

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

ALEX SANDRE CAMPOS VIEIRA

**ANÁLISE DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS:  
DO RIO BANDEIRANTES DO SUL E DO RIO PIXIRICUSSÚ NO MUNICÍPIO DE  
MARINGÁ - PR**

MARINGÁ - PR

2022

ALEX SANDRE CAMPOS VIEIRA

**ANÁLISE DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS:  
DO RIO BANDEIRANTES DO SUL E DO RIO PIXIRICUSSÚ NO MUNICÍPIO DE  
MARINGÁ - PR**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes da Universidade Estadual de Maringá, como requisito à obtenção do título de mestre em Geografia. Área de concentração: Análise Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Edison Fortes  
Co-orientador: Prof. Dr. Eduardo Souza de  
Morais

MARINGÁ - PR

2022

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

V658a

Vieira, Alex Sandre Campos

Análise de sedimentos em suspensão das bacias hidrográficas : do Rio Bandeirantes do Sul e do Rio Pixiricussú no município de Maringá - PR / Alex Sandre Campos Vieira. -- Maringá, PR, 2022.

85 f.: il. color., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Edison Fortes.

Coorientador: Prof. Dr. Eduardo Souza de Moraes.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Departamento de Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2022.

1. Sedimento em suspensão - Concentração . 2. Bacia Hidrográfica. 3. Terra - Uso e cobertura . I. Fortes, Edison, orient. II. Moraes, Eduardo Souza de , coorient. III. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes. Departamento de Geografia. Programa de Pós-Graduação em Geografia. IV. Título.

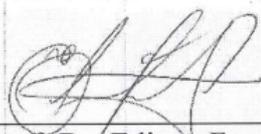
CDD 23.ed. 551.3

**ANÁLISE DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS:  
DO RIO BANDEIRANTES DO SUL E DO RIO PIXIRICUSSÚ NO MUNICÍPIO DE  
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, linha de pesquisa Análise Ambiental.

Aprovada em **01 de fevereiro de 2022.**

**BANCA EXAMINADORA**



---

Prof. Dr. Edison Fortes  
Orientador – UEM



---

Prof. Dr. Jeater Waldemar Maciel Correa Santos  
Membro convidado –UFMT



---

Prof. Dr. Paulo Rodrigo Zanin  
Membro convidado – UEM

Dedico este trabalho

Aos meus pais Joaquim Vieira (*In memoriam*) e Hildete Souza Campos e a toda a minha  
Família.

## AGRADECIMENTOS

A presente pesquisa representa mais um ciclo importante da minha vida pessoal e profissional. O caminho foi árduo, muito além do que imaginava, mas valeu a persistência, a força de vontade, o apoio dos colegas que não deixaram eu desistir nesta longa caminhada e a Deus acima de tudo por ter me concedido saúde física e mental em meio a tantas adversidades.

Agradeço imensamente aos professores **Dr. Edison Fortes** e **Dr. Eduardo Souza de Moraes**, fica os meus sinceros agradecimentos pela orientação, estímulo e dedicação demonstrada na elaboração deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo auxílio financeiro concedido

Ao Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente (GEMA)-UEM e ao geógrafo **Vanderlei Grzegorzcyk** pela paciência e orientação nos ensinamentos de laboratório e pelos conselhos.

Aos colegas: Laine, Mateus, Taís, Jean, Fabiano, Bronis, Itamar, Bruno Pavezi e especialmente **Vitor Hugo Rosa Biffi** pela ajuda, conversas, e companheirismo.

À secretaria do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PGE), a **Josi** pela dedicação e profissionalismo e especialmente a **Miriam** pela atenção, dedicação, conselhos, conversas e eficiência no decorrer dos anos de convivência.

A todos os professores que contribuíram com seus ensinamentos para realização desta etapa da minha vida.

Ao Sr. “Celinho” e Maicon pelo auxílio durante os procedimentos em campo, fica os meus sinceros agradecimentos.

Ao Dr. Maykon e a Dra. Franciele pelas conversas e orientações, fica a minha gratidão.

À todos os meus irmãos que mesmo de forma indireta me deram força e incentivo, em especial ao meu irmão Agnaldo (in memoriam) que foi minha primeira inspiração para o conhecimento.

À minha família em especial a minha esposa Sandra e meus filhos Vitor Hugo e Maria Eduarda pela paciência e compreensão nos momentos de minha ausência. À minha filha Maria Eduarda, fica a minha eterna e sincera gratidão, que mesmo com pouca idade, se tornou responsável além de se tornar “professora” do Vitor Hugo, seu irmão no auxílio das atividades escolares durante os momentos de minha ausência.

*“Explicar toda a natureza é uma tarefa difícil demais para qualquer homem ou para qualquer época. É muito melhor fazer um pouco e com certeza e deixar o resto para os outros que vêm depois de você.”*

***Isaac Newton***

## RESUMO

Os processos de transformações das bacias hidrográficas promovem alterações das paisagens naturais, seja através do uso e cobertura da terra, como pelos fatores externos. Essas alterações contribuem para diversos impactos ambientais, como: inundações, assoreamento, alterações no regime de vazões, erosões e aumento na concentração de sedimentos suspensos nos rios despertando a necessidade de compreender os processos hidrossedimentológicos. O presente estudo analisou o comportamento de duas bacias hidrográficas contíguas com diferentes usos do solo, sendo uma com característica urbana (BH-Semi-urbana) e outra rural (BH-Rural). Foram analisados dados de vazão e concentração de sedimentos em suspensão (CSS), provenientes de eventos em período de vazante e de três em período de chuvas intensas para 2 canais fluviais de 1º e 2º ordem. O canal denominado de Rio Bandeirantes do Sul está situado na BH-Semi-urbana enquanto o Rio Pixiricussú está situado na BH-Rural. As amostragens ocorreram de forma simultânea em 2 pontos, sendo P1 localizado na BH-Semi-urbana e P2 na BH-Rural, 30 minutos após a ocorrência de precipitação, e as demais em intervalos de 30 minutos até um total de 6 amostragens para cada evento. Para obtenção dos dados de precipitação foram instalados 2 pluviômetros, sendo 1 em cada bacia e para os dados de vazão foram traçados 2 seções transversais nos canais fluviais, sendo uma em cada bacia. Os resultados demonstraram que a vazão máxima amostrada ocorreu no evento de precipitação de 45 mm, com registro de 1,114 m<sup>3</sup>/s para a BH-Semi-urbana, enquanto que na BH-Rural foi registrado 0,416 m<sup>3</sup>/s, correspondendo a 167% para a vazão maior na BH-Semi-urbana. Quanto aos valores de concentração de sedimentos em suspensão (CSS), ocorreram no mesmo evento da vazão máxima gerada por chuvas de 45 mm com valor máximo de 1,4497 mg/L para a BH-Semi-urbana, enquanto que a BH-Rural apresentou 0,4888 mg/L correspondendo a uma CSS 196% maior na BH-Semi-urbana. Os resultados obtidos corroboram com a hipótese de que a interferência da urbanização influencia para o aumento da vazão e CSS dos canais fluviais desta bacia, se comparados ao de uso rural nos mesmos eventos de precipitação. Esse estudo contribui para o planejamento da ocupação de bacias hidrográficas e consequentemente, a proteção das áreas com suscetibilidade à degradação ambiental.

**Palavra-chave:** Concentração de Sedimento em Suspensão, Bacia Hidrográfica, Uso e Cobertura da Terra.

## ABSTRACT

The transformation processes of watershed promote changes in natural landscapes, either through land use and cover, or through external factors. These changes contribute to several environmental impacts, such as: floods, silting, changes in the flow regime, erosion and an increase in the concentration of suspended sediments in rivers, raising the need to understand the hydrosedimentological processes. The present study analyzed the behavior of two contiguous watersheds with different land uses, one with urban characteristics (BH-Semi-urban) and the other rural (BH-Rural). Data on flow and concentration of suspended sediments (CSS) were analyzed, coming from events in the ebb period and three of intense rains for 2 fluvial channels of 1st and 2nd order. The Rio Bandeirantes do Sul channel is located in BH-Semi-urban while Rio Pixiricussú channel is located in BH-Rural. Sampling took place simultaneously at 2 points, with P1 located in BH-Semi-urban and P2 in BH-Rural, 30 minutes after the occurrence of precipitation, and the others at 30-minute intervals, up to a total of 6 samples for each event. To obtain the precipitation data, 2 rain gauges were installed, 1 in each basin and 2 cross selections were traced in the river channels for the flow data, one in each basin. The results showed that the maximum flow sampled occurred in the precipitation event of 45 mm, with a record of 1.114 m<sup>3</sup>/s for BH-Semi-urban, while in BH-Rural it was recorded 0.416 m<sup>3</sup>/s, corresponding to 167% for BH-Semi-urban. the highest flow in BH-Semi-urban. As for the suspended sediment concentration (CSS) values, they occurred in the same event of the maximum flow generated by rains of 45 mm with a maximum value of 1.4497 mg/L for BH-Semi-urban, while BH-Rural showed 0.4888 mg/L, corresponding to a CSS 196% higher in BH-Semi-urban. The results obtained corroborate the hypothesis that the interference of urbanization influences the increase in flow and CSS of the fluvial channels of this basin, when compared to rural use in the same precipitation events. This study contributes to the planning of the occupation of hydrographic basins and, consequently, the protection of areas susceptible to environmental degradation.

**Keyword:** Concentration of Suspended Sediments, Watershed, Land cover and land use.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Localização da Área de Estudo.....	24
<b>Figura 2</b> - Mapa de Geologia.....	25
<b>Figura 3</b> - Mapa de Hipsometria.....	32
<b>Figura 4</b> - Mapa de Declividade.....	33
<b>Figura 5</b> - Mapa de Solos.....	34
<b>Figura 6</b> - Rio Bandeirantes do Sul e Burigui.....	37
<b>Figura 7</b> - Rio Piixiricussú.....	39
<b>Figura 8</b> - Paisagem da BH-Semi-urbana.....	41
<b>Figura 9</b> - Mapa de Uso do Solo.....	42
<b>Figura 10</b> - Paisagem da BH-Rural.....	44
<b>Figura 11</b> - Mapa de Expansão de Bairros.....	48
<b>Figura 12</b> - Instalação de Réguas Linimétricas.....	51
<b>Figura 13</b> - Instalação de Pluviômetros.....	52
<b>Figura 14</b> - Representação do Método Flutuador.....	53
<b>Figura 15</b> - Procedimentos Laboratoriais.....	55
<b>Figura 16</b> - Seção Transversal – BH-Semi-urbana.....	60
<b>Figura 17</b> - Seção Transversal – BH-Rural.....	60
<b>Figura 18</b> - Área da Seção dos Canais.....	61
<b>Figura 19</b> - Variação da Vazão – BH-Semi-urbana e BH-Rural (Vazante).....	62
<b>Figura 20</b> - Variação da Vazão – BH-Semi-urbana e BH-Rural (6,4 mm) .....	63
<b>Figura 21</b> - Variação da Vazão – BH-Semi-urbana e BH-Rural (20 -20,8 mm) .....	64
<b>Figura 22</b> - Variação da Vazão – BH-Semi-urbana e BH-Rural (45 mm) .....	65
<b>Figura 23</b> - Vazão Média dos Canais.....	65
<b>Figura 24</b> - Vazão Máxima dos Canais.....	66
<b>Figura 25</b> - Vazão / Precipitação - Média – Rio Bandeirantes do Sul (BH-Semi-urbana) .....	67
<b>Figura 26</b> - Vazão / Precipitação - Média – Rio Pixiricussú (BH-Rural) .....	67
<b>Figura 27</b> – Variação da CSS no Tempo - Vazante.....	68
<b>Figura 28</b> - Variação da CSS no Tempo - (6,4 mm) .....	69
<b>Figura 29</b> - Variação da CSS no Tempo - (20 e 20,8 mm) .....	70
<b>Figura 30</b> - Variação da CSS no Tempo - (45 mm) .....	71
<b>Figura 31</b> - CSS / Vazão – BH-Semi-urbana .....	71
<b>Figura 32</b> – CSS / Vazão – BH-Rural .....	72

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Dados de Uso do Solo da BH-Semi-urbana.....	40
<b>Quadro 2</b> - Dados de Uso do Solo da BH-Rural.....	43
<b>Quadro 3</b> - Pontos de Coletas.....	50
<b>Quadro 4</b> - Características dos Sistemas Fluviais.....	57
<b>Quadro 5</b> - Etapas e Datas de Coletas de Campo.....	58
<b>Quadro 6</b> - Pontos de Coletas e Descrição dos Eventos .....	58

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> - Uso do Solo - BH-Semi-urbana.....	40
<b>Gráfico 2</b> - Uso do Solo - BH-Rural.....	43

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Precipitação Diária – Ano 2019 .....	27
<b>Tabela 2</b> – Precipitação Diária – Ano 2020 .....	28
<b>Tabela 3</b> – Precipitação Diária – Ano 2021 .....	30
<b>Tabela 4</b> - População Urbana e Rural de Maringá (1950 – 2010) .....	47

## LISTA DE SIGLAS

**APP** – Área de Preservação Permanente

**CSS** – Concentração de Sedimentos Suspensos

**CMNP** - Companhia Melhoramentos Norte do Paraná

**COCAMAR** – Cooperativa de Cafeicultores e Agropecuaristas de Maringá

**EMBRAPA** – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

**ECPM** – Estação Climatológica Principal de Maringá

**IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**IAT** – Instituto de Águas e Terras

**NR** – Nível Relativo

**SIG** – Sistema de Informação Geográfica

**UEM** – Universidade Estadual de Maringá

**UTM** – Universal Transversa de Mercator

**GEMA** - Grupo de Estudios Multidisciplinares do Ambiente

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	15
2.1 Objetivo Geral .....	15
2.2 Objetivos Específicos .....	16
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	16
3.1 Ciclo Hidrológico .....	16
3.2 Bacia Hidrográfica.....	17
3.3 Processos Erosivos .....	18
3.4 Escoamento e Produção de Sedimentos .....	19
3.5 Descarga Líquida e Transporte de Sedimentos .....	21
3.6 Implicações do Uso do Solo Agrícola e Urbano na Produção de Sedimentos .....	22
<b>4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	23
4.1 Características Físicas .....	24
4.2 Histórico de Ocupação do Município .....	46
<b>5 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	49
5.1 Procedimentos de Gabinete .....	49
5.2 Procedimentos de Campo .....	49
5.3 Instalação de Réguas Linimétricas .....	50
5.4 Instalação de Pluviômetros .....	52
5.5 Vazão .....	53
5.6 Laboratório .....	54
<b>6 RESULTADOS</b> .....	56
6.1 Campanhas de Campo .....	58
6.2 Caracterização da Geometria das Seções Transversais .....	59
6.3 Caracterização da Descarga Líquida .....	61
6.4 Análise da Concentração de Sedimentos em Suspensão (CSS) .....	68
<b>7 DISCUSSÕES</b> .....	72
<b>8 CONCLUSÃO</b> .....	77

## 1 INTRODUÇÃO

O estudo de bacias hidrográficas é um importante meio para o entendimento da dinâmica que compõem o sistema fluvial, que por sua vez são interligados e abastecidos pelas precipitações. A bacia hidrográfica é uma porção de áreas fechadas topograficamente a partir de um ponto do curso d'água, com declividade no sentido de seção transversal, de forma que toda a vazão possa ser medida a partir desse ponto (GARCEZ, 1998).

Segundo Tucci (2013), o abastecimento de uma bacia hidrográfica se dá pelas precipitações que, ao iniciar leva um certo tempo até atingir os canais, devido ao tempo de respostas de interceptação da vegetação e características da bacia. Ainda de acordo com o autor, em épocas de precipitações, os sistemas fluviais são abastecidos por meio de escoamentos superficiais e subsuperficiais enquanto em épocas de estiagem o fluxo do canal é abastecido pelo fluxo de base.

No entanto, as bacias hidrográficas de pequena ordem fluvial inseridas no meio urbano, ou próximas dele apresentam as primeiras transformações ambientais e socioambientais (CHIN, 2006) muito em razão da acelerada ocupação, que muitas vezes ocorrem sem planejamento.

Diante do cenário do uso e ocupação da terra e a atividade do homem nas bacias hidrográficas, acarretam diversos problemas de ordem ambientais como os processos erosivos que são intensificados em épocas de precipitações. Esses processos estão associados as alterações nos fluxos hidrossedimentológicos dos canais fluviais como: variação da vazão e aumento de sedimentos suspensos (DUNNE, 1979 *apud* CARDOSO, 2013).

Para elaboração deste trabalho, buscou-se apoio em obras de pequenas bacias como o de: SALA (2005), COELHO (2007), MORAIS (2007), SANTOS et al. (2012); RIGON (2010) e BAGGIO (2014) realizadas no município de Maringá PR. Já sobre as transformações socioambientais, tiveram apoio as obras de: MORO (1998), *apud* BAGGIO, (2014) e TORRECILHA, 2013), onde os autores trataram sobre o processo de urbanização da cidade de Maringá a partir da década de 1940.

A área de estudo está situada no município de Maringá, estado do Paraná na bacia hidrográfica do rio Ivaí, que é constituída de duas sub-bacias contíguas do Rio Bandeirantes do Sul sendo: a BH-Semi-urbana, referenciada de uso misto onde está inserida parte do Rio Bandeirantes do Sul, onde representa 3,21% da área da bacia do Rio Bandeirantes do Sul. Já a BH-Rural de uso predominantemente agrícola onde está inserido o Rio Pixiricussú, representa 2,91% da área da bacia do Rio Bandeirantes do Sul.

No Rio Bandeirantes do Sul (BH-Semi-urbana), a drenagem apresenta-se de leito misto e margens íngremes com presença de solapamento em alguns locais onde a ausência de vegetação se faz presente. Quanto ao Rio Pixiricussú (BH-Rural), predomina uma drenagem de padrão retilíneo, leito aluvial e margens simétricas com ausência de vegetação ou insuficiente em diversos pontos, embora quando presentes, se dão em maior número em relação a BH-Semi-urbana.

As bacias BH-Semi-urbana e BH-Rural são importantes no contexto do município, pois devido a sua localização a noroeste do município teve início o processo de urbanização da cidade de Maringá com as primeiras fixações do setor urbano e industrial na montante da BH-Semi-urbana. A BH-Rural ainda com práticas agrícolas predominante apresenta traçados de urbanização futura e expansão da cidade que, devido aos atuais usos da terra apresentam processos erosivos observados ao longo da pesquisa.

O fato dos processos erosivos apresentarem respostas nos canais (ARROIO JÚNIOR, 2013; CARDOSO, 2013; GUY, 1970; HSU et al., 2012; RIGON, 2010), a pesquisa aqui realizada, traz análises sobre a precipitação e seus efeitos causados na bacia ocasionando um aumento na produção de sedimentos suspensos (CSS). Pelo fato das duas bacias apresentam características semelhantes e usos da terra com maior área urbanizada na BH-Semi-urbana, esta influenciaria na maior vazão, erosão marginal e produção de sedimentos em suspensão em relação a BH-Rural?

Diante dessa problemática, a pesquisa aborda a vazão para cada evento de precipitação monitorado, sob a influência dos fatores urbanos e escoamento superficial (BIGARELLA, 2003; KNIGHTON, 1998), características morfométricas da bacia e a influência na produção de sedimentos suspensos (CSS) realizados em escalas arbitrada em curto período de tempo para cada evento.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Comparar as interferências do uso e cobertura da terra, da concentração de sedimentos em suspensão em uma bacia predominante agrícola e outra parcialmente urbanizada.

## 2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar a intensidade dos eventos pluviométricos;
- Comparar a vazão da BH-Semi-urbana e BH-Rural.
- Comparar os valores de sedimentos em suspensão da BH-Semi-urbana e BH-Rural.

## 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 3.1 Ciclo Hidrológico

A água é um elemento essencial que representa a vida em nosso planeta, dos seres vivos e dos recursos naturais (SCHNEIDER, 2009). O ciclo hidrológico pode ser entendido como o ciclo fechado da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, provenientes dos processos de evaporação, precipitação e escoamento através de oceanos, mares, rios e lagos (CASTILHO, 2000; RIGON, 2012).

Segundo Tucci (2013), o ciclo hidrológico é um fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado pela energia solar associada a gravidade e a rotação terrestre que ocorre em dois sentidos: superfície-atmosfera através de evaporação e transpiração e atmosfera-superfície através de estado físico com chuva e neve.

No entanto, em determinadas regiões essas combinações entre evaporação e precipitação ocorrem de maneira diferentes, pois em regiões equatoriais as precipitações são predominantes, enquanto nos desertos a evaporação atua de forma significativa.

A distribuição, o transporte e o armazenamento da água no Planeta são investigados pela hidrologia (NAGHETTINI, et al. 2007). Os autores reiteram que, o ciclo da água pode ser medido através do comportamento das variáveis hidrológicas no tempo e espaço, como por exemplo os níveis de água em uma seção fluvial, vazão e alturas da precipitação. Segundo Schneider, (2009), os eventos de precipitação alimentam rios e lagos de três maneiras: diretamente no corpo hídrico, por escoamento superficial, onde percorre através de gravidade a superfície do solo até os receptores, e por percolação no solo onde abastece o lençol freático, e, conseqüentemente, os rios e lagos via escoamento de base.

Contudo, esse processo depende do formato da bacia, da sua dimensão e do uso e cobertura do solo, pois em bacias onde há um predomínio da urbanização é favorecida o

escoamento superficial, que ocorre de forma mais rápida, enquanto que o abastecimento do lençol freático e escoamento de base, é reduzido (RIGON, 2012).

### **3.2 Bacia Hidrográfica**

A bacia hidrográfica é uma unidade geográfica natural que possibilita o estudo de planejamento, gestão ambiental e territorial (GUERRA; CUNHA, 1996). Sob os aspectos naturais, as bacias hidrográficas são delimitações formadas por barreiras topográficas naturais que favorecem a entrada de matéria e energia via ciclo hidrológico que drenam para um canal principal via rede de drenagem até o leito único no exutório (STRAHLER, 1956; CHISTOFOLETTI, 1978; CHARLTON, 2008; TUCCI, 2013).

Segundo Garcez (1998), a bacia hidrográfica é uma porção de áreas fechadas topograficamente a partir de um ponto do curso d'água, com declividade no sentido de seção transversal, de forma que toda a vazão possa ser medida a partir desse ponto.

Cabe ressaltar que ao analisar a bacia hidrográfica no âmbito geomorfológico, deve-se levar em consideração que a sua formação se deve aos fatores naturais dos processos de escoamento e infiltração da água da chuva, que influencia na ação do escavamento do vale e na relação da rede de canais que drena a bacia (PISSARRA, et al. 2004). Nessa ótica a bacia hidrográfica pode ser compreendida tanto como integração quanto como funcionalidade dos seus elementos, além de variações do regime fluvial que podem ser detalhados por meio de parâmetros estatísticos (PISSARRA, 1998; CHRISTOFOLETTI, 1980).

Desta forma, entende-se que a bacia hidrográfica é uma unidade sistêmica e morfológica (MUSETTI, 2000), providas por um sistema aberto que permite a entrada de água através da pluviosidade e transporte de sedimentos através do escoamento superficial, fluvial e infiltração (SILVA, 2012). Sob a ótica da hidrologia, ao classificar as bacias hidrográficas em pequenas (microbacias) ou grandes, considerando aqui a superfície, deve levar em conta os impactos causados em época de deflúvio, haja visto que nesses eventos há uma maior sensibilidade de impactos em bacias menores do que nas maiores (TEODORO, et al. 2007; LIMA; ZAKIA, 2000). Dessa forma, segundo Mosca; Leonardo (2003), atribui o conceito de microbacias ao ecológico onde há uma interdependência entre os fatores bióticos e abióticos em uma análise de escala local e o elo com a mesoescala que corresponde à paisagem, região e bacia hidrográfica.

### 3.3 Processos Erosivos

Os processos erosivos estão atrelados a transformação da paisagem física natural através da decomposição das rochas pelos agentes químicos, físicos e biológicos, além das ações antrópicas no uso do solo. A decomposição da rocha, dá-se o nome de intemperismo, dando início a formação do solo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008). Os processos das ações naturais, por meio de erosões, ocorrem no solo ou rocha através do vento e da água podendo ser intensificadas pelas ações antrópicas (BOARDMAN, 2006), com retirada e transporte de sedimentos ao longo do tempo. Em países com regime de chuvas regular e significativo, os processos erosivos se dão através da água, que são responsáveis pelo processo de desagregação das partículas do solo denominada de erosão hídrica.

A erosão hídrica se dá através da desagregação de partículas que por sua vez depende de diversos fatores como: tipo do solo, vegetação, declividade da bacia, escoamento superficial entre outros através das águas das chuvas e rios na bacia (ARROIO JÚNIOR, 2013; CARDOSO, 2013; GUY, 1970; HSU et al. 2011). Nos sistemas fluviais os processos erosivos ocorrem através da água principalmente em períodos de cheias desencadeando escavação e deposição das margens e do leito alterando as formas dos canais (CARVALHO, 2008).

Segundo Oliveira et al. (2018), o processo erosivo fluvial depende da combinação de diversos fatores, como a descarga do canal, o tamanho dos grãos, largura, profundidade do fluxo, forma e sinuosidade do canal, apresentando desgastes nas margens e fundo com transporte do material erodido ao longo do leito.

A erosão fluvial está associada principalmente com as épocas de chuvas e ou períodos de precipitações intensas (BOARDMAN, 2006), quando as cotas fluviométricas se elevam causando erosão das margens com aumento na largura e incremento na seção molhada (RIGON, 2010). A erosão marginal apresenta suas maiores taxas durante os eventos pluviométricos máximo e consecutivas vazões de pico, ocasionando elevação e contribuindo nos processos de estabilidade e instabilidade do canal e migração progressiva dos meandros (WOLMAN, 1959; HOOKE, 1980).

A erosão das margens se dá em 3 grupos: processos de pré-enfraquecimento, processos fluviais e processos de falha em massa que, combinados atuam como erosão e deposição sendo responsáveis pelas diferentes formas dos canais (CHARLTON, 2008). Ainda segundo o autor, quando esses processos não são controlados podem ocasionar problemas como: assoreamento dos canais, pontes (desde as suas fundações), estradas (pavimentadas e não-pavimentadas). Há portanto dois tipos de processos atuantes na erosão dos sistemas fluviais: o primeiro se dá no

leito ocasionada pelas forças das correntes, enquanto o segundo pela erosão natural das margens (FILHO, et al 2017). No caso de erosão do leito, se intensifica com as ondas e correntes do fluxo do rio que aumenta em períodos de chuvas. Os processos erosivos em bacias urbanas ou parcialmente urbanizadas estão atreladas a diversos fatores como: topografia, descarga líquida e agentes antrópicos que interferem diretamente para a perda de solo.

Segundo Boardman et al. (2003; 2006), a quantidade de perda do solo está diminuindo devido a erosão e perda de nutrientes aumentando assim os custos dos alimentos, pois os fatores socioeconômicos para o uso da terra como as técnicas de cultivo e tipos de culturas, influenciam diretamente no escoamento e na erosão do solo. Ainda Segundo os autores, o impacto na erosão do solo ocorre dentro e fora do local tornando um problema exploração do solo.

### **3.4 Escoamento e Produção de Sedimentos**

Os processos morfodinâmicos dos canais fluviais estão relacionados a diversos fatores naturais, como clima, vegetação e topografia associados a atividade antrópica, que interferem na evolução morfológica das bacias hidrográficas. Esses fatores determinam os escoamentos superficiais, subsuperficiais e de base d'água assim como o abastecimento dos aquíferos (BIGARELLA, 2003; KNIGHTON, 1998). O escoamento superficial ocorre na superfície terrestre sobre a água aderida ao solo resultante das precipitações e preponderante na formação das cheias e aumento das vazões dos cursos d'água (PINTO et al. 1973, *apud* ALENCAR et al. 2006), enquanto o escoamento superficial ocorre nos vazios do solo, nas partículas e materiais semi-decompostos soltos (BIGARELLA, 2003).

As vazões das bacias hidrográficas podem sofrer variações de acordo com o sistema climático, natureza do estoque e do tempo de residência da água (STEVAUX e LATRUBESSE, 2017). Segundo os autores, a vazão aumenta em períodos chuvosos e na sua ausência, é mantida pelo escoamento de base. Tucci (2002), *apud* Pereira (2010), concluem que haverá escoamento da bacia, após grande intensidade de chuva e a quando a capacidade de interceptação for superada.

Em bacias com concentração de áreas florestadas, o escoamento superficial diminui e o escoamento de base aumenta, enquanto em áreas desmatadas, essa relação é inversa. Nesta abordagem, Stevaux e Latrubesse (2017) ressaltam que em uma bacia florestada o escoamento superficial é menor do que em uma bacia com cobertura vegetal sob uma mesma precipitação devido a maior capacidade de absorção e infiltração de água no solo. Neste Sentido em áreas

com grandes extensões de vegetação como culturas de cana-de-açúcar, a quantidade de precipitação interceptada pela cobertura vegetal é expressiva e implica na redução da parcela de escoamento superficial representada no balanço hídrico daquela bacia (CASTILHO, 2000).

Em ambientes urbanos, o escoamento superficial se dá com maior velocidade e volume em direção ao canal, devido ao aumento de áreas impermeáveis podendo ocasionar inundações devido ao rápido aumento fluvial ser maior do que a capacidade de armazenamento no canal, durante as precipitações máximas (STEVAUX e LATRUBESSE, 2017). As áreas impermeáveis nos ambientes urbanos reduzem a infiltração no solo e consequentemente a recarga das águas subterrâneas enquanto as precipitações são transmitidas nas áreas impermeáveis promovendo o fluxo superficial (CHIN, et al. 2013). Dessa forma, esses eventos provocam modificações nas bacias hidrográficas, com reflexos diretos na produção de sedimentos. Esses sedimentos são partículas provenientes dos processos erosivos nas encostas e ambientes fluviais, sendo a produção de sedimentos expressa em  $m^3/Km^2/ano$  ou  $t/Km^2/ano$  (ARROIO JÚNIOR, 2013; PEREIRA, 2010).

As transformações das áreas naturais promovidas pelo crescimento populacional, promove alterações nos sistemas fluviais de modo que há um significativo aumento na produção de sedimentos, do regime hidrológico e da variação de ajustes morfológicos (CHIN, 2006). De acordo com Chin, et al. (2013), a urbanização é responsável pelas mudanças hidrológicas de forma diretas com as construções (canalizações e reabilitações de canais) e indiretas na criação de climas urbanos gerando efeitos de retroalimentação sobre o sistema hidrológico e processos no canal.

Os processos erosivos e consequentemente as maiores produções de sedimentos se dão de forma mais acentuada nas declividades maiores, favorecendo para a maior velocidade do escoamento. Nesse sentido, nas altas declividades como nas cabeceiras de drenagens, associado a outros fatores naturais e antrópicos, podem iniciar os primeiros sinais dos processos erosivos e consequentemente a produção de sedimentos destinados no curso no canal que se propagam até os receptores onde são depositadas (BORDAS e SEMMELMANN, 1997).

Segundo Reid (1997), as mudanças no cenário de uso e cobertura do solo estão diretamente associados a concentração de sedimentos suspensos nos canais fluviais, independente da modificação do regime fluvial. Nesse contexto, a deposição de sedimentos nos canais fluviais está relacionada a capacidade de transporte do escoamento, pois a medida que há uma redução da energia, os processos deposicionais modificam o leito formando planícies aluviais e deltas (CHARLTON, 2008).

Diante dos fatores apresentados, fica evidente que a produção de sedimentos na bacia ocorre em todos os setores, desde a montante à jusante de forma variável, com os maiores índices nas regiões altas onde se inicia o processo, fato este comprovados por Carvalho, (2008) apud Schimitz 2018).

### **3.5 Descarga Líquida e Transporte de Sedimentos**

A precipitação é de grande importância para o abastecimento dos recursos hídricos fluviais, pois a quantidade recebida vai determinar a distribuição, o gerenciamento na qualidade do abastecimento urbano e rural. Durante as chuvas, os rios são receptores de grandes descargas líquidas aumentando a vazão que podem acarretar inundações, erosões e diversos impactos ambientais. As descargas líquidas de um rio, segundo Stevaux e Latrubesse, (2017), podem ser analisadas através de vazões diárias, mensais ou anuais, de acordo com a magnitude, tempo de recorrência e frequência. Dessa forma, a disponibilidade de sedimento e a capacidade de transporte de uma bacia provém de fatores físicos como área, declividades, cobertura vegetal e quantidade e intensidade de precipitação. A vazão de um rio está atrelada diretamente a esses fatores, pois em vazões relativamente baixas, o transporte de sedimentos se dá pelo material fino enquanto em vazões maiores são transportados os sedimentos grosseiros (CARDOSO, 2013). O autor ainda ressalta que não há uma relação direta entre vazão e transporte de sedimentos, pois uma mesma vazão poderá variar os sedimentos.

No entanto, a vazão líquida está associada ao ciclo hidrológico, classificação climática regional e local e da influência urbana além dos fatores da morfometria da bacia (RIGON, 2010). Dessa forma é importante o monitoramento dos dados fluviométricos das bacias através dos dados de vazão, geração e transporte de sedimentos. Carvalho et al. (2000), define a vazão como a quantidade volumétrica ( $m^3$ ) de um fluido que escoar através de uma seção de um canal ou tubulação por unidade de tempo (s).

Segundo Stott (2006), o aumento da vazão nos canais fluviais está relacionado com as precipitações, ao comprimento e a forma do canal interferindo assim no transporte de sedimentos. Bicalho (2006), vem corroborar ressaltando que o transporte de sedimentos é um fenômeno natural controlado pelos fatores físicos e hidrológicos da bacia e pelos eventos de precipitação, modelando a paisagem em novas formas geomorfológicas. Nos médios e grandes eventos de precipitação, os sedimentos são transportados em maior quantidade no estágio inicial dessas precipitações através do escoamento superficial onde sua quantidade está relacionada ao

volume de precipitação e a duração do evento (DIDONET, 2017; CARDOSO, 2013; WOLMAN & MILLER, 1961; HSU et al., 2011 apud WALLING e WEBB, 1982; ROVIRA e BATALLA, 2006)).

Os sedimentos possuem diversos tamanhos, formas e pesos e são transportados de forma diferenciadas conforme a energia do canal. Carvalho, (2008), menciona que essa dinâmica do transporte no canal pode ocorrer de três formas:

i) Carga sólida de arrasto: partículas de sedimento que rolam ou escorregam longitudinalmente no curso d'água. As partículas estão em contato com o leito praticamente todo o tempo.

ii) Carga sólida saltante: partículas que pulam ao longo do curso d'água por efeito da correnteza ou devido ao impacto de outras partículas.

iii) Carga sólida em suspensão: partículas que estão suportadas pelas componentes verticais das velocidades do fluxo turbulento, enquanto estão sendo transportadas pelos componentes horizontais dessas velocidades, sendo pequenas suficientemente para permanecerem em suspensão.

Nesse sentido, Carvalho (1994) afirma que nos cursos d'água, cerca de 80% de todo o sedimento transportado se dá durante eventos de intensas precipitações. Para o autor, as chuvas intensas são responsáveis pelos eventos de maior transporte dos sedimentos para os corpos hídricos, caracterizando-se assim como o agente principal do transporte.

### **3.6 Implicações do Uso do Solo Agrícola e Urbano na Produção de Sedimentos**

As modificações das áreas naturais, com a retirada da cobertura vegetal produzem na dinâmica das bacias hidrográficas. De fato, a retirada da vegetação original devido as práticas agrícolas e a urbanização, contribui para a instabilidade hidrológica da bacia no sistema, que por sua vez, também acelera os processos erosivos, o assoreamento e o transporte dos sedimentos (CARVALHO, 2005; STEVAUX e LATRUBESSE, 2017).

O uso do solo sem o manejo adequado, desencadeia diversos problemas de ordem ambiental e econômica com os processos erosivos tanto no meio agrícola acarretando perdas de solo quanto no meio urbano com influência direta com aumento de sedimentos e na morfologia dos canais. Segundo James (2013), o aumento de sedimentos suspensos nos canais fluviais está atrelado as formas de ocupação da bacia, responsável pelas taxas de erosão.

Segundo Araújo, et al, (2005), apud Cunico, (2007), ressaltam que a degradação dos solos do meio rural se dá em função da sua formação e da lenta regeneração acarretando baixa produtividade e necessidade de utilização de nutrientes. A prática de agricultura de curto ciclo e a retirada de mata ciliar possibilitaram a degradação do solo devido ao escoamento superficial e ao assoreamento dos mananciais, dificultando e comprometendo o abastecimento urbano (CASSARO e CARREIRA, 2001)

O manejo adequado no cultivo agrícola, pode reduzir a quantidade de sedimentos no sistema fluvial, conforme identificado por Leli et al. (2010) no rio Ivaí ao comparar o período de 1977 a 2007. Essa relação foi corroborada por Douhi (2013), no mesmo rio mas também associado ao significativo aumento de áreas de preservação permanente e projetos de controle a erosão implementadas no estado do Paraná.

De acordo com Xavier (2009), através da quantidade de sedimentos transportada pelos cursos d'água é possível caracterizar os aspectos de uma bacia hidrográfica, de modo a contribuir para ações de planejamento voltado aos recursos hídricos. Ademais, diversos outros problemas estão atrelados ao processo de urbanização e retirada da cobertura vegetal, refletindo diretamente no microclima, na fauna, na proteção do solo e na rede de drenagem.

#### **4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

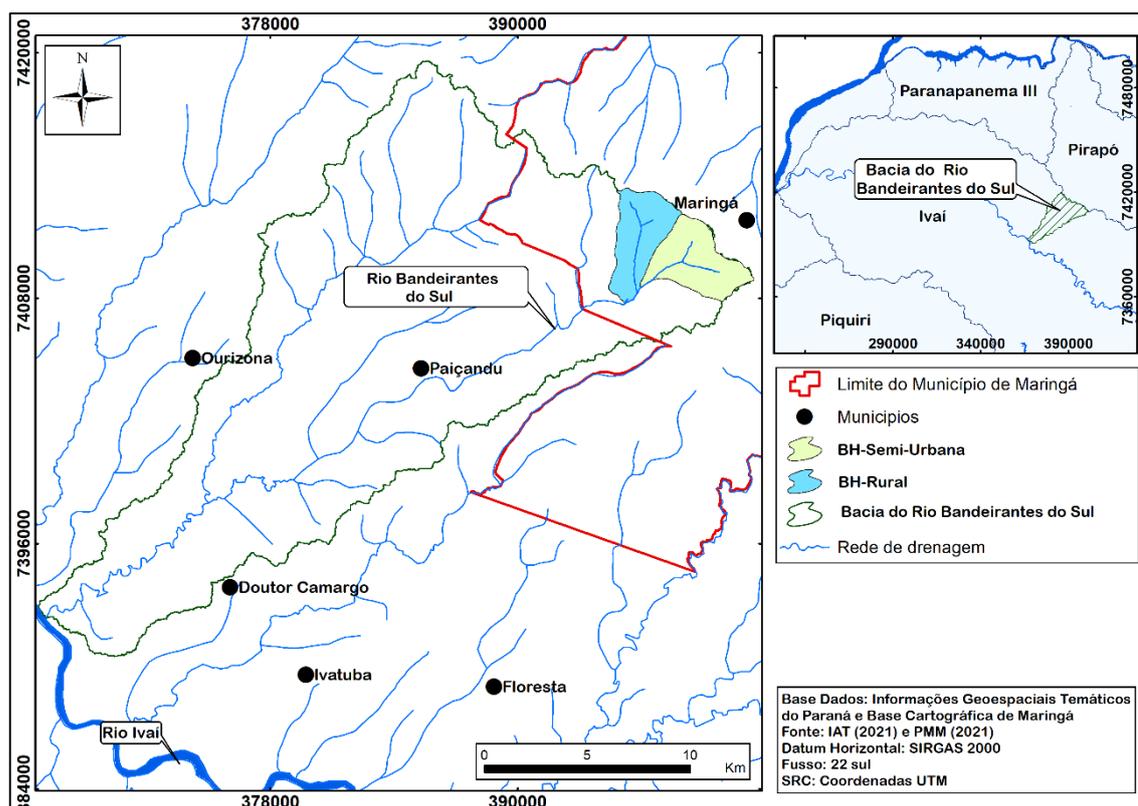
Localizado no norte do estado do Paraná, o município de Maringá encontra-se dentro dos limites geográficos de coordenadas: 23° 15' 12" e 23° 33' 23" S; 51° 50' 06" e 52° 06' 00" W, abrange aproximadamente uma área territorial de 486,2 km<sup>2</sup> e altitude média de 540m. Os municípios limítrofes são: ao norte com os municípios de Ângulo e Iguaraçu, a nordeste com Astorga, a leste com Marialva e Sarandi; ao sul com Floresta, a sudoeste com Paiçandú e a noroeste com Mandaguaçu. As drenagens do município compõe duas bacias: ao norte voltada ao Rio Pirapó e ao sul o Rio Ivaí, ambas distribuídas sobre o divisor de águas na direção Leste-Oeste.

A bacia do Rio Bandeirantes do Sul possui uma área de aproximadamente 368,02 km<sup>2</sup>, situado na porção sul-sudoeste do município de Maringá e pertencente a bacia do Ivaí. Sua rede de drenagem principal é o próprio Rio Bandeirantes do Sul que percorre aproximadamente 46,79 km até desaguar no rio Ivaí.

A área deste estudo se caracteriza por duas bacias contíguas, BH-Semi-urbana (Bacia do Rio Bandeirantes do Sul) e BH-Rural (Bacia do Rio Pixiricussú), ambas localizadas na montante da bacia do Rio Bandeirantes do Sul. A bacia BH-Semi-urbana corresponde a uma área de

aproximadamente 11,83 km<sup>2</sup> representando aproximadamente 3,21% da bacia total. Por sua vez, a BH-Rural tem aproximadamente 10,80 km<sup>2</sup> e representa aproximadamente 2,93% de área da bacia total (Figura 1). A drenagem da BH-Semi-urbana corresponde a 6,7% da extensão total da drenagem do Rio Bandeirantes do Sul, enquanto a drenagem da BH-Rural corresponde a 9,6% do comprimento total.

**Figura 1** – Localização da Área de Estudo



Fonte: Elaborado pelo autor com colaboração de Biffi, V.H.R. (2021).

#### 4.1 Características Físicas

As bacias do Rio Bandeirantes do Sul e Pixiricussú, encontram-se associadas ao Terceiro Planalto Paranaense, representado, na maior parte por rochas ígneas básicas do Grupo Serra Geral e secundariamente arenitos do Grupo Caiuá. O relevo é do tipo suave ondulado em direção ao rio Ivaí e colinas retilíneas a convexas e topos plano-convexos, formando drenagem de primeira e segunda ordem com padrão dendrítico e subdendrítico formando vales em “V” de formato encaixado. (MAACK, 1953).

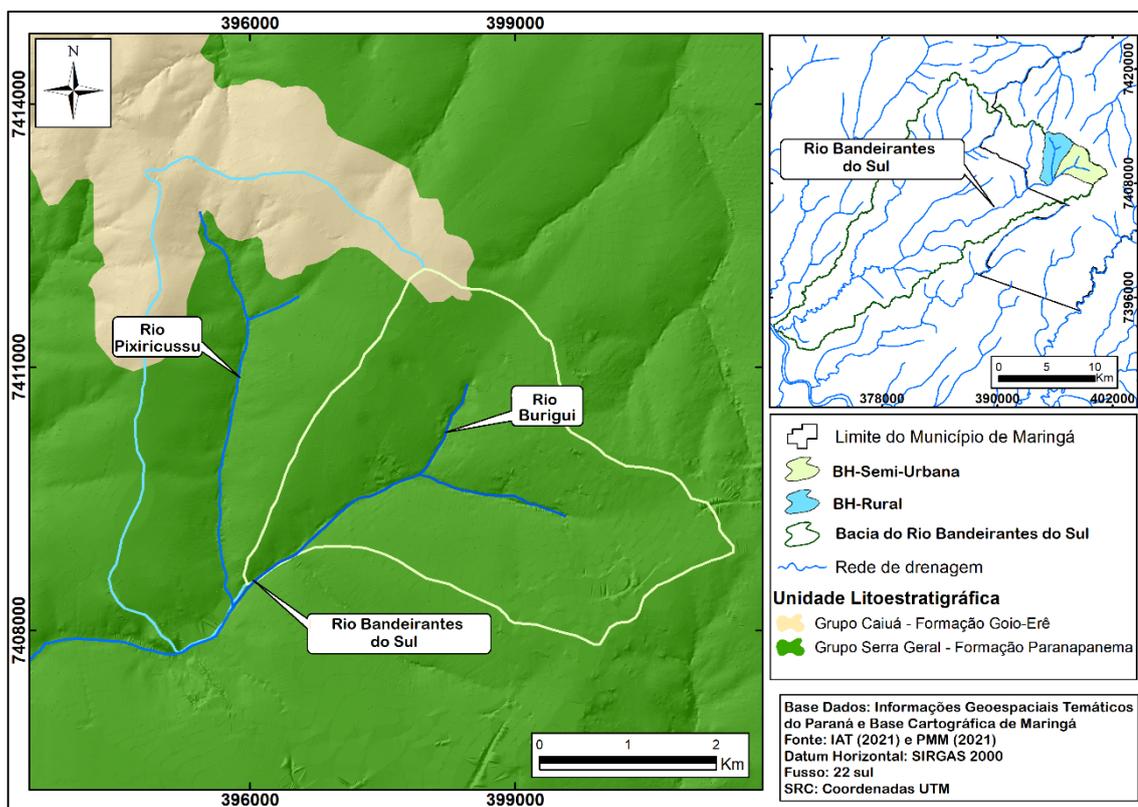
**Geologia** – O Terceiro Planalto Paranaense (ou Planalto Arenito-Basáltico) é originário de derrames basálticos do Grupo Serra Geral (Figura 2), tendo sua origem através de erupções vulcânicas que formaram rochas básicas (basaltos). Essas rochas dividem em três unidades

fundamentais: basaltos e andesitos toleíticos (Formação Paranapanema), ridacitos e riolitos (Formação Palmas) e quartzo latitos e riolitos (Formação Pitanga, Membro Guarapuava). Na bacia do Rio Bandeirantes do Sul, ocorrem os litotipos básicos da Formação Paranapanema (MINEROPAR, 2020). No divisor norte da bacia hidrográfica, ocorrem as litologias pertencentes ao Grupo Caiuá (Formação Goio-Erê) que é composta por arenitos quartzosos finos a muito finos (algumas vezes médios) marrom avermelhado a cinza arroxeados, subarcoseanos, mineralogicamente maduros e texturalmente submaturos.

Estas litologias são formadas por camadas tabulares com estratificação cruzada, alternadas com maciças, ocasionalmente com laminação plano-paralela, ondulações de adesão, climbing ripples eólicos e pequenas dobras convolutas, todas descontínuas e mal definidas.

Nesta unidade, verifica-se cimentação carbonática, que localmente formam concreções com diâmetro centimétrico e crostas duras. As crostas ocorrem tanto acompanhando a estratificação cruzada, como em posição sub-horizontal, às vezes sobrepondo-se discordantemente à estratificação acanalada. A laminação por queda de grãos é a feição mais comum nas porções com estratificação cruzada nos arenitos da formação Goio-Erê (FERNANDES e COIMBRA, 1994).

**Figura 2 – Mapa de Geologia**



**Fonte:** Elaborado pelo autor com colaboração de Biffi, V.H.R. (2021).

Nas bacias BH-Semi-urbana e BH-Rural, ocorrem dois tipos de formação geológicas. Segundo Mineropar (2020) a Formação Paranapanema e conforme Fernandes e Coimbra (1994) a Formação Goio-Erê.

A BH-Semi-urbana é caracterizada pelo afloramento do basalto de Formação Paranapanema de cor amarelo-cinza e dimensões que variam desde seixos a matacões, presentes na calha da drenagem próximos aos locais das nascentes. A Formação Goio-Erê por sua vez, inicia-se junto as cotas mais elevadas da margem direita.

A BH-Rural se caracteriza no setor médio e baixo da bacia a Formação Paranapanema, enquanto nas cotas mais elevadas ocorre a transição para a Formação Goio-Erê. Ao longo da drenagem do Rio Pixiricussú, não há ocorrência de afloramento rochoso.

**Clima** – O estado do Paraná, devido a sua localização, sofre influências de massas de ar quentes e frias como as de ar tropical e polar. No noroeste do estado e parte ocidental do estado de São Paulo são característicos de inverno seco devido a influência de dois fatores: Massa Tropical Atlântica e Massa Polar Atlântica que juntas atingem o continente com resfriamento inferior a sua origem de forma estável (MONTEIRO, 1968). O choque entre essas massas, ocasionam zonas dinâmicas e perturbadoras típicas de circulação atmosféricas enquanto as correntes do sul são responsáveis pelas precipitações pluviométricas.

O clima do município de Maringá é característico de verão quente e úmido e inverno seco, muito embora devido a relação com o Trópico de Capricórnio. Segundo a classificação de Köppen (1948), o clima da região é definido como subtropical úmido mesotérmico (Cfa), caracterizado com chuvas concentradas no verão que configura as temperaturas mais elevadas superior a 22°C e o nos meses mais frios inferiores a 18°C e eventualmente registros de geadas.

O regime pluviométrico de Maringá relata para um modelo sazonal de precipitação com intensidade no verão principalmente nos meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro, conforme dados da. Estação Climatológica Principal de Maringá – ECPM (2021), tendo como análises as precipitações de dados diários a partir dos anos 2019, 2020 e 2021\* (Tabelas: 1, 2 e 3).

Para o ano de 2019 ocorreram 106 dias de precipitações com os maiores índices para os meses de janeiro, fevereiro, março, outubro, novembro e dezembro. Os valores mínimos foram 0,1 mm registrado para os meses de janeiro, agosto e setembro e o máximo no mês de dezembro com 59,5 mm diário (Tabela 1).

Tabela 1 – Precipitação Diária – Ano 2019

Dias / Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39.6	0,0	0,0	27	0,0	0,0	0,0
2	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	16.6	0,0	0,0	23.1	0,0	0,0	0,3
3	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	25.7	0,0	0,0	0.2	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19.3	0,0	0,0	0,0	0,0	51.4
5	29,6	10,6	0,0	0,0	0,0	0,0	9.5	0,0	0,0	0,0	0,0	59.5
6	0,0	0,0	0,0	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	4.7	5,0	0,0	14.2
7	2,3	0,0	31.2	1,9	1,0	0,0	0,0	0,0	24	0,0	0,0	0,0
8	10,3	0,0	24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0.6	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	43.3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8.2	6.2
10	0,0	0,0	2.2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6.2	6.4
11	0,1	0,0	1.6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1.4
12	34,6	30.5	0,0	0,0	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1.8	24
13	0,0	12.9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13.5	0,0
15	41	0,0	4.4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11.6	17.7
16	2.6	7.6	6.8	0,0	0,0	0,0	5.2	0,0	0,0	0,0	0,0	43.4
17	45.4	8.2	10.4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22.6
18	13.3	1.2	27.2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24.4
19	0,0	1.8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,8	0,0	2.6
20	0,0	1.4	25.7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	33
21	19,6	0,0	1.8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9.8	2.5	0,0	12.8
22	0,0	9,3	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19.9	0,0	23.5
23	0,0	0,0	0,0	1,2	4,6	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	9,0
24	0,0	0,0	0,0	0,0	27,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0
25	0,0	1.2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5.2	0,0	0,0	0,0
26	0,0	25.2	0,0	0,0	0,0	6.2	0,0	0,0	1.2	0,0	0,0	0,0
27	0,0	19.2	0,0	0,0	0,0	4.1	0,0	0,0	0,0	0,0	7.4	0,0
28	0,2	0,0	0,0	33.4	0,0	0.3	0,0	0,0	0,0	9.6	22.2	0,0
29	0,0	0,0	19,2	16.5	19,9	0,0	0,0	0,0	0,0	57.1	0.3	0,0
30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,6
31	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Total</b>	<b>201,4</b>	<b>129,1</b>	<b>197,8</b>	<b>60,1</b>	<b>68,3</b>	<b>92,5</b>	<b>34,3</b>	<b>0,2</b>	<b>66,6</b>	<b>119,2</b>	<b>78</b>	<b>377</b>

Fonte: Estação Climatológica Principal de Maringá – (Elaborado pelo autor - 2021).

O mês de janeiro registrou precipitações bem distribuídas, no entanto a exceção se deu entre os dias 15 e 18 com maior índice de 45,4 mm no dia 17, acumulando no mês de 102,3mm e média de 16,7 mm. Assim como o mês de janeiro, fevereiro também registrou 12 dias de precipitações que ficaram concentradas nos dias 16 a 20. O destaque de maior volume se deu para o dia 12 com 30,5 mm e acumulado do mês de 129,1 mm. A média para o mês foi de 10,7 mm embora houveram 5 dias de precipitações, essas, porém tiveram volumes poucos significativos. Diferentemente de janeiro e fevereiro, março teve 5 e 4 dias de precipitações concentradas ocorridas nos dias 7 a 11 e 15 a 18. Enquanto nos dias 7 a 15 iniciou-se 31,2 mm,

24 mm e 43,3 mm, nos dias 15 a 18 iniciou-se com 4,4 mm e finalizou com 27,2 mm. A média acumulada foi de 16,4 mm e o acumulado de 197,8 mm.

Entre abril e setembro observa-se uma redução das precipitações, típico de outono e inverno com baixas temperaturas e clima seco. O mês de outubro chama atenção com apenas 6 dias de precipitações, mas com um volume acumulado de 119,2 mm para o mês, o maior índice se encontrou no dia 29 com 57,1 mm para apenas 1 único dia com antecedente de apenas 9,6 mm ocorrido no dia 28 e média de 19,8 mm.

Quanto ao mês de novembro foram 10 ocorrências com concentração entre os dias 9 e 12 com um total para esses dias de 17,2 mm. O maior índice de precipitação foi registrado para dezembro com 377 mm com maior volume nos dias 4 e 5 com 51,4 mm e 59,5 mm e 15 e 23 com 189 mm respectivamente. Entre os dias 4 e 6 foram registradas 125,1 mm, entre 9 e 12 com 38 mm e entre 15 e 23 com 189 mm. Para o mês foram 18 dias de precipitações com 3, 4 e 9 dias de forma constante.

Para o ano de 2020 (Tabela 2) foram registrados 93 ocorrências de precipitações dentre as quais os maiores índices acumulados para os meses de janeiro, fevereiro, junho, agosto, outubro e dezembro. Os meses de janeiro, fevereiro e dezembro permaneceram com precipitações bem distribuídas com 13 dias de pluviosidade para janeiro, 10 dias para fevereiro e 18 para dezembro. No entanto, no período de inverno foram atípicas com índices elevados nos meses de junho, agosto e outubro.

O mês de janeiro registrou precipitações bem distribuídas com maior concentração entre os dias 7 e 11 de forma contínua com acumulado nesse intervalo de 90,1 mm, máxima de 52,3 mm no dia 8, média do mês de 12,14 mm e acumulando no mês de 170 mm. Já os valores mínimos ocorreram para janeiro e dezembro com 0,1 mm e o máximo para junho com 94,8 mm.

**Tabela 2 – Precipitação Diária – Ano 2020**

<b>Dias / Mês</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>
<b>1</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>13,3</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>2</b>	<b>0,6</b>	<b>12,3</b>	0,0	0,0	0,0	<b>19,8</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>3</b>	0,0	<b>75,5</b>	<b>3,2</b>	0,0	0,0	<b>3,3</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>4</b>	<b>2,2</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,8</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>15,4</b>
<b>5</b>	<b>9,7</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>5,6</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>4,4</b>
<b>6</b>	0,0	<b>0,8</b>	0,0	0,0	0,0	<b>21,9</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,2</b>
<b>7</b>	<b>4,6</b>	0,0	0,0	<b>18,6</b>	0,0	<b>0,3</b>	<b>0,2</b>	0,0	0,0	<b>2,0</b>	0,0	<b>0,1</b>
<b>8</b>	<b>52,3</b>	0,0	<b>0,8</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>18</b>	0,0	<b>9,8</b>
<b>9</b>	<b>0,4</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>3,2</b>	<b>2,7</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>10</b>	<b>29,5</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>	0,0

11	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,5
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5
13	12,8	0,0	0,0	0,0	*7,3	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,2	9,6
14	0,0	0,0	0,0	19,6	4,2	0,0	0,0	5	0,0	0,0	0,0	54,9
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	0,0	20	0,0	3,9
16	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29	0,0	38	0,0	0,0
17	17,1	0,0	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	29,2	0,0	0,0	0,0	20,4
18	0,0	6,6	10	0,0	0,0	0,0	0,0	16	0,0	0,0	9,2	0,5
19	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	52,6	0,0	0,0	21,4	1,3
20	0,0	10	11,2	0,0	0,0	0,0	0,0	34,5	0,0	0,0	0,0	0,0
21	0,0	0,5	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	15,5	3,6	0,0	0,0	9,0
22	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	6,6	0,0	0,0	0,0	*49,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,8	0,0	0,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,4	0,0	0,0
26	0,0	51	0,0	0,0	0,0	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	0,0	14,2	0,0	0,0	0,0	94,8	0,0	0,0	0,0	7,2	0,0	0,0
28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29	0,0	0,0	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	19,2	0,0	14,2
30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10	0,0	0,0	10,8	32,8	60,5
31	6,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3
<b>Total</b>	<b>170</b>	<b>171</b>	<b>36,6</b>	<b>38,2</b>	<b>61,3</b>	<b>160,2</b>	<b>26,2</b>	<b>186,8</b>	<b>10,6</b>	<b>163,8</b>	<b>64,8</b>	<b>208,5</b>

Fonte: Estação Climatológica Principal de Maringá – (Elaborado pelo autor - 2021).

\* Acumulado de precipitação do dia 13 e dos dias 22 e 23 de maio.

Quanto ao mês de fevereiro, este teve um registro de 10 dias de precipitações com destaque para os dias 2 e 3 que registraram um total de 87,8 mm com máxima para o dia 3 com 75,5 mm. A média para o mês foi de 17,1 mm. Vale ressaltar que para os dois meses analisados o total foram similares, no entanto para fevereiro a quantidade de precipitação foi menor e a média maior que o mês de janeiro, em detrimento a dois dias de precipitação registrando 51 e 75,5 mm. Maio teve registro de 61,3 mm de precipitação mensal, relativo ao acumulado, com apenas 3 eventos, nos dias 13 com 22 mm, 14 com 4,2 mm e 22 com 49,8 mm, este último em um único dia.

A exceção para o ano de 2020 se deve para os meses de junho e agosto, que por ser meses com estações secas, neste ano houveram precipitações mensais de 160,2 e 186,8 mm respectivamente. Em junho foi registrado nos dias 2 a 7 um acumulado de 71,5 mm e uma média para o período de 10,2 mm. No mesmo mês nos dias 26 a 28 registraram 105,3 mm tendo uma média de 35,1 mm diária. A média mensal teve registro de 16,02 mm e a máxima de 94,8 mm.

Quanto aos meses de outubro e dezembro, tiveram precipitações distribuídas com acumulado do mês de 163,8 mm e 208,5 mm. Em outubro foi registrado 10 dias de precipitação,

com destaque para os dias 15 e 16 com 58 mm em 2 dias, a máxima foi registrado em 35,4 mm para o mês de outubro e a média de 16,38 mm. Em dezembro foi registrado 17 dias de precipitações com intensidade entre os dias 11 e 15 e média para esse intervalo de 14,28 mm.

O maior índice foi de 54,9 mm para o mês registrado no dia 14. As concentrações de volumes de até 10 mm, ocorreram na primeira metade dos meses analisados. Já as maiores variações de volumes se deu a partir do dia 5 com dispersão entre 10 e 60 mm. A exceção de maiores volumes se concentraram nos dias 3 de fevereiro com 75,5 mm e no dia 27 de junho com 94,8 mm.

Para 2021\* (parcial) foram registradas 45 dias de precipitações com as maiores concentrações e volumes no mês de janeiro com 371,5 mm mensal (Tabela 3). Houveram 21 dias de precipitações com maior e menor volume em um único dia com volume de 57,6 mm e 0,1 mm respectivamente. A média dos maiores volumes concentrados para o período foram entre os dias 16 e 22 com 25 mm e a média para o mês foram de 17,7 mm. O mês de fevereiro registrou apenas 7 dias de precipitação e pouco volume com total do mês de 13,3 mm.

Março se mostrou um mês úmido com total mensal de 145,2 mm com as maiores concentrações no início do mês e início da segunda metade, embora os volumes tenham sido menores mas bem distribuídos.

**Tabela 3 – Precipitação Diária – Ano 2021**

<b>Dias / Mês</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>
<b>1</b>	0,0	<b>4,4</b>	<b>2.7</b>	0,0
<b>2</b>	0,0	0,0	<b>17.6</b>	0,0
<b>3</b>	0,0	0,0	<b>21.7</b>	0,0
<b>4</b>	0,0	<b>0,3</b>	<b>10.2</b>	0,0
<b>5</b>	<b>0,4</b>	0,0	<b>42</b>	0,0
<b>6</b>	<b>1,6</b>	0,0	<b>6,3</b>	0,0
<b>7</b>	<b>0,6</b>	0,0	<b>0.8</b>	0,0
<b>8</b>	<b>57,6</b>	0,0	0,0	0,0
<b>9</b>	0,0	0,0	<b>4,3</b>	0,0
<b>10</b>	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>11</b>	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>12</b>	0,0	<b>0,6</b>	0,0	0,0
<b>13</b>	<b>0,8</b>	<b>0,3</b>	0,0	0,0
<b>14</b>	<b>2,4</b>	0,0	0,0	0,0
<b>15</b>	0,0	<b>1,4</b>	<b>4.4</b>	0,0
<b>16</b>	<b>14.6</b>	0,0	<b>2.3</b>	<b>3,1</b>
<b>17</b>	<b>36.1</b>	<b>0,5</b>	<b>17.6</b>	0,0
<b>18</b>	<b>49.4</b>	0,0	<b>0.2</b>	0,0
<b>19</b>	<b>17.3</b>	0,0	<b>3.1</b>	0,0
<b>20</b>	<b>22.4</b>	0,0	0,0	0,0
<b>21</b>	<b>31.1</b>	0,0	<b>6,5</b>	0,0

22	5.8	0,0	0,2	0,0
23	0,0	0,0	0,0	0,0
24	11,6	0,0	5,3	0,0
25	0,0	5,8	0,0	0,0
26	3.3	0,0	0,0	0,0
27	0.1	0,0	0,0	0,0
28	1.3	0,0	0,0	0,0
29	41.8	0,0	0,0	0,0
30	39.4	0,0	0,0	0,0
31	33.7	0,0	0,0	0,0
<b>Total</b>	<b>371,5</b>	<b>13,3</b>	<b>145,2</b>	<b>3,1</b>

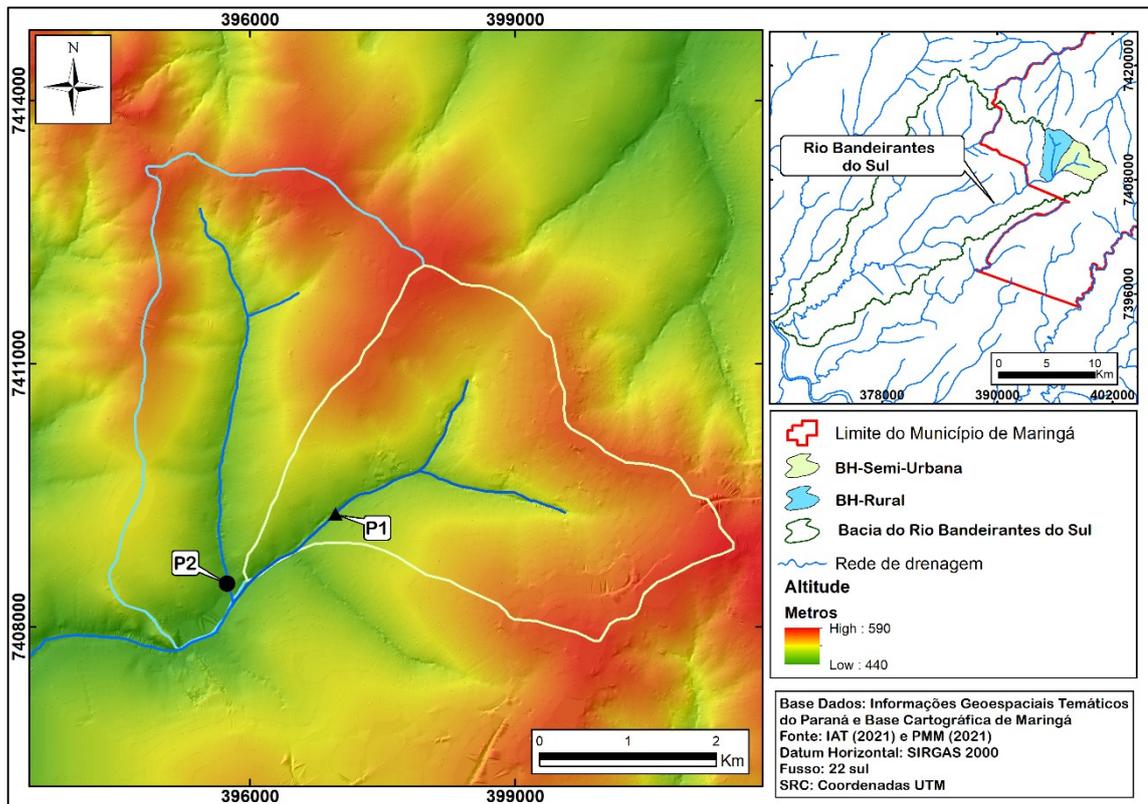
**Fonte:** Estação Climatológica Principal de Maringá – (Elaborado pelo autor - 2021).

Conforme descrito na tabela, as maiores concentrações abaixo de 10 mm foram bem distribuídos para todos os meses estudados (parcial). No entanto, percebe-se os maiores volumes entre 10 e 60 mm a partir da segunda metade do mês de janeiro com 11 eventos. Já para o mês de março, ocorreram 16 eventos com acumulado nos dias 02, 03, 04 e 05 com destaque para o dia 05 com 42 mm.

**Geomorfologia** - A bacia do Rio Bandeirantes do Sul é caracterizada por relevo suave ondulado, com vertentes convexas e alongadas e topos plano-convexos, formados por drenagem de primeira e segunda ordem obedecendo ao padrão dendrítico e subdendrítico formando vales em “V” em formato encaixados, favorecendo dessa forma o rápido escoamento pluvial e fluvial (Figuras 3 e 4). A área urbana está situada sobre o divisor regional das bacias dos rios Ivaí e Pirapó, onde favorece para o planejamento urbano da cidade do escoamento das vias de acesso em direção as drenagens.

A bacia hidrográfica BH-Semi-urbana apresenta um formato convexo com altitudes entre 440 m a 590 m, favorecendo assim o escoamento das águas recebidas do setor mais elevado onde está situada a cidade de Maringá (Figura 3). Na média a baixa vertente origina-se o Rio Bandeirantes do Sul que confronta em formato de “Y” com o Rio Burigui formando um canal retilíneo com variações de profundidades que vão desde aproximadamente 1,50 m próximos a nascente a 4,00 m nos locais onde há presença de erosão. Quanto a drenagem do Rio Bandeirantes do Sul tem sua origem na cota 525 m enquanto o Rio Burigui na cota 500 m.

**Figura 3 – Mapa de Hipsometria**

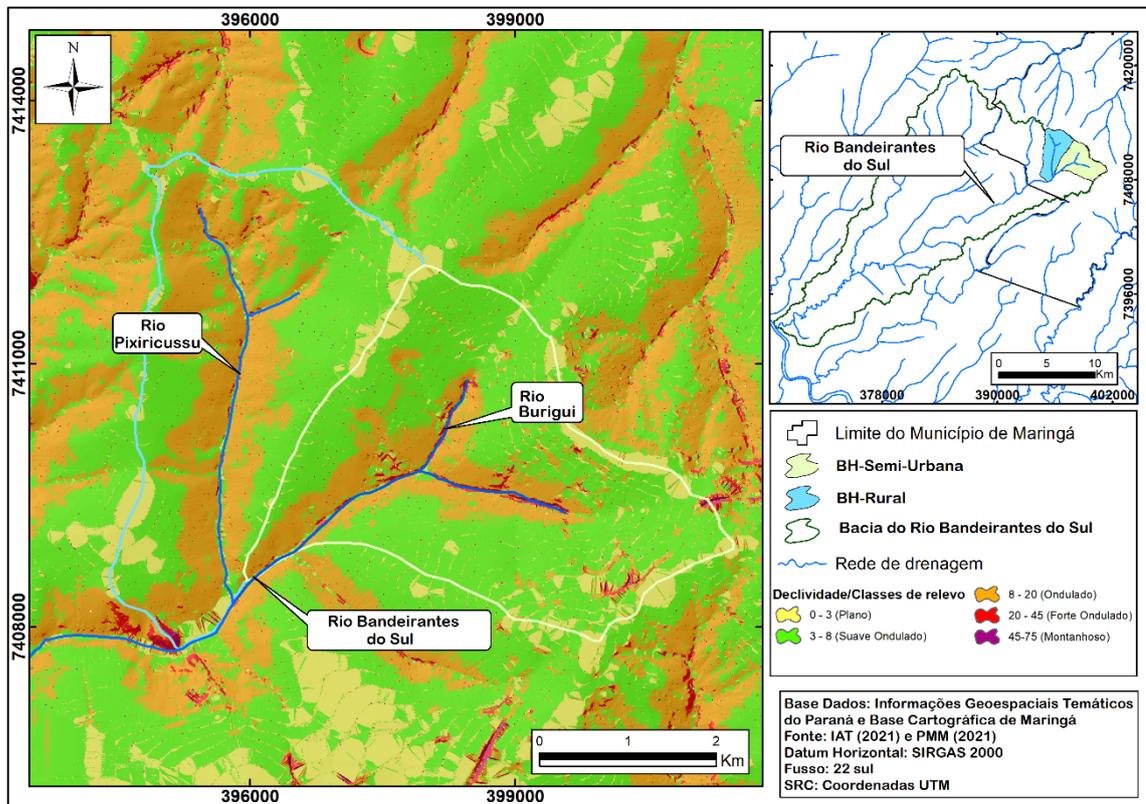


**Fonte:** Elaborado pelo autor com colaboração de Biffi, V.H.R. (2021).

A BH-Semi-urbana, devido ao substrato basáltico, ocorrem drenagens de padrão retilíneo nas baixas densidades iniciando a partir das declividades de 8 a 20% situado junto aos fundos de vale. Nos topos predominam as declividades entre 3 a 8% ocupando a maior área da sub-bacia e alguns fragmentos de 0% a 3%. Já as declividades de 8% predominam nas zonas interfluviais junto as drenagens. Nos setores próximos as nascentes e junto às margens as declividades chegam de 20 a 45% (Figura 4).

A BH-Rural apresenta altitudes entre 440 m a 580 m no topo próximo as margens da rodovia BR 376. A drenagem apresenta formato de “Y” e inicia a partir da cota 510 m percorrendo toda a bacia e desaguando junto a cota 440 m contígua a BH-Semi-urbana. No setor da baixa e média vertente, as rochas ígneas básicas formam relevos com declividades que variam de 8% a 45%, sendo mais acentuada junto aos canais devido ao encaixe da drenagem junto ao substrato.

**Figura 4 – Mapa de Declividade**



**Fonte:** Elaborado pelo autor com colaboração de Biffi, V.H.R. (2021).

Em nível estratigráfico, a bacia apresenta substrato basáltico na baixa e média vertente e Arenito Caiuá com declividade entre 3 a 8% encontradas nas extremidades dos topos chegando inclusive de 0 a 3%. Junto as drenagens as declividades variam de 8 a 20% devido a diferenciação topográfica e, junto a cabeceira fragmentos de 20 a 45%.

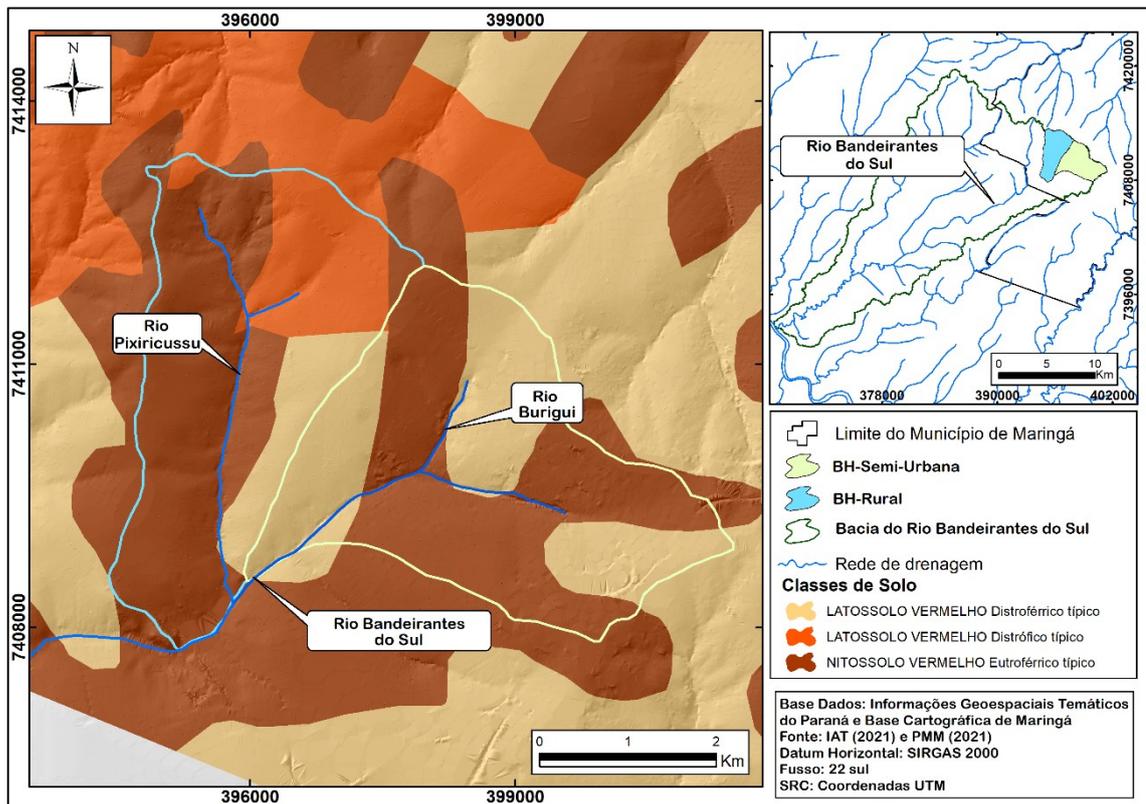
**Solos** – Na área de estudo, foram identificadas as seguintes classes de solo: Latossolo Vermelho (Distroférico típico), presente nas BH-Semi-urbana e BH-Rural, com maior concentração na BH-Semi-urbana, abrange as cabeceiras de drenagens e topos dos interflúvios das BH-Semi-urbana e BH-Rural em direção as médias e baixas vertentes (Figura 5). Esse tipo de solo tem como características estrutura granular à microagregada e textura argilosa (EMBRAPA, 2021).

Latossolo Vermelho (Distrófico típico), está presente nas zonas de transição do latossolo vermelho (distroférico típico) e nitossolo vermelho (eutroférico típico), encontrado no setor montante nas cotas mais elevadas da BH-Rural migrando para o arenito caiuá. Apresenta textura média com estrutura granular a sub-granular de média a moderada friável favorecendo a fragilidade principalmente em eventos pluviométricos (EMBRAPA, 2021).

Nitossolo Vermelho (Eutroférico típico) – presentes tanto na BH-Semi-urbana quanto na BH-Rural, esse solo se concentrado desde as cotas mais elevadas das bacias com concentração nas médias e baixas vertentes assim como nos fundos de vale junto aos cursos d’água. Esses solos são compostos de minerais, não-hidromórficos de cor vermelho-escuro com tendência a roxo, pois se tratam de minerais ferruginosos originados pelo intemperismo das rochas básicas.

Os horizontes desses solos são típicos de B textural, presença de blocos e cerosidade não havendo diferenças significativas entre os horizontes A e B. Quanto a textura é argilosa e nas maiores declividades onde se concentra os fundos de vale há indicativo de afloramento de basalto de Formação Serra Geral.

**Figura 5 – Mapa de Solos**



**Fonte:** Elaborado pelo autor com colaboração de Biffi, V.H.R. (2021).

**Vegetação** – Na bacia do Rio Bandeirantes do Sul, segundo IBGE (2020) é composta pela Floresta Estacional Semidecidual Submontada, característicos por uma diversidade de espécies como: paineira – *Ceiba speciosa*, cedro – *Cedrela fissilis*, ingá – *Inga spp*, ipê roxo – *Tabebuia heptaphylla*, embaúba - *Cecropia pachystachya*, angico - *Anadenanthera Colubrina*, jatobá - *Hymenaea courbaril*, louro pardo – *Cordia trichotoma*, pau d’álho – *Gallesia*

*integrifolia* e peroba - *Aspidosperma polyneuron*. São espécies atualmente encontradas em áreas remanescentes e em áreas de preservação permanente (APPs) como: o Bosque Dois, o Parque do Ingá, o Horto Florestal e nos fundos de vales.

Na BH-Semi-urbana, a vegetação existente, contorna as margens do Rio Bandeirantes do Sul, que próximo a nascente encontra-se em condição fragmentada e indícios de erosão devido ao solo exposto acarretando a erosão das margens decorrentes de inundação em períodos de chuvas. Ainda é possível identificar diversas espécies invasoras nas margens como: leucena (*Leucena spp*) que se torna invasora nos fundos de vale, capim-colônião, Assa-Peixe (*Vernonia polyanthes*), Capim Napier (*Pennisetum purpureum*), bambus entre outras.

Assim como na BH-Semi-urbana, na BH-Rural foram observadas as mesmas espécies invasoras, mas um quesito que as diferenciam é que na BH-Rural há uma quantidade maior de fragmentos de matas (Reserva Legal) e em todo o trajeto do Rio Pixiricussú, uma redução de proteção das margens por florestas e maior concentração com gramíneas e vegetação arbustivas próximo a jusante. O eucalipto foi observado nas duas bacias para fins comerciais em abatedouros de aves localizadas próximo aos dois cursos de drenagens.

**Hidrografia** – O sistema de drenagem da cidade de Maringá está representado por córregos e ribeirões divididos em 2 setores: norte e sul. Na vertente norte do município estão localizados os córregos: Mandacarú, Ibipitanga, Osório, Miosótis, Nazareth, Guaiapó, os ribeirões: Maringá e Morangueira, todos voltados a bacia do rio Pirapó. No setor sul do município voltados a bacia do rio Ivaí, estão: os córregos Borba-Gato, Cleópatra, Betti, Moscado, Burigui, Pixiricussú e Meiro e os ribeirões Floriano, Bandeirantes do Sul e Pinguim.

Quanto a ordem dos canais de uma bacia hidrográfica, de acordo com Horton, (1945), apud Stevaux et al, (2017), apresentam a ordem dos canais de função formativa como sendo: 1º ordem caracterizados por canais iniciais a partir da nascente; 2º ordem originando a partir das confluências de dois canais de 1º ordem quanto a 3º ordem o resultado de 2 canais de 2º ordem até formarem a rede de canais com sucessivas ordenações hierárquicas. A bacia do Rio Bandeirantes do Sul até o Rio Ivaí é formado pelo grande número de tributários, que se localizam em grande parte na margem direita.

As drenagens situadas na BH-Semi-urbana, são de formato retilíneos por estarem associadas ao uso misto do solo demonstram elevado processo erosivo atrelados a fatores como precipitação, declividade, ausência de vegetação nas margens das drenagens e ação antrópica.

É possível verificar arrasto de troncos junto as margens, raízes aéreas e blocos de rochas de basalto por meio de rolamento em período de elevadas precipitações. O fluxo desta drenagem se desenvolve em leito misto, ora sobre basalto maciço no assoalho e basaltos expostos por

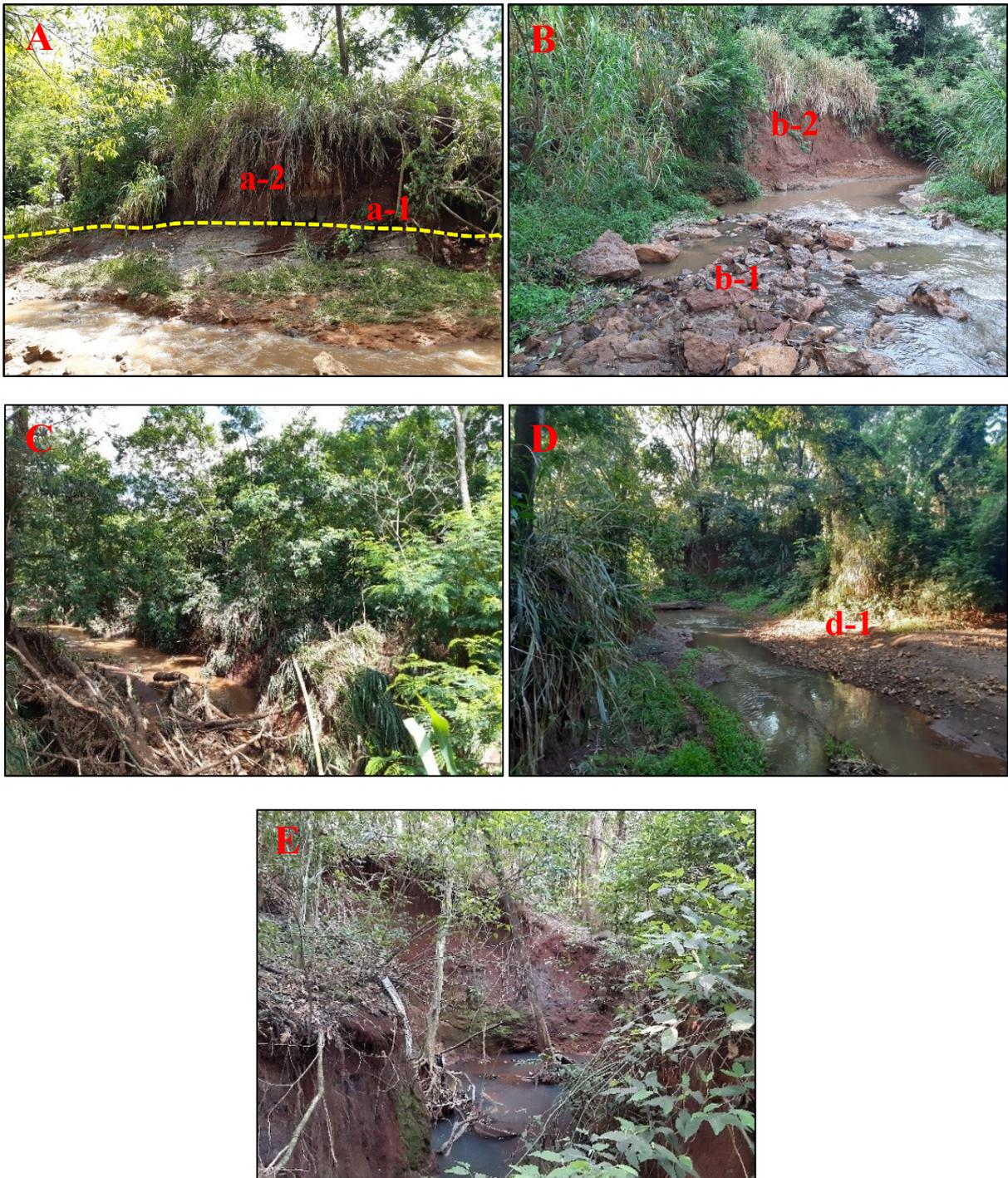
rolamento, ora por sedimentos argilosos todo o canal formando barras laterais e centrais de forma mais evidente nos meandros.

No setor montante, o canal caracteriza-se por vale em “V” que, devido ao descarte das galerias pluviais urbanas formam o processo de alteração do basalto evoluindo para a erosão e aprofundamento do canal. Outro aspecto relevante para essas alterações são a ausência de dissipadores para reduzir a energia, o volume e a velocidade da água, drenadas do meio urbano que chegam até o canal. Nesses locais, as margens dos canais chegam a aproximadamente de 2 a 4 metros onde também é possível observar presença solapamento de solo e vegetação sobre o canal nos eventos de precipitação.

No ponto de estudo do Rio Bandeirantes do Sul, o leito caracteriza-se pelo afloramento de basalto de aspecto maciço e evoluindo até a zona saprolítica evidenciando o processo de alteração da rocha (Figura 6 A). Nas margens estão presentes os solos areno-argilosos pouco espessos e sem consistência estrutural. As precipitações intensas favorece para a erosão marginal devido a fragilidade do solo, formato da margem em 90 graus, altura de 4 metros e largura de 8 metros em diversos pontos. Diversos materiais são transportados no leito como basaltos de diversos tamanhos e raízes de árvores e troncos no leito (Figura 6 B, C) e nos meandros a formação de barras composta por seixos e material areno-argiloso (Figura 6 D).

Já no Rio Burigui (BH-Semi-urbana) é canalizado grande volume de descargas líquidas da drenagem da rodovia BR 376, dos loteamentos das proximidades e das áreas industriais na margens direita e esquerda. Essas descargas resultam no aprofundamento do canal chegando a aproximadamente 6,00 metros de profundidade e 4,00 metros de largura nos pontos observados (Figura. 6 E).

**Figura 6 – Rio Bandeirantes do Sul e Burigui <sup>1</sup>**



**Fonte:** Fotos do autor, 2020

<sup>1</sup>(A) - leito rochoso com alteração do basalto no leito e na margem direita percebe a zona saprolítica (**a-1**) e solos de consistência estrutural fragilizada (**a-2**); (B) - erosão de margem (**b-1**) e leito rochoso (basalto) com presença de matacão e seixos (**b-2**). (C) presença de raízes transportadas por arrasto em período de precipitações intensas. (D) - leito retilíneo e assoalho areno-argiloso com presença de barras laterais (**d-1**) próximo ao meandro à frente. (E) - Rio Burigui com raízes aéreas e erosão em estágio avançado.

Nas margens estão presentes a vegetação de grande porte em menor quantidade e vegetação arbustiva formando um sub-bosque de gramíneas em toda a extensão das áreas formadas pelas áreas de preservação permanente (APP).

Quanto a BH-Rural, são canais menos profundos, com variações de altura de 4 metros próximos das nascentes a 2 metros na jusante próximos ao ponto (P2), possui largura do curso d'água similar a BH-Semi-urbana, mas com menor índice de erosão das margens e do curso central devido ao fato de ser predomínio rural e maior percolação da água no solo.

O Rio Pixiricussú tem seu fluxo de água sobre o arenito caiuíá próximos às nascentes e desenvolvido sobre o leito de basaltos até o exutório no Rio Bandeirantes do Sul. No setor montante devido a fragilidade do solo, o canal caracteriza-se por vale em “V” próximos a nascente no setor montante, devido as galerias pluviais da drenagem da rodovia BR 376 e loteamento urbano em processo de consolidação.

A altura das margens chegam a aproximadamente 4 metros de altura e largura de aproximadamente 1,2 metros variando a medida que a cotas altimétricas e a declividade diminui formando assim um leito retilíneo com poucos meandros e ausentes de afloramento de rochas tanto no leito e nas margens (Figura 7.A).

A vegetação presente no setor médio da bacia se caracteriza por ser de grande porte e com conservação satisfatória em razão de fragmentos de reserva legal formando corredor ecológico até as áreas de preservação permanente (APP).

No ponto de coleta do Rio Pixiricussú, a estrutura geológica se mantém sem presença de assoalho rochoso e com largura do canal de aproximadamente 2,70 metros e altura das margens de aproximadamente 1,50 metros que aumenta a profundidade após o ponto de coleta, devido aos dissipadores presentes sob a estrada e ao escoamento superficial.

A vegetação de APP é ausente em grande parte, o que deixa a drenagem expostas a vegetação rasteira e arbustiva onde há presença de pastagens além de setores ausentes de vegetação (Figura 7. B, C).

**Figura 7 – Rio Pixiricussú <sup>2</sup>**



**Fonte:** Fotos do autor, 2021

**Uso do Solo** – O uso do solo das bacias se divergem conforme ilustrado (Quadro 1, 2, Gráfico 1, 2).

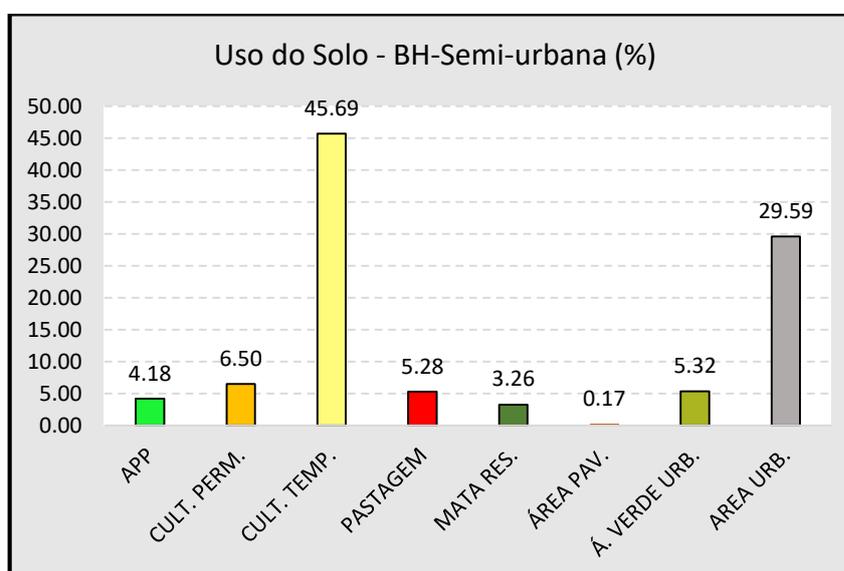
Quanto ao uso do solo da BH-Semi-urbana, há uma elevada concentração de área edificada e pavimentação de vias que somam aproximadamente 1/3 da bacia caracterizada por uma densa malha urbana de atividades: residencial, comercial e industrial que somadas com as áreas pavimentadas chegam a 29,76% que drenam suas águas para o Rio Bandeirantes do Sul e Rio Burigui (Figura 9).

<sup>2</sup> (A) - aprofundamento do leito de formato retilíneo nas proximidades de ponte de acesso da margem esquerda para direita; (B) - local do ponto de coleta com presença de vegetação arbustiva e leito com maior largura (2,70 metros); (C) - local após o ponto de coleta, ausentes de vegetação (APP), aprofundamento do leito devido ao volume d'água recebido dos dissipadores e escoamento da estrada rural diretamente drenando diretamente no ponto

**Quadro 1** – Dados de Uso do Solo da BH-Semi-urbana

<b>Tipos de Uso</b>	<b>Área (Km2)</b>	<b>%</b>
APP	0,49	4,18
Área Pavimentada	0,02	0,17
Área Urbana	3,50	29,59
Área Verde Urbana	0,63	5,32
Cultura Permanente	0,77	6,50
Cultura Temporária	5,41	45,69
Mata / Reserva	0,39	3,26
Pastagem	0,63	5,28
<b>Total</b>	<b>11,83</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Elaborado pelo autor - 2021

**Gráfico 1** – Uso do Solo – BH-Semi-urbana

Fonte: Elaborado pelo autor - 2021

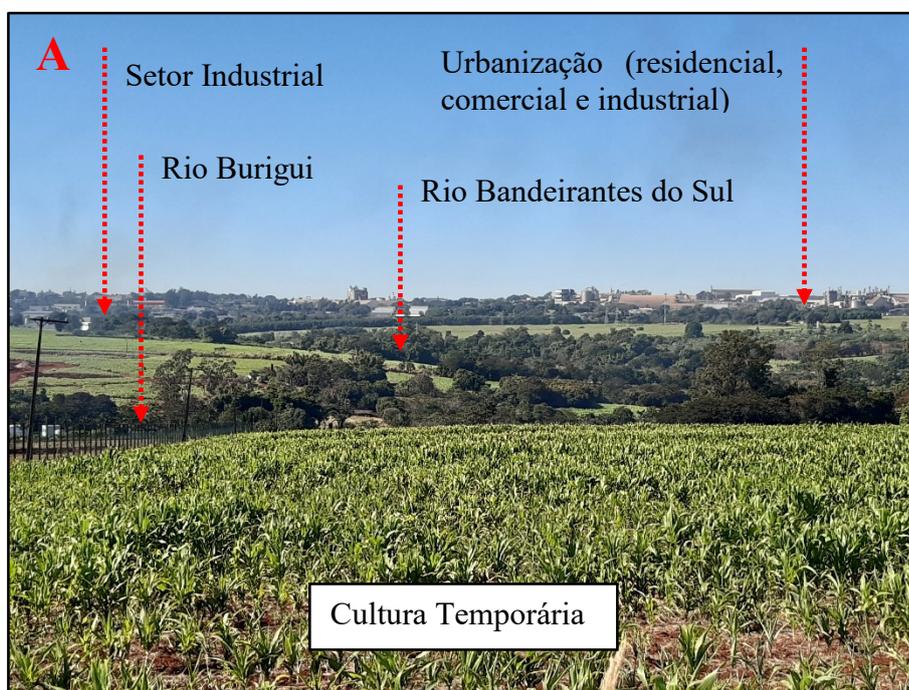
Na margem direita da BH-Semi-urbana e esquerda do Rio Burigui ocorrem tipos de uso de uso do solo: agrícola com culturas temporárias e áreas urbanizadas residenciais, comerciais e industriais. Quanto as zonas urbanizadas residenciais, localizam-se à montante da bacia e as áreas industriais fazem limite com as áreas agrícolas. Há vegetação em fragmentos florestais de fundos de vale em áreas de preservação permanente (APP) também presente no entorno do Rio Burigui (Figura 8 A).

Na margem direita do Rio Burigui localizado na BH-Semi-urbana, há o predomínio da zona agrícola com culturas de milho e soja além de indústrias como abatedouro de aves na confluência com o Rio Bandeirantes do Sul.

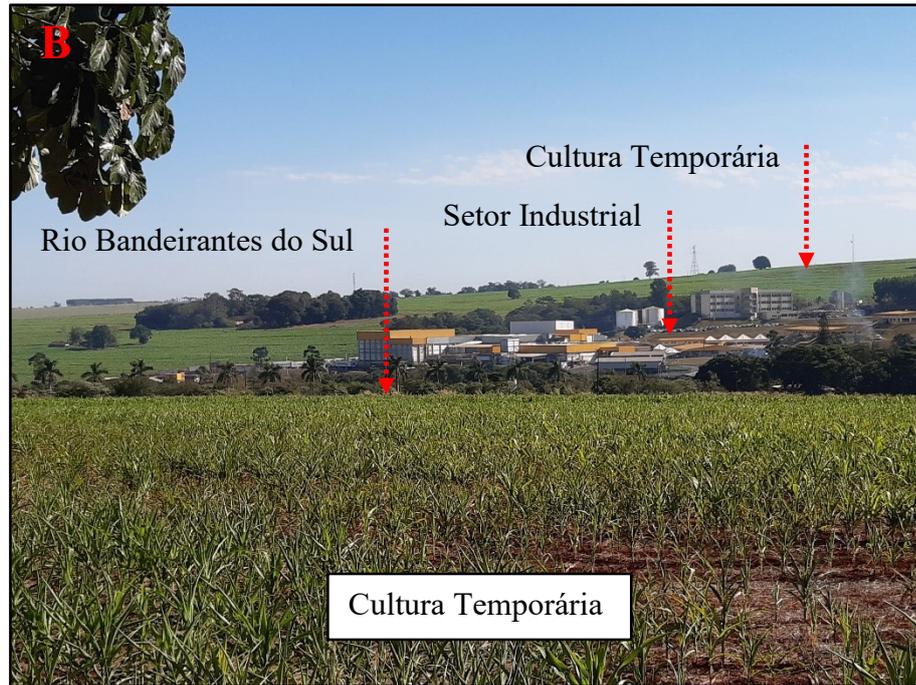
Na margem esquerda do Rio Bandeirantes do Sul na BH-Semi-urbana, predominam os usos do solo agrícolas como chácaras e indústrias. Nas chácaras estão presentes culturas de hortaliças, pastagens e culturas temporárias com uso de plantio direto que evita remoção do solo para preparo em relação ao modelo convencional. Com esse modelo, evita perda de solo em épocas de chuvas e conseqüentemente menor produção de sedimentos nas drenagens. A cultura temporária se faz presente junto as áreas contíguas aos lotes industriais, pois representam 45,69% da área da bacia que, somadas as culturas permanentes, reservas / matas e pastagem complementam os espaços permeáveis (Figura 8 B).

As APPs representam 4,18% da área mas ocorrem fragmentos de vegetação arbustiva e espécies exóticas em parte. Devido a urbanização presente na BH-Semi-urbana, as galerias pluviais são canalizadas para o Rio Bandeirantes do Sul ocasionando o assoreamento nos canais. Outro fator que contribui é a proteção inadequada do entorno dos fundos de vales e das nascentes associado ao grande volume hídrico durante as chuvas.

**Figura 8** – Paisagem da BH-Semi-urbana: Em A, presença de zona urbana, industrial, culturas temporárias e drenagens; B culturas temporárias e indústria na bacia BH-Semi-urbana

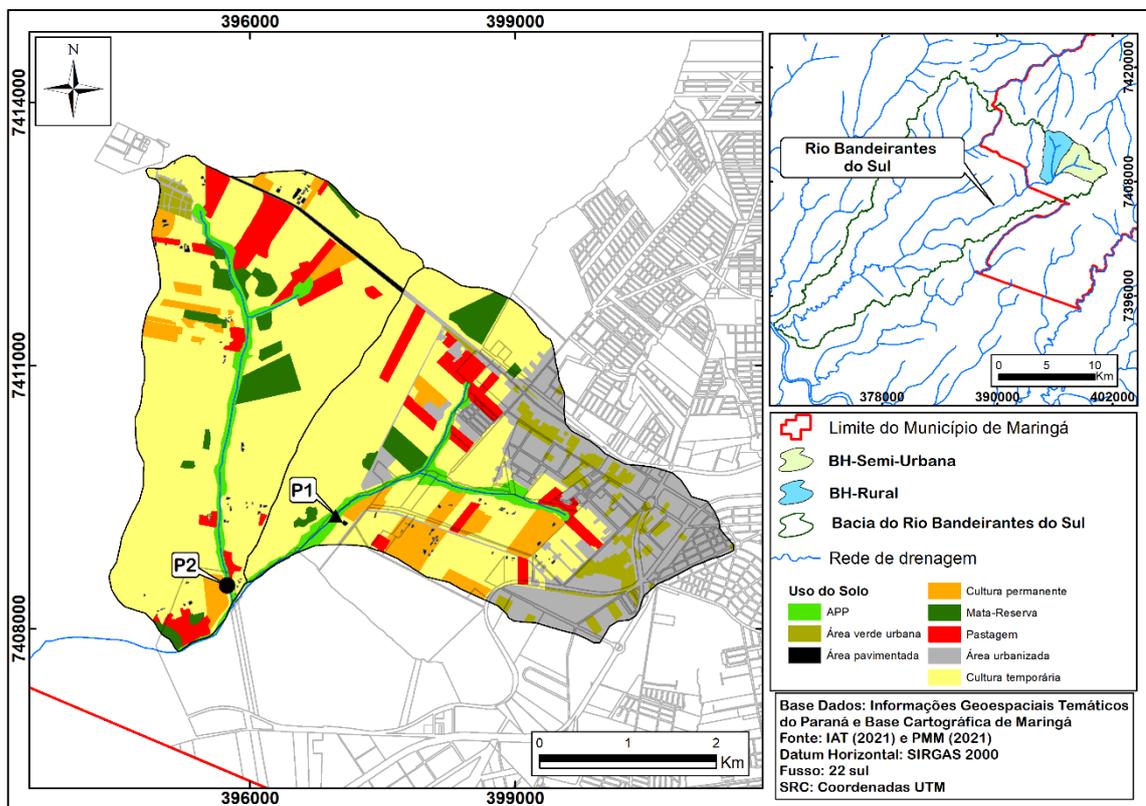


**Fonte:** Fotos do autor, 2021 (Margem Direita – Rio Burigui)



Fonte: Fotos do autor, 2021 (Margem Esquerda – Rio Bandeirantes do Sul)

Figura 9 – Mapa de Uso do Solo



Fonte: Elaborado pelo autor com colaboração de Biffi, V.H.R. (2021).

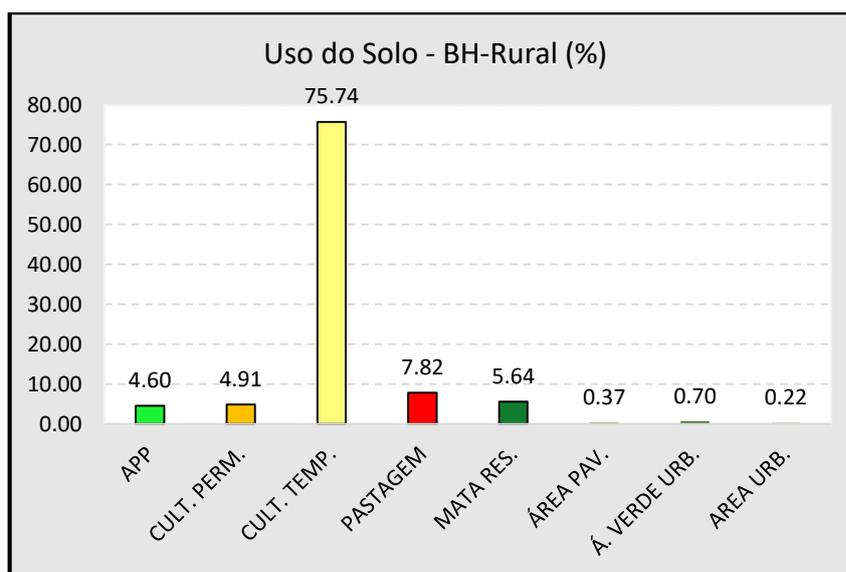
Quanto a BH-Rural (Figura 9), há um predomínio de culturas temporárias como soja e milho representando a aproximadamente 2/3 da sub-bacia (75,75%). A pastagem ainda concentra quase 10% da área da bacia localizados próximos aos fundos de vales onde nem sempre há proteção dos corpos hídricos dos animais. No setor montante da bacia próximo a nascente do Rio Pixiricussú, há fragmentos de matas e reservas junto às APPs e culturas permanentes ao longo da bacia representando cerca de 5%. (Quadro 2, Gráfico 2). As indústrias e loteamentos ainda sem construções, se distribuem na parte montante da bacia, junto a rodovia BR 376.

**Quadro 2 – Dados de Uso do Solo da BH-Rural**

<b>Tipos de Uso</b>	<b>Área (Km2)</b>	<b>%</b>
APP	0,50	4,60
Área Pavimentada	0,04	0,37
Área Urbana	0,02	0,22
Área Verde Urbana	0,08	0,70
Cultura Permanente	0,53	4,91
Cultura Temporária	8,19	75,74
Mata / Reserva	0,61	5,64
Pastagem	0,85	7,82
<b>Total</b>	<b>10,81</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Elaborado pelo autor - 2021

**Gráfico 2 – Uso do Solo – BH-Rural**



Fonte: Elaborado pelo autor - 2021

A descarga líquida nesta sub-bacia também tem influência das galerias pavimentadas das estradas como da BR 376, das indústrias nas cabeceiras além do escoamento superficial e infiltração no solo nas épocas de preparo do solo para o plantio. Contudo há dispersão dessa água nas áreas das bacia evidenciado pelo menor volume no rio em relação a BH-Semi-urbana.

Assim como na BH-Semi-urbana, as áreas de preservação permanente (APPs) ocupam menos de 5% da bacia que vão até o médio curso do Rio Pixiricussú, com ausência nos setores jusante, que são recobertos por gramíneas e vegetação arbustiva além de presença de animais.

Na margem esquerda do Rio Pixiricussú, há ocupação de chácaras e lotes com culturas temporárias (milho e soja) e pastagem além de fragmentos de florestas também presentes (Figura 10.A, B). Por ser uma bacia caracterizada por relevo ondulado, topos alongados e uso do solo de predomínio agrícola com a prática de plantio direto, nos momentos de precipitação há uma maior infiltração no solo e pouco escoamento superficial, fato este que mantém a estabilidade do canal principalmente nos locais onde estão presentes a vegetação mais intensa e fragmentos de florestas (Figura 10 C, D).

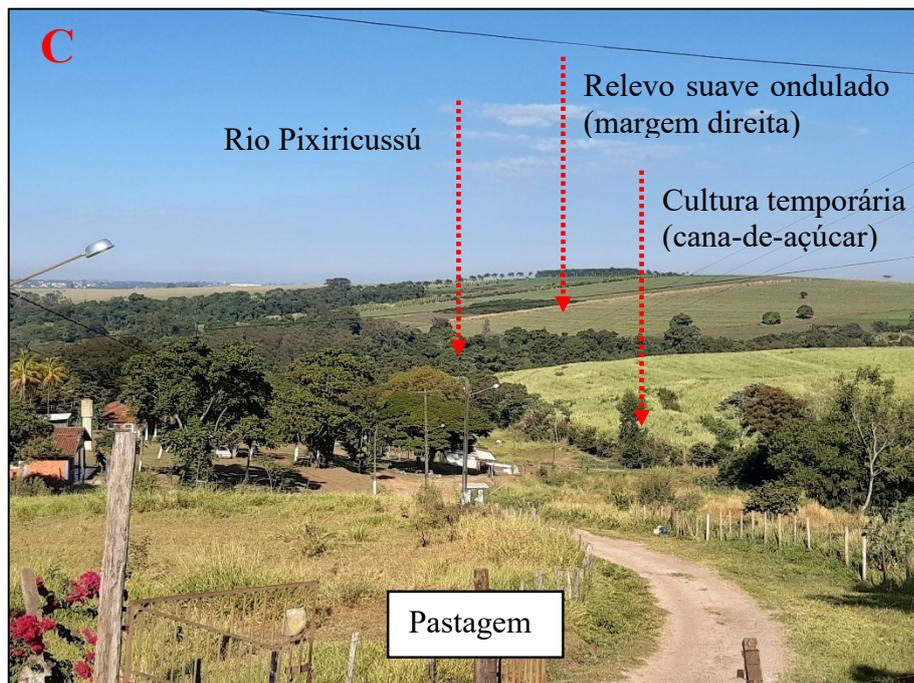
**Figura 10** – Paisagem da BH-Rural: Em A, florestas próximas à nascente do Rio Pixiricussú; B, loteamento em consolidação e declividade em direção ao fundo de vale; C, declividade na margem esquerda; D, relevo suave ondulado e cultura temporária. Na BH-Rural



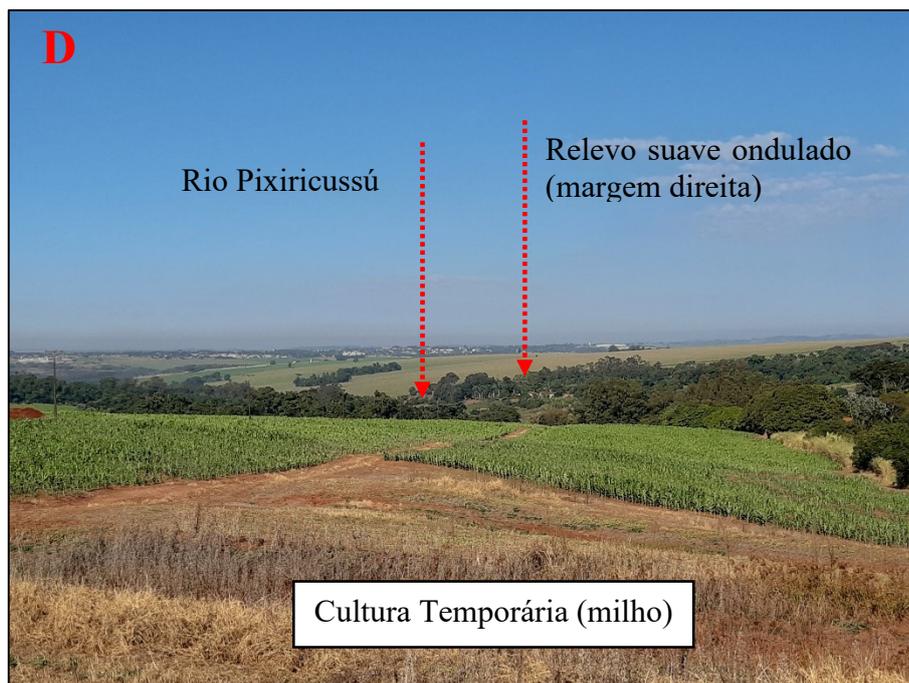
**Fonte:** Fotos do autor, 2021 (Margem Direita)



**Fonte:** Fotos do autor, 2021 (Margem Direita)



**Fonte:** Fotos do autor, 2021 (Margem Esquerda)



**Fonte:** Fotos do autor, 2021 (Margem Esquerda)

## 4.2 Histórico de Ocupação do Município

Fundada em 10 de maio de 1947 pela Companhia Melhoramentos Norte do Paraná (CMNP), a cidade de Maringá foi idealizada pelo urbanista Jorge de Macedo Vieira, que se baseou em um planejamento contemporâneo para a época. Tal planejamento teve como premissa os aspectos físicos do relevo de formato plano e vertentes suavemente inclinadas favorecendo a instalação da urbanização e facilitando o escoamento das águas. Nas décadas de 1950, Maringá teve grande impulso demográfico, muito em razão da agricultura cafeeira que impulsionou o crescimento da cidade tornando-a um centro comercial de bens de consumo e produtos de agricultura.

Como resultado desse crescimento demográfico, foram criados os primeiros bairros como a Vila Operária e Maringá Velho e posteriormente as zonas: 1, 7 e 6, fazendo nascer um perímetro urbano com destaque para os comércios de serrarias, máquinas de café e cerealistas (MARINGÁ, 2020). Sob o olhar urbanístico de seu idealizador, as áreas verdes foram importantes para proteção dos mananciais, devido as suas características morfológicas com diversos cursos de drenagens e sob a preservação e criação de reservas e bosques intitulado mais tarde com slogan de cidade verde para a produção do espaço dos agentes imobiliários atualmente.

A partir dos anos de 1960 começa um novo modelo de expansão urbana com surgimento de construções verticais e horizontais e instituições de apoio ao progresso local como a Cooperativa de Agricultores e Agropecuaristas de Maringá (COCAMAR) e Universidade Estadual de Maringá (UEM). Na década, o modelo econômico cafeeiro foi substituído pela cultura da cana-de-açúcar e pecuária e mais a seguinte pela soja, trigo e milho, muito em razão da crise instalada nos anos de 1970 devido a geada de 17 de Julho de 1975 permitindo um novo ciclo econômico movido pela modernização agrícola (MORO, 1998)) *apud* (BAGGIO, 2014).

Com o novo ciclo, a necessidade de ocupação do campo diminuía, pois a mecanização substituía o homem pelas máquinas ocasionando o êxodo rural e a concentração fundiária que já se iniciava nas décadas de 1960, 1970 e 1980 com sua consolidação urbana (TORRECILHA, 2013). Esse crescente aumento da população, pode ser verificada (Tabela 4) abaixo sobre a evolução populacional desde 1950 até 2010 (2020 com estimativa do IBGE) com notável crescimento.

**Tabela 4 – População Urbana e Rural de Maringá (1950 – 2010)**

<b>Ano</b>	<b>Urbana</b>	<b>%</b>	<b>Rural</b>	<b>%</b>	<b>Total</b>
<b>1950</b>	7.270	18,84	31.318	81,16	38.588
<b>1960</b>	47.592	45,70	56.639	54,39	104.131
<b>1970</b>	100.100	82,47	21.274	17,53	121.374
<b>1980</b>	160.689	95,51	7.550	4,49	168.239
<b>1990</b>	234.079	97,41	6.213	2,59	240.292
<b>2000</b>	283.792	98,38	4.673	1,62	288.465
<b>2010</b>	350.653	98,20	6.424	1,80	357.077
<b>2020</b>					<b>430.157</b>

Fonte: IBGE: Censo Demográfico – 1950 – 2020 adaptado Torrecilha, 2012. Org. Vieira A.S.C (2020)

\*2020 ainda não divulgado

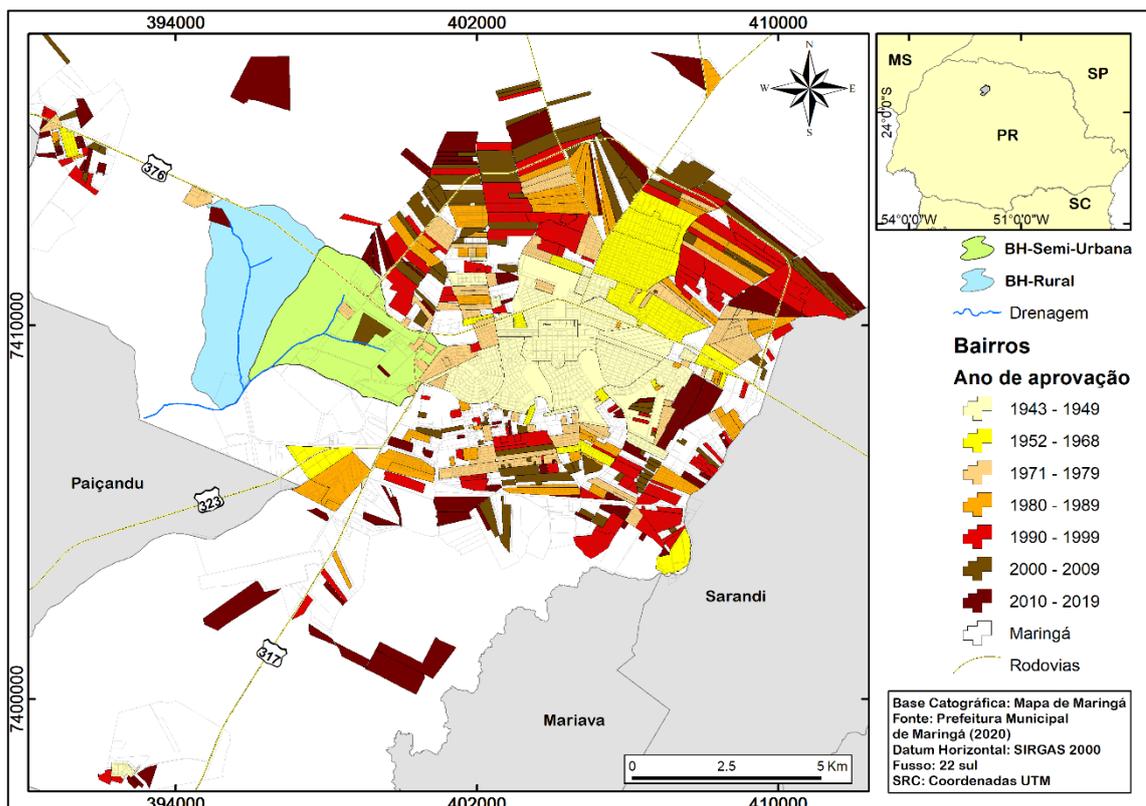
É perceptível a rápida evolução urbana no período correspondente principalmente a partir dos anos 1960 havendo um equilíbrio demográfico entre a cidade e o campo, mas que na década seguinte a população urbana correspondia 82,47% em relação a 17,53% da rural graças ao novo modelo econômico que se instalava. Ainda sobre este aspecto, a ordem foi inversamente proporcional com índices de 98,20% para urbana e 1,80% para rural em 2010 consolidando assim uma alta taxa de urbanização formando um polo regional e centro de fluxos migratórios.

A necessidade de expansão veio atrelada a expansão urbana e especulação imobiliária em diversas direções, inicialmente do centro para as periferias conforme ilustrado (Figura 11)

na expansão temporal dos bairros onde é possível verificar na parte montante da BH-Semi-urbana a evolução industrial estabelecida entre 1971 a 1979 e 1990 a 1999 com loteamento urbano nas proximidades da BR 376.

O rápido adensamento populacional no meio urbano, foi o responsáveis também por diversos problemas na ordem ambiental como ocupação de áreas próximas aos cursos d'água e nascentes, destinação de resíduos e sobretudo a degradação ambiental, nos fundos de vales. As novas diretrizes viárias estabelecidas pelo Plano Diretor de Maringá, (LC 632/2006), tende a ocupar as áreas de vazios e limítrofes urbano-rurais, ou seja essas zonas de transição que por meio da lei de Uso e ocupação do solo (LC 888/2011) define proteção aos fundos de vales com faixas estendidas de 30 metros além dos 30 estabelecidos pela APP totalizando 60 metros, fazendo limite com as vias paisagísticas. É um meio de amenizar e garantir a proteção dos cursos hídricos causados pelos problemas ambientais em decorrência da urbanização.

**Figura 11** – Mapa de Expansão de Bairros



**Fonte:** Elaborado pelo autor com colaboração de Biffi, V.H.R. (2021).

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.1 Procedimentos de Gabinete

Para elaboração desta pesquisa, elaborou-se previamente o reconhecimento da área de estudo por meio do uso de imagens do Google Earth e aerofotos associadas a base cartográfica em CAD fornecidas pela Prefeitura Municipal de Maringá. Iniciou-se com a delimitação das bacias comparando suas características e dimensões. A partir desse levantamento foram criados banco de dados em Sistema de Informações Geográficas (SIG): QGis 3.10.10 e software CAD com a utilização de Computer Aided Design v. 2014 (AutoCAD). Em ambiente SIG, foram incorporadas as seguintes bases cartográficas: Cartas Topográficas referente a Folha de Mandaguaçu (SF-22-Y-D-I-4-MI-2756/4) escala 1:50.000, (IBGE, 1990); Folha de Ivatuba (SF-22-Y-D-IV-2) escala 1:50.000, (IBGE, 1972); Folha de Maringá (SF-22-Y-D-II-3) escala 1:50.000, (IBGE, 1972); Folha de Juçara (SF-22-Y-D-IV-1) escala 1:50.000 (IBGE, 1972). As bases topográficas foram vetorizadas com o emprego do software QGis 3.10.10. A hidrografia da bacia, foi obtida em formato shapefile (SHP) com vetorização com base nas cartas topográficas na escala de 1:50.000 de sistema de projeção UTM – fuso 22 Sul; da base obtida pelo Instituto de Águas e Terra) do Paraná (IAT).

Após a delimitação das bacias hidrográficas, foram realizados levantamentos de campo para analisar os aspectos físicos, morfologia das margens dos canais, emissários, vegetação e logística. A escolha dos locais para as amostragens de CSS levou em consideração a segurança em dias de chuva, o canal para a determinação das seções transversais e medição da vazão.

Foram determinados dois pontos para as coletas as amostras, sendo um em cada bacia na seguinte ordem: P1 (Ponto de coleta 1) localizado na Bacia do Rio Bandeirantes do Sul (BH-Semi-urbana), nas coordenadas: 23°25'23.33" S e 52° 0'31.29" O; P2 (Ponto de coleta 2) localizado no Bacia do Rio Pixiricussú (BH-Rural) nas coordenadas: 23°25'48.54" S e 52° 1'14.59" O.

### 5.2 Procedimentos de Campo

Os trabalhos de campo foram divididos em quatro fases: (a) instalação de réguas limimétricas e pluviômetros nos locais das coletas, (b) amostragens de CSS e (c) medição de vazão. O levantamento das seções transversais teve como objetivo identificar a geometria do canal e seu comportamento nos dias de precipitação. Para sua elaboração foram necessários:

trena de 20 metros, trena de 5 metros, estacas de madeira, fita isolante, réguas graduadas de material PVC com dimensão de 1 metro, medidor de nível a laser modelo nagano giratório com tripé profissional 360° Nnl, galão (bombona) de material plástico de capacidade de 5 Litros de cor branca

Quanto aos pontos de coleta, nas bacias BH-Semi-urbana, foi fixado um ponto, (P1) próximo ao exutório desta bacia, onde o canal apresenta o vale encaixado com processos erosivos no leito e nas margens como solapamento, ocasionando queda da vegetação (Quadro 3 a, b). Em relação a BH-Rural, foi fixado o ponto 2 (P2) como ponto de coleta, próximo ao exutório com sua localização a 1,5 quilômetros do ponto 1 que apresentando vale encaixado e ausência de vegetação no entorno. (Quadro 3.c, d).

**Quadro 3** – Pontos de Coletas: BH-Semi-urbana com localização do ponto 1 (P1) em: a, b; bacia rural BH-Rural com localização ponto 2 (P2) em: c, d.

Ponto	Breve Descrição	Foto do Local	
P1	Ponto localizado no Rio Bandeirantes do Sul (BH-Semi-urbana)		
P2	Ponto localizado na bacia do Rio Pixiricussú (BH-Rural)		

Fonte: Fotos do autor, 2020

### 5.3 Instalação de Réguas Linimétricas

A instalação das réguas linimétricas iniciaram com a escolha do local visando a geometria do canal para a medição da vazão. Após a escolha, iniciou-se o trabalho de

nivelamento das réguas com utilização do nível a laser para obter o nível referencial (NR) considerado a partir do nível da água (nível relativo) em período de vazante (Figura 12.A, B, C, D). Com os níveis definidos, foram fixados as estacas de madeira para suporte das réguas linimétricas nas margens esquerdas de cada canal.

**Figura 12** – Instalação de Réguas Linimétricas. Em A e B, instalação de réguas na margem esquerda do Rio Bandeirantes do Sul (BH-Semi-urbana); Em C e D, instalação de réguas na margem esquerda do Rio Pixiricussú.



**Fonte:** Fotos do autor, 2020

Com a utilização de trena de 5 metros, foi medido o perfil do rio e, posteriormente, o mesmo foi digitalizado no software AutoCAD 2014, onde foram calculadas as áreas das seções para cada amostragem.

As seções transversais foram traçadas no mesmo ponto de amostragem de CSS, sendo para a bacia BH-Semi-urbana o ponto 1 (P1) e para a bacia BH-Rural ponto (P2). Quanto às seções transversais, foram analisados previamente as larguras dos canais que, tiveram entre 2 e 3 metros de largura na vazante. De posse desses valores, foram traçados vértices de intervalos de 58cm para facilitar o cálculo das áreas das seções e de vazão.

## 5.4 Instalação de Pluviômetros

O monitoramento das precipitações foi baseado em dados de chuvas diárias para os anos de 2019, 2020 e 2021\* (\*até o momento da última coleta), obtidos através da Estação Climatológica Principal de Maringá (ECPM) e dados obtidos com valores locais através de pluviômetros (Figura.13). Os pluviômetros utilizados são de material acrílico transparente e estão fixados em estaca de madeira com altura de 1,60 m do solo, localizados nas coordenadas: P1 (BH-Semi-urbana) 23°25'24" S e 52°0'27" O e P2 (BH-Rural) 23°25'49" S e 52°1'14" O.

A primeira coleta teve início no dia 12 de maio de 2020 sem ocorrência de precipitação, a segunda no dia 13 de maio com ocorrência de 6,4 mm, a terceira no dia 22 de maio com 45 mm e a quarta no dia 04 de março de 2021 com 20 mm para a BH-Semi-urbana e 20,8 mm para a BH-Rural.

**Figura 13** – Instalação de Pluviômetros: Em A no (P1) e em B no (P2)



**Fonte:** Fotos do autor, 2020 – 2021

Para esta pesquisa foi considerado o valor de precipitação local, obtido através de leitura dos pluviômetros instalados nos locais das coletas.

As coletas foram determinadas de forma arbitrária iniciando com 30 minutos após cessar a precipitação, com intervalos de 30 minutos sucessivamente, conforme segue: 30, 60, 90, 120, 150, e 180 min. Ressalta-se que não foram calculadas o tempo de pico dos eventos. Foram realizadas 6 coletas em cada ponto, a aproximadamente 1 metro da margem esquerda do rio e profundidade de aproximadamente 10 centímetros, totalizando 12 coletas para o mesmo evento de modo simultâneo. Foram realizados um total de 48 amostras para todos os eventos. Para cada

amostra foi anotado o nível da água indicado nas réguas linimétricas, bem como a velocidade dos fluxos e suas variações até o fim das coletas.

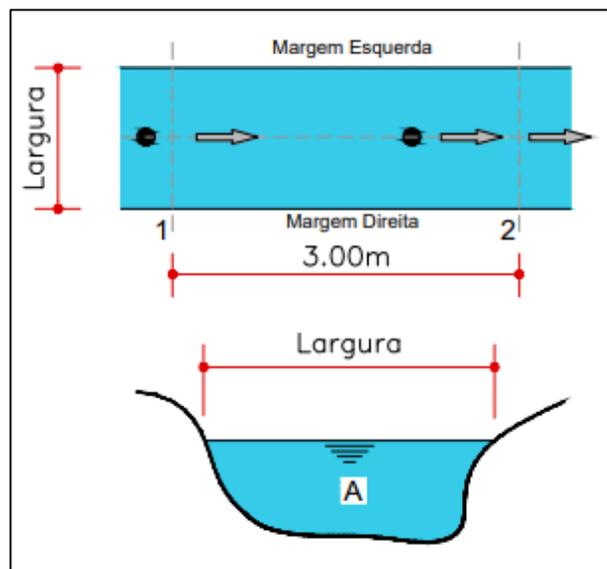
### 5.5 Vazão

Para calcular a vazão, foi necessário determinar primeiramente a velocidade do escoamento, que devido as características físicas do local, foi adotado o método flutuador, mesmo não sendo o mais eficiente se comparado a outros como molinete e ADCP.

O método, flutuador conforme destacado por Cunha (1996), consiste na relação dada em metros por segundo (m/s), obtido pela distância percorrida em uma unidade de tempo do percurso ( $V = D / T$ ). Ainda segundo a autora, esse método consiste em um objeto flutuador que poderá ser uma laranja madura onde será lançada a pelo menos 3 metros à montante do ponto inicial que se pretende medir e a partir desse ponto, mede-se o tempo percorrido até o trecho final.

Para estabelecer a velocidade do escoamento, foi separado o trecho no curso d'água com intervalo de 3 metros (Figura 14) onde foi lançado o objeto flutuante no fluxo do rio e calculado seu deslocamento do ponto inicial (PALHARES, et al., 2007). Após as coletas e obtenção das velocidades e profundidades, foi utilizado o software excel para o cálculo da vazão.

**Figura 14** – Representação do Método Flutuador



**Fonte:** (Adaptado de EPA, 1997 e Santos et al. (2001).

A vazão de um rio poderá ser obtida por diversos métodos que podem ser diretos ou automáticos. Foi adotando o fator constante de correção (K) para a correção da velocidade da superfície conforme o modelo adotado por Christensen (1994) definiu o padrão como: K=0,90 para leitos com sedimentos finos (argila e silte), K=0,85 para areia e K=0,80 para grânulo e seixos. Na presente pesquisa foi adotado o valor K=0,85 como valor de correção.

A vazão foi calculada pela fórmula abaixo:

$$Q = V * A * K$$

Em que:

Q = vazão (m<sup>3</sup>/s)

A = área média da seção do rio (m<sup>2</sup>)

V = velocidade média do fluxo de água (m/s)

K = fator de correção (0,85)

## 5.6 Laboratório

A quantificação da concentração de sedimentos suspensos nesta pesquisa foi realizada no laboratório do GEMA (Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente) da Universidade Estadual de Maringá. As etapas para quantificação do sedimentos suspensos, iniciaram após coletar das amostras e encaminhadas ao laboratório para armazenamento em freezer até o dia dos procedimentos das análises.

Os materiais utilizados foram:

- 1- Filtro modelo Microfibra Vidro de diâmetro de 47mm Millipore;
- 2- Papel alumínio;
- 3- Pinça metálica;
- 4- Bomba à Vácuo;
- 5- Balança de Precisão;
- 6- Estufa;
- 7- Becker de vidro

Os primeiros procedimentos foram recortar e numerar os papéis alumínio em tamanhos proporcionais aos filtros para embalagem e por meio de uma pinça retirar os filtros das embalagens originais e colocá-los nos papéis alumínio para a pesagem na balança de precisão.

Feito isso, foi retirado esses filtros sempre com a pinça e colocados nos tubos de sucção da bomba à vácuo para receber a água dos *beckers* até finalizar a filtração de 1 litro. Assim que filtrou a água dos *beckers* foram retirados os filtros e colocados nos mesmos papéis alumínio com os números correspondentes das amostras. O procedimento foi repetido para todas as amostras e ao seu término os filtros foram levados na estufa a uma temperatura de 105° C durante 24 horas até obter o peso resultante subtraindo o peso inicial do filtro e o final após a secagem (CARVALHO et al., 2000).

Quanto ao resultado da concentração de sedimento em suspensão, foi obtida pela diferença de massa dos filtros antes e depois da filtração para o volume de 1 litro de água, conforme destacado por (CARVALHO, 1994; SANDER, 2014):

$$\text{CSS} = \text{Pf} - \text{Pi}$$

**CSS** = Concentração de sedimentos em suspensão (mg/l)

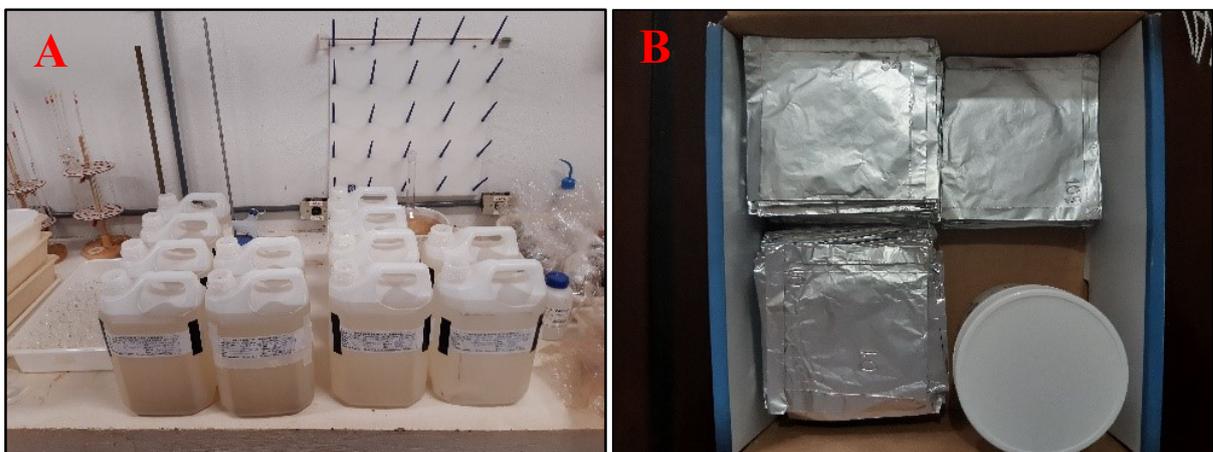
**Pf** = Peso final do filtro após a filtração da amostra e secagem (mg)

**Pi** = Peso inicial do filtro antes da filtração em miligramas (mg)

Após os valores (CSS) de cada filtro, foram dispostos em planilhas e obtido valores por grama / litro (g / l) para a análise final dos sedimentos e sua relação com a bacia e precipitação.

As fotografias dispostas (Figura 15.A, B, C, D, E e F), registram os procedimentos laboratoriais da pesquisa e os equipamentos utilizados.

**Figura 15** – Procedimentos Laboratoriais: Em A - Amostras no laboratório; B - Filtros; C - Balança de precisão; D - Becker com água; E - Bomba à vácuo; F, Estufa.





Fonte: Fotos do autor, 2020 - 2021

## 6 RESULTADOS

As drenagens do Rio Bandeirantes do Sul (BH-Semi-urbana) e Rio Pixiricussú (BH-Rural) são classificadas como rede de primeira e segunda ordem (HORTON, 1945). No caso da drenagem BH-Semi-urbana, corresponde a 6,7% da extensão total da drenagem do Rio Bandeirantes do Sul (canal principal) até o rio Ivaí que é de 46,79 km, enquanto a drenagem da BH-Rural corresponde a 9,6% do Rio Bandeirantes do Sul (canal principal) de seu comprimento total (Quadro 4).

A densidade de drenagem das bacias BH-Semi-urbana e BH-Rural são 0,41 Km/Km<sup>2</sup> e 0,54 Km/Km<sup>2</sup> respectivamente (abaixo de 7,5 Km/Km<sup>2</sup>) sendo consideradas com baixas capacidade de drenagem (ANTONELI; THOMAZ, 2007; CHRISTOFOLETTI, 1969). Esses valores se refletem pelo relevo de pouca declividade e solos espessos.

A densidade hidrográfica das BH-Semi-urbana e BH-Rural são consideradas baixas com valores de 0,19 canais/Km<sup>2</sup> e 0,21 canais/Km<sup>2</sup> respectivamente. Esses números correspondem a quantidade de canais por Km<sup>2</sup>, que no caso ficaram abaixo de 1 canal por Km<sup>2</sup>. Quanto ao índice de sinuosidade, as BH-Semi-urbanas e BH-Rural obtiveram valores de 1,13 e 1,06 respectivamente. Conforme destacado por Antoneli e Thomaz (2007), canais com tendência a ser retilíneos, (próximos a 1) associada a estrutura geológica e declividade, favorecem para o transporte de sedimentos. O fator de forma das BH-Semi-urbana e BH-Rural foram de 0,52 e 0,39 respectivamente, indicando que as bacias correspondem a um formato achatado.com maior tendência a circularidade para a BH-Semi-urbana. Dessa forma nos eventos de chuvas intensas em curto período de tempo, favorece ao grande volume nas drenagens com possibilidade de enchentes e rápido esvaziamento (CARDOSO et al., 2006). O coeficiente de compacidade das BH-Semi-urbana e BH-Rural, foram 1,18 e 1,22 respectivamente. Esses valores demonstram que as bacias embora com valores próximos a circular (tendência a 1), tende para forma alongada com maior índice para a BH-Rural (TEODORO, et al., 2007).

**Quadro 4 - Características dos Sistemas Fluviais**

<b>Parâmetros Morfométricos</b>		
<b>Parâmetros</b>	<b>BH-Semi-urbana</b>	<b>BH-Rural</b>
Área (Km <sup>2</sup> )	10,6	9,56
Perímetro (Km)	13,7	13,4
Comprimento do canal principal (Km)	3,16	4,48
Comprimento vetorial do canal principal (Km)	2,78	4,23
Comprimento do tributário (Km)	1,17	0,64
Comprimento total da rede de drenagem (Km)	4,33	5,12
Altitude máxima (m)	520	515
Altitude mínima (m)	460	445
Amplitude altimétrica (m)	60	70
Ordem do córrego	2°	2°
Densidade de drenagem (Km/Km <sup>2</sup> )	0,41	0,54
Densidade hidrográfica (canais/Km <sup>2</sup> )	0,19	0,21
Índice de sinuosidade	1,13	1,06
Fator de forma	0,52	0,39
Coeficiente de compacidade (Kc)	1,18	1,22
Índice de circularidade (IC)	0,70	0,66

**Fonte:** Elaborado pelo autor, 2021

## 6.1 Campanhas de Campo

Foram realizados quatro campanhas de campo, sendo três no mês de maio de 2020 e uma no mês de março de 2021 (Quadro 5). A primeira coleta ocorreu na vazante e os trabalhos de campo visaram amostras da velocidade e nível d'água que foram usadas para obtenção da vazão e transporte de sedimentos.

Quanto aos locais das coletas (Quadro 6) é possível observar a turbidez da água para os diferentes eventos identificadas para cada ponto (P1 e P2).

**Quadro 5 – Etapas e Datas de Coletas de Campo**

Descrição do Evento	BH-Semi-urbana	BH-Rural	Pluviosidade (mm)
1º Campo	12 / 05 / 2020		Vazante
2º Campo	13 / 05 / 2020		6,4
3º Campo	22 / 05 / 2020		45
4º Campo	04 / 03 / 2021		20,0 - 20,8

Fonte: Elaborado pelo autor - 2021

**Quadro 6 – Pontos de Coletas e Descrição dos Eventos**

Evento	BH-Semi-urbana (P1)	BH-Rural (P2)
(Vazante) 12/05/2020		
(6,4 mm) 13/05/2020		



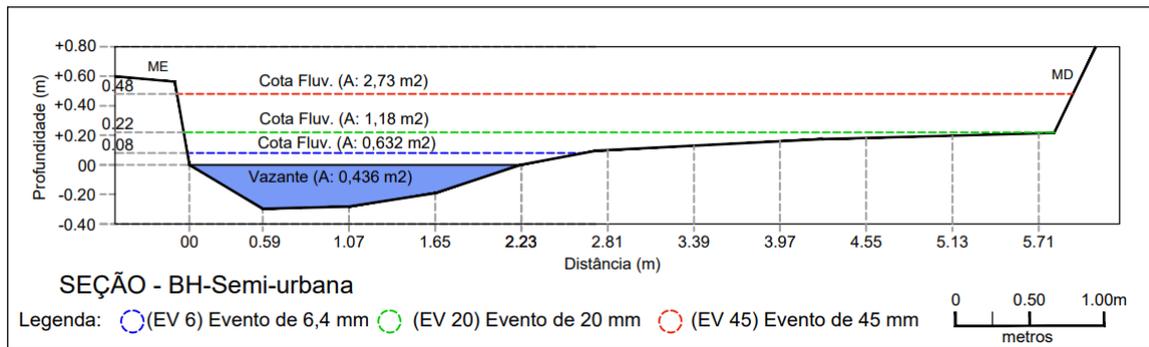
Fonte: Fotos do autor, 2020 – 2021

## 6.2 Caracterização da Geometria das Seções Transversais

Na Bacia BH-Semi-urbana, no trecho analisado, o talvegue está diretamente sobre o substrato rochoso (basalto), enquanto na margem direita ocorre uma barra de seixos. Portanto, a profundidade da seção transversal é heterogênea e verifica-se que o leito de vazante está localizado próximo a margem esquerda. Na margem direita do canal ocorre a maior extensão, ficando submersas apenas com precipitações superiores a 20 mm (Figura 16).

Com relação a variação da geometria da seção transversal, na vazante, o canal apresentou 2,23 m na largura, 0,30 m na profundidade máxima e 0,436 m<sup>2</sup> na área da seção (Figura 16). Para o evento de 6,4 mm, quando comparado a vazante, houve um aumento de 0,08 m (8%) da cota fluviométrica, 2,62 m (17,49%) na largura e 0,632 m<sup>2</sup> (44,95%) na área da seção. No evento de 20 mm, quando comparado a vazante, houve um aumento de 0,22 m, (22%) da cota fluviométrica, 5,71 m (156,05%) na largura e 1,18 m<sup>2</sup> (170,64%) na área da seção. Para o evento de 45 mm, quando comparado a vazante, houve um aumento de 0,48 m (48%) da cota fluviométrica, 6,00 m (169,06%) na largura e 2,73 m<sup>2</sup> (526,15%) na área da seção.

**Figura 16 – Seção Transversal – BH-Semi-urbana**

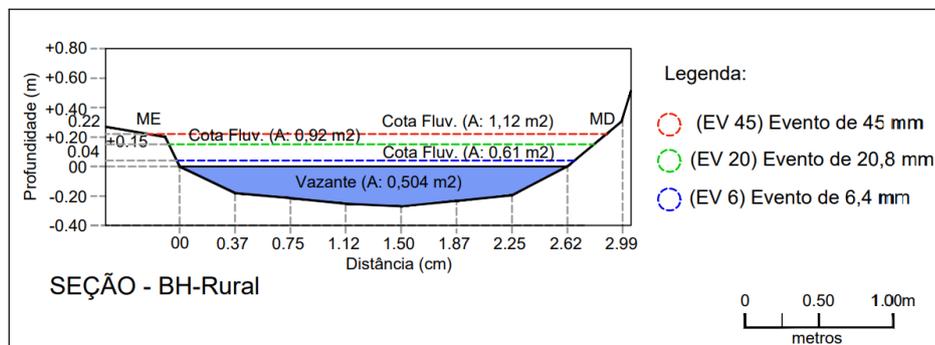


Fonte: do autor, 2021

Ainda em relação a variação das cotas fluviais amostradas nos campos realizados, verificou-se que posteriormente ao evento de maior precipitação (45 mm), o nível da água não extravasou o leito menor.

Na bacia BH-Rural o leito é constituído por sedimentos areno-argilosos (leito aluvial), que influencia no formato do canal e na dinâmica das variações da geometria. Para o evento de vazante, a seção apresentou 2,62 m na largura, 0,20 m de profundidade máxima e 0,504 m<sup>2</sup> de área de seção (Figura 17). Para o evento de 6,4 mm, quando comparado a vazante, houve um aumento de 0,04 m (4%) na cota fluviométrica, 2,65 m (1,15%) na largura e 0,61 m<sup>2</sup> (21,05%) na área de seção. No evento de 20,8 mm, quando comparado a vazante, houve um aumento de 0,15 m (15%) na cota fluviométrica, 2,80 m (6,87%) na largura e 0,92 m<sup>2</sup> (82,54%) na área da seção. No evento de 45 mm, quando comparado a vazante, houve um aumento de 0,22 m, (22%) na cota fluviométrica, 2,90 m (10,69%) na largura e 1,12 m<sup>2</sup>, (122,22%) na área da seção.

**Figura 17 – Seção Transversal – BH-Rural**



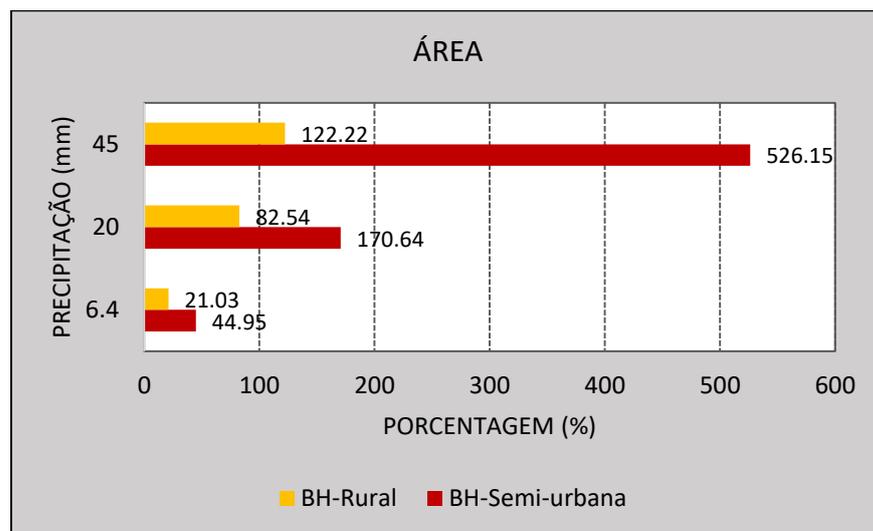
Fonte: do autor, 2020

A pequena variação da largura, decorreu do fato, desse ponto estar encaixado no vale.

Já no local da seção transversal, assim como observado na seção da BH-Semi-urbana, mesmo em eventos de maiores precipitações, manteve sua lâmina d'água dentro dos limites das margens plenas, sem registro de transbordamento do leito menor (Figura 17).

Considerando que a BH-Semi-urbana é 10,98% maior que a BH-Rural, foi possível estabelecer diante das áreas das seções o percentual de variação para os 4 eventos (Figura 18). Para o evento de vazante das seções, o leito da BH-Rural é 33% menos profundo e 15% mais largo comparado a seção transversal da BH-Semi-urbana. Para o evento de 6,4 mm, o aumento da área da seção da BH-Semi-urbana foi 114% maior que o aumento da BH-Rural. Para o evento de 20 mm e 20,8 mm, o aumento da área da seção da BH-Semi-urbana foi 107% que a BH-Rural. Para o evento de 45 mm, o aumento da área da BH-Semi-urbana foi 330% maior se comparada a BH-Rural.

**Figura 18** – Área da Seção dos Canais



**Observação:** BH-Rural a precipitação é 20,8 mm

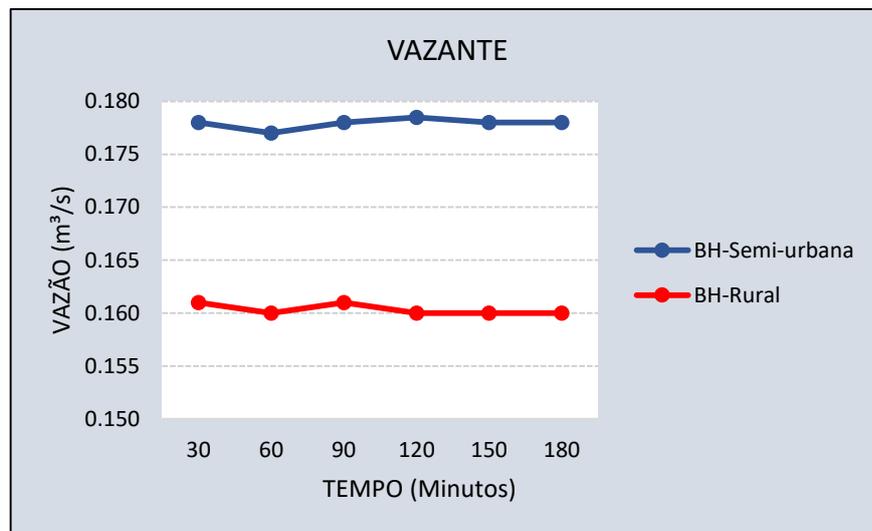
**Fonte:** Elaborado pelo autor - 2021

### 6.3 Caracterização da Descarga Líquida

Os dados da descarga líquida amostradas foram individualizados pelos eventos de precipitação (vazante, 6,4 mm, 20 mm; 20,8 mm e 45 mm) e analisados para cada bacia de drenagem. No evento de vazante, os valores mínimo, médio e máximo da vazão foram 0,177 m<sup>3</sup>, 0,178 m<sup>3</sup>, 0,179 m<sup>3</sup>, respectivamente, para a BH-Semi-urbana, enquanto na BH-Rural, os

valores mínimo, médio e máximo foram  $0,160 \text{ m}^3$ ,  $0,160 \text{ m}^3$ ,  $0,161 \text{ m}^3$  respectivamente durante as seis amostragens adquiridas, em intervalo de 30 minutos (Figura 19). As variações de vazão ocorreram entre 60 e 120 min para as duas bacias. Na BH-Semi-urbana, há uma recessão em 60 min e um moderado aumento da vazão em 90 e 120 min e estabilizando até 180min. Na BH-Rural, há uma recessão em 60 min e um aumento da vazão em 90 min que, posteriormente no tempo de 120 min apresentou a recessão e estabilidade até 180 min.

**Figura 19** – Variação da Vazão – BH-Semi-urbana e BH-Rural



**Fonte:** Elaborado pelo autor - 2021

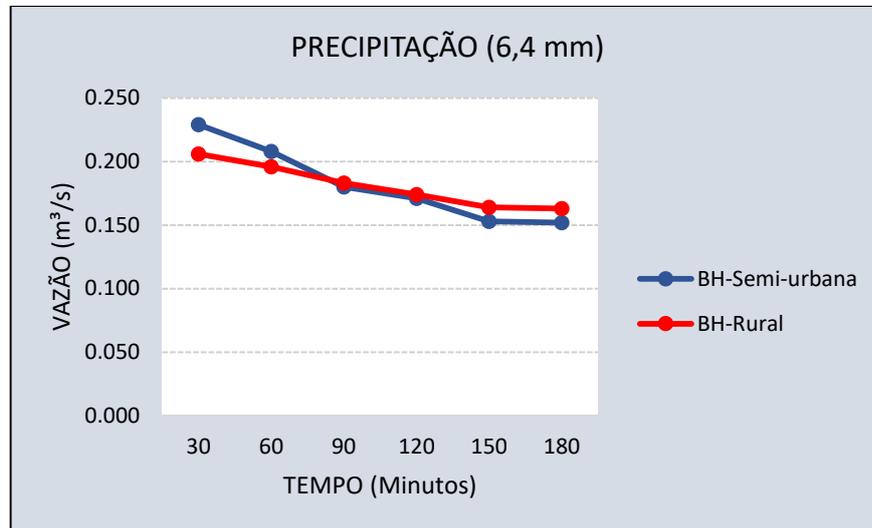
No evento de 6,4 mm, na BH-Semi-urbana e na BH-Rural diminuíram progressivamente ao longo das seis amostragens adquiridas em intervalo de 30 min (Figura 20). Os valores mínimo, médio e máximo da vazão foram  $0,152 \text{ m}^3$ ,  $0,182 \text{ m}^3$ ,  $0,229 \text{ m}^3$ , respectivamente, para a BH-Semi-urbana, enquanto na BH-Rural, os valores mínimo, médio e máximo foram  $0,163 \text{ m}^3$ ,  $0,181 \text{ m}^3$ ,  $0,206 \text{ m}^3$  respectivamente.

As maiores diferenças da vazão entre as bacias se deram entre 30 e 60 min e 120 e 150 min. A BH-Semi-urbana apresentou recessão da vazão de forma mais acentuada em relação a BH-Rural, enquanto a recessão na BH-Rural ocorre de forma moderada entre 30 e 180 min. Nos intervalos de 90 e 120 min, as duas bacias apresentaram similaridade na vazão.

Entre 120 e 150 min. a vazão da BH-Semi-urbana se manteve em recessão de forma acentuada, enquanto a BH-Rural se manteve em recessão moderada. Para 150 e 180 min. ambas as bacias apresentaram uma estabilidade da vazão, indicando o término da contribuição do escoamento superficial e contribuição exclusiva do escoamento de base. Para este mesmo

evento, foi revelado o desvio padrão de 0,03 para a BH-Semi-urbana, enquanto a BH-Rural foi de 0,01.

**Figura 20** – Variação da Vazão – BH-Semi-urbana e BH-Rural

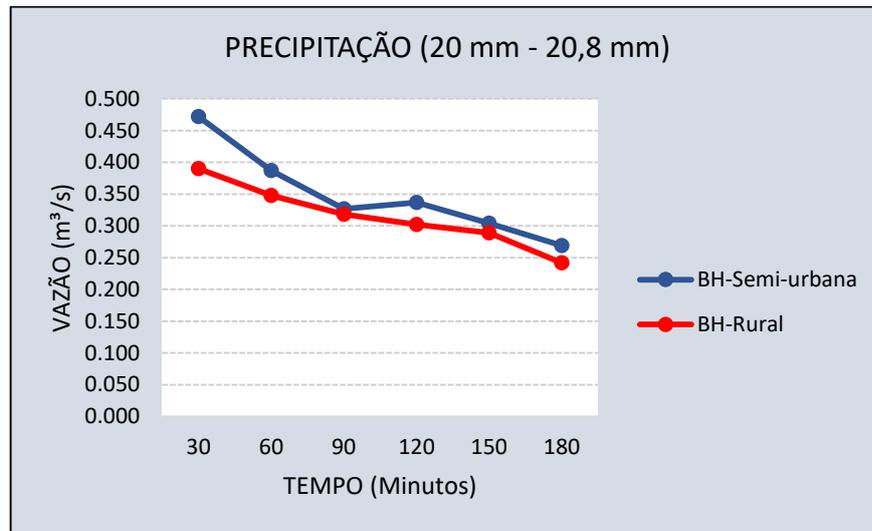


**Fonte:** Elaborado pelo autor - 2021

No evento de 20 mm e 20,8 mm a vazão na BH-Semi-urbana e BH-Rural diminuíram ao longo das seis amostragens adquiridas em intervalo de 30 min (Figura 21). Os primeiros 30 min. registraram a maior vazão para as duas bacias. Os valores mínimo, médio e máximo da vazão na BH-Semi-urbana foram 0,269 m³, 0,349 m³ e 0,472 m³, respectivamente, enquanto na BH-Rural, os valores mínimo, médio e máximo foram 0,242 m³, 0,315 m³ e 0,390 m³, respectivamente.

Para este evento foi observado 3 pontos de amplitudes entre as vazões das bacias ocorridas em 30 e 90 min., 90 e 120 min. e 120 e 150 min. As amplitudes mais significativas entre as vazões ocorreram entre 30 e 90 min com uma rápida recessão para a BH-Semi-urbana, enquanto para a BH-Rural se deu de forma moderada.

Entre 90 e 120 min. a BH-Semi-urbana apresentou um moderado aumento da vazão voltando a declinar até 180 min. A BH-Rural por sua vez se manteve em recessão moderada de 90 a 150 min e acentuado de 150 a 180 min. Para este mesmo evento, foi revelado o desvio padrão de 0,06 para a BH-Semi-urbana, enquanto a BH-Rural foi de 0,05

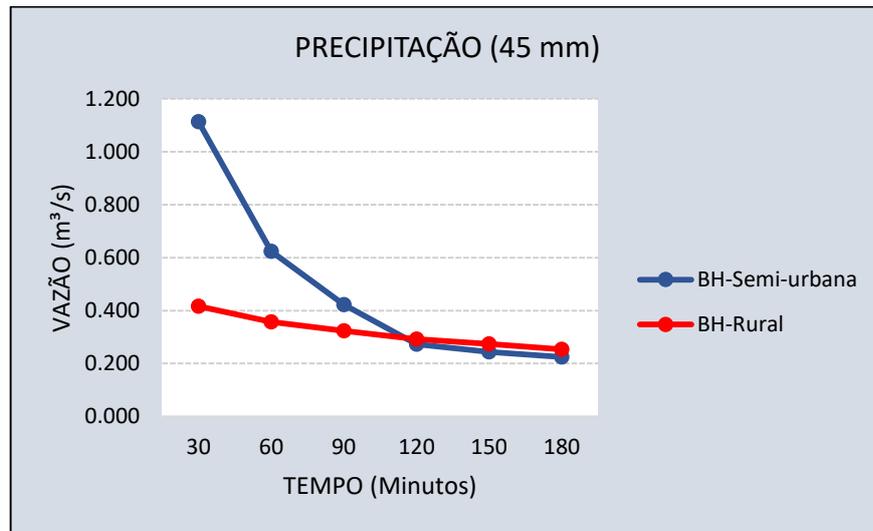
**Figura 21** – Variação da Vazão – BH-Semi-urbana e BH-Rural

**Fonte:** Elaborado pelo autor – 2021  
 (\* 20mm – BH-Semi-urbana – 20,8mm – BH-Rural)

No evento de 45 mm, os valores mínimo, médio e máximo da vazão na BH-Semi-urbana foram de 0,225 m<sup>3</sup>, 0,484 m<sup>3</sup> e 1,114 m<sup>3</sup>, respectivamente, enquanto na BH-Rural, os valores mínimo, médio e máximo foram de 0,320 m<sup>3</sup>, 0,254 m<sup>3</sup>, 0,416 m<sup>3</sup> respectivamente.

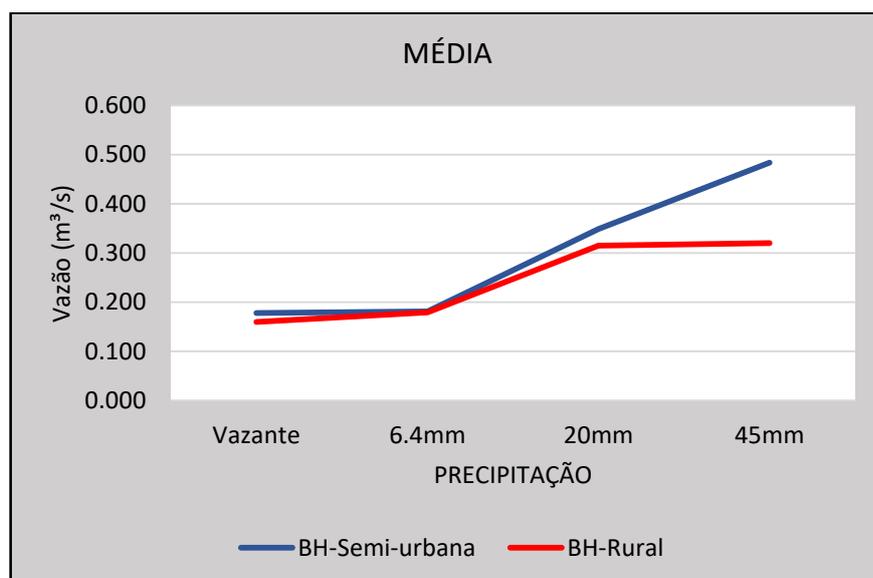
A vazão em ambas as bacias diminuíram ao longo das seis amostragens adquiridas em intervalo de 30 min (Figura 22), sendo mais acentuada na BH-Semi-urbana. A BH-Semi-urbana apresentou dois momentos ao longo da recessão, sendo o primeiro de 30 a 120 min, com rápida recessão e a partir de 120 a 180 min com a recessão moderada. Por sua vez, a BH-Rural permaneceu com recessão moderada declínio de 30 a 180 min.

A partir de 120 min. a BH-Semi-urbana obteve uma recessão moderada com valores próximos aos valores do evento de vazante no tempo de 180 min. Para a BH-Rural, a recessão se deu de forma moderada de 30 a 180 min. Para este mesmo evento, foi revelado o desvio padrão de 0,31 para a BH-Semi-urbana, enquanto a BH-Rural foi de 0,05.

**Figura 22** – Variação da Vazão – BH-Semi-urbana e BH-Rural

Fonte: Elaborado pelo autor – 2021

A variação das vazões das duas bacias foram comparadas a partir dos valores mínimo, médio e máximo de cada evento (Figuras 23 e 24). No evento de vazante, a vazão média da BH-Rural foi 10,11% menor que a vazão média da BH-Semi-urbana. No evento de 6,4 mm, a vazão média da BH-Semi-urbana foi 0,5% maior que a BH-Rural. No evento de 20 mm e 20,8 mm, a vazão média da BH-Semi-urbana foi 9,74% maior que BH-Rural. No evento de 45 mm, a vazão média da BH-Semi-urbana foi 33,88% maior que a BH-Rural.

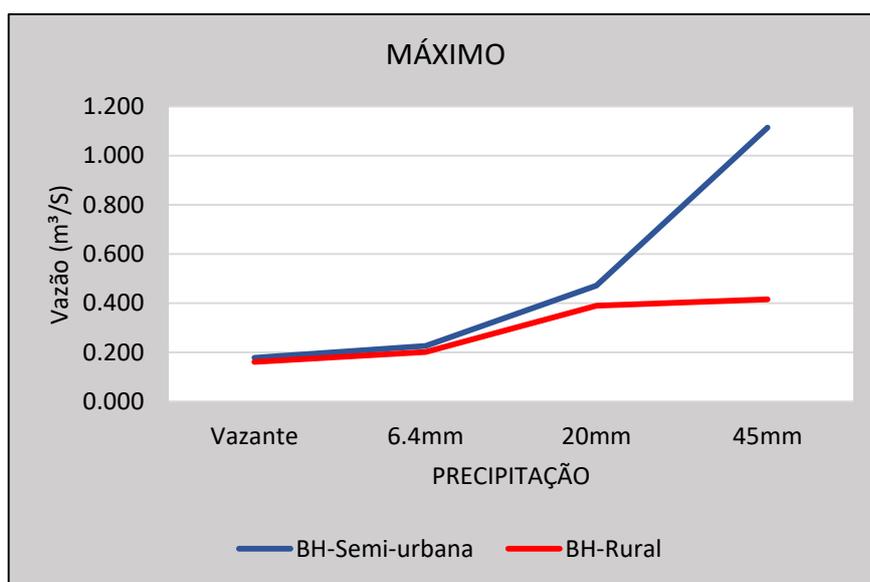
**Figura 23** – Vazão Média dos Canais

Fonte: Elaborado pelo autor – 2021

(\* 20mm – BH-Semi-urbana – 20,8mm – BH-Rural)

A vazão máxima medida dos canais ocorreu em 30 min. após cessar a precipitação (Figura 24). No evento de vazante, a vazão da BH-Semi-urbana foi 11,3% maior de que a BH-Rural. No evento de 6,4 mm, a vazão da BH-Semi-urbana foi 12% maior de que a BH-Rural. No evento de 20 mm e 20,8 mm, a vazão da BH-Semi-urbana foi 21% maior de que a BH-Rural. No evento de 45 mm, a vazão da BH-Semi-urbana foi 167% maior de que a BH-Rural.

**Figura 24** – Vazão Máxima dos Canais

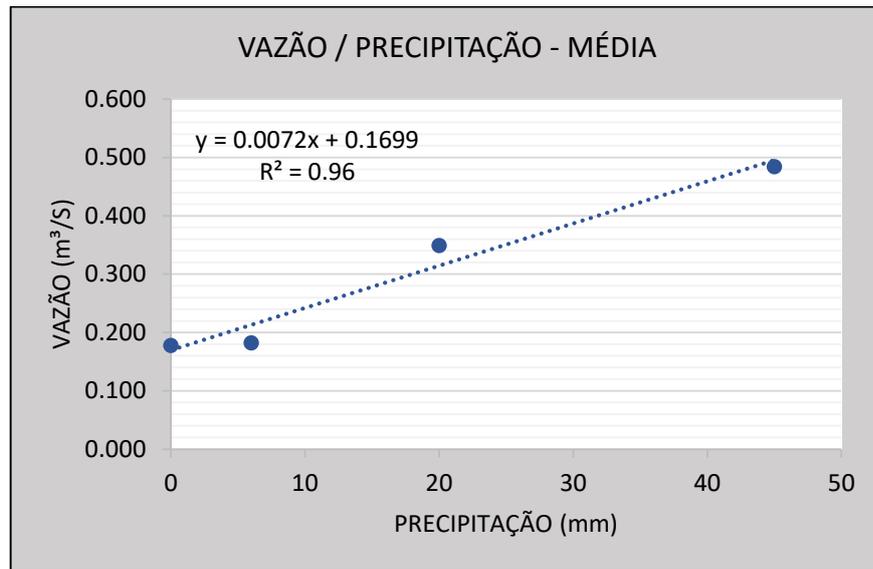


**Fonte:** Elaborado pelo autor – 2021  
 (\* 20mm – BH-Semi-urbana – 20,8mm – BH-Rural)

Em relação a correlação entre a vazão média e a precipitação de cada evento com base no modelo de regressão linear, foi verificado o coeficiente de determinação  $R^2$  alto e positivo para ambas as bacias hidrográficas (Figuras 25 e 26). Dessa forma, é possível afirmar que a descarga líquida dos canais aumenta com os eventos de precipitação de maiores intensidades.

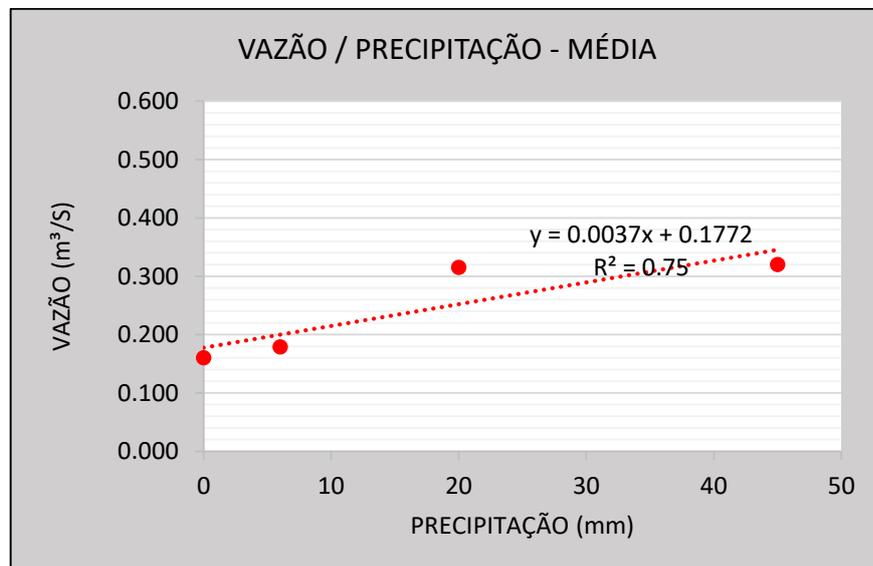
Por outro lado, a análise de detalhe do gráfico de correlação, verifica-se que as diferenças entre a vazão nos eventos de vazante e 6,4 mm são pequenas. Essa pequena diferença na vazão média está associada aos eventos de pouca duração e intensidade, corroborando com o longo tempo de precipitação antecedente.

**Figura 25**– Vazão / Precipitação - Média – Rio Bandeirantes do Sul (BH-Semi-urbana)



**Fonte:** Elaborado pelo autor 2021

**Figura 26**– Vazão / Precipitação - Média – Rio Pixiricussú (BH-Rural)



**Fonte:** Elaborado pelo autor 2021

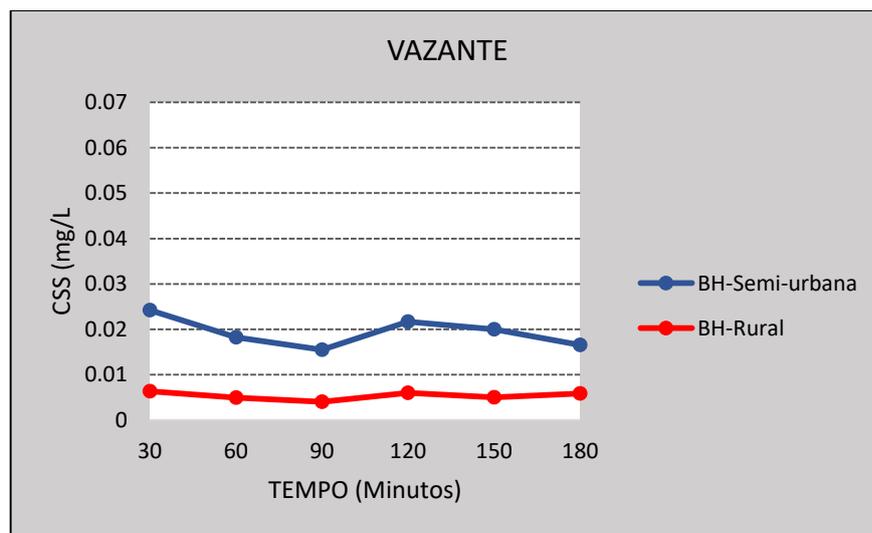
#### 6.4 Análise da Concentração de Sedimentos em Suspensão (CSS)

Assim como nos demais parâmetros (geometria da seção transversal e vazão), a CSS foi analisada por eventos de precipitação. No evento de vazante, a concentração de sedimentos em suspensão (CSS) apresentaram os maiores valores nos primeiros 30 e 120 min. (Figura 27).

Os valores mínimo, médio e máximo da CSS na BH-Semi-urbana foram de 0,0155 mg/l, 0,0194 mg/l e 0,0242 mg/l respectivamente, enquanto na BH-Rural, os valores mínimo, médio e máximo foram de 0,0063 mg/l, 0,0102 mg/l, 0,0152 mg/l respectivamente.

Entre os 30 e 90 min houve queda para as duas bacias, que voltaram a aumentar entre 90 e 120 min. Entre 120 e 150 min. a CSS nas duas bacias voltaram a diminuir. Entre 150 e 180 min. a BH-Semi-urbana continuou a diminuir enquanto a BH-Rural houve um moderado aumento em relação ao tempo anterior.

**Figura 27**– Variação da CSS no Tempo – Vazante

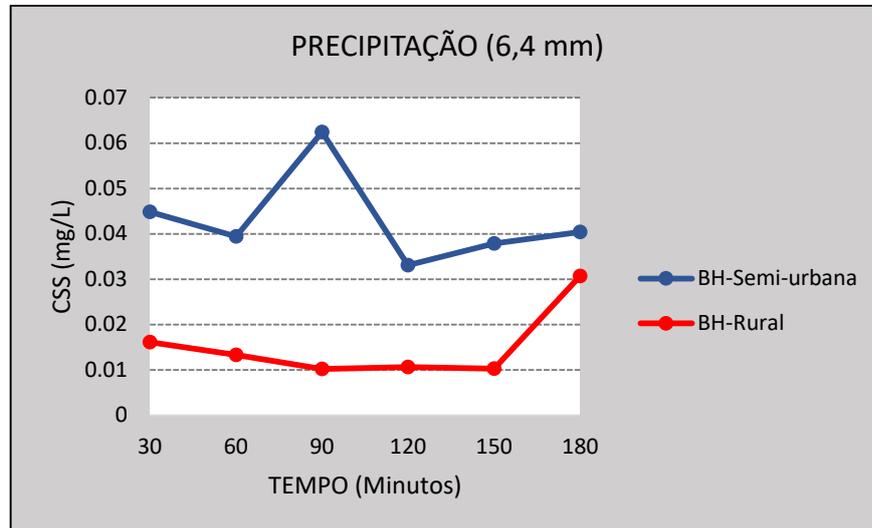


**Fonte:** Elaborado pelo autor – 2021

No evento de precipitação de 6,4 mm, Os valores mínimo, médio e máximo da CSS na BH-Semi-urbana foram de 0,0331 mg/l, 0,0430 mg/l e 0,0624 mg/l respectivamente, enquanto na BH-Rural, os valores mínimo, médio e máximo foram de 0,0102 mg/l, 0,0152 mg/l e 0,0307 mg/l respectivamente (Figura 28). Entre os 30 e 60 min houve queda da CSS para as duas bacias, que voltou a aumentar para a BH-Semi-urbana entre 60 e 90 min. Entre os 120 e 150 min houve aumento mais significativo para a BH-Semi-urbana, enquanto na BH-Rural se manteve estável entre 90 e 150 min. Após os 120 min percebe-se novamente o aumento da CSS

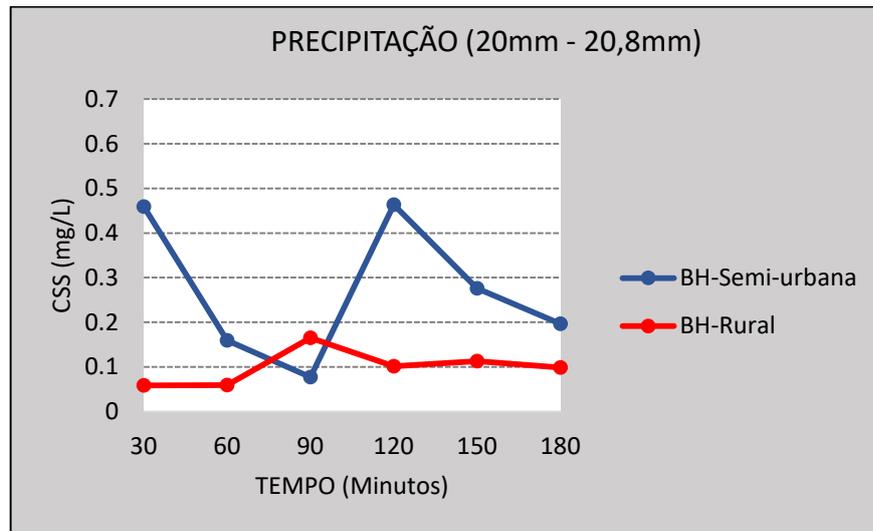
para a BH-Semi-urbana de forma moderada até os 180 min enquanto a BH-Rural o aumento foi de forma acentuada após 150 min.

**Figura 28** – Variação da CSS no Tempo – 6,4 mm



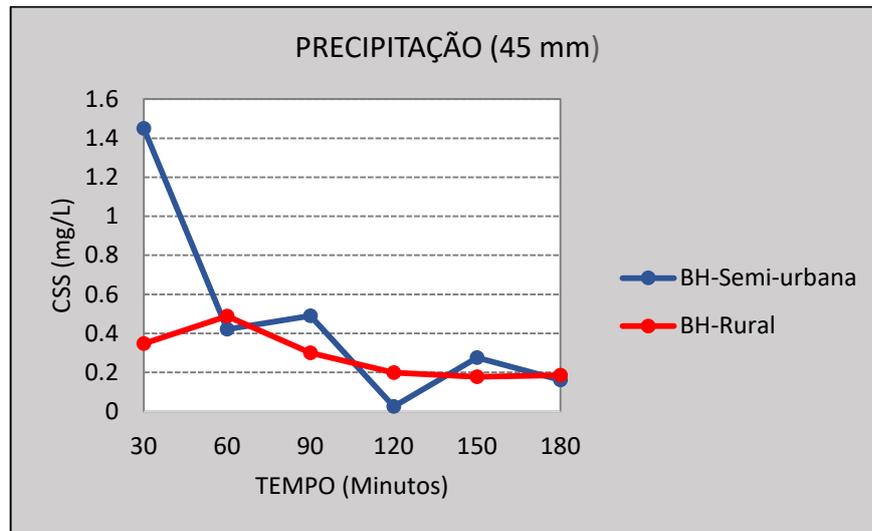
**Fonte:** Elaborado pelo autor - 2021

No evento de precipitação de 20 mm e 20,8 mm, os valores mínimo, médio e máximo da CSS na BH-Semi-urbana foram de 0,0767 mg/l, 0,2719 mg/l e 0,4637 mg/l respectivamente, enquanto na BH-Rural, os valores mínimo, médio e máximo foram de 0,0582 mg/l, 0,0991 mg/l e 0,1650 mg/l respectivamente (Figura 29). Entre os 30 e 60 min houve queda para a BH-Semi-urbana enquanto a BH-Rural se manteve estável. Entre 60 e 90 min, a CSS na BH-Semi-urbana continuou em declínio enquanto os valores de CSS na BH-Rural aumentaram. Entre 90 e 120 min, a BH-Semi-urbana aumentou sua CSS com valores próximos aos primeiros 30 min., enquanto a BH-Rural declinou. Entre 120 e 150 min, a CSS da BH-Semi-urbana voltou a declinar, enquanto a BH-Rural teve moderado aumento. Entre 150 e 180 min, a BH-Semi-urbana continuou em declínio de forma acentuada, enquanto a BH-Rural declinou-se de forma moderada.

**Figura 29** – Variação da CSS no Tempo – 20 mm e 20,8 mm

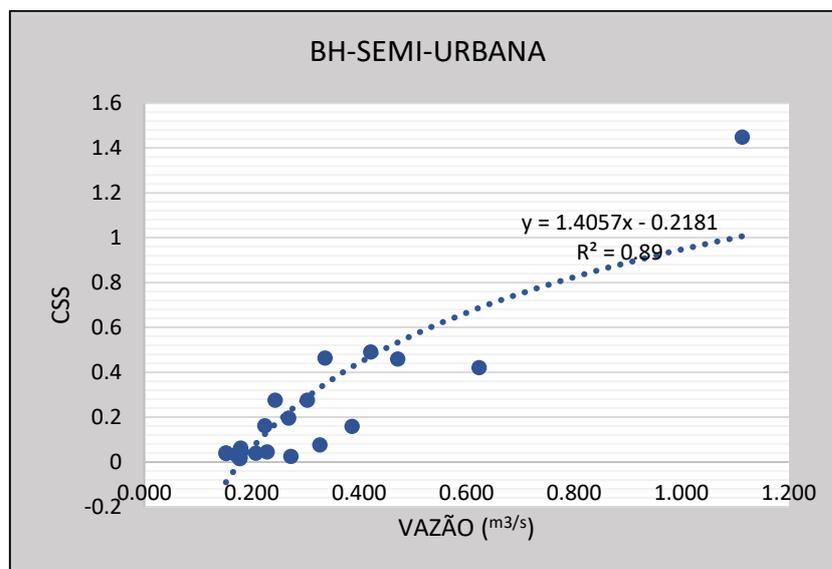
**Fonte:** Elaborado pelo autor – 2021  
 (\* 20mm – BH-Semi-urbana – 20,8mm – BH-Rural)

Para o evento de 45 mm, os valores mínimo, médio e máximo da CSS na BH-Semi-urbana foram de 0,0252 mg/l, 0,4707 mg/l e 1,4497 mg/l, respectivamente, enquanto na BH-Rural, os valores mínimo, médio e máximo foram de 0,1769 mg/l, 0,2828 mg/l e 0,4888 mg/l respectivamente (Figura 30). Entre 30 e 60 min. a BH-Semi-urbana apresentou declínio na CSS, enquanto a BH-Rural apresentou aumento moderado. Entre 60 e 90 min, a BH-Semi-urbana apresentou moderado aumento, enquanto a CSS na BH-Rural continuou a declinar-se. Entre 90 e 120 min, as duas bacias apresentaram declínio na CSS. Entre 120 e 150 min. a BH-Semi-urbana apresentou aumento de CSS, enquanto a BH-Rural apresentou CSS constante. Entre 150 e 180 min, a CSS da BH-Semi-urbana declinou enquanto a BH-Rural se manteve constante.

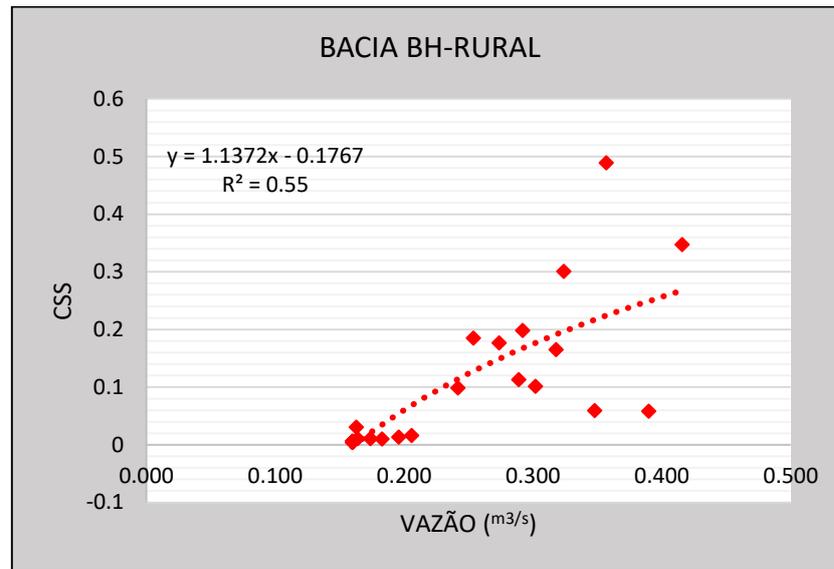
**Figura 30**– Variação da CSS no Tempo – 45 mm

Fonte: Elaborado pelo autor – 2021

Quanto aos modelos de regressão linear simples criados para relacionar a CSS e a descarga líquida, observou-se que na bacia urbana a determinação entre as variáveis foi mais forte se comparado a bacia rural, com coeficientes de determinação  $R^2$  de 0,89 e 0,55, respectivamente (Figuras 31 e 32). Portanto, em ambos os casos, verificou-se que a CSS aumenta com o aumento da vazão. Porém, é importante resaltar que para cada evento de precipitação foram registrados uma vazão média constante para todo o intervalo de coleta de sedimentos. Dessa forma, para uma determinada vazão foram amostrados 4 leituras de CSS

**Figura 31**– CSS / Vazão – BH-Semi-urbana

Fonte: Elaborado pelo autor - 2021

**Figura 32**– CSS / Vazão – BH-Rural

Fonte: Elaborado pelo autor – 2021

## 7 DISCUSSÕES

A produção de sedimentos em bacias hidrográficas é uma função dos processos erosivos que ocorrem nas encostas e nos canais fluviais. No primeiro caso, a erosão das vertentes contribui para o aporte de sedimentos ao canal, enquanto no segundo caso, o aporte de sedimentos é produto da erosão do leito e das margens do canal (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Este estudo teve como pressuposto o monitoramento de uma série de dados de duas bacias hidrográficas de diferentes características geomorfológicas e usos do solo, foi possível realizar análises estatísticas de precipitação, vazão e sedimentos suspensos nos canais fluviais.

Durante o período monitorado nas duas bacias BH-Semi-urbana e BH-Rural respectivamente de (12, 13 e 22/05/2020 e 04/03/2021) a precipitação mensal mínima foi de 7,3 mm no dia 13/05, máxima de 49,8 mm no dia 23/05/2020 e acumulado do mês de 61,3 mm (ECPM, 2021). Já em março de 2021 a precipitação mínima foi de 0,2 mm no dia 22/03, máxima de 21,7 mm no dia 03/03 e acumulado do mês de 145,2 mm (ECPM, 2021). Ressalta-se que o período de análise iniciou na vazante no dia 12/05/2020 e com precipitação no dia seguinte 13/05/2020 com registro local de 6,4 mm e registro de precipitação antecedente de 30 dias registrada no dia 14 de abril com 19,6 mm (ECPM, 2021). A análise do dia 22/05/2020, foi registrado a precipitação local de 45 mm no momento dos levantamentos dos dados com precipitação antecedente registrada no dia 13/05/2020. Já para a análise de 2021 houve 3 dias

consecutivos de precipitação antecedente ao dia 04/03/2021. Cabe ressaltar que esses dados foram obtidos pela Estação Climatológica Principal de Maringá (ECPM), servindo como referência embora a pesquisa utilizou-se dos dados de pluviômetros locais.

Com base nos dados levantados e monitorados nas duas bacias, foi realizada a identificação e coleta dos dados para a posterior análise. Cabe ressaltar que devido a distância dos pontos de análises (P1) e (P2) ser de aproximadamente 2 Km e devido aos dados serem coletados de forma simultânea nas duas bacias, foi necessário auxílio nas coletas dos dados da BH-Rural nos eventos de vazante, 6,4 mm e 45 mm e na BH-Semi-urbana no evento de 20 mm.

Esse profissional que auxiliou no suporte, mesmo com as orientações fornecidas e o devido treinamento de como realizar a leitura das seções, vazão e coleta de água, houve informações que merece um estudo posterior para confirmação, embora os dados levantados não comprometeu a pesquisa.

A BH-Semi-urbana apresenta o canal dos rios Burigui e Bandeirantes do Sul com vale encaixado em formato “V” com o uso e ocupação do solo misto de cultura temporária (50%) e área urbanizada (29%). No alto curso da BH-Semi-urbana, as águas de áreas impermeáveis são drenadas através de escoamento superficial e canalizadas pelas galerias pluviais em direção aos rios ali presentes juntamente com as áreas permeáveis da bacia que em grandes volumes de precipitação aumenta a vazão dos rios. Na BH-Rural, há uma maior área permeável, o rio Pixiricussú encontra-se encaixado com vale em “V” no alto curso e diminuindo a profundidade do vale em direção a jusante permitindo fazendo com que haja uma redução no escoamento superficial devido a menor velocidade e maior infiltração no solo. Portanto, o uso do solo associado a característica do vale são responsáveis pelas alterações nos canais fluviais para um mesmo evento de precipitação.

De fato, através das análises dos elementos de parâmetros morfométricos das bacias e da geometria hidráulica da seção transversal foi evidenciado que a BH-Semi-urbana e BH-Rural nos eventos de vazante e 6,4 mm apresentaram pouca variação na seção molhada. Este fato pode estar associado a precipitação antecedente de 30 dias apresentando um ambiente ainda seco. Contudo, a precipitação de 6,4 mm teve curta duração servindo como abastecimento do fluxo de base e menor escoamento superficial.

A BH-Semi-urbana apresentou as maiores variações na largura e área da seção em relação a BH-Rural nos eventos de maior precipitação. Nas precipitações de 20, 20,8 e 45 mm, foi observado uma maior extensão do perímetro molhado, mas que não ultrapassam as margens plenas do canal. Dessa forma, o aumento da área da seção molhada e das descargas líquidas está relacionado com a forma da bacia, com as áreas impermeáveis, o escoamento superficial e

aos grandes volumes de precipitação em menor tempo como ocorrido no evento de 20, 20,8 mm e 45 mm com tempo de 30 e 40 min respectivamente aumentando assim a vazão (TUCCI, 2013). O autor ainda destaca que com um aumento de áreas impermeáveis a cada 10%, gera 100% de aumento da vazão de pico e no volume do escoamento superficial na bacia.

No período de vazante, o Rio Bandeirantes do Sul apresentou velocidade de escoamento insuficiente para formação de processos erosivos de leito e encostas, fato este também foi observado por Baggio (2014) e Rigon (2010).

Com relação a produção de sedimentos, a BH-Semi-urbana por apresentar o vale em V, exhibe maior declividade e como consequência promove maior velocidade de escoamento das águas gerando um aumento na energia potencial e cinética, assim como na erosão das margens desses canais durante as precipitações (RIGON, 2010).

Na BH-Semi-urbana, a vazão registrada no evento de vazante apresentou pequenas variações em 30, 60 e 120 min não seguindo um padrão uniforme. No evento de 6,4 mm a vazão para o período de análise ocorreu em 30 min, enquanto no evento de 20 mm, houve dois momentos: em 30 min onde ainda havia grande volume de água no canal e em 120 min com moderada ascendência. Essa variação pode estar relacionada ao retorno de precipitação na bacia, haja visto que não pode ser medido sua quantidade. Outro fator são os dias antecedentes com registro de precipitações constantes favorecendo o abastecimento subsuperficial e saturação da bacia que ao receber um volume de 20 mm favoreceu o escoamento superficial e aumento da vazão.

Em relação ao evento de 45 mm a maior vazão para o período estudado, ocorreu em 30 min, declinando até o final do evento variando diretamente com a velocidade do fluxo e na cota fluviométrica. Outro fator foi o volume de precipitação de curta duração, além do período antecedente de 7 dias entre um evento de 6,4 mm no dia 13/05/2020 e o evento de 45 mm em 22/05/2020. Não foi possível obter a vazão de pico para os eventos, pois a pesquisa foi arbitrada com início de 30 min decorridos a precipitação.

Em relação a CSS da BH-Semi-urbana, pode ser observado que no evento de vazante, a CSS aumentou em 120 min, em 6,4 mm em 90 min, 20 mm em 120 min e em 45 mm e 90 e 150 min respectivamente. No evento de vazante, a CSS pode estar associado a irregularidade do talvegue e das corredeiras à montante que deslocam as partículas não seguindo um padrão definido. Quanto ao evento de 6,4 mm, além do fato das características físicas do canal relatadas no evento de vazante, o aumento de CSS no tempo de 90 min atribui ao fato de descarga de resíduos industriais à montante que normalmente se tornam presentes após as ocorrências das chuvas, fato este percebido pelo odor e espuma na superfície do rio no momento das coletas

No evento de 20 mm, a vazão e CSS no tempo de 120 min, pode estar associado ao novo período de retorno de precipitação em curto tempo de duração.

Para os eventos analisados de vazão e CSS e os respectivos tempos pontuados, não foi identificado uma sincronia entre as mesmas, pois a influência do uso do solo, morfometria e precipitações antecedentes, influenciam nesses parâmetros. Contudo conforme destaca Coelho (2007), a produção de sedimentos é menor em períodos de estiagem ou menores precipitações que está associada a erosão marginal e a atividade antrópica. Ressalta-se que para os demais eventos com precipitações maiores, segundo Cardoso, (2013) em uma mesma vazão pode variar a quantidade de transporte de sedimentos. A determinação da concentração de sedimentos suspensos (CSS) e descarga líquida foi de 0,89.

Sob os aspectos antrópicos na BH-Semi-urbana, as culturas agrícolas nos meses de março e maio (período estudado) se constitui em sua maioria de hortaliças, pastagens e culturas temporárias já em fase de crescimento. Estas coberturas da terra fato diminuem o escoamento superficial e aumentam o escoamento de base em relação as áreas urbanas. No entanto quando o solo está saturado, há um escoamento superficial das áreas de culturas temporárias e permanentes em direção aos canais. O mesmo ocorre em relação as áreas urbanizadas que durante a precipitação promove o escoamento superficial em direção aos canais.

Na BH-Rural, a vazão registrada no evento de vazante apresentou variação em 60 e 90 min e mantendo uma tendência a uniformidade até 180 min. Nos demais eventos foram registrados as vazões em 30 min. e recessão até os 180 min de forma moderada. Na vazante, o Rio Pixiricussú, assim como o Rio Bandeirantes do Sul apresentou velocidade de escoamento baixa, insuficiente para formação dos processos erosivos (RIGON, 2010; BAGGIO, 2014). No evento de 6,4 mm a maior área de captação permeável da bacia, favoreceu o abastecimento subsuperficial com redução do escoamento superficial até o canal.

Esse comportamento está relacionado a morfometria da bacia, que, junto aos vales apresentam canais com tendência à simetria da altura das margens. Já o canal se diferencia do canal da BH-Semi-urbana por ser mais estreito com menor área de seção e menor vazão sobre o leito que é composto por sedimentos aluviais. Ressalta-se que para essas vazões a cota fluviométrica permaneceu dentro dos limites do canal, sem transbordar para a planície de inundação. Quanto ao comportamento das vazões médias e máximas nos eventos de 20,8 e 45 mm, pode estar relacionado ao retorno de precipitação no momento das coletas das amostras que, não foi possível obter o registro.

No que se refere ao evento de 45 mm a CSS máxima em 196% maior, fato este corroborado por Carvalho (1994) que segundo o autor há um aumento em torno de 80% de

sedimentos em fortes precipitações. Outro fator do aumento da vazão e CSS é a cobertura da terra, conforme destacado por Rigon (2010) na análise entre dois córregos de diferentes usos.

O autor ressalta que em períodos ausente de precipitação o canal urbano devido a alta taxa de impermeabilização, há uma baixa recarga do lençol freático enquanto nas bacias rurais há um escoamento de base maior. Ressalta-se que essa alta taxa de impermeabilização está relacionada ao zoneamento do solo urbano com ocupação de até 90% e 10% de área permeável por lote. Nesse sentido as águas dessas áreas impermeáveis escoam para as drenagens pluviais e sobrecarregam o sistema de drenagem urbano que por sua vez aumentam a descarga líquida nos rios com nascentes no meio urbano, como ocorrido no Rio Bandeirantes do Sul e Burigui.

Além da concentração de sedimentos em suspensão (CSS), o leito da seção transversal da BH-Semi-urbana possui sedimentos depositados como barra fluvial, que são transportados durante os eventos de maior precipitação, onde a água produz energia suficiente para transportá-los.

Além disso, nos eventos de maior precipitação foi identificado processos erosivos que resultaram na retirada de sedimentos finos do leito, expondo blocos rochosos junto ao leito e margens do canal.

Em relação a CSS da BH-Rural, pode ser observado que no evento de vazante, a CSS aumentou em 120 min, em 6,4 mm em 180 min, 20,8 mm em 90 min e em 45 mm em 60 min respectivamente. Conforme observado, não houve uma sincronia (CARDOSO, 2013) em relação a CSS e tempo da precipitação, ocorrendo algumas anomalias que pode estar relacionado com algum sedimento diferente do padrão. Esse fato pode ser corroborado pelo entorno do canal que é recoberto por vegetação arbustiva que em determinados locais recobre toda a lâmina d'água do canal, além do volume das precipitações que provocam deslocamento dos sedimentos maiores sucessivos ao tempo inicial e por fim, o padrão de coleta realizada das amostras. Assim como na BH-Semi-urbana, na BH-Rural, foi registrada a produção de sedimentos na vazante e nas menores precipitações que neste caso pode estar associado a ação antrópica (COELHO, 2007).

Ao correlacionar a concentração de sedimentos em suspensão (CSS) e a vazão, a BH-Rural apresentou coeficiente de determinação  $R^2$  de 0,55, sendo aproximadamente 38% menor que a BH-Semi-urbana. Este resultado pode estar relacionado a diversos fatores, dentre eles a distância do ponto de análise até a nascente, menor incidência de processos erosivos nas margens do leito e a área de preservação permanente (APP) e fragmentos de matas que as unem, que são aproximadamente 127% maior que a BH-Semi-urbana.

Embora a BH-Rural encontra-se com maior presença de vegetação no entorno do canal, não foram observadas detritos lenhosos no curso d'água que pudessem influenciar na retenção do volume d'água e conseqüentemente da vazão e na carga de sedimentos, conforme destacado por Faria (2014) ao analisar transporte de sedimentos em suspensão em canais de primeira ordem. Outro fator são o baixo potencial construtivo, já que essas áreas são zoneamentos rurais com maior potencialidade de infiltração e menor escoamento superficial em relação a BH-Semi-urbana com aproximadamente 1/3 edificadas.

Santos, et al (2012) ao analisar a bacia do Ribeirão Maringá, verificou que as maiores perdas de solo (40% a mais que o tolerável), se deram nos meses de fevereiro, março e setembro, que comumente são épocas em que o solo fica exposto devido a preparação das culturas. Deve considerar que os intervalos de precipitações foram os mesmos já apontados para a BH-Semi-urbana, pois as duas bacias são contíguas

## 8 CONCLUSÃO

Ao comparar as características geomorfológicas através dos produtos cartográficos e visitas em campo, percebeu-se que as bacias estudadas não demonstraram grandes variações físicas do relevo, pois são formadas por colinas convexas e cobertura pedológicas semelhantes.

Por outro lado, o uso do solo de cada bacia, influencia diretamente a dinâmica hidrológica, que, no caso da BH-Semi-urbana, a existência de áreas impermeáveis, como ruas, avenidas e construções, contribuem para a redução do escoamento de base e aumento do escoamento superficial.

Com base na caracterização da geometria da seção transversal do Rio Bandeirantes do Sul e Rio Pixiricussú, foi verificado que a área da seção da BH-Semi-urbana aumentou de forma mais acentuada quando comparada à BH-Rural. Analisando os dados da geometria da seção em conjunto com os dados de campo, acrescenta-se que essa diferença expressa às características do vale e uso do solo. No trecho da BH-Rural, o vale apresenta uma planície de inundação em ambas as margens, porém com o canal mais estreito. Já na BH-Semi-urbana, o canal é encaixado com largura duas vezes superior à BH-Rural que, nos eventos de precipitação na bacia, a vazão aumenta rapidamente e elevando o nível fluviométrico. A frequência desse processo, promove o alongamento do vale e, como conseqüente, a área da seção transversal. Já na BH-Rural, o aumento da cota fluviométrica é mais gradativo, promovendo processos erosivos no canal

menos intensos. Portanto, a área da seção transversal representa as características do vale aluvial encaixado.

Os resultados encontrados demonstraram que em eventos pluviométricos, as bacias apresentam comportamentos de vazão e CSS distintos, embora suas características físicas são semelhantes. A BH-Semi-urbana apresentou vazões máximas superiores a BH-Rural para todos os eventos analisados. No evento de 45 mm, apresentou a vazão máxima 167% superior se comparado a BH-Rural.

Outros aspectos podem justificar comportamentos diferentes da concentração de sedimentos em suspensão (CSS) nas duas bacias. Na BH-Semi-urbana, a distribuição da CSS é variável, ora seguindo nas primeiras coletas, ora oscilando nas demais não seguindo uma sincronia. Nesse caso, a concentração de sedimentos ocorre mesmo após o término das precipitações, devido ao aumento da vazão e erosão do leito e das margens.

Por fim, esta pesquisa apresentou dados satisfatórios para uma pesquisa inicial, pois recomenda-se que haja mais pesquisas que complemente para obtenção de um resultado mais assertivo. Desse modo esta pesquisa possibilitou analisar os impactos do uso do solo e áreas agrícolas nos canais fluviais servindo de suporte para um planejamento futuro.

## REFERÊNCIAS

- ALENCAR, D. B. S.; SILVA, C. L.; OLIVEIRA, C. A. S. **Influência da precipitação no escoamento superficial em uma microbacia hidrográfica do Distrito Federal**. Revista Engenharia Agrícola, v.26, n.1, p.103-112, 2006.
- ANTONELLI, V; THOMAS, E. **Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista, Guamiranga-PR**. Rev. Caminhos da Geografia, Uberlândia, v.8, n.21, p46-58, jun. 2007.
- ARAÚJO, G. H.S.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. **O papel da Geomorfologia no Diagnóstico de Áreas Degradadas**. Gestão Ambiental de Áreas Degradadas, Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.
- ARROIO JÚNIOR, P. P. **Avaliação da produção e transporte de sedimentos na bacia hidrográfica do Rio Itaqueri**, municípios de Itirapina e Brotas – SP. 112 p. Dissertação (Mestrado em Ciências de Engenharia Ambiental) – Escala de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.
- BAGGIO, J.M., **A Influência da Tecnogênese sobre os canais fluviais da área urbana de Maringá – PR**, (Dissertação de Mestrado), Universidade Estadual de Maringá- UEM, Maringá PR, 2014
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Icone, 6ª ed. São Paulo, 2008, 355p.
- BICALHO, C. C. (2006). **Estudo do transporte de sedimentos em suspensão na bacia do rio Descoberto**. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH.DM-95/2006, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 123p.
- BIGARELLA J.J. 2003. **Erosão superficial**. In: Bigarella J.J. 2003. Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. Florianópolis: UFSC. v. 3, p. 909-928.
- BORDAS, M. P. E SEMMELMANN F. R. ELEMENTOS DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS. Cap. 24, p 915- 943, In Tucci, C. E. M. (org). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2a ed. Porto Alegre- RS. Editora da Universidade: ABRH, 1997, Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v.4. 943p. 1995.
- BOARDMAN, J., POESEN, J., EVANS, R. **Socio-Economic factors in soil erosion and conservation**. *Environmental Science and Policy*, Volume 6, Issue 1, 2003, pages 1-6.
- BOARDMAN, J. **Soil erosion Science: Reflections on the limitations of current approaches**, CATENA, Volume 68, Issues 2-3, 2006, pages 73-86.
- CARDOSO, C.A. et al. **Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan**, Nova Friburgo-RJ. *Árvore*, Viçosa, v.30, n.2, p.241-248, 2006.

CARDOSO, A.T. **Estudo hidrossedimentológico em três bacias embutidas no município de Rio Negrinho - SC**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina, 2013.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro: CPRM, 1994.

CARVALHO, N. de O. et al. **Guia de práticas sedimentométricas**. Brasília, DF: ANEEL, 2000. 154 p.

CARVALHO, N. O. et al. **Revisão dos estudos sedimentológicos do rio Madeira e Mamoré, RO**. Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Nov, João Pessoa- PB. (2005).

CARVALHO, T. R. **Técnicas de medição de vazão por meios convencionais e não convencionais**. Revista Brasileira de Geografia Física, Recife, v. 1, n. 1, p. 73-85, 2008.

CASTILHO, C. P. G. de. **Interceptação de chuvas na cultura da cana-de-açúcar (Saccharum Officinarum ssp.)**. (Dissertação de Mestrado) - UNICAMP - Campinas, SP: [s.n.], 2000.

CASSARO, L.; CARREIRA, M. F. **Fatores de degradação ambiental da bacia de captação de água para a cidade de Maringá–rio Pirapó**. Revista Técnica da SANEPAR, v. 16, p. 35-41, 2001.

CHARLTON, R. O.; 2008. **Fundamentals of Fluvial Geomorphology**. Nova York. ed Routledge. 275p

CHRISTENSEN, B.A. **Velocity measurement by the “one-orange method”**. American Society of Civil Engineers, Symposium Proceedings, Fundamentals and Advancements in Hydraulic measurements and experimentations. Buffalo, New York. 1994. August 2- 4. 1994.

CRISTOFOLETTI, A. **Análise morfométrica de bacias hidrográficas**. Rev. Geomorfol, Campinas, v.18, n.9, p.35-64, 1969.

CRISTOFOLETTI, A. **Morfologia de bacias de drenagem**. Notícias Geomorfológicas nº 18. 1978, p. 130-132.

CRISTOFOLETTI, Antônio, **Geomorfologia**. São Paulo: Edgar Blucher Ltda, 1980. 188 p.

CHIN, A. **Urban transformation of river landscapes in a global context**. Geomorphology, v. 79, n. 3-4, p. 460–487, 2006.

CHIN, A. O'DOWD. H., GREGORY, K. J. **Urbanization and river channels**, In. Shroder JF (Ed in Chief), Wohl E (Vol Ed) Treatise on Geomorphology V9, Fluvial Geomorphology, San Diego: Academic Press, p. 809-827. 2013.

COELHO, A. R. **Dinâmica fluvial e qualidade da água da bacia de drenagem do ribeirão Maringá: contribuição para o planejamento e gestão ambiental**. 2007. 124 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 2007.

CUNICO, C. **Zoneamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Marumbi - PR: Perspectivas para a Análise e Avaliação das Condições Sócio-Ambientais**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

CUNHA, S. B. **Geomorfologia fluvial**. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.). **Geomorfologia, técnicas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 157-189.

DIDONET, T. T. S. C. dos. **Relações entre precipitação, escoamento e sedimentos suspensos na bacia do Rio das Antas, Goiás**. 2017. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

DOUHI, N., **Regime e sistemas de controle das cheias do baixo Ivaí e cartografia das áreas inundáveis** – (Tese de Doutorado), Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá, PR 2013. 131 f. : il.

DUNNE, T. **Sediment yield and land use in tropical catchments**. Journal of Hidrology, v. 42, p. 281-300, 1979.

EMBRAPA, <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/339505>, acessado em 10/03/2021.

ECPM – Estação Climatológica Principal de Maringá. **Dados Climatológicos. 2021**. <http://www.dge.uem.br/departamento/estacao-climatologica-principal-de-maringa-ecpm> - acessado em 10/02/2021

FARIA, A. P. **Transporte de sedimentos em canais de primeira ordem: respostas geomorfológicas** In: Revista Brasileira de Geomorfologia, v.15, n.2, (Abr-Jun) p.191-202, 2014.

FERNANDES, L. A.; COIMBRA, A.M. 1994. **O Grupo Caiuá (Ks): Revisão Estratigráfica e Contexto Depositional**. Revista Brasileira de Geociências, 24(3): 164- 176.

FILHO, L. C.Z. e QUADROS, P. F. de T. **Revista de Ciências Ambientais**, Canoas, v. 11, n. 1, p. 49-64, 2017 | ISSN 1981-8858.

GARCEZ, L. N. e ALVAREZ, G. C. **Hidrologia**. São Paulo. Editora Edgard Blucher, 1998

GUERRA, A.J. T.; CUNHA, S. B. **Degradação ambiental**. In: CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 337-339.

GUY, H. P. **“Fluvial Sediment Concepts”**. In: **Applications of hydraulics**. USGS. Techniques of Water Resources Investigations of the United States Geological Survey. TWRI 3 - C1. Arlington. VA. 55p, 1970

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

HORTON, R. **Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology**. New York: Geological Society of American Bulletin, 1945. v.56. p. 275-370. 1945.

HSU, P.; CHEN, C.; TASI, C. **Real-time prediction of the peak suspended sediment concentration and sediment yield of the LaoNung River during storms.** International Journal of Sediment Research, v. 26, n. 2, p. 163-180, 2012.

INSTITUTO DE ÁGUAS E TERRA DO PARANÁ (IAT). Disponível em: <http://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Dados-e-Informacoes-Geoespaciais-Tematicos>, acessado em 10/03/2021.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em novembro de 2020.

JAMES, L. A. 2013. **Impacts of Early Agriculture and Deforestation on Geomorphic Systems.** In, Geomorphology of Human Disturbances, Climate Change, and Natural Hazards, James, L.A., C. Harden, J. Clague (Eds.), Vol.13, Treatise on Geomorphology, Shroder, J., Jr., (Ed. in Chief). Academic Press, San Diego, CA, vol. 13, pp.48-77.

KÖPPEN, W. **Climatologia. Com um estudio de los climas de la tierra.** In: IAPAR. Cartas Climáticas Básicas do Estado do Paraná, Londrina, 1948.

KNIGHTON, D. **Fluvial forms & processes.** A new perspective. London: Arnold, 1998.

LEONARDO, H. C. L. **Indicadores de qualidade de solo e água para avaliação do uso sustentável da microbacia hidrográfica do rio Passo CUE, região oeste do Estado do Paraná.** 2003. 121p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

LELI, I. T. **Variação Espacial e Temporal da Carga Suspensa do Rio Ivaí.** Dissertação (Mestrado em Análise Regional e Ambiental) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

LIMA, W. P.; ZAKIA M. J. B. **Hidrologia de matas ciliares.** In: RODRIGUES; R. R.; LEITÃO FILHO. H. F. (Ed.) Matas ciliares: conservação e recuperação. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000. p.33-43.

MAACK, R. **Notas preliminares sobre clima, solos e vegetação do Estado do Paraná.** Arquivos de Biologia e Tecnologia, Curitiba, v. 2, p. 102-200, 1953.

MARINGÁ. Prefeitura Municipal. Disponível em: <http://www2.maringa.pr.gov.br/site/index.php?sessao=30e927f10f2q30> – Acessado em 09/08/2020

MARINGÁ. Prefeitura Municipal. **Cria o Plano Diretor do Município de Maringá. (LC 632/2006).** Disponível em: <http://www2.maringa.pr.gov.br/sistema/arquivos/geo/leis/lc-632-2006-plano-diretor-lei-consolidada.pdf> - Acesso em 04/08/2020

MARINGÁ. Prefeitura Municipal. **Lei Uso e ocupação do solo urbano. Dispõe sobre o uso e ocupação do solo no município de Maringá e dá outras providências. Lei 888/2011.** 2020. Disponível em: <http://www2.maringa.pr.gov.br/sistema/arquivos/geo/leis/lc-8882011-uso-e-ocupacao-do-solo-lei-consolidada.pdf>. Acesso em 04/08/2020

MINEROPAR – **Minerais do Paraná S.A. Dados Geológicos do Estado do Paraná.** Disponível em: <<http://www.mineropar.pr.gov.br>>. Acesso em julho 2020

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.

MONTEIRO, C. A. **Clima. Geografia do Brasil- Grande Região Sul.** Rio de Janeiro, v 4, Tomo I, 1968.

MORO, D. A. **Desenvolvimento econômico e dinâmica espacial da população no Paraná contemporâneo.** Bol. de Geografia, Maringá, ano 16, n. 1, p. 1-55, 1998.

MOSCA, A. A. O. **Caracterização hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental de manejo de florestas plantadas.** 2003. 96p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

MUSETTI, R. A. **Bacias hidrográficas no Brasil: aspectos jurídicos-ambientais.** Revista CEJ, Brasília, n.12 p.90-94, 2000.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. 2007. **Hidrologia Estatística.** Belo Horizonte, CPRM.

OLIVEIRA, F. F., dos SANTOS, R. E. S., & de ARAÚJO, R. D. C. (2018). **Dinâmica, agentes causadores e fatores condicionantes de processos erosivos: aspectos teóricos.** Revista Brasileira de Iniciação Científica, 5(3), 60-83.

PALHARES, J.C.P.; RAMOS, C.; KLEIN, J.B.; DE LIMA, J.M.M.; MULLER, S.; CESTONARO, T. **Medição da vazão em rios pelo método do flutuador.** Comunicado Técnico, 2007, 4p.

PEREIRA, M. A. F. **Processos hidrossedimentológicos em diferentes escalas espaço temporais no Bioma Mata Atlântica.** 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

PINTO, N. L.; HOLTZ, A. C. T.; MARTINS, J. A. **Hidrologia de superfície** 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1973. 179 p.

PISSARRA, T. C. T. **Avaliação quantitativa das características geomorfológicas de microbacias hidrológicas 1º ordem de magnitude em quatro posições do sistema natural de drenagem,** Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, 1998. 124p. (Dissertação de Mestrado)

PISSARRA, T. C. T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A. S. **Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal (SP).** Revista Brasileira de Ciência do Solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 28, n. 2, p. 297-305, 2004. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/1437>>

REID, I.; BARTHURST, J. C.; CARLING, P. A.; WALLING, D. E.; WEBB, B. **Sediment Erosion, Transport and Deposition.** In: THORNE, C. R.; HEY, R. D. & NEWSON, M. D.

Applied Fluvial Geomorphology for River Engineering and Management. New York: John Wiley & Sons, 1997. p. 95-135.

RIGON, B.T.C., **Avaliação Têmporo-espacial do Processo Erosivo Marginal dos Córregos Mandacarú e da Romeira – Maringá-PR** – (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

ROVIRA A. and BATALLA R. J. 2006, **Temporal distribution of suspended sediment transport in a Mediterranean basin: The Lower Tordera (NE SPAIN)**. Geomorphology, Vol. 179, pp. 58–71.

SALA, M. G., 2005, **Análise da Fragilidade Ambiental na Bacia do Ribeirão Maringá PR**. (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual de Maringá – UEM (PPGEO), Maringá.

SANDER, C. et al. **Características do transporte de sedimentos em suspensão na bacia do rio Branco, Estado de Roraima**. ACTA Geográfica, Boa Vista, v. 8, n. 17, p. 71-85, abr./agos. 2014.

SANTOS, M. L e MORAIS, E. S. **Produção de sedimentos em bacia hidrográfica de pequena ordem: uso de modelos matemáticos, bacia do ribeirão Maringá, Paraná – Brasil**. Revista In: Brasileira de Geomorfologia, v.13, n.2, (Abr-Jun) p.139-150, 2012

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.

SCHMITZ, V. **Estimativa da produção de sedimentos em duas bacias hidrográficas urbanas** (Dissertação de mestrado), Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental – Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis, 2018.

STEVAUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. 2017. **Geomorfologia fluvial**. Oficina de Textos, São Paulo, 320p

SILVA, J. P. de. **Avaliação da diversidade de padrões de canais fluviais e da geodiversidade na Amazônia** – aplicação e discussão na bacia hidrográfica do Rio Xingu. / Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. Departamento de Geografia – São Paulo, 2012.

STOTT, T. (2006). **Impacts of constructing a rural cycle way on suspended sediment transport processes**. Catena, 68, pp. 16-24.

STRAHLER, A.N., 1956. **The nature of induced erosion and aggradation**. In: Thomas Jr., W.L. (Ed.), Man's Role in Changing the Face of the Earth. University of Chicago Press, Chicago, pp. 621–638.

TEODORO, V. L. I., TEIXEIRA, D., Costa, D. J. L., & FULLER, B. B. (2007). **O Conceito de Bacia Hidrográfica e a Importância da Caracterização Morfométrica para o Entendimento da Dinâmica Ambiental Local**. Revista Brasileira Multidisciplinar, 11(1), 137-156.

TORRECILHA, S. M. **A Vila Olímpica de Maringá na produção do espaço urbano** – Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual de Maringá – Maringá, 2013 a 83 f:

TUCCI, C. E. M. **Impactos da variabilidade climática sobre os recursos hídricos do Brasil**. Brasília, ANA, 2002. 70p.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 4ª ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2013. 943 p.

WALLING D. E. and WEBB B. W. 1982, **Sediment availability and the prediction of storm-period sediment yields**, Walling, D.E. (eds.), Recent Developments in the Explanation and Prediction of Erosion and Sediment Yield, England: IAHS Publication, pp. 327–337.

WOLMAN, M. G., 1959, **Factors influencing erosion of a cohesive riverbank**: Am. Jour. Sci. v. 257, p. 204-216.

WOLMAN M. G.; MILLER J. P. **Magnitude and frequency of forces in geomorphic processes**. Journal of Geology 68: 54–74, 1961.

WOLMAN, M. G. A cycle of sedimentation and erosion in urban river channels. Geographiska Annaler, v. 49, p. 385-395, 1967

XAVIER, F. V. **Contribuições metodológicas ao estudo da produção e distribuição espacial de sedimentos na bacia hidrográfica do Rio Manso utilizando o modelo AVSWAT 2009**. Campo Grande: UFMT, 2009. 148p. Dissertação Mestrado.