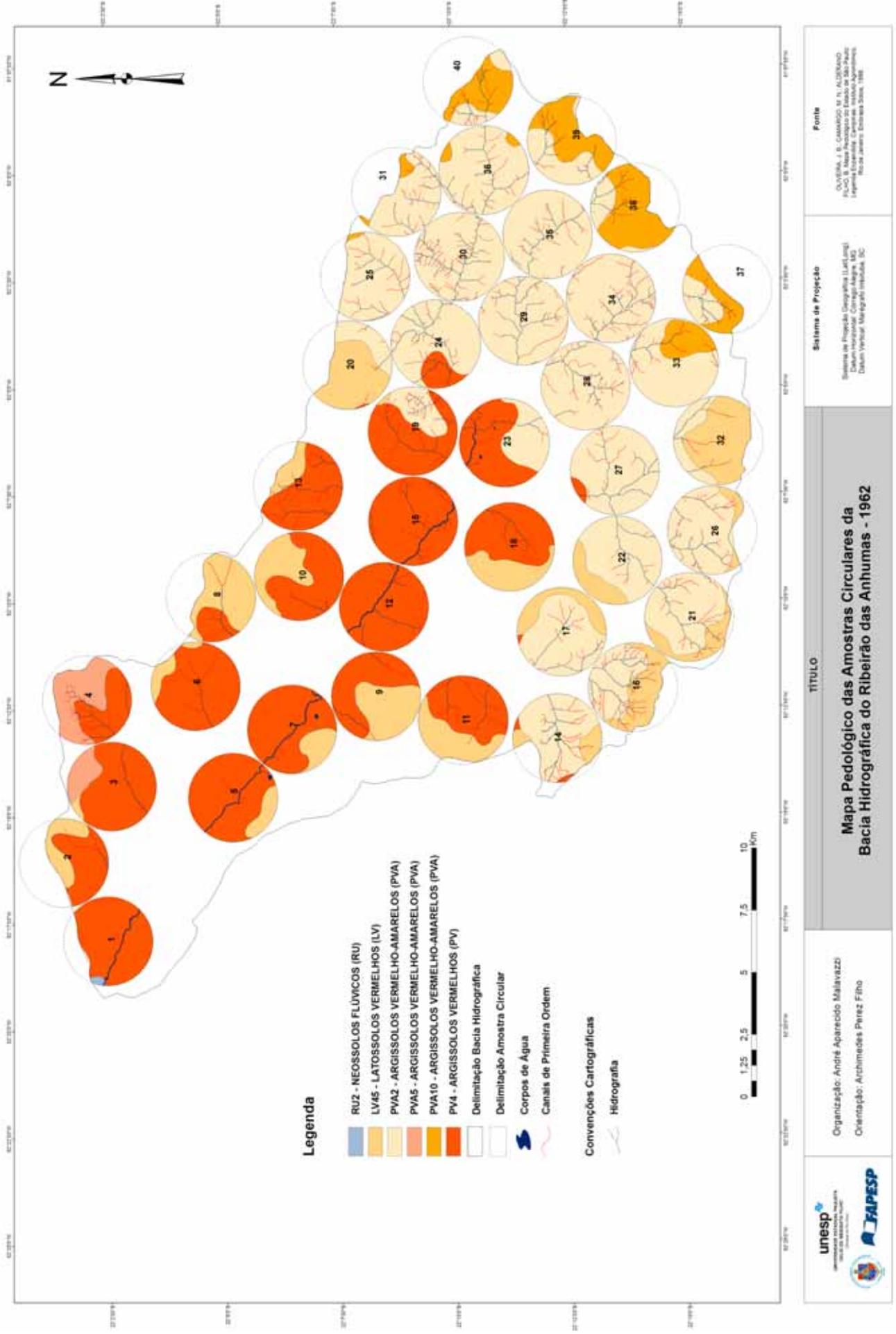
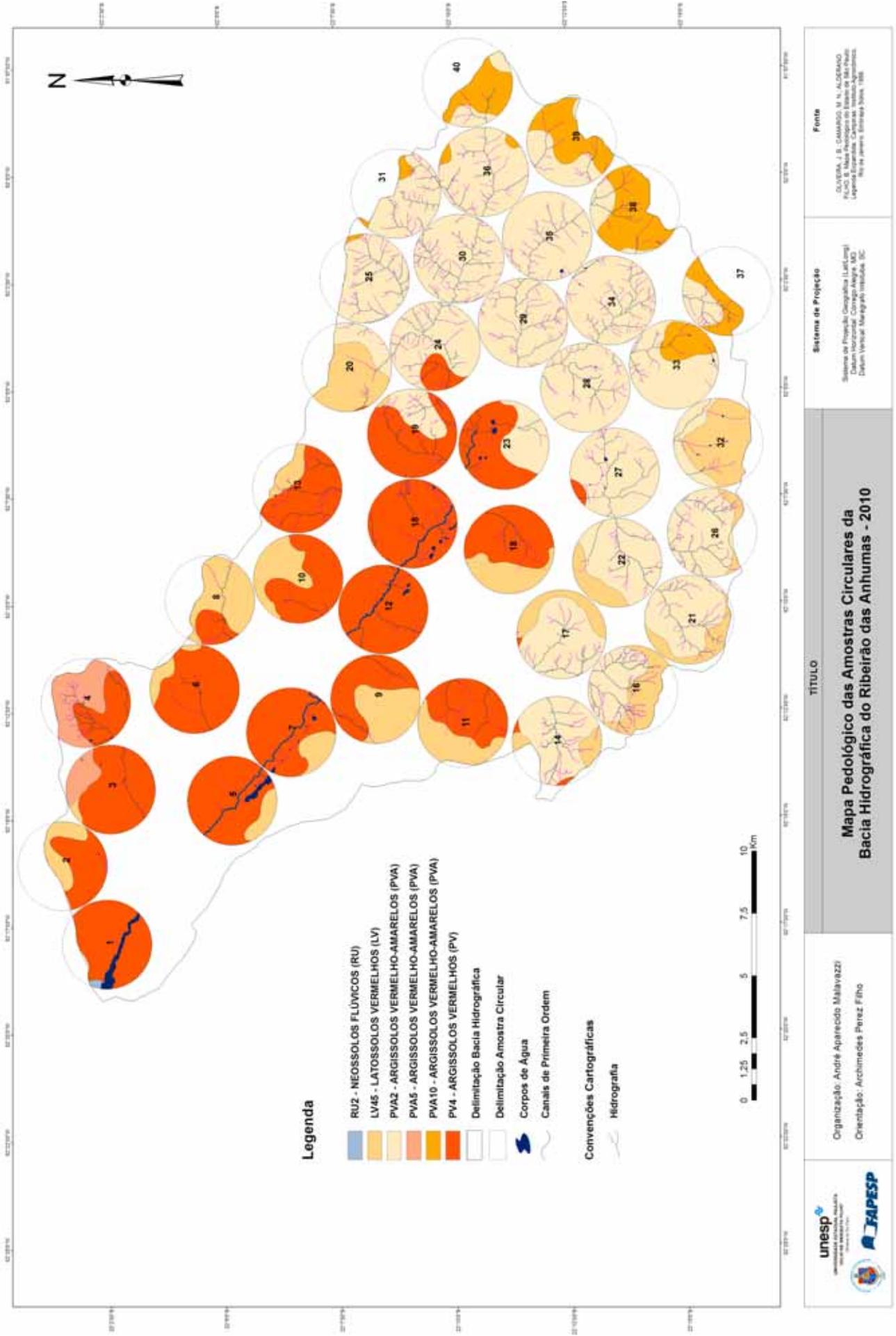


Figura 20 - Mapa Pedológico nas Amostras Circulares da BHRA - 2010



Nas áreas com as maiores declividades e com a maior concentração de canais de primeira ordem é onde está identificado no mapa o solo do tipo PVA2 – Argissolos Vermelho-Amarelos. Observa na sequência o quadro de atributos físicos para este tipo de solo.

Quadro 19 - Quadro de Atributos Físicos - PVA2

Atributos Físicos (Valores Médios) dos Argissolos Vermelho - Amarelos - PVA2								
Profundidade	AREIA						ARGILA	SILTE
	Muito Grossa	Grossa	Média	Fina	Muito Fina	AREIA TOTAL		
g/kg								
20 cm	0	2	109	382	307	799	116	85
80 cm	0	2	111	349	313	774	125	101

Fonte: Elaborado por próprio autor

Como pode ser visto no quadro apresentado os Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA2) apresentam pouca variação entre os horizontes A e B tendo valores muito próximos. No caso do horizonte A identifica-se que a quantidade de Areia Total em relação a Argila é quase sete vezes maior, já em relação ao Silte a quantidade de Areia Total é aproximadamente nove vezes maior. Já com relação ao horizonte B a quantidade de Areia Total encontrada é de aproximadamente seis vezes maior que a quantidade de Argila e de aproximadamente sete vezes maior que a quantidade de Silte.

Tendo em vista essa grande quantidade de Areia Total identificada para este tipo de solo, tanto no horizonte A, quanto para o horizonte B, utilizando-se o “Diagrama de Repartição de Classes Generalizadas de Textura” (Figura 3), este solo (PVA2) pode ser classificado como de Textura Média.

Toy (1977 *apud* PINTO, 1982) aponta que o solo pode influenciar na taxa de erosão por meio de suas características físicas do mesmo, hidrológicas e geomorfológicas.

Autores como Queiroz Neto (1975 *apud* PINTO, 1982) e Carvalho (1976 *apud* PINTO, 1982) apontam o fator relação entre areia fina/areia grossa do perfil do solo como sendo um fator que pode evidenciar o grau de homogeneidade do material, tendo em vista que este grau implicaria em dificuldade de infiltração e drenagem interna. Dessa forma estes autores concluem que esta relação, ao evidenciar a

homogeneidade do material, constitui-se enquanto importante parâmetro do solo para análise dos processos de erosão acelerada (PINTO, 1982). Nesse sentido, quanto maior esta relação, menor o grau de homogeneidade do material e, portanto, maior dificuldade de infiltração.

A partir dessa relação, com base nos valores apresentados no Quadro 19, temos que o grau de homogeneidade para o solo PVA2 será:

$$\text{Horizonte A: } 382 \text{ g/kg (areia fina)} / 2 \text{ g/kg (areia grossa)} = 191$$

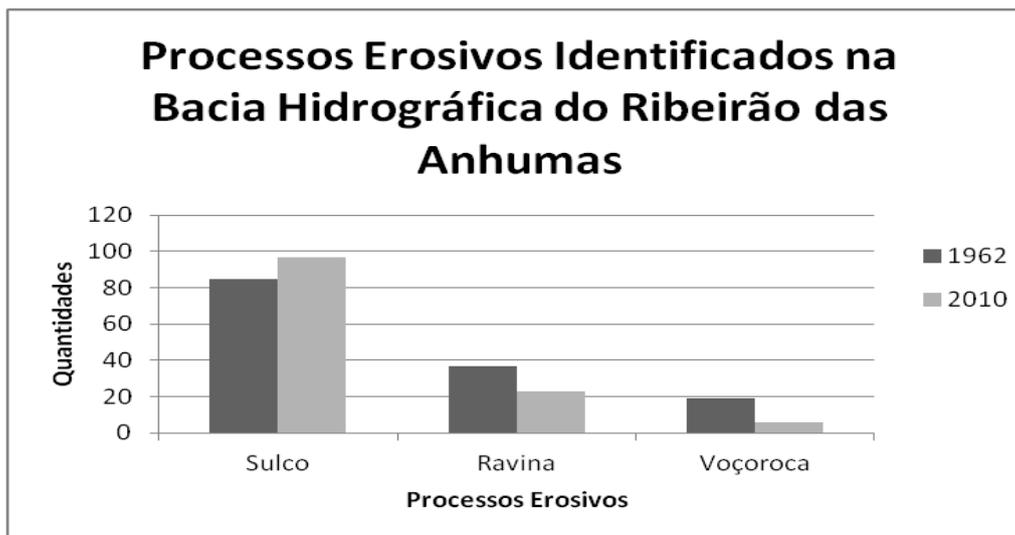
$$\text{Horizonte B: } 349 \text{ g/kg (areia fina)} / 2 \text{ g/kg (areia grossa)} = 174,5$$

Observando os cálculos apresentados constata-se que há pouca diferença entre os resultados apresentados para os horizontes A e B e que ambos apresentam baixa homogeneidade de material e, dessa forma, maior dificuldade de infiltração. Isso reflete em maior potencial de erosão, uma vez que a infiltração seja dificultada implica em maior escoamento superficial o que favorece a retirada de material e seu transporte.

Com relação aos processos erosivos identificaram-se, com base em fotointerpretação e trabalhos de campo, três tipos diferentes na área em estudo, sendo eles: sulco, ravina e voçoroca. Cabe ainda destacar que tais processos foram observados somente no contexto das amostras circulares, seguindo a metodologia de análise proposta.

A seguir pode ser observado um gráfico que sintetiza a quantificação dos processos erosivos identificados para todas as 40 amostras circulares.

Figura 21 - Gráfico dos Processos Erosivos para a BHRA



Fonte: Elaborado por próprio autor

Na comparação entre os dois cenários nota-se que houve aumento das quantidades apenas para o processo erosivo do tipo sulco. Com relação ao demais o que pode ser constatado foi uma redução de tais processos (ravinas e voçoroca).

Isso não significa necessariamente que tais processos (ravina e voçoroca) tenham se estabilizado na área da BHRA. Pode-se constatar durante visitas a campo e conversando com agricultores locais que os processos erosivos ainda são um problema marcante da área, porém, muitas técnicas de contenção de tais processos são usadas constantemente para garantir o uso agrícola das terras.

Durante o processo de fotointerpretação e mapeamento do uso e ocupação da terra foi possível observar que grande parte da bacia sofreu intensa intervenção antrópica por meio de práticas agrícolas. Como grande parte da BHRA apresenta relevo com declividades de plano a suave, tal característica favorece as práticas agrícolas com utilização de maquinário. Isso favoreceu aos processos de terraplanagem e correção do solo com obras de contenção dos processos erosivos entre outras técnicas.

Para melhor visualização da intensidade com que as práticas agrícolas se desenvolveram na região segue os Mapas de Uso e Ocupação da Terra, primeiro para o Cenário I e na sequência para o Cenário II.

Figura 22 - Mapa de Uso e Ocupação da Terra nas Amostras Circulares da BHRA - 1962

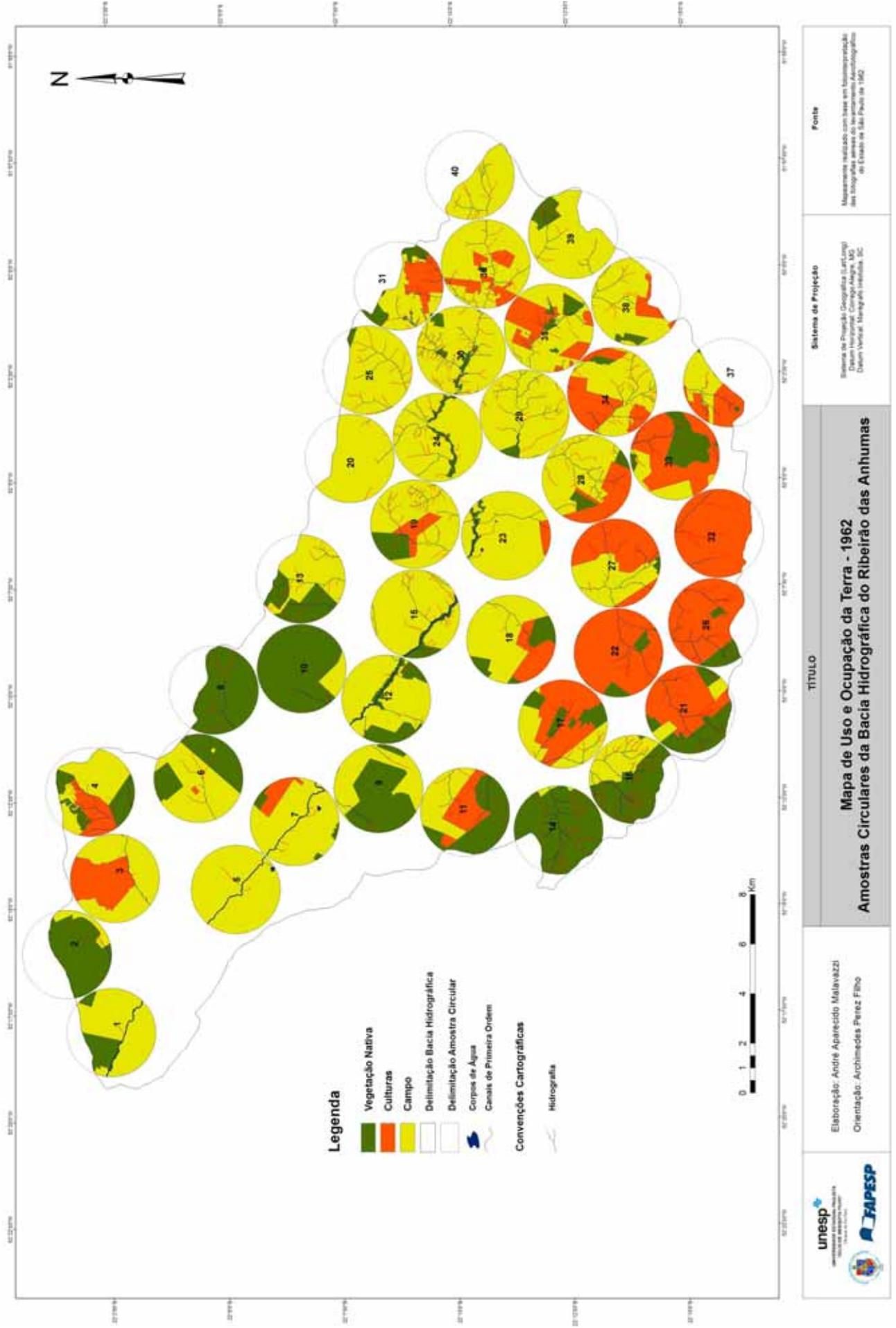
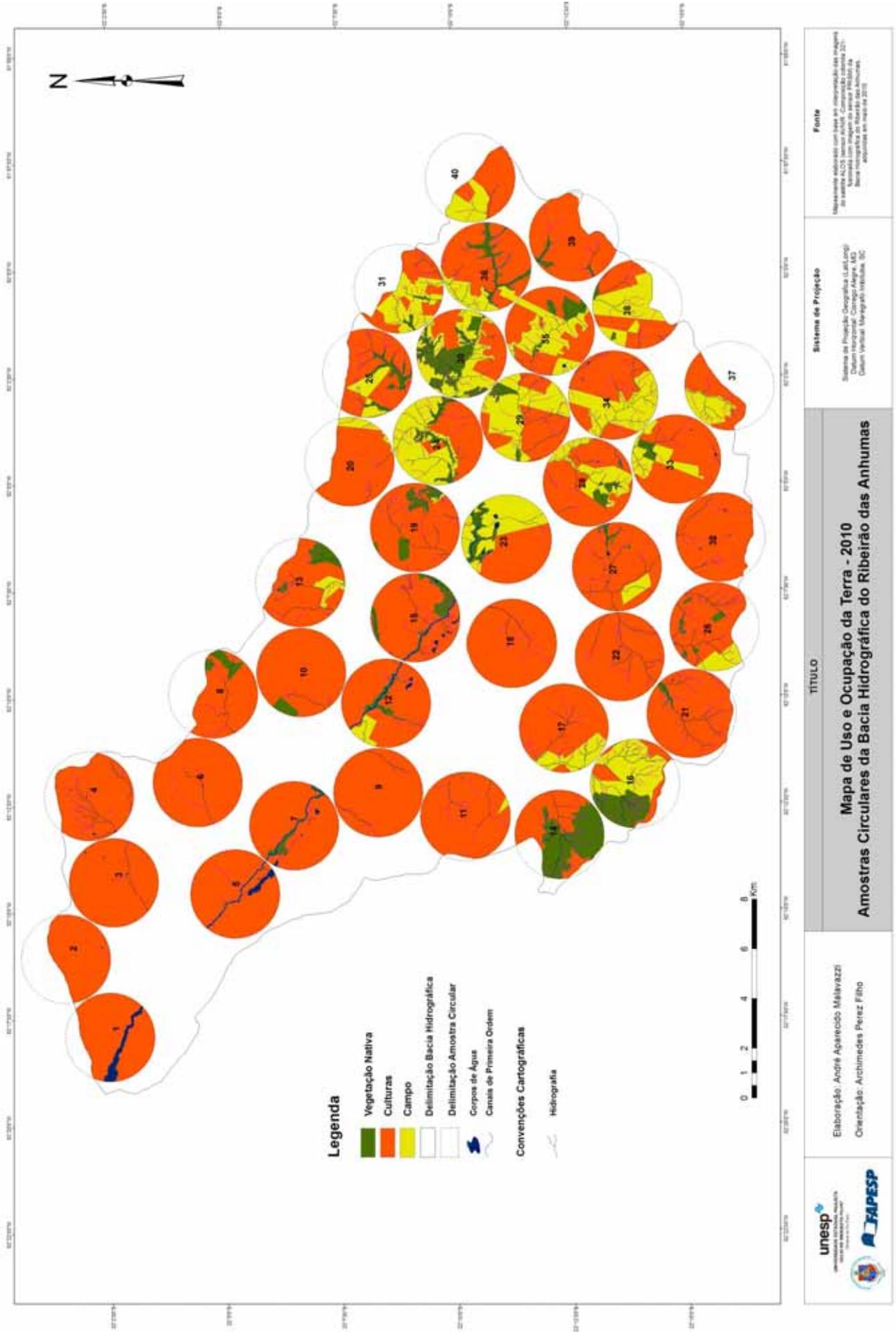


Figura 23 - Mapa de Uso e Ocupação da Terra nas Amostras Circulares da BHRA - 2010



Comparando-se os dois cenários percebe-se que o uso e ocupação da terra na BHRA alteraram-se consideravelmente. A seguir é apresentado um quadro complementar, no qual são indicados os valores das alterações ocorridas na área no que diz respeito ao uso e ocupação.

Quadro 20 - Uso e Ocupação da Terra na BHRA: 1962 e 2010

	1962		2010	
	km ²	(%)	km ²	(%)
Vegetação Nativa	77,0	21,5	22,4	6,3
Culturas	75,9	21,3	280,0	78,4
Campo	204,4	57,2	54,9	15,4

Fonte: Elaborado por próprio autor

Nota-se que a Vegetação Nativa tanto para o Cenário I, quanto no Cenário II representa pouca porcentagem da área total da BHRA sendo 21,5% em 1962 e menor ainda em 2010 verificada em apenas 6,3% da área.

Além disso, constata-se ainda que, como relação aos outros dois tipos de uso da terra houve uma inversão entre ambos. Ou seja, em 1962 a área de Campo (áreas desmatadas e em muitas vezes utilizadas para pastagem) representava 57,2% da área total, já as Culturas (anuais e perenes) representavam um valor bem menor de 21,3% nesse mesmo cenário. Em contra partida, no Cenário II observa-se que houve uma inversão desses valores, ou seja, as áreas de uso Campo reduzem-se para 15,4% enquanto as áreas destinadas a Culturas passam a representar 78,4% da área total da BHRA.

Dessa forma podemos concluir que ao longo de 48 anos essa região, além de ter seu espaço alterado de forma significativa pelos processos de uso e ocupação, tais processos também seguiram uma orientação que configurou na área uma tendência à agricultura, principalmente do tipo mecanizada, dadas as características favoráveis do relevo a esse tipo de agricultura. Durante os trabalhos de campo pode-se constatar que a cana de açúcar é a principal cultura que de destaca em quase a totalidade da área de forma geral.

Práticas agrícolas com base em monoculturas podem ser muito prejudiciais à região, principalmente no que diz respeito ao desgaste do solo e alterações nos regimes hidrológicos.

As alterações no uso e ocupação da terra certamente influenciaram na nova configuração da rede de drenagem e nos processos erosivos, mas dentro de uma perspectiva sistêmica não é possível apontar que as alterações no uso e ocupação da terra sejam a principal causa dessa nova organização espacial que podemos evidenciar.

Cabe destacar que a rede de drenagem constitui-se em importante geoindicador de alterações ocorridas na composição da paisagem de bacias hidrográficas, seja por mudanças na sua estruturação, forma ou então por ganho ou perda de canais. As variáveis morfométricas que mais contribuem para a avaliação dessas alterações são: Densidades de Drenagem (Dd) e Densidade Hidrográfica (Dh).

A importância de se trabalhar com índices estaria no fato de que os índices obtidos por técnicas diferentes poderiam ser comparados. Para que isso seja possível, a metodologia prevê que estes valores sejam obtidos em bacia de mesma ordem de ramificação ou em amostras circulares de mesma área.

Tal sequenciamento dos cenários permite observar em primeiro lugar as alterações no uso e ocupação da terra por quase toda a extensão da bacia. Além disso, também é possível notar que os processos erosivos em canais de 1º ordem se intensificaram e que novos canais dessa mesma ordem surgiram.

Na próxima parte serão apresentados os resultados com foco direto nas amostras circulares, buscando identificar as alterações ocorridas dentro de todas as amostras e convergências e divergências entre as elas.

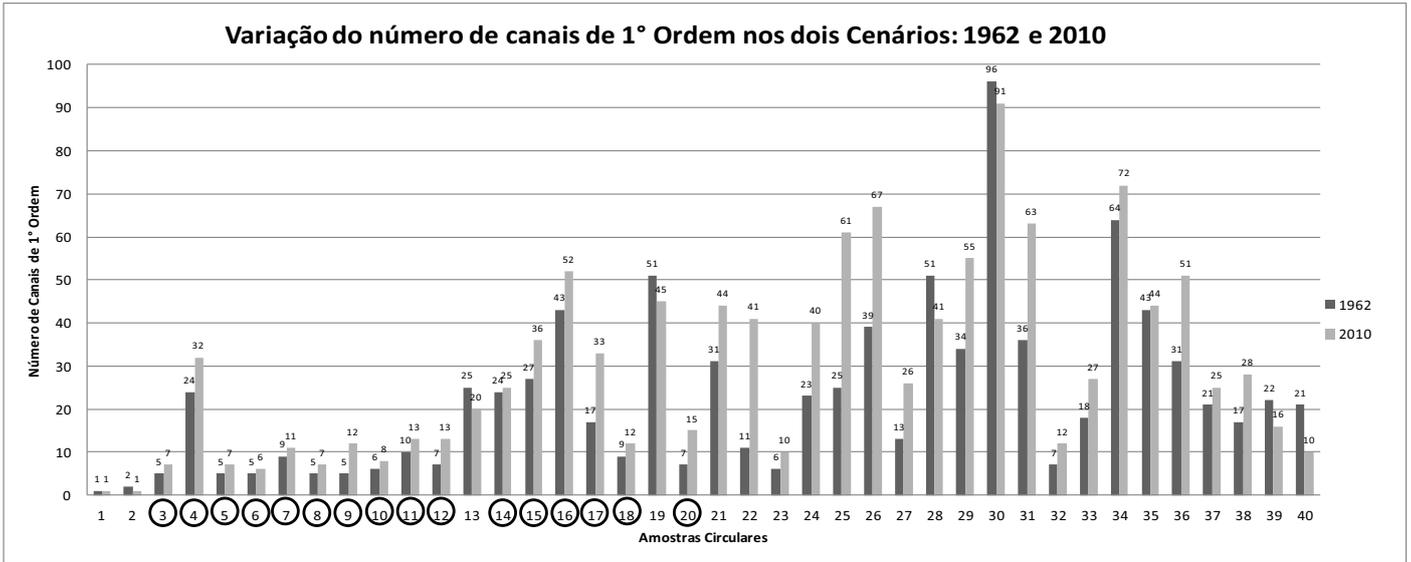
5.2.2 Análise Integrada dos Dados com base nas Amostras Circulares

Esta etapa apresentará as análises dos resultados direcionadas às comparações entre as amostras de um mesmo cenário, e também com destaque para as variações entre os cenários I e II.

Nas análises anteriores acerca das modificações na rede de drenagem puderam ser observadas diferenças entre os cenários, mas também houve variações entre as amostras.

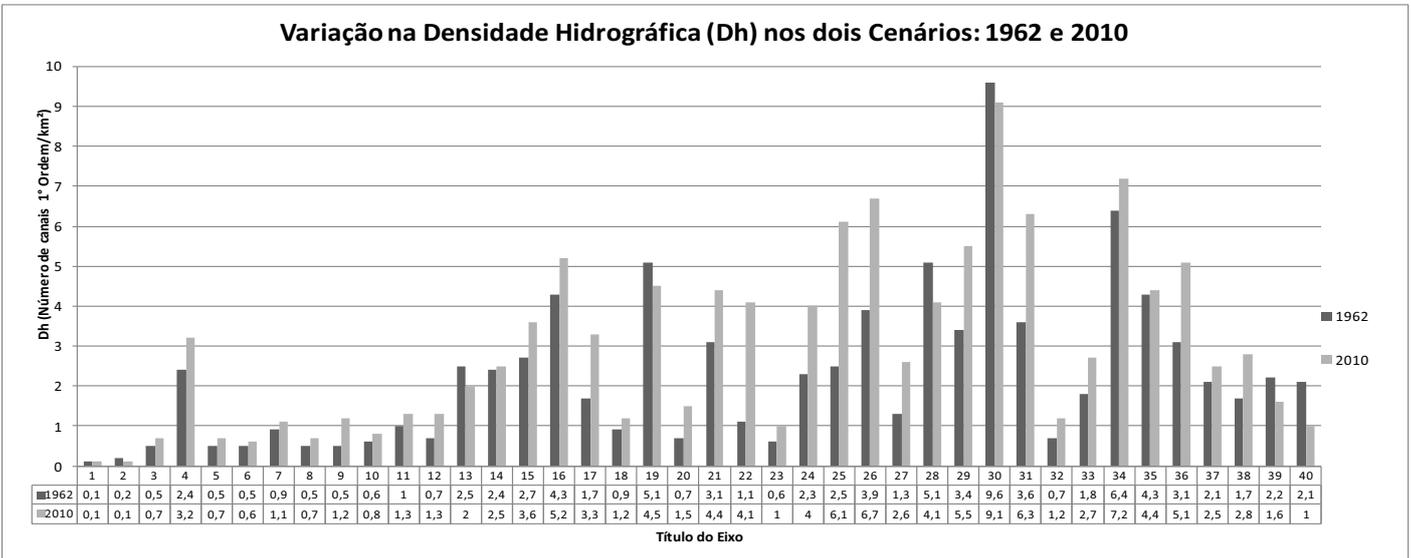
A seguir são apresentados três gráficos com os valores e índices da análise morfométrica obtidos para cada amostra circular individualmente.

Figura 24 - Gráfico de Número de Canais de Primeira Ordem (N1): 1962 e 2010



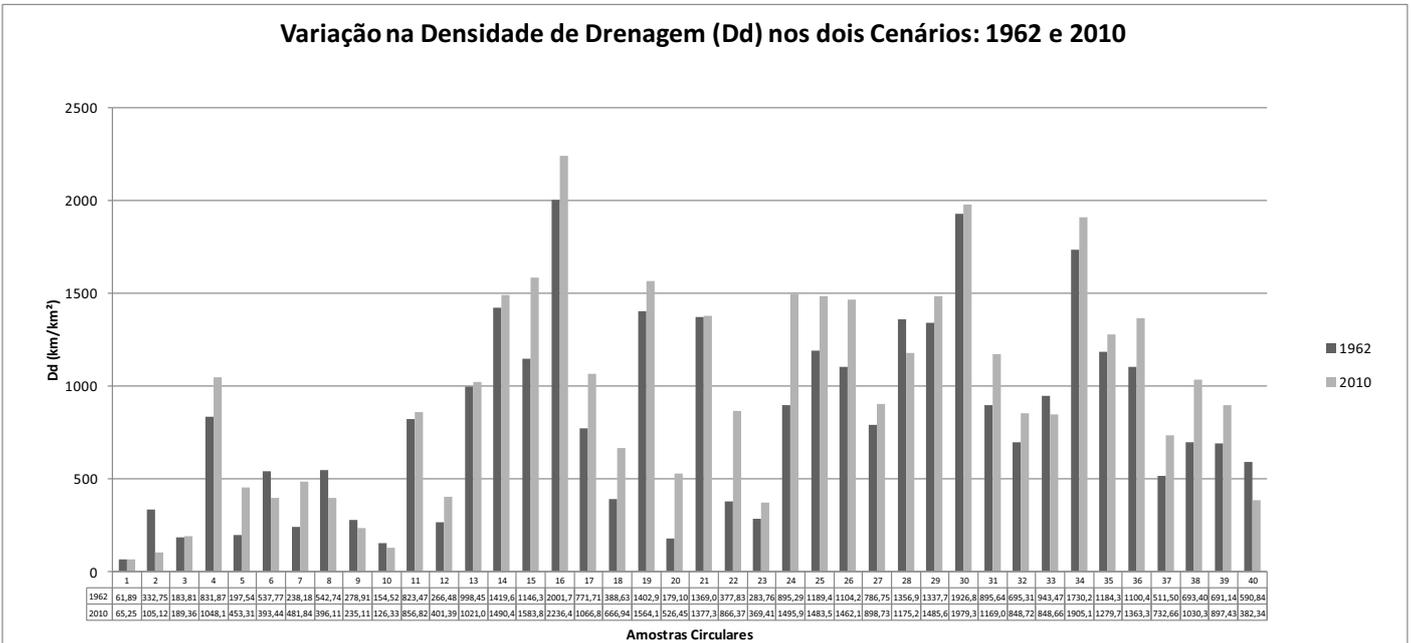
Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Figura 25 - Gráfico da Variação da Densidade Hidrográfica (Dh): 1962 e 2010



Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Figura 26 - Gráfico da Variação da Densidade de Drenagem (Dd): 1962 e 2010



Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Nos três gráficos, além dos dados comparativos entre os dois cenários para cada amostra, é destacado com os círculos as amostras que apresentam variação positiva na comparação. Ou seja, estão destacadas as amostras que apresentaram aumento nos valores encontrados.

Dessas amostras em destaque separadamente nos gráficos é possível ainda identificar um conjunto que é comum, ao se sobrepor os três gráficos, sendo elas as de número: **3; 4; 5; 7; 11; 12; 14; 15; 16; 17; 18; 20; 21; 22; 23; 24; 25; 26; 27; 29; 31; 32; 34; 35; 36; 37 e 38.**

É um total de 27 amostras que apresentam aumento em todos os índices morfométricos apresentados. Ou seja, 67,5% de todas as 40 amostras apresentaram modificações nos índices, o que evidencia um significativo rearranjo da rede de drenagem principalmente no que diz respeito ao surgimento de novos canais de primeira ordem e aumento da extensão dos canais já existentes.

A seguir é apresentado uma tabela síntese com dados de todas as amostras sobre alterações da rede de drenagem, tipo de solo e alterações no uso e ocupação da terra. Nessa tabela foram destacadas em cinza as amostras citadas anteriormente, as quais apresentaram as modificações nos índices morfométricos.

Tabela 1 - Tabela Síntese das Alterações no Interior das Amostras

Amostras	Comprimento (Lt)		Lantidade (N)		Dd		Dh		RU2	LV45	PVA2	PVA5	PVA10	PVA	Vegetação Nativa		Culturas				Campo						
	1962	2010	1962	2010	1962	2010	1962	2010							1962	2010	1962	2010	1962	2010	1962	2010	1962	2010	1962	2010	
	km²	(%)	km²	(%)	km²	(%)	km²	(%)							km²	(%)	km²	(%)	km²	(%)	km²	(%)	km²	(%)	km²	(%)	km²
1	618,9	652,5	1	1	61,89	65,25	0,1	0,1	0,18	2,09	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,76	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,96	81,24	0,0	0,0		
2	3327,5	1051,2	2	1	332,75	105,12	0,2	0,1	0,0	0,0	2,06	33,34	0,0	0,0	0,0	87,67	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,76	12,33	0,0	0,0		
3	1838,1	1893,6	5	7	183,81	189,36	0,5	0,7	0,0	0,0	0,23	2,30	0,0	0,0	1,74	0,04	0,0	0,0	3,95	39,50	10,00	6,05	60,46	0,0	0,0		
4	8318,7	10481,0	24	32	831,87	1048,10	2,4	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,61	25,08	0,0	0,0	1,99	23,53	8,39	4,34	51,39	0,0	0,0		
5	1975,4	4533,1	5	7	197,54	453,31	0,5	0,7	0,0	0,0	1,23	12,30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,00	10,00	5,00	100,00	0,0	0,0	
6	5377,7	3934,4	5	6	537,77	393,44	0,5	0,6	0,0	0,0	0,99	10,13	0,0	0,0	0,0	39,31	0,0	0,0	0,08	0,77	9,79	5,87	59,92	0,0	0,0		
7	2381,8	4818,4	9	11	238,18	481,84	0,9	1,1	0,0	0,0	1,62	16,22	0,0	0,0	0,0	3,93	0,47	4,70	1,00	9,99	9,53	8,61	86,08	0,0	0,0		
8	5427,4	3961,1	5	7	542,74	396,11	0,5	0,7	0,0	0,0	5,10	75,37	0,0	0,0	0,0	67,6	100,00	0,65	9,59	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
9	2789,1	2351,1	5	12	278,91	235,11	0,5	1,2	0,0	0,0	4,53	45,25	0,0	0,0	0,0	56,99	0,0	0,0	0,0	0,0	10,00	4,30	43,01	0,0	0,0		
10	1545,2	1263,3	6	8	154,52	126,33	0,6	0,8	0,0	0,0	3,55	35,49	0,0	0,0	0,0	90,22	0,40	3,99	0,0	0,0	9,60	0,98	9,78	0,0	0,0		
11	8234,7	8568,2	10	13	823,47	856,82	1	1,3	0,0	0,0	3,64	37,10	0,0	0,0	0,0	42,71	0,0	0,0	2,40	24,54	9,70	3,21	32,75	0,09	0,93		
12	2664,8	4013,9	7	13	266,48	401,39	0,7	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,95	0,56	5,58	0,0	0,0	8,77	7,80	78,05	0,67	6,71		
13	9984,5	10210,3	25	20	998,45	1021,03	2,5	2	0,0	0,0	1,40	17,49	0,0	0,0	0,0	37,79	0,80	10,08	0,0	0,0	6,43	81,31	4,96	62,21	0,68	8,61	
14	14196,2	14904,3	24	25	1419,62	1490,43	2,4	2,5	0,0	0,0	1,29	14,79	7,24	82,95	0,0	98,10	4,57	52,51	0,0	0,0	4,13	47,49	0,17	1,90	0,0	0,0	
15	11463,4	15838,8	27	36	1146,34	1583,88	2,7	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,53	1,14	11,41	0,0	0,0	8,86	88,59	9,15	91,47	0,0	0,0	
16	20017,9	22364,5	43	52	2001,79	2236,45	4,3	5,2	0,0	0,0	3,67	43,60	4,75	56,40	0,0	61,23	2,32	27,68	0,0	0,0	1,47	17,53	3,26	38,77	4,59	54,79	
17	7717,1	10668,6	17	33	771,71	1066,86	1,7	3,3	0,0	0,0	2,26	22,60	7,68	76,80	0,0	16,00	0,0	0,0	5,23	52,28	8,09	3,17	31,72	1,91	19,11		
18	3886,3	6669,4	9	12	388,63	666,94	0,9	1,2	0,0	0,0	3,27	32,74	0,0	0,0	0,0	14,07	0,0	0,0	2,06	20,59	10,00	6,53	65,34	0,0	0,0		
19	14029,4	15641,0	51	45	1402,94	1564,10	5,1	4,5	0,0	0,0	0,09	0,92	2,77	27,69	0,0	13,20	1,10	11,03	1,07	10,66	8,79	88,17	7,61	76,14	0,08	0,80	
20	1791,0	5264,5	7	15	179,10	526,45	0,7	1,5	0,0	0,0	5,39	71,25	2,14	28,23	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,93	92,14	7,57	100,00	0,59	7,86	
21	13690,9	13773,0	31	44	1369,09	1377,30	3,1	4,4	0,0	0,0	2,17	22,27	7,56	77,73	0,0	32,39	0,19	1,94	5,73	59,01	9,52	98,06	0,83	8,60	0,0	0,0	
22	3778,3	8663,7	11	41	377,83	866,37	1,1	4,1	0,0	0,0	2,04	20,42	7,96	79,58	0,0	6,95	0,0	0,0	9,31	93,05	9,99	0,0	0,0	0,0	0,0		
23	2837,6	3694,1	6	10	283,76	369,41	0,6	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,74	1,06	10,56	0,45	4,50	4,76	47,57	9,18	91,77	4,19	41,87	
24	8952,9	14959,8	23	40	895,29	1495,98	2,3	4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,06	0,86	8,59	0,0	0,0	3,76	37,58	9,39	93,94	5,38	53,84	
25	11894,9	14835,9	25	61	1189,49	1483,59	2,5	6,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,12	1,52	0,0	1,99	0,80	10,14	0,0	0,0	5,79	73,84	7,76	98,01	1,26	16,03	
26	11042,2	14621,5	39	67	1104,22	1462,15	3,9	6,7	0,0	0,0	0,80	9,47	7,60	90,53	0,0	14,62	0,39	4,78	6,31	85,38	6,76	81,89	0,0	0,0	1,10	13,33	
27	7867,5	8987,3	13	26	786,75	898,73	1,3	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,19	0,22	2,20	5,49	54,93	9,06	4,39	43,89	0,72	7,20		
28	13569,9	11752,4	51	41	1356,99	1175,24	5,1	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,59	0,48	4,84	2,74	27,41	6,91	69,05	6,60	65,99	2,61	26,11	
29	13377,9	14856,5	34	55	1337,79	1485,65	3,4	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,84	0,46	4,61	0,0	0,0	4,51	45,13	9,72	97,16	5,03	50,26	
30	19268,7	19793,4	96	91	1926,87	1979,34	9,6	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,74	3,04	30,48	0,0	0,0	3,12	31,26	9,32	93,26	3,82	38,25	
31	8956,4	11690,6	36	63	895,64	1169,06	3,6	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,45	7,22	0,0	15,73	0,15	2,45	2,14	34,20	2,82	45,82	3,13	50,07	3,19	51,72	
32	6953,1	8487,2	7	12	695,31	848,72	0,7	1,2	0,0	0,0	6,51	73,81	2,31	26,19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,83	100,00	8,81	100,00	0,0	0,0	0,0	0,0
33	9434,7	8486,6	18	27	943,47	848,66	1,8	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	2,49	24,90	0,0	26,86	0,36	3,58	5,65	56,55	7,70	77,02	1,66	16,59	1,94	19,40	
34	17302,0	19051,0	64	72	1730,20	1905,10	6,4	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,23	0,23	0,0	0,0	3,78	37,77	5,55	55,51	6,00	60,00	4,45	44,49
35	11843,5	12797,4	43	44	1184,35	1279,74	4,3	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,63	0,83	8,30	3,04	30,44	5,36	53,63	6,19	61,93	3,81	38,08	
36	11004,1	13633,1	31	51	1100,41	1363,31	3,1	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,43	4,27	0,0	0,05	0,47	1,17	11,67	1,78	17,79	7,15	71,52	8,17	81,73	1,68	16,82
37	5115,0	7326,6	21	25	511,50	732,66	2,1	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	2,23	51,70	0,0	0,07	1,54	0,00	2,11	48,22	2,55	59,62	2,20	50,25	1,73	40,38	
38	6934,0	10303,1	17	28	693,40	1030,31	1,7	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	6,02	78,76	0,0	0,35	4,53	0,11	1,45	0,81	10,53	3,83	50,51	6,52	84,94	3,65	48,04
39	6911,4	8974,3	22	16	691,14	897,43	2,2	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	4,38	54,93	0,0	9,91	11,35	0,30	3,82	0,0	0,0	7,54	96,18	7,07	88,65	0,0	0,0
40	5908,4	3823,4	21	10	590,84	382,34	2,1	1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,49	29,75	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,20	64,90	4,98	100,00	1,73	35,10	

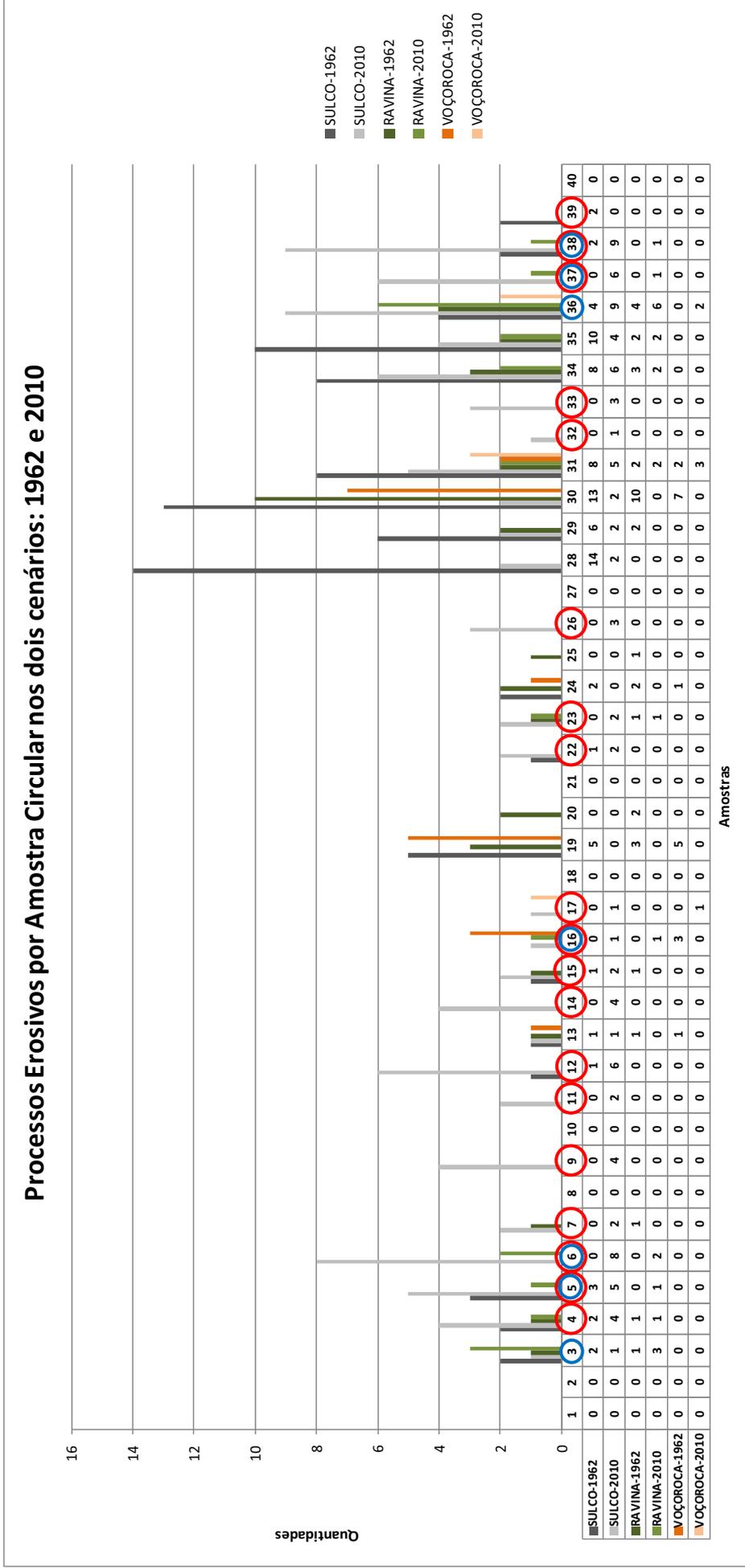
Fonte: Elaborado por próprio autor

Correlacionando estas amostras com o solo (Mapa Pedológico) é possível destacar que os principais tipos de solos que se evidenciam nesse conjunto de amostras são os: Argissolos Vermelhos-Amarelos (**PVA2**) e Argissolos Vermelhos (**PV4**), com maior destaque para o primeiro.

Como visto anteriormente, este solo (PVA2) apresenta características físicas que favorece os processos erosivos, porém, quando foram analisados os processos erosivos evidenciou-se que o que houve na região foi uma redução nos processos erosivos de modo geral.

Com relação ao comportamento dos processos erosivos no interior das amostras foram verificadas as seguintes alterações (Figura 27).

Figura 27 - Processos Erosivos por Amostras nos dois Cenários: 1962 e 2010



Fonte: Elaborado por próprio autor

No gráfico (Figura 27) são mostrados os três tipos de processos erosivos identificados e suas ocorrências para cada amostra circular em cada cenário pesquisado. Estão em destaque com círculo vermelho as amostras circulares (4; 5; 6; 7; 9; 11; 12; 14; 15; 16; 17; 22; 23; 26; 32; 33; 36; 37 e 38) que apresentaram aumento do processo erosivo do tipo sulco. Já aquelas (3; 5; 6; 16; 36; 37 e 38) destacadas com círculo azul indicam as que apresentam aumento no processo erosivo do tipo ravina.

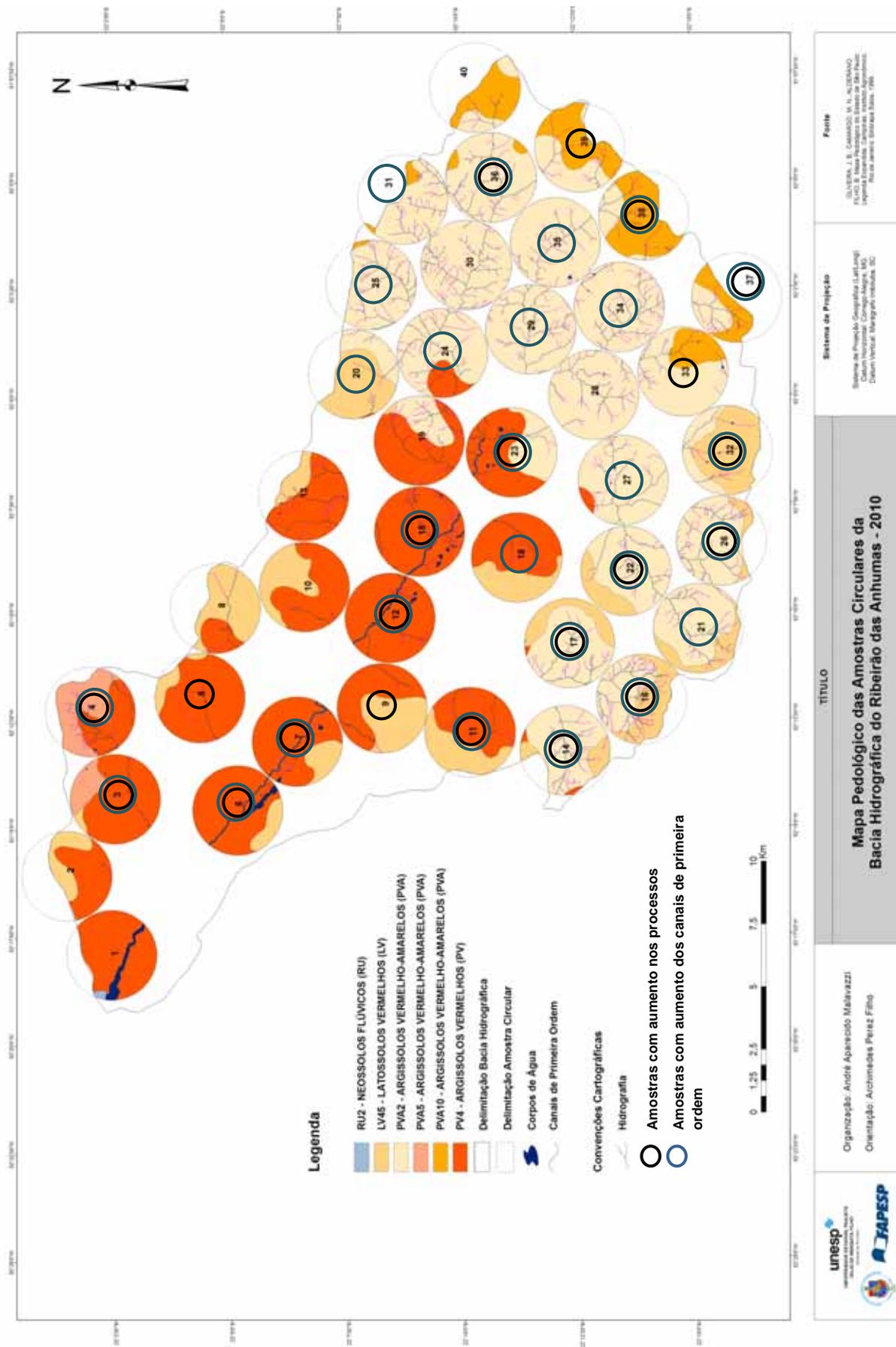
Com exceção das amostras **6; 9 e 33** as demais também apresentaram aumentos em seus índices nas análises morfométricas da rede de drenagem: N1, Dd e Dh.

É possível estabelecer relações entre as alterações na rede de drenagem, e as alterações na dinâmica dos processos erosivos, uma vez que a reativação de canais de primeira ordem e o surgimento de novos canais de primeira ordem desencadeiam dinâmicas no relevo que levam ao surgimento, primeiro, de processos erosivos menos acentuados como os sulcos, depois aquele intermediário denominado de ravina e por último, no estágio avançado conhecido como voçorocas.

O fato de não ser evidenciado um aumento no tipo de processo erosivo voçoroca pode estar relacionado às intensas alterações no uso e ocupação da área por meio das atividades agrícolas que promovem um tipo de intervenção com uso cada vez mais eficaz de técnicas de contenção daqueles processos erosivos mais intensos como as voçorocas. Outro ponto a ser destacado é que durante o processo de fotointerpretação foi possível constatar que muitas das voçorocas identificadas no Cenário I (1962) se apresentam estabilizadas no Cenário II (2010).

Para melhor visualização da distribuição espacial das amostras circulares assinaladas no gráfico anterior (Figura 27) a seguir é apresentado o um mapa (Figura 28) com a rede de drenagem de 2010, sobreposta ao tipo de solo com destaque para as amostras circulares que apresentaram aumento nos processos erosivos (círculos pretos) e também aumento nos canais de primeira ordem (círculos vermelhos).

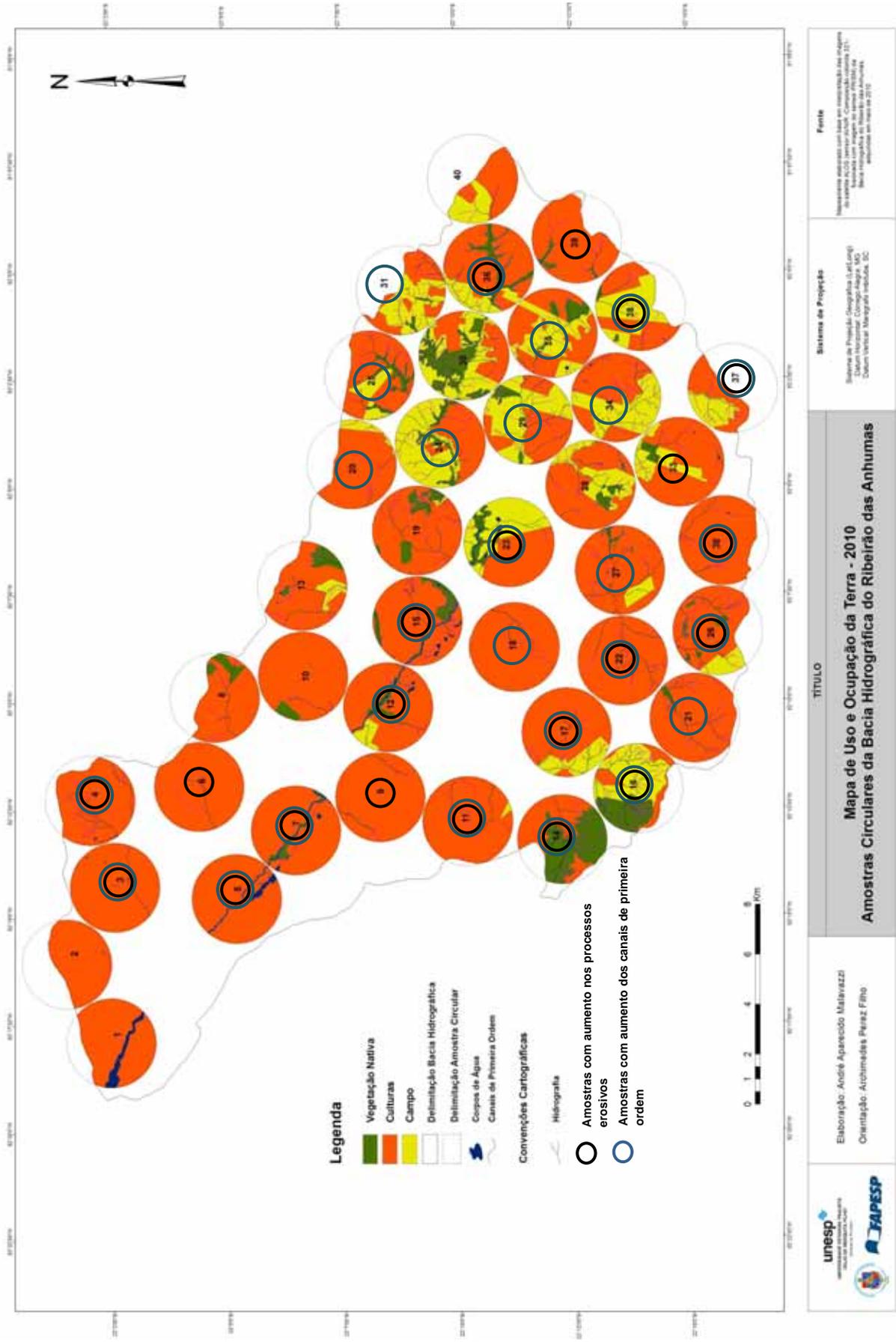
Figura 28 - Mapa Pedológico com Rede de Drenagem 2010



Nota-se que das trinta e uma amostras destacadas no mapa pedológico como sendo aquelas que apresentaram aumento nos processos erosivos e canais de primeira ordem, onze delas estão localizadas na unidade de solo PV4 (Argissolo), enquanto que quinze localizam-se no solo PVA2 (Argissolo), três no PVA10 (Argissolo) e duas no LV45 (Latosolo). Dessa forma, podemos concluir que o solo com maior suscetibilidade a erosão no caso da BHRA é o Argissolo, apresentando um total de 29 amostras com aumento nos focos de erosão do tipo sulco e ravina e aumento no número de canais de primeira ordem.

Com relação às alterações no uso e ocupação da terra para essas amostras verifica-se que quase todas apresentam profundas mudanças no uso nesse intervalo de tempo de 48 anos (Figuras 22 e 23). As únicas amostras que não apresentaram grandes alterações em seu uso foram às amostras circulares de número: 21; 22; 26 e 32. No entanto, como pode ser observado no Mapa de Uso e Ocupação da Terra de 2010, apresentado a seguir (Figura 29), houve aumento tanto para os processos erosivos, quanto em número de canais de primeira ordem.

Figura 29 - Mapa de Uso e Ocupação da Terra - 2010



Assim como na figura 28, nesse mapa de uso e ocupação da terra são destacadas as amostras circulares com círculos pretos indicando o aumento dos processos erosivos e com círculo azul o aumento dos canais de primeira ordem.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A unidade de análise bacia hidrográfica, associada à metodologia por amostragem circular, mostrou-se eficiente para os objetivos desta pesquisa. Além disso, suas aplicações extrapolaram as expectativas iniciais para caracterização dos cenários e produção de índices morfométricos no intuito de realizar as comparações.

A elaboração do modelo digital da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Anhumas, bem como carta de declividade da mesma, demonstrou serem etapas/produtos fundamentais no processo investigativo aqui proposto. Isso porque tais produtos possibilitaram análises e interpretações da dinâmica da rede de drenagem, sua forma e distribuição dos canais pela área da bacia. Além disso, foi possível também estabelecer relações entre as formas de relevo, solo e rede de drenagem tomando como base os mapas de declividade e hipsometria.

Outra importante etapa alcançada com sucesso foi a descrição e análise do processo de uso e ocupação da terra na área em estudo e dos processos de erosão superficial identificados pela interpretação das fotografias aéreas e imagens de satélite. Esta etapa atingiu seu objetivo ao possibilitar precisa caracterização de uso e ocupação da terra para os dois cenários propostos, 1962 e 2010. Com isso forneceu dados consistentes para melhor compreensão das alterações da morfologia da rede de drenagem dentro da perspectiva sistêmica de análise.

A identificação e caracterização das condições climáticas da área em estudo foram realizadas com vista a verificar possíveis alterações no regime pluvial que pudessem inviabilizar a comparação entre os dois cenários (1962 e 2010). Esta etapa se mostrou imprescindível durante a pesquisa e com base nos dados pluviométricos levantados pode-se constatar que não houve nenhum período de chuva cuja média anual de precipitação se sobressaísse aos demais anos entre os cenários comparados. Ou seja, foi possível com isso apontar que o regime de chuvas entre os dois cenários se manteve constante e, por tanto, o elemento climático não pode ser apontado como principal fator

explicativo das alterações observadas na morfologia da rede de drenagem.

Após ser concluída a identificação e caracterização textural do solo foi possível estabelecer relações mais precisas com o tipo de solo encontrado na área em estudo com os processos erosivos identificados e com a própria dinâmica da rede de drenagem. Além disso, o próprio processo de coleta das amostras de solo possibilitou melhor reconhecimento da bacia e identificação dos processos erosivos em campo e também caracterização da vegetação e uso e ocupação da terra o que forneceu uma importante base de dados para as análises e interpretações realizadas.

Outra importante etapa da pesquisa concluída foi análise morfométrica da rede de drenagem por meio dos índices de Densidade de Drenagem (Dd) e Densidade Hidrográfica (Dh) a partir das amostras circulares com atenção ao aumento dos canais de primeira ordem. Em primeiro lugar cabe destacar que a utilização das amostras circulares apresentou-se satisfatória no sentido de possibilitar uma precisa análise integrada dos dados.

Em segundo lugar a utilização dos índices Dd e Dh serviu aos objetivos propostos inicialmente na pesquisa e permitiram a verificação das alterações na rede de drenagem na comparação entre os dois cenários, 1962 e 2010. Com essa análise ficou evidente que após a implantação da Usina Hidroelétrica de Porto Primavera a rede de drenagem da BHRA teve sua dinâmica alterada, apresentando aumento no número de canais de primeira ordem e também aumento no comprimento de tais canais.

No entanto, apesar de serem observadas estas significativas alterações na rede de drenagem e também aumento nos processos erosivos para algumas amostras circulares, torna-se fundamental a realização de estudos mais aprofundados com relação ao comportamento subsuperficial das águas em relação à construção da Usina de Porto Primavera. Mesmo porque não é possível também explicar tais alterações baseando-se apenas nas modificações do uso e ocupação das terras.

De fato, as alterações no uso e ocupação da terra na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Anhumas foram muito intensas e acompanhadas de inserção de modernas técnicas de manejo agrícola para controle de erosão superficial, tais como, controles por curvas de nível, terraceamentos (construção de “murundus”) e controle das águas superficiais pela utilização de bacias de decantação. Tais técnicas, por sua vez, deveriam minimizar a formação de novos processos erosivos e o surgimento de novos canais de primeira ordem, fato esse não observado nas análises.

A construção da Usina Hidroelétrica de Porto Primavera alterou a dinâmica fluvial do rio Paraná a partir da formação do lago artificial, o que por sua vez, modificou o equilíbrio dinâmico dos demais subsistemas que fazem parte da Bacia do Ribeirão das Anhumas possibilitando, assim, apontar relações entre a formação do lago e as novas organizações espaciais que se desenvolveram nessa bacia após a implantação dessa obra.

Além disso, com a construção dessa Usina, ocorreu uma dinamização econômica da região, o que interferiu diretamente na organização do sistema socioeconômico regional, influenciando o próprio arranjo produtivo das cidades do Pontal do Paranapanema.

Dessa forma, ao mobilizar o quadro econômico da região, a Usina de Porto Primavera acaba por influenciar no próprio processo de uso e ocupação do Pontal. Com isso, a organização do espaço da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Anhumas, a partir da interação do sistema socioeconômico com o sistema natural, numa perspectiva geossistêmica, desenvolve-se na busca pelo equilíbrio das forças que compõem esse sistema.

De fato, com base nos dados apresentados é inegável que a Usina de Porto Primavera é elemento importante na análise para se compreender as alterações ocorridas nas organizações espaciais da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Anhumas. Entretanto, considera-se também importante a necessidade de maior aprofundamento das análises das demais variáveis que compõe o geossistema.

No intuito de melhor precisar a intensidade com que a construção de grandes barragens interfere nas dinâmicas dos canais fluviais do rio

represado e também melhor compreender sua participação na dinamização dos processos erosivos seria pertinente realizar dois procedimentos de pesquisa.

Primeiro, a construção de cenários tendo no máximo entre eles intervalo de dez anos. Ou seja, por exemplo, seguindo esta sugestão para a presente pesquisa seria necessária à construção de aproximadamente seis cenários: 1962; 1972; 1982; 1992; 2002 e 2010. Mesmo que desde o início da pesquisa já tivesse sido vislumbrada tal medida, infelizmente para a área da BHRA não havia material como imagens aéreas disponíveis para todos esses cenários.

Nesse caso, uma segunda sugestão enquanto procedimento de pesquisa seria a identificação de outra bacia com características (tipo de solo, vegetação, processo de uso e ocupação, clima) mais semelhantes possíveis só que sem a influência da construção de barragem. Nesse caso, construir-se-ia os mesmos cenários para esta bacia e ela serviria como referencial comparativo com relação à bacia sob influência da construção de barragem.

Compreender a realidade geográfica de um determinado lugar a partir de sua organização espacial, tendo como método de análise a teoria geossistêmica e a teoria do equilíbrio dinâmico, é tarefa que exige não a fragmentação do objeto, mas sim a identificação e correlação dos processos e forças que ali atuam.

Partindo do pressuposto de que os processos e dinâmicas do espaço nunca cessam, tomando como base a própria lei da termodinâmica e como referências as proposições sobre complexidade, apresentada por diversos autores, verificou-se que os estudos sobre as organizações espaciais, enquanto forma e processo parte do pressuposto de que a força motriz da realidade geográfica é a desorganização, ou seja, o eterno ajustamento das formas que obriga e mobiliza os processos nas mais diversas escalas espaciais e temporais. Esse ajustamento promove a coexistência de organizações espaciais, configurando um espaço geográfico compreendido enquanto uma totalidade a ser alcançada.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. F. M. **Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista**. São Paulo: IGEOG, 1974.
- BRTALANFFY, L. **Teoria Geral dos Sistemas: fundamentos, desenvolvimento e aplicações**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2009.
- BOIN, M. N. **Chuvas e Erosões no Oeste Paulista: uma Análise Climatológica Aplicada**. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas do *Campus* de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista, 2000.
- BRIGUENTI, E. C. **O Uso de geoindicadores na avaliação da qualidade ambiental da bacia do Ribeirão Anhumas, Campinas/SP**. 2005. 179 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.
- CARMO, R. L. **A água é o limite? Redistribuição espacial da população e recursos hídricos no Estado de São Paulo**. 2001. Tese (Doutorado) - Departamento de Sociologia do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.
- CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. São Paulo: Contexto. 1991.
- CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica das bacias hidrográficas. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v. 9, p. 35-64, 1969.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em geografia**. São Paulo: Hucitec, USP, 1979.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.
- CHRISTOFOLETTI, A. A variabilidade espacial e temporal da densidade de drenagem. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v. 21, n. 42, p. 3-22, 1981.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.
- CHORLEY, R. J. Geomorfologia e a Teoria dos Sistemas Gerais. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v. 11, n. 21, p. 3-22, 1971.
- COLLARES, E. G. **Avaliação de alterações em redes de drenagem de microbacias como subsídio ao zoneamento geoambiental de bacias hidrográficas: aplicação na bacia hidrográfica do Rio Capivari – SP**. 2000. 198 f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.
- COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PONTAL DO PARANAPANEMA (CBH – PP). **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos no Pontal do Paranapanema 2008 - versão digital**. Disponível em: <<http://www.comitepp.sp.gov.br/>>. Acesso em: 25 out. 2010.

CUNHA, S. B. C. Geomorfologia fluvial. In: GUERRA, A. J. T., CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de Bases e Conceitos**, p. 211-252. São Paulo: Edgard Blucher, 2001.

DITT, E. H. **Fragmentos Florestais no Pontal do Paranapanema**. São Paulo: Annablume, 2005.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

FADEL, H. **Fotointerpretação de Bacias e de Redes de Drenagem de Três Séries de Solos da Fazenda Ipanema, Município de Araçoiaba da Serra (SP)**. Dissertação (Mestrado). Escola de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1972.

FERNANDES, L. A. **Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil)**. 1998. 216 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

FRANÇA, F. de P. **Utilização de fotografias aéreas em três escalas no estudo de redes de drenagem em diferentes unidades de solo**. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1979.

FRANÇA, G. V. **Interpretação Fotográfica de Bacias e Redes de Drenagem Aplicadas a Solos da Região de Piracicaba**. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1968.

GOUDIE, A. Human Influence in Geomorphology. **Geomorphology**, [S.l.], V. 53, n. 7, 1993.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Bulletin of the Geological Society of America**, Washinton, v.56, p.257-370, 1945.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual Técnico de Geomorfologia**. Nunes B. A. et al. (Coord.). Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1995.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual Técnico de Uso da Terra**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual Técnico de Geomorfologia**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Folha SF-22-Y-B-I-2. Ribeirão das Anhumas/SP**. Superintendência de Cartografia - Departamento de Cartografia. Carta do Brasil, 1975. Escala 1:50.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Folha SF-22-Y-B-I-1. Ariranha/SP**. Superintendência de Cartografia - Departamento de Cartografia. Carta do Brasil, 1975. Escala 1:50.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Folha SF-22-Y-B-II-1. Marabá Paulista/SP.** Superintendência de Cartografia - Departamento de Cartografia. Carta do Brasil, 1975. Escala 1:50.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Folha SF-22-Y-B-I-4. Cuiába Paulista/SP.** Superintendência de Cartografia - Departamento de Cartografia. Carta do Brasil, 1975. Escala 1:50.000.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, 1:500.000.** São Paulo, IPT. 2v. (IPT, Monografia 6, Pub. 1184), 1981 a.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, 1:1.000.000.** São Paulo, IPT. 1981 b.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. **Orientações para o Combate à Erosão no Estado de São Paulo, Bacia do Peixe-Paranapanema.** São Paulo: IPT, 1986.

KOFFLER, N. F. **Utilização de imagens aerofotográficas e orbitais no estudo do padrão de drenagem em solos originados de arenito bauru.** 1976. 150 f. Dissertação (Mestrado)-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1976.

KOZMA, M. C. F. S.; BIDEGAIN, F. N. Grandes reservatórios: Controle ambiental e aproveitamento múltiplo. **SEMINÁRIO LATINO AMERICANO SOBRE PRESAS Y EMBALSES,** Bogotá, 1984.

LEPSCH, I.F. et al. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. 2. ed. ver., Campinas: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 1991.

LEVANTEZA, M. B. **Geomorfologia Antropogênica: Alterações na evolução dos canais de primeira ordem na bacia do Córrego da Aroeira – SP, decorrentes da construção da barragem de Água Vermelha.** Monografia de Conclusão de Curso apresentada ao Departamento de geografia do Instituto de geociências da Universidade Estadual de Campinas, 2008.

MONTEIRO, C. A. F. **A Dinâmica Climática e as Chuvas no Estado de São Paulo: Estudo Geográfico sob Forma de Atlas.** São Paulo: IG-USP, 1973.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas:** a história de uma procura. São Paulo: Contexto, 2000.

MORIN, E. **O Método:** a natureza da natureza. Publicações Europa-America, 1977.

NUNES, B. A. et al. (Coord.). Manual técnico de geomorfologia. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1995. (**Manuais Técnicos em Geociências**, n. 5).

NUNES, B. A. [et al] (Coordenadores). Manual técnico de geomorfologia. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 2009. (**Manuais Técnicos em Geociências**, n. 5).

NIR, D. **Man, a geomorphological agent: an introduction to anthropic geomorphology.** Jerusalém: Ketem Pub. House, 1983.

OLIVEIRA, J. B.; CAMARGO, M. N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: Legenda expandida.** Campinas: Instituto Agrônomo, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.

OLIVEIRA, M. A. T.; SBRUZZI, G. J.; PAULINO, L. A. Taxas de Erosão Acelerada por Voçorocas no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul. In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 6., Goiânia. **Anais...** Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 1995.

PEREZ FILHO, A. **Análise estrutural da Bacia do São José dos Dourados (SP).** 1977. Dissertação (Mestrado em geomorfologia) – Faculdade de Filosofia Ciências e Letras Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1977.

PEREZ FILHO, A.; SOARES, P. R. B.; ESPÍNDOLA, C. R. Processos erosivos e reativação de canais de drenagem no planalto ocidental paulista. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 9, 2001, Recife. **Anais...** Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2001.v1.p.84-85.

PEREZ FILHO, A.; VICENTE, L. E. Geografia e Complexidade: revendo conceitos. In: **Anais do Encontro Nacional da Associação de Pós-Graduação em Geografia**, 5, Florianópolis (CD-ROM), 2003.

PEREZ FILHO, A. Sistemas Naturais e Geografia. In: SILVA, J. B. da; LIMA, L. C.; ELIAS, D. (Org.). **Panorama da Geografia Brasileira.** São Paulo: Annablume, 2006, v. 01, p. 333-336.

PEREZ FILHO, A. Sistemas ambientais e sociedade. In: OLIVEIRA, M. P. de, COELHO, M. C. N., CORRÊA, A. de M. (Org.). **O Brasil, A América Latina e o Mundo: Espacialidades Contemporâneas (I).** Rio de Janeiro: Lamparina, 2008, v. 1, p. 362-372.

PINTO, S. A. F. **Utilização de técnicas de sensoriamento remoto para caracterização de erosão do solo no sudoeste do Estado de São Paulo.** São José dos Campos: INPE. 1982.

RODRIGUES, T. R. I. **Influência de reservatórios hidrelétricos na gênese e evolução da rede de drenagem no baixo curso do rio São José dos Dourados (SP).** Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento.** São Paulo: Contexto, 2003.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo: Escala 1:500.000.** São Paulo: Laboratório de Geomorfologia. Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas/Laboratório de Cartografia Geotécnica – Geologia Aplicada – USP/IPT/FAPESP, 2v. 1997. 64. (Mapas e Relatórios)

SIMON, A. L. H. **Dinâmica de Uso da Terra e sua Interferência na Morfohidrografia da Bacia do Arroio Santa Bárbara - Pelotas (RS).** Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas do *Campus* de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista, 2007.

SIMON, A. L. H. **Influência do reservatório de Barra Bonita sobre a Morfohidrografia da Baixa Bacia do Rio Piracicaba – SP**: Contribuições à Geomorfologia Antropogênica. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas do *Campus* de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista, 2010.

SOUSA, A. A. **Tratamento Digital de Fotografias Aéreas Verticais como uma Alternativa à Análise Estereoscópica de Bacias Hidrográficas**. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

SOUSA, A. A. **Processo Erosivo Linear na Bacia do Córrego Pontinhas em Orizona – GO**. Dissertação (Mestrado). Instituto de Estudos Sócio-Ambientais – IESA – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2001.

SOTCHAVA, V. B. **O Estudo do Geossistema**. Traduzido por Carlos Augusto Figueiredo Monteiro e Dora de Amarante Romariz, São Paulo: IG – USP, 1977.

STRAHLER, A. N. **Quantitative analysis of watersheol geomorphology**. Transactions American Geophysical Union, Washington, v.38, p.913-920, 1957.

TROPPEMAIR, H. **Geossistemas e geossistemas paulistas**. Rio Claro: IGCE, 2000.

VICENTE, L.; PEREZ FILHO, A. Abordagem sistêmica e geografia. **Geografia**, Rio Claro v. 28, n. 3, p. 323-344, 2003.

**APÊNDICE A – QUADROS COMPARATIVOS DAS AMOSTRAS
CIRCULARES**

551.4 Malavazzi, André Aparecido
M239i Influência da construção da Usina hidroelétrica de Porto Primavera na
evolução de canais de primeira ordem da rede de drenagem do Ribeirão
das Anhumas – UGRHI Pontal do Paranapanema / André Aparecido
Malavazzi. - Rio Claro : [s.n.], 2012
131 f. : il., figs., gráfs., quadros

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de
Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Archimedes Perez Filho

1. Geografia física. 2. Análise Sistêmica. 3. Bacia Hidrográfica. 4.
Rede de Drenagem. 5. Densidade de Drenagem. 6. Densidade
Hidrográfica. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP