

VARIAÇÕES MORFOLÓGICAS EM CÓRREGOS QUE DRENAM A ÁREA URBANA DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON, PARANÁ¹

Leandro Neri BORTOLUZZI²
Oscar Vicente Quinonez FERNANDEZ³

RESUMO

Este estudo propõe analisar as variações morfológicas nos córregos que drenam a área urbana da cidade de Marechal Cândido Rondon. A realização deste estudo foi possível a partir do levantamento de seções transversais nos córregos que drenam a área urbana de Marechal Cândido Rondon, Oeste do Paraná. O levantamento de seções transversais obedeceu a metodologia proposta por Olson-Rutz e Marlow (1992) e o mapeamento das áreas em estudo foi realizada com o software Global Mapper versão 10.01. Os perfis transversais analisados foram levantados em 1999/2000 e em 2008. Nesta escala temporal, foi observado que dentre as onze seções monitoradas, sete apresentaram deposição de sedimentos como processo predominante e nas outras seções predominou a erosão do leito. Estes dados podem ajudar na compreensão do funcionamento das paisagens tropicais bem como seu planejamento.

Palavras chave: Bacia Hidrográfica. Seção Transversal. Urbanização. Impermeabilização do solo.

¹ Referente a trabalho de conclusão de curso.

² Professor mestre da rede Estadual de Ensino do Paraná e membro do GEA (Grupo Multidisciplinar de Estudos Ambientais) – bortoluzzi_@hotmail.com

³ Professor doutor da Universidade Estadual do Oeste do Paraná e membro do GEA (Grupo Multidisciplinar de Estudos Ambientais) – oscarfernandez49@gmail.com

MORPHOLOGICAL VARIATIONS IN STREAMS THAT DRAIN THE URBAN AREA OF MARECHAL CÂNDIDO RONDON, PARANÁ⁴

ABSTRACT

This study proposes to examine the morphological variations in streams that drain the urban area of Marechal Cândido Rondon city. The accomplishment of this study was possible by the measurement of the side view in the stream that drains the urban area of Marechal Cândido Rondon, west of Paraná. The measurement of the side view followed the methodology proposed by Olson-Rutz and Marlow (1992) and the mapping of the areas in study was performed with the software Global Mapper version (10.01). The cross-sections analyzed were measured in 1999/2000 and 2008. In this timescale, it was observed that among the eleven monitored sections, seven had deposition of sediments as the predominant process and in the other sections the erosion of the riverbed. These data may help in understanding of the functioning of tropical landscapes and its planning.

Keywords: Watershed. Cross-sections. Urbanization. Soil sealing.

⁴ Concerning the final paper.

1 INTRODUÇÃO

A água vem sendo motivo de intensos debates na Geografia, devido a sua importância para a humanidade e para a sobrevivência de todas as espécies. Água é essencial em vários aspectos, como na esculturação da paisagem, na qual encontramos problemas ambientais, derivados de conflitos sociais e apropriação da natureza pelo capital. Objeto este de estudo da Geografia.

Os rios são importantes objetos de estudos não apenas na Geografia, como também em demais áreas, dentro elas geologia, hidrologia, biologia, ecologia, entre outras. Desta forma o presente artigo objetiva estudar os impactos do uso da terra nos canais fluviais de Marechal Cândido Rondon que drenem a área urbana. Pois os mesmos carecem de estudos que analisem a sua dinâmica, identificando que tipos de processos estão ocorrendo nos cursos d'água.

2 ÁREA DE ESTUDO

A área em estudo situa-se no município de Marechal Cândido Rondon, mesorregião oeste do estado do Paraná, nas sub-bacias hidrográficas/bacias hidrográficas do córrego Bonito (denominado de Bon 2 - 2,857 km²), córrego Guavirá (denominados por Gua 1 – 0,263 km², Gua 2 – 1,243 km², Gua 3 – 0,978 km², Gua 4 – 10,148 km² e Gua 5 – 10,679 km²), Apepú (Ape 1 – 7,708 km²), Borboleta (Bor 1 – 4,769 km²) Matilde-Cuê (Mat 1 – 4,619 km²), Guará (Guar 1 – 10,081 km²) e Peróba (Per 1 – 5,334 km²).

O local em estudo possui solos em diferentes estágios evolutivos, derivados da alteração de rochas basálticas da formação Serra Geral, de idade neojurássica-eocretácea (NARDY et al, 2002). No município predomina o Latossolo Vermelho Eutroférico, profundo, principalmente nos setores aplainadas do relevo, nas encostas com declividades moderadas o Nitossolo Vermelho Eutroférico e a presença de Neossolos Litólicos nas baixas vertentes com solos rasos (MORESCO, 2007; CUNHA, et al, 2004).

O município está em três compartimentos geomorfológicos distintos segundo Mineropar – Minerais do Paraná, Empresa de economia mista (2006). O compartimento de Cascavel possui topos alongados e aplainados, vertentes convexas, vales em V, dissecação média e altitude média

de 240 metros. O compartimento de São Francisco é caracterizado por topos alongados, vertentes convexas, vales em V, dissecação média, com 220 metros de altitude e o compartimento Foz do Iguaçu diferencia-se por apresentar topos aplainados, vertentes convexas, vales em V abertos, dissecação baixa e 120 metros de altitude média, todos os compartimentos situados na unidade morfoescultural do Terceiro Planalto Paranaense e na unidade morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná (MINEROPAR, 2006).

Marechal Cândido Rondon (figura 1) apresenta desde pequenos canais a rios de grande extensão, como o rio Paraná a oeste na fronteira com o Paraguai. Conforme Pfluck (2009) os rios de Marechal Cândido Rondon são de planalto e seu potencial energético foi aproveitado entre os anos de 1950 e 1960, principalmente, por moinhos e serrarias que eram geralmente instalados nas margens mais íngremes. Durante 1960 e 1970 o potencial fluvial do município foi explorado para atividades de lazer, e suas águas tornaram-se cada vez mais barrentas devido ao grande desmatamento na região.

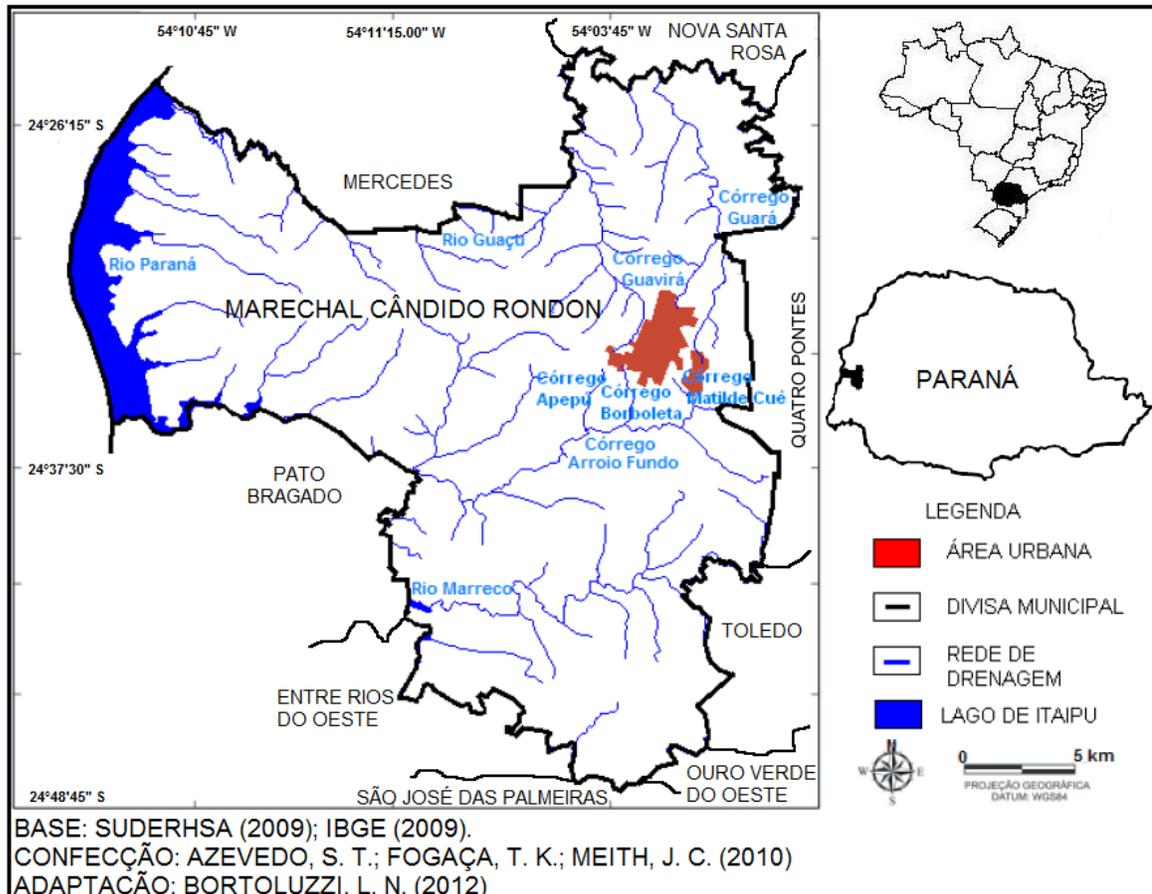


FIGURA 1- Localização do município de Marechal Cândido Rondon

Baseado na classificação climática proposta por Köppen, Marechal Cândido Rondon encontra-se em uma área de clima tipo Cfa – clima subtropical mesotérmico com temperatura média do mês mais frio abaixo dos 18°C e temperatura mais quente acima de 22°C, verões quentes, geadas pouco frequentes e maior quantidade de chuvas nos meses do verão, sem estação seca bem definida (IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná, 1994).

2.1 Histórico de ocupação do município de Marechal Cândido Rondon

A ocupação das terras onde hoje se localiza o município de Marechal Cândido Rondon ocorreu inicialmente através da exploração de erva-mate pelos *obrageros* (PFLUCK, 2002). Segundo Maccari (1994), em 1902 a Companhia de Madeiras do Alto Paraná, com sede em Buenos Aires (Argentina), adquiriu do governo paranaense uma área que corresponde atualmente aos atuais municípios de Marechal Cândido Rondon, Quatro Pontes, Entre Rios do Oeste, Toledo, Nova Santa Rosa e parte do município de Palotina. Maccari (1994) cita também a decadência deste empreendimento devido às ações do governo brasileiro pós passagem da Coluna Prestes pelo oeste paranaense, contribuindo para que um grupo do estado do Rio Grande do Sul comprasse as terras que até então pertenciam a Companhia de Madeiras Del Alto Paraná. Assim nascia a industrial Madeireira Colonizadora Rio Paraná S/A – Maripá, com sede em Porto Alegre e posterior filial em Toledo.

Efetivamente após a aquisição das terras pela Maripá S/A em 1946, ocorre intensa vinda de imigrantes sulistas para esta região com ativa derrubada da floresta, a policultura de subsistência, pesca, caça, entre outros (PFLUCK, 2002). A migração de gaúchos e catarinenses se verifica não só dos que vieram diretamente para Marechal Cândido Rondon, mas também dos que entraram para outras regiões do Estado e que depois migraram para o município (SAATKAMP, 1985). Desenvolvendo-se assim, segundo Yokoo (2002) uma reprodução do modelo de colonização realizado em Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Para Pfluck (2002) a colonizadora MARIPÁ planejou e implantou o sistema de lotes rurais, respeitando a topografia e a rede hidrográfica, beneficiando cada propriedade com ao menos um curso d'água, através de sangas, lajeados, arroios ou rios. Para a autora, os indígenas não impediam o avanço da colonização, pois eram em pequeno número e participavam das

atividades coloniais. Além dos indígenas, havia na região uma pequena população, que eram descendentes de guaranis, paraguaios, argentinos e brasileiros. Estes foram utilizados como mão-de-obra barata nos serviços de limpeza e desmatamento, e não tinham titulação das terras que ocupavam e com o transcorrer do tempo migraram para dar lugar aos sulistas.

As residências, inicialmente, eram apenas pequenos barracos temporários e as primeiras casas, muito simples, normalmente de chão batido, outras vezes levantados do chão por causa do medo dos animais selvagens e/ou ainda para criar, debaixo delas, animais domésticos, tais como porcos, vacas ou as chamadas galinhas poedeiras. Após um período de estruturação, alguns meses ou até anos, iniciava-se a construção de uma casa propriamente dita (PFLUCK, 2002, p. 42).

As principais atividades econômicas no início da colonização foram o extrativismo vegetal, com extração da madeira e erva-mate e hortelã, o cultivo de grãos e a prática da suinocultura, gerando o surgimento do cooperativismo e a propagação da modernização agrícola, trazendo à tona a concentração da população do município da área urbana (SAATKAMP, 1985, PFLUCK, 2002).

No que tange a urbanização, a formação do núcleo urbano de Marechal Cândido Rondon, foi estruturada no formato de xadrez. A ocupação de novas áreas favoreceu a ocorrência de diversos fatores que contribuem para o impacto ambiental, dentre elas, escoamento superficial, deficiência da drenagem urbana, erosão acelerada, assoreamento, alteração da vazão e excessiva poluição da água (RUPOLO et al, 2007).

Após os anos 1980, conforme Pfluck (2002), os loteamentos populares se intensificaram para os vales, deixando de se manter unicamente nas áreas topograficamente planas, ocupando zonas de proteção aos mananciais. Essa expansão não considerou as consequências de sua localização quanto ao terreno, direção predominante dos ventos, enxurradas, poluição atmosférica e hídrica, as redes de drenagem e a rede elétrica de alta tensão.

Sobre o papel do Estado na expansão da cidade de Marechal Cândido Rondon, Ferrari (2006) diz:

É necessário expor a intervenção do Estado neste processo, (organizando e legalizando o espaço) através da elaboração de leis que permitam o uso e ocupação do solo urbano. Isso foi feito de maneira a atender as necessidades das partes envolvidas neste processo (empresários do ramo imobiliário, industriais, classe política, proprietários de terra e a “população” através das entidades de bairros) que tem interesse no desenvolvimento do município, com a finalidade de que seus investimentos não se “desvalorizem”, proporcionando-lhes maiores lucros (FERRARI, 2006, p. 27).

Segundo Ferrari (2006), a expansão urbana de Marechal Cândido Rondon encontra-se a serviço do capital especulativo rentista e a cidade continua expandido para os fundos de vale, pois a imensa quantidade de lotes vazios no centro da cidade está sendo utilizada para a especulação imobiliária. Essa expansão da cidade ocasiona maior quantidade de áreas impermeabilizadas, gerando uma série de consequências para os rios que drenam essas áreas.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Ao estudar os rios, deve-se ter noção da bacia hidrográfica como objeto de análise. Em uma simples definição, são sistemas abertos que drenam todas as águas para a parte mais baixa topograficamente, gerando corpos d'água que drenam todas as águas. Bacias hidrográficas são delimitadas pelos divisores de água e seus tamanhos podem variar desde dezenas de metros quadrados até milhões de metros quadrados. As bacias de tamanhos diferentes articulam-se a partir dos divisores de água, integrando um sistema de drenagem organizado hierarquicamente (GRANELL-PÉREZ, 2001 apud ALCÂNTARA; AMORIM, 2005).

Conforme comentam Botelho; Silva (2004), na ciência geográfica a bacia hidrográfica é retratada como unidade espacial desde o fim dos anos 1960. Os sistemas fluviais tornaram-se importantes objetos de estudo, principalmente após a ênfase do ambientalismo. Após os anos 1970, emanam atores e processos que compõem o movimento ambientalista global, dentre eles, grupos de cientistas que pesquisam os temas ambientais (MONTIBELLER-FILHO, 2004). Dentre os estudos que utilizam a bacia hidrográfica, estudos sobre a erosão, manejo e conservação do solo e da água e planejamento ambiental, são aqueles que mais têm utilizado a bacia hidrográfica como unidade de análise.

As bacias hidrográficas são caracterizadas como sistemas abertos de entrada (*input*) e saída (*output*) de matéria e energia (CHRISTOFOLETTI, 1980). Partindo desta premissa, o mesmo afirma que as bacias hidrográficas são sistemas abertos, pois envolvem uma série de subsistemas como o sistema vertente, sistema dos canais fluviais e as planícies de inundação, ocorrendo assim, trocas constantes de matéria e energia.

Quando mencionado um canal de primeira ordem no estudo, o mesmo é definido como um todo em uma concepção de sub-bacia, pois está diretamente ligado hierarquicamente a ideia

de bacia hidrográfica, que compõe uma ordem superior em relação territorial de sua malha hídrica.

O sistema fluvial pode ser facilmente afetado pelo uso do solo das bacias hidrográficas, seja no âmbito do uso urbano ou agrícola. No uso urbano é que ocorrem as maiores alterações. Tais alterações se caracterizam por serem alterações como canalização e revestimento de margens e aumento da densidade de drenagem, por meio de galerias de águas pluviais (CHIN, 2006 apud BINDA et al 2008). Botelho; Silva (2004) citam que o sistema hidrológico nas áreas urbanizadas apresenta especificidades em relação às áreas não urbanizadas, onde a ocupação é menos intensa e as alterações do ambiente costumam ser menos acentuadas.

Dentre os estudos de bacias hidrográficas, importante objeto de análise é a relação da impermeabilização do solo com a morfologia do canal fluvial e sua planície de inundação.

A impermeabilização do solo é o grande obstáculo a ser vencido pelas águas pluviais quando elas precipitam nas bacias hidrográficas. Pois a impermeabilização do solo se caracteriza como um agente que dificulta a infiltração da água no solo ao mesmo tempo facilitando o rápido escoamento superficial direto para os fundos de vale e canais fluviais. O grau de impermeabilidade do solo se dá a partir do tipo de uso da terra em determinada bacia hidrográfica. Em áreas urbanas a impermeabilização do terreno é muito maior que em áreas rurais devido aos materiais usados, bem como o cimento para construções de calçadas, o asfalto e os telhados das casas aglomeradas em grande quantidade.

Ainda sobre a impermeabilização do solo, Botelho; Silva (2004) afirmam que:

Á água que escoar sobre superfícies lisas (pavimentadas) ganha maior velocidade e, portanto, maior potencial erosivo. Se em sua trajetória em direção à calha fluvial os fluxos d'água encontram uma superfície não pavimentada e desprovida de cobertura vegetal, pode ocorrer o processo de erosão superficial e ainda ser gerado um fluxo em subsuperfície que pode detonar, a jusante, erosões lineares em túneis ou dutos, que por sua vez, podem desestabilizar o material situado acima, causando movimentos de massa e surgimento de voçorocas, comumente denominadas no meio urbano de crateras, que engolem casas e ruas (BOTELHO e SILVA, 2004 p. 173).

Fica perceptível que a impermeabilização do solo pode intensificar os processos erosivos nas partes onde o solo esteja exposto. Vieira (2008) aponta que os fenômenos erosivos são causados pela ocupação de forma desordenada do solo, gerando problemas de ordem ambiental e

socioeconômica, podendo reduzir a fertilidade dos solos, causando assoreamento de cursos de água, enchentes, voçorocas, entre outros.

Desse modo, a existência de mata ciliar é um importante instrumento de redução da velocidade do escoamento das águas de chuva, bem como impedimento de transporte de sedimentos ao leito fluvial e garantia de qualidade do habitat aquático. Segundo a Lei nº 4.771/65 os córregos devem apresentar mata ciliar equivalente a largura do rio, conforme a tabela 1.

Tabela 01 – Largura Necessária de Mata Ciliar Conforme a Lei nº: 4.771/65

Largura do Rio	Largura de mata ciliar
Nascente	Raio de 50 metros
Menor que 10 metros	30 metros de cada margem
10 a 50 metros	50 metros de cada margem
50 a 200 metros	100 metros de cada margem
200 a 600 metros	200 metros de cada margem
Maior que 600 metros	500 metros de cada margem

FONTE: Disponível em <http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaTextoIntegral.action?id=75545>

Quando as cidades se urbanizam, ocorre, em geral, o aumento das vazões máximas em até sete vezes devido à impermeabilização do solo (LEOPOLD, 1968 apud TUCCI, 1997). A impermeabilização causada pela urbanização, segundo Tucci (1997) causa além do aumento do escoamento superficial, redução da evapotranspiração do escoamento subterrâneo e lençol freático, aumento da produção de material sólido e deterioração da qualidade das águas superficiais, principalmente no início das chuvas. Ainda Tucci (2000) mostra que apenas a impermeabilização causada pelo arruamento produz o aumento do volume e do coeficiente de escoamento em 260%, um lote com 13% de sua área impermeável, aumenta o escoamento em 115% no coeficiente de escoamento.

A existência de áreas impermeáveis em grande quantidade nas cidades é o grande fator causador dos processos de transporte, remoção e deposição de sedimentos nos leitos dos córregos. O número de áreas verdes dentro das cidades pode ser uma solução para o aumento de infiltração das águas em eventos chuvosos e diminuição do aumento das vazões. Áreas verdes não conseguem resolver o problema do aumento de vazão, mas podem minimizar os impactos, quanto maior o número de áreas verdes, maior a área para a infiltração da água no solo, além de outros benefícios, entre eles a amenização da temperatura.

Em relação à morfologia do canal fluvial e sua planície de inundação, estes estão sempre em constantes alterações, por mínimas que sejam, mas que moldem os rios aos meios a qual estejam inseridos. Este processo se evidencia na natureza quando a bacia hidrográfica de determinado rio esta passando por sérios problemas de ordem ambiental, onde o rio assume feições de desequilíbrio, em qual o canal fluvial tem significativas mudanças em sua morfologia.

Existem diferentes formatos de ocupação do território que geram impactos variados no meio ambiente. Essas diferentes ocupações podem ser de ordem rural ou urbana, que podem gerar múltiplas paisagens. Dentre as várias facetas de ocupação, a urbanização se constitui na forma a qual a paisagem sofre sua maior alteração, não apenas visualmente, mas em complexos aspectos, como na sua funcionalidade, na interação sociedade/natureza e na degradação ambiental.

A falta de planejamento ambiental adequado faz com que na expansão urbana, seja ela significativa ou não, ocorram mudanças intensas na morfologia dos canais fluviais. Segundo Cortes (2004) as intensidades das alterações da morfologia do canal e das formas dependem do poder erosivo do próprio rio, conferido pelo seu poder energético.

Christofolletti (1980) cita a existência de um equilíbrio fluvial, proposto inicialmente no século XVII, com base nas conclusões de Guglielmi a qual um rio modificará o seu canal erodindo ou depositando, buscando alcançar um equilíbrio entre a energia e a resistência. Segundo o autor, Grove K. Gilbert, em 1887, foi o primeiro a empregar o termo de rio equilibrado (*graded stream*). Morisawa (1968) apud Christofolletti (1980) cita ser um rio equilibrado, aquele que atingiu a condição de estabilidade, de modo que durante um período temporal qualquer, entradas de carga no sistema são compensadas pelas que saem, sendo um sistema auto-regulador, onde qualquer alteração nos fatores controlantes (declividade, forma do perfil transversal, rugosidade e padrão do canal) provoca um estado de desequilíbrio.

Não se pode esquecer as mudanças hidrológicas e sedimentológicas decorrentes da urbanização, como a impermeabilização do solo, a diminuição de infiltração e o aumento do escoamento superficial (KANG; MARSTON, 2006).

3.1 Alterações fluviais na morfologia de canais

Alterações em canais podem acarretar diversos problemas. Botelho; Silva (2004) mostram que a degradação, principalmente, em encostas gera imensas consequências para os rios, onde o maior volume de sedimentos produz assoreamento nos canais fluviais, contribuindo para a redução da vida útil dos reservatórios, exigindo custos altos na sua manutenção. Os autores ainda citam que durante o período de estiagem com a redução do volume de água nos córregos, podem surgir conflitos pelo uso da água. Para Chin (2006) apud Binda et al (2008) o aumento da competência de transporte promovido pelos grandes picos de descarga em áreas urbanas, promove processos de remoção seletiva da carga de leito dos canais, que passam a ser composta por material grosseiro.

Em estudo realizado na cidade do Rio de Janeiro, Assunção et al (2006) afirmam que no rio Portinho/Lavras, em uma área predominantemente urbana, verifica-se que a ocupação humana vem provocando a erosão como processo dominante no desequilíbrio fluvial. Outro estudo que também prevaleceu os processos erosivos foi o estudo realizado no córrego do Cedro em Presidente Prudente por Araujo; Rocha (2008). Outro estudo realizado no sudoeste da Nigéria na região urbana de Ado-Ekiti, Ebisemiju (1989) apud Assunção et al (2006) afirma que os processos erosivos predominaram em relação aos processos deposicionais.

Os estudos que envolvem períodos temporais de menos de um ano (ASSUNÇÃO et al, 2006; ARAUJO; ROCHA, 2008) mostram que em curtos períodos predominam os processos erosivos. Entretanto, em um período mais longo, Ebisemiju (1989 apud ASSUNÇÃO et al) evidenciou que predominam os processos deposicionais. Estas diferenças são ocasionadas pelo regime pluvial que ocorre em cada bacia hidrográfica estudada e a quantidade de solo que é carregado para o canal.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho está dividido em duas partes; a primeira consiste em levantamento e comparação de seções transversais instaladas em canais que drenam a área urbana de Marechal

Cândido Rondon; a segunda parte é a confecção de mapas de uso da terra dos pontos em estudo e a correlação das mudanças nas seções transversais com os mapas de uso da terra.

Sobre as medições de seções transversais, essas foram realizadas em onze pontos de monitoramento permanente, abrangendo os córregos Bonito (Bon2), Peróba (Per1) e Guavirá (Gua1, Gua2, Gua3, Gua4, Gua5) na bacia hidrográfica do arroio Guaçu e os córregos Apepú (Ape 1), Borboleta (Bor 1), Guará (Guar1) e Matilde Cuê (Mat 1) na bacia hidrográfica do arroio Fundo. A área de abrangência de estudo está localizada dentro da bacia do Paraná III. Estas estações permanentes foram instaladas em 1999 e as primeiras medições foram realizadas por acadêmicos do curso de Geografia. Novas medições foram realizadas em 2008, uma medição em cada ponto. Pode-se observar na figura 2 que com exceção do córrego Peróba, as cabeceiras de todos os córregos drenam a área urbana de Marechal Cândido Rondon.

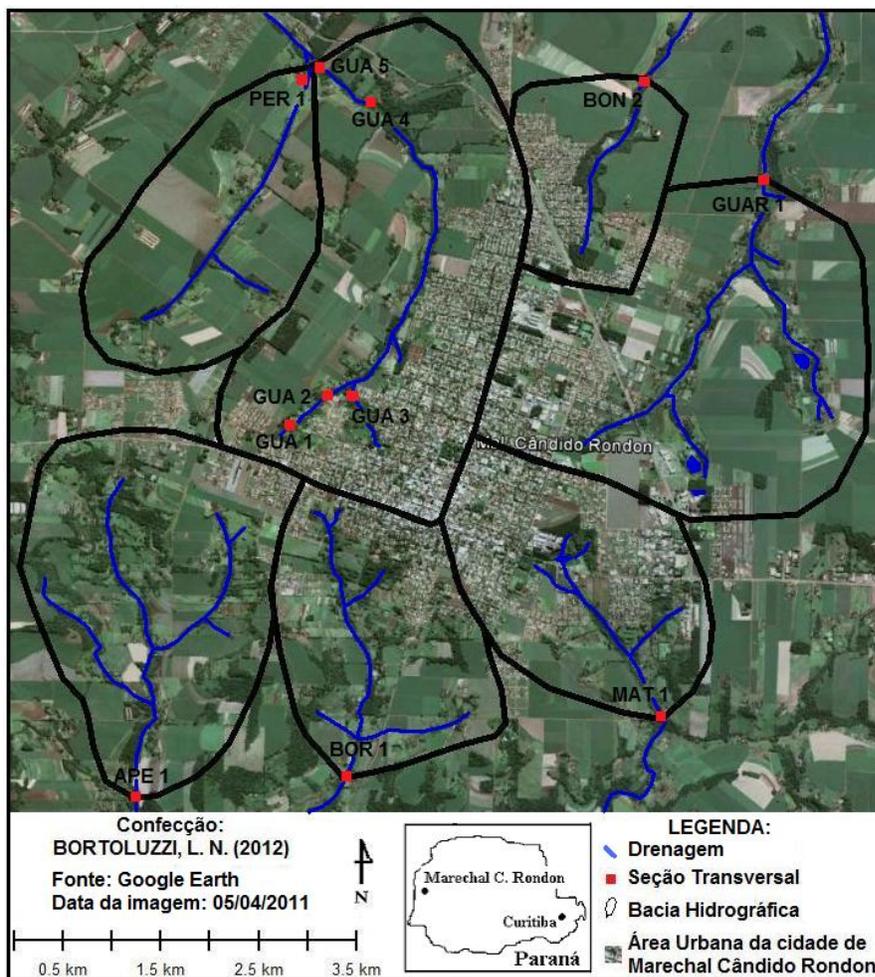


FIGURA 2 – Localização das seções transversais e sub-bacias/bacias hidrográficas em estudo no município de Marechal Cândido Rondon – PR.

As seções transversais (Figura 3) são igualmente instrumentadas com estacas de madeira (Figura 4) referenciadas e niveladas com nível de bolha e cimentadas em ambas as margens (comprimento = 1,0 m). As estacas têm como função fixar um cabo de aço esticado com o auxílio de uma catraca (também denominada borboleta), ou ainda a fixação de uma corda com marcações a cada 10 centímetros. O cabo de aço tem função de servir como campo referencial na medição da profundidade do canal ao longo da seção (FERNANDEZ et al, 2001).



**FIGURA 3 - Medição de seção transversal na seção Mat1 (Matilde Cuê) em Marechal Cândido Rondon – PR (Foto: Oscar Vicente Quinonez Fernandez, janeiro, 2008).
FONTE: (BORTOLUZZI, 2009)**



FIGURA 4 - Estaca de madeira referenciada, nivelada e cimentada na margem direita do Córrego Peróba, Per1 (Foto: Oscar Vicente Quinonez Fernandez, fevereiro, 2008).

Ao utilizar esta metodologia deve-se ter cuidado na escolha do nível de margens plenas, adotando uma metodologia que satisfaz o interesse do pesquisador (FERNANDEZ et al, 2001). Para Wolman; Leopold (1957) o nível de margens plenas corresponde a um plano horizontal no qual a descarga líquida preenche na medida justa o canal fluvial antes de extravasar em direção à planície de inundação ativa. Conforme Fernandez (2003), esta planície é definida como uma superfície plana adjacente ao canal fluvial, modelada pela ação erosiva ou deposicional do fluxo das cheias e inundada pelo menos uma vez a cada dois anos. O nível de margens plenas demarca o limite entre os processos fluviais que moldam o canal e os que constroem a planície de inundação.

Com dados recolhidos nas medições, utilizam-se três parâmetros estatísticos, com base em Olson-rutz; Marlow (1992), são eles:

Índice de Forma do Canal (F):

$$F = Wmp / Dmp$$

Onde, Wmp é a largura do canal em nível de margem plena e Dmp a profundidade média do canal. Os canais com altos valores de F são rasos e largos e aqueles com baixo valor são estreitos e profundos (FERNANDEZ et al, 2001). Existe ainda a equação ($\Delta A = F_{post} - F_{ant}$) que fornece a tendência erosiva ou deposicional do rio na seção transversal.

Índice de Variação Residual da Área na Seção Transversal ($\Delta A\%$).

$$\Delta A\% = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_{i,ant} - Y_{i,post})}{\sum_{i=1}^n Y_{i,ant}} \times 100$$

Onde Y_i é a profundidade do canal medida no i -ésimo ponto ao longo da seção, n é o total de leituras de profundidade. Y_{iant} e Y_{ipost} representam os levantamentos anterior e posterior. Os valores negativos de $\Delta A\%$ indicam predominância de erosão e valores positivos deposição (OLSON-RUTZ; MARLOW, 1992).

Índice de Variação Total da Área na Seção Transversal ($|\Delta A\%|$).

$$\Delta A\% = \frac{\sum_{i=1}^n |Y_{i,ant} - Y_{i,post}|}{\sum_{i=1}^n Y_{i,ant}} \times 100$$

Este parâmetro indica a porcentagem da área da seção afetada pela erosão e deposição ($|\Delta A\%| = \text{deposição} + \text{erosão}$) (OLSON-RUTZ; MARLOW, 1992).

Para discriminar a porcentagem da área afetada pela erosão ou deposição, se deve efetuar o seguinte cálculo.

$$ED = |\Delta A\%| - \Delta A\%$$

Onde ED é a somatória das áreas afetadas pela erosão e deposição, excluído o valor residual ($\Delta A\%$). Efetuando ED/2 obtém-se a área parcial da seção submetida à erosão e deposição (OLSON-RUTZ; MARLOW, 1992).

A segunda parte consiste em mapear o uso do solo nas bacias hidrográficas à montante das seções transversais dos canais em estudo, identificando áreas urbanas consolidadas, urbanas em expansão, parques, reservas legais, matas ciliares e áreas agrícolas nas bacias de drenagem dos pontos de monitoramento da seção transversal, através do software (Global Mapper). Por último, feito a correlação dos dados de seção transversal e dos mapas de uso do solo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram elaborados mapas de uso da terra (Figuras 5 e 6), referentes aos onze pontos de monitoramento. Nos mapas foram discriminados os diversos tipos de uso da terra, como áreas urbanas consolidadas e em expansão, áreas agrícolas, parques, matas ciliares e reserva legal, obtendo a porcentagem de cada tipo de área em cada bacia ou sub-bacia através do programa Global Mapper (versão 10.01). Além disso, foram também confeccionados perfis transversais das seções referentes ao primeiro (1999/2000) e ao último levantamento (2008) (Figuras 7).

Considerando a análise dos canais foram constatadas quatro sub-bacias hidrográficas, sendo elas representadas pelos pontos Bon2, Gua1, Gua2 e Gua3, os demais pontos, Gua4, Gua5, Ape1, Bor1, Mat1, Per1 e Guar1 estão situados dentro de bacias hidrográficas em uma ordem hierárquica, possuindo também canais de segunda ordem ou até terceira ordem, no caso do córrego Borboleta (ponto Bor-1).

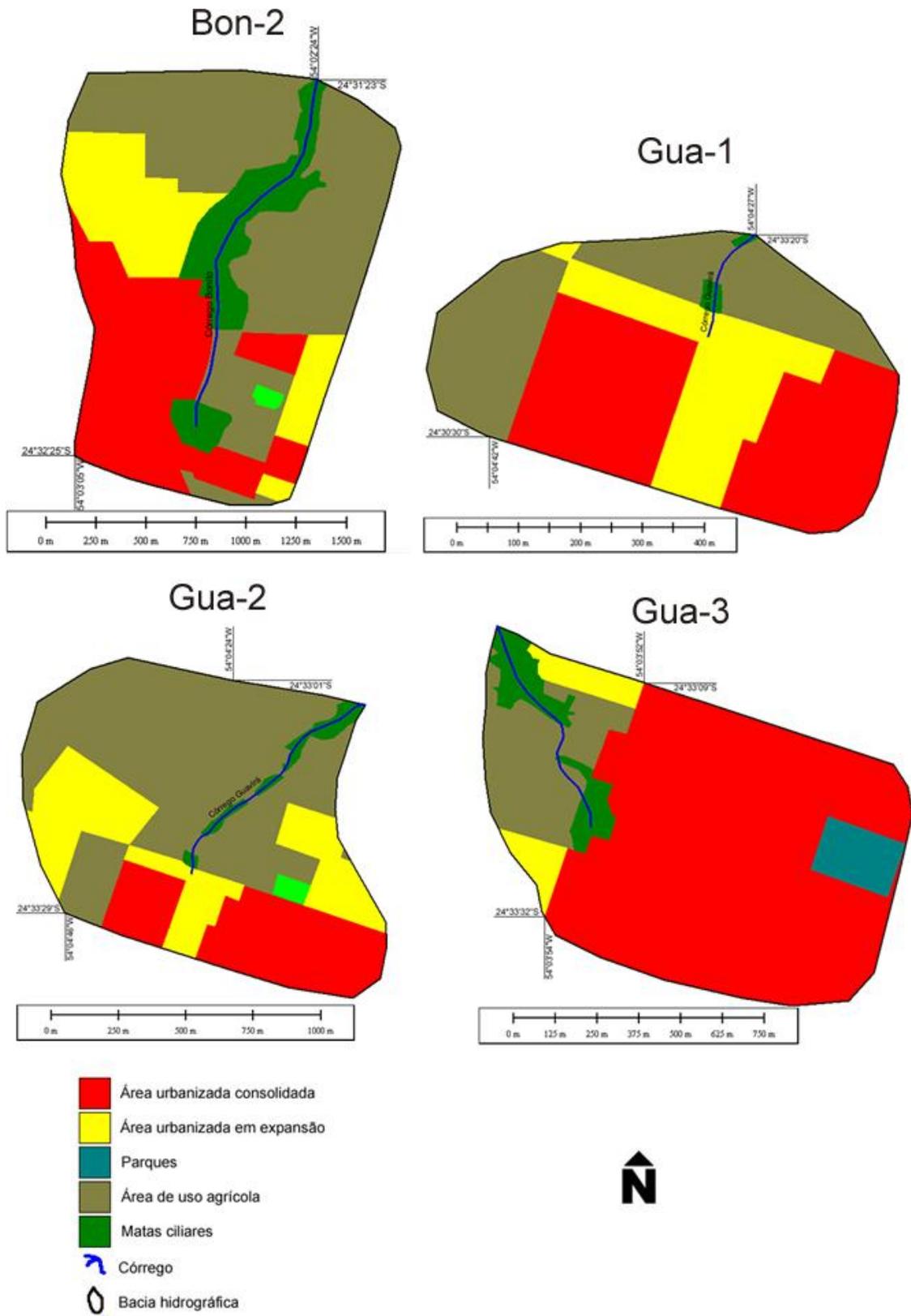


FIGURA 5 –Mapas de uso da terra das sub-bacias hidrográficas dos pontos Bon-2, Gua-1, Gua-2 e Gua-3 (Elaboração: Leandro Neri Bortoluzzi, 2009).

FONTE: (BORTOLUZZI, 2009)

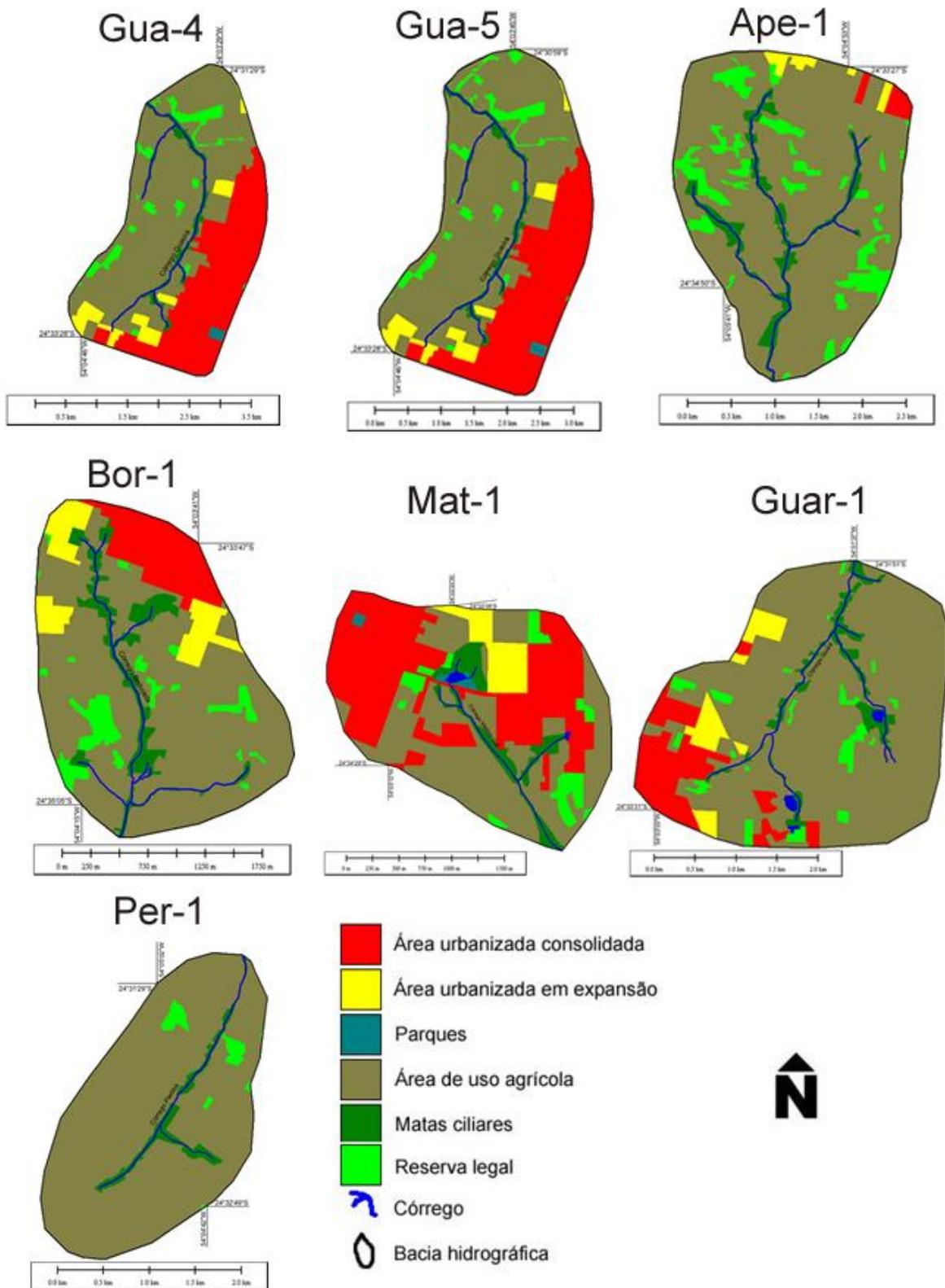


FIGURA 6 –Mapas de uso da terra das bacias hidrográficas dos pontos Gua-4, Gua-5, Ape-1, Bor-1, Mat-1, Guar-1 e Per-1 (Elaboração: Leandro Neri Bortoluzzi, 2009).

FONTE: (BORTOLUZZI, 2009)

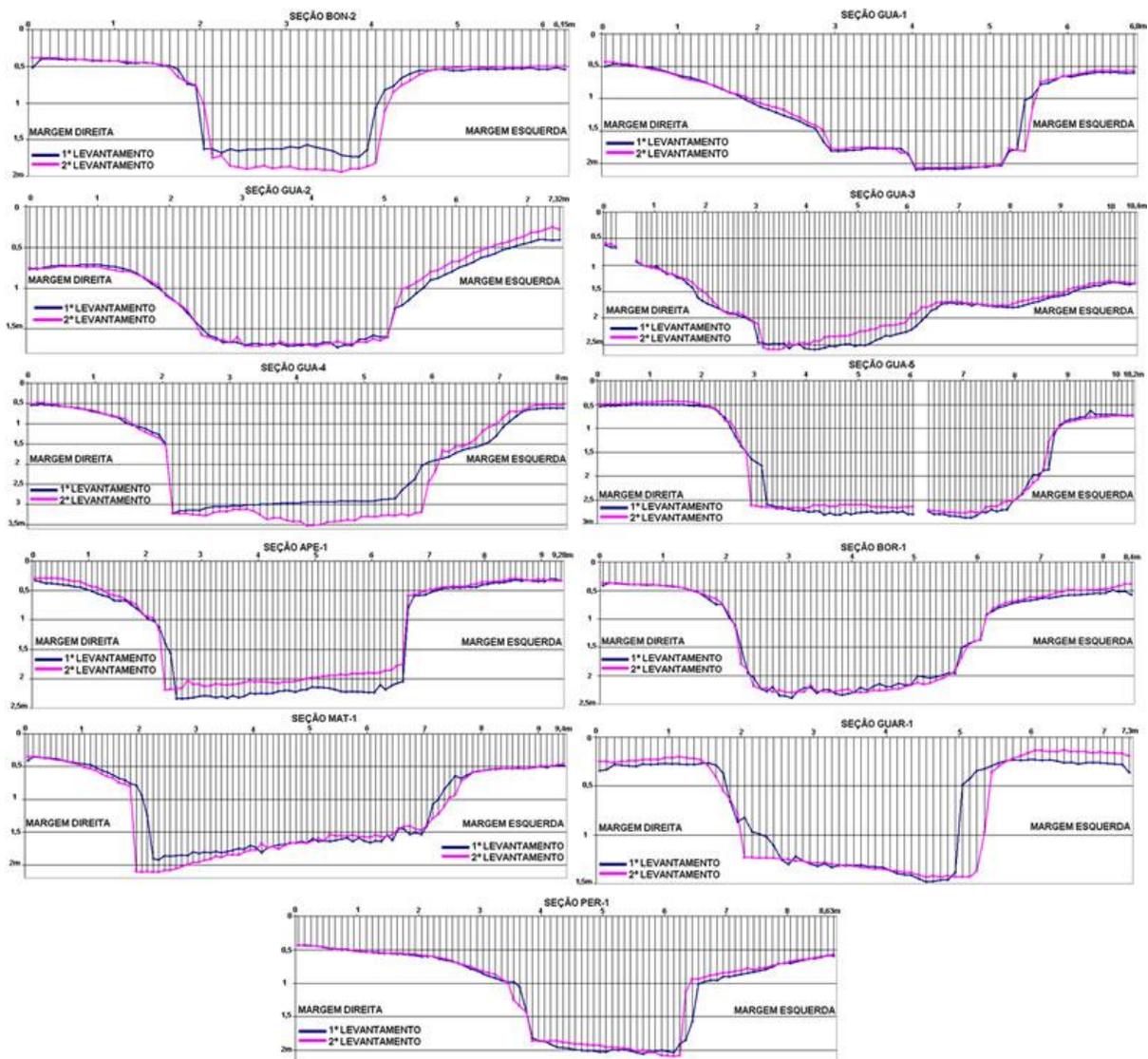


FIGURA 7 – Seções transversais dos pontos em estudo, sub-bacias hidrográficas Bon-2, Gua-1, Gua-2 e Gua-3 e bacias hidrográficas Gua-4, Gua-5, Ape-1, Bor-1, Mat-1, Per-1 e Guar-1.
 FONTE: (BORTOLUZZI, 2009)

Na tabela 2 são mostrados os processos predominantes a partir da interpretação das equações de Olson-rutz; Marlow (1992). Sobre os valores de F (índice de forma do canal). O canal mais estreito e profundo é o córrego Guavirá, com valores entre 3,816 e 6,841, outros canais são mais rasos e largos, córrego Bonito (6,406), Borboleta (6,666), Matilde-Cuê (7,705), Apepú (7,931), Peróba (8,141) e Guará (9,864). Sobre a diferença apresentada entre os levantamentos, a variação mais negativa de F foi de, -0,504 no ponto (Bon2) e a maior variação positiva é de 0,681 no ponto Ape1.

TABELA 02 - Análise dos Dados de Erosão e Deposição nos Pontos em Estudo.

		DATA	F (W/D)	$\Delta A\%$	$ \Delta A\% $	Processo dominante
Matilde Cuê (Mat1)	1º levantamento	28/11/2000	8,173	-5,918	7,985	Erosão
	2º levantamento	30/01/2008	7,705			
	<i>Diferença</i>		<i>-0,469</i>			
Borboleta (Bor1)	1º levantamento	05/12/2000	6,614	0,483	4,269	Deposição
	2º levantamento	30/01/2008	6,666			
	<i>Diferença</i>		<i>0,052</i>			
Apepú (Ape1)	1º levantamento	19/04/2001	7,250	8,353	11,884	Deposição
	2º levantamento	22/08/2008	7,931			
	<i>Diferença</i>		<i>0,681</i>			
Guará (Gua1)	1º levantamento	23/11/2000	10,354	-4,866	15,738	Erosão
	2º levantamento	30/01/2008	9,864			
	<i>diferença</i>		<i>-0,489</i>			
Bonito (Bon2)	1º levantamento	17/11/2000	6,910	-8,214	12,102	Erosão
	2º levantamento	30/01/2008	6,406			
	<i>diferença</i>		<i>-0,504</i>			
Peróba (Per1)	1º levantamento	08/12/2000	7,917	2,537	4,905	Deposição
	2º levantamento	21/02/2008	8,141			
	<i>diferença</i>		<i>0,224</i>			
Guavirá (Gua1)	1º levantamento	22/05/2000	5,578	0,701	3,651	Deposição
	2º levantamento	14/03/2008	5,619			
	<i>diferença</i>		<i>0,041</i>			
Guavirá (Gua2)	1º levantamento	20/02/2001	6,654	2,578	4,812	Deposição
	2º levantamento	17/07/2008	6,841			
	<i>diferença</i>		<i>0,186</i>			
Guavirá (Gua3)	1º levantamento	23/11/1999	5,909	4,104	4,981	Deposição
	2º levantamento	17/07/2008	6,153			
	<i>diferença</i>		<i>0,244</i>			
Guavirá (Gua4)	1º levantamento	15/05/2000	4,114	-7,700	11,098	Erosão
	2º levantamento	10/09/2008	3,816			
	<i>diferença</i>		<i>-0,298</i>			
Guavirá (Gua5)	1º levantamento	20/11/2000	5,930	1,513	6,070	Deposição
	2º levantamento	21/02/2008	6,035			
	<i>diferença</i>		<i>0,105</i>			

FONTE: (BORTOLUZZI, 2009)

Dos onze pontos levantados, o ponto Per1 não sofre influência da urbanização. Neste ponto ocorreu predominância da deposição de sedimentos sobre a remoção de sedimentos na seção transversal, no ponto Per1 não existem grandes processos erosivos, entretanto devido a exposição de grande parte do solo principalmente na fase embrionária das plantas cultivadas, ocorre a erosão laminar da camada superficial do solo, depositando-se no córrego Peróba.

Nos pontos que abarcam áreas urbanizadas predominaram processos deposicionais em seis pontos (Ape1, Bor1, Gua1, Gua2, Gua3 e Gua5), devido principalmente pela bacia

hidrográfica não ser totalmente urbanizada, havendo em muitos casos solo exposto, solos esses erodidos e transportados (figura 8), facilitando o processo de deposição. Ocorreu erosão no leito em quatro pontos (Mat1, Guar1, Bon2 e Gua4). Sobre este resultado, é necessário considerar que abarca uma escala temporal entre sete a nove anos, dependendo da seção transversal estudada. Estas análises permitem verificar a eficácia da metodologia proposta por Olson-Rutz; Marlow (1992) no que tange ao levantamento e comparação de seções transversais de canais fluviais, onde, neste estudo a urbanização está influenciando principalmente no aporte de sobrecarga de sedimentos, não sendo aplicado como uma regra geral.

Todos os canais em estudo apresentam mata ciliar, porém sem obedecer totalmente o Código Florestal. Em relação aos canais que cortam a área urbana de Marechal Cândido Rondon, encontram-se às margens dos mesmos, moradias com padrão social baixo, médio e alto. Este fato nos mostra a irresponsabilidade das autoridades municipais em permitir que loteamentos urbanos sejam habilitados praticamente nas margens dos canais, onde não existe vegetação para contenção de depósito de sedimentos nos córregos (mata ciliar).

Quantificando o uso da terra das sub-bacias ou bacias hidrográficas analisadas em estudo, o uso da terra para fins de pastagens e cultivo é predominante, como demonstra a figura 9. As áreas de vegetação natural não ultrapassam mais que 18,02% em nenhum ponto, ficando a maioria abaixo dos 10%. Dos onze pontos, apenas um não apresenta nenhuma área urbanizada (Ponto Per 1). Os outros pontos apresentam área de urbanização que varia entre 3,07% a aproximadamente 77%. Dois pontos, Gua1 e Gua3 apresentam áreas de urbanização superior a 50%, outro ponto que predomina a urbanização é o Mat1. Sobre a utilização do solo para fins agrícolas como o cultivo temporário e pastagens, percebe-se que esta é ainda a utilização mais presente à montante dos pontos, onde sete dos onze pontos possuem mais de 50% de sua área destinada ao cultivo temporário ou pastagens.

Em relação às áreas preservadas (matas ciliares e parques), são praticamente inexistentes e não ultrapassa os 20% em nenhum dos onze casos. Em sete casos ficam abaixo de 10%. Demonstrando como foi intenso o processo ocupação e desmatamento, existindo poucas áreas de reserva legal, muitas áreas sem mata ciliar no contorno dos rios, ou ainda mata ciliar sem as larguras determinadas por lei e quase nula a existência de áreas verdes no núcleo urbano como os parques.

Nos pontos situados no córrego Guavirá (Gua1, Gua2, Gua3, Gua4 e Gua5), a porcentagem total de mudança do leito fluvial aumenta gradativamente exceto no último ponto (Gua5). Aumenta também gradativamente a porcentagem de mudança do processo dominante em cada ponto. A deposição que ocorreu nos pontos Gua2 e Bor1 se dá principalmente devido ao desmoronamento de material do leito maior para o leito menor.



FIGURA 8 – Processo erosivo em uma área de expansão urbana de Marechal Cândido Rondon, bacia hidrográfica do Guavirá (Foto: Anderson Sandro da Rocha, 2008)

FONTE: (ROCHA et al, 2010)

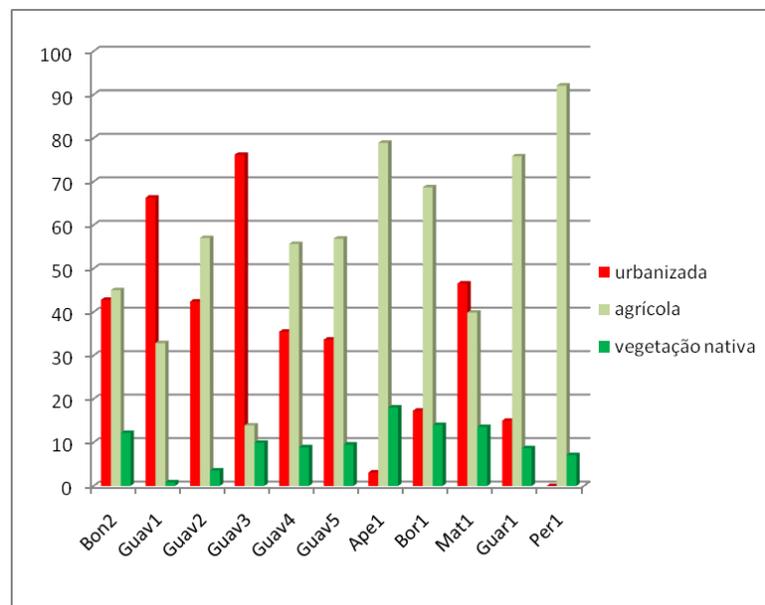


FIGURA 9 - Porcentagem de áreas urbanizadas, agrícolas e de vegetação á montante dos onze pontos em estudo.

FONTE: (BORTOLUZZI, 2009)

Analisando a pluviosidade na área de estudo durante o recorte temporal de 1999 até 2008 (dados estes mensurados em uma unidade da cooperativa Copagril), em dois anos ocorreram chuvas pouco acima da média anual, em 2000 e 2003, nos anos de 1999 e 2006 ocorreu o processo inverso, chuvas pouco abaixo do esperado. Com frequência acontecem eventos chuvosos que elevam o nível das águas nos canais acima da planície de inundação, grande contribuição das cheias é devido à impermeabilidade do solo, esse fator contribui para a erosão ou deposição de material no canal.

Levando em conta que a cidade de Marechal Cândido Rondon está em processo de expansão de sua área urbana em todas sub-bacias e bacias hidrográficas a qual ela se localiza, ainda ocorrem muitos lotes sem moradias, e por consequência sem nenhuma cobertura vegetal, esses lotes urbanos contribuem massivamente para o fornecimento de material sedimentar para posterior deposição em canais fluviais nos eventos chuvosos, principalmente em localidades onde já se evidenciam problemas erosivos de grande porte.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho mostrou a variação morfológica que ocorreu nos canais fluviais que drenam a área urbana de Marechal Cândido Rondon durante o período de 1999 até 2008. Os dados sistematizados contribuíram para o entendimento da variação morfológica dos canais na variação temporal estipulada.

Os resultados indicam que nos córregos em estudo as mudanças morfológicas, processo este normal, são intensificado pelos usos da terra das áreas em estudo, predominando o assoreamento dos canais em uma área onde o solo possui alta concentração de argila e é menos susceptível a erosão em relação a solos arenosos. A variação existente na morfologia não chega a ser intensa, mas começa a ser preocupante levando em conta que a cidade de Marechal Cândido Rondon está em expansão e esse processo tem tendência a agravar-se principalmente caso aumente a precipitação nos próximos anos.

Atividades como desmatamento, construções de moradias e pavimentação que intensificam a impermeabilização do solo, atividades destrutivas que ocasionam processos erosivos, dentre outros, influenciam intensificando a variação morfológica dos canais estudados.

Ressalta-se deste modo a importância do monitoramento constante dos córregos, para compreender melhor a dinâmica fluvial, os problemas ambientais e assim correlacionar os dados para que seja possível a elaboração de propostas de minimização dos impactos ambientais e sociais que por ventura podem vir a acontecer.

7 REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, E. H.; AMORIM, A. de J. Análise morfométrica de uma Bacia hidrográfica costeira: um estudo de caso. **Revista on-line Caminhos de Geografia**. v.14, n.6. p.70-77. 2005.

ARAUJO, A. P. de; ROCHA, P. C. 2008. Magnitudes e Identificação de Processos de Erosão de Margens no Córrego do Cedro em Presidente Prudente/SP. In: VII Simpósio Nacional de Geomorfologia. **Anais...** Belo Horizonte. CD-ROM.

ASSUNÇÃO, J. C. R. et alli. 2006. Variação temporal da morfologia do canal do rio Portinho/Lavras – cidade do Rio de Janeiro. In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia. **Anais...** Goiânia. CD-ROM.

BINDA, A. L. et al. 2008. A geometria do canal fluvial em trechos rurais e urbanos no córrego Lonqueador, Francisco Beltrão, Sudoeste do Paraná. In: VII Simpósio Nacional de Geomorfologia. **Anais...** Belo Horizonte. CD-ROM.

BORTOLUZZI, L. N. **Efeitos da urbanização sobre os canais fluviais de Marechal Cândido Rondon – PR**. 2009. Monografia. (Graduação em Geografia). Colegiado do Curso de Geografia. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon-PR.

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

BRASIL. Lei 4.771, de 15 de Setembro de 1965. Dispõe sobre o Código Florestal Brasileiro. Disponível em: <<http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaTextoIntegral.action?id=75545>>. Acesso em: 02/06/2007.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo. Edgard Blücher. 1980.

CORTES, R. M. V. 2004. Requalificação de cursos de água. Documento preliminar. <http://www1.ci.uc.pt/floresta/Requalific_cursos_agua.pdf>. Acesso em 20/01/2008.

CUNHA, J. E. da. Et al. Distribuição espacial dos solos no trecho superior do Córrego Guavirá Marechal Cândido Rondon – PR. *In: XV Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água*, 2004, Santa Maria – RS. Anais da XV Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 2004.

IAPAR - Fundação Instituto Agrônômico do Paraná. **Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná**, Curitiba, 1994. 49p.

FERNANDEZ, O. V. Q. Determinação do nível e da descarga de margem plena em cursos fluviais. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 21, n.1, p. 97-109, 2003.

FERNANDEZ, O. V. Q.; REBELATTO, G. E.; SANDER, C. Análise Quantitativa de Seções Transversais em Pequenos Canais Fluviais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Uberlândia – Minas Gerais, v.2, n.1, p.85-92, set. 2001.

FERRARI, W. J. **A especulação imobiliária na urbanização de Marechal Cândido Rondon**. 2006. Monografia. (Graduação em Geografia) – Colegiado do curso de Geografia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon-Pr.

KANG, R.S.; MARSTON, R.A. Geomorphic effects of rural-to-urban land use conversion on three streams in the Central Redbed Plains of Oklahoma. **Geomorphology**, 79: p.488-506. 2006.

MACCARI, N. S. K. **Migração e memória**: Um estudo sobre depoimentos de pioneiros da região oeste do Paraná. 1994. Monografia. (Graduação em História) – Colegiado do curso de História, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon-PR.

MINEROPAR - Minerais do Paraná. **Atlas geomorfológico do Estado do Paraná**, Curitiba, 2006. 63p.

MONTIBELLER FILHO, G. **O mito do desenvolvimento sustentável**: meio ambiente e custos sociais no moderno sistema produtor de mercadorias. 2. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2004.

MORESCO, M. D. **Estudos de paisagem no município de Marechal Cândido Rondon-PR**. 141p. 2007. Dissertação de Mestrado em Geografia – DGE/PGE/UEM. Maringá-PR.

NARDY, A. J. R. et al. Geologia e estratigrafia da Formação Serra Geral. **Geociências**, São Paulo, v.21, n.1/2, p.15-32, 2002.

OLSON-RUTZ, K.L.; MARLOW, C.B. Analysis and interpretation of stream channel cross-sectional data. **North American Journal of Fisheries Management**, 12: p.55-61. 1992.

PFLUCK, L. D. **Mapeamento geo-ambiental e planejamento urbano**: (Marechal Cândido Rondon 1950-1997). 1. ed. Cascavel, Edunioeste, 2002.

PFLUCK, L. D. **Riscos Ambientais: enxurradas e desabamentos na cidade de Marechal Cândido Rondon-Pr, 1980 a 2007.** 239p. 2009. Tese de Doutorado em Geografia – PPG/CFCH/UFSC. Florianópolis-SC.

ROCHA, A. S. da. et al. Alterações ambientais nas proximidades da nascente do córrego Guavirá, Marechal Cândido Rondon (PR). *In: XVI Encontro Nacional de Geógrafos*, 2010, Porto Alegre – RS. Anais do XVI Encontro Nacional de Geógrafos, 2010.

RUPOLO, E. L.; CUNHA, J. E. da; FERNANDEZ, O. V. Q.; A ocupação dos solos e suas conseqüências na área urbanizada de Marechal Cândido Rondon – PR. **Revista Perspectiva Geográfica.** Cascavel – Paraná, v.3, n.3, p.139-152, 2007.

SAATKAMP, V. **Desafios, Lutas e Conquistas: História de Marechal Cândido Rondon.** Cascavel: ASSOESTE, 1985.

TUCCI. C. E. M. Coeficiente de Escoamento e Vazão Máxima de Bacias Urbanas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos.** v.5, n.1, p.61-68. 2000.

_____ Plano Diretor de Drenagem Urbana: princípios e concepção. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos.** v.2, n.2, p.5-12. 1997.

VIEIRA, V. F. Estimativa de perdas de solo por erosão hídrica em uma sub-bacia hidrográfica. **Geografia.** Londrina – Paraná. v.17, n.1, p.73-81. 2008.

WOLMAN, M. G.; LEOPOLD, L. B. River floodplains some observations on their formation. **Professional Paper.** United States Geological Survey, Washigton, 282-C. 1957.

YOKOO, E. N. **Terra de negócio** – estudo da colonização no oeste paranaense. 176 p. 2002. Dissertação de Mestrado em Geografia – DGE/PGE/UEM. Maringá-PR.