

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA  
MESTRADO EM GEOGRAFIA

BRUNO TIAGO CONTESSOTTO RIGON

**AVALIAÇÃO TÊMPORO-ESPACIAL DO PROCESSO EROSIVO MARGINAL  
DOS CÓRREGOS MANDACARÚ E DA ROMEIRA – MARINGÁ-PR**

MARINGÁ - PR  
2010

BRUNO TIAGO CONTESSOTTO RIGON

**AVALIAÇÃO TÊMPORO-ESPACIAL DO PROCESSO EROSIVO MARGINAL  
DOS CÓRREGOS MANDACARÚ E DA ROMEIRA – MARINGÁ-PR**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia, área de concentração Análise Ambiental, Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes da Universidade Estadual de Maringá, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Edvard Elias de Souza Filho

MARINGÁ - PR  
2010

**“AVALIAÇÃO TÊMPORO-ESPACIAL DO PROCESSO EROSIVO MARGINAL  
DOS CÓRREGOS MANDACARÚ E DA ROMEIRA – MARINGÁ-PR”.**

Dissertação de Mestrado apresentada a Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Geografia, área de concentração: Análise Regional e Ambiental.

Aprovada em **31 de maio de 2010.**

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Edvard Elias de Souza Filho  
Orientador - UEM  
Universidade Estadual de Maringá



Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Célia Regina Granhen Tavares  
Membro convidado  
Universidade Estadual de Maringá



Prof. Dr. Oscar Vicente Quinonez Fernandes  
(membro convidado)  
UNIOESTE – Marechal Cândido Rondon

## AGRADECIMENTOS

A Deus pela força e porto seguro de seguir em frente;

A minha família que sempre demonstrou apoio nas minhas decisões, tendo como apoio de meu Pai, amigo e geógrafo, caminho de minha mãe, batalhadora e surpreendentemente forte e meus irmãos, Pedro, João, Maria e a mais nova, Ana, que sempre proporcionaram momentos felizes. A grande família Contessotto e Rigon pela carinho e força ao longa da vida;

Ao prof. Dr. Edvard Elias de Souza Filho pela gentileza de me acolher como orientando, nestes quatro anos de trabalho, graduação e mestrado, agradeço ao conhecimento adquirido e as vitórias conquistadas;

A minha namorada Fabiana do Carmo Pagnan, que com amor, incentivo e paciência está comigo em mais um ciclo;

Ao CNPQ pela concessão de bolsa balcão de mestrado ao prof. Dr. Edvard Elias de Souza Filho

Aos muitos colegas do GEMA que ao longo da graduação e mestrado proporcionaram diversos momentos felizes e troca de conhecimento;

Aos muitos colegas do Observatório das Metrôpoles pelo incentivo ao trabalho multidisciplinar e geoprocessamento aplicado a diversas áreas do conhecimento;

A colega de campo Roselene Schneider, pela enorme ajuda nas campanhas de campo de toda a fase do trabalho, correções e incentivo;

Aos grandes amigos Eduardo Moraes e Danilo Serrano;

Aos professores do DGE e PGE que direta e indiretamente fazem parte deste momento;

A professora Dr<sup>a</sup> Célia Regina Tavares por acreditar na proposta do trabalho e de me receber de braços abertos;

A todos e todos, os meus agradecimentos.

*Dedico aos meus pais,  
Osmar e  
Jacira.  
Pela oportunidade  
ao conhecimento.*

*Sabedoria do Mundo*

*Não fiques em terreno plano.  
Não subas muito alto.  
O mais belo olhar sobre o  
mundo  
Está a meia altura.*

*Friedrich Nietzsche*

## RESUMO

A dinâmica da paisagem é alterada conforme ações promovidas por meios externos, acelerando e modificando o padrão natural. Estas mudanças são observadas em um mesmo complexo morfológico, na qual o uso e ocupação do solo interferem acelerando o processo de desgaste natural. As bacias hidrográficas dos córregos Mandacarú e da Romeira apresentam diferentes ocupação no solo, sendo uma urbana e outra rural. Para este trabalho, a quantificação da erosão marginal para ambas as bacias a partir do método dos pinos demonstra como a ocupação do solo é uma importante variável nas perdas das margens de bacias de pequena ordem. A vazão líquida dos córregos, concentração, descarga sólida suspensa, turbidez e erosão marginal foram mensuradas neste trabalho. Os resultados obtidos junto a análise integrada dos dados mensurados corroborou com a hipótese de que a área com influência urbana ocorre os maiores índices de erosão marginal, vinculado com as elevadas vazões, sendo que mesmo os menores valores registrados no córrego Mandacarú são maiores que os apresentados no córrego da Romeira. Assim, se conclui que a urbanização sem planejamento, principalmente em bacias hidrográficas de pequena ordem, somada a eventos pluviais, aceleram o processo de erosão das margem acarretando diversas modificações ao longo do canal.

Palavra-chave: Erosão marginal, Vazão líquida, Transporte de sedimento e córrego Mandacarú e da Romeira

## ABSTRACT

The dynamics of the landscape is changed as actions promoted by external means, accelerating and modifying certain standard natural. These changes are observed in the same morphological complex where the use and the occupation of the soil interfere accelerating the process of natural erosion. The basins of the stream Mandacarú and Romeira have different occupation of the ground being an urban and other rural. Using the method of the pins, the assessment of the bank erosion for both basins to demonstrate the occupation of the ground is an important variable for the loss of the bank in basins of small orders. The liquid flow the streams, concentration, transport of sediments, turbidity and the bank erosion was verified in this work. The results confirmed the hypothesis that the urban area with influence registered the largest values of the bank erosion. The lowest values registered in stream Mandacarú are more than stream Romeira. The urbanization without planning, mainly in basins of small order, added the rains, accelerates the process of the bank erosion making a lot of changes in the bed.

Key-words: Erosion bank, Liquid flow, Transport of sediments, Stream Mandacarú and Romeira

## LISTA DE FIGURA

Figura 1. Localização das bacias hidrográficas em estudo.....	15
Figura 2. Crescimento populacional de Maringá.....	17
Figura 3. Carta imagem do uso do solo das bacias em estudo .....	20
Figura 4. Hipsometria do córrego Mandacarú.....	22
Figura 5. Hipsometria do córrego da Romeira .....	23
Figura 6. Declividade do córrego Mandacarú .....	24
Figura 7. Declividade do córrego da Romeira.....	25
Figura 8. Croqui da distribuição dos pinos na área de amostragem e nas margens dos córregos .....	33
Figura 9. Distribuição espacial dos pontos de amostragem de erosão marginal – córrego Mandacarú. ....	34
Figura 10. Distribuição espacial dos pontos de amostragem de erosão marginal – córrego da Romeira. ....	35
Figura 11. Demonstração de utilização e modelo dos aparelhos. (A) Micro-molinete e (B) Flow Track. ....	36
Figura 12. Localização dos pontos de medida da vazão líquida e coleta dos sedimentos em suspensão. ....	37
Figura 13. Esquema para medida de vazão. ....	39
Figura 14. Amostrador USDH-48 .....	40
Figura 15. Histograma da chuva para o período da pesquisa. ....	44
Figura 16. Distribuição têmporo-quantitativa da chuva no período da pesquisa. ....	45
Figura 17. Gráfico da regressão linear entre a precipitação registrada nas 24 horas anteriores à medida de campo e o valor da vazão no Córrego Mandacarú. ....	47
Figura 18. Variação temporal do valor médio de recuo das margens medido no ponto 1. ...	50
Figura 19. Fotos e croqui da área de amostragem da erosão marginal - Ponto 1. ....	51
Figura 20. Variação temporal do recuo médio da margem medido no Ponto 2. ....	52
Figura 21. Croqui da área de amostragem da erosão marginal- Ponto 2. ....	53
Figura 22. Variação temporal do recuo médio da margem medido no Ponto 3. ....	53
Figura 23. Fotos e croqui da área de amostragem da erosão marginal- Ponto 3. ....	54
Figura 24. Variação temporal do recuo médio da margem medido no Ponto 4. ....	55
Figura 25. Croqui da área de amostragem da erosão marginal- Ponto 4. ....	56
Figura 26. Variação temporal do recuo médio da margem medido no Ponto 5. ....	56

Figura 27. Fotos e croqui da área de amostragem da erosão marginal- Ponto 5.....	57
Figura 28. Variação temporal do recuo médio da margem medido no Ponto 6.....	58
Figura 29. Fotos e croqui da área de amostragem da erosão marginal- Ponto 6.....	60
Figura 30. Variação temporal do recuo médio da margem medido no Ponto 7.....	61
Figura 31. Foto e croqui da área de amostragem da erosão marginal- Ponto 7.....	62
Figura 32. Variação temporal do recuo médio da margem medido no Ponto 8.....	63
Figura 33. Croqui da área de amostragem da erosão marginal- Ponto 8.....	64
Figura 34. Variação temporal do recuo médio da margem medido no Ponto 9.....	65
Figura 35. Croqui da área de amostragem da erosão marginal- Ponto 9.....	66
Figura 37. Croqui do Perfil longitudinal do córrego Mandacarú.....	67
Figura 38. Croqui do Perfil longitudinal do córrego da Romeira.....	68
Figura 39. Gráfico da regressão linear entre a concentração de sedimentos em suspensão e os valores de turbidez obtidos no córrego Mandacarú.....	69
Figura 40. Gráfico da regressão linear entre a vazão e a concentração de sedimentos em suspensão obtidos no córrego Mandacarú.....	70
Figura 41. Gráfico da regressão linear entre a precipitação registrada no dia anterior à coleta e a concentração de sedimentos em suspensão obtidos no córrego Mandacarú.....	71
Figura 42. Gráfico da regressão linear entre a concentração de sedimentos em suspensão e os valores de turbidez obtidos no córrego da Romeira.....	73
Figura 43. Gráfico da regressão linear entre a vazão e a concentração de sedimentos em suspensão obtidos no córrego da Romeira.....	74
Figura 44. Gráfico da regressão linear entre a vazão e a turbidez no córrego Mandacarú... 74	74
Figura 45. Gráfico da regressão linear entre a vazão e a concentração de sedimentos em suspensão obtidos no córrego da Romeira, considerando-se apenas as coletas realizadas em dias com chuva.....	75
Figura 46. Variação temporal do transporte de sedimentos no córrego Mandacarú. (o valor de fevereiro está dividido por 10).....	77
Figura 47. Variação temporal do transporte de sedimentos no córrego da Romeira.....	78
Figura 48. Variação temporal do transporte de sedimentos nos córregos Mandacarú e da Romeira. (o valor de fevereiro do córrego Mandacarú está dividido por 10). .....	79

## LISTA DE TABELA

<b>TABELA 1</b> .....	
Tipos de solos para o município de Maringá.....	18
<b>TABELA 2</b> .....	
Relação de ponto, profundidade e calculo da velocidade para medida de vazão.....	38
<b>TABELA 3</b> .....	
Data das campanhas de campo no córrego Mandacarú, descarga medida na seção e precipitação acumulada no dia da coleta e nos dias anteriores.....	46
<b>TABELA 4</b> .....	
Data das campanhas de campo no córrego da Romeira, descarga medida na seção e precipitação acumulada no dia da coleta e nos dias anteriores.....	48
<b>Tabela 5</b> .....	
Dados de vazão, concentração de sedimentos em suspensão, turbidez e descarga sólida em suspensão obtidos para o córrego Mandacarú. ....	68
<b>Tabela 6</b> .....	
Dados de vazão, concentração de sedimentos em suspensão, turbidez e descarga sólida em suspensão obtidos para o córrego da Romeira.....	72
<b>Tabela 7</b> .....	
Transporte de sedimentos e Produção específica de sedimentos para datas de coleta. ....	76

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1.	Objetivos gerais .....	14
1.2.	Objetivos específicos.....	14
1.3.	Localizações Geográficas .....	14
1.4.	Breve histórico de ocupação .....	16
<b>2.</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>26</b>
2.1.	Ciclo hidrológico .....	26
2.2.	Bacia hidrográfica .....	27
2.3.	Erosão marginal.....	27
2.4.	Transporte de sedimentos .....	30
2.5.	Vazão líquida .....	31
<b>3.</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>31</b>
3.1.	Método dos pinos .....	31
3.2.	Vazão líquida .....	36
3.3.	Vazão sólida .....	39
3.4.	Turbidez .....	42
3.5.	Precipitação.....	42
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>43</b>
4.1.	Precipitação no período da pesquisa.....	43
4.2.	Vazão líquida e precipitação.....	46
4.3.	Dados da erosão marginal.....	49
4.4.	Transporte de sedimentos.....	68
<b>5.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>80</b>
<b>6.</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>81</b>

## 1. INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas do córrego Mandacarú e da Romeira, estão localizadas no município de Maringá, norte do estado do Paraná, e são bacias hidrográficas com diferenças em seus usos de solo, porém, apresentam características físicas e áreas equivalentes.

Essas bacias estão inseridas na bacia do ribeirão Maringá e já foram objeto de estudo nos mais diversos temas, por parte de muitos pesquisadores como BIAZIN (2003), BORSATO & MARTONI (2004), SALA (2005), CUNICO (2006), COELHO (2007), MORAIS (2007), MELLO (2009), SCHNEIDER (2009) entre outros. Estudos estes que demonstram a importância dessas bacias para o município de Maringá.

Algumas lacunas, no entanto, ainda restam para um completo diagnóstico da qualidade das águas das referidas bacias, dentre as quais podem se citar: estudo sobre a quantificação de erosão marginal, determinação de vazão líquida, análise sobre quantidade e transporte de sedimentos.

O método dos Pinos (WOOKE, 1979) é um dos muitos métodos que podem ser utilizados para quantificar as perdas de margem, o resultado obtido por este método representa uma estimativa simples das perdas, no entanto, podem representar satisfatoriamente a condição encontrada na bacia.

Este estudo pretende mostrar a influência urbana na determinação da erosão das margens em córregos de canal de baixa ordem, assim demonstrar quantitativamente a diferença entre dois córregos com diferenças em seus uso e ocupação do solo, afim de contribuir para um futuro planejamento urbano.

### **1.1. Objetivos gerais**

O presente trabalho tem por objetivo quantificar a taxa de erosão marginal, a vazão líquida e a vazão sólida em duas bacias hidrográficas de baixa ordem localizadas na bacia do ribeirão Maringá, onde ocorrem diferentes agentes de interferência local.

### **1.2. Objetivos específicos**

- Quantificar a taxa de erosão das margens dos córregos Mandacarú e da Romeira pelo Método dos Pinos para um período de um ano e três meses;
- Mensurar a vazão líquida dos córregos Mandacarú e da Romeira com a utilização do Micro-molinete e do Flow Track;
- Coletar e analisar os sedimentos em suspensão, com a utilização do Amostrador USDH-48;
- Determinar a descarga sólida em suspensão;
- Mensurar a concentração dos sólidos suspensos e a Turbidez.

### **1.3. Localizações Geográficas**

As duas bacias hidrográficas estão localizadas na porção norte do município de Maringá, norte do estado do Paraná, região Sul do Brasil (Figura 1). A região Norte do estado apresenta diversas subdivisões segundo o IBGE, sendo a Mesorregião Norte Central Paranaense a que o município de Maringá encontra-se.

Inserido na região Norte paranaense a bacia do rio Pirapó é uma das redes de drenagem de maior importância do estado. A sudoeste desta bacia tem-se a bacia do ribeirão Maringá onde encontra-se as duas bacias de baixa ordem, objetos neste estudo.

A bacia do ribeirão Maringá possui uma área de 50,92km<sup>2</sup>, situado na porção norte do município homônimo e localizada nas coordenadas geográficas 51° 57' W e

23° 21' S. A rede de drenagem possui direção Sul – Norte e ao longo de seu trecho os córregos Mandacaru, da Romeira confluem e com o ribeirão Maringá, onde o mesmo conflui com o rio Pirapó, no limite municipal.

### Localização do Córrego Mandacaru e da Romeira

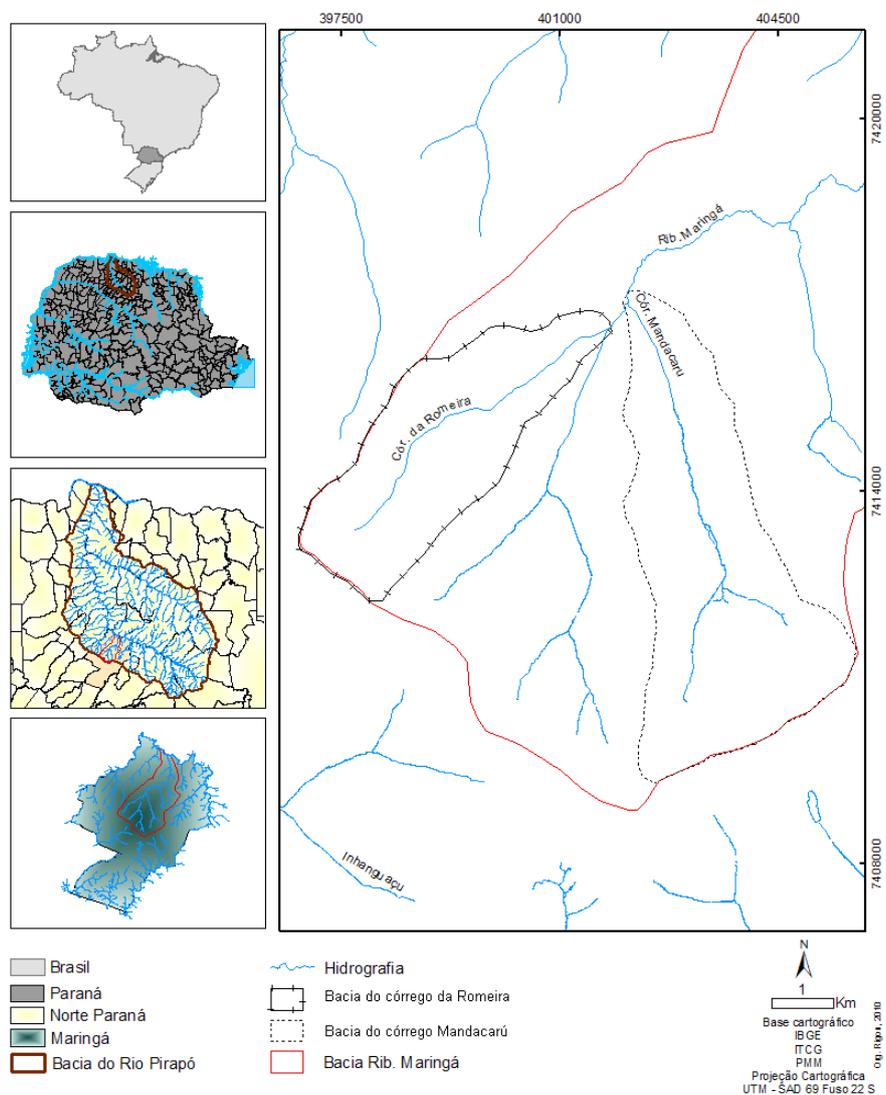


Figura 1. Localização das bacias hidrográficas em estudo

Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

A cabeceira de drenagem dessa bacia é no topo do espigão, estrutura típica da formação morfológica encontrada nesta região. Na bacia do ribeirão Maringá encontra-se os córregos da Romeira, Nazareth, Mandacaru e Miosótis, além dos ribeirões Ibipitanga, das Rosas e o Maringá, sendo ele o mais importante desse sistema fluvial.

O córrego Mandacarú e da Romeira possuem diferença no uso do solo. Inseridos na bacia do ribeirão Maringá e há presença de grande área rural e proximidade do núcleo urbano maringaense.

#### **1.4. Breve histórico de ocupação**

Maringá e sua bacia hidrográfica homônima, vêm sofrendo modificações constantes no uso do solo, derivados do crescimento urbano. A cidade foi fundada pela Companhia Melhoramentos Norte do Paraná, idealizada pelo urbanista Jorge de Macedo Vieira, que na ocasião baseou seu planejamento urbanístico contemporâneo previamente estabelecido, levando em consideração suas características topográficas. Sua área urbana foi construída no topo do espigão, acompanhando os trilhos da estrada de ferro que se construía em direção a Guairá. (RIGON, 2006).

Inserido em um contexto atual de urbanização, o município foi planejado em 1947 e em 1951 teve sua emancipação política. A urbanização da bacia do ribeirão Maringá teve início na década de 50 e até hoje vem sofrendo atualização no crescimento urbano.

Segundo MORO (1998) citado em SALA (2005), cita que um fato importante a ser ressaltado é que em meados das décadas de 1960 e 1970 a região que tinha como base econômica o complexo cafeeiro passou gradativamente para a produção de soja e de trigo. Essa modificação trouxe mudanças profundas no meio rural e urbano, pois a nova cultura exigiu uma mecanização das lavouras e menos pessoas nos campos, ocasionando a concentração fundiária e o êxodo rural. Essa dinâmica pode ser observada na figura 2, analisando o crescimento populacional do município e a distribuição urbano/rural.

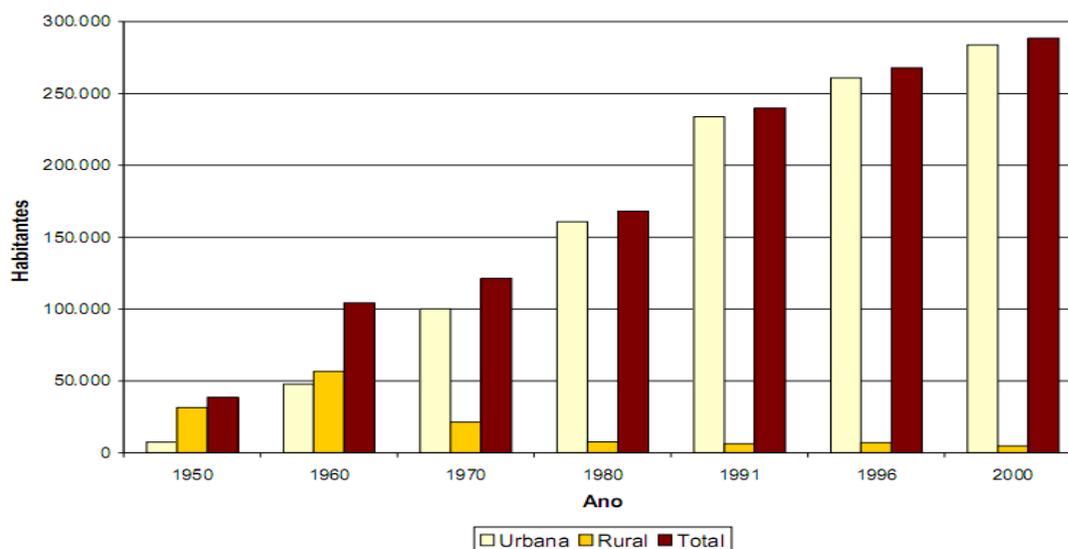


Figura 2. Crescimento populacional de Maringá  
 Fonte: Adaptado de SALA, 2005

Percebe-se que na década de 60 houve um crescimento acentuado da população urbana, culminado já na década de 70 a situação que persiste até os dias de atuais, sendo o aumento gradativo da população urbana.

Maringá, hoje é a terceira cidade mais importante do estado do Paraná, possui uma população 335.511 habitantes (IBGE, 2009) e uma densidade populacional de 687,6 hab./km<sup>2</sup>.

### 1.5. Característica física

Inserido no terceiro planalto paranaense, o município de Maringá apresenta características físicas, que segundo MAACK (1981) é uma região composta por suaves platôs, com presença de vales mais profundos na direção do rio Ivaí, que ao lado de pequenos espigões suavemente arredondados constituem divisores de água secundários.

O terceiro planalto foi classificado em dezoito sub-unidade morfoescutural segundo SANTOS et. al. (2006). Dentre estas divisões, a sub-unidade do planalto de Maringá possui uma área de aproximadamente 8 mil km<sup>2</sup>, com características como variação altimétrica de 540 metros, topos alongados e aplainadas, também conhecidos

como espigões. Predominância das vertentes convexas e da declividade entre os 12%, faz com que a região seja potencialmente agrícola mecanizada.

Segundo a clássica classificação climática de KÖEPPEN (1948) o município de Maringá está contido numa região subtropical úmido mesotérmico (Cfa), com chuvas concentradas no verão, sendo a temperatura do mês mais quente superior a 22°C e a do mês mais frio abaixo de 18° C, com presença de raras geadas noturnas. A precipitação média anual varia entre 1.250 a 1.500mm, sendo o verão o período com maior índice pluviométrico, concentrando a pluviosidade nos meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro.

Um dos fatores determinantes do clima de Maringá é a sua localização na altura do trópico de Capricórnio. Essa posição condiciona a ocorrência de elevadas temperaturas nos períodos de verão. Além desse fator, a condição topográfica do norte do Paraná favorece a penetração dos sistemas atmosféricos, tanto tropicais quanto extratropicais, os quais acentuam os valores médios do clima registrados no município (SALA, 2005).

Pela relação das características morfológica do município, e a dinâmica atmosférica predominante na área, tem-se que os solos apresentam diferentes graus de evolução. Assim, segundo a EMATER (1988), o município de Maringá, de maneira geral apresenta cinco tipos de solo (Tabela 1). Observa-se nesta tabela a distribuição em área, além da classificação e o condicionamento morfológico que o solo é encontrado.

**TABELA 1.**  
Tipos de solos para o município de Maringá

Tipos de solo	Forma de relevo	Área
Latossolo Vermelho, textura argilosa	Plano, suavemente ondulado	15.584,30 ha, cerca de 32, 85%
Latossolo Vermelho, textura média	Praticamente plano, suavemente ondulado	2.152,80 ha, cerca de 4,54%
Nitossolo Vermelho, textura argilosa	Ondulado e suave ondulado	26.547,80 ha, cerca 55,96%
Argiloso Vermelho amarelo, textura média	Suave e ondulado	172,40 ha, cerca de 0,36%
Chernossolo, textura argilosa	Ondulado e forte ondulado	2.980,70 ha, cerca de 6,29%

Fonte: EMATER, 1988

Como pode ser observado na Tabela 1, 88,8% do solo do município é formado de Latossolo Vermelho, textura argilosa e o Nitossolo Vermelho, textura argilosa. Os 11,2% restante dos solos apresentam-se em áreas muito restrita. O Latossolo Vermelho, textura média e o Argissolo Vermelho Amarelo, textura média ocorre na porção oeste do município, solos estes que se desenvolvem inteiramente sobre o Arenito Caiuá e possuem algumas limitações quanto ao uso agrícola. Os Chernossolos, de textura argilosa por sua vez, ocupam setores ao sul e ao leste, sendo esse setor, áreas muito restritas (EMATER, 1988).

Estes três solos citados não apresentam qualificações para um uso agrícola satisfatório, sendo que o Latossolo Vermelho, textura média, e o Argissolo Vermelho Amarelo, textura média, apresentam uma alta demanda de suplemento agrícola.

O município está dividido entre duas importantes bacias hidrográficas, do rio Ivaí ao sul e do rio Pirapó ao norte. Alguns dos principais canais que se encontram na porção norte são os córregos Mandacarú, Ibitanga, Osório, Miosótis, Nazareth, Guaiapó e os ribeirões Maringá e Morangueira. Na sul encontram-se as bacias dos córregos Borba-Gato, Cleópatra, Betti, Moscado, Burigui, Meiro e as dos ribeirões Paiçandu, Floriano, Bandeirantes do Sul e Pingüim.

A rede hidrográfica do município de Maringá apresenta vazões e comprimentos modestos, correndo em dois sentido a partir do divisor de águas que apresenta-se no sentido leste-oeste.

O córrego Mandacarú possui uma extensão de 8,9km, com direcionamento linear no sentido NO e com três pontos de nascentes afloradas na cabeceira de drenagem. Com uma área de 15,60km<sup>2</sup>, a área possui 85% de solo urbanizado, sendo os 15% restante localizados na foz do córrego. Com sua elevada área impermeabilizada, somada a elevada concentração urbana na cabeceira de drenagem do córrego, faz com que eventos de precipitação pluvial ocorra elevadas descargas do canal.

O córrego da Romeira apresenta uma extensão de 5,09km, com direcionamento linear no sentido NE e com um grupo de nascente aflorada num ponto da cabeceira. Com uma área de 9,87km<sup>2</sup>, a bacia de drenagem possui situação favorável a infiltração no solo, por ser área agricultável, mas devido aos terraceamentos e aos carreados, os

fluxos de água se concentram, de certa forma a aumentar sua velocidade de chegada ao canal.

O padrão de drenagem predominante nessa região é o subdendrítico em treliça e subparalelo segundo (HOWARD, 1967 *in* SALA, 2005), com orientação estrutural caracterizada pela direção N-S dos cursos dos canais principais e E-W dos seus afluentes.

### Carta Imagem- Uso do Solo - Área em estudo

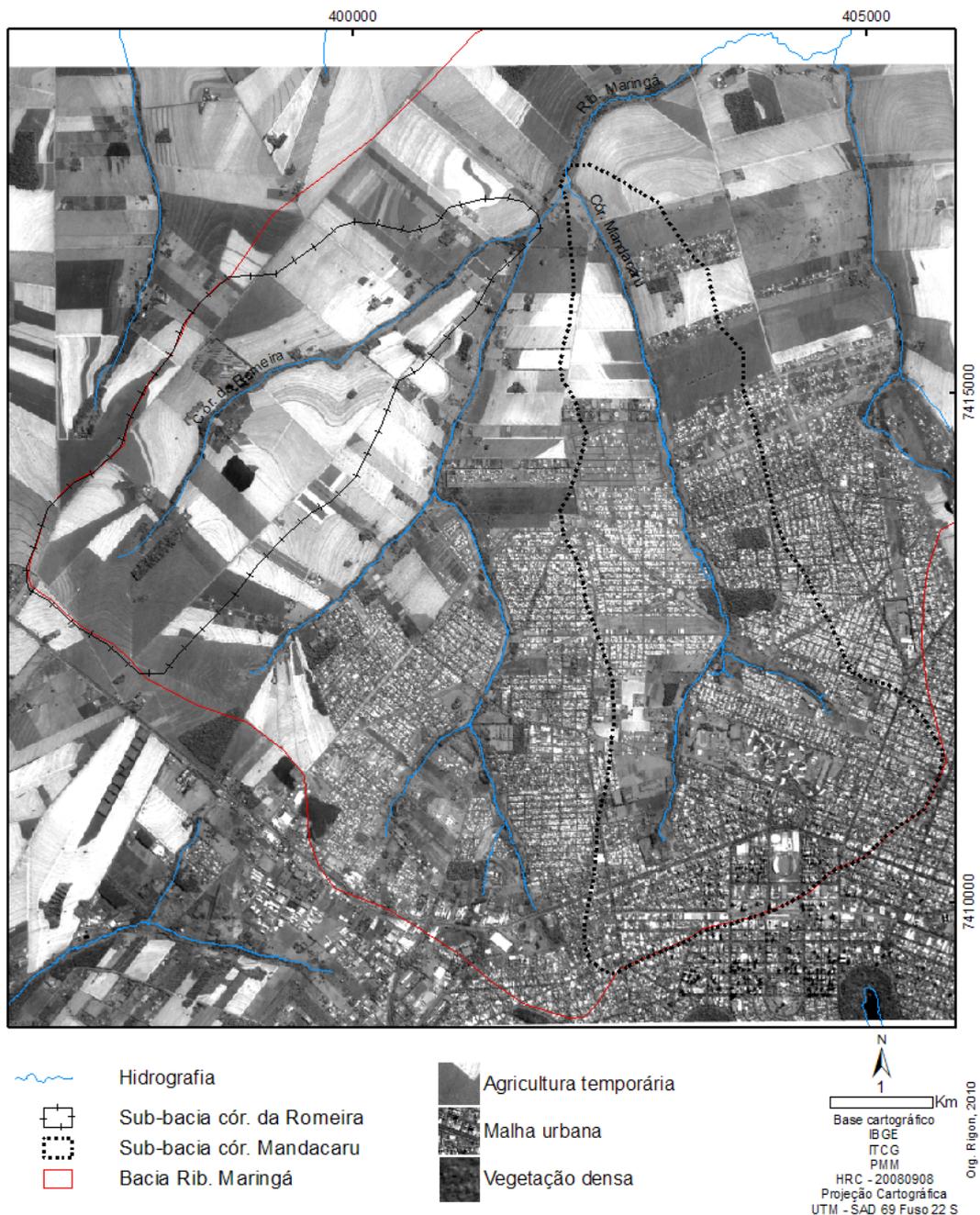


Figura 3. Carta imagem do uso do solo das bacias em estudo.  
Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

As bacias apresentam características físicas semelhantes, porém seu uso do solo são distintos, como pode ser observado na Figura 3. Como são bacias de pequena ordem, foram utilizadas escala de maior detalhe para ressaltar as resposta de alguns pontos na qual uma análise regional não daria suporte.

Observando a carta imagem da área em estudo (Figura 3), verifica-se que a bacia do córrego Mandacarú apresenta uma densa malha urbana na qual representa cerca de  $\frac{2}{3}$  de sua área, e pode-se observar perto da confluência com o ribeirão Maringá há existência de alguns conjuntos residenciais fora desta malha. O córrego apresenta pouca porcentagem de mata ciliar bordejando o canal, e alguns poucos fragmentos de vegetação densa ao longo de sua área.

Para a bacia do córrego da Romeira, verifica-se que o uso do solo é na sua totalidade rural, com cultivo de culturas temporárias típicas dessa região, como soja e milho. A mata ciliar não é constatada ao longo de todo o canal, sendo que em alguns pontos ocorrem fragmentos de vegetação densa, como também são visualizadas na cabeceira de drenagem bem próximo a nascente e na parte da confluência com o ribeirão Maringá.

Para a caracterização morfológica do córrego Mandacarú (Figura 4) e do córrego da Romeira (Figura 5), verifica-se no mapa hipsométrico que a elevação do terreno possui uma variação de 180 metros e com os maiores valores concentrados na porção norte da bacia. Nota-se também que o desnível do terreno apresenta-se constante, característica típica da região. Não há ocorrência de pontos com desníveis acentuados e topos que desconfigurem a classificação morfológica local.

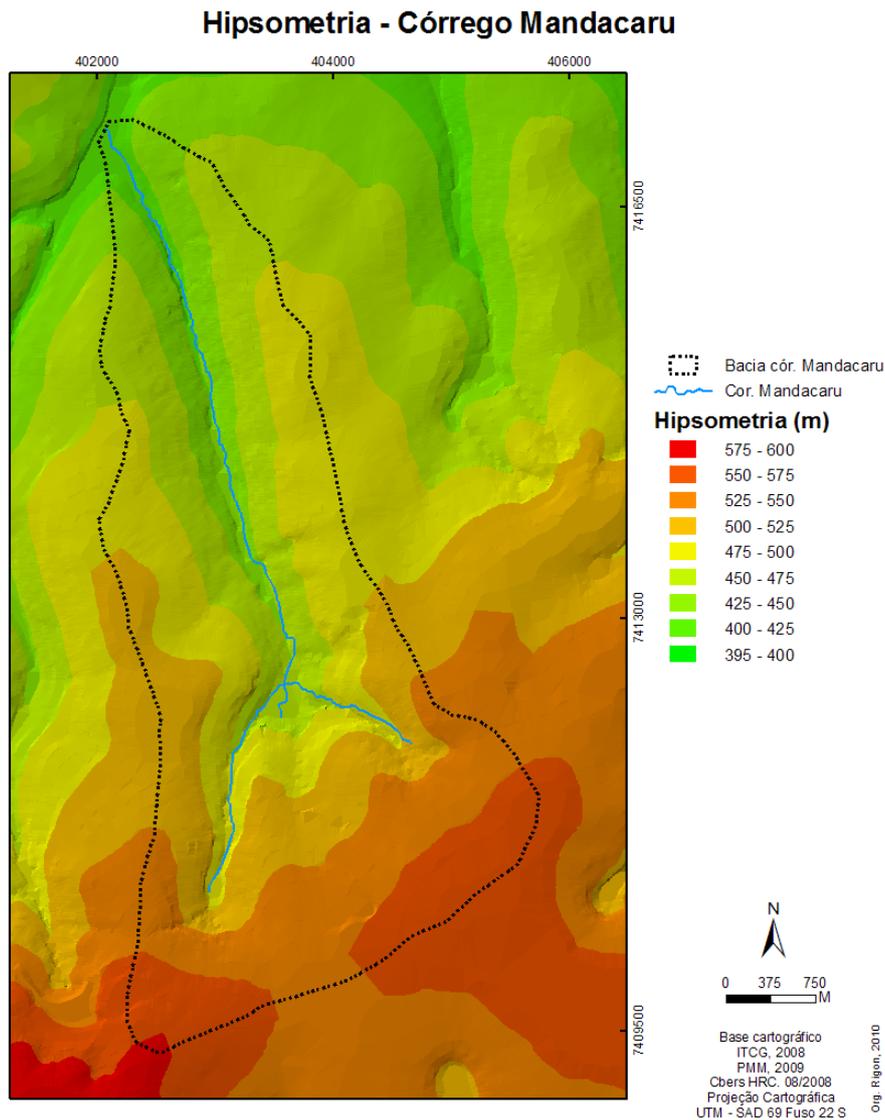


Figura 4. Hipsometria do córrego Mandacaru  
 Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

A Figura 4 e Figura 5, apresentam classes hipsométricas de 25 metros de equidistância. Este intervalo adotado caracteriza a topografia local das bacias e demonstra que o espaçamento das classes registram a homogeneidade do relevo.

Analisando as duas figuras, observa-se que as bacias apresentam forma parecidas, sendo a cabeceira de drenagem alargada e o comprimento da bacia com 3,5 vezes maior que a largura, morfologia esta que favorece o rápido escoamento superficial para o canal.

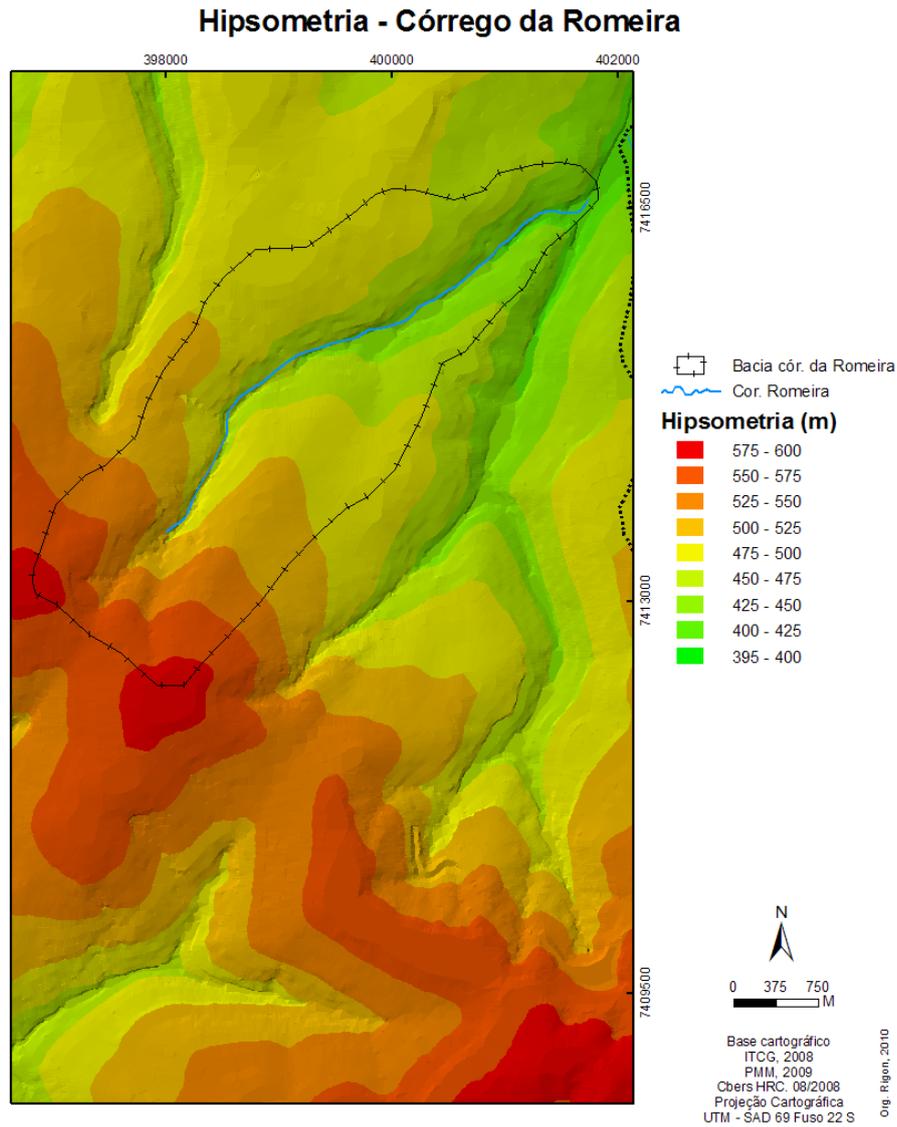


Figura 5. Hipsometria do córrego da Romeira  
Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

Devido o fato das cotas altimétricas apresentarem uniformidade nos espaçamentos, tem-se que o terreno apresenta uma declividade onde as classes dominantes estão entre  $0 - 3^\circ$  e  $3 - 8^\circ$ , mas o terreno também apresenta classes onde os intervalos estão entre  $8 - 13^\circ$ ,  $13 - 20^\circ$  e raramente entre  $20 - 45^\circ$ .

Nos córregos Mandacará e da Romeira, as declividades estão apresentadas pelas Figura 6 e Figura 7. Os dados apresentados configuram um relevo onde a classe  $0 - 3^\circ$  ocorre nas áreas que bordejam a bacia, caracterizando os espigões aplainados.

## Declividade - Córrego Mandacaru

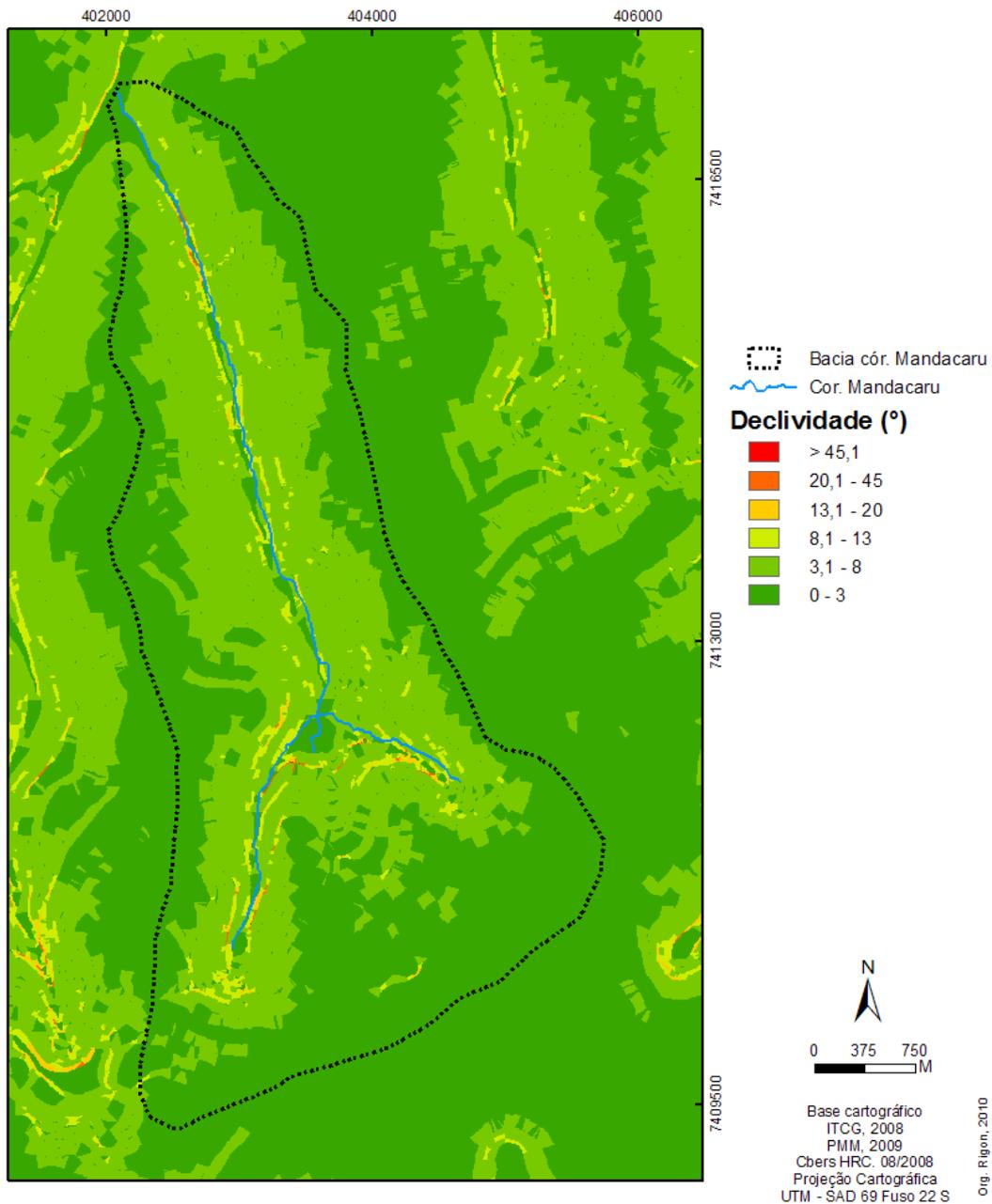


Figura 6. Declividade do córrego Mandacaru

Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

Na média vertente da bacia, a classe dominante é 3 – 8°, contornando todo o canal até a foz. As demais classes apresentam-se junto ao canal e/ou sua área de influência, demonstrando que o talvegue é encaixado e o córrego trabalha formando margens elevadas quando mais próximo ao curso d'água.

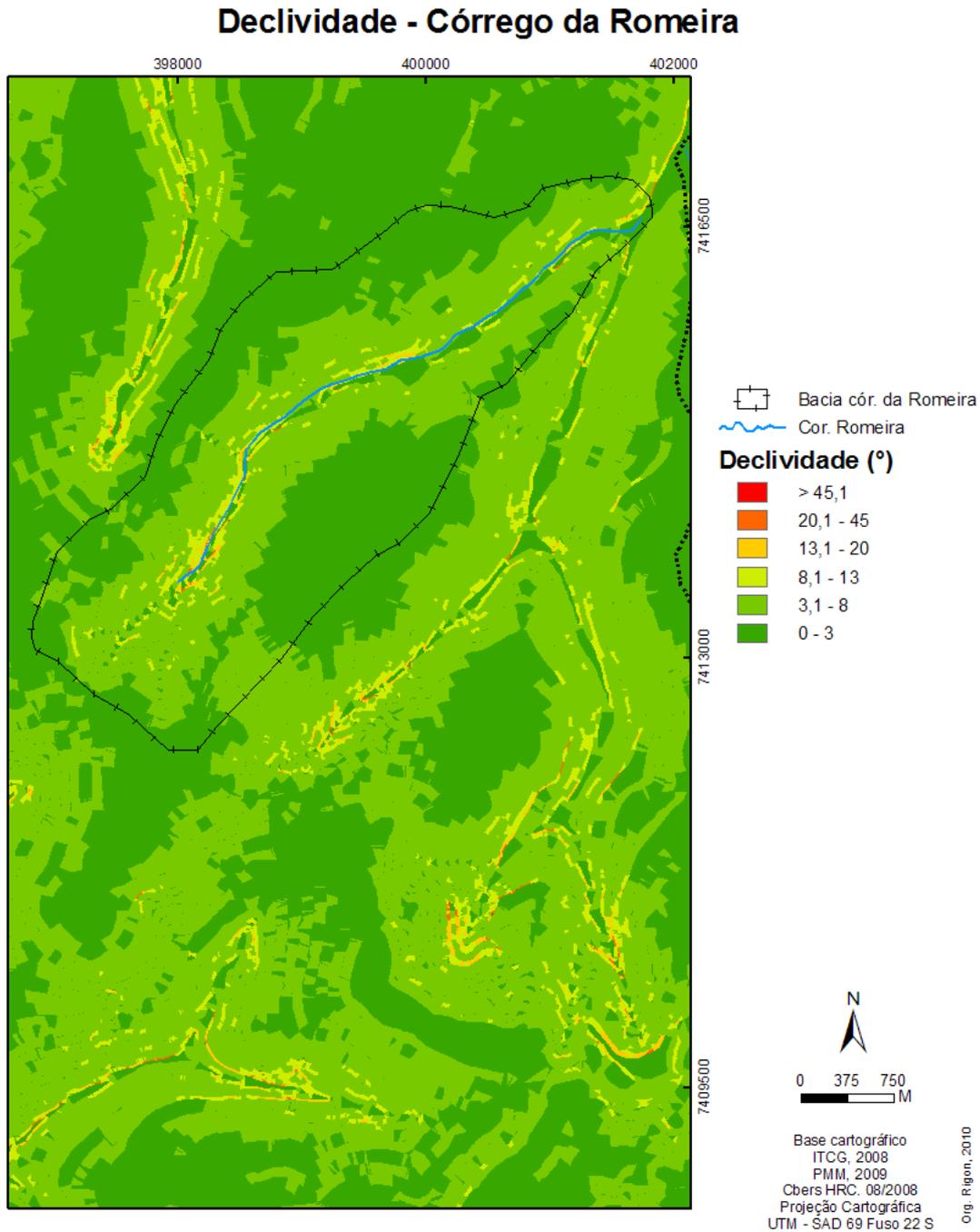


Figura 7. Declividade do córrego da Romeira  
Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

O grau de declividade de uma vertente, associado aos extensos comprimentos de rampa, provocam maiores velocidades de escoamento superficial e como conseqüência, maior fragilidade do solo quanto aos processos erosivos. Nesse sentido, Cunha (1995) afirma que em uma encosta com baixa declividade e elevado comprimento de rampa, também pode ser vulnerável aos processos de erosão quando submetida a uma grande

vazão de escoamento de água superficial e esta situação é observada nas bacias dos córregos Mandacarú e da Romeira.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1. Ciclo hidrológico**

O ciclo hidrológico refere-se à troca contínua de água na hidrosfera, sendo o processo que envolve ações como a evaporação, precipitação, escoamento entre outros. Estes processos citados são de maior relevância no ciclo, responsáveis pela movimentação da água existente em vários reservatórios como, os oceanos, o solo e a atmosfera (SILVEIRA, 1993).

Os córregos e rios são alimentados pela chuva de três maneiras. Quando um evento pluviométrico acontece, uma pequena parcela de chuva cai diretamente no canal fluvial; uma parte flui por gravidade sobre a superfície do solo até um curso de água e outra parte se infiltra, tornando-se água armazenada no subsolo (SCHNEIDER, 2009).

Em bacias de pequena ordem, o escoamento sobre o solo é relativamente rápido, alcançando o curso de água em minutos. Por outro lado, o escoamento no subsolo é muito lento, assim abastecendo o canal durante o período de estiagem.

O constante escoamento dos cursos de água relacionado ao fornecimento de água do subsolo é chamado escoamento de base e o rápido deslocamento de uma grande quantidade de água decorrente de precipitação local sobre o solo é chamado de escoamento superficial (*runoff*) (GRIBBIN, 2009 in SCHNEIDER, 2009).

O processo de escoamento superficial e seu comportamento em diferentes usos de solo é um dos fatores que diversifica a água no canal, dimensionando a elevação do espelho d'água e a área de lavagem das margens.

## **2.2. Bacia hidrográfica**

Define-se como bacia hidrográfica à superfície limitada por um contorno, dentro do qual toda a água precipitada, quando não é evaporada, infiltrada ou retida, escoar por aquele ponto (SANTOS *et al.*, 2001).

Apresentada como uma unidade territorial para o estudo e planejamento dos recursos naturais, dentro de seus contornos todos os elementos circulam com uma dinâmica governada pelo comportamento da água. Devido às variações existentes em cada subsistema, como as copas da vegetação, solo, rede fluvial etc., possuem diferentes capacidades de armazenamento e transporte da água que esta presente na bacia hidrográfica, causando as heterogeneidades temporais e espaciais dos recursos hídricos em quaisquer local e momento (KOBAYAMA, 2009).

As bacias hidrográficas do córrego Mandacarú e da Romeira, são de baixa ordem (2ª e 1ª respectivamente) segundo STHALER (1952). Com áreas de pequeno porte, o comportamento da água na bacia seria semelhante se a ocupação do solo fosse a mesma, pois as características físicas são equivalentes.

Assim, a escolha de se trabalhar a bacia hidrográfica como unidade de estudo, condiz com a importância deste sistema para o conjunto da rede hidrográfica e seus elementos.

## **2.3. Erosão marginal**

A erosão é um fato que designa o processo ou conjunto de processos, nos quais o desgaste, o transporte e o acúmulo são resultados de um processo natural, podendo ser acelerado por agentes que causam disritmia no processo.

Diversos são os fatores que atuam conjuntamente no desencadeamento dos processos erosivos, com destaque para as características do solo, do embasamento

geológico, do clima, da topografia e da cobertura vegetal, sendo este conjunto de aspectos físicos que caracterizam o potencial erosivo da área. Vinculado ao processo natural de erosão, a ocupação urbana, sem contemplar os parâmetros de engenharia adequados, aceleram a taxa de erosão e potencializam o conjunto erosivo.

A erosão marginal como componente da erosão fluvial, é aquela que destrói as margens dos rios, desempenhando assim um importante papel no controle da largura e profundidade do canal. Esse tipo de erosão contribui significativamente para o incremento da carga de fundo dos rios, e provoca destruição progressiva da área marginal, desvalorizando os terrenos ribeirinhos e limitando o seu uso adequado (THORNE & TOVEY, 1981).

A erosão fluvial é causada pelas águas dos rios, principalmente nas épocas de cheias, podendo em alguns casos, ocasionar a destruição das margens de rios por desmoronamento e/ou escorregamento (GUIDICINI & NIEBLE, 1983). Neste caso, para córregos urbanizados as épocas de cheias é o momento onde ocorre as maiores taxas de perda de margem, devido o aumento da vazão e a elevação do espelho d'água, fazendo com que aumente a área lavada.

A configuração de um rio e a sua velocidade depende de diversos fatores, tais como a topografia, o regime pluvial da área de drenagem, a constituição litológica das rochas erodidas pelo rio e o estágio erosivo (LEINZ & AMARAL, 1998).

A erosão de uma margem fluvial ocorre quando a resultante de todas as forças atuantes sobre o material erosivo, excede o resultado efetivo de todas as forças que tendem a conservar o material no próprio local (SIMONS, 1982). A geometria do canal, o seu grau de sinuosidade, as formas deposicionais presentes no leito, a morfometria das seções transversais, estão entre os fatores geomorfológicos que exercem influência sobre a erosão marginal.

A erosão marginal pode parecer uma abordagem superficial, um fenômeno simples, mas tal fenômeno envolve vários agentes, fatores e processos. As variáveis relacionadas à erosão marginal são interdependentes e em grande parte são as mesmas que afetam a geometria e a estabilidade do canal, as formas de leito, a resistência e as características do fluxo. Entre elas, encontra-se a profundidade e a declividade do canal

(diretamente relacionada ao gradiente de energia), a densidade da mistura sedimento-água, a granulometria do material do leito e das margens e o fluxo de águas subterrâneas.

A erosão fluvial tanto das margens quanto do leito transporta os sedimentos incoesivos (areias), partícula por partícula, enquanto que os coesivos (siltico-argilosos) podem ser carregados em porções maiores originadas por solapamento da base e colapso das margens (LEINZ & AMARAL, 1998).

A erosão marginal é uma variável fundamental da dinâmica dos cursos de água, visando que a estabilidade das margens é um fator importante na manutenção de biomas, no sentido do ecossistema fluvial, e econômico, no sentido da perda de terrenos cultiváveis em áreas agrícolas, na proteção de estruturas de engenharia próximas ao canal fluvial. (ROCHA, 1995)

Os processos de erosão das margens estão entre os elementos mais dinâmicos da paisagem e o entendimento de seu mecanismo de atuação é fundamental para a explicação da evolução dos diversos elementos da geomorfologia fluvial. A erosão das margens tem também uma importância econômica como, na perda de terrenos cultiváveis em áreas agrícolas, na proteção de obras civis construídas próximas ao canal fluvial. A rapidez deste processo permite a sua avaliação em intervalos de tempo relativamente curtos (meses) (FERNANDEZ, 1990).

A erosão marginal é definida como o recuo linear das margens, devido à remoção dos materiais do barranco pela ação fluvial (corrente) ou por forças de origem externa (precipitação, onda de cheia) (FERNANDEZ, 1990).

WOLMAN (1959), TWIDALE (1964) e HOOKE (1979) observaram forte correlação entre a precipitação e a intensidade da erosão marginal. As características hidrodinâmicas incluem variação do nível da água, turbulência, ação das ondas de cheia e variações da velocidade.

## 2.4. Transporte de sedimentos

O conhecimento do comportamento hidrossedimentológico de uma bacia hidrográfica é fundamental para a adequada gestão de seus recursos hídricos, bem como para o suporte à decisão sobre o desenvolvimento de atividades antrópicas. O acompanhamento dos fluxos de sedimentos ocorridos em um dado local da bacia permite o diagnóstico de eventuais impactos em sua área de drenagem ao longo do tempo, podendo tornar-se importante indicador ambiental (SCHNEIDER, 2009).

O transporte de sedimentos é governado pelos fatores hidrológicos que controlam as características e o regime dos cursos de água. Os fatores hidrológicos, cujos mais importantes são a quantidade e a distribuição das precipitações, a estrutura geológica, as condições topográficas e a cobertura vegetal, influenciam a formação do material intemperizado na bacia hidrográfica, e o carregamento desses materiais até os rios. A sedimentação fluvial inclui os processos de remoção, transporte e deposição das partículas, envolvendo toda a dinâmica da bacia (CHRISTOFOLETTI, 1981).

O tamanho e a quantidade do material em suspensão carregado pelo fluxo de água é dependente da velocidade de escoamento, em que o comprimento de rampa e o grau de declividade do terreno interferem na resultante (SALA, 2005), tendo em vista que para bacias em estado natural, as áreas urbanizadas condicionam de maneira diferente esta resposta.

Com a alteração do ambiente, tornando-o cada vez mais impermeável, a ocorrência da precipitação fará com que o aumento da vazão do canal ocorra com maior rapidez e, respectivamente, manterá por menos tempo este nível elevado. Esta ocorrência é resultante do processo de onda de cheia, comumente ocorrente em bacias densamente urbanizada e de baixa ordem.

CARVALHO (1994) assume que a quantidade de sedimentos transportado por um curso d'água, forma uma onda que acompanha a onda de enchente de três formas diferentes: (i) pico de concentração de sedimentos se atrasando ao pico de vazão, (ii) simultaneidade do pico de concentração de sedimentos e da vazão, (iii) pico de concentração de sedimentos se antecipando ao pico de vazão.

Dessa forma, dependendo das características da bacia, o pico dos sedimentos em suspensão, pode ou não, ocorrer ao mesmo tempo que o pico da vazão (CHAPMAN,1996).

## **2.5. Vazão líquida**

A vazão líquida é o volume de água escoado em uma unidade de tempo em uma determinada seção de um curso de água, sendo o resultado final dos processos hidrológicos de uma bacia (ANTONELI, 2004).

A vazão de um corpo hídrico é dependente da área de sua bacia, sendo derivada por variáveis como comprimento do canal principal, declividade média do canal principal, densidade de drenagem, desnível, área de drenagem da bacia e morfometria da bacia.

Além das características físicas locais, a vazão do canal é dependente do ciclo hidrológico, classificação climática regional e local, e da influência urbana.

## **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.1. Método dos pinos**

Quanto ao estudo da erosão marginal, HOOKE (1980) cita três principais fontes de informações utilizadas para medir a erosão marginal de um canal, sendo: medição direta em campo (método dos pinos, perfilagens sucessivas, método das estacas e fotografias), medição indireta através da comparação de mapas antigos e fotografias aéreas, e a utilização de evidências biológicas e sedimentares.

Para este trabalho foi determinada a medição direta em campo com a utilização do Método dos Pinos e alguns registros fotográficos.

As características dos pinos (comprimento, diâmetro, material) e sua distribuição espacial nas margens varia de acordo com o tipo e magnitude dos processos erosivos e com as características do barranco.

Foram utilizados pinos com 40cm de comprimento e 4mm de espessura, confeccionados em ferro e pintados na cor marrom. O pino possuía uma graduação de 10cm, onde este era exposto para as futuras medidas. Para alguns pontos, em determinados momentos, principalmente períodos com eventos pluviais constantes, este espaçamento de 10cm era recuada para 5cm, como precaução para que não houvesse perda dos pinos.

A determinação dos locais para pontos de amostragem foram definidos previamente, com apoio de imagem de satélite e mapas da área de trabalhos anteriores. Assim, foi definido um número previsto para cada córrego, no entanto apenas nas campanhas de campo foram definidos sete pontos para o córrego Mandacarú e dois pontos para o da Romeira.

O trabalho de monitoramento abrangeu um período de um ano e quatro meses (maio de 2008 a setembro de 2009), sendo estes córregos detentores de características divergentes na ocupação e uso do solo.

A configuração de cada ponto de análise da erosão marginal foi determinada pela característica local. Os pontos foram configurados da seguinte maneira: áreas com duas e três linhas de pinos, variando entre três e dois pinos para cada margem. A Figura 8, apresenta o croqui da distribuição dos pinos ao longo das margens, e a distribuição das linhas de pino nas áreas de amostragem, ditas como pontos.

As distâncias implantadas em cada linha de pinos variaram conforme a morfologia da margem, mas os valores variaram entre 10 e 20 metros umas das outras. O mesmo ocorreu com os pinos distribuído na linha vertical da margem, onde variaram de 20 a 50 centímetros.

Área de amostragem (ponto)

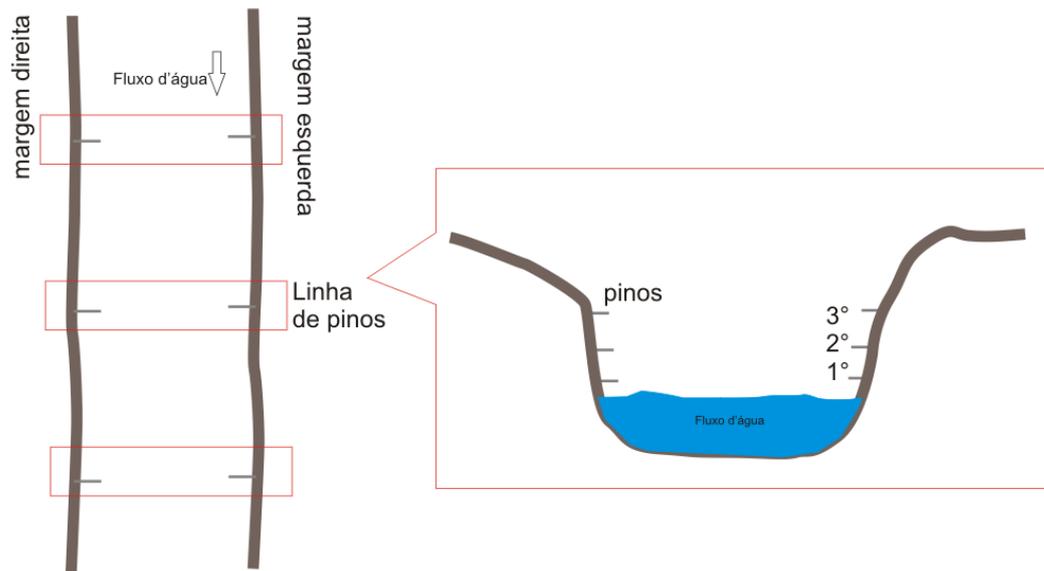


Figura 8. Croqui da distribuição dos pinos na área de amostragem e nas margens dos córregos

Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

Para o cálculo da erosão marginal, utilizou-se a seguinte equação:

$$Ea = Pe - Pi$$

Em que:

Ea é a erosão acumulada;

Pe é o comprimento do pino exposto pela erosão, em cm;

Pi é o comprimento inicial do pino, em cm.

A leitura de cada ponto condiz com a taxa de erosão para cada pino exposto na margem. Para uma melhor relação quantitativa da taxa erosiva das margens e a correlação com as variáveis de interesse, foi utilizado a somatória de todos os pinos para se chegar a um valor representativo da taxa de erosão do ponto.

## Ponto de medida: erosão marginal - Córrego Mandacaru

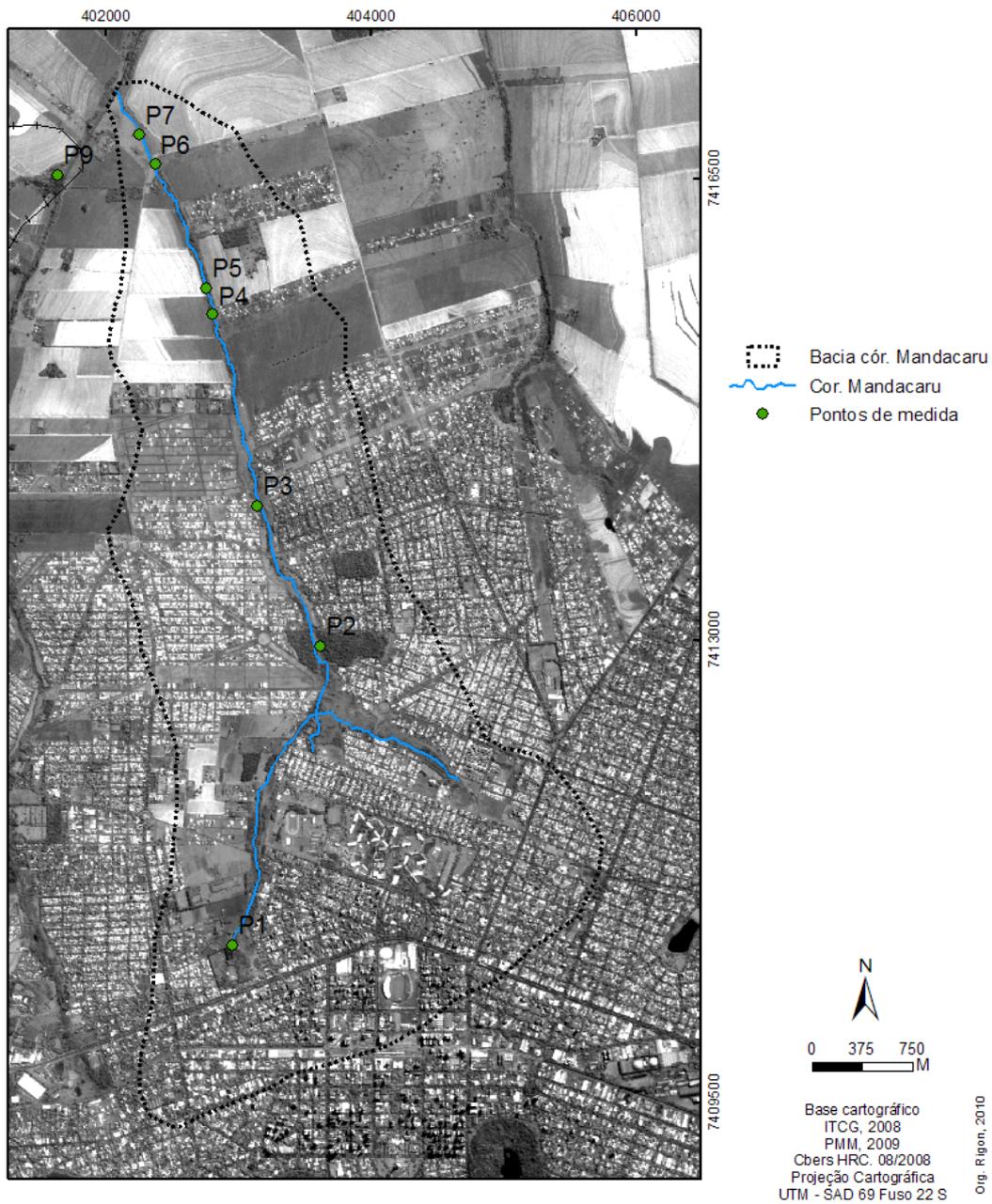


Figura 9. Distribuição espacial dos pontos de amostragem de erosão marginal – córrego Mandacaru.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

O uso e ocupação do solo em ambas as bacias se diferenciam e com isto, a bacia do córrego Mandacaru e da Romeira, apresentados respectivamente pelas figuras 9 e 10 foram inseridos números diferentes de pinos para quantificação da erosão marginal.

## Ponto de medida: erosão marginal - Córrego da Romeira

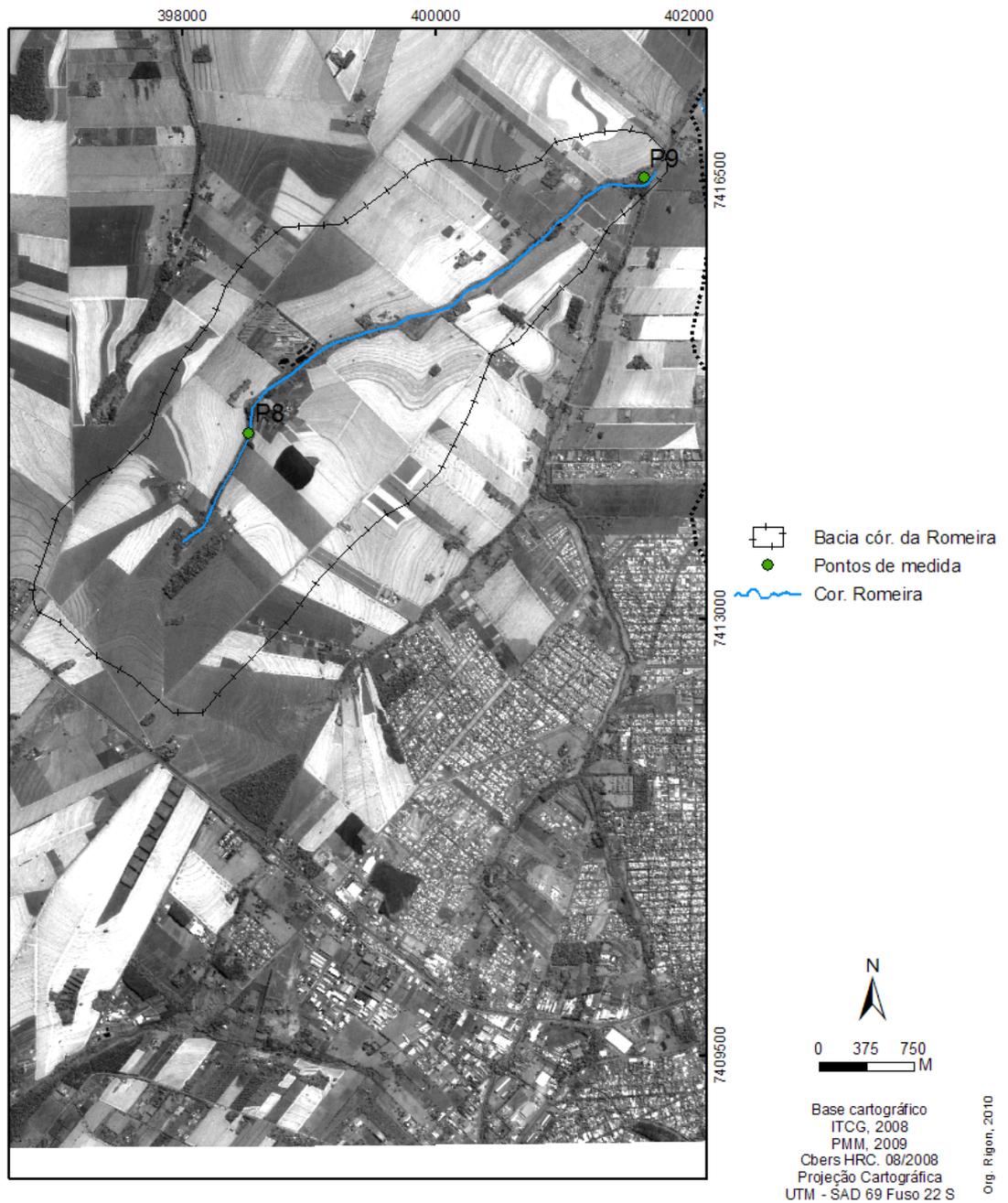


Figura 10. Distribuição espacial dos pontos de amostragem de erosão marginal – córrego da Romeira.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

### 3.2. Vazão líquida

Para a determinação da vazão líquida dos córregos Mandacarú e da Romeira foi utilizado dois aparelhos, sendo eles o Micro-molinete fluviométrico – Hidrologia e o Flow Track – Sontek. O Micro-molinete foi utilizado do começo da pesquisa até o final do ano de 2008, nas campanhas de levantamento da vazão dos dois córregos, sendo substituído pelo moderno Flow Track nos trabalhos de campo do ano de 2009. Os aparelhos e seu uso nas campanhas de campo pode ser analisada na Figura 11.



Figura 11. Demonstração de utilização e modelo dos aparelhos. (A) Micro-molinete e (B) Flow Track.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2009

A metodologia aplicada para determinar a vazão dos córregos é a mesma para os dois aparelho, a diferença é a agilidade da obtenção dos resultados.

A determinação dos dois locais de coleta dos dados de vazão líquida e sedimentos (Figura 12), foram baseadas em trabalhos já realizados e pontos em que também haveria análise da perda de margem pelo processo de erosão marginal.

Pontos Medida de vazão líquida e coleta de sedimentos  
Córrego Mandacaru e da Romeira

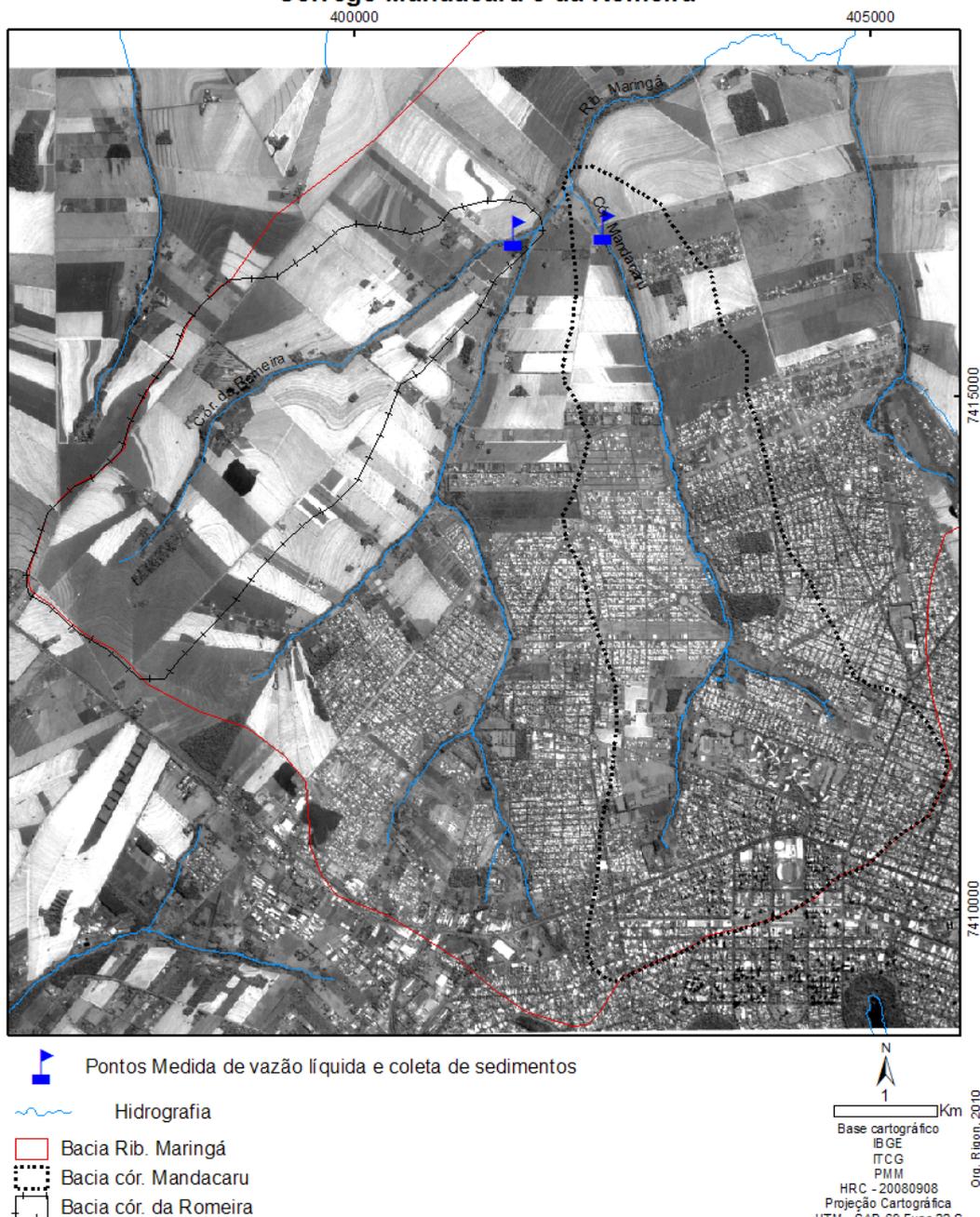


Figura 12. Localização dos pontos de medida da vazão líquida e coleta dos sedimentos em suspensão.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

Para se obter a velocidade do fluxo na seção transversal do canal seguiu-se a metodologia determinada pela DNAEE (1977), na qual a medida de velocidade do canal pode ter até 6 pontos de coleta dentro da mesma linha vertical. Esta quantidade de pontos é variada conforme a diferença altimétrica do espelho d' água até o fundo do canal. Esta

relação pode ser observada na Tabela 2, onde apresenta a posição na vertical em relação a profundidade e o cálculo para a média da velocidade.

**TABELA 2**  
Relação de ponto, profundidade e cálculo da velocidade para medida de vazão

Nº de pontos	Posição na vertical em relação à profundidade (p)	Cálculo da velocidade média, na vertical	Profundidade (m)
1	0,6 p	$V_m = v_{0,6}$	0,15 - 0,6
2	0,2 p e 0,8 p	$V_m = (v_{0,2} + v_{0,8})/2$	0,6 - 1,2
3	0,2 p; 0,6 p e 0,8 p	$V_m = (v_{0,2} + 2v_{0,6} + v_{0,8})/4$	1,2 - 2,0
4	0,2 p; 0,4 p; 0,6 p e 0,8 p	$V_m = (v_{0,2} + 2v_{0,6} + 2v_{0,4} + v_{0,8})/6$	2,0 - 4,0
6	S; 0,2 p; 0,4 p; 0,6 p e 0,8 p; F	$V_m = [v_S + 2(v_{0,2} + v_{0,4} + v_{0,6} + v_{0,8}) + v_F]/10$	> 4,0

S - superfície, F - fundo

Fonte: DNAEE (1977), Adaptado (2010)

Para obter a vazão do canal, determinou-se a largura entre as duas margens (seção transversal) e em seguida era feita a divisão em séries de verticais igualmente espaçadas, como apresentado na Figura 13. Como o fluxo de água dos canais oscilou nos momentos observados, para cada dia de leitura o método variava, utilizando medidas em três alturas, duas ou uma.

Quando se utilizava três alturas dentro da mesma linha vertical, as medidas eram feitas em 0,2, 0,4 e 0,8 (p) sendo estes valores representativos de 20%, 40% e 80%, da altura total entre o fundo do canal e o espelho d'água.

Para leituras de vazão em que o nível d'água era baixo ou muito baixo, utilizava-se duas ou uma medida na vertical. Quando desta ocorrência, as medidas eram feitas em 0,2 e 0,8 (p), sendo 20% e 80% da altura ou uma única medida onde utilizava-se o valor médio de 0,6 (p), que representa 60% da altura da linha de água.

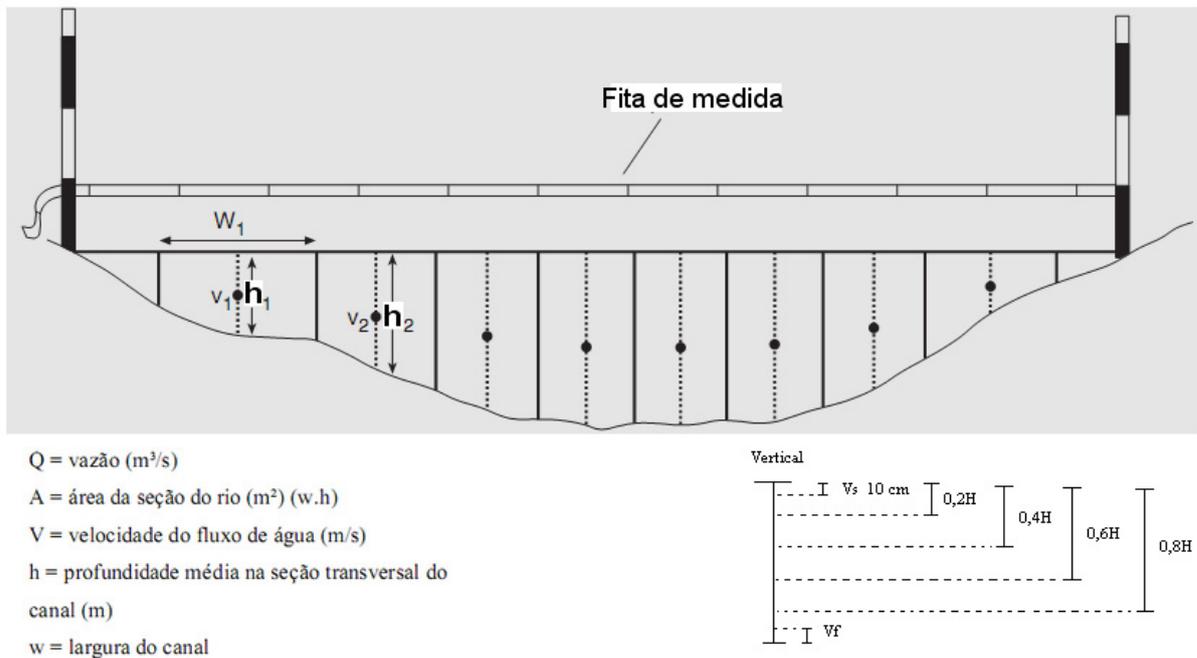


Figura 13. Esquema para medida de vazão.  
 Fonte: Adaptado de CHARLOTON, 2008

### 3.3. Vazão sólida

Para a quantificação do material em suspensão dos córregos Mandacarú e da Romeira, foi utilizado o processo de integração. Método este na qual o material era coletado junto a medida de vazão líquida, em cada vertical e em seguida era agrupado e direcionado ao recipiente adequado para ser encaminhada ao laboratório.

Para a coleta dos sedimentos em suspensão foi utilizado do Amostrador USDH-48 (Figura 14), aparelho que possui um bico dimensionado para a relação profundidade do canal e tempo de coleta, um garrafa plástico para armazenagem da água e elementos suspensos. Segundo TESSARO (2007), este amostrador é bastante utilizado e mostra-se eficiente na determinação dos sólidos transportados em rios de médio e pequeno porte, como é o caso dos córregos Mandacaru e da Romeira.



Figura 14. Amostrador USDH-48  
Fonte: Elaborado pelo autor, 2009

A coleta foi realizada da seguinte forma; (i) o Amostrador era direcionado com seu bico para o lado contrário ao fluxo de água, (ii) segue o Amostrador no sentido vertical em uma velocidade constante até o leito do córrego, revertendo o processo até a superfície da água, na mesma constante de tempo e durante um tempo mínimo de amostragem, calculado em função da velocidade do fluxo de água e da profundidade do canal.

Para determinação do tempo mínimo da coleta de sedimentos, verificava-se qual a maior velocidade atingida e a profundidade deste ponto. O Amostrador utilizado neste trabalho possui bico com diâmetro de  $\frac{1}{4}$ ”, equivalente a 6,35 mm, onde sua dimensão é calibrada com o cálculo efetuado para o tempo da coleta dos sedimentos. Segundo CARVALHO (1994), utiliza-se a seguinte equação para determinar o tempo mínimo de amostragem:

$$t_{\min} = \frac{2p}{v_t} = \frac{2p}{0,4v_m}$$

Em que :

$t_{\min}$  = tempo mínimo para a coleta da amostra;

$p$  = profundidade da vertical de amostragem;

$v_t$  = velocidade de trânsito do amostrador;

$v_m$  = velocidade média da corrente na vertical de amostragem.

No levantamento realizado com o método de integração, cada vertical possui uma coleta dos sedimentos suspenso em cada vertical do perfil transversal do canal. A

água com os sedimentos foi coletada com o Amostrador e ao final do levantamento é unificado todas as coletas em um recipiente plástico de dois litros, sendo assim colocado em um recipiente com gelo e levado ao laboratório para determinação dos sólidos suspensos, assim dois métodos foram aplicados, o da filtração e o da evaporação, dependendo da quantia de material que era coletado.

No processo de filtração, quando da chegada das amostras ao laboratório, estas eram filtradas em membranas com um mínimo de  $0,45\mu\text{m}$  de diâmetro de poro. As membranas foram secas em estufa a uma temperatura entre  $100 - 110^{\circ}\text{C}$  durante doze horas. As mesmas foram pesadas no mesmo tipo de balança em que pesou-se antes da etapa de filtração. Com a diferença de peso, se tem a concentração de material em suspensão para o respectivo volume de amostra que foi efetivamente filtrado (APHA, 1995).

Antes da filtração a amostra passa por agitação de no mínimo 10 vezes, para ter em suspensão o material que porventura tenha se depositado no fundo do recipiente, e o material que se depositar nas paredes da unidade de filtração deve ser retirado com o auxílio de um pissete contendo água filtrada e desmineralizada, para não afetar as características químicas da amostra.

No método de evaporação, usa-se reduzir a amostra pelo repouso da mistura por 24 horas e depois retirar o excesso de líquido isento de sedimento. Importante e necessário é a determinação da quantidade de sais solúveis, o que é feito pela retirada de três amostras de 50mL da parte isenta de sedimento (água sobrenadante após 24 horas de repouso), para secagem em estufa e obtenção do valor médio.

Na preparação do teste, a porção pode ter coloração amarelada, indicando presença de colóides ou argila fina, assim, devendo ser passada por um filtro de pequena porosidade. Se a água estiver em coloração após o repouso de um ou dois dias, convém que a retirada do excesso de água seja feito em banho-maria.

A amostra água-sedimento reduzida na sua quantidade de água é, então, colocada em recipiente adequado à evaporação e levada à estufa para secagem. Depois de alguns instantes ou até horas, quando o sedimento estiver visualmente seco, deixa-se

por mais duas horas na estufa, remove-se, então, para o dessecador e depois efetua-se a pesagem (CARVALHO *et al.*, 2000)

### **3.4. Turbidez**

Turbidez de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la e esta redução se dá por absorção e espalhamento, uma vez que as partículas que provocam turbidez nas águas são maiores que o comprimento de onda da luz branca, devido à presença de sólidos em suspensão.

A determinação dos valores da turbidez da água coletada nos córregos Mandacarú e da Romeira foram realizados em laboratório, utilizando turbidímetro APTO 1000II, o qual forneceu as leituras em unidades nefelométricas de turbidez (NTU).

### **3.5. Precipitação**

Os dados de precipitação utilizados neste trabalho foram coletados junto a Estação Climatológica da Universidade Estadual de Maringá, com dados diários. A estação está localizada na bacia do córrego Mandacarú, uma das bacias em estudo neste trabalho. Devido a proximidade entre as duas bacias e ambas estarem inseridas na bacia do ribeirão Maringá, os dados de precipitação levantados diariamente foram de extrema importância na análise da erosão marginal dos córregos.

## **4. RESULTADOS**

### **4.1. Precipitação no período da pesquisa**

Para o período da pesquisa, entre 02 de maio de 2008 a 04 de setembro de 2009, a Estação Meteorológica de Maringá registrou 155 dias com chuva, com acumulados diários variando de 0,1 a 84 mm, variação esta apresentada na Figura 15.

Segundo o INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), um acumulado de 50mm em um dia é bastante significativo para esta região do estado do Paraná. A maior parte dos eventos diários não ultrapassou 6mm (78 ocorrências), enquanto que os valores com mais de 54 mm foram raros. Conforme o esperado, a frequência das classes de precipitação não mostra distribuição normal, pois a ocorrência de baixas precipitações tende a ser maior que a das altas. Dessa maneira, a precipitação média para os dias com chuva foi de 14 mm, mas o valor não deve ser considerado, visto que o desvio padrão é alto.

A frequência das ocorrências de chuva demonstra um valor aproximado de 80 ocorrências entre 0 e 6 mm/dia, onde esta quantia de 6mm não ultrapassa 20 ocorrência dentro do período do trabalho.

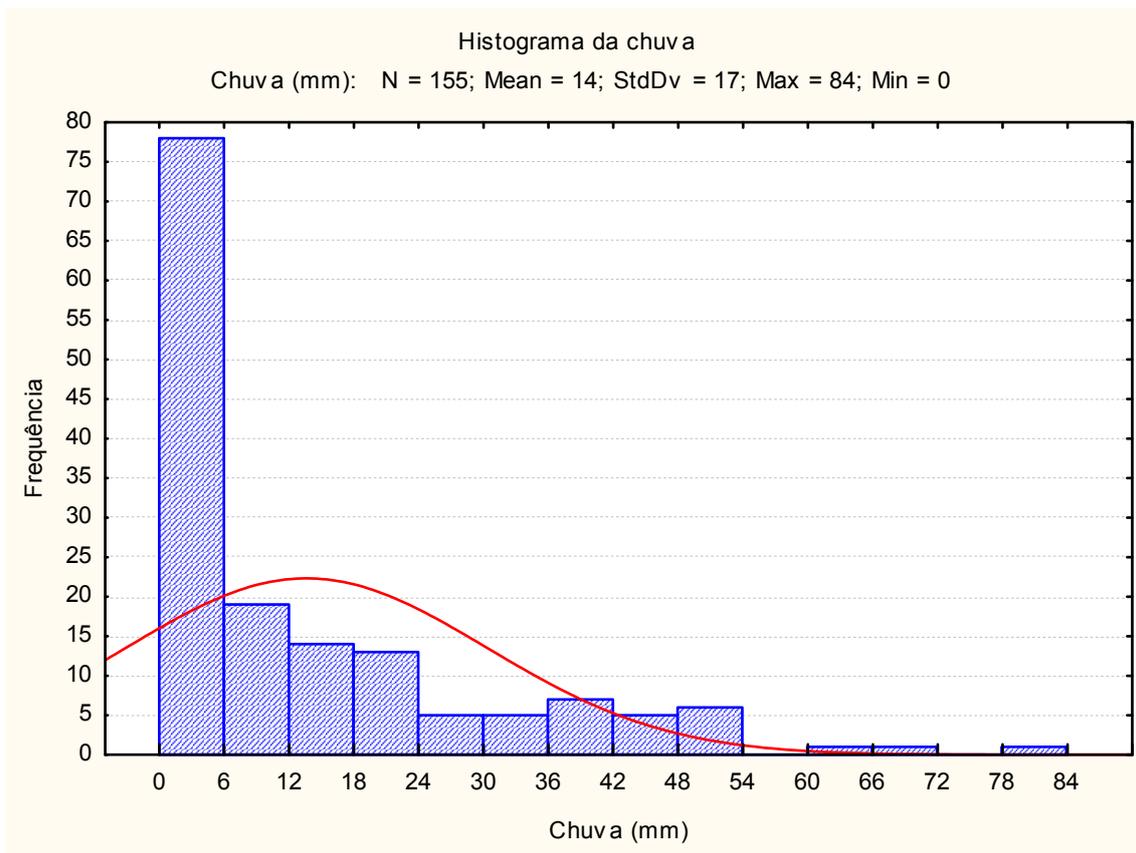


Figura 15. Histograma da chuva para o período da pesquisa.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

A análise da distribuição temporal da chuva no período do trabalho, apresentada pela Figura 16, demonstra que os maiores acumulados ocorreram no período de verão, embora tenham sido registrado valores elevados em quase todos os meses, com intervalos secos em períodos de maio/2008, julho/2008, agosto/2008, março/2009 e julho/2009.

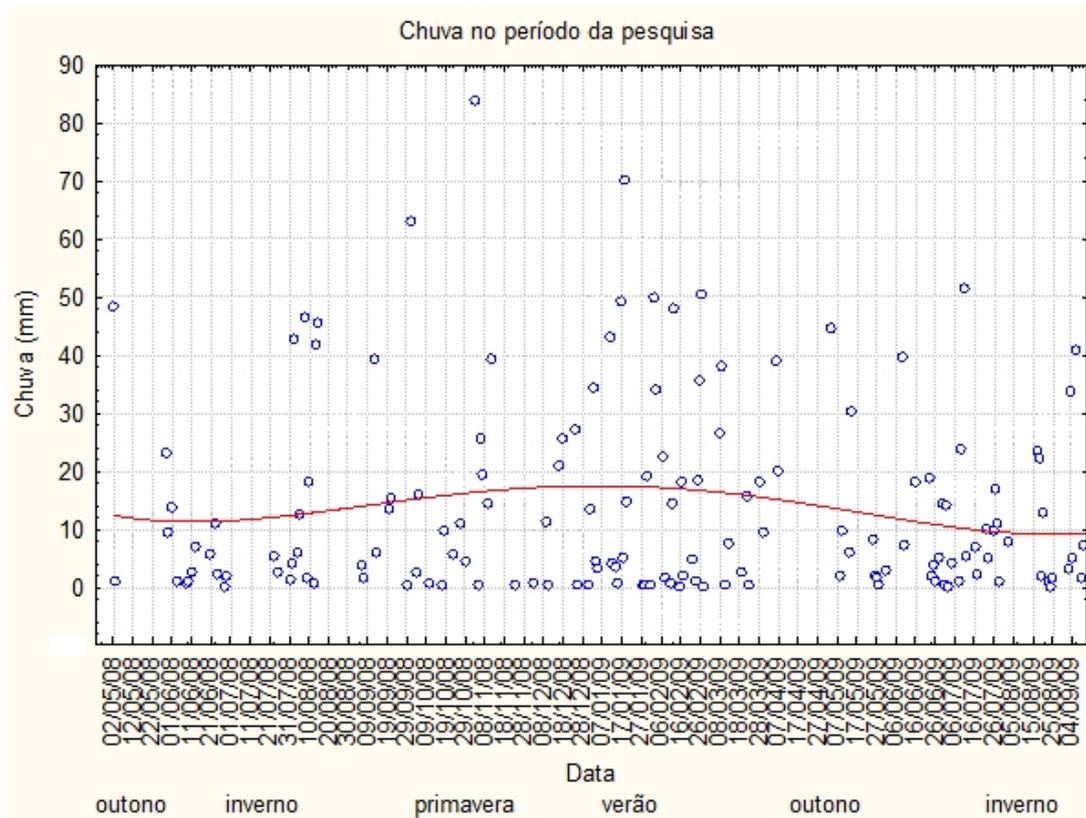


Figura 16. Distribuição tempo-quantitativa da chuva no período da pesquisa.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

Os valores entre 0 a 15mm ocorreram praticamente ao longo de todo o período, demonstrado pela densidade de pontos azul, enquanto os valores de 15 a 50mm foram mais frequentes nos meses do verão, com eventuais ocorrências nas outras estações. Os acumulados/dia superiores a 50mm ocorreram na primavera com duas ocorrências, no verão com 3 ocorrências e uma ocorrência no inverno, assim confirmando a citação do INMET no que diz respeito a precipitação acima de 50mm são raras nesta região do estado do Paraná e foi confirmado que ocorrem em diversas estações do ano, sendo elas mais e menos chuvosas.

A linha de ajuste da distribuição temporal da chuva, marcada em vermelho no gráfico da Figura 16, apresenta a tendência dos valores da chuva, cujo pico ocorre no período do verão, sendo ele a estação do ano onde se concentra a maior quantidade de eventos pluviais.

## 4.2. Vazão líquida e precipitação

No córrego Mandacarú foram realizadas 8 medidas de descarga fluvial, todas no local denominado como ponto 6 no levantamento da erosão marginal. As datas dos levantamentos, os valores apurados e os acumulados de precipitação registrados no dia da coleta e nos dias anteriores encontram-se na Tabela 3.

Pode-se observar que em nenhum dos dias de coleta ocorreu precipitação pluvial, indicando que os valores de descarga podem ser considerados como resultantes do fluxo de base. Deste modo foi analisado os quatro dias que antecederam a medida da vazão líquida dos córregos, dados este demonstrado na Tabela 3 onde nos dias que ocorreram precipitação de maior volume, os resultados das descargas foram superiores a outras datas que não ocorreram precipitação. Fato este observado nas coletas de vazão dos dias 18/08/2008 e 05/02/2009, onde foram registrados precipitações entre os 4 dias anteriores a medida da vazão líquida nos valores de 45,4; 87,2; 33,8; 83,6; 84 respectivamente, foram encontrados descargas líquidas de 228,34 e 330,4. Já nos levantamentos onde não ocorreu precipitação em nenhum dos dias de anteriores, tem-se valores de descarga líquida entre 206,68, 194,4 e 181,9 l/s.

**TABELA 3**

Data das campanhas de campo no córrego Mandacarú, descarga medida na seção e precipitação acumulada no dia da coleta e nos dias anteriores.

(continua)

Data	Descarga (l/s)	Precipitação no dia da medida (mm)	Precipitação em 2 dias anteriores (mm)	Precipitação em 3 dias anteriores (mm)	Precipitação em 4 dias anteriores (mm)
8/5/2008	206,68	0	0	0	0
17/7/2008	152,07	0	0	0	0
18/8/2008	228,34	0	0	45,4	87,2
16/9/2008	219,18	0	0	45	45
7/10/2008	157,71	0	0	18,5	18,5
4/12/2008	194,4	0	0,5	0,5	0,5
5/2/2009	330,4	0	33,8	83,6	84

					(conclusão)
26/8/2009	181,9	0	1,5	2,6	2,6

Fonte: Coleta de campo. Elaborado pelo autor, 2010

Com os dados da Tabela 3 observou-se a forte influência entre a descarga fluvial e o abastecimento constante do canal. Uma forma de avaliar tal relação é a análise da correlação entre os valores da descarga fluvial e o acumulado da precipitação nos dias anteriores. A análise de regressão linear entre a vazão e a precipitação acumulada em 1, 2 e 3 dias mostrou que o melhor ajuste ocorreu entre a precipitação acumulada nas 24 horas anteriores à medida de campo, com registro de  $r^2 = 0,7600$ , seguido do acumulado nas 48 horas com  $r^2 = 0,7518$ .

O gráfico mostrando o melhor ajuste destas variáveis está apresentado na Figura 17. Sendo que um valor de  $r^2 = 0,7600$  não é considerado uma alta correlação, mas para esta análise foi classificado como satisfatória, pois observando a Figura 17 tem-se que o valor de vazão do córrego Mandacarú com cerca de 330 l/s quando a precipitação marcou perto dos 35 mm.

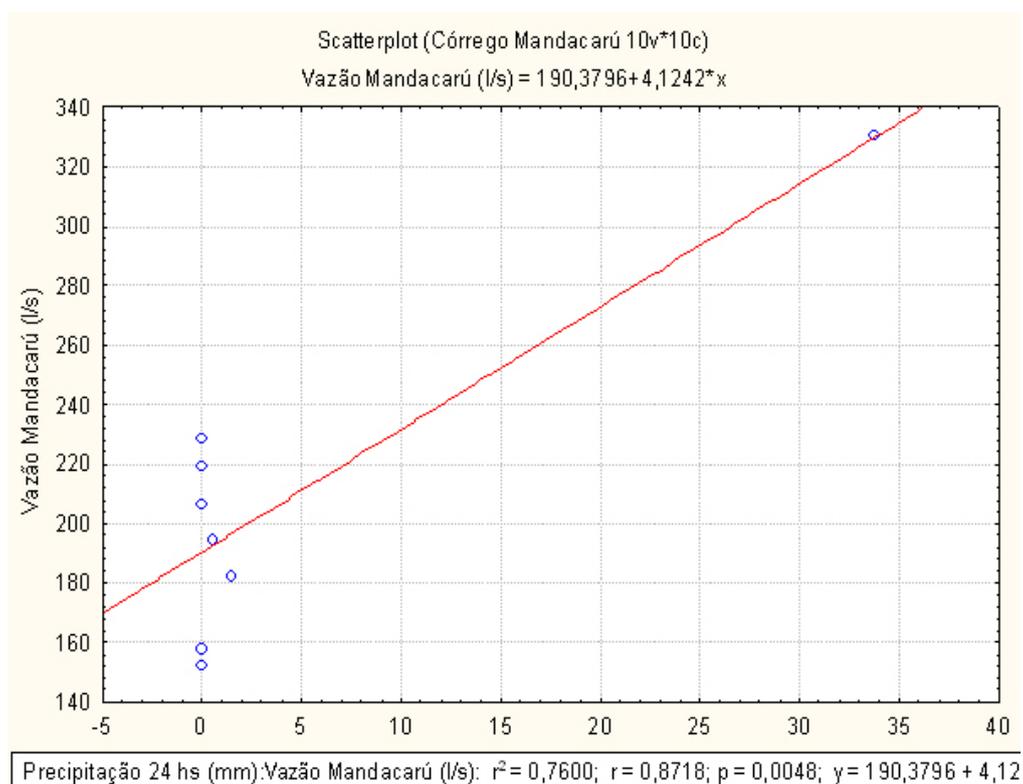


Figura 17. Gráfico da regressão linear entre a precipitação registrada nas 24 horas anteriores à medida de campo e o valor da vazão no Córrego Mandacarú.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

No córrego da Romeira foram efetuadas 13 medidas em campo da descarga líquida no canal, sendo todas registradas no local denominado ponto 9, local que também era feito medidas de erosão marginal. As datas dos levantamentos, os valores apurados e os acumulados das precipitações estão registrados no dia da coleta e dos dias anteriores encontram-se na Tabela 4.

**TABELA 4**

Data das campanhas de campo no córrego da Romeira, descarga medida na seção e precipitação acumulada no dia da coleta e nos dias anteriores.

(continua)

Data	Descarga (l/s)	Precipitação no dia anteriores (mm)	Precipitação em 2 dias anteriores (mm)	Precipitação em 3 dias anteriores (mm)	Precipitação em 4 dias anteriores (mm)
					(conclusão)
8/5/2008	97,02	0	0	0	0
17/7/2008	62,92	0	0	0	0
18/8/2008	97,61	0	0	45,4	87,2
16/9/2008	80,93	0	0	45	45
7/10/2008	81,00	0	0	18,5	18,5
5/2/2009	129,4	0	33,8	83,6	84
9/3/2009	141,6	38	64,5	64,5	64,5
13/3/2009	117,1	7,4	7,4	7,7	7,7
6/5/2009	105,44	0	0	44,4	44,4
27/5/2009	102,4	1,8	10	10	10
19/8/2009	111	22	45,4	45,4	45,4
26/8/2009	101,7	0	1,5	2,6	2,6
3/9/2009	95	3	3	3	3

Fonte: Estação meteorológica UEM. Elaborado pelo autor, 2010

Analisando a Tabela 4, tem-se que a variação da descarga líquida do canal é de 78,68 sendo que a vazão máxima registrada é de 141,6 l/s e a mínima 62,92 l/s. Mesmo com elevado registro pluviométrico, a vazão líquida do córrego da Romeiro não

registrou valores elevados como o córrego Mandacarú, classificando esta relação ao diferente uso e ocupação do solo nas duas bacias.

Mesmo não registrando elevado valor de vazão líquida, o fato é que quando o valor da precipitação, mesmo em dias anteriores ao registro dos dados, marcou valores acima de 40 mm, o valor da descarga líquida elevou, ficando entre 97 e 141,6 m/l.

### **4.3. Dados da erosão marginal**

Os dados de erosão marginal foram coletados em 9 pontos, sendo 7 no córrego Mandacarú e 2 no córrego da Romeira. Sendo assim, segue os resultados encontrados nas campanhas em campo e a descrição de cada ponto de coleta.

No ponto 1, localizado próximo a nascente do córrego Mandacarú foram feitas onze medidas. O recuo acumulado ao longo do período monitorado foi de 35,1 cm, o que resultou em uma taxa de erosão média de 2,92 cm/mês. A distribuição dos valores de recuo ao longo do tempo encontra-se na Figura 18. A curva de ajuste dos dados mostra uma tendência de aumento até atingir o seu máximo, dezembro de 2008, e em seguida diminuindo a valores baixos. O maior valor obtido não chegou a 10 cm (período entre 23/01/09 e 05/03/09)

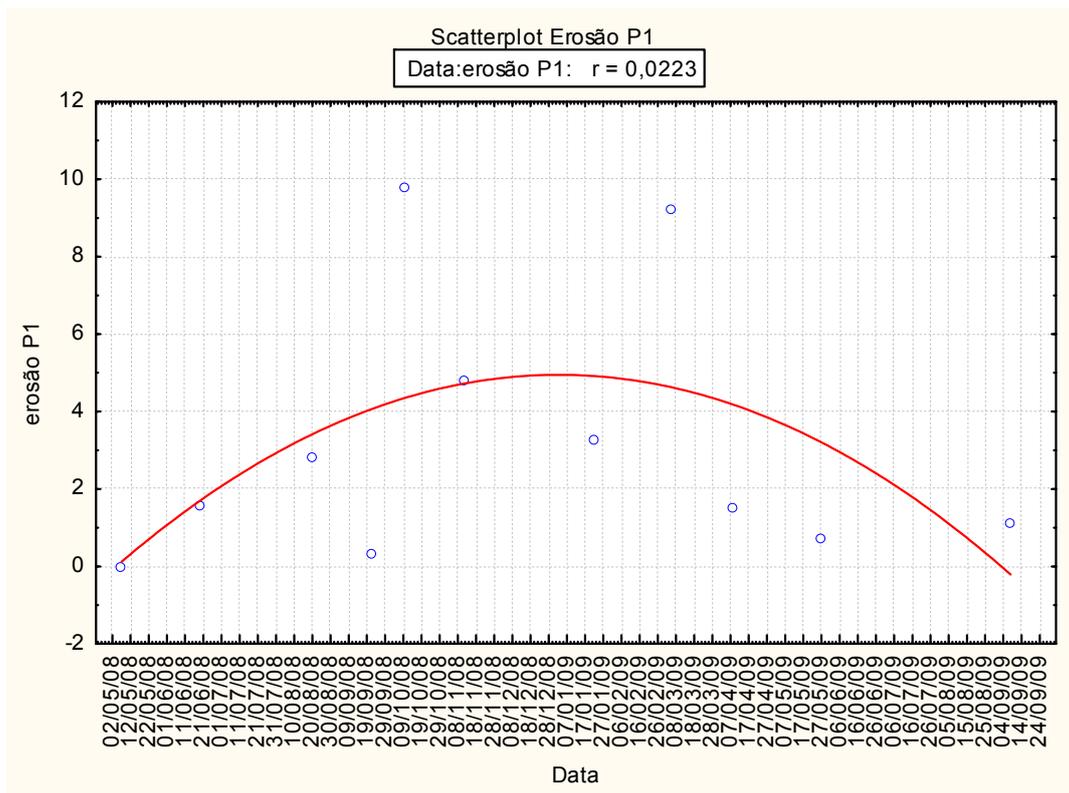


Figura 18. Variação temporal do valor médio de recuo das margens medido no ponto 1.  
Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

A área de amostragem do ponto 1 está numa altitude de 495m e possui ambas as margens elevadas, formando paredes com altura entre 1,5 a 2m. A margem direita apresenta uma alta densidade de raízes de Taquara ao longo de uma grande área. A margem esquerda apresenta dutos de galeria pluvial quebrados e uma enorme quantia de raízes sobressaindo às margens, sendo estas situações apresentada na Figura 19. Ainda nesta figura é demonstrado o croqui da área onde foi monitorado a erosão das margens.



margem direita



área amostragem dos pinos

## Ponto 1



Figura 19. Fotos e croqui da área de amostragem da erosão marginal - Ponto 1.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

No ponto 2, localizado no canal principal do córrego Mandacarú, foram realizadas dez medidas. O recuo acumulado do período foi de 144 cm e o valor médio da erosão foi de 9 cm/ mês. Os valores de recuo mostraram tendência a aumentar ao longo do tempo, como pode ser observado na Figura 20, quando o recuo chegou a 52,7 cm no período entre 23/01/09 e 05/03/09 e ao passar do tempo voltou a diminuir. Este comportamento pode ser relacionado ao período de maior concentração de chuva na região, os meses de verão, período que foi registrado os maiores valores da taxa de erosão, assim a relação com o aumento da vazão fica muito evidente.

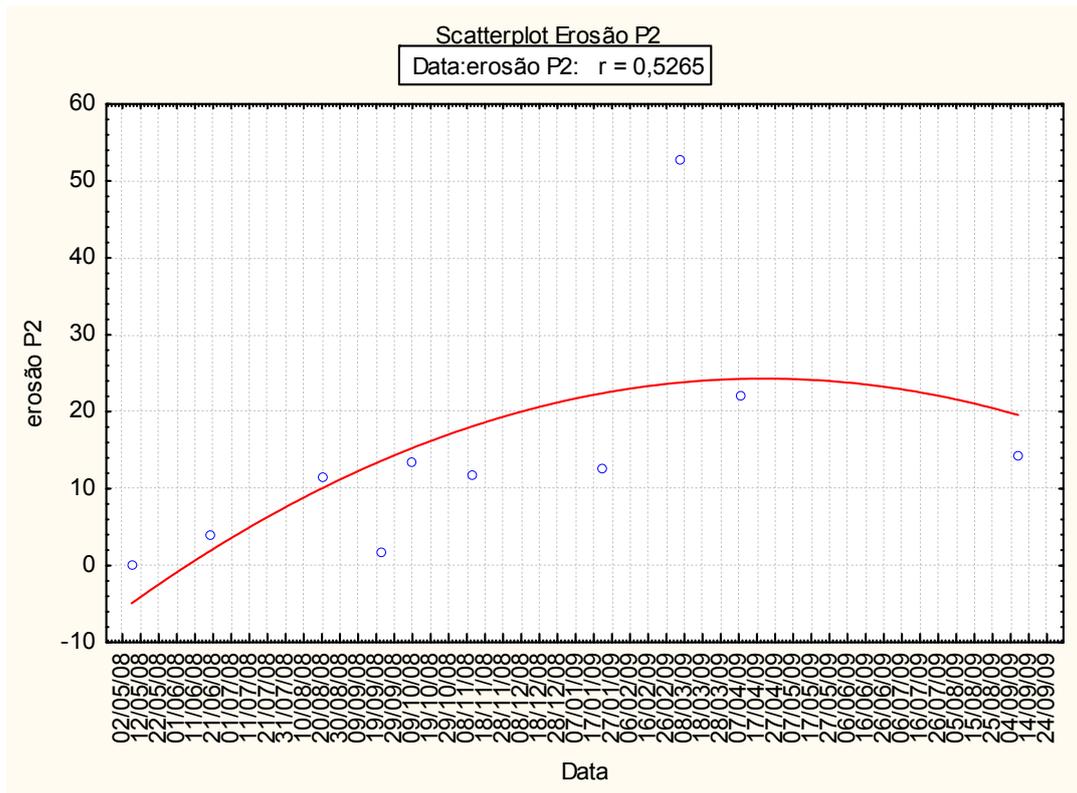


Figura 20. Variação temporal do recuo médio da margem medido no Ponto 2.  
Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

A área de amostragem do ponto 2 está numa altitude de 455m, ambas as margens possuem altura entre 1 a 1,5m, sendo a margem direita mais uniforme e a esquerda com pequenos patamares e presença de vegetação rasteira. O canal apresenta características retilíneas nesta região de amostragem. O ponto está localizado em uma reserva florestal urbana de 0,16 km<sup>2</sup> de área, sendo assim a área de direta influência do ponto apresenta boa conservação ambiental em seu entorno, mas a influência da rede de drenagem urbana em más condições não foram suficiente para suportar determinadas precipitações. A figura 21 apresenta um croqui da área onde os pinos foram dispostos, assim observamos um trecho retilíneo do canal.

## Ponto 2

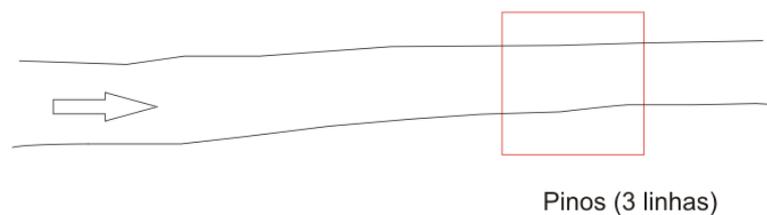


Figura 21. Croqui da área de amostragem da erosão marginal- Ponto 2.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

No ponto 3, situado a 1km à jusante do Ponto 2, foram realizadas dez medidas, onde o valor acumulado registrado foi de 72,6 cm, indicando que a erosão média foi de 4,68 cm/mês. A distribuição temporal dos valores de recuo indica uma tendência ao aumento dos valores, como demonstra a figura 22, na qual se pode observar que o recuo máximo registrado foi de 16,8 cm no período entre 23/01/09 e 05/03/09, período de maior concentração pluvial da região.

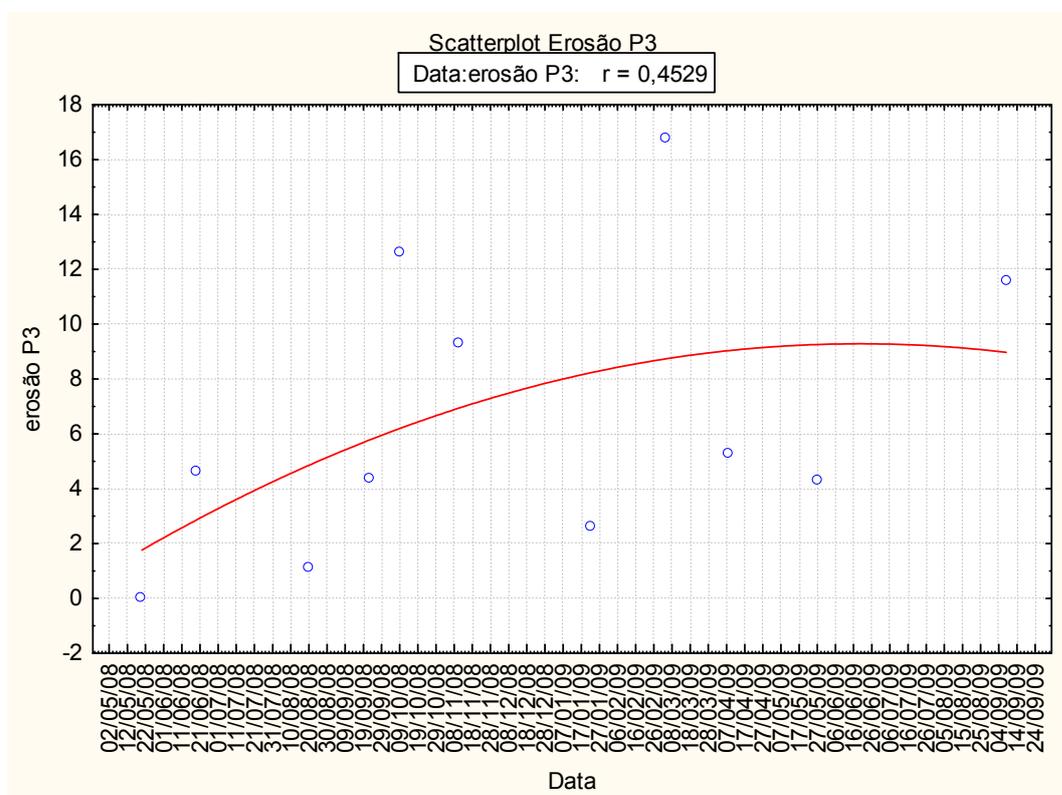


Figura 22. Variação temporal do recuo médio da margem medido no Ponto 3.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

A área de amostragem do ponto 3 está em uma cota altimétrica de 435m. O canal apresenta um largo espaçamento entre as margens, onde a da esquerda apresenta elevada altura formando um “paredão” no local da análise dos pinos, já a margem da direita possui uma inclinação suave para a vertente. Uma característica deste local é a grande quantidade de material grosseiro que forma um banco de areia junto a margem esquerda. Como o canal neste local é alargado, há pouca profundidade, assim tem-se diversas rochas basálticas em exposição no leito do canal, onde pode ser observado na figura 23.



medição na margem esquerda

visão geral do ponto 2

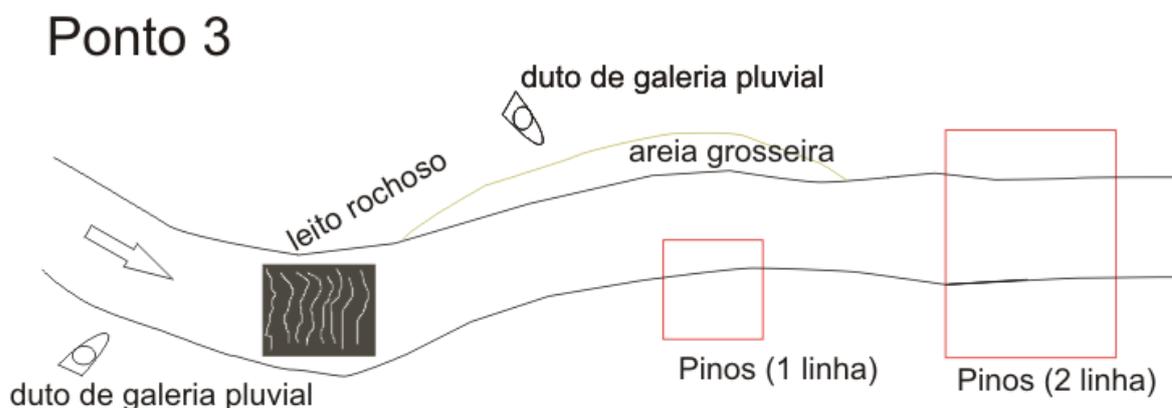


Figura 23. Fotos e croqui da área de amostragem da erosão marginal- Ponto 3.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

No ponto 4, situado 1,5km à jusante do Ponto 3 foram realizadas 8 medidas neste conjunto de pinos. O valor acumulado foi de 22,5 cm, o que resulta em uma taxa de erosão média de 1,55 cm/mês. A variação temporal dos valores observados mostra uma tendência de aumento do recuo até atingir um máximo de 15,5 cm no período entre

22/01/09 e 08/03/09, voltando a diminuir após este valor. A Figura 24 demonstra o comportamento da erosão marginal do ponto 4, assim tem-se que os valores cotados não passaram de 3 cm de recuo na somatória dos pinos, mas um valor de 15,5 cm foi registrado em um período de elevada concentração pluvial, fator da alta taxa de erosão registrada.

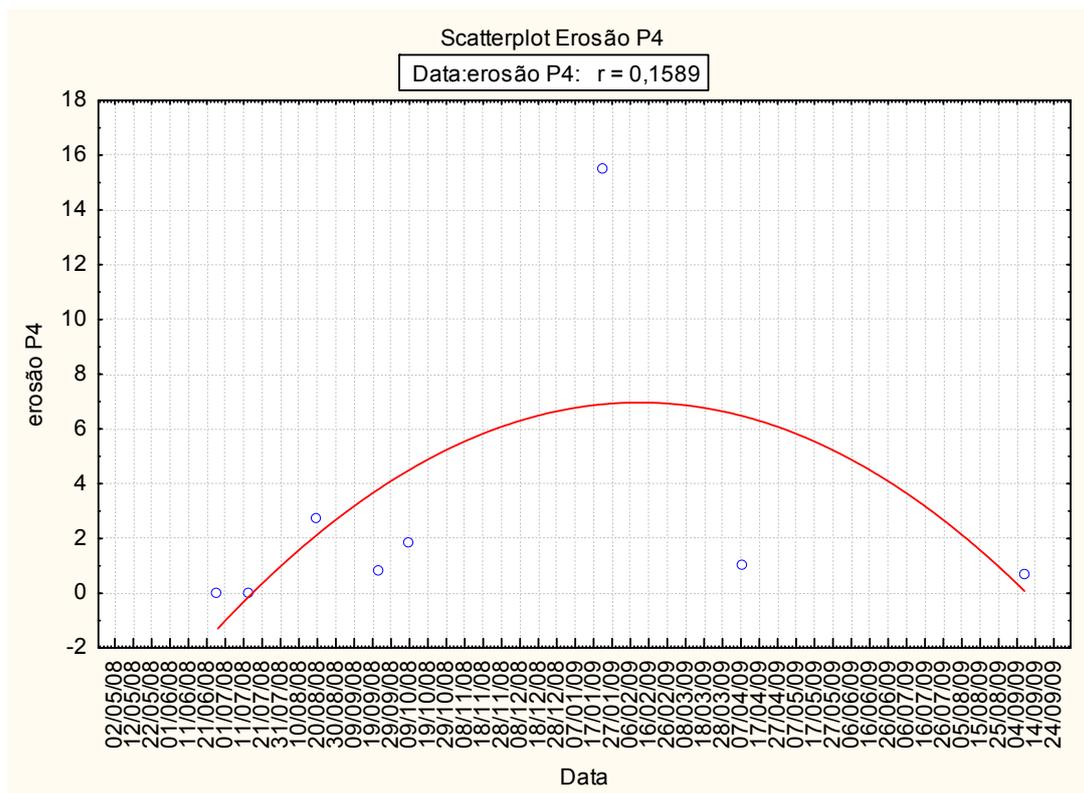


Figura 24. Variação temporal do recuo médio da margem medido no Ponto 4.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

A área de amostragem do ponto 4 está em uma cota altimétrica média de 422m. O trecho do canal possui uma sinuosidade para a esquerda e as margens são caracterizadas como: a margem direita alta e perpendicular ao leito e a margem esquerda com baixo aclave e presença de vegetação rasteira.

Uma característica importante neste ponto é a presença de uma rocha sã exposta entre o canal e a margem direita, evidenciando que o canal vem perdendo margem. Como observado na figura 25, o croqui da área demonstra que a margem direita sofre influência direta do aumento acelerado da vazão e umas das evidências são grandes árvores quebradas e rocha sã exposta.

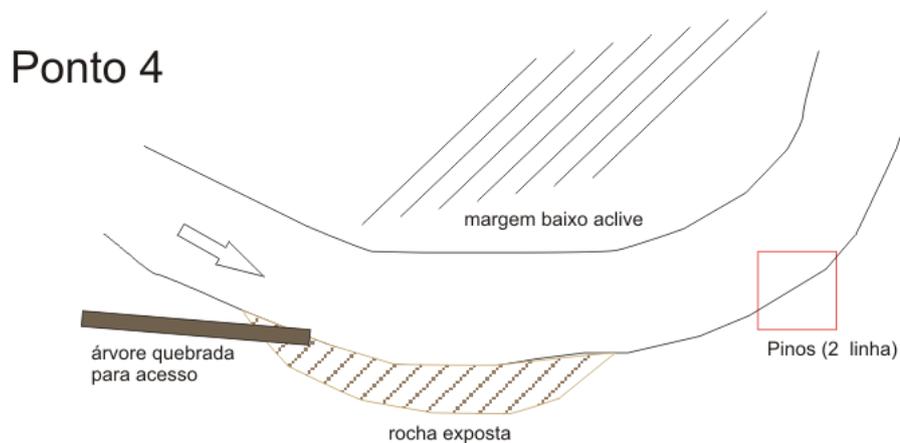
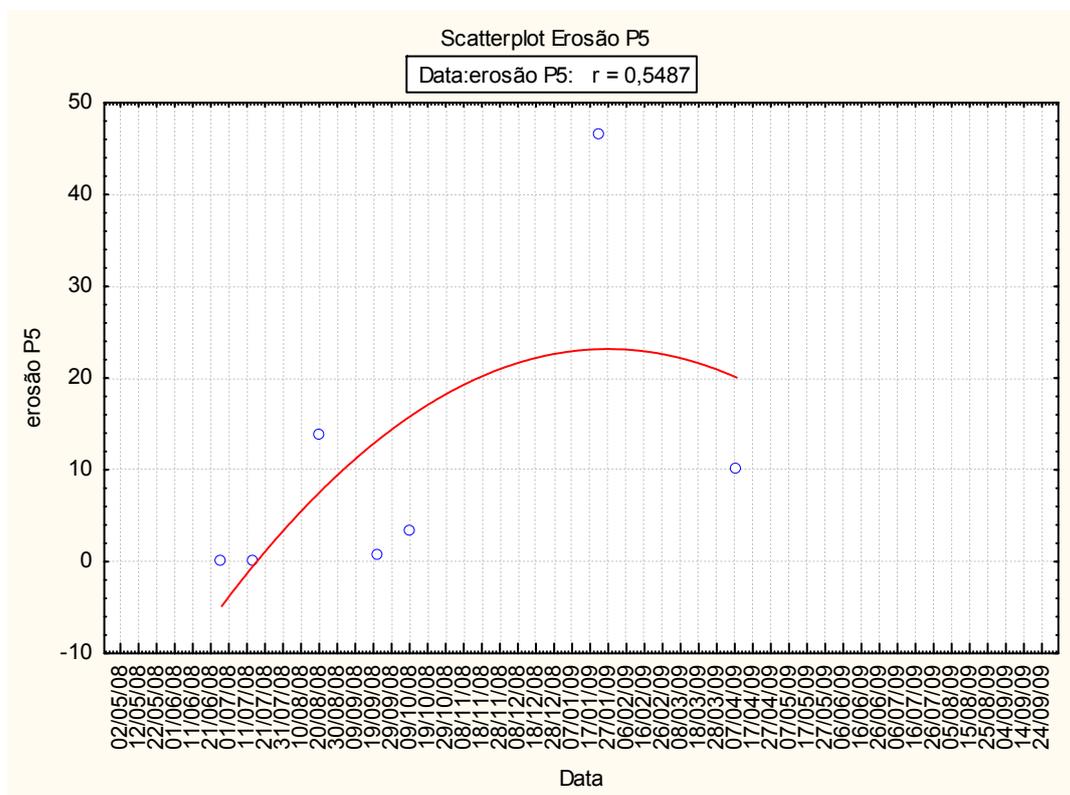


Figura 25. Croqui da área de amostragem da erosão marginal- Ponto 4.  
 Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

No ponto 5, situado a 300 m ao norte do ponto 4, foram efetuadas sete medidas das taxas de erosão marginal. O recuo acumulado no período foi de 74,4 cm, o que representa uma taxa de erosão média de 7,83 cm/mês. A variação temporal do recuo das margens, verificado na figura 26 demonstra uma tendência de aumento das taxas erosivas até o período entre 10/10/08 e 22/01/09, quando foi verificado um recuo de 48 cm, datado no dia 22/01/09, período que antecede elevada concentração de chuva.



A área de amostragem do ponto 5 está em uma cota altimétrica de 418m. Neste trecho do canal o leito é estreito e apresenta profundidade elevada, em comparação ao encontrado em outros pontos. Ambas as margem apresentam características de paredões, com altura variando ente 1,5 a 2 m. Neste trecho observou-se a perda de margem próximo ao espelho d' água, formando cavas, alargando o canal. Estas formas podem ser observadas na Figura 27, onde também observar-se na segunda fotografia a malha de lixo enroscado nas raízes e galhos, demonstrando assim a altura que o nível da água chega em elevadas precipitações.

Estas ocorrências podem causar solapamento da margem, pelo fato de ocorrer a erosão no nível médio da margem, a parte acima pode vim a se desagregar ocorrendo erosão total da margem.



### Ponto 5

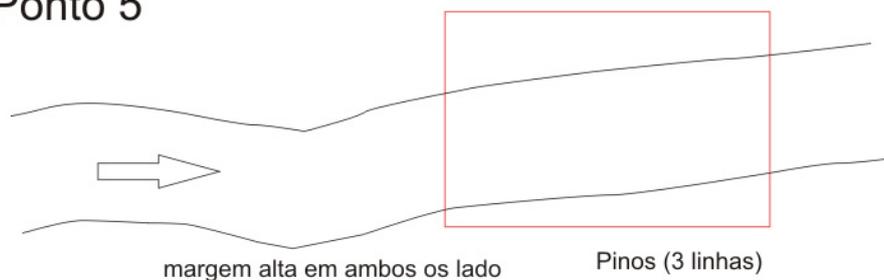


Figura 27. Fotos e croqui da área de amostragem da erosão marginal- Ponto 5.  
Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

No ponto 6, situado 1km à jusante do ponto 5, foram efetuadas dezessete medidas de erosão das margens. O valor acumulado do recuo foi de 143,8 cm, o que resultou em uma taxa de erosão de 10,27 cm/mês. A variação temporal dos valores obtidos em campo indica uma tendência de aumento até o período entre 07/01/09 e 20/01/09, quando foi medido um recuo de 42 cm. Após esse intervalo os valores de recuo diminuíram, como pode ser observado na figura 28. O período de maior taxa erosiva ocorreu no mesmo intervalo de tempo que se encontra os acumulados de chuva, relação já observada anteriormente em outros pontos.

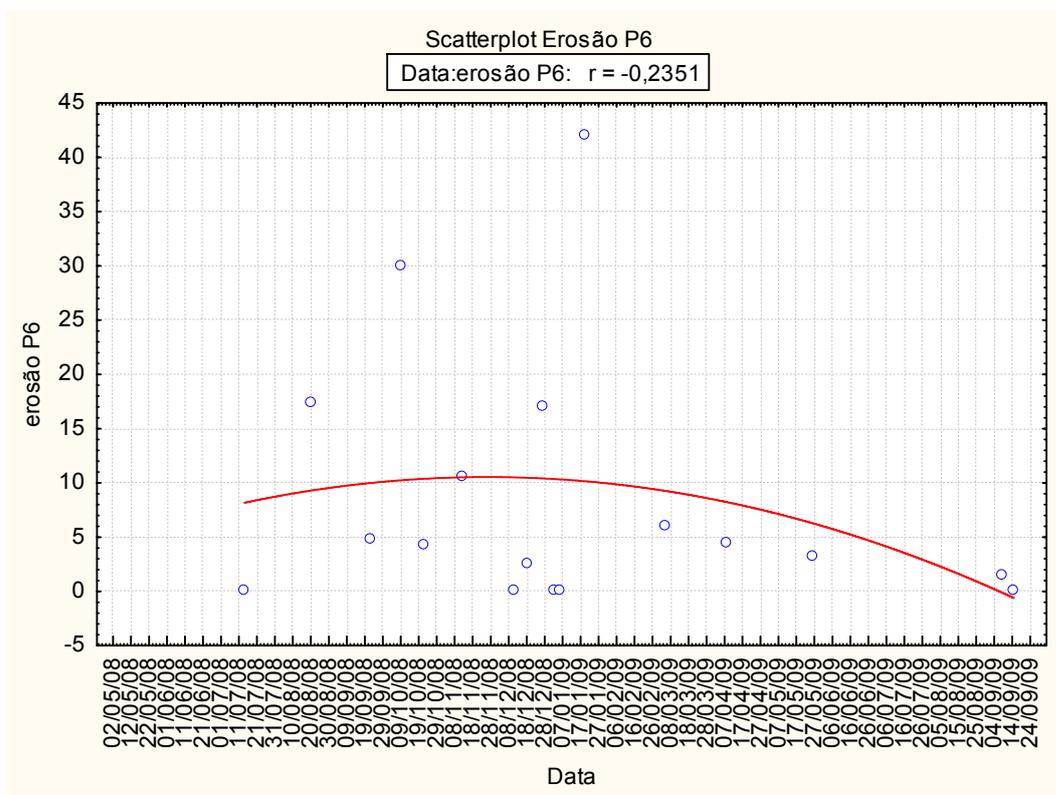


Figura 28. Variação temporal do recuo médio da margem medido no Ponto 6.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

A área de amostragem do ponto 6 está em uma cota altimétrica de 414m. Neste trecho o canal apresenta uma sinuosidade para esquerda, formando um ângulo com cerca de 90° e depois seguindo por um trecho retilíneo.

Em relação as características das margens, tem-se que a margem esquerda apresenta um baixo aclave e densa vegetação de pequeno e médio porte, já a margem

direita possui alto aclave e patamares, como pode ser observado na figura 29, referente ao croqui da área.

Devido a inflexão do canal para a esquerda, a margem direita sofre maior desgaste com eventos de alta vazão, decorrente do aumento de velocidade do fluxo de água, tornando-a com maior competência e elevando a taxa erosiva junto a margem. Nos levantamentos em campo constatou-se que a região apresenta diferentes pontos de profundidade do canal, sendo que a região próxima à sinuosidade apresenta maior profundidade, e logo após este trecho o leito apresenta sedimentos finos formando bancos de areia no fundo do canal, e a poucos metros a jusante ocorre presença de sedimentos grosseiros e menor profundidade no canal.

Nesse ponto de amostragem foram inseridos pinos em duas localidades diferentes. Uma linha de pinos na margem direita para observar a relação da sinuosidade do canal somado ao aumento da vazão e outro grupo de pinos foi colocado em duas linhas na feição retilínea da margem direita, seguindo diferentes patamares. Essas duas linhas de pinos registraram que esta região da margem apresenta instabilidade estrutural, fato este devido às quedas de blocos de margem dos patamares. A segunda fotografia da figura 29 demonstra o ocorrido.

(continua)



visão geral do ponto



margem esquerda

## Ponto 6

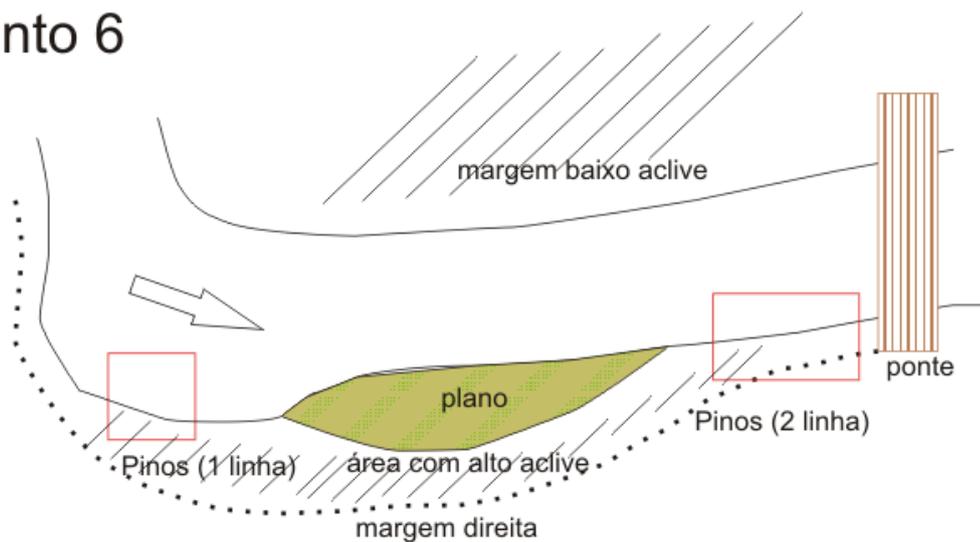


Figura 29. Fotos e croqui da área de amostragem da erosão marginal- Ponto 6

Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

No ponto 7, situado próximo à foz do córrego Mandacarú, foram efetuadas doze medidas. O recuo acumulado no período foi de 286,5 cm, resultando em uma taxa de erosão de 40,92 cm/mês. A variação temporal do recuo das margens, observada na figura 30, demonstra uma tendência ao aumento da taxa de erosão, com máximo entre 07/01/09 e 20/01/09, registrando o valor de 67,7 cm, sendo este período já foi mencionado em outros pontos como o de maior taxa erosiva e também com elevada concentração pluvial. Contudo, uma vez que o período posterior a esse intervalo não foi averiguado, não foi possível verificar a continuidade da tendência.



Nesse ponto a análise dos pinos foi cancelada no início de 2009, devido a uma obra de engenharia efetuada pela Sanepar (Companhia de saneamento do Paraná) no local onde se encontravam os pinos. A obra se deu pela necessidade de controlar as altas taxas de erosão das margens afim de não perder o duto da ETE, como pode ser visto no croqui da área na figura 31. Onde as perdas de margem estavam danificando a coluna de sustentação da ETE.



margem direita

margem direita

### Ponto 7

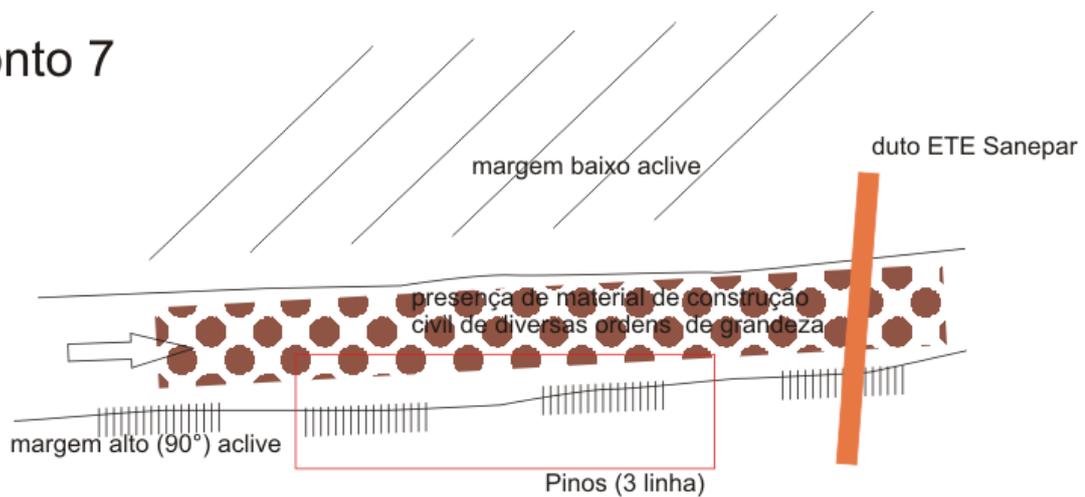


Figura 31. Foto e croqui da área de amostragem da erosão marginal- Ponto 7

Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

No ponto 8, situado no córrego da Romeira, foram efetuadas cinco medidas das taxas de erosão marginal. O recuo acumulado foi de 3,5 cm e a taxa de erosão média foi de 0,25 cm/mês, o que indicou pouca atuação da erosão marginal derivada da alta vazão.

A variação temporal dos dados de recuo, apresentado pela figura 32, demonstra um equilíbrio dos valores e a cota máxima registrada foi de 2,6 cm, entre os dias 22/09/08 e 05/02/09, período extenso e que concentra os maiores valores de precipitação, e mesmo assim a área não registou valores elevados da taxa erosiva. Os outros valores mensurados são irrisórios junto a questão taxa de erosão marginal e vazão líquida, podendo ser considerado os valores de erosão de cunho natural do córrego.

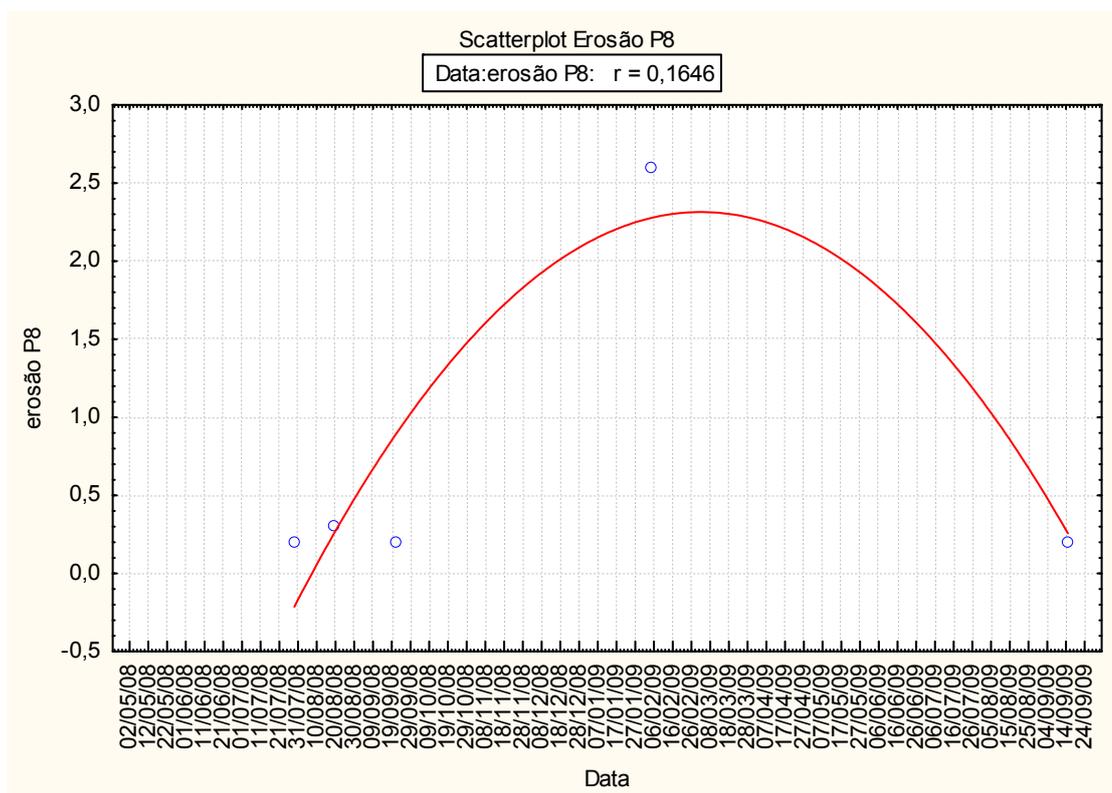


Figura 32. Variação temporal do recuo médio da margem medido no Ponto 8.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

A área de amostragem do ponto 8 encontra-se em altitude média de 468m. O trecho do canal analisado apresenta-se no médio curso do córrego, com trecho de pouca sinuosidade. A região do entorno do ponto é provida de vegetação de médio e grande porte, apresentado em bom estado de conservação. Uma obra de engenharia simples foi localizado no área entorno do ponto, sendo um conjunto de roda d'água, estrutura de canalização de nascentes e fios d'água e bombas d'água, todos hoje abandonados. Estas modificações perturbam a dinâmica natural do canal.

Caracteristicamente, observou-se que ambas as margens apresentam morfologia similares, possuindo elevações em torno de 1 m do espelho d'água e leito retilíneo, como pode ser visto na figura 33, referente ao croqui da área.

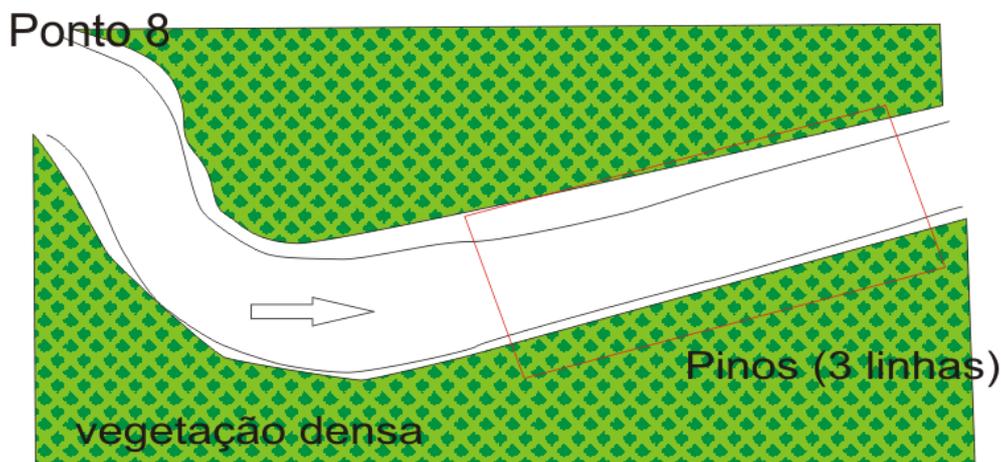


Figura 33. Croqui da área de amostragem da erosão marginal- Ponto 8.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

No ponto 9, situado próximo à foz do córrego da Romeira, foram efetuadas 9 leituras das taxas de erosão. O recuo acumulado foi de 4,1 cm, resultando em uma taxa de 0,29 cm/mês. Tal valor indicou que as margens são estáveis e que a vazão do canal não sofre influência direta nas altas precipitações, com consequência, elevando as taxa erosivas marginais, fato observado em outros pontos. A variação temporal dos dados indica uma homogeneidade das taxas erosivas, sendo o valor máximo encontrado de 1,8 cm entre 06/02/09 e 27/05/09, fato verificado na figura 34.



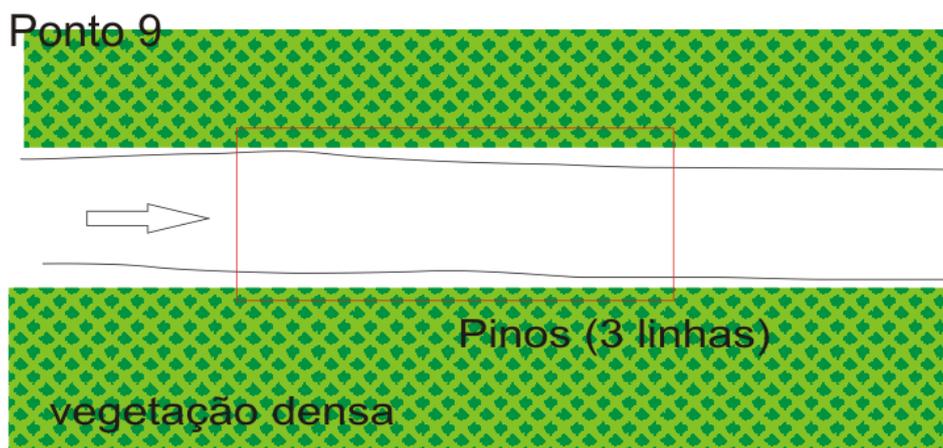


Figura 35. Croqui da área de amostragem da erosão marginal- Ponto 9

Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

Os dados de recuo médio de todos os pontos estão apresentados na figura 36. O conjunto de pontos de amostragem do córrego Mandacarú (P1 a P7), apresentaram valores mais elevados que os do córrego Romeira (P8 e P9). Uma vez que o córrego Mandacarú tem forte influência urbana, é provável que a urbanização na alta e média vertente da bacia e a falta de infraestrutura adequada na baixa, seja responsável pelas taxas de erosão elevadas, quando analisadas junto a precipitação pluvial.

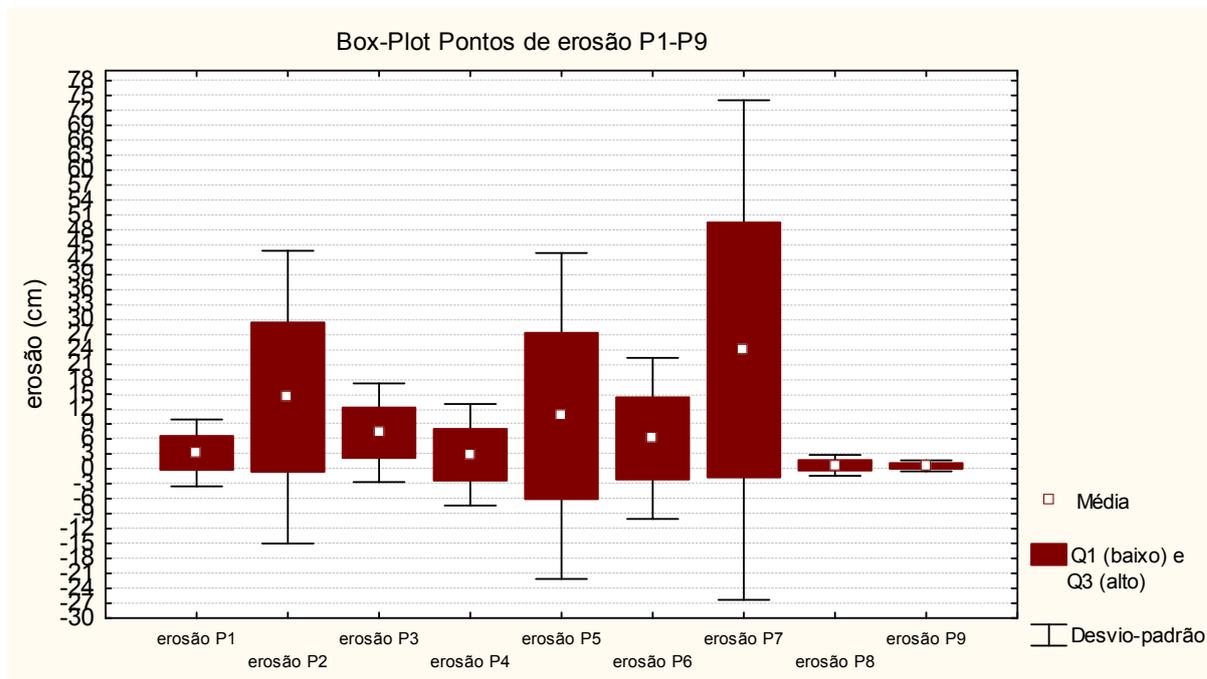


Figura 36. Recuo médio e desvio padrão dos 9 pontos de amostragem.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

A análise dos dados do córrego Mandacarú demonstra a existência de dois conjuntos distintos: (i) os pontos 1, 3, 4 e 6 que apresentaram taxas mais baixas de erosão marginal, enquanto (ii) os pontos 2, 5 e 7 demonstraram taxas mais elevadas.

Uma vez que as taxas de erosão são fortemente controladas pela velocidade de fluxo (Rocha et al 1999), os valores deveriam aumentar de montante para jusante, acompanhando o aumento da descarga fluvial. Contudo, a velocidade de fluxo também é controlada pelo gradiente do leito, como pode ser observado nas figuras 37 e 38, que apresentam o perfil longitudinal de cada córrego.

Os valores máximos registrados para cada ponto no córrego Mandacaú foram: P1 9,8cm, P2 52,7cm, P3 16,8cm, P4 15cm, P5 46,5cm, P6 42cm e P7 67,7cm. Ao relacionar os valores com a morfologia do leito, tem-se-que, segundo ROCHA et. al (1999), o gradiente do leito está diretamente ligado ao aumento das taxas de erosão marginal, contudo, o ponto 2 (P2), apresentou um valor que se desconfigura desta temática. Embora, todos outros valores mantiveram a relação de quanto mais a jusante, maior a taxa erosiva, então no ponto 2 pode ter alguma variável atuante, não mensurada, fazendo com que a taxa erosiva obtivesse valores elevados neste ponto.

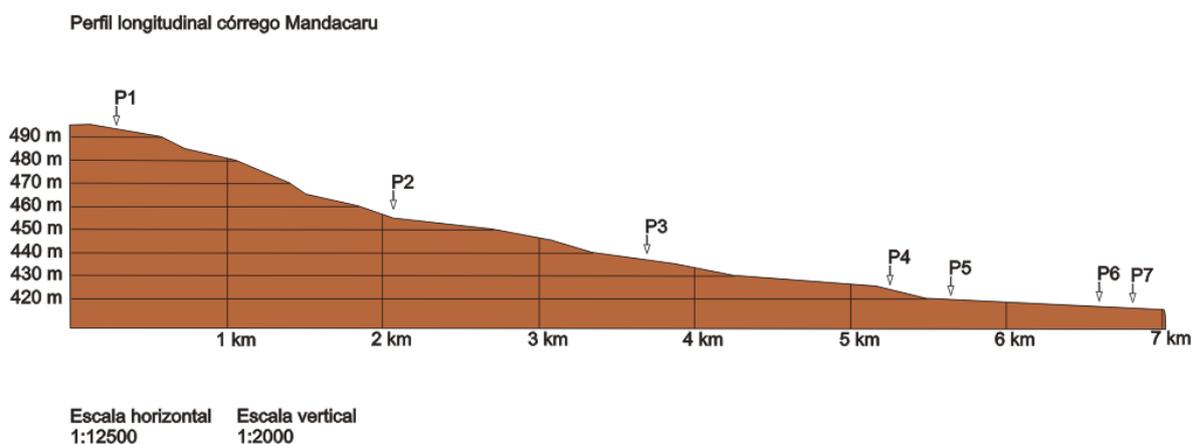


Figura 37. Croqui do Perfil longitudinal do córrego Mandacarú

Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

Para o córrego da Romeira observou-se valores máximos de erosão para o ponto 8 (P8) com 2,6cm e ponto 9 (P9) com 1,8cm. Valores estes compreendidos como baixos, oriundos do desgaste natural das margens. Observando o perfil longitudinal do córrego da Romeira, apresentado na figura 38, verifica-se que o gradiente do leito apresenta grau constante, sendo que apenas na cabeceira do córrego o grau é um pouco mais elevado, em comparação com o resto do canal, assim pode-se justificar o valor elevado do ponto 8 entre o ponto 9.

Perfil longitudinal córrego da Romeira

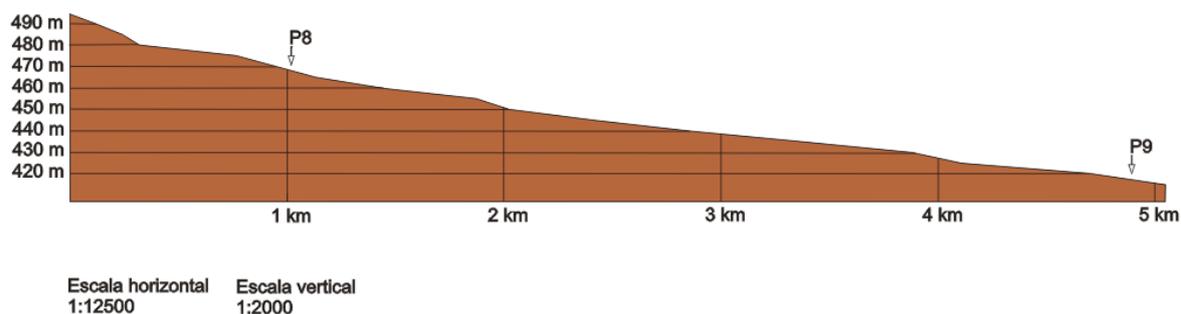


Figura 38. Croqui do Perfil longitudinal do córrego da Romeira  
 Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

#### 4.4. Transporte de sedimentos

O transporte de sedimentos ou descarga sólida, foi obtido por meio de medidas da concentração de sedimentos em suspensão quando da elevação da descarga fluvial; onde também foi obtido dados de turbidez. O valor do transporte de sedimentos mensurado no momento da obtenção dos dados em campo é o resultado da multiplicação da descarga fluvial pela concentração de sedimentos.

Os dados de concentração de sedimentos em suspensão, de turbidez e de transporte de sedimentos em suspensão, obtidos para o córrego Mandacarú, encontram-se na Tabela 5.

**Tabela 5**

Dados de vazão, concentração de sedimentos em suspensão, turbidez e descarga sólida em suspensão obtidos para o córrego Mandacarú.

Data	Vazão (l/s)	Concentração (mg/l)	Turbidez (NTU)	Descarga sólida (mg/s)
8/5/2008	206,68	2,8		579
17/7/2008	152,07	1,6	4,22	243
18/8/2008	228,34	4,3	5	982

16/9/2008	219,18	2,5	4,6	548
7/10/2008	157,71	3,0	4,92	473
4/12/2008	194,4	6,0	7,1	1166
5/2/2009	330,4	82,5	119	27258
26/8/2009	181,9	10,5	10,5	1910

Fonte: Coleta de campo. Elaborado pelo autor, 2010

Os dados de concentração dos sedimentos em suspensão mostraram um excelente ajuste quando correlacionados aos dados de turbidez, demonstrado na figura 39. Este gráfico evidencia que a turbidez é controlada quase que exclusivamente pela carga em suspensão, enquanto que a contribuição de elementos dissolvidos (em especial ácidos orgânicos) é insignificante. Esta relação é confirmada pelo valor de  $r^2$  igual a 0,998 e a linha de ajuste em vermelho no gráfico está aferindo a relação dos valores, representados em azul.

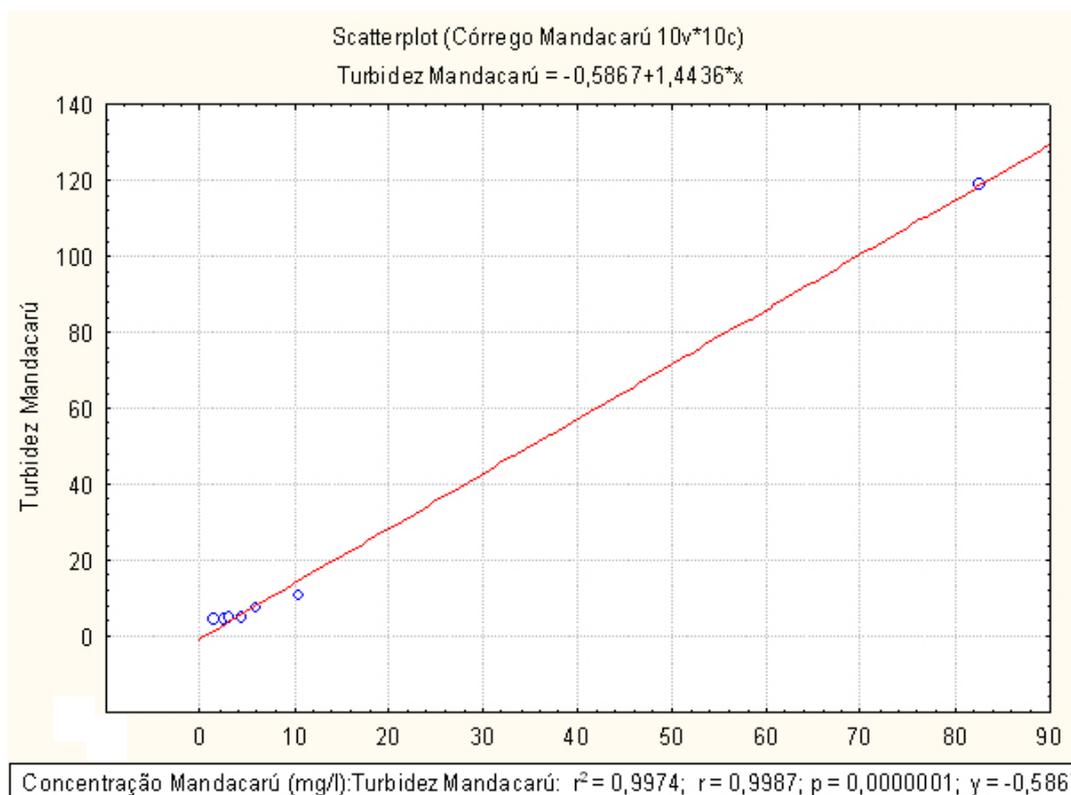


Figura 39. Gráfico da regressão linear entre a concentração de sedimentos em suspensão e os valores de turbidez obtidos no córrego Mandacarú.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

Na figura 40, analisamos a regressão linear entre os valores de concentração e os valores de descarga do córrego Mandacarú, apresentando um valor de  $r^2$  igual a 0,762, classificado como médio ajuste ente os valores. Esta relação confirma que a concentração de sedimentos aumenta conforme o aumento da descarga fluvial, mas ocorrem outras variáveis não mensuradas neste gráfico que também controlam estes valores.

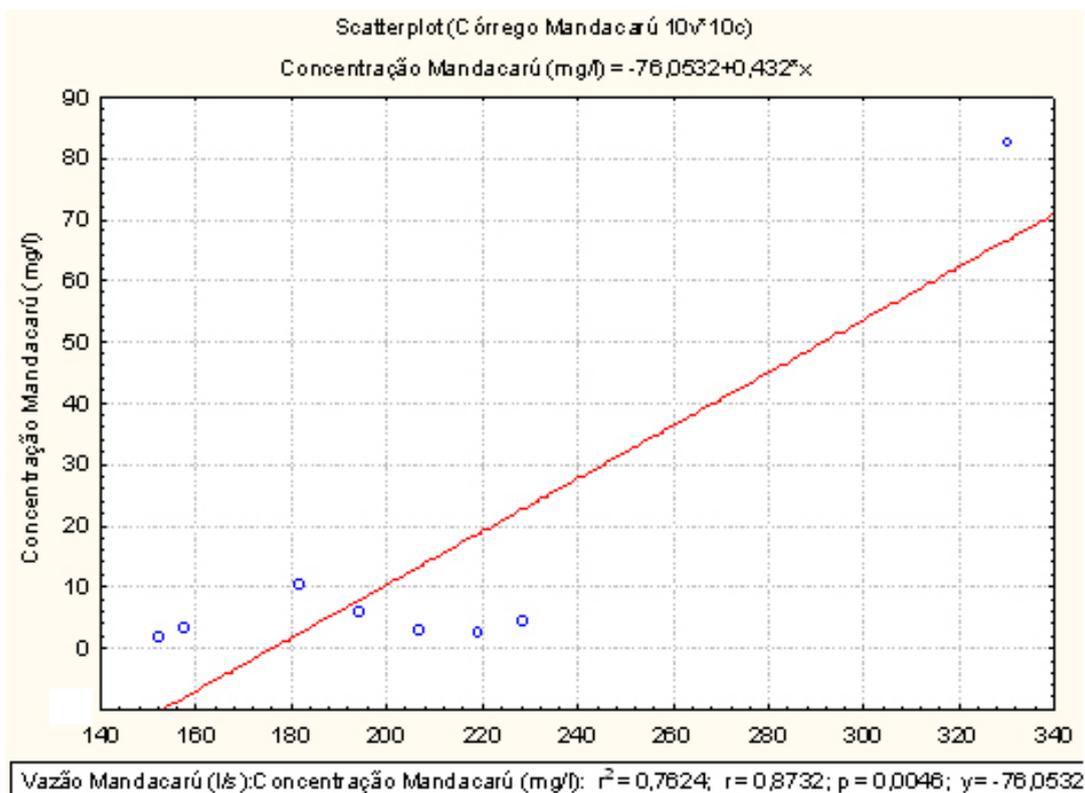


Figura 40. Gráfico da regressão linear entre a vazão e a concentração de sedimentos em suspensão obtidos no córrego Mandacarú.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

A relação direta e positiva entre ambas as variáveis pode indicar que os sedimentos em suspensão são provenientes da erosão marginal, uma vez que as taxas erosivas dependem da velocidade de fluxo (Rocha et al 1999), e estas dependem da descarga fluvial.

Para afirmar essa verificação, foi realizada a análise de regressão entre os dados de precipitação e os valores de concentração de sedimentos. A análise de regressão entre as variáveis mencionadas apresentou um ajuste quase perfeito, com valor de  $r^2$  igual a

0,996, como mostra a figura 41. Este dado representa a importante participação dos sedimentos provenientes da bacia, carregados por meio do escoamento superficial.

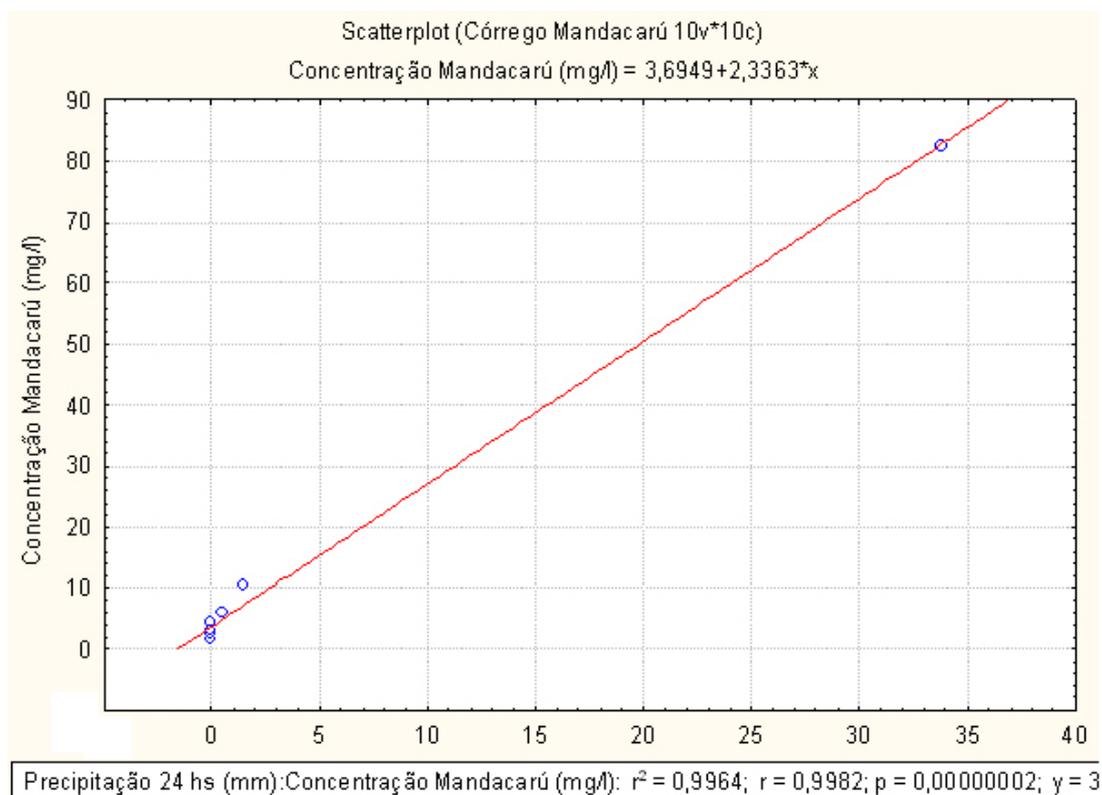


Figura 41. Gráfico da regressão linear entre a precipitação registrada no dia anterior à coleta e a concentração de sedimentos em suspensão obtidos no córrego Mandacará.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

A correlação entre a precipitação registrada no dia anterior e o transporte de sedimentos mostra a indicação que a variável transporte de sedimentos está fortemente relacionado à precipitação recente. Ambas as relações obtidas chamam a atenção para a pequena eficácia das medidas de conservação de solo implementadas na bacia.

Os dados de concentração de sedimentos em suspensão, de turbidez e de transporte de sedimentos em suspensão, obtidos para o córrego da Romeira encontram-se na Tabela 6.

**Tabela 6**

Dados de vazão, concentração de sedimentos em suspensão, turbidez e descarga sólida em suspensão obtidos para o córrego da Romeira.

(continua)

Data	Vazão (l/s)	Concentração (mg/l)	Turbidez (NTU)	Descarga sólida (mg/s)
8/5/2008	97,02	6,1		592
				(conclusão)
17/7/2008	62,92	14,4	13,1	1007
18/8/2008	97,61	5,0	9,7	488
16/9/2008	80,93	2,6	7,7	210
7/10/2008	81,00	4,0	8,2	324
5/2/2009	129,4	13,8	13,4	1786
9/3/2009	141,6	17,2	22,8	2436
13/3/2009	117,1	10,8	14,2	1265
6/5/2009	105,44	5,3	7,72	559
27/5/2009	102,4	4,4	6,01	541
19/8/2009	111	6,8	13,1	755
26/8/2009	101,7	6,4	9,51	651
3/9/2009	95	10,4	16,1	988

Fonte: Coleta de campo. Elaborado pelo autor, 2010

Para este conjunto de dados foram elaborados diversas correlações. A correlação entre a concentração de sedimentos em suspensão e a turbidez do córrego da Romeira mostrou um ajuste pior que o apresentado no córrego Mandacarú. Como pode ser observado na figura 42 com  $r^2$  igual a 0,754, onde para o córrego Mandacarú o  $r^2$  é igual a 0,997. Esse dado indica que há outro fator controlando a turbidez, além da concentração de sedimentos. Uma vez que a bacia é ocupada inteiramente por atividades rurais, a contribuição de ácidos orgânicos pode ser maior.

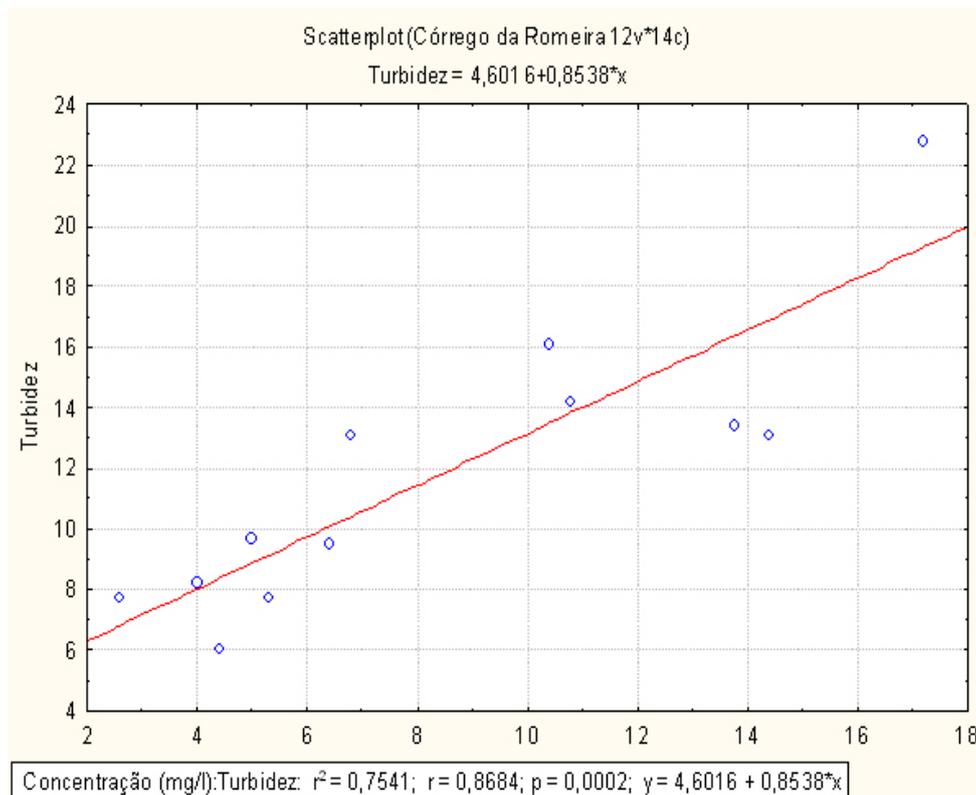


Figura 42. Gráfico da regressão linear entre a concentração de sedimentos em suspensão e os valores de turbidez obtidos no córrego da Romeira.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

Os valores de concentração de sedimentos não se correlacionaram diretamente com os valores da descarga fluvial, como analisado na figura 43. Nesta correlação tem-se que o valor de  $r^2$  é igual a 0,190, valor que demonstra nenhuma relação direta entre as duas variáveis, e tampouco com a turbidez, como apresenta a figura 44, na qual a correlação entre a descarga e a turbidez apresentou valor de  $r^2$  igual a 0,294.

É possível que a obtenção de dados, durante a ocorrência da precipitação pluvial, tenha prejudicado a correlação entre os dados, uma vez que o escoamento superficial deveria estar mais intenso nestes dias, acarretando a inclusão de outras variáveis dentro do processo.

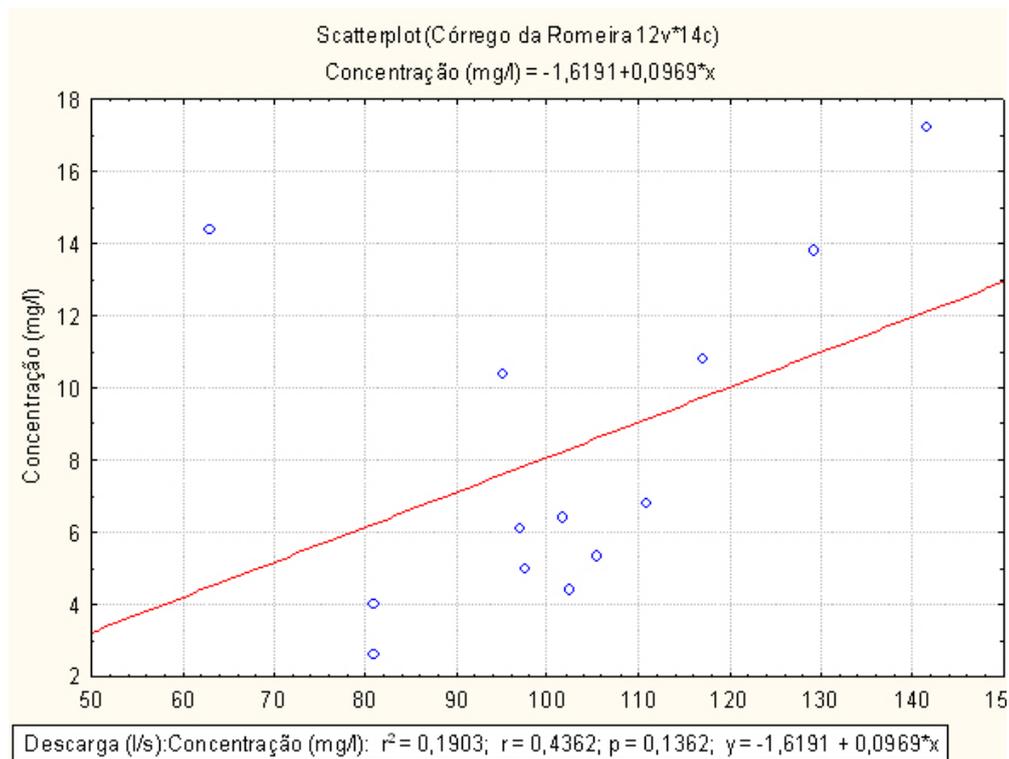


Figura 43. Gráfico da regressão linear entre a vazão e a concentração de sedimentos em suspensão obtidos no córrego da Romeira.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

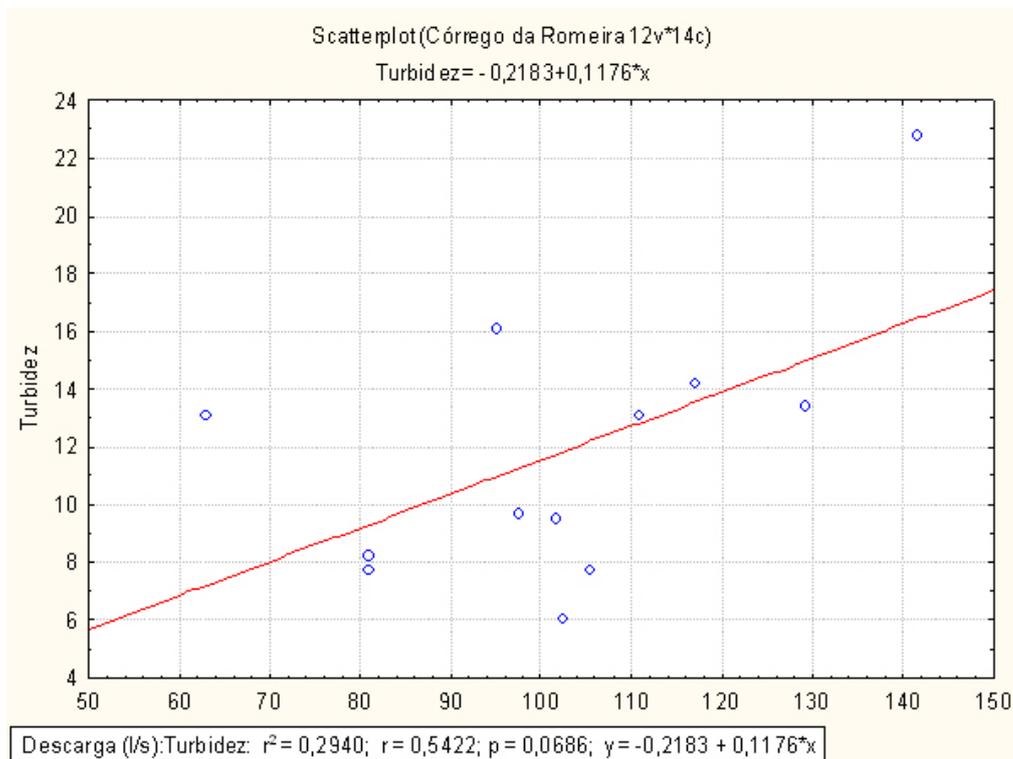


Figura 44. Gráfico da regressão linear entre a vazão e a turbidez no córrego Mandacarú.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

A correlação entre os valores acumulados da precipitação (em diversos períodos), e a concentração de sedimentos demonstrou baixos valores de  $r^2$  em todos os

casos de comparação analisada, mostrando que quando se considerou o conjunto total de dados, a precipitação não explica a concentração de sedimentos ou a turbidez, neste caso do córrego da Romeira.

A análise dos dados obtidos em dias sem chuva também resultou em baixos valores de  $r^2$ , demonstrando que na bacia do córrego da Romeira a descarga e a precipitação não foram os fatores mais importantes no controle da concentração de sedimentos.

A análise das relações entre as variáveis, utilizando-se apenas os dias com coleta sob chuva, mostrou que a correlação entre a descarga fluvial e a concentração de sedimentos é baixa, sendo um  $r^2$  de 0,598, apresentado na figura 45. A correlação entre o valor da precipitação no dia da coleta e a concentração de sedimentos em suspensão foi a que demonstrou melhor ajuste entre as variáveis mensuradas e correlacionadas, mas ainda assim o  $r^2$  foi inferior a 0,6.

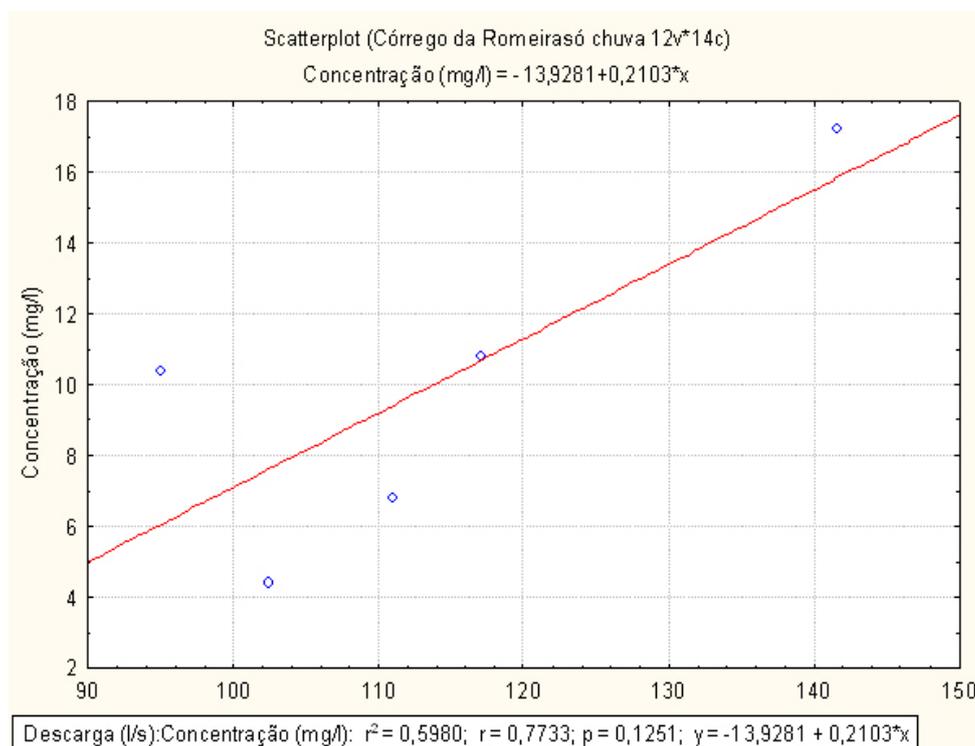


Figura 45. Gráfico da regressão linear entre a vazão e a concentração de sedimentos em suspensão obtidos no córrego da Romeira, considerando-se apenas as coletas realizadas em dias com chuva.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

Tais resultados demonstram que durante a ocorrência da chuva, sob escoamento superficial mais intenso, a precipitação e a descarga líquida apresentam maior influência sobre a concentração de sedimentos e portanto, sobre o transporte fluvial.

As relações entre precipitação, vazão e concentração de sedimentos, observadas na bacia do córrego da Romeira foi diferente do córrego Mandacaru, assim podendo ser relacionadas ao diferente uso, ocupação e condições de cobertura do solo. A figura 46 demonstra uma evidência dessa situação, uma vez que todos os valores situados acima da reta de ajuste, são aqueles nos quais a concentração de sedimentos em suspensão foi superior a 10 mg/l.

A comparação entre a concentração de sedimentos suspensos dos córregos e a produção específica de sedimentos das respectivas bacias, encontra-se na tabela 7. Pelo exposto, verifica-se que o transporte de sedimentos é maior em um córrego em determinados períodos do ano e menor em outros, o mesmo acontece com a produção específica de sedimentos. Assim pode-se dizer que as bacias são controladas pelos eventos pluviométricos, pois quando analisado o período de maior concentração pluvial, o córrego Mandacaru apresenta valores maiores aos encontrados no córrego da Romeira.

**Tabela 7**

Transporte de sedimentos e Produção específica de sedimentos para datas de coleta.

(continua)

Data	Transporte de sedimentos (mg/s)		Produção específica de sedimentos (mg/s/km <sup>2</sup> )	
	Mandacaru	Romeira	Mandacaru	Romeira
8/5/2008	579	592	36,65	66,52
17/7/2008	243	1007	15,38	113,15
18/8/2008	982	488	62,15	54,83
16/9/2008	548	210	34,68	23,6
7/10/2008	473	324	29,94	40,5
4/12/2008	1166	não realizado	73,8	não realizado
5/2/2009	27258	1786	1725,2	200,67
9/3/2009	não realizado	2436	não realizado	273,71
13/3/2009	não realizado	1265	não realizado	142,14
6/5/2009	não realizado	559	não realizado	62,81
27/5/2009	não realizado	541	não realizado	60,79
19/8/2009	não realizado	755	não realizado	84,83

				(conclusão)
26/8/2009	1910	651	120,89	73,15
3/9/2009	não realizado	988	não realizado	111,01

Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

Analisando a tabela 6, verifica-se que o transporte no córrego Mandacarú foi mais elevado em fevereiro de 2009, quando atingiu o valor de 27258 mg/s, mas em dezembro de 2008 e em agosto de 2009, também atingiu valores altos, em comparação aos outros meses analisados. Já o córrego da Romeira apresentou valores com pouca variação, mesmo no transporte de sedimentos como na produção de sedimentos.

A variação temporal do transporte de sedimentos do córrego Mandacarú pode ser observada na figura 46, onde o gráfico apresenta sinuosidade até que na leitura de 5/2/2009 o valor foi muito elevado, tendo que ser demonstrado no gráfico em 10% do valor integral.

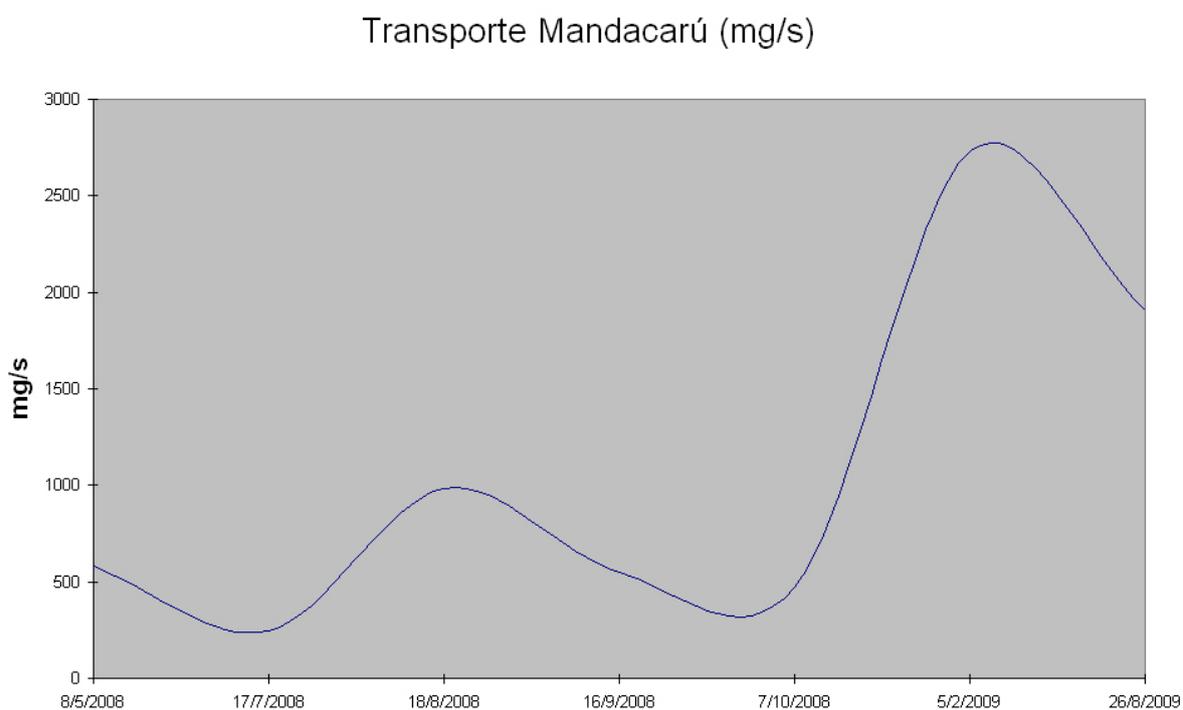


Figura 46. Variação temporal do transporte de sedimentos no córrego Mandacarú. (o valor de fevereiro está dividido por 10).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

O transporte de sedimentos do córrego da Romeira obteve seu valor mais elevado entre fevereiro e março de 2009, apresentando também valores elevados em julho de 2008 e setembro de 2008, como demonstrado na figura 47. Embora os dados sofreram variações, nenhum valor é comparado com os do córrego Mandacarú, demonstrando assim sua maior vulnerabilidade junto aos eventos pluviométricos no que diz respeito as erosões marginais, e assim acarretando o transporte dos sedimentos.

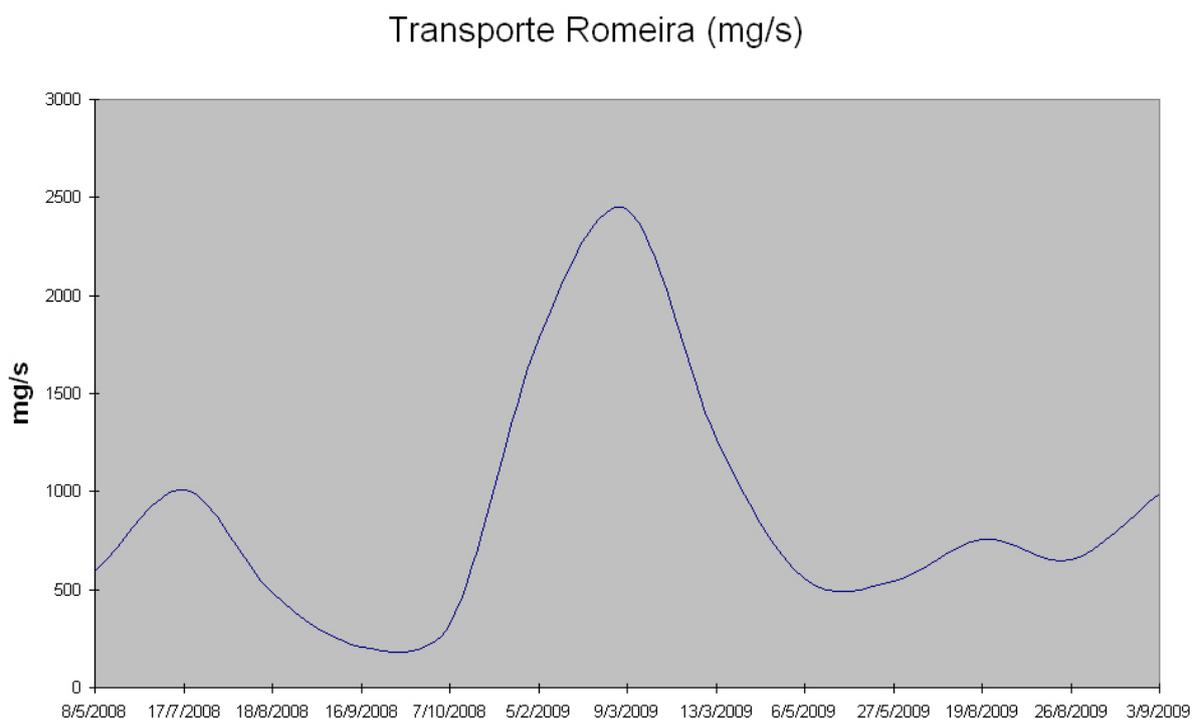


Figura 47. Variação temporal do transporte de sedimentos no córrego da Romeira.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

Sendo que o número de amostras de ambos os córregos são diferente, foi elaborado um gráfico com os dados obtidos no mesmo dia, análise esta referente a figura 48. Observa-se que o córrego da Romeira apresentou maior transporte de sedimentos entre maio e agosto de 2008, apresentando um comportamento contrário ao apresentado no córrego Mandacarú, onde a partir do mês de agosto de 2008 a situação é inversa entre os córregos até início de setembro do mesmo ano. A partir daí o transporte de sedimentos de ambos os córregos possuem simetria, variando apenas nos valores, sendo o córrego Mandacarú detentor dos maiores valores.

O comportamento inverso do transporte de sedimentos dos córregos, pode-se justificar este fato pela relação das precipitações e o uso do solo de cada bacia. Sendo que este fato ocorreu em período de baixa atividade pluviométrica onde tem-se que, como a bacia do córrego Mandacarú possui alto índice de urbanização, o trabalho sub superficial é reduzido, sendo que em períodos de estiagem o canal apresenta baixos valores de vazão, reduzindo as erosões marginais e conseqüentemente o transporte de sedimentos. Já o córrego da Romeira possui uma bacia totalmente rural, com elevado potencial de infiltração da água pluvial no solo, gerando assim uma estabilidade no abastecimento do canal e mantendo a vazão em níveis mais equilibrado e por conseqüência, o transporte dos sedimentos.

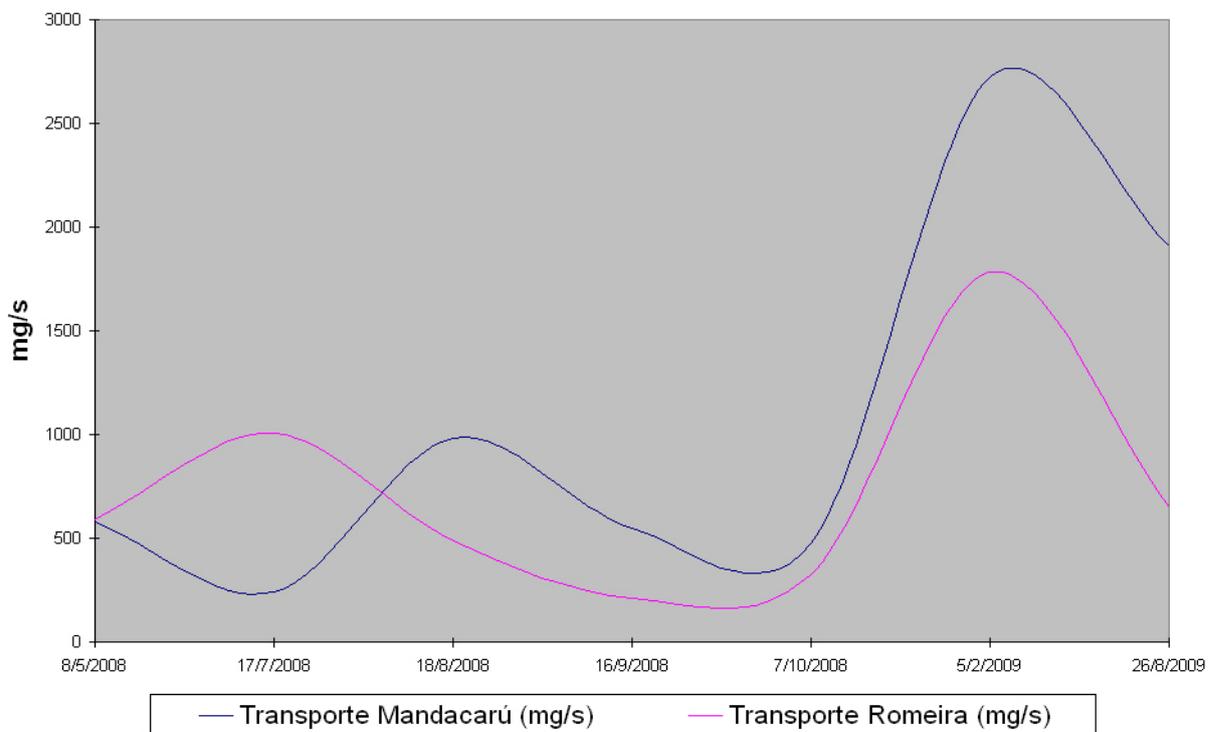


Figura 48. Variação temporal do transporte de sedimentos nos córregos Mandacarú e da Romeira. (o valor de fevereiro do córrego Mandacarú está dividido por 10).

Fonte: Coleta de campo. Elaborado pelo autor, 2010

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados encontrados neste trabalho demonstram que a diferença no uso e ocupação do solo das bacias hidrográficas de baixa ordem possui relação com as taxas de erosão marginal, transporte de sedimentos e produção específica de sedimentos encontrados.

A precipitação pluvial demonstra-se significativa para a análise dos informações levantadas, sendo que os maiores registros das taxas erosivas foram verificados em períodos com maiores concentrações diárias de chuvas. Junto a análise dos dados pluviométricos, dados de vazão, transporte de sedimento foram os que apresentaram maior relação com os dados pluviométricos.

Como cada ponto analisado teve seu comportamento em relação a intensidade de erosão nas margens, notou-se que a dinâmica do fluxo da água varia ao longo da cabeceira à sua foz, intensificando a sua força de ação em determinados pontos do canal, pela morfologia local do canal, pela característica das margens e elementos externos não mensurados, sendo este comportamento analisado na bacia do córrego Mandacarú.

Como a medida da vazão líquida dos córregos não foram efetuadas de modo à possibilitar a correlação da vazão com a taxa de erosão, usou-se os dados de precipitação diária. Na qual os resultados encontrados foram satisfatório para estes dois córregos de 1º e 2º ordem, sendo que os dados utilizados foram da Estação climatológica da UEM, que se localiza dentro da bacia do córrego Mandacarú.

O transporte de sedimento mostrou-se diferente ao longo do tempo para as duas bacias, sendo que o córrego Mandacarú o comportamento apresentou evidências voltada aos processos erosivos e córrego da Romeira, de solo exposto entre safras.

Os dados apresentados demonstram uma dinâmica morfológica distinta entre o sistema fluvial destes dois córregos. Devido o fato da pesquisa ser efetuada ao longo de

pouco mais de um ano, esta dinâmica representa o intervalo temporal, sendo este espaço uma parte da realidade local da erosão das margens e transporte dos sedimentos das bacias.

As duas bacias apresentaram comportamento distintos, quanto na vazão do canal, carga de sedimento, taxa de erosão das margens e uso do solo. Assim a comparação entre as duas bacias é uma importante ferramenta para o planejamento urbano-ambiental. Desse modo o trabalho possibilitou melhor conhecimento dos impactos e mudanças hidrosedimentológicas proporcionadas pela ocupação da área urbana em bacias hidrográficas a partir da análise destes sistemas fluviais.

## 6. REFERÊNCIAS

- ANDRIOTTI, J. L. S., 2003, *Fundamentos de estatística e geoestatística*. Ed. Unisinos.
- ANTONELI, V., 2004, *Influência do uso do solo na avaliação hidro-sedimentológica da Bacia do Arroio Boa Vista – Guaramiranga – Paraná*. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Geografia, UEM, Maringá.
- ARAUJO, A. P., 2007, *Dinâmica fluvial do córrego do Cedro e processos de erosão marginal*. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Geografia). Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.
- BIAZIN, P. C., 2003, *Concentração de sedimentos em suspensão no ribeirão Maringá, como um indicador Geoambiental*. Monografia de conclusão do curso de geografia, UEM, Maringá, PR, Brasil.
- BORGES, C. Z., 2004, *Erosão marginal no Rio Paraná após a conclusão do Reservatório da UHE Sérgio Motta (Porto Primavera) a jusante da barragem*. Dissertação de Mestrado. PGE/UEM. Maringá.
- BORSATO, F. H.; MARTONI, A. M., 2004, “Estudo da fisiografia das bacias hidrográficas urbanas no Município de Maringá, Estado do Paraná”. *Acta Scientiarum. Human and Social Sciences*, v. 26, n. 2, pp. 273-285.
- CARVALHO, N. O. 1994. *Hidrossedimentologia Prática*. CPRM. Rio de Janeiro.
- CHARLTON, R., 2008, *Fundamentals of Fluvial Geomorphology*. Ed. Routledge. New York – NY.
- CHRISTOFOLETTI, A., 1981, *Geomorfologia fluvial*. Volume 1. Editora Edgar Blücher Ltda.

COELHO, A. R., 2007, *Dinâmica fluvial e qualidade da água da bacia de drenagem do ribeirão Maringá: contribuição para o planejamento e gestão ambiental*. Programa de pós-graduação em Geografia. Universidade Estadual de Maringá, UEM, Brasil.

COOKE, R. U., 1978, *Urban geomorphology*. The geography journal, v. 142 England.

FERNANDEZ, O. V. Q., 1990, *Mudanças no canal do rio Paraná e processos de erosão nas margens: região de Porto Rico (PR)*. Dissertação de mestrado. IGCE, UNESP, Rio Claro, Brasil.

HOOKE, J. M., 1980. *Magnitude and Distribution of Rates of River Bank Erosion*. Earth Surface Processes. Chichester, v. 5, n. 2, 143-157.

HUGHES, D. J., 1977, *Rates of Erosion on Meander Arcs*. In: GREGORY, K. J. River Channel Changes. Chichester: John Wiley, p. 193-205.

KATIA, C., 2006, *Indicadores para o monitoramento de processos morfodinâmicos: Aplicação na bacia do ribeirão Pirajuçara-SP*. Tese (Doutorado em geografia física) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

KONDOLF, G. M. & PIÉGAY, H., 2003, *Tools in Fluvial Geomorphology*. Ed. Wiley.

MAGALHÃES, M. N.; DE LIMA, A. C. P. 2004, *Noções de probabilidade de estatística*. São Paulo. Editora da USP. 6ª ed.

MELLO, W. S., 2009, *Análise ambiental da bacia hidrográfica do ribeirão Maringá com apoio de imagens de satélite*, Monografia de Especialização em Recursos Hídricos, DEQ/UEM, Maringá.

MORAIS, E. S., 2007, *Aplicação de modelos para estimativa de produção de sedimentos na bacia hidrográfica do ribeirão Maringá-PR*, Monografia de Graduação em Geografia. DGE/UEM, Maringá.

MORAIS, E. S.; SANTOS, M. L., 2007, *Uso de imagens orbitais de média resolução e de indicadores socioeconômicos na análise da dinâmica do uso do solo de Maringá-PR*. Boletim de Geografia. v.1. p. 151-160.

PANIZZA, M., 1996, *Developments in Earth Surface Processes*. Ed. ELSEVIER. Amsterdam - Lausanne - New York - Oxford - Shannon – Tokyo.

RIGON, O., 2005, *Desenvolvimento local e meio ambiente: produção do espaço e problemas ambientais – a bacia hidrográfica do ribeirão Morangueira /Maringá-PR 1970-2005*. Programa de pós-graduação em Geografia. Universidade Estadual de Maringá, UEM, Brasil.

ROCHA, P. C.; SOUZA FILHO, E. E.; FERNANDEZ, O. V. Q., 1999, *Intensidade de*

ROCHA, P. C., 1995, *Erosão marginal em canais associados ao Rio Paraná na região de Porto Rico – PR*. Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais/UEM – Maringá.

ROCHA, P. C.; SOUZA FILHO, E. E., 1996, *Erosão marginal em canais associados ao Rio Paraná na região de Porto Rico (PR)*. Boletim Paranaense de geociências.

ROCHA, P. C.; SOUZA FILHO, E. E., 1999, “Avaliação preliminar dos principais condicionantes da intensidade de processos erosivos nos canais de inundação do Alto Rio Paraná”. In: *Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*. Belo Horizonte.

SALA, M. G., 2005, *Análise da Fragilidade Ambiental na Bacia do Ribeirão Maringá-PR*. Dissertação de Mestrado. PPGEO/UEM, Maringá.

SANTOS, L. J. C. et al., 2006, *Mapeamento geomorfológico do estado do Paraná*. Revista Brasileira de Geomorfologia - Ano 7, nº 2.

SANTOS, I.; FILL, H. D.; SUGAI, M. R. B. et al., 2001, *Hidrometria aplicada*. Instituto de tecnologia para o desenvolvimento. Curitiba.

SANTOS, L. J. C. et al., 2007, *Mapeamento da vulnerabilidade geoambiental do estado do Paraná*. Revista Brasileira de 37(4): 812-820.

SCHNEIDER, R. M., 2009, *Transporte e deposição de sedimentos no solo em trechos da bacia hidrográfica do rio Pirapó*. Tese de doutorado; Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. UEM. Maringá-PR.

TUCCI, C. E. M., 1997, “Plano Diretor de Drenagem Urbana: Princípios e Concepções”. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 2, n. 2, pp. 81-92.

TUCCI, C. E. M., 1999, “Água no Meio Urbano”. In: Rebouças, A. C.; Braga, B.; Tundisi, J. G. (Org.). *Águas Doces no Brasil*. 1 ed. São Paulo: Escrituras, v. 1, p. 475-508.

TUCCI, C. E. M., 2003, “Inundações e Drenagem Urbana”. In: Tucci, C. E. M. e Bertoni, J. C. (Org.). *Inundações Urbanas na América do Sul*. Porto Alegre: ABRH GWP, 2003, v. 1, p. 45-150.

ZAMUNER, L. D.; NÓBREGA, M. T.; MARTONI, A. M., 2002, “A urbanização e o desencadeamento de processos erosivos em área de preservação ambiental na cidade de Maringá, Estado do Paraná”. *Acta Scientiarum. Technology*, v. 24, n. 6, pp. 1798-1800.