
ECOLOGIA

CLAUDIA VANESSA DOS SANTOS CORRÊA

**ALTERAÇÕES MORFOHIDROGRÁFICAS DO SETOR
DE FUNDO DE VALE DO RIO PIRACICABA SOB
INFLUÊNCIA DO RESERVATÓRIO DE
BARRA BONITA (SP)**

CLAUDIA VANESSA DOS SANTOS CORRÊA

ALTERAÇÕES MORFOHIDROGRÁFICAS DO SETOR DE FUNDO
DE VALE DO RIO PIRACICABA SOB INFLUÊNCIA DO RESERVATÓRIO
DE BARRA BONITA (SP)

Orientador: Prof^a Dr^a Cenira Maria Lupinacci da Cunha

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Biociências da Universidade Estadual
Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Câmpus de Rio
Claro, para obtenção do grau de Ecólogo.

Rio Claro

2010

551.4a Corrêa, Claudia Vanessa dos Santos
C824a Alterações morfohidrográficas do setor de fundo de vale
do rio Piracicaba sob influência do reservatório de Barra
Bonita (SP) / Claudia Vanessa dos Santos Corrêa. - Rio Claro
: [s.n.], 2010
76 f. : il., figs., tabs., fots., mapas + 4 mapas

Trabalho de conclusão de curso (Ecologia) - Universidade
Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro
Orientador: Cenira Maria Lupinacci da Cunha

1. Geomorfologia. 2. Alterações morfométricas. 3.
Cartografia geomorfológica. I. Título.

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

À José Lourival [em memória] e José Feliciano [em memória], que mostraram a sua família que a felicidade está em qualquer lugar, basta ter simplicidade.

Agradecimentos

À mãe natureza, por proporcionar tanta beleza e vivacidade em suas formas! Todos os organismos vivos e não vivos integram esse universo maravilhoso, no qual temos a honra de morar!

Ao órgão de fomento de pesquisa FAPESP pelo financiamento do projeto, o qual tive a oportunidade de aprender mais a respeito de minha área de interesse, a qual sou profundamente apaixonada.

Sem dúvidas nenhuma a pessoa que mais confiou em mim! Professora Doutora Cenira Maria Lupinacci da Cunha, minha querida orientadora, que me aturou com tantas dúvidas durante a disciplina "Geomorfologia" (22 dúvidas!) e que me proporcionou um grande aprendizado durante a iniciação científica. Nunca me esquecerei de você professora, tenho um grande orgulho de ter realizado essa pesquisa em seu laboratório, sob a sua sábia orientação. Muito obrigada, de coração!

Ao querido amigo, companheiro, gaúcho, geógrafo, geomorfólogo, futuro doutor e professor doutor Adriano Luís Heck Simon! Pelas piadas geomorfológicas, grandes ensinamentos, campos realizados juntos... Aprendi muito com você! Sinto muito orgulho de ter compartilhado grandes momentos de descobertas com a sua pessoa. Muito obrigada Adrian! Vou sentir muitas saudades... Obrigada por tamanha confiança!

À minha querida família, que sempre acreditou em mim. Mãe, pai, Tia Rosana, Tio Fernando, Bibina, Tio Marco, Tia Giselda, Carlos, Francisca, Gilson, Luis (cunhadão), Firmo, Wallace, Joyce, Felipe e Jéssica. Não esquecendo do Tuti, meu querido filho!

À minha família de Paraty (RJ), cidade a qual passei boa parte de minha infância. Vovó, vovô com sua deliciosa pipoca em frente à igreja matriz, Tia Dita, Tio Gildo, Heverton, Tati, Tia Rosana, Dedêia e Juca.

Especialmente a minha mãe (Carmen Lúcia), mulher guerreira e batalhadora! Mamãe a amo muito! Obrigada por me trilhar no caminho do conhecimento. Se tenho quem admirar, sem dúvidas que é você. Obrigada por tudo!

Ao meu amado pai (Carlos do Espírito Santo) pela linda alma que tem! Levarei para a minha vida o seu exemplo de simplicidade e pureza. Papai o amo! Obrigada por tantos momentos de alegria!

À minha irmã Carine Fernanda, pela incrível amizade que possuímos. O papai, a mamãe e você são os maiores tesouros que possuo em minha vida! Obrigada por tantas risadas altas, choros, alegrias, conversas intermináveis de madrugada, bicos de garçonne (cumim haha), passeios de bicicletas, Clube Secreto... A amo irmã!

Ao meu namorado Evandro por me deixar entrar em sua vida. Estou muito feliz ao seu lado! Obrigada pelos momentos maravilhosos que passamos juntos! Piranguinha, céu estrelado (o mais lindo que já vi!), quadrilha, quentão, morangos orgânicos, crianças macias, égua Dita e família linda! Te amo! Teremos infinitos momentos juntos ainda.

À Unesp Rio Claro, como um todo! Professores, funcionários e guardas. Todos sempre foram muito gentis comigo! Sinto-me lisonjeada por ter estudado numa faculdade pública.

Aos queridos amigos da Unesp de Registro. Professor Doutor Afrânio Soares, Bibliotecária Ana, Eliane, Márcia, Pandeiro, Fear, Big, Pampers, Coruja, Kaiê, Turco, Rufião, Bob, Bozo, Chuchu, Ju's, Juliana Peres, Maísa, Lalá, Sami, Helô, Alevino, Salsa, Tatuíta, Dunga, Thi, Ana, Pariquera e Fran. Sinto saudades!

Ao curso pré-vestibular CASD, que continua com este lindo projeto destinado a alunos carentes. Se hoje estou aqui, devo parte a vocês!

Aos meus amigos do Ensino Médio Colégio Univap Urbanova, pelos quais convivi 3 anos em período integral. Evandro, Bob, Ina, Renan, Anne, Hershey's, Búfala, Ká, Kiki, Furby, Má, Pher, Jaque Tequila, Maryllac, Núbia, Carlinhos, Fabi, Marilaine, Fredá, Jê, Rê... Muita gente! Desculpem-me, o espaço é curto para escrever 300 alunos!

Aos amigos de minha cidade natal: Claudia, Lislie, Maria, Paulo, Joel, Francine, Cleiton, Rosana, Thalita, Grazy, Betão, Livia e Negão. Obrigada!

A todos os amigos do campus da Unesp Rio Claro. Muitas festas, risadas... Renato (Vuco Vuco), Dilon, Anie (Geologia), Anna (Geografia), Batatinha, Imaira, Lola, Yuri, De Menor, Vizinha, Maria, Fazendeira, Grupo Felipinho, Felipinho, Danada, Turquesa, Faustão, Jacaréi, Grá (Geografia), Leidi, Empire... Obrigada!

Ao curso de Ecologia... Por que Ecologia é mais legal! Barina, Rafa (colher), Charilo, Natasha, Lama, Bambu, Nhapitam, Tróinha, BO, Xaxu, Biz, Fenix, Codorna, Gambé, Roots, Tróinha, Léinha, Jack, Issa, Say, Dhara, Gorfo, Cookies... Desculpem-me, o espaço é limitado! Eu amo todos!

À Rep. Our, por ter me aturado durante este ano. Tomara que consigam tirar todas as minhas frases quando entregarem a casa!

A Madruga's, por terem me acolhido durante parte deste ano. Muito obrigada!

À Rep. Essencial, pelo seu antro de rusticidade! Pedrão, o pai da casa; Layon, várzea! Bígato, nosnime ocima. Smili, a prenda e agora mamãe! Meninos obrigada! Eu amo vocês!

À Rep Macia, por tanta felicidade no ano de 2009! Grupo, eu a amo! Obrigada por toda paciência, bobeirinhas durante a aula, piadas internas da república, quarto na sala, Gecilda, couve e Jhonatan. Diverti-me horrores com você! Bituca, a bixete! Sempre deixando as malas pela casa..haha..minha companheira de sala (você entendeu!haha!))! Berabá... Minha eterna mamãe!

Obrigada por tantas bobeiras, paciência, risadas intermináveis, bicos de auxiliar de garçom, pintura da casa, férias juntas, The Doors, rugby, Ecologia Humana (cicatriz preta no joelho!) e amizade. A amo! Já disse muitas vezes..sabia que você era muito legal, mas morando contigo, descobri o quanto é maravilhosa!

Às melhores amigas Tici e Shena, que partilharam comigo maravilhosos momentos. Não tenho palavras para expressar minha gratidão! Vocês foram muito pacientes, dedicadas, presentes e companheiras! As 3 das 5... As melhores! Fui muito feliz com vocês nesses 4 anos! Festas, cumplicidade, risadas, estudos, trabalhos, presentes macios... Obrigada!

À turma de Ecologia 2006. Eu sou dessa sala! Berabá, Grupo, Grupo Campinas, Grupo Bauru, Macia, Nível, Pedrão, Layon, Lêndia, Barronei, Fofa, Lérisa, Ilária, Lost, Capucci, Milene (bixete!), Paulinha, Depois, Maduro, Murilo, Jaca, Jáspon e Pocas. Obrigada pela recepção! Dei muitas risadas com vocês em aulas e campos!

À turma de 2007... Pá pá pá pá! Tici, Shena, Vivi, Capote, Doce, Zeca, Demorô, Geraldinho, Jô, Lérisa, Bia, Bráqui, Helps, Tulinho, Massa, Pê, Ana, Desertores (Pacata, Piura, Tchuc, Hobbit, Tofusinho, Frei), Tereza, Panjota, Duduxo, Buxano, Mari e Pituxa. Foram muitas alegrias, campos, dúvidas e festas! Vou sentir falta.

Ao laboratório de geomorfologia (LAGEO)! Todos muito companheiros, sempre ajudando os demais. Vou sentir muitas saudades. Aprendi muito trabalhando com vocês! Adriano Luís, Tissi, Lindyce, Letícia Giuliana, Léo, Schun Lee, Leandro Pinton, Camila, Ana, Simone, Evandro Daniel, Patrícia, Alan, Diego e Cléberson. Obrigada geomorfólogos!

Aos amigos que ganhei em Rio Claro! Pessoal do Buffet Pompeu (Thiago, Bude, Bruno, Manga, Andréia, Fernando, Baixo, Foguinho, Vando, Carine, Jah macia, Macaco, Pedrinho, Mara, Thomaz, Berabá, Victor, Mari, Cibele, moças da cozinha e Cleide – a equipe é boa!), e amigos do forró: Dênis, Vi e Fátima. Foram lindas experiências! Quantas risadas...

Às diferentes instituições que realizei estágios maravilhosos, ao longo desses 4 anos: Parque Estadual Campina do Encantado, Parque Estadual da Serra do Mar Núcleo Santa Virgínia, Parque Estadual da Serra do Mar núcleo Picinguaba, Instituto OIKOS de Agroecologia, Grupo de Extensão “Chico Mendes”, pelo Estágio Interdisciplinar de Vivência em Assentamentos Rurais (demais!) e à Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente de Paraty (SEDUMA). Todo o conhecimento foi válido, todas as diferentes experiências vividas forma marcantes! Agradeço a cada um, de coração!

Por fim, ao Grupo de Extensão em Educação Ambiental “Semente Viva”, que durante 4 anos me surpreendeu de diferentes maneiras, em cada sorriso de lindas crianças. Sementeiros, na luta! Muito mais do que Educação Ambiental, o mundo precisa de amor!

Obrigada a todos!

Resumo

O homem modifica o ambiente ao seu redor gerando alterações “nos elementos que se encontram em contato direto com suas atividades, como a cobertura vegetal, as formas do relevo e a rede hidrográfica” (CASSETI, 1994). Assim, destacam-se as áreas submetidas ao represamento, cujos reflexos incidem diretamente sobre as formas do relevo. Desta forma, a geomorfologia atua como uma ciência de análise das alterações ocorridas na rede de drenagem e nas feições geomorfológicas, e a cartografia geomorfológica antecipa-se como instrumento da geomorfologia. O objetivo principal da pesquisa foi identificar e analisar as alterações morfohidrográficas e morfométricas provocadas pela construção do reservatório de Barra Bonita no curso final do Rio Piracicaba. A orientação metodológica vincula-se à Teoria Geral dos Sistemas Aplicada à Geografia e à análise da dinâmica de sistemas morfohidrográficos. Para as técnicas, foram confeccionados mapas geomorfológicos e de uso e ocupação das terras dos anos de 1962 (ano anterior à construção da barragem) e 2007 (selecionado como ponto de partida para a análise das alterações morfohidrográficas). Em 1962 existiam barras de meandro, canais e meandros abandonados, terraços fluviais, diques marginais, lagos e lagos de meandros. Em 2007 estes são comprometidos devido à mudança de nível de base local, fato demonstrado pelo desaparecimento de meandros e canais abandonados nas planícies aluviais, fragmentação de terraços fluviais, mudança de foz pelos canais tributários do rio principal e surgimento de novas lagoas. Para o uso, no ano de 1962 existiam grandes áreas de vegetação de “campo úmido”, atrelado à feição geomorfológica “planície aluvial”, que se encontrou alagada no ano de 2007. Foram também calculados os índices de sinuosidade, densidade de meandramento, número de meandros, área de feições hidrogeomorfológicas e raios de curvatura dos meandros, além de sua classificação, para os dois cenários, evidenciando que a interferência antrópica também se dá ao nível morfométrico.

Palavras – chave: Rio Piracicaba, reservatório de Barra Bonita, alterações morfohidrográficas, alterações morfométricas, cartografia geomorfológica.

Sumário	Página
1. Introdução	8
2. Objetivos	11
3. Caracterização da área de estudo	13
4. Materiais, métodos e técnicas	22
4.1. Materiais	22
4.2. Método	23
4.3. Técnicas	24
4.3.1. Base Cartográfica	24
4.3.2. Cartas Geomorfológicas	25
4.3.3. Cartas de uso da terra	30
4.3.4. Análise morfométrica dos meandros	38
5. Resultados e discussão	41
6. Considerações finais	66
7. Referências bibliográficas	69

1. Introdução

O aumento da população mundial e da demanda por recursos energéticos vem causando a apropriação intensa dos elementos do sistema ambiental, muitas vezes desprovida de planejamento. A evolução do homem, do caráter nômade para o sedentário, foi marcada pelo seu esforço em assegurar conforto e bem-estar para a sociedade.

As transformações ocorridas, sobretudo após o advento da Revolução Industrial, influenciaram significativamente o modo de vida das sociedades. O homem passou a utilizar os recursos naturais com o auxílio de técnicas mais sofisticadas que contribuíram para a transformação das características físicas dos elementos e, como consequência, dos processos que ocorrem no sistema ambiental, gerando inúmeros desequilíbrios nos ciclos de matéria e energia.

Estudos de Goudie (1986) apontam a ascensão das modernas civilizações industriais, juntamente com suas atividades, como as principais responsáveis pela apropriação intensa dos recursos naturais. O lucro derivado das atividades humanas ocasionou a expansão da ação do homem e o controle intenso do meio ambiente, de modo que a maior parte dos processos naturais fosse perturbado em sua quase totalidade.

Christofoletti (1999, p.37) ressalta que “os sistemas ambientais são responsáveis pelo fornecimento de materiais e energia aos sistemas socioeconômicos e deles recebem os seus produtos, tais como lavouras, edificações e dejetos”. Desta forma, não há como ocultar as

diversas interferências antrópicas sobre os elementos naturais, que são altamente susceptíveis a pequenas mudanças.

O homem, de acordo com suas necessidades, modifica o ambiente ao seu redor, gerando alterações, principalmente “nos elementos que se encontram em contato direto com suas atividades, como a cobertura vegetal, as formas do relevo e a rede hidrográfica” (CASSETI, 1994).

Neste cenário de interferências antrópicas, destacam-se as áreas submetidas ao represamento, cuja finalidade é a produção de energia elétrica através da força da água. De acordo com Junk & Nunes de Mello (1990), “O represamento de um rio significa uma interrupção de um sistema aberto e de transporte por um sistema mais fechado e de acumulação”. A construção de uma represa tem como alvo o aproveitamento de água de alto desnível, em quantidade constante.

Ainda de acordo com Junk & Nunes de Mello (1990), todos os rios tendem a atingir um equilíbrio dinâmico entre a sua descarga, velocidade média, carga sedimentar e morfologia de seu leito – esses fatores combinados constituem a geometria hidráulica do rio. O represamento de um rio, desta forma, conduz a nivelção das flutuações e equilíbrios naturais. Conseqüentemente, as flutuações do nível do rio abaixo da represa também serão modificadas.

Os reflexos do barramento incidem diretamente sobre as formas do relevo, pois a alteração do nível de base local condiciona a reativação dos canais fluviais. Tal situação tende a desencadear o aumento da densidade hidrográfica e da densidade de drenagem, provocando mudanças nas cabeceiras das redes de drenagem. As alterações citadas contribuem para a intensificação dos processos erosivos superficiais e provavelmente subsuperficiais que se associam aos processos superficiais (PEREZ FILHO et al., 2001)

Junk & Nunes de Mello (1990) explicam ainda que a geração de um lago artificial conduz a deposição dos sedimentos dentro dos reservatórios, ocasionada pela redução da correnteza, pela erosão lateral dos mesmos – se houver inexistência de vegetação protetora nas margens – e pela influência da flora, que é adaptada a determinadas flutuações de nível e correnteza.

Nesse contexto, a geomorfologia pode atuar como uma ciência de análise das alterações ocorridas na rede de drenagem e nas feições geomorfológicas, indicando as conseqüentes transformações nos processos que regem a morfohidrodinâmica afetada por barramentos. De

acordo com Guerra (2003) a geomorfologia passa a ter um importante papel, juntamente com outras especialidades, no diagnóstico de áreas degradadas, porque em todas, ou quase todas, as atividades que os seres humanos desenvolvem na superfície terrestre, estão sobre alguma forma de relevo, algum tipo de solo e alguma estrutura geológica, que responde de forma diferente a cada ação antrópica.

Nesse sentido, a cartografia geomorfológica antecipa-se como instrumento da geomorfologia para avaliar as transformações espaciais sobre as formas do relevo e da rede de drenagem, conduzindo a análise sobre as transformações nos processos.

2. Objetivos

O objetivo principal da pesquisa é identificar e analisar as alterações morfohidrográficas, provocadas pela construção do reservatório de Barra Bonita no curso final do Rio Piracicaba, na área sob influência das variações sazonais da lâmina de água. Enfoque maior será concedido ao setor de fundo de vale, onde, a partir da identificação das alterações na rede de drenagem e nas formas do relevo causadas pelo barramento e pela dinâmica no uso da terra, pretende-se analisar, dedutivamente, as transformações desencadeadas na morfohidrodinâmica da área em questão.

A partir do objetivo principal, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- * Identificar as características espaciais da rede de drenagem em dois períodos distintos: 1962 – anterior a construção do reservatório, e no cenário mais atual (2007), a fim de avaliar as transformações hidrográficas;

- * Identificar as feições geomorfológicas de fundo de vale em um período anterior (1962) e posterior (2007) à construção do reservatório de Barra Bonita, a fim de avaliar as alterações nas formas do relevo e possíveis distúrbios nos processos erosivos;

- * Avaliar as transformações geomorfológicas derivadas da alteração da dinâmica fluvial, decorrente dos mecanismos de controle impostos pela construção do Reservatório de Barra Bonita.

* Avaliar as transformações na geometria dos meandros derivadas da alteração da dinâmica fluvial, decorrente dos mecanismos de controle impostos pela construção do Reservatório de Barra Bonita.

3. Caracterização da área de estudo

Foi selecionada como área da pesquisa o fundo do vale do segmento final do Rio Piracicaba, à montante do reservatório de Barra Bonita, na região central do Estado de São Paulo (Figura 1). Maior atenção foi destinada à área que se encontra sob influência das variações sazonais no nível do reservatório, pois este setor apresenta grandes perturbações hidrográficas e geomorfológicas, possuindo um sistema de lagoas marginais situadas na planície de inundação do rio Piracicaba, derivadas do sistema de barramento do referido reservatório.

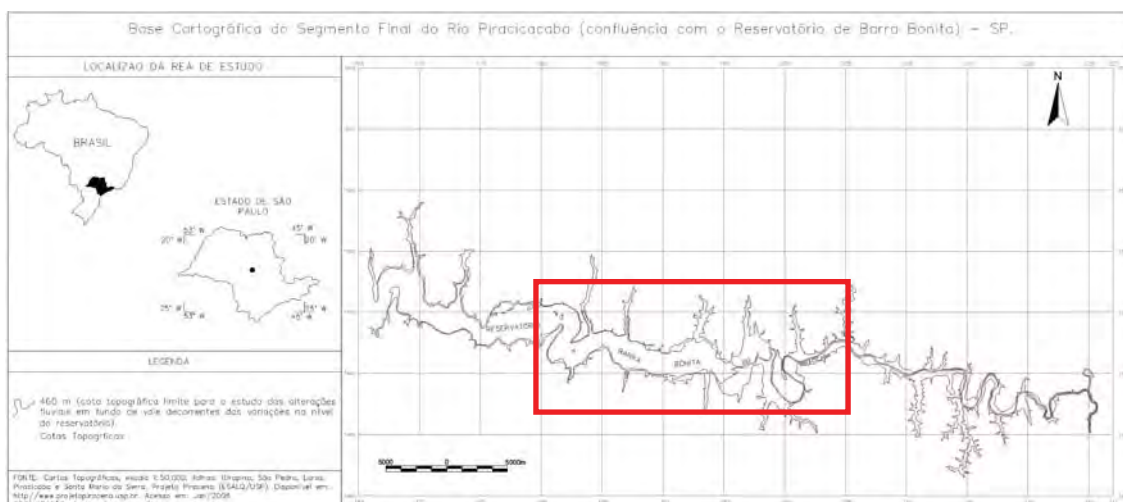


Figura1: Localização da área em estudo, destacada pelo retângulo.

Elaborado e Organizado por: Adriano Luís Heck SIMON.

O reservatório de Barra Bonita é formado pela confluência entre os rios Tietê e Piracicaba. Localiza-se entre as coordenadas geográficas 21° 54' 20'' e 23° 57' 26'' Sul e 46° 39' 27'' e 48° 34' 52'' Oeste (PRADO & NOVO, 2005). O reservatório começou a operar em 1963, sendo formado pelo represamento do rio Tietê tendo como principal afluente o Rio Piracicaba. Constitui-se no primeiro reservatório à jusante da cidade de São Paulo (aproximadamente 300 km em linha reta) a formar um complexo de barragens situadas no rio Tietê (CALIJURI, 1999 citado por PRADO & NOVO, 2005).

Segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (1981), as grandes formações geológicas que ocorrem na área de estudo são pertencentes ao Grupo São Bento, que reúne “um conjunto de arenitos predominantemente vermelhos e as eruptivas da Serra Geral” (FACINCANI, 2000) e ao Grupo Passa Dois, que na área de estudo está representado pelas Formações Corumbataí e Irati (figura 2). O Grupo São Bento é representado pela Formação Pirambóia, composta por arenitos de coloração avermelhada (FACINCANI, 2000), relacionados a ambientes de deposição hídrica, localizada em sua maioria na porção oeste da área em estudo e na porção leste, de forma fragmentada. Quanto ao Grupo Passa Dois, este está representado pela Formação Irati, que de acordo com IPT (1981) *apud* Facincani (2000), “constitui-se de folhelhos pirobetuminosos, folhelhos pretos, dolomitos cinzentos alternando-se com folhelhos escuros e calcários [...]”. Esta se localiza em uma pequena porção da área em estudo, no setor leste (figura 2). A Formação Corumbataí, verificada em grande parte no setor leste e em uma pequena parcela do setor oeste, à montante do reservatório (figura 2), é caracterizada, na parte inferior, por argilitos, folhelhos e siltitos de cor cinza-escuro, e na superior por argilitos, folhelhos e siltitos arroxeados a avermelhados, com intercalações carbonáticas, e camadas de arenitos muito finos (FACINCANI, 2000, p. 29). Os depósitos aluviais, areias e argilas, conglomerados na base, depositados durante o Holoceno, encontram-se na porção oeste do rio principal, antes do início do reservatório (figura 2). Tais litologias geram feições de relevo típicas da Depressão Periférica Paulista.

Ross e Moroz (1997) e Almeida (1974) denominam a região como Depressão do Médio Tietê, unidade geomorfológica localizada dentro da Depressão Periférica Paulista. Segundo Ferraz e Mortatti (2002), as altitudes variam entre 500 e 700 metros, localizadas em terrenos sedimentares e relevo colinoso (SÃO PAULO, 1990 *apud* FERRAZ & MORTATTI, 2002). De acordo com Almeida (1974), diversos acidentes apresentam-se nos cursos a montante do rio

Piracicaba, nessa unidade geomorfológica: corredeiras, rápidas e pequenas cachoeiras e depósitos de cascalhos e areias, que assinalam terraços antigos do rio (ALMEIDA, 1974, p. 64). Segundo o mesmo autor, entre o salto de Piracicaba e Artêmis, o rio apresenta nítidos meandros encaixados nos sedimentos da Formação Corumbataí, e alcança o perfil de equilíbrio em relação ao nível de base que lhe oferece o Tietê.

De maneira geral, segundo o IPT (1981), na área de estudo, distribuídos na forma de pequenas manchas, destacam-se os morrotes e espigões alongados (figura 3), onde “predominam interflúvios sem orientação preferencial, topos angulosos e achatados, vertentes ravinadas com perfis retilíneos” (IPT, 1981). Em grande porção do setor leste (figura 3) há predominância de colinas médias, com “formas suavizadas e separadas por vales jovens” (ALMEIDA, 1974). No setor central, oeste (figura 3) e na porção leste a montante do reservatório, encontram-se o domínio das colinas amplas, com “topos extensos e aplainados, vertentes com perfis convexos a retilíneos” (IPT, 1981). A montante do reservatório, no setor central (figura 3), há predomínio de planícies aluviais, caracterizados por Facincani (2000, p. 148) como “terrenos baixos e mais ou menos planos, junto às margens dos rios, sujeitos periodicamente a mudanças”.

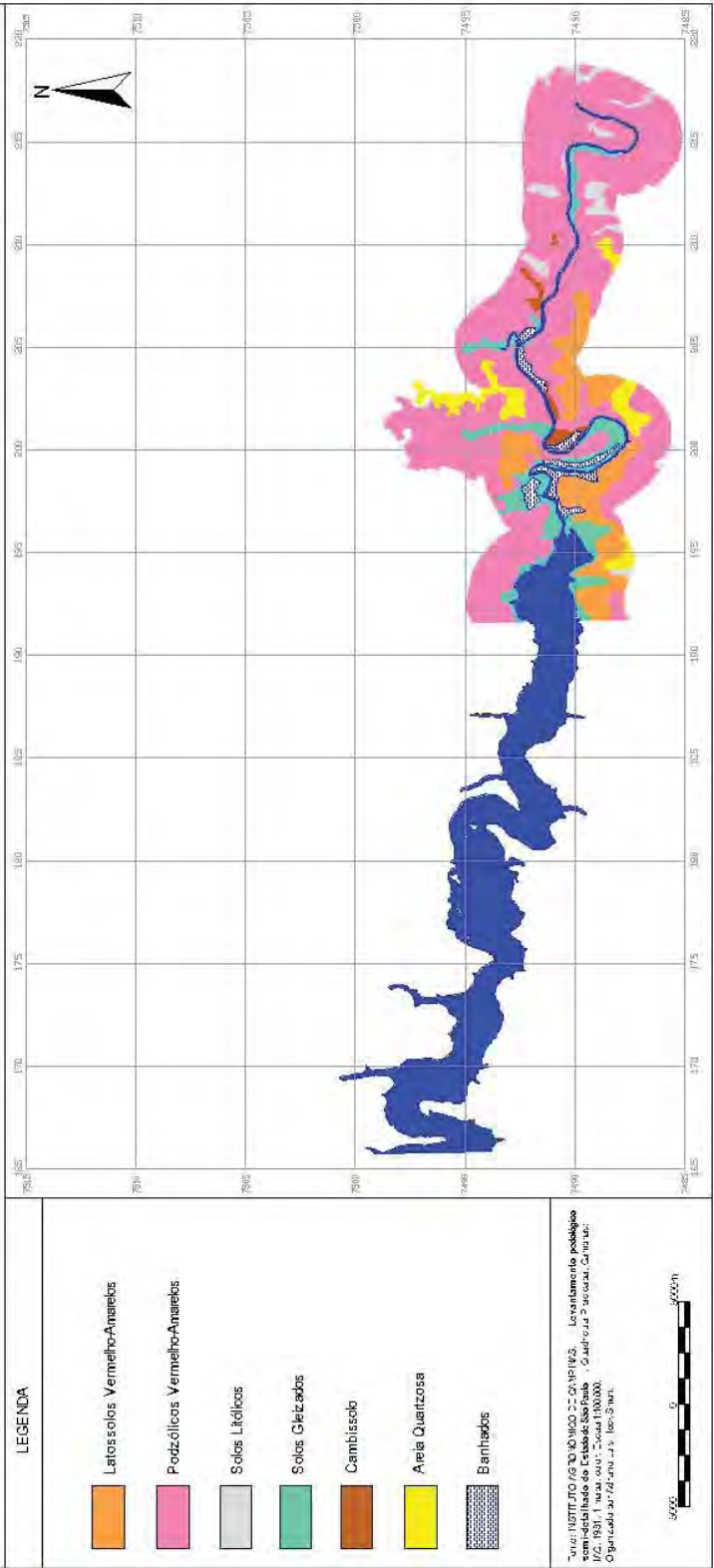
Em relação à pedologia local, segundo o Instituto Agrônomo de Campinas (1961), a região é caracterizada por diferentes tipos de solos, tais como Podzólicos (Argissolos*¹) Vermelho-Amarelos (figura 4), distribuídos por toda a extensão da área em estudo; manchas de solo Litólico (Neossolo Litólico*) no setor leste (figura 4); Latossolos Vermelho-Amarelos, em menor extensão, na porção central (figura 4); solos Gleizados (Gleissolos*) a montante do reservatório. Há também a presença pouco significativa de Areia Quartzosa (Neossolo Quartzarênico), em dois setores: uma pequena mancha situada a oeste e outras a leste, antes do início da barragem. Os Cambissolos possuem pouca representação, situando-se apenas em forma de pequenas manchas no setor central da área em estudo (figura 4). As áreas de banhado também se situam na área supracitada (figura 4). É importante ressaltar que a figura que ilustra as classes pedológicas presentes na área de estudo abrange apenas a carta de solos semi detalhada de São Pedro, não englobando a de Santa Maria da Serra.

Os Podzólicos Vermelho – Amarelos são constituídos por material mineral, que têm como características diferenciais argila de atividade baixa e horizonte B textural (Bt), imediatamente

¹* Nome da classe de solos segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos publicado pela EMBRAPA (1999).

abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial. São de profundidade variável, e a textura varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt, sempre havendo aumento de argila daquele para este (EMBRAPA, 1999, p. 83). Os Neossolos (de acordo com a classificação da EMBRAPA, 1999) compreendem solos constituídos por material mineral ou por material orgânico pouco espesso com pequena expressão dos processos pedogenéticos em consequência da baixa atuação desses processos. O Neossolo Litólico possui um horizonte A ou O hístico assentado diretamente sobre a rocha ou horizonte C, já o Neossolo Quartzarênico não possuem contato lítico nos primeiros 50cm de profundidade (EMBRAPA, 1999, p. 226). Latossolos Vermelho – Amarelos são caracterizados por constituição principal de material mineral, com avançado estágio de intemperização, como resultado de enérgicas transformações no material constitutivo (EMBRAPA, 1999, p. 91). Em relação aos Gleissolos, estes são caracterizados principalmente por seu caráter hidromórfico, constituídos de material mineral, que são predominantemente ou periodicamente saturados por água, implicando na manifestação de cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas (EMBRAPA, 1999, p. 89). Por fim, Cambissolos comportam desde solos fortemente até imperfeitamente drenados, de rasos a profundos, de cor bruno – amarelada até vermelho-escuro, em virtude da heterogeneidade do material de origem, das formas de relevo e das condições climáticas (EMBRAPA, 1999, p. 84).

Representação cartográfica preliminar dos tipos de solos do setor de fundo de vale da baixa bacia do Rio Piracicaba - SP



De acordo com Prado (2004), o clima da região é considerado de transição entre os climas tropical e subtropical e as estações não são bem definidas. Na classificação de Köppen, a região é caracterizada como clima do tipo CWA (clima mesotérmico), com inverno seco e verão quente (PRADO, 2004). Segundo Pellegrino (1995, *apud* Ferraz e Mortatti, 2002), a média pluviométrica anual da bacia do Rio Piracicaba é de 1440 mm, sendo a média mensal do período seco, que vai de abril a setembro, inferior a 20 mm e do período úmido, entre outubro e março, 300 mm (figura 5).

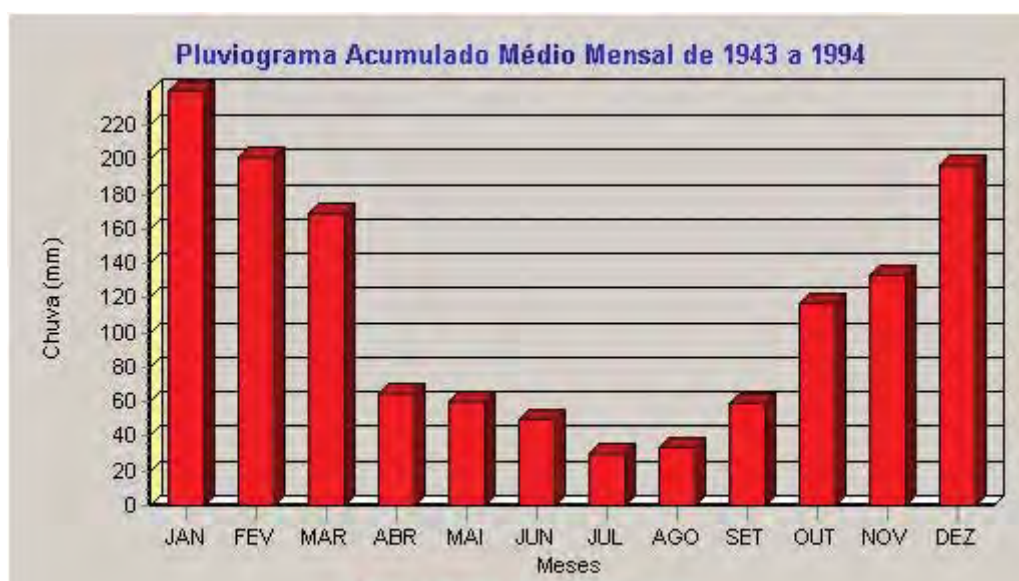


Figura 5: Pluviograma Acumulado Médio Mensal de 1943 a 1994. Posto Pluviométrico prefixo D5-062.

Fonte: Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo.

Brasil (1992, *apud* Cabral, 2003) afirma que a vegetação encontrada na região era formada pela floresta estacional semidecidual, caracterizada pela dupla sazonalidade climática, e savanas, formações relacionadas à vegetação com hábitos xeromórficos. Porém, no cenário atual, encontram-se bastante degradadas, dando muitas vezes lugar à monocultura intensiva de cana de açúcar, plantações esparsas de eucaliptos e, em menores proporções, culturas agrícolas anuais (CABRAL, 2003). A vegetação nativa era caracterizada por herbáceas de pequeno porte, conforme estudos de Corrêa et al.(2009), destacando-se principalmente àquelas relacionadas ao setor de fundo de vale, associadas às planícies aluviais, em solos de banhado. Neste caso, a

vegetação foi caracterizada como herbácea – higromórfica, devido às oscilações periódicas dos canais fluviais. Os canais tributários do Rio Piracicaba, assim como o próprio curso principal, apresentam em sua extensão vegetação de caráter mais arbóreo, típicas de Zonas Ripárias.

4. Materiais, métodos e técnicas

4.1. Materiais

Referencial bibliográfico: Disponível na biblioteca da UNESP/Rio Claro. Realizaram-se também pesquisas em bases virtuais, bem como em instituições como o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e o Instituto de Pesquisas Técnicas (IPT);

Produtos de sensores remotos: (1) Fotografias aéreas do ano de 1962 (Levantamento Aerofotogramétrico do Estado de São Paulo), em escala 1:25.000, disponíveis no Instituto Agrônomo de Campinas. (2) Imagens de Radar do Sistema ALOS (Advanced Land Observing Satellite), do ano de 2007, geradas pelo sensor Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping (PRISM), o qual permite mensurar a elevação dos terrenos, facilitando a classificação das feições do relevo e as características da rede de drenagem bem como a conjuntura de uso da terra.

Softwares: Software AutoCAD 2000 (digitalização e vetorização dos dados de uso da terra e geomorfológicos), Software Corel Draw 11 (edição final dos mapeamentos) e ENVI 4.5 (tratamento das imagens, identificação e avaliação das características morfohidrográficas e de uso da terra no cenário mais atual).

Equipamentos de informática e material de escritório para elaboração dos relatórios: Microcomputadores, impressoras e scanner, máquina fotográfica digital, GPS,

estereoscópio (de bolso e espelho) e mesa de luz. Todos esses equipamentos estão disponíveis no laboratório de Geomorfologia, alocado no Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento da UNESP de Rio Claro.

4.2. Método

A orientação metodológica da presente pesquisa vincula-se à Teoria Geral dos Sistemas Aplicada à Geografia e à análise da dinâmica de sistemas morfohidrográficos.

A visão pretendida a partir da adoção desta abordagem coloca em pauta a noção de interferência do sistema socioeconômico sobre o sistema ambiental, provocando alterações – por meio de entradas excessivas ou mínimas de energia e matéria e/ou perturbações na dinâmica do sistema ambiental – que condicionam as situações de controle e desequilíbrio ambiental.

De acordo com Tricart (1977, p. 19),

“[...] o conceito de sistema, é o melhor instrumento lógico de que dispomos para estudar os problemas do meio ambiente. Ele permite adotar uma atitude dialética entre a necessidade da análise – que resulta do próprio progresso da ciência e das técnicas de investigação – e a necessidade contrária, de uma visão de conjunto, capaz de ensejar uma atuação eficaz sobre esse meio ambiente. Ainda mais, o conceito de sistema é, por natureza, dinâmico, e por isso adequado a fornecer os conhecimentos básicos para uma atuação – o que não é o caso de um inventário, por natureza estática”.

Os elementos do sistema ambiental apresentam um equilíbrio dinâmico, encontrando-se em ocasiões de estabilidade e em momentos extremos, quando o fluxo de energia varia condicionando as unidades às modificações em sua combinação e organização. O sistema socioeconômico atua diretamente sobre a dinâmica do sistema ambiental a partir das atividades antrópicas de ocupação, apropriação e exploração dos recursos naturais.

No âmbito deste referencial teórico a área objeto desta pesquisa foi analisada sob o enfoque dos sistemas controlados. De acordo com Chorley & Kennedy (1971) e Christofolletti (1999), os sistemas controlados encontram-se inseridos dentro dos sistemas processo-resposta.

Possuem a particularidade de conter “válvulas” ou “chaves”, que desempenham um papel inteligente por meio de intervenções efetivas, que causam mudanças operacionais na distribuição de matéria e energia no sistema por meio de seu funcionamento, dependendo da graduação de sua aplicação na condução destes processos. Estas válvulas ocupam pontos estratégicos dentro dos sistemas, sendo capazes de desencadear mudanças funcionais nos atributos dos subsistemas, demonstrando assim seu caráter de importância.

Desta forma, a área que se encontra sob influência das oscilações da lâmina de água do reservatório de Barra Bonita possui dois períodos distintos. Aquele anterior a construção do reservatório aproxima-se das características originais do sistema de drenagem e das feições geomorfológicas, considerando que o processo histórico de ocupação tenha atuado por meio dos ciclos socioeconômicos. O segundo momento diz respeito à imposição de um mecanismo de controle das características hidrológicas da área, que por consequência atua diretamente sobre a morfodinâmica local e também regional, a partir da reorganização dos canais fluviais e dos processos erosivos.

A dinâmica de uso da terra desencadeada ao longo do tempo histórico também possui influência direta nas transformações morfohidrográficas, pois, alterações bruscas na cobertura vegetal e usos intensos da terra tendem a potencializar a dinâmica erosiva que já se encontra perturbada por um elemento de controle direto, nesse caso o reservatório de Barra Bonita.

Conforme Christofletti (1999, p. 131), as atividades socioeconômicas realizadas pelas sociedades ocasionam mudanças nos processos dos sistemas ambientais. As repercussões dessas atividades incidem em modificações na superfície da terra, que se processam em ritmos variados ao longo dos tempos históricos sendo interessante sua avaliação e relação com as alterações morfohidrográficas.

A partir desta metodologia, foram adotadas técnicas necessárias para a realização das Cartas Geomorfológicas e de Uso da Terra, com embasamento na Teoria Geral dos Sistemas.

4.3. Técnicas

4.3.1. Base cartográfica

A etapa de organização do material cartográfico compreendeu a seleção das cartas topográficas referentes à base cartográfica da área em estudo e dos produtos de sensores remotos (fotografias aéreas), relativo ao cenário de 1962 para a realização dos mapeamentos geomorfológicos e de uso e ocupação das terras.

A base cartográfica da área em estudo foi organizada a partir dos dados em formato vetor disponíveis para *download* no site do Projeto PiraCena (ESALQ/USP). Entretanto, foram coletadas também as cartas topográficas originais da base, em formato raster, na escala 1:50.000. Esta coleta justifica-se pela necessidade de mais pontos de controle para o georreferenciamento das fotografias aéreas (mapas de ocupação e uso das terras) e dos *overlays* derivados das atividades de fotointerpretação (mapas geomorfológicos), bem como para a correção de algumas imprecisões verificadas na base em formato vetor, como a falta de curvas de nível, e de pontos cotados que contam como elementos da morfometria na estruturação dos mapas geomorfológicos. A coleta foi realizada no acervo existente no Laboratório de Geomorfologia e no Centro de Análise e Planejamento Ambiental da UNESP/Rio Claro. As cartas coletadas foram: São Pedro (SF-23-M-III-1), Itirapina (SF-23-M-I-3), Santa Maria da Serra (SF-22-Z-B-VI-2) e Brotas (SF-22-Z-B-III-4).

4.3.2. Cartas geomorfológicas

De acordo com Cunha (2001), “a cartografia geomorfológica constitui-se em um tipo de mapeamento cuja complexidade é inerente ao próprio objeto de representação”. Desse modo, Demek (1967, *apud* Cunha, 2001) afirma que o mapeamento geomorfológico tem se tornado o principal método para o estudo e a pesquisa geomorfológica. Portanto, torna-se prioritário para o presente trabalho a elaboração de mapas geomorfológicos para o entendimento das transformações espaciais decorrentes da construção do reservatório.

Adotou-se a técnica de estereoscopia, realizada através do pareamento de fotografias aéreas relativas ao cenário anterior à construção da barragem (1962). Segundo Marchetti e Garcia (1977, p. 57), “estereoscopia é a ciência e a arte que permite a visão estereoscópica (terceira dimensão) e os estudo dos métodos que tornam possíveis esses efeitos”. Loch (1984, p.50) complementa essa afirmação, argumentando que “a possibilidade de analisar as fotografias aéreas em estereoscopia possibilita a análise das formas de relevo do terreno”. As fotografias possuem

escala aproximada de 1:25.000 e foram coletadas no Laboratório de Sensoriamento Remoto (LASERE/USP), no mês de novembro de 2008, e no IAC – Instituto Agrônomo de Campinas, obtidas pelo Levantamento Aerofotogramétrico do Estado de São Paulo. Foram utilizadas 56 fotos deste cenário, das quais 25 foram fotointerpretadas (figura 6), datadas do mês de Agosto de 1962, referente ao período de vazante da área em estudo. Utilizou-se como ferramenta para o emprego dessa técnica o estereoscópio de espelho da marca SOKKISHA TOKIO, tendo como overlay papel do tipo poliéster para assinalar as feições geomorfológicas, com o auxílio de lapiseiras de grafite azul, para assinalar drenagens, grafite preta, para as feições do relevo, e grafite vermelha, para as feições de origem antrópica.

O mapeamento geomorfológico abrangeu as principais feições do relevo que ocorrem no fundo de vale, vinculadas à zona de deposição de materiais na planície de inundação atual e pretérita, representadas principalmente por terraços, leques aluviais, planícies aluviais, barras de pontal e diques fluviais. Outras feições foram identificadas, tais como rupturas topográficas, linhas de cumeada, colos, caimentos topográficos, patamares estruturais, formas de vertente, formas de fundos de vale, cristas estruturais, e feições antrópicas, caracterizadas por ravinas, sulcos erosivos e voçorocas. Estas foram identificadas a partir das orientações de Cunha (2001) que se pautou em uma adaptação das propostas de Tricart (1965) e Verstappen e Zuidan (1975), a partir da seleção de símbolos adequados à representação das feições geomorfológicas em uma única legenda, levando em consideração os princípios da gestão ambiental (figura 7).

Posteriormente, a vetorização e edição dos dados foi realizada pelo programa AUTOCAD 2004. Nesta etapa, foram construídos *layers* específicos dentro do referido programa e cada feição assinalada nos *overlays*, derivados da fotointerpretação do cenário de 1962 foi vetorizada, para a edição do mapa geomorfológico final.

Fotoíndice do setor de fundo de vale da baixa bacia do Rio Piracicaba relativo ao cenário de 1962

	2639	2640	2641	2642	2643	2644	2645	2646	2647	2648	2649														
2686	2685	2684	2683	2682	2681	2680	2679	2678	2677	2676	2675	2674	2673	2672	2671	2670	2669	2668							
										2522	2521	2520	2519	2518	2517	2516	2515	2514	2513	2512	2511				
																		2767	2768	2769					

Fotoíndice da extensão de fundo de vale

9440	9463	9760	9613
9441	9462	9761	9612
9442	9461	9762	

Figura 6: Fotoíndice da área em estudo.
Elaborado e Organizado por: Adriano Luís Heck SIMON

Simbologia empregada para o mapeamento da morfologia original no setor de fundo de vale da baixa bacia do Rio Piracicaba. Adaptado de Tricart (1965) e Verstappen; Zuidan (1975).						
1. FEIÇÕES ESTRUTURAIS		Depósitos Aluviais				
	Patamar Estrutural	C. Modelado de Entalhe				
	Crístia Estrutural	fundo plano	em "v"			
2. FORMAS DE ORIGEM DENUTATIVA		4. MORFOMETRIA				
	Erosão em Sulcos	A. Precisões Topográficas e Morfométricas				
	Ravinas		Pontões Colados			
	Vagorocas		Cotas Topográficas			
	Cólo Erosivo		suaves			
	Ruptura Topográfica Suave		agudas			
	Ruptura Topográfica Abrupta	Direção do Escoamento Superficial				
3. AÇÃO DAS ÁGUAS CORRENTES E FORMAS DE ORIGEM FLUVIAL		B. Forma das Vertentes				
	Canal Fluvial		Vertente Convexa			
	Canal Pluvial		Vertente Côncava			
	Erosão Fluvial Lateral		Vertente Reilínea			
	Lago		Vertente Irregular			
	Canal abandonado	5. MODELADO ANTRÓPICO E AÇÕES NA TOPOGRAFIA				
	Lago de Meandro	A. Formas de Ablação				
	Meandro abandonado		Poço de Mina/pedreira Ativa			
	Erosão fluvial lateral		Poço de Mina/pedreira Desativada			
B. Formas de Acumulação			Corte decorrente de rolas, canais e vias férreas			
	Leque Aluvial	B. Formas de Acumulação				
	Terraço Fluvial		Corte decorrente de rolas, canais e vias férreas			
	Barras de Meandro	C. Formas Mistas				
	Barras de Meandro Inundadas		Terraços para Cultivo Agrícola			
	Dique Fluvial		Curso de água retificado			

Figura 7: Simbologia utilizada para a identificação das feições geomorfológicas do setor de fundo de vale do Rio Piracicaba, adaptado de Tricart (1965), Verstappen; Zuidan (1975).

Elaborado e Organizado por: Adriano Luís Heck SIMON.

Para o mapa geomorfológico do cenário de 2007 a técnica de estereoscopia não foi adotada devido ao tipo de imagem utilizada para sua confecção. As imagens utilizadas são Imagens de Radar do Sistema ALOS (Advanced Land Observing Satellite), geradas pelo sensor Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping (PRISM). Segundo Rosenqvist et al. (2003), o satélite japonês ALOS pesa cerca de 4kg e possui um período orbital de 46 dias, localizado a 695,65 km de altitude. Hamazaqui (1999) ressalta que o mesmo foi lançado em agosto de 2002, sendo utilizado para avançar na tecnologia de observação da Terra e contribuir para a cartografia, observação regional, acompanhamento de desastres e levantamento de recursos do planeta. Rosenqvist et al. (2003) ressaltam que o mesmo utiliza três instrumentos de sensoriamento remoto: PALSAR, PRISM e AVNIR-2, sendo que para a presente pesquisa o produto derivado do PRISM foi utilizado. Em relação ao PRISM (Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping), este é um radiômetro pancromático (520-770nm) com resolução espacial de 2,5 metros. Hamazaqui (1999) complementa, salientando que este possui um sistema de 3 ópticas, 70 km de observação Nadir e comprimento de onda de 0,52 – 0,77 μ m. Sua principal missão é “mapear topograficamente o globo em escala de 1:25.000, correspondente a geração de modelos digitais de elevação”(ROSENQVIST et al., p.3).

Portanto, a identificação das feições do relevo foi realizada em meio digital, sem auxílio de qualquer objeto fotointerpretativo, tendo como referencial a legenda do mapa geomorfológico de 1962.

Para tal, o programa de software AUTOCAD 2004 também foi utilizado como ferramenta de vetorização, sendo necessária a construção de *layers* específicos atrelados à morfodinâmica local, tais como leques aluviais, diques marginais, barras de meandro, patamares estruturais, rupturas topográficas (suaves ou abruptas), caimento topográfico, terraços fluviais, colos, linhas de cumeada (suave ou aguda), cristas estruturais, terraços agrícolas e ainda planícies aluviais. Os *layers* que estão atrelados às dimensões de área (planície aluvial/área de sedimentos alagados/barras de meandro/diques marginais/leques aluviais/terraços fluviais) foram inicialmente vetorizados como polígonos fechados, para que em seguida fossem realocados através do comando “boundary” para sua respectiva feição geomorfológica. Em seguida, para sua identificação, usou-se como ferramenta o comando “hatch”, de modo que cada uma fosse preenchida por determinada simbologia. Em contrapartida, as feições lineares receberam seus respectivos símbolos, não sendo necessário tal procedimento, apenas sua inserção para seu local

designado. Porém, deve-se destacar que devido à qualidade da imagem, assim como a ausência de mecanismos fotointerpretativos, a identificação dos terraços fluviais foi comprometida, com raras exceções. Para tanto, usou-se como indicativo de sua presença a tonalidade de cinza desta feição, que se difere das outras por ser mais clara e situar-se próxima à planície aluvial, além de ser mais elevada em relação a esta, devido às suas características morfogênicas.

Em contrapartida, a feição geomorfológica “colo” foi identificada através do contraste de altura proporcionado pela cultura de cana-de-açúcar. Durante seu mapeamento, notou-se que esta cultura, na imagem utilizada, por ser contínua no cenário de 2007, proporciona um contraste notável a ponto de diferenciar partes mais elevadas das mais baixas, através de sombreamento, auxiliando desta forma a sua identificação. Assim como os colos, as linhas de cumeada também foram mapeadas mais facilmente através da referida cultura, pois ao longo da mesma são construídos “carreadores” para facilitar seu cultivo. Deste modo, muitas destas estradas são construídas nas linhas de cumeada, o que permitiu sua identificação, dentre outros fatores.

Porém, convém destacar que o limite da área para ambos os cenários são diferentes, no sentido oeste, devido ao fato de que as imagens orbitais que foram utilizadas para a realização dos mapeamentos de 2007 não recobriam toda a área do reservatório.

4.3.3. Cartas de uso da terra

Para a realização desta etapa, utilizaram-se também técnicas de fotointerpretação, relativas ao cenário de 1962, porém a identificação das classes de uso seguiu as orientações de Ceron & Diniz (1966), empregando-se parâmetros de diferenciação como textura, cor e contraste dos diferentes tipos de vegetação. As classes de uso da terra foram estabelecidas a partir das orientações colocadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006), que propõe um sistema de classificação de cobertura e uso das terras derivado da análise, aperfeiçoamento e compilação de sistemas de classificação já existentes.

Portanto, foram identificadas nos dois mapeamentos as seguintes classes: áreas urbanizadas, culturas anuais, cana-de-açúcar, citrus, café, pasto limpo, pasto sujo, silvicultura, instalações agrícolas, floresta, campo úmido e corpos d'água continentais (figura 8). Segundo o IBGE (2006), as áreas urbanizadas compreendem a áreas de uso intensivo, estruturadas por edificações e sistema viário, onde predominam as superfícies artificiais não-agrícolas (figura 9).

Nível I	Nível II	Nível III
1. Áreas antrópicas não agrícolas	1.1 Área Urbanizada	-
2. Áreas antrópicas agrícolas	2.1 Cultura Temporária	2.1.1 Cultura anual (milho, mandioca, feijão).
		2.1.2 Cana-de-açúcar
	2.2 Cultura Permanente	2.2.1 Citrus
		2.2.2 Café
	2.3 Pastagem	2.3.1 Pasto sujo
		2.3.2 Pasto limpo
	2.4 Silvicultura	-
	2.5 Instalações Agrícolas	-
3. Áreas de vegetação natural	3.1 Floresta	-
	3.2 Campo Úmido	-
4. Água	4.1 Corpos de água continentais	-

Figura 8: Sistema de classificação da ocupação e uso das terras na área em estudo.

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2006.



Figura 9: Imagem do satélite PRISM da área urbana de Santa Maria da Serra – SP

Organizado por: Claudia Vanessa dos Santos CORRÊA

As culturas anuais são classificadas pelo IBGE (2006) como de subsistência e cultivo para comercialização, sendo distintas por suas dimensões. De forma geral, são englobadas como lavouras de mandioca, milho, feijão e tubérculos, para a subsistência, e de milho, algodão, dentre outras para comercialização. Para o ano de 1962, estas se localizam por toda a área em questão, sob diferentes dimensões, e distinguem-se dos demais tipos de uso pelo seu aspecto “esbranquiçado” na imagem utilizada para sua identificação (figura 10). Já para o ano de 2007

estas culturas apresentam-se em menor proporção em relação ao cenário anterior, situando-se principalmente na porção leste da área em questão (figura 11).



Figura 10: Exemplo de cultura anual no cenário de 1962

Fonte: Base Aerofotogrametria Projetos S/A

Organizado por: Claudia Vanessa dos Santos CORRÊA

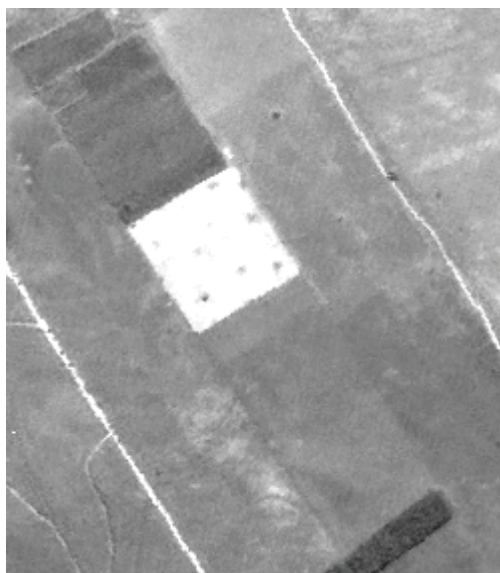


Figura 11: Exemplo de cultura anual no cenário de 2007

Fonte: Imagem PRISM

Organizado por: Claudia Vanessa dos Santos CORRÊA

A cultura de cana-de-açúcar distingue-se das demais, em ambos os cenários, pelo seu aspecto contínuo e aveludado (figura 12 e 13), portanto fácil de diferenciá-las.

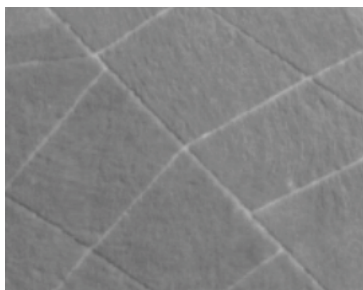


Figura 12: Exemplo de cultura de cana-de-açúcar no cenário de 1962

Fonte: Base Aerofotogrametria Projetos S/A

Organizado por: Claudia Vanessa dos Santos CORRÊA

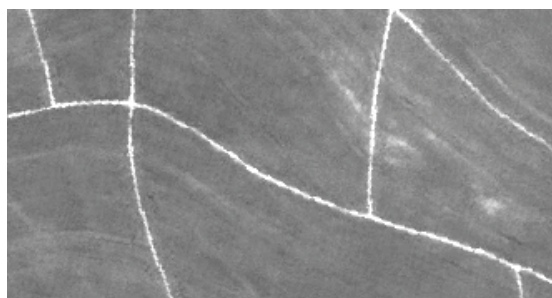


Figura 13: Exemplo de cultura de cana-de-açúcar no cenário de 2007

Fonte: Imagem PRISM

Organizado por: Claudia Vanessa dos Santos CORRÊA

As culturas permanentes de citrus e café são pouco significativas na área de estudo, situação verificada em ambos os cenários, sendo que no ano de 1962 estas possuíam uma distribuição esparsa, fato relatado também em 2007. A cultura de citrus (figura 14) caracteriza-se por pequenos dosséis espaçados entre si, diferentemente da lavoura do café, que possui curvas de nível acompanhando seu cultivo (figura 15).

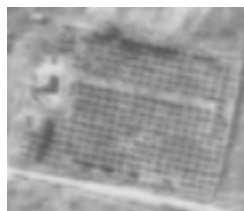


Figura 14: Exemplo de cultura de citrus no cenário de 1962

Fonte: Base Aerofotogrametria Projetos S/A

Organizado por: Claudia Vanessa dos Santos CORRÊA

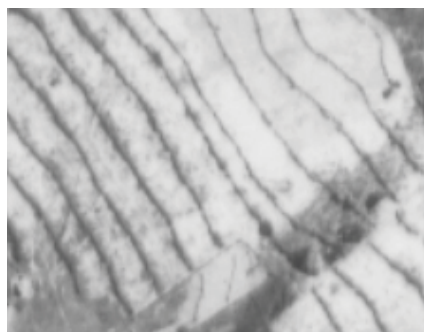


Figura 15: Exemplo de cultura de café no cenário de 1962

Fonte: Base Aerofotogrametria Projetos S/A

Organizado por: Claudia Vanessa dos Santos CORRÊA

Em relação às pastagens, o IBGE (2006) as classifica como “áreas destinadas ao pastoreio do gado, formadas mediante plantio de forragens perenes” (p.28). Para sua identificação, os parâmetros tonalidade de cinza e textura também foram utilizados, de modo que estas foram subdivididas em pasto limpo e sujo. O pasto limpo caracteriza-se por ausência de vegetação arbórea (figura 16) e o pasto sujo é facilmente identificado pela presença destas, além de destacar-se pelo seu aspecto de cultura abandonada (figura 17).

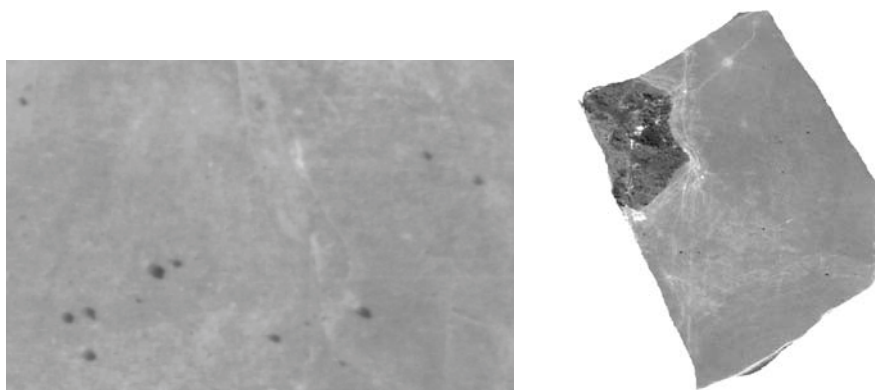


Figura 16: Exemplos de pastos limpos nos cenários de 1962 e 2007, respectivamente

Fonte: Base Aerofotogrametria Projetos S/A e Imagem Prism

Organizado por: Claudia Vanessa dos Santos CORRÊA

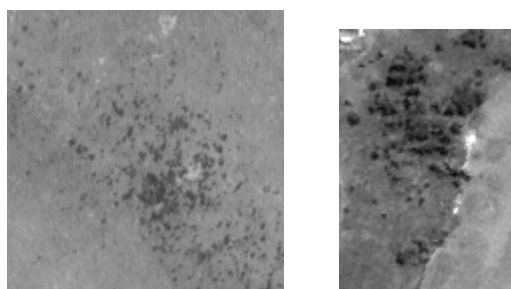


Figura 17: Exemplos de pastos sujos nos cenários de 1962 e 2007, respectivamente

Fonte: Base Aerofotogrametria Projetos S/A e Imagem Prism

Organizado por: Claudia Vanessa dos Santos CORRÊA

A silvicultura, presente em ambos os cenários, é compreendida pelo IBGE (2006) como “técnica ligada às condições biológicas que abrange ação imediata do florestal na mata, [...] conservando a floresta como fornecedora de matéria-prima para a indústria madeireira” (p.29). Porém, deve-se ressaltar que a fisionomia florestal dominante é a do eucalipto (*Eucalyptus* sp), cuja aparência em ambas as imagens é caracterizada como uma vegetação uniforme e contínua (figura 18).

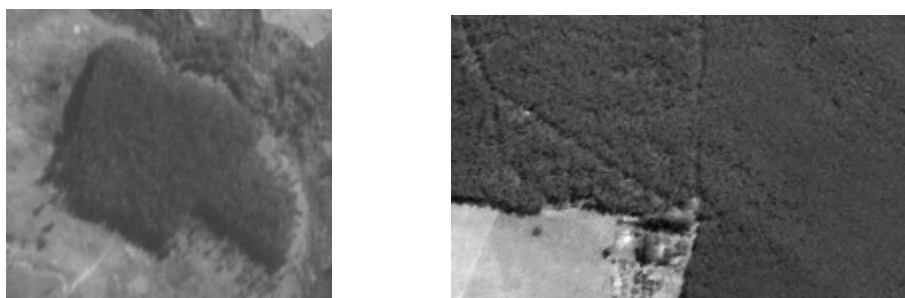


Figura 18: Exemplos de silvicultura nos cenários de 1962 e 2007, respectivamente

Fonte: Base Aerofotogrametria Projetos S/A e Imagem Prism

Organizado por: Claudia Vanessa dos Santos CORRÊA

O tipo de uso florestal compreende apenas as áreas de vegetação nativa, denominadas de arbóreas pelo IBGE (2006), englobando suas diferentes fisionomias. Para ambas as imagens, esta classe apresenta-se visualmente como heterogênea e com textura rugosa, diferentemente das outras culturas (figura 19).

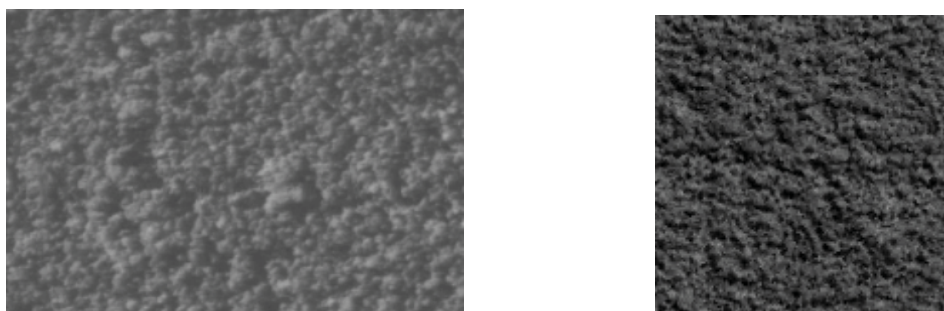


Figura 19: Exemplos de floresta nos anos de 1962 e 2007, respectivamente.

Fonte: Base Aerofotogrametria Projetos S/A e Imagem Prism

Organizado por: Claudia Vanessa dos Santos CORRÊA

Os campos úmidos, encontrados principalmente nos fundos de vale dos canais e do Rio Piracicaba são denominados pelo IBGE (2006) como “formações não-arbóreas, [...] caracterizadas por um estrato predominantemente arbustivo, esparsamente distribuído sobre um tapete gramíneo-lenhoso” (p.32). Em 1962 este tipo de classe situava-se por toda a extensão do Rio Piracicaba, nas planícies aluviais e em pequenas extensões nos fundos de vale dos canais tributários. Entretanto, em 2007, a existência de tal uso foi comprometida, devido à instalação do

Reservatório de Barra Bonita. Em ambas as imagens este tipo de uso é caracterizado por sua tonalidade cinza claro e ainda pela sua localização, às margens dos rios (figura 20).

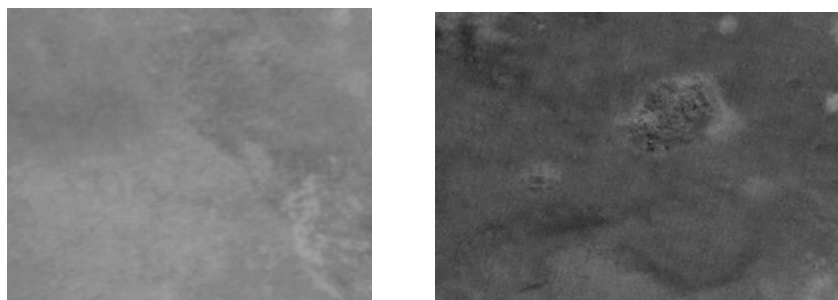


Figura 20: Exemplos de campos úmidos nos anos de 1962 e 2007, respectivamente.

Fonte: Base Aerofotogrametria Projetos S/A e Imagem Prism

Organizado por: Claudia Vanessa dos Santos CORRÊA

Por fim, os corpos d'água continentais “referem-se aos corpos d'água naturais e artificiais que não são de origem marinha [...]” (IBGE, 2006, p.32). Este uso é diferenciado dos demais devido ao fato “de comportar-se como um corpo negro, possuir textura lisa, forma irregular, linear retilínea ou curvilínea para rios” (FLORENZANO, 2008, p.53). Na figura 21 são exemplificados corpos d'água nos dois cenários, afim de ilustrar a visualização destes nas diferentes imagens.



Figura 21: Exemplos de corpos d'água dos anos de 1962 e 2007, respectivamente.

Fonte: Base Aerofotogrametria Projetos S/A e Imagem Prism

Organizado por: Claudia Vanessa dos Santos CORRÊA

Os diferentes *overlays* do cenário de 1962, gerados pela estereoscopia, assim como na Carta Geomorfológica, foram escaneados e vetorizados sob o auxílio do programa AUTOCAD 2004. A construção dos *layers* para cada tipo de uso foi realizada, sendo que primeiramente optou-se por vetorizar o mapa de drenagem, com suas respectivas feições (Rio Piracicaba, canais fluviais e pluviais e ainda corpos d'água continentais).

Para o cenário de 2007, o uso de ferramentas fotointerpretativas foi dispensado, devido ao tipo de imagem utilizada para a confecção do referido mapa, conforme supracitado. Portanto, para esta etapa, inicialmente o mapa da rede de drenagem foi elaborado, através da inserção de *layers* adequados para tal, denominados de Rio Piracicaba, canais fluviais e pluviais e corpos d'água continentais, além das áreas alagadas, resultado da construção do reservatório de Barra Bonita. Em seguida deu-se início à construção do mapa de uso e ocupação das terras, seguindo os mesmos procedimentos, porém com *layers* adequados a esta situação. Os diferentes usos foram classificados de acordo com as características inerentes a cada situação, sendo distinguidas pela textura e tonalidade de cinza na imagem. Os usos observados foram classificados em áreas urbanizadas, nova situação verificada em relação ao antigo cenário, culturas de café, citrus, cana-de-açúcar e anuais (arroz, feijão e milho, sendo generalizadas devido ao fato de possuírem características semelhantes de reflexão espectral), áreas de mata, campo úmido, silvicultura, instalações agrícolas e ainda pastos sujo e limpo, além da delimitação das estradas de rodagem. Os diferentes polígonos de cada uso foram inicialmente traçados com um *layer* genérico denominado de “base geral”, sendo posteriormente realocados para *layers* específicos com o comando “boundary”. Este procedimento possibilita quantificar a área ocupada por cada tipo de uso e, assim, comparar com o cenário anterior. Por fim, cada polígono foi hachurado com o comando “hatch”, finalizando deste modo a etapa de vetorização das diferentes classes de usos.

4.3.4. Análise morfométrica dos meandros

Nos canais meândricos os rios descrevem curvas sinuosas, largas, harmoniosas e semelhantes entre si, através de um trabalho contínuo de escavação na margem côncava e de deposição na margem convexa (CHRISTOFOLETTI, 1974), levando o canal a se afastar de sua posição normal (PENTEADO, 1978). A fim de que se pudesse distinguir entre os canais meândricos dos que não o são, foi proposto o índice de sinuosidade, sendo que Leopold, Wolman

e Miller (1964) sugeriram que canais verdadeiramente meandantes são aqueles cujo índice de sinuosidade é igual ou superior a 1,5.

As análises morfométricas em geomorfologia, com a preocupação de medir as formas de relevo através de processos sistemáticos e racionais, tiveram grande sucesso no final do século XIX (JUNIOR & ROSSETTE, 2005). Esta fase inicial dos estudos morfométricos acabou sendo olvidada e suplantada pela expansão das novas concepções geomorfológicas oriundas do continente americano, e por outras tendências geomorfológicas já existentes na própria Alemanha (HENRI citado por CHRISTOFOLETTI, 1969).

Cabe à morfometria, segundo Cooke e Doornkamp (1992) “... a mensuração e análise matemática da configuração da superfície terrestre e da forma e dimensões de sua paisagem”. Os autores afirmam que características morfométricas podem ser usadas na inferência sobre prováveis efeitos da interferência humana no sistema e nas estimativas das características de um rio da bacia numa área remota, necessária ao levantamento de recursos naturais, ou em partes não monitoradas de áreas já desenvolvidas (RAFAELI NETO, 1994).

Nesse contexto, foi calculado o índice de sinuosidade, o número de meandros e a densidade de meandros do baixo curso do Rio Piracicaba em 1962 (LEOPOLD; WOLMAN, 1960; CHRISTOFOLETTI; OLIVEIRA, 1975), a fim de validar a identidade meandrante do canal.

Foram definidos dois segmentos meândricos no ano de 1962, a partir da análise da distribuição espacial de feições morfohidrográficas que evidenciam sistemas meandantes – barras de meandro, meandros abandonados, canais abandonados e lagos de meandros (BIGARELLA et al., 1979), calculando-se também o índice de sinuosidade, o número de meandros (CHITALE, 1970, citado por CHRISTOFOLETTI, 1981) e a densidade de meandramento destes dois trechos. A exclusão dos trechos não meandantes foi efetuada para que uma melhor avaliação pudesse ser realizada sobre os trechos de caráter meandrante.

Para analisar as transformações na geometria dos meandros, foi selecionada uma área de referência (cenário de 1962) a partir da comparação com o mapa geomorfológico do cenário de 2007, onde se verificou a atual zona de dinâmica fluvial do baixo curso do Rio Piracicaba, calculando-se em seguida o índice de sinuosidade, o número de meandros e a densidade de meandramento para o mesmo.

Para finalizar a análise nas alterações da geometria dos meandros, foram identificados os canais fluviais sob interferência antrópica, derivados do controle exercido pelo barramento, seguido pelo cálculo do índice de sinuosidade, do número de meandros e da densidade de meandramento dos mesmos.

No contexto dos dados morfométricos, foram também classificados os meandros dos dois trechos meandrantess e o de referência, de 1962, assim como dos canais sob interferência antrópica, do cenário de 2007, segundo a proposta de Brice (1973;1974). Nesta, o autor sugere que os meandros sejam classificados de acordo com a quantidade de esferas que possam ser encaixadas nas margens convexas das curvas. Os raios de curvatura dos meandros também foram contabilizados, sendo avaliados numericamente segundo estudos de Chitale (1970), onde o arco de círculo é usado para descrever meandros (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Foram também avaliadas as transformações areais das feições hidrogeomorfológicas (planície aluvial, barras de meandro, baixo curso do Rio Piracicaba, terraço fluvial, meandro abandonado, dique fluvial, lagos, lagos de meandro, leques aluviais e mineração) de ambos os cenários, utilizando-se como ferramenta o programa de software AUTOCAD 2004.

5. Resultados e discussão

O cenário de 1962, embora palco de um longo processo de ocupação e uso das terras foi considerado como ponto de partida para a análise das transformações espaciais na morfohidrografia decorrentes da ação antrópica. Tal situação aproxima-se da morfologia original, ou seja, aquela que, embora alterada pela ação antrópica, ainda conserva elementos naturais característicos se comparada às drásticas alterações que ocorrem em períodos posteriores.

A principal característica verificada durante as atividades de fotointerpretação que conduziram ao mapeamento geomorfológico do cenário de 1962 (Figura 22) foi a existência de uma complexa dinâmica fluvial atrelada ao setor de fundo de vale do baixo curso do Rio Piracicaba, entre Ártemis e a confluência com o Rio Tietê. Esta área abrange um conjunto de feições morfohidrográficas características de planícies aluviais bem desenvolvidas, sucessivamente retrabalhadas pela ação erosiva de canais fluviais meandrantos.

Algumas feições vinculadas à dinâmica fluvial são notórias na área em estudo, como os canais abandonados. Esses se situam principalmente na seção leste da área em estudo, atreladas às planícies de inundação.

178000

186000

194000

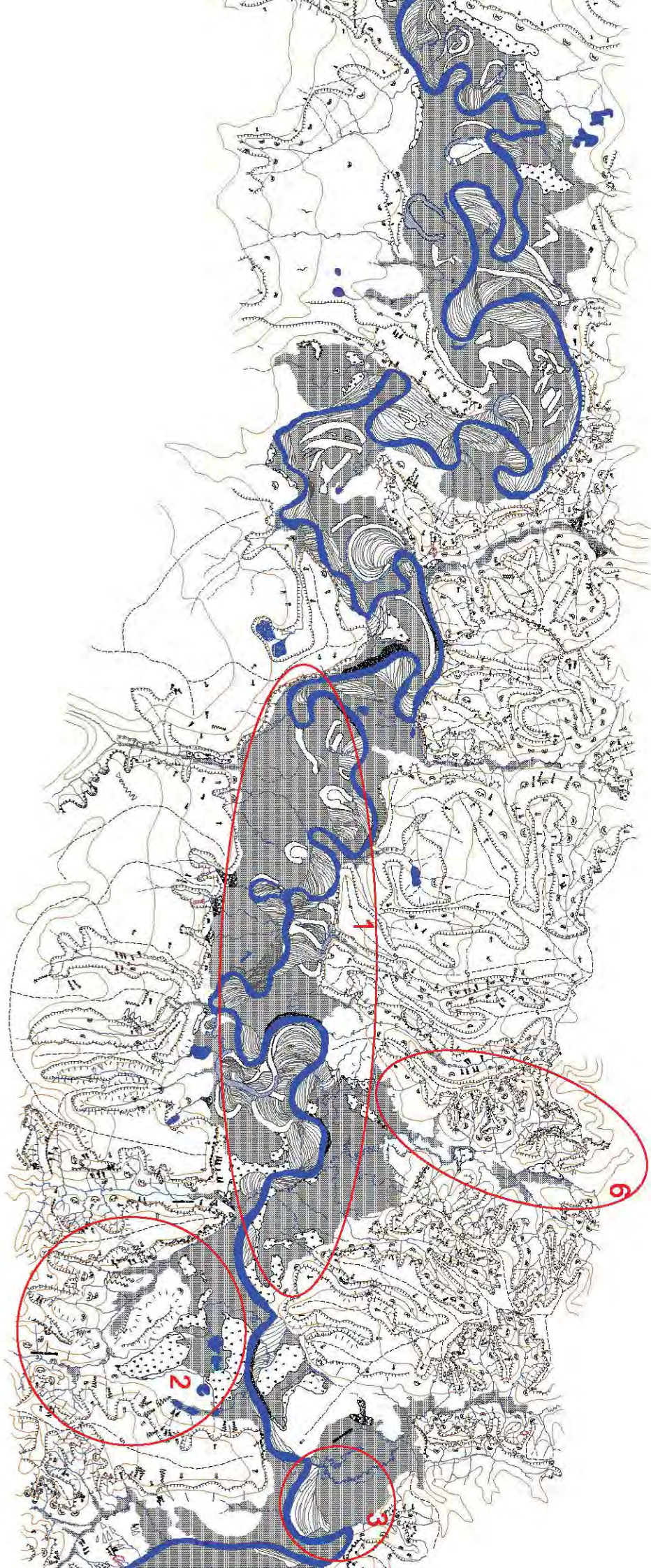


Figura 22: Carta Geomorfológica do setor de fundo de vale da baixa bacia do Rio Piracicaba (SP) – 1962.

De acordo com Christofolletti (1981), “os trechos de canais são comuns em planícies aluviais em virtude dos processos migratórios das curvas meândricas”. Os mesmos podem ser preenchidos pela ação do tempo por sedimentos. Os canais abandonados delineados não participavam do processo de dinâmica dos cursos, porém alguns ainda participam do processo de formação de lagos, principalmente aqueles relacionados ao abandono de meandro. Em relação ao uso da terra, notou-se que muitos desses canais sofrem intervenção através da agricultura, sendo descaracterizados e utilizados principalmente para o cultivo de culturas anuais.

Os meandros possuem um caráter dinâmico, ou seja, estão continuamente mudando de posição espacial. Este aspecto ocorre devido à erosão das margens externas do curso, seguido da deposição na margem interna do canal. A evolução do sistema de meandros do baixo curso do Rio Piracicaba deu origem a diversas faixas de barras de meandro, derivadas da evolução dos processos de deposição nas margens côncavas do canal principal ao longo do tempo geológico.

Estas barras de meandro foram mapeadas de acordo com a direção de deposição, sendo possível constatar vários ângulos decorrentes de mudanças no processo de sedimentação. As barras de meandro apresentam ondulações suaves em sua superfície, indicando deposição diferenciada de sedimentos pela ação fluvial. Estas possuem ocorrência espacial por todo o baixo curso do Rio Piracicaba, situadas às margens do mesmo. Algumas podem localizar-se em meandros abandonados ou em meandros em processo de abandono.

A ocorrência de meandros e canais abandonados, lagos de meandro, diques marginais e terraços fluviais no setor de fundo de vale do baixo curso do Rio Piracicaba também evidencia a complexa organização dos elementos do sistema morfohidrográfico em função da dinâmica mais próxima ao natural que condicionava a evolução desta paisagem no cenário de 1962.

As planícies de inundação também foram observadas e delimitadas, sendo locais de deposição de sedimentos durante os períodos de cheia do canal. Estas possuem conexão com as vertentes através dos inúmeros canais fluviais e pelos leques aluviais que os acompanham; desta forma, o acúmulo de sedimentos nas referidas planícies dar-se-á também pela ação fluvial desses cursos. Tais planícies possuem ocorrência por toda a extensão do curso principal, sendo o palco de ocorrência de feições típicas a essa condição, como canais e meandros abandonados, lagos e barras de meandro. A vegetação destas planícies é peculiar e típica destas feições, sendo mais homogêneas em relação às demais e de caráter mais herbáceo. Algumas planícies apresentavam contato com diques marginais, localizados na margem do canal principal.

Ao longo das atividades de fotointerpretação que deram origem ao mapeamento geomorfológico realizado no cenário de 1962, foi possível verificar a significativa interferência antrópica a partir dos diferentes usos da terra derivados do processo histórico de ocupação da área. Esta ação manifesta-se sobre as formas do relevo, sobretudo a partir da ocorrência de sulcos erosivos, ravinas e voçorocas em casos extremos.

A presença dessas feições foi notória, principalmente em áreas de intensa ocupação agrícola, em áreas de interferência de obras de engenharia ou ainda nas vertentes côncavas com ausência de cobertura vegetal, como ocorreu na maioria dos casos. Com a ausência de cobertura vegetal, os processos erosivos tornam-se mais acelerados, em virtude da falta de proteção proporcionada pelo sistema radicular das plantas.

Em relação aos mapas de uso e ocupação dos dois cenários, nota-se uma expansão da cultura de cana-de-açúcar do ano de 1962 para o de 2007 (figura 23 e 24). O primeiro cenário era caracterizado por amplas áreas de pasto limpo, distribuídas nos fundos de vale e também nas vertentes da área em questão. Porém, tal situação foi revertida em 2007, onde as mesmas foram suprimidas pelo cultivo de cana-de-açúcar, restando apenas alguns remanescentes destas. Para o primeiro cenário, a cana-de-açúcar predominava apenas no setor leste da área de estudo, próximas ao Rio Piracicaba. Em contrapartida, no ano de 2007 a mesma possui ampla distribuição por toda a área de estudo, ocupando inclusive antigas áreas de mata, campo úmido, pastos limpos e sujos e ainda culturas anuais.

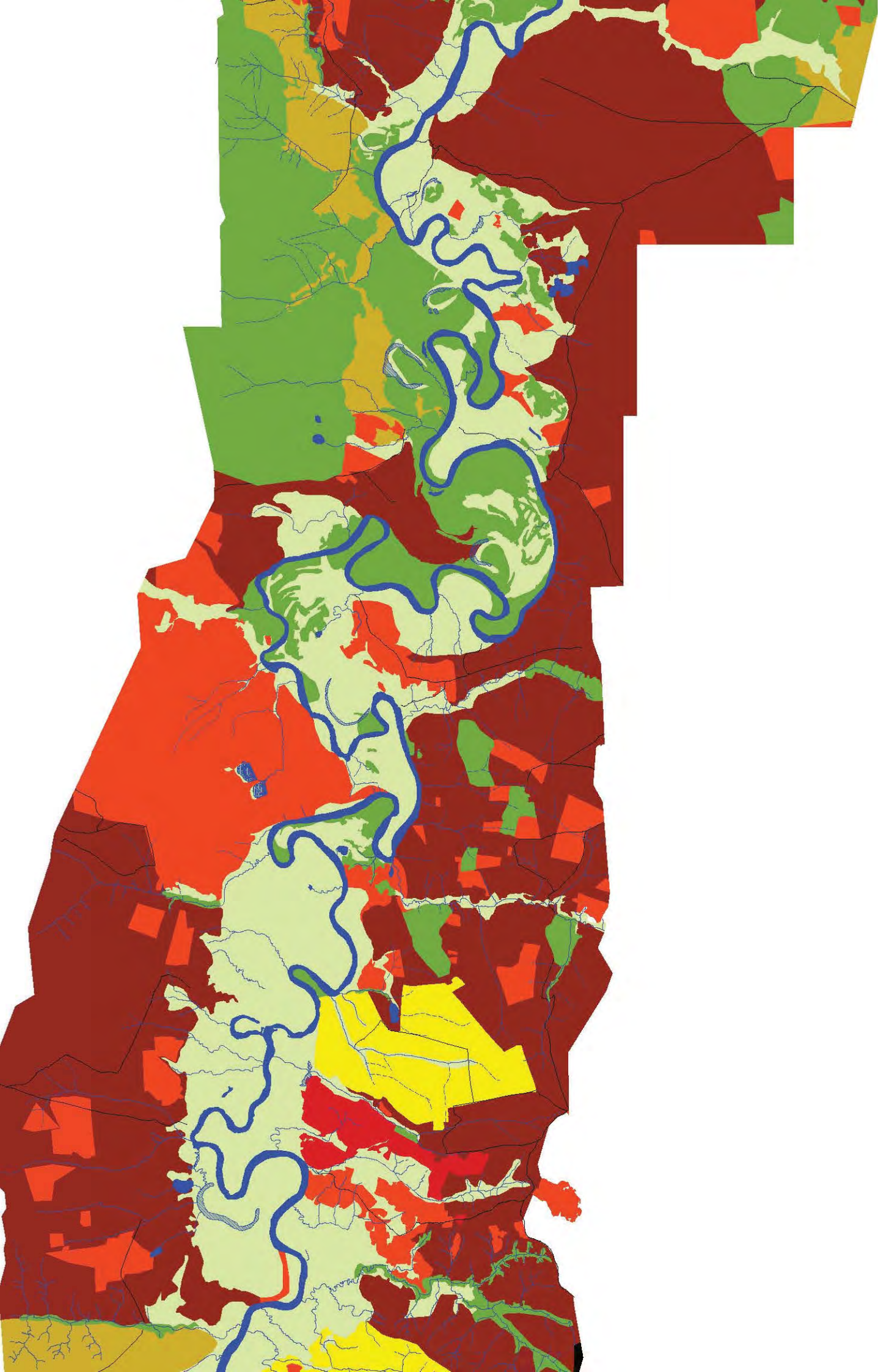


Figura 23: Carta de Uso e Ocupação das terras do setor de fundo de vale do Rio Piracicaba (SP) - 1962

OCCUPAÇÃO E USO DAS TERRAS DO RIO PIRACICABA DO ANO DI		
	178000	186000
		194000

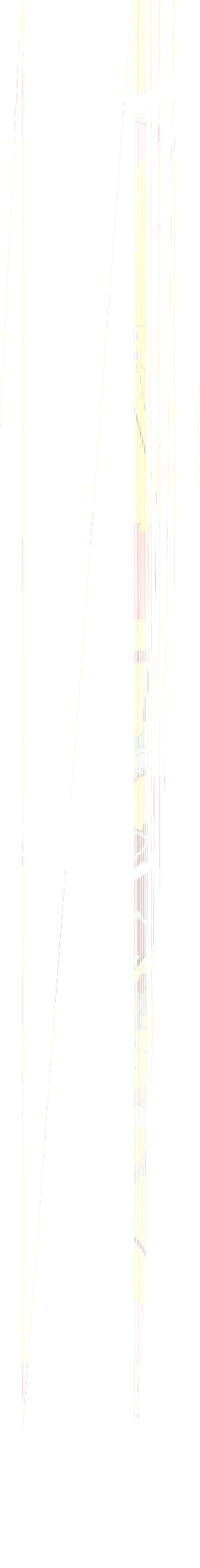


Figura 24: Carta de Uso e Ocupação das terras do setor de fundo de vale do Rio Piracicaba – 2007

Nota-se que para o ano de 1962 a distribuição das áreas de floresta é ampla em toda a área em estudo, porém suas dimensões variam, destacando-se na porção central do mapa uma extensa área desta (figura 23). Já para o cenário mais atual, esta classe de uso restringe-se apenas aos fundos de vale dos tributários do Rio Piracicaba, sendo que sua maior parte também foi substituída pela cultura de cana-de-açúcar (figura 24).

A classe de uso pasto sujo apresentava-se de forma mais representativa no primeiro cenário (figura 23). Esta se localizava principalmente nos extremos leste e oeste da área de estudo, e em pequena parte da porção central. Suas dimensões variam, sendo que uma grande mancha desta classe situa-se no setor noroeste da área (figura 23). Em 2007 a mesma é verificada em maior relevância apenas na porção leste, restando pequenas manchas deste uso a oeste (figura 24).

Destaca-se, para o ano de 2007, a presença de áreas urbanizadas, principalmente pequenas vilas situadas às margens do reservatório de Barra Bonita (figura 24). Em relação ao cenário de 1962, a classe supracitada não foi visualizada em qualquer setor da área. Em 1962, estas áreas, atualmente ocupadas por este uso, pertenciam à classe “pasto limpo”, não possuindo ao menos em seu interior instalações agrícolas (figura 23).

As culturas de café, citrus e eucalipto (silvicultura) não ocuparam área significativa em quaisquer dos dois cenários; o que foi constatado é que pequenas áreas de café e citrus, antes verificadas em 1962, passaram a não existir mais, assim como duas grandes manchas de silvicultura nos extremos leste e oeste da área (figura 23 e 24).

As culturais anuais, que no cenário de 1962 apresentavam ampla distribuição pela área (figura 23), continuaram a existir no ano de 2007, embora algumas tenham sido substituídas pelo cultivo de cana-de-açúcar. Estas ainda possuem as formas poligonais verificadas em 1962, porém concentram-se mais no setor leste da área em questão (figura 24).

As instalações agrícolas são mais freqüentes em 2007, possuindo também ampla distribuição, independentemente do tipo de cultura cultivada (figura 24). Concentram-se principalmente na margem direita do Rio Piracicaba.

Por fim, merece destaque a classe “áreas alagáveis”, inexistente no ano de 1962. Estas indicam antigas áreas de campo úmido que foram alagadas pelo reservatório de Barra Bonita, antes localizadas nas planícies aluviais do Rio Piracicaba, representadas principalmente no setor central da área de estudo (figura 24).

Em relação à carta geomorfológica do cenário atual, verificam-se alterações significativas quando comparada ao cenário de 1962 (figura 22 e 25). As alterações morfohidrográficas são notórias principalmente no setor central da área, onde antes existiam complexos sistemas morfodinâmicos do setor de fundo de vale do Rio Piracicaba.

Levando-se em consideração que parte das alterações ocorridas devem-se à construção do reservatório de Barra Bonita, algumas variáveis apresentam-se importantes nesse processo, tais como a mudança do nível de base local, definido como “ponto limite de um rio abaixo do qual não ocorra a erosão fluvial” (FLORENZANO, 2008, p. 221). Guerra e Cunha (2001, p. 240) afirmam que

“[...] na parte a montante da barragem, o nível de base local é levantado, alterando a forma do canal e a capacidade de transporte sólido, quando ocorre o assoreamento na desembocadura e no fundo do vale principal e afluentes.”

Nesse sentido, Cunha (1995) *apud* Coelho (2008) salienta outras alterações morfohidrográficas decorrentes da mudança de nível de base local a montante de barragens, tais como deposição de carga sólida, redução da velocidade das águas e subida do nível das mesmas. No mesmo setor pode ocorrer assoreamento na desembocadura dos rios principais, assoreamento no fundo dos vales principais, assoreamento na desembocadura e no fundo dos vales afluentes e ainda a formação de novas áreas de inundação. Os mesmos autores complementam, afirmando que, no próprio reservatório, os principais impactos hidrológicos consistem no armazenamento de carga líquida e armazenamento de carga sólida, principalmente.

Ainda sobre os impactos geomorfológicos, no reservatório ocorre submersão das formas de relevo, processos de abrasão lacustre, recuo das margens, formação de praias e depósitos de abrasão, processos de assoreamento, formação de bancos arenosos imersos ou emersos, formação de lagoas fechadas, colmatação da desembocadura dos rios principais e formação de novas áreas de inundação (CUNHA, 1995 *apud* COELHO, 2008, p. 19).

178000

186000

194000

OR DE FUNDO DE VALE DA BAIXA BACIA DO RIO PIRACICABA (SP) - 2007

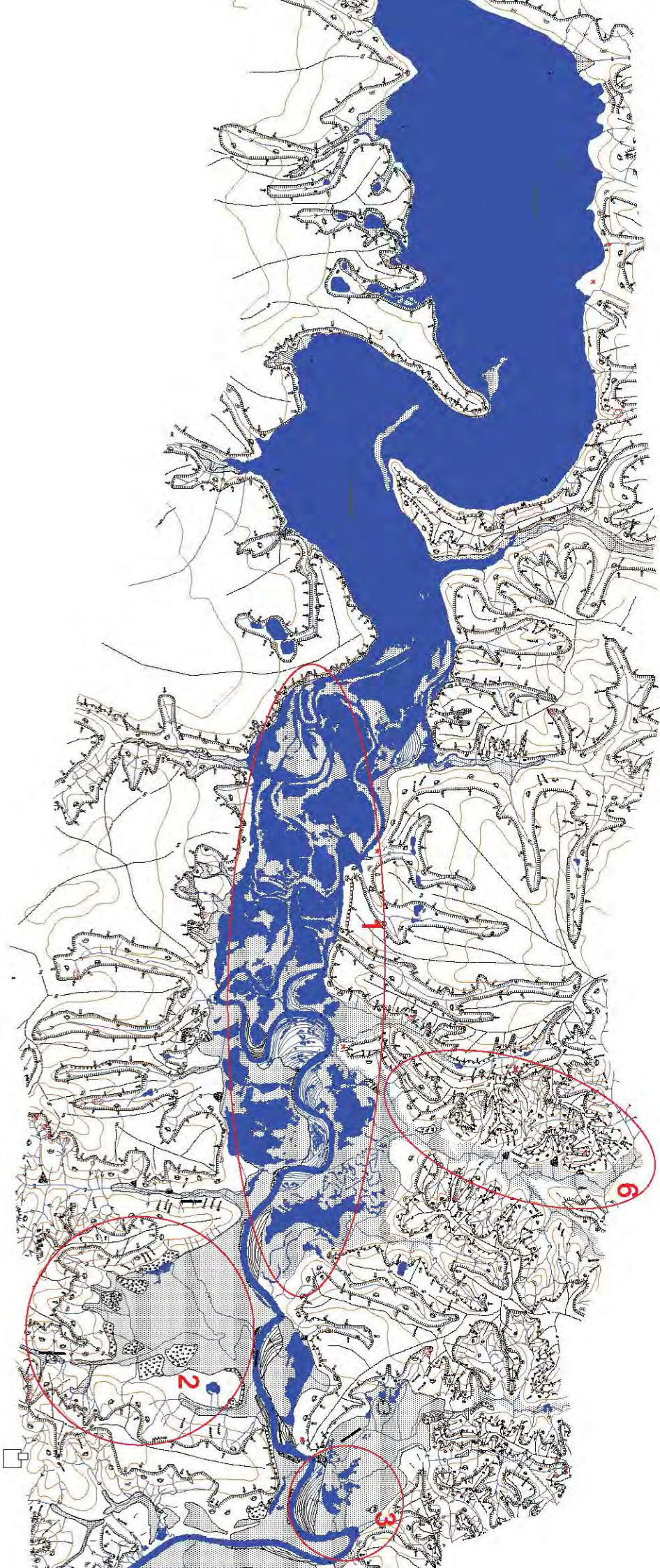


Figura 25: Carta Geomorfológica do setor de fundo de vale do Rio Piracicaba – 2007.

A partir destas considerações, a fim de ilustrar as referidas alterações morfohidrográficas e sintetizar os fenômenos observados na área, optou-se por selecionar setores “chave” dessas mudanças, onde são mais significativas estas transformações espaciais. Os fatos serão relatados no sentido fundo de vale – vertente. Nas cartas (Figuras 22, 23, 24 e 25), tais setores estão delimitados por elipses e círculos vermelhos e numerados.

No **Setor 1** observa-se que no cenário de 1962 existiam barras de meandro, canais e meandros abandonados, terraços fluviais, diques marginais, lagos e lagos de meandros, atrelados ao complexo de planícies aluviais do sistema de deposição do Rio Piracicaba. Em 2007 tais elementos são comprometidos devido à mudança de nível de base local, consequência do represamento (figura 25), fato demonstrado por alterações como desaparecimento de meandros e canais abandonados nas planícies aluviais, fragmentação de terraços fluviais existentes em 1962, mudança de foz pelos canais tributários do rio principal e ainda surgimento de novas lagoas, principalmente nas grandes planícies aluviais.

Neste mesmo cenário, é constatado que restos dos sedimentos dos cordões arenosos das barras meandro permanecem, devido ao fato de aflorarem em superfície, por serem mais elevados que a lâmina d’água. Entretanto, a maior parte destes foram alagados, assim como os terraços, canais e meandros abandonados, restando apenas grandes e pequenas manchas de planícies aluviais, caracterizadas por deposição de sedimentos recentes. É interessante ressaltar que foi criada uma outra simbologia para a feição geomorfológica barra de meandro (barra de meandro inundada), pois se verifica entre seus cordões arenosos a existência de pequenas lagoas, caracterizando tal feição (figura 25).

Constata-se também a presença de novas lagoas na porção leste deste setor, e que, neste complexo sistema morfohidrodinâmico, os afluentes também buscam o seu perfil de equilíbrio, fato comprovado pela mudança da confluência de alguns tributários do Rio Piracicaba. Para os diques marginais, nota-se que dois ainda existiam em 2007, indicando uma deposição recente de sedimentos (figura 25), e ainda que outros dois foram alagados pela elevação da lâmina d’água, decorrente da construção do reservatório. É interessante notar que um dique que estava localizado na margem direita do rio principal foi alagado, porém outro passou a ocupar a margem inferior do mesmo. Por fim, para este setor verifica-se ainda a expansão de uma planície aluvial de um dos tributários, situada na porção central da área supracitada, que antes se limitava apenas ao fundo de vale do rio principal.

Quanto ao uso, nota-se que para o ano de 1962 este setor era dominado pela vegetação denominada de “campo úmido”, atrelado à feição geomorfológica “planície aluvial”. Entretanto, em virtude da construção do reservatório de Barra Bonita, esta área para o ano de 2007 foi alagada, sendo que foi criada uma nova classe de uso para a mesma, a de “áreas alagáveis” (figura 24).

No **Setor 2** observa-se a expansão de uma planície aluvial que encontrava-se em dimensões menores no ano de 1962 (figura 22 e 25). A subida no nível de base local, provocada pela criação do reservatório, expandiu esta área alagada, sobrepondo-se a parte dos terraços e das lagoas. Nota-se também a presença de pequenos espaços entre os terraços já existentes, evidenciando “a formação de novas áreas de inundação” (CUNHA, 1995, *apud* COELHO, 2008, p. 19). Em relação aos sulcos erosivos, constata-se uma diminuição dos mesmos, a qual pode estar atrelada a mudanças no uso da terra, isto é, a substituição do pasto limpo e sujo pelo “campo úmido” (figura 23 e 24).

No **Setor 3**, a elevação do nível de base local altera uma barra de meandro existente em 1962 (figura 22). Como existe um lago entre seus cordões arenosos, optou-se por reclassificá-la no cenário de 2007 como barra de meandro em parte seca e em parte inundada (figura 25). Dentre outros, verifica-se também o desaparecimento de alguns canais abandonados e de um terraço, assim como a existência de 3 lagos na porção central deste setor e ainda a mudança da foz de alguns tributários do fundo de vale do Rio Piracicaba (figura 25), devido “à busca do rio no perfil de equilíbrio do novo sistema instalado” (CHRISTOFOLETTI, 1981, p. 103). Com relação ao uso da terra neste setor, há uma dominância da vegetação “campo úmido”, caracterizada por indivíduos herbáceo-arbustivos, no ano de 1962. Em contrapartida, para 2007, encontra-se o mesmo tipo de uso associado a um pequeno fragmento florestal, às margens do Rio Piracicaba.

No **Setor 4** observa-se a expansão de um grande terraço que antes ocupava apenas uma parte da alça do Rio Piracicaba (figura 25). Estes passaram a ocupar parte da planície aluvial pré-existente, além de estarem menos expressivos em termos de dimensão espacial, sendo fragmentados pela nova configuração espacial da grande planície aluvial atual (figura 25). Estes fatos indicam a retomada erosiva do rio neste pequeno setor, que o levou a entalhar os próprios sedimentos aluviais depositados em período anterior, transformando-os em terraços. Traçando-se um paralelo com o uso da terra atualmente, evidencia-se a existência de uma pequena mancha de floresta pelos arredores deste setor e ainda que culturas anuais que existiam em 1962 foram

abandonadas e recobertas pela vegetação natural de campo úmido (figura 23 e 24). Nota-se também a existência de um novo dique no ano de 2007, evidenciando a complexidade dos processos neste setor já que o dique “é um depósito estreito formado nas margens do canal durante o período de inundação, devido à disposição de sedimentos (FLORENZANO, 2008, p. 228).

No **Setor 5** as barras de meandro existentes em 1962, não são mais registradas no cenário atual. Comparando-se com os mapas de uso das terras dos dois cenários, nota-se que uma vegetação arbórea domina estas feições, indicada pelo uso como “floresta” em 2007, diferentemente do ano de 1962, onde estavam presente apenas o uso denominado de “campo úmido” (figura 23 e 24). Dentre estas mudanças, destaca-se também a existência de 4 novas lagoas na porção leste do setor, na margem esquerda do Rio Piracicaba, onde anteriormente existia uma grande planície aluvial (figura 22), comprovando a afirmação de Cunha (1995) *apud* Coelho (2008), que remetem a idéia da subida das águas, pela construção do reservatório. Segundo os mesmos autores, também pode ocorrer a formação de novas áreas de inundação, fato evidenciado nas margens direita e esquerda do rio principal, neste setor, em 2007, diante do aumento da dimensão da planície aluvial (figura 25). Surgem também três novas áreas de diques marginais na margem direita do Rio Piracicaba, demonstrando a deposição de sedimentos recentes (GUERRA & CUNHA, 2001, p. 241). As feições erosivas apresentam-se com menor expressão neste setor no cenário de 2007, sendo que ao comparar os mapas de uso e ocupação dos dois anos, nota-se que este é ocupado em 2007 principalmente pelo cultivo da cana-de-açúcar, já existente no cenário anterior, além do aumento da dimensão de um fragmento próximo de floresta (figura 24).

No **Setor 6** destacam-se principalmente as mudanças ocorridas devido à ação do homem, comprovado pela existência de duas novas voçorocas nas cabeceiras de canais fluviais, pela quantidade de sulcos erosivos distribuídos nas vertentes e ainda pela instalação de dois novos leques aluviais, que segundo Bigarella et al. (1979) “são constituídos por sedimentos detríticos grosseiros [...] formados no sopé de áreas montanhosas” (p. 114) (figura 25). O uso em 2007 apresenta-se diferenciado, caracterizando este setor por um mosaico, onde estão instalados cultivos anuais, cana-de-açúcar, pasto limpo e ainda a presença de pequenos fragmentos florestais (figura 24). Em 1962, a mesma carta mostra uma homogeneidade de uso, onde existiam apenas pasto limpo e cultura anual (figura 23). Dentre outras alterações, observa-se também no

complexo morfohidrodinâmico do setor de fundo de vale o aumento da planície aluvial, antes dividida em dois fragmentos, além de um novo terraço, em detrimento da supressão de outro, demonstrando que este setor apresenta respostas complexas relacionadas ao soerguimento do nível de base local (figura 25).

Por fim, no **Setor 7** as retomadas erosivas nas cabeceiras, provavelmente decorrentes do aumento de nível de base local, auxiliaram no aparecimento de 5 voçorocas nos canais localizados na margem superior do reservatório de Barra Bonita (figura 25). Adicionando-se o fator “uso da terra”, verifica-se que atualmente o setor é dominado pelo cultivo da cana-de-açúcar, com fragmentos florestais ao seu redor e ainda pasto sujo, associados à presença de terraços agrícolas (figura 24). Em contrapartida, é interessante notar que dois grandes sulcos erosivos, presentes em 1962, não aparecem mais em 2007, e correlacionando com o uso da terra, nota-se a presença marcante da cultura de cana-de-açúcar, cujos terraços podem ter destruído tais formas (figura 24).

Em relação aos dados morfométricos, foram calculados os índices de sinuosidade, a densidade de meandramento e o número de meandros para toda a extensão do fundo de vale do Rio Piracicaba, os dois trechos selecionados como meandantes e o trecho de referência, todos do ano de 1962, e para os canais sob interferência antrópica, encontrados em 2007. A figura 26 demonstra como foram identificados estes canais antrópicos e os trechos meandantes de 1962.

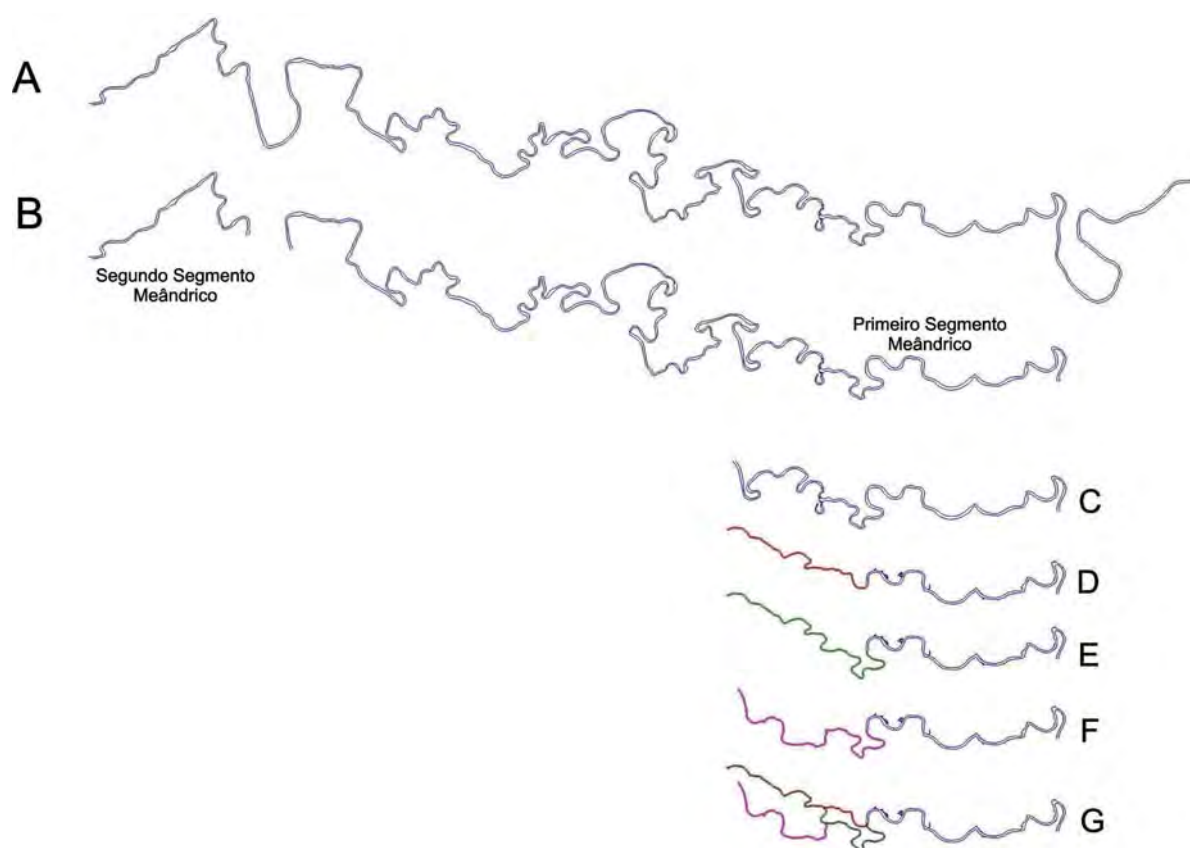


Fig. 26: (A e B) Características da morfologia original do canal fluvial do baixo curso do Rio Piracicaba (1962); **(C)** Trecho de referência para a análise das alterações fluviais; **(D, E, F, G)** Características atuais dos canais sob interferência antrópica.

Organizado por: Adriano Luís Heck SIMON

Os dados sobre a geometria dos meandros do segmento total do baixo curso do Rio Piracicaba em 1962 e do trecho correspondente à dinâmica fluvial meândrica no cenário de 2007 foram organizados na Tabela 1.

Tab. 1: Dados morfométricos do setor de fundo de vale do Rio Piracicaba dos anos de 1962 e 2007

	Comprimento do canal (km)	Distância vetorial (Km)	Índice de sinuosidade	Número de meandros	Densidade de Meandramento
(1)	<i>115,37</i>	<i>46,63</i>	<i>2,47</i>	<i>70</i>	<i>0,60</i>
(2)	<i>83,22</i>	<i>32,78</i>	<i>2,52</i>	<i>62</i>	<i>0,74</i>
(3)	<i>11,27</i>	<i>6,8</i>	<i>1,65</i>	<i>8</i>	<i>0,67</i>
(4)	27,83	13,79	2,01	17	0,61
(5)	<i>20,58</i>	<i>14,42</i>	<i>1,42</i>	-	-
(6)	<i>25,05</i>	<i>14,42</i>	<i>1,73</i>	<i>21</i>	<i>0,83</i>
(7)	<i>25,02</i>	<i>13,85</i>	<i>1,91</i>	<i>22</i>	<i>0,87</i>

(1) Segmento final do baixo curso do Rio Piracicaba (1962); **(2)** 1º Trecho meandrante do segmento final do Rio Piracicaba (1962); **(3)** 2º Trecho meandrante do segmento final do Rio Piracicaba; **(4)** Trecho meandrante de referência para análise das alterações antrópicas (1962); **(5)** Primeiro segmento fluvial meandrante sob interferência do barramento (2007); **(6)** Segundo segmento fluvial sob interferência do barramento (2007); **(7)** Terceiro segmento fluvial sob interferência do barramento (2007).

Em 1962 o segmento final do curso do Rio Piracicaba (Fig. 26A) apresentava um comprimento total de 115,37 Km e uma distância vetorial de 46,63 Km, sendo verificado um índice de sinuosidade de 2,47, valor que confere ao trecho em questão caráter meândrico. Setenta meandros foram identificados, expressando uma densidade de meandramento de 0,60 meandros por quilômetro (Tab. 1). Christofolletti; Oliveira (1974, 1975) constataram densidade de meandramento média de 0,45 meandros por quilômetro, num trecho de 71,35 Km no Rio Paraíba do Sul – SP. Os autores citados encontraram ainda índice médio de densidade de meandramento de 0,19 meandros por quilômetro num comprimento de canal de 75,6 Km, do Rio Ribeira de Iguape.

Para o primeiro trecho meandrante (Fig. 26B) foi verificado um comprimento total de 83,22 Km, com distância vetorial de 32,78 Km, conferindo um índice de sinuosidade de 2,53 (Tab. 1). Neste trecho constatou-se a existência de 62 meandros, com densidade de meandramento de 0,74 meandros por quilômetro.

No segundo trecho (Fig. 26B), de menor extensão (11,27 Km) e distância vetorial de 6,8 Km, o índice de sinuosidade corresponde à 1,65. Foram identificados 8 meandros contabilizando uma densidade de meandramento de 0,67 meandros por quilômetro.

Verificou-se nestes dois trechos, para o cenário de 1962, relações aproximadas entre os dados de densidade de meandramento. Entretanto, o índice de sinuosidade do segundo trecho se mostrou inferior em decorrência da maior ação erosiva do canal fluvial em zona de contato com litologias resistentes de entorno. Estas litologias exigem que o canal fluvial use parte de sua energia para erodir tais resistências, sendo que este gasto reflete-se na menor sinuosidade do canal, já que o excesso de energia que normalmente elaboraria os meandros está em parte comprometido com a atividade erosiva.

O segmento de referência obtido no cenário de 1962 possuía um comprimento total de 27,83 Km com distância vetorial de 13,79 Km. O índice de sinuosidade verificado foi de 2,01 com a presença de 17 meandros que condicionam a uma densidade de meandramento de 0,61 meandros por quilômetro.

Definidos o trecho de referência e os dados de geometria dos meandros no cenário de morfologia original, foram identificados três canais de escoamento antropogênicos derivados da nova dinâmica fluvial imposta pelo barramento e elevação do nível de base local no cenário de 2007 (Fig. 26G).

O primeiro trecho (Fig. 26D) corresponde ao canal artificial dragado após a construção do reservatório, utilizado para transporte fluvial e localizado na zona de contato com a margem direita. O canal em questão não apresenta características meandrantes devido ao baixo índice de sinuosidade – inferior a 1,5 (Tab. 1). A baixa sinuosidade, por sua vez, decorre das sucessivas dragagens realizadas neste curso artificial para a manutenção de sua navegabilidade, concedendo maior retinidade ao mesmo e maior fluxo de corrente, conforme verificado em campo. Por este motivo não são expressos os dados de número de meandros e densidade de meandramento.

O canal sob interferência antrópica 2 (Fig. 26E) possui comprimento menor do que o canal de referência (Fig. 26C), porém, o número de meandros é superior (Tab. 1). As características espaciais herdadas definem o padrão meândrico deste trecho, pois ele desenvolve parte de seu leito em trecho meandrante correspondente ao cenário de 1962 (Fig. 26C e E).

O canal sob interferência antrópica número 3 (Fig. 26F) distingue-se dos demais canais formados em função do barramento por ter reativado feições morfohidrográficas derivadas da dinâmica fluvial pré-brarramento, como meandros abandonados e lagos de meandro. Esta situação ocorreu devido ao aumento no nível do lençol que promoveu a interligação dos lagos e

meandros abandonados em um único canal, definindo um segmento com índice de sinuosidade mais próximo ao da morfologia original, com maior número de meandros simples com raios de curvatura maiores, que acabaram por conferir a este trecho do canal uma maior densidade de meandramento.

O maior comprimento do canal no trecho de referência em 1962 (Fig. 26C, Tab. 1) sugere a existência de um número maior de meandros simples, quando o que ocorre é um maior número de meandros compostos, com dois ou mais raios de curvatura que possuem amplitudes elevadas, necessitando de maiores extensões de canal pra desenvolverem seu traçado.

Os canais antropogênicos 2 e 3, mesmo possuindo comprimento menor, possuem maior número de meandros simples formados por apenas um raio de curvatura geralmente grande (ZANCOPÉ, 2008). Essa situação gera meandros de menor amplitude que necessitam de menores extensões de canal fluvial para se desenvolver e acabam por apresentar características espaciais que sugerem baixa densidade de meandramento.

Assim, a densidade de meandramento verificada nos canais antrópicos 2 e 3 foi superior àquela encontrada no canal de referência do cenário de 1962 (Tab. 1). Este fato pode ser explicado em função do maior número de meandros formados na extensão total dos canais, fato que comprova alterações derivadas do controle antrópico direto, a partir da elevação do nível de base, que pode ter condicionado um aumento na energia do fluxo que chega até o reservatório, dispersando energia excedente na forma de meandramento (PENTEADO, 1978).

Outros informações em relação à morfometria dos canais dos dois cenários também foram obtidos, tais como tipo de meandro (simétrico simples/composto, assimétrico simples/composto) (tabela 2), segundo a classificação de Brice (1973;1974) baseada na distribuição da amplitude dos raios de curvatura dos meandros (tabela 3).

Tabela 2: Classificação dos meandros do setor de fundo de vale do Rio Piracicaba nos anos de 1962 e 2007, segundo Brice (1973;1974).

	Simétrico Simples	Simétrico Composto	Assimétrico Simples	Assimétrico Composto	Total
(1)	7	0	38	17	62
(2)	0	0	6	2	8
(3)	1	0	12	6	19
(4)	3	2	12	4	21
(5)	3	3	12	4	22

(1) 1º Trecho meandrante do segmento final do Rio Piracicaba (1962); **(2)** 2º Trecho meandrante do segmento final do Rio Piracicaba; **(3)** Trecho meandrante de referência para análise das alterações antrópicas (1962); **(4)** Segundo segmento fluvial sob interferência do barramento (2007); **(5)** Terceiro segmento fluvial sob interferência do barramento (2007).

Deve-se ressaltar que o primeiro segmento fluvial sob interferência do barramento não foi considerado devido ao fato de ele não possuir índice de sinuosidade superior a 1,5, portanto, não caracterizado como meândrico.

Os canais indicados como meandrantess no cenário de 1962 apresentaram pouca simetria em seus meandros, como verificado na tabela 2. O primeiro trecho meandrante, apesar de apresentar 7 meandros do tipo simétrico simples destaca-se pela alta quantidade de meandros assimétricos simples, conforme os dados da tabela 2. Nesse contexto, o segundo trecho identificado como meandrante possui alta assimetria, destacando-se a ausência de meandros simétricos, assim como o trecho de referência, que também possui alta assimetria em suas curvas. Entretanto, é interessante observar que para o cenário mais atual de análise (2007) meandros simétricos destacam-se, apesar de pouco representativos. Porém, é relevante uma comparação entre os dois cenários, evidenciando que os canais originados de atividade antrópica, no caso o represamento, apresentam maior simetria que os dois trechos meandrantess de 1962, principalmente em relação ao trecho de referência, que foi selecionado para tal.

Para o meandro do tipo “simétrico composto”, apenas os canais derivados de atividades antrópicas (2007) o apresentaram em seu curso, mesmo que numa pequena fração, em relação ao total de meandros contabilizados. Nesse sentido, Christofolletti (1981), discorrendo sobre curvas compostas, afirma que

“estas incluem duas ou mais curvas simples, cuja curvatura geralmente está orientada (mas não necessariamente) para o mesmo lado do rio [...], evoluem pela união de curvas simples[...]” (CHRISTOFOLETTI, 1981, p. 179).

Portanto, estas podem ter sido originadas de antigas curvas simétricas simples, relativas ao cenário de 1962.

Complementando os dados morfométricos, foram também calculados os raios de curvatura dos meandros de todos os canais (tabela 3), tendo como premissa os estudos de Chitale (1970): trechos meândricos e de referência, do ano de 1962, assim como para os canais derivados da atividade antrópica, relativos ao cenário de 2007.

Tabela 3: Relação de raios de curvatura (m) dos trechos meândricos e de referência, em metros, relativos ao ano de 1962 e dos canais derivados de atividade antrópica, do ano de 2007.

	1 – 300	301 – 600	601-900	901- 1200	1201 – 1500	1501 – 1800	1801 – 2100	2101 – 2400	2401 – 2700	2701 – 3000	3001 – 3300	3301 – 3600
(1)	38	10	7	5	1	-	-	-	-	-	-	1*
(2)	5	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
(3)	12	5	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
(4)	13	4	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-
(5)	14	3	-	3	-	1	-	1	-	-	-	-

(1) 1° Trecho meandrante do segmento final do Rio Piracicaba (1962); (2) 2° Trecho meandrante do segmento final do Rio Piracicaba (1962); (3) Trecho meandrante de referência para análise das alterações antrópicas (1962); (4) Segundo segmento fluvial sob interferência do barramento (2007); (5) Terceiro segmento fluvial sob interferência do barramento (2007).

* O valor correto para este único raio de curvatura é de 4907, 3542 m.

Para o primeiro trecho meandrante (cenário de 1962) destacam-se os raios de curvatura com valores que oscilam entre 0 a 300 metros. Nesse sentido, observa-se que meandros que apresentam valores nesta faixa são comumente encontrados sob a forma de assimétricos simples, com amplitudes baixas e sinuosidade fechada. Entretanto, para este mesmo canal, uma alta amplitude na sinuosidade é observada para um único meandro, cujo valor é de 4907,3542m. Durante os mapeamentos realizados, verifica-se que este é classificado como assimétrico simples, com grande amplitude e com sinuosidade mais aberta, em relação aos demais. Nesse contexto, o segundo trecho meândrico também possuía proporcionalmente uma elevada quantidade de curvas com raios de curvatura na faixa de 0 a 300m, evidenciando uma sinuosidade mais fechada, assim como no primeiro trecho.

Para o trecho de referência, relativo ao ano de 1962, também destacou-se os meandros com raios de curvatura na faixa supracitada. Entretanto, durante os mapeamentos realizados, notou-se que nenhuma curva possuiu elevadas taxas de amplitude, correspondente a elevados raios de curvatura. Nesse sentido, evidencia-se que numa razão proporcional este trecho possui mais meandros na segunda faixa de raios de curvatura, oscilando entre os valores de 301 a 600m, portanto encontram-se meandros com amplitudes mais elevadas, em relação aos demais canais do mesmo cenário.

Para o ano de 2007, selecionado como de interferência de atividades antrópicas, o segundo canal meândrico também possui proporcionalmente meandros com baixas amplitudes, ou seja, com curvas cujos raios de curvatura oscilam entre 0 a 300m. Porém, convém destacar que diferentemente dos canais do primeiro cenário, com exceção do primeiro trecho meândrico, uma curva possui amplitude média, que corresponde à faixa cujos valores oscilam entre 1501 a 1800m.

Por fim, o terceiro canal sob influência antrópica também apresentou resultados similares ao segundo canal do mesmo cenário, porém proporcionalmente com curvas menos sinuosas, ou seja, com raios de curvatura maiores, e meandros mais abertos, entre as faixas de 900 a 2400m. Nesse sentido, conforme a figura 26E e 26F, observa-se que tal situação é afirmativa, pois visualmente os meandros do canal supracitado são mais abertos, em relação ao segundo. Assim, Christofolletti (1981), pautado em estudos de Chitale (1970), salienta que raios de curvatura mais abertos tendem a possuir meandramentos menos salientes, devido a sua baixa sinuosidade. Desta forma, Christofolletti e Oliveira (1974), em estudos correlatos com o Rio

Paraíba do Sul, na Bacia Sedimentar de Taubaté, encontraram raios de curvatura inferiores a 400 metros, caracterizando este canal como muito meandrante, diferentemente de valores encontrados no setor de fundo de vale do Rio Piracicaba, que no ano de 1962 possuía pequenos e grandes raios de curvatura (tabela 3).

Foram também avaliadas as transformações areais das feições hidrogeomorfológicas (planície aluvial, barras de meandro, baixo curso do Rio Piracicaba, terraço fluvial, meandro abandonado, dique fluvial, lagos, lagos de meandro, leques aluviais e mineração) de ambos os cenários, utilizando-se como ferramenta o programa de software AUTOCAD 2004.

De modo a complementar as análises morfométricas, avaliou-se as transformações hidrogeomorfológicas de feições areais de ambos os cenários, tendo como premissa estudos realizados por Simon et al.(2010), onde a morfologia original subsidiou estudos relativos às modificações impostas pela construção do reservatório de Barra Bonita, no ano de 1963. Deste modo, na tabela 4 os dados do ano de 1962 são apresentados a seguir, destacando-se que foram avaliadas apenas as feições hidrogeomorfológicas areais, cuja vetorização e digitalização no programa de software AUTOCAD 2004 evidenciaram formas poligonais para as mesmas.

Tabela 4: Extensão espacial das principais feições geomorfológicas de fundo de vale (segmento final do Rio Piracicaba - SP – 1962 e 2007).

Morfohidrografia	Área (Km²)	
	1962	2007
Planície Aluvial	58,63	227,51
Barra de Meandro Seca	19,68	9,99
Barra de Meandro Inundada	-----	13,49
Rio Piracicaba*	11,40	535,73
Terraço Fluvial	10,65	14,55
Meandro Abandonado*	4,45	-----
Dique Fluvial	1,41	4,31
Lagos	0,95	35,34
Lagos de Meandro	0,65	-----
Leques Aluviais	0,37	0,73
Mineração	0,17	-----
Total	108,36	841,65

* feições de origem fluvial geralmente são expressas de acordo com o seu comprimento. No presente trabalho optou-se pela avaliação da área ocupada por estas feições no contexto geral do fundo de vale do segmento final do Rio Piracicaba.

De maneira geral, as feições geomorfológicas areais apresentaram-se maiores no cenário mais atual, do ano de 2007, em relação ao de 1962. Analisando-se minuciosamente os dados, observa-se que o Rio Piracicaba atualmente possui uma área maior; tal fato é explicado pela construção do reservatório de Barra Bonita, onde grandes áreas de planície aluvial foram alagadas para que a represa comportasse maior volume d'água, portanto, mais vazão, pois deste modo a transformação de energia mecânica em energia elétrica é mais eficaz. Não obstante, destaca-se também o aumento em área da feição planície aluvial, pois a nova condição imposta pela interferência antrópica condiciona a busca de um novo perfil de equilíbrio pelo rio principal (PENTEADO, 1978).

A feição hidrogeomorfológica lagos e lagos de meandro também se evidenciam, pois no cenário mais atual a primeira destaca-se pela sua elevada área, em relação ao ano de 1962. Entretanto, para os lagos de meandro, por estarem situados antigamente na planície aluvial, caracterizada pela intensa dinâmica fluvial do rio Piracicaba, durante os mapeamentos realizados não foram identificados, pois se encontram atualmente alagados pelo reservatório de Barra Bonita.

Para as barras de meandro, feições atreladas à deposição de sedimentos durante a dinâmica fluvial do rio Piracicaba, nota-se uma notável diferença entre os dois cenários. O ano de 2007 apresenta dois tipos desta: secas e inundadas. Esta subdivisão foi criada devido à existência de lâmina d'água entre os cordões arenosos destas feições em decorrência do represamento, observada durante os mapeamentos realizados. Nesse sentido, observa-se um pequeno aumento areal desta feição no ano de 2007, de maneira pouco expressiva.

É interessante notar o aumento significativo das feições ligadas à dinâmica sedimentar do rio Piracicaba, tais como leques aluviais, terraços fluviais e diques marginais. Em relação aos leques aluviais, durante a confecção da carta geomorfológica foi possível notar a presença de muitas feições erosivas de origem antrópica, tais como sulcos, ravinas e diferentes graus de voçorocamento, principalmente nas margens de pequenos canais pluviais e fluviais e na cabeceira de vertentes, devido aos diferentes tipos de usos da terra impostos pela ação antrópica e pela

construção do reservatório de Barra Bonita. Portanto, evidencia-se um elevado transporte de sedimentos em direção à jusante, levando os rios a depositarem esse excesso sedimentar sob a forma de novos leques aluviais ou o aumento desta feição. Nesse contexto, esta afirmativa também é válida para os diques marginais e terraços fluviais, que também são feições ligadas à dinâmica de deposição de sedimentos nos rios.

Por fim, a atividade de mineração, encontrada no cenário de 1962 de maneira pouco expressiva, caracterizada principalmente por “mineração de barranco” não foi encontrada no ano de 2007, e, portanto, houve uma diminuição por completo desta, pois seu mapeamento não foi significativo.

6. Considerações finais

A partir das considerações supracitadas, foi possível notar o quão significativo pode ser a construção de uma barragem, principalmente no que se refere à mudança de nível de base local e às alterações morfohidrográficas de um sistema que antes se encontrava em outro estágio de equilíbrio dinâmico. Tomando como referencial os objetivos específicos propostos pelo projeto, conclui-se que todos foram alcançados e, no que se refere à forma a qual os dados gerados seriam analisados, buscou-se seguir a Teoria Geral dos Sistemas Aplicada à Geografia e à análise da dinâmica de sistemas morfohidrográficos.

As alterações morfohidrográficas consistiram basicamente nas transformações espaciais de feições geomorfológicas, tais como desaparecimento de canais e meandros abandonados e lagos de meandro, fragmentação de terraços fluviais e surgimento destas feições no cenário mais atual, transposição de diques marginais, assim como seu alagamento, expansão de planícies aluviais e ainda surgimento de feições erosivas, ocasionado pela retomada da erosão regressiva, fato que pode estar relacionado à mudança de nível de base local. Não obstante, destacam-se também o surgimento de lagos, principalmente nas planícies aluviais, fato que ocorre devido à elevação da lâmina d'água em virtude da construção do reservatório. Do ponto de vista sistêmico, estas alterações afetam o funcionamento do sistema “Rio Piracicaba”, pois as entradas externas (*inputs*) excessivas aceleraram processos naturais (como surgimento de terraços fluviais, num curto período de tempo) e alteraram importantes feições atreladas ao complexo sistema do rio, tais como expansão das planícies aluviais.

Em relação ao uso e ocupação das terras, pode-se concluir que as diferentes classes comportaram-se, em parte, de acordo com a nova dinâmica imposta pela construção do reservatório. Novas áreas alagadas funcionam como um espaço adequado para a instalação de indivíduos adaptados a este tipo de ambiente, uma vez que a classe “campo úmido”, típica de indivíduos herbáceo-arbustivos, passou a ocupar as novas expansões das planícies aluviais. Porém, as alterações também geraram retomadas erosivas, caracterizando, por exemplo, voçorocas de cabeceiras, situadas às margens do reservatório de Barra Bonita. Além disso, a área estudada foi submetida à expansão significativa da cultura de cana-de-açúcar, fato condizente com a dinâmica sócio-econômica atual do estado de São Paulo.

As características da geometria dos meandros do baixo curso do Rio Piracicaba para o ano de 1962 concederam informações significativas da morfologia original da área, possibilitando o resgate histórico de informações que podem ser correlacionadas em estudos temporais que visam diagnosticar a intervenção antrópica em sistemas morfohidrográficos.

Correlações efetivadas entre o trecho de referência (1962) e os canais antropogênicos considerados meandantes (2007) apontaram para o aumento no número de meandros e na densidade de meandramento, indicando forte ação do canal no reajuste das condições de gasto de energia e deposição do material carregado antes do deságüe no novo nível de base imposto (reservatório de Barra Bonita).

A diminuição do índice de sinuosidade dos dois canais antropogênicos considerados meandantes decorre do aumento da distância vetorial e da diminuição do comprimento dos canais, que procuraram equilibrar sua dinâmica ao maior número de meandros herdados das condições originais do baixo curso do Rio Piracicaba.

A comparação dos dados de geometria dos meandros entre o canal de referência e os canais antropogênicos evidenciaram que a construção do reservatório condicionou uma situação de desequilíbrio no sistema, principalmente na evolução meândrica do Rio Piracicaba e no aumento significativo das feições hidrogeomorfológicas atreladas à dinâmica fluvial do rio supracitado.

Os cálculos inferidos nos dois cenários mostram a busca do canal pelo seu perfil de equilíbrio, tentando ajustar-se às variáveis condicionadas pelas alterações antrópicas.

Por fim, destaca-se que o estudo realizado caracteriza-se como uma importante ferramenta de estudos posteriores, sendo que muitos tópicos podem ser ainda abordados, tais

como: tempo de vida útil do reservatório, do ponto de vista econômico e ambiental, influência das alterações morfohidrográficas sobre os diferentes seres vivos, inclusive sobre o ser humano, principalmente sobre os vegetais aquáticos e micro e macroorganismos, como algas, crustáceos, moluscos e peixes, e ainda quais são as alterações a jusante do reservatório, uma vez que este estudo englobou as transformações espaciais a montante do mesmo. Estudos em Ecologia da Paisagem tornam-se adequados para complementar este quadro, uma vez que as transformações ocorridas na paisagem e seus elementos constituintes, principalmente a fragmentação e a perda de *habitat*, influenciam os diferentes modos de vida dos diferentes seres vivos.

7. Referências bibliográficas

ALMEIDA, F. F. M. **Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista**. São Paulo: IGEOG, 1974. 99p.

BIGARELLA, J.J.; SUGUIO, K. & BECKER, R. D. **Ambiente fluvial: Ambientes de Sedimentação, sua interpretação e importância**. Curitiba: Ed. UFPR/ADEA, 1979, 183p.

BRICE, J.C. (1973): Meandering pattern of the White River in Indiana. An analysis. In MORISAWA, M. E. (Ed): **Fluvial Geomorphology**. State University of New York, Binghampton. 179-200.

BRICE, J.C. (1974): Evolution of meanders loop. **Geol. Soc. Am. Bull.** 85, 581-586.

CABRAL, J.B.P. **Utilização de técnicas de segmentação e correlação de spearman em imagens TM para o estudo da concentração de sedimentos em suspensão no Reservatório de Barra Bonita – São Paulo-Brasil**. Jataí, 2003. Disponível em: <http://geofocus.rediris.es/docPDF/Articulo13_2003.pdf>. Acesso em: 15 set. 2008.

CASSETI, V. **Elementos de geomorfologia**. Goiânia: Editora de UFG, 1994.

CERON, A. O.; DINIZ, J. A. F. O uso das fotografias aéreas na identificação agrícola da terra. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 2, p. 161-173, abr./jun. 1966.

CHORLEY, R. J.; KENNEDY, B. A. **Physical geography: a systems approach**. London: Prentice Hall, 1971.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise Morfométrica das Bacias Hidrográficas. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v. 9, p.35, 1969.

_____. **Geomorfologia**. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1974.

_____. **Geomorfologia Fluvial**. v.1. São Paulo: Edgard Blücher, 1981.

_____. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999. 236 p.

CHRISTOFOLETTI, A.; OLIVEIRA, A. A. B. Análise morfométrica dos meandramentos do Vale do Paraíba, na área da Bacia Sedimentar de Taubaté. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v. 14, n. 27/28, p. 45-60, 1974.

_____. Densidade de meandramentos. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v. 15, n. 29, p. 83-87, 1975.

COELHO, A.L.N. Geomorfologia fluvial de rios impactados por barragens. **Caminhos de Geografia**: Uberlândia, 2008. v.6, n. 26, p. 16-32.

COOKE, R.U.& DOORKAMP, J.C. - **"Geomorphology in Environmental Management: a New Introduction – 1992 "Modern Physical Geography"** John, Willey & Sons ed., NewYork, 4ª ed., 638 p.

CORRÊA, C.V.S.; SIMON, A.L.H.; CUNHA, C.M.L.; PEREZ FILHO, A. Mapeamento geomorfológico do setor de fundo de vale da baixa bacia do rio Piracicaba - SP (1962): avaliação dos aspectos morfohidrográficos pré-intervenção de reservatórios hidrelétricos. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 13, 2009, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2009.

CUNHA, C. M. L. **A cartografia do relevo no contexto da gestão ambiental**. 2001. 128f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.

CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (orgs.) **Geomorfologia uma Base de Atualização e Conceitos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001a. p. 211-252.

EMBRAPA SOLOS. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

FACINCANI, E.M. **Morfotectônica da Depressão Periférica Paulista e Cuesta Basáltica: regiões de São Carlos, Rio Claro e Piracicaba**. Rio Claro, 2000. 222 p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

FERRAZ, F.F.B.; MORTATTI, J. **Avaliação da relação entre distribuição espacial da precipitação e os componentes do escoamento em bacia tropical de meso escala**. 2002. Disponível em: <http://www.geografia.fflch.usp.br/publicacoes/Geousp/Geousp13/Geousp13_Ferraz_Mortatti.htm>. Acesso em: 01 ago. 2009.

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

GOUDIE, A. **The human impact in the natural environment**. Cambridge. The MIT Press, 1986. p 338.

GUERRA, A.J.T. **A contribuição da geomorfologia no estudo dos recursos hídricos**. Bahia análise & dados; 13 (n. esp.): p. 385-9, dez. 2003. Disponível em: <http://wi.sei.ba.gov.br/publicacoes/publicacoes_sei/bahia_analise/analise_dados/pdf/recursos_hidricos/pag_385.pdf>. Acesso em: 30 set 2008.

GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 4 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. 472 p.

HAMAZAQUI, T. **Overview of the Advanced Land Observing Satellite (ALOS): Its Mission Requirements, Sensors, and a Satellite System**. 1997. Disponível em: <<http://www.ipi.uni-hannover.de/fileadmin/institut/pdf/hamazaki.pdf>>. Acesso em: 02 mar. 2010.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Levantamento pedológico semi-detalhado do Estado de São Paulo**. Quadrícula Piracicaba. Campinas: IAC, 1961. 1 mapa, color. Escala 1:100 000.

IBGE. **Manual técnico de uso da terra**. 2ed. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <<ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/recursosnaturais/usodaterra/manualusodaterra.pdf>>. Acesso em: 02 ago. 2009.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 1981a. 2v.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO.
Mapa Geológico do Estado de São Paulo. São Paulo: IPT, 1981b. 2v.

JUNIOR, O. B. P.; ROSSETE, A. N. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Ribeirão Cachoeira, MT - Brasil. **Geoambiente online**, Jataí, n. 4, jan – jun. 2005. Disponível em: <www.jatai.ufg.br/geo/geoambiente.htm>. Acesso em: 23 jul. 2010.

JUNK, W.J.; NUNES DE MELLO, J.A.S. **Impactos ecológicos das represas hidrelétricas na bacia amazônica brasileira.** São Paulo, 1990. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010340141990000100010&script=sci_arttext&tlng=en>. Acesso em: 8 Agosto 2008.

LEOPOLD, L. B.; WOLMAN, M. G. Rivers meanders. **The Geological Society of America Bulletin**, v. 71, n. 6, p. 769-794, 1960.

LEOPOLD, L. B., M. G. WOLMAN, and J. P. MILLER, **Fluvial Processes in Geomorphology**, 522 pp., W. H. Freeman, New York, 1964.

LOCH, C. **A interpretação de imagens aéreas – noções básicas e algumas aplicações no campo profissional.** Florianópolis: Editora da UFSC, 1984.

MARCHETTI, D.A.B.; GARCIA, G.J. **Princípios da fotogrametria e fotointerpretação.** Piracicaba: Livraria Nobel, 1977.

PENTEADO, M.M. **Fundamentos de Geomorfologia.** Rio de Janeiro: FIBGE, 3a ed., 185 p., 1978.

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. v. 1. p. 84-85.

PRADO, R.B. **Geotecnologias aplicadas à análise espaço temporal do uso e cobertura da terra e qualidade da água do reservatório de Barra Bonita, SP, como suporte à gestão de recursos hídricos**. 2004. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – USP, São Carlos, 2001. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-05012005-121100/>>. Acesso em: 30 jul. 2009.

PRADO, R.B.; NOVO, E.M.L.M. Aplicação de geotecnologias na modelagem do potencial poluidor das sub-bacias de contribuição para o reservatório de Barra Bonita – SP relacionado à qualidade da água. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12, 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005.

RAFAELI NETO, S. L. **Análises Morfométricas em Bacias Hidrográficas Integradas a um Sistema de Informações Geográficas**. 1994.. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas), Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 135 p.

ROSENQVIST, A.; ICHITSUBO, D.; OSAWA, Y.; MATSUMOTO, A.; ITO, N.; HAMAZAQUI, T. **A brief overview of the Advanced Land Observing Satellite (ALOS) and its potential for marine applications**. 2003. Disponível em: <http://earth.esa.int/workshops/cmasar_2003/papers/E26rose.pdf>. Acesso em: 01 mar. 2010.

ROSS, J.L.S.; MOROZ, I.C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, FAPESP, USP, FFLCH, 1997.

SÃO PAULO. **Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo**. Banco de Dados Pluviométricos do Estado de São Paulo. Disponível em: < <http://www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/bdhm.exe/plu?qwe=qwe>>. Acesso em: 02 ago. 2009.

SIMON, A. L. H.; CORRÊA, C. V. S.; PEREZ FILHO, A.; CUNHA, C. M. L. Análise da morfologia original nos estudos sobre a evolução do relevo antropogênico. In: Seminário Latino Americano de Geografia Física, Seminário Ibero Americano de Geografia Física, VI, II, 2010, Coimbra. **Anais...** Coimbra: Universidade de Coimbra, 2010.

TRICART, J. **Principles et méthodes de la géomorphologie**. Paris: Maisson, 1965. 496p.

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

VERSTAPPEN, H.T.; ZUIDAN, R. A. van. **ITC system of geomorphological survey: manual ITC textbook**. Enschede:1975. v. 1.

ZANCOPÉ, M. H. C. **Análise morfodinâmica do Rio Mogi Guaçu**. 2008. 111 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2008.

Orientada: Claudia Vanessa dos Santos Corrêa

Orientadora: Prof^a Dr^a Cenira Maria Lupinacci da Cunha