

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
CURSO DE AGRONOMIA

**CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA E REGIONALIZAÇÃO DE VAZÃO NA
MICROBACIA DO CORRÉGO DO BOI, APARECIDA D’OESTE, SP.**

RENATA DA SILVA MOURA

Trabalho de Graduação apresentado à
Faculdade de Engenharia do Campus
de Ilha Solteira - UNESP, como parte
dos requisitos para obtenção do grau de
Engenheiro Agrônomo.

ILHA SOLTEIRA - SP
JULHO DE 2008

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
CURSO DE AGRONOMIA

**CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA E REGIONALIZAÇÃO DE VAZÃO NA
MICROBACIA DO CORRÉGO DO BOI, APARECIDA D’OESTE, SP.**

RENATA DA SILVA MOURA

Orientador: Prof. Dr. Fernando Braz Tangerino Hernandez

Trabalho de Graduação apresentado à
Faculdade de Engenharia do Campus
de Ilha Solteira - UNESP, como parte
dos requisitos para obtenção do grau de
Engenheiro Agrônomo.

ILHA SOLTEIRA - SP
JULHO DE 2008

Aos meus pais

Maria e José e ao meu irmão Renato

*Que me deram o apoio e o estímulo necessário para a realização deste curso e
pelo amor e carinho que tornou este sonho possível.*

A minha amiga Márcia Helena

E ao Engenheiro Agrônomo Ronaldo Cintra Lima

DEDICO

Aos meus avós

Antônio (in memoriam) e Sebastiana,

Vicente e Raimunda,

Por suas histórias de vida...

OFEREÇO

Agradecimentos

Agradeço a **DEUS, o Mestre Sábio e Divino em todo o Seu amor**, pelo dom da vida e pela oportunidade de cumprir mais uma etapa.

Aos espíritos protetores por me guiarem e por me dar o suporte necessário nas horas difíceis.

Aos meus pais, Maria e José, pelo exemplo de força, sabedoria, paciência e amor; por todos os sacrifícios e pela pessoa que sou hoje, muito obrigada.

Ao meu irmão Renato, por todo apoio e por sua alegria, TE ADORO.

A UNESP/FEIS pela oportunidade de estudo.

Ao Prof^o Dr. Fernando Braz Tangerino Hernandez pela oportunidade de estágio, pelos conselhos e por sua paciência.

Aos Professores Hélio Takachi Okuda, Ana Maria Rodrigues Cassiolato, João Luiz Zocoler, Alcebíades Ribeiro Campos e João da Costa Andrade pelos conselhos e apoio que me ajudaram a chegar até aqui.

A minha amiga Márcia Helena Scabora, que foi fundamental nesses cinco anos de Faculdade, por sua força, coragem, história de vida, por me proporcionar momentos de alegria e amizade sincera.

A atual equipe do Laboratório de Hidráulica e Irrigação: Alex, Gustavo, Jean, Larissa, Pedro, Ronaldo e Vanzela, obrigada por todos os momentos de aprendizado, descontração e amizade. Ao Biólogo Renato Franco pelos ensinamentos, sem o qual a realização deste trabalho não seria possível. Um agradecimento especial ao Everaldo e a Michele, obrigada por todos os conselhos, pelos risos, pela auxílio nas atividades e, principalmente, pela AMIZADE.

Aos amigos de graduação Diego (Popai), Meirielen, Sueli, Flávio Hiroshi, Mirian, Graciele, Angélica, Wagner, Fernando Medalha, Suzana Quintanilha, Marcelo (Outdoor), Gláucia, Fabiana Garcia, Douglas Teócrita, Jarbas (Tucunaré), Flávio (Rufião). Em especial a Mariana e a Karina por terem me acolhido no momento que mais precisei.

As minhas amigas Eloisa, Keli e Milene, por todos os momentos intensamente vividos, principalmente, no último ano, obrigada por me permitir participar deste ciclo de amizade, ADORO VOCÊS.

As minhas ex-companheiras de república, com as quais passei momentos inesquecíveis: Lilian Cândido, Flávia Delbem, Maria Monteverde, Fabiana Garcia (Faby), Flaviana, Janaína e Aline. Em especial a Adriana por ter me apoiado nesta reta final.

Aos amigos Elaine Costa, Eduardo (Esfiha), Elson (Roadie), Danilo (Piqui), Marcos Bazzo, José (Russo), Marcelo (Motoka), João (Fusca), Carlos (Cupin), Evandro, Fábio (Porco), Marcelo (Bicho), Anthony (Girino), Victor (Vitão) e Antonio (Sebo).

Aos amigos distantes, mas nunca ausentes Elisangela, Paloma, Andréia, Patrícia, Priscila Portela, José Valdo, Vanessa, Priscila Aquino, Daiana, Priscilla Goto, Janaína e Renata.

A Dona Ana por ter me acolhido de uma forma tão generosa e por ter me proporcionado momentos de família tão necessários nas horas mais estressantes.

Enfim, agradeço a todos que direta e indiretamente contribuíram com a minha jornada em Ilha Solteira e com a minha formação acadêmica, saibam que levarei um pedaço de cada um, por toda a minha vida.

Valeu a pena? Tudo vale a pena
Se a alma não é pequena.
Quem quer passar além do Bojador
Tem que passar além da dor.
Deus ao mar o perigo e o abismo deu,
Mas nele é que espelhou o céu.

(Fernando Pessoa)

RESUMO:

A microbacia do Córrego do Boi está localizada no município de Aparecida d'Oeste, noroeste paulista e possui importância econômica, pois é o principal manancial fornecedor de água para a irrigação deste município. Porém, apresenta pontos sem mata ciliar e avançado processo de assoreamento.

O objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização fisiográfica da microbacia através do auxílio do software ILWIS e a regionalização da vazão. O período de coleta de dados de vazão foi de outubro de 2006 a outubro de 2007, totalizando 33 dados que foram analisados por estatística descritiva.

O Córrego do Boi apresenta uma área de drenagem de 72,6 km² e o perímetro 39,6 km, a partir destes resultados, e do comprimento dos cursos d'água, foram determinados: coeficiente de compactidade, fator de forma, índice de circularidade, densidade de drenagem e extensão média do escoamento superficial para a microbacia e para cinco pontos georreferenciados ao longo do rio principal.

De acordo com os resultados pode-se observar que a microbacia não está muito propensa a enchentes, pois apresenta um formato alongado. Os aspectos ligados à vazão indicaram que a microbacia pode se tornar crítica, se medidas de conservação não forem adotadas.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 1: Localização da microbacia do Córrego do Boi | 13 |
| FIGURA 2: Microbacia hidrográfica do Córrego do Boi e pontos de amostragem | 15 |
| FIGURA 3: Primeiro ponto de avaliação | 16 |
| FIGURA 4: Segundo ponto de avaliação | 17 |
| FIGURA 5: Terceiro ponto de avaliação | 18 |
| FIGURA 6: Local do quarto ponto da microbacia | 19 |
| FIGURA 7: Ponto 5 da microbacia | 20 |
| FIGURA 8: Extrato do Balanço Hídrico de Marinópolis, SP | 23 |
| FIGURA 9: Variação espacial e temporal da vazão e da chuva no período de monitoramento | 28 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| TABELA 1: Classificação dos valores do coeficiente de compacidade | 7 |
| TABELA 2: Classificação dos valores de densidade de drenagem | 10 |
| TABELA 3: Média mensal e média das máximas de evapotranspiração e média da precipitação no período de janeiro de 1998 a julho de 2007 em Marinópolis, SP | 14 |
| TABELA 4: Precipitação e evapotranspiração registradas no período de outubro de 2006 a outubro de 2007 | 24 |
| TABELA 5: Área, perímetro e características fisiográficas do córrego do Boi | 25 |
| TABELA 6: Características fundamentais de cada ponto da microbacia | 26 |
| TABELA 7: Índices de forma para a microbacia do córrego do Boi | 26 |
| TABELA 8: Densidade de drenagem e extensão média do escoamento superficial para os pontos da microbacia | 27 |
| TABELA 9: Vazão média, máxima e mínima para os pontos monitorados | 29 |
| TABELA 10: Regionalização de vazão para a microbacia do Córrego do Boi | 29 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| LISTA DE TABELAS..... | I |
| LISTA DE FIGURAS..... | II |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2. OBJETIVO..... | 3 |
| 3. REVISÃO | 4 |
| 3.1. Bacias hidrográficas | 4 |
| 3.2. Características fisiográficas | 5 |
| 3.2.1. Definições | 6 |
| 3.2.1.1 Área de drenagem..... | 6 |
| 3.2.1.2 Forma da bacia..... | 6 |
| 3.2.1.2.1. Coeficiente de compactidade (Kc)..... | 7 |
| 3.2.1.2.2. Fator de forma (Kf)..... | 7 |
| 3.2.1.2.3. Índice de Circularidade | 8 |
| 3.2.1.3 Sistema de drenagem..... | 8 |
| 3.2.1.3.1. Ordenamento dos canais | 8 |
| 3.2.1.3.2. Densidade de drenagem | 9 |
| 3.2.1.3.3. Extensão média do escoamento superficial | 10 |
| 3.3. Vazão..... | 10 |
| 3.3.1. Regionalização de Vazão..... | 11 |
| 4. MATERIAL E MÉTODOS | 13 |
| 4.1 Caracterização da área de estudo..... | 13 |
| 4.2 Balanço Hídrico da região de Marinópolis..... | 14 |
| 4.3 Determinação dos pontos na microbacia | 16 |
| 4.3.1. Ponto 1 | 16 |
| 4.3.2 Ponto 2 | 18 |
| 4.3.3 Ponto 3 | 20 |
| 4.3.4 Ponto 4 | 22 |
| 4.3.5 Ponto 5 | 24 |
| 4.4 Auxílio Computacional..... | 26 |
| 4.5 Medição de vazão | 26 |
| 4.6 Análise dos dados de vazão | 27 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 28 |
| 5.1 Caracterização Fisiográfica | 28 |
| 5.2 Aspectos Quantitativos dos Recursos Hídricos..... | 31 |
| 6. CONCLUSÃO..... | 34 |
| 7. REFERÊNCIAS..... | 35 |

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural muito importante para o desenvolvimento das atividades humanas e, por muito tempo foi usada irracionalmente. Hoje em dia, o uso racional da água é um dos assuntos mais abordados, tanto por parte dos ambientalistas, como por parte de grandes empresas e órgãos públicos que estão se preocupando cada vez mais com a disponibilidade e com a qualidade deste recurso.

A Lei 9.433 de 8 de Janeiro de 1997 elucida bem a preocupação com o uso racional da água, instituindo a Política Nacional de Recursos Hídricos, baseada nos seguintes fundamentos: (A) A água é um bem de domínio público; (B) A água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico; (C) A gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas; e (D) a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do poder público, dos usuários e da comunidade.

O acelerado crescimento populacional e das atividades agro-industriais nas últimas décadas no Estado de São Paulo, vem acarretando o aumento do consumo de água urbana, industrial e agrícola, e uma sensível deterioração da qualidade desse recurso natural. Esse quadro vem ocorrendo em diversas bacias hidrográficas de interesse no cenário estadual, com diferentes graus de intervenção do homem no seu funcionamento natural, indicando a necessidade de estudos integrados que contemplem a compreensão do funcionamento básico dessas bacias (GROPPO, 2005).

A agricultura é o setor que mais consome água para a realização de suas atividades, sendo a irrigação responsável por 68% deste consumo, no Brasil (TUNDISI, 2003). A adoção de tecnologia da irrigação possibilita alta produção, padronização e

qualidade dos produtos e, principalmente, a produção em períodos fora de época, onde os preços pagos ao produtor são maiores (HERNANDEZ et al., 2003). Ao mesmo tempo é, também, uma atividade que consome grandes volumes de água.

Na região Noroeste Paulista encontra-se a bacia hidrográfica do São José dos Dourados, gerenciada pela UGRHI 18 (Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos), e esta é composta por 25 municípios, sendo a agricultura a importante fonte de renda dos municípios integrantes. O cultivo de laranja, café, cana-de-açúcar e atividades ligadas à pecuária são expressivos nesta região.

Na bacia do São José dos Dourados destacam-se os seguintes cursos d'água: rio São José dos Dourados, ribeirão das Macaúbas e os córregos Água limpa, Três Barras, Coqueiro, Laranjeira, Buritis, Lontras, Matadouro, Marimbondó e do Boi.

A microbacia do córrego do Boi está localizada no domínio dos municípios de Aparecida d'Oeste e Marinópolis, sendo a maior área nos domínios de Aparecida d'Oeste e é o principal manancial do ponto de vista econômico, por abrigar a maioria dos irrigantes do município.

O município de Aparecida d'Oeste possui uma área de 18.000 hectares, sendo a vegetação natural remanescente de 447 hectares, ou seja, apenas 2,5% da área possui vegetação florestal remanescente, um parâmetro preocupante. Isto, aliado ao índice de criticidade médio de erosão que o município apresenta, mostra a importância da realização de práticas conservacionistas, e do adequado uso e ocupação do solo, pois, todas as atividades realizadas em uma bacia hidrográfica, se mal conduzidas, irão refletir nos recursos hídricos.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização fisiográfica e a regionalização de vazões na microbacia do Córrego do Boi, no município de Aparecida d'Oeste, São Paulo.

3. REVISÃO

3.1. *Bacias hidrográficas*

Bacia hidrográfica é definida como uma área de drenagem natural, recolhendo a água de precipitação que cai em sua área e levando até o único ponto de saída, este ponto é denominado exutório (TUCCI, 1993). As bacias hidrográficas são separadas umas das outras por uma linha divisória denominada de divisor de águas, a cada precipitação que atinge este ponto, a direção tomada pela mesma é o curso principal.

Na bacia hidrográfica ocorre a fase terrestre do ciclo hidrológico, pelos processos de infiltração e escoamento superficial. Esta é a fase de maior interesse dos pesquisadores, pois os fatores agroclimáticos e fisiográficos interferem naquelas etapas, logo, o conhecimento destas contribui com as obras de engenharia, com o aproveitamento da água superficial e com a proteção contra enchentes (PRUSKI et al., 2004). Por isso, a bacia hidrográfica torna-se o elemento fundamental dos estudos, tanto de suas características físicas e, conseqüentemente, o que estas interferem na dinâmica da água.

Em adição, ao adotar a bacia hidrográfica como unidade de gestão, se estabelece condições para o trabalho de conscientização e ações que leve ao comprometimento em métodos que coabitam a área de drenagem.

Para se realizar o estudo do ciclo hidrológico em uma bacia hidrográfica, torna-se necessário analisar o caminho que a água percorre, desde a entrada (precipitação) até

a saída (vazão), contabilizando-se as perdas ocorridas ao longo do caminho, através do processo de evapotranspiração.

Segundo Cardoso et al. (2006), a interação entre os componentes (solo, água, vegetação e fauna) em uma bacia hidrográfica responde a interferência do homem e a interferência natural, afetando o ecossistema como um todo. Sendo que os recursos hídricos se tornam indicativo das condições dos ecossistemas, no que diz respeito aos efeitos daquelas interações entre os componentes (SOUZA et al., 2002).

Devido ao elevado crescimento populacional e, conseqüentemente o desenvolvimento, a pressão sobre o ambiente aumentou, por isso, bacias hidrográficas tem se tornado uma importante unidade de gerenciamento de atividades de usos e conservação dos recursos naturais (SILVA et al., 2003).

A área de drenagem de uma bacia hidrográfica pode variar, por isso existe outro tipo de nomenclatura devido ao tamanho da área, a microbacia hidrográfica. No planejamento do manejo de solo e de água, a unidade mínima a ser estudada para fins de conservação é a microbacia hidrográfica que deverá ter uma área variável de 1.000 a 5.000 hectares, pois possibilita um planejamento global dos problemas ambientais, atingindo as esferas social, política, econômica e educacional (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2005).

De acordo com Piroli et al. (2002), microbacia hidrográfica torna-se uma unidade importante nos estudos, pois apresenta diferentes características, desde regiões altas, onde estão localizadas as nascentes dos córregos, áreas de encosta onde a água escoar com maior velocidade, e áreas de baixada, local este que pode se observar o manejo inadequado realizado nas partes mais elevadas.

3.2. Características fisiográficas

A determinação das características fisiográficas de uma microbacia hidrográfica é de suma importância, pois permite o conhecimento do comportamento hidrológico nos terrenos da microbacia.

Para Villela e Mattos (1975), as características físicas de uma bacia são elementos muito importantes em estudos hidrológicos, pois existe uma estreita relação com o regime hidrológico, logo, esta relação juntamente com dados hidrológicos conhecidos, pode determinar, indiretamente, vazões em locais onde os mesmos sejam

escassos. Vanzela (2004) afirma que além das características físicas, a dinâmica da água é influenciada pelo clima, por isso, as informações dos parâmetros climáticos são importantes nos estudos de hidrologia.

Uma caracterização fisiográfica deve levar em consideração o sistema como um todo, ou seja, indicar a localização da área (município, coordenadas e altitude); caracterização dos solos existentes na bacia; caracterização climática (precipitação, temperatura, umidade e evapotranspiração).

As características fisiográficas de uma bacia podem ser obtidas através de imagens de satélite, fotografias aéreas e mapas de hidrografia. As principais características fisiográficas determinadas em estudos hidrológicos são: área, perímetro, forma da bacia (coeficiente de compacidade e fator de forma) e sistema de drenagem (ordem e densidade de drenagem).

3.2.1. Definições

3.2.1.1. Área de drenagem

Segundo Villela e Mattos (1975) a área de uma bacia hidrográfica é o elemento básico para a realização dos cálculos de outras características físicas. A área indica a potencialidade hídrica da bacia, pois este multiplicado pela lâmina da chuva indica o volume de água recebida (TUCCI, 1993).

De acordo com Assad e Sano (1993), a microbacia hidrográfica é definida como uma unidade territorial com no máximo 10.000 hectares e é considerado um local onde proporciona o controle adequado dos recursos humanos e financeiros, favorecendo o uso correto do solo e da água.

Wisler e Brater (1964) propuseram uma classificação de valores para área, na qual bacias pequenas são aquelas que possuem área inferior a 26 km² e bacias grandes com área superior a esse valor.

3.2.1.2. Forma da bacia

A forma da bacia está diretamente ligada ao tempo de concentração, ou seja, a forma da bacia é um indicativo do tempo no qual toda a bacia contribui durante uma precipitação, exercendo influência no escoamento. O formato mais comum de bacias hidrográficas é a forma de leque ou de pêra.

As características geológicas são as que mais influenciam a forma da bacia, que por sua vez pode interferir nos processos hidrológicos e no comportamento da água (CARDOSO et al., 2006).

Existem três índices utilizados para determinar a forma da bacia: o coeficiente de compacidade (relaciona a forma da bacia a um círculo), fator de forma (relaciona a forma da bacia a um retângulo) e o índice de circularidade.

3.2.1.2.1. Coeficiente de compacidade (K_c)

O coeficiente de compacidade constitui uma relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual a da bacia (VILLELA; MATTOS, 1975). Quanto maior o valor do coeficiente de compacidade, mais irregular será a bacia. Este índice também é um indicativo de susceptibilidade a enchentes, pois quanto mais circular a bacia, e outros fatores forem iguais, maior será a tendência a enchentes, pois toda a área poderá contribuir de uma só vez. O coeficiente de compacidade é obtido pela equação:

$$K_c = 0,28x \frac{P}{\sqrt{A}}$$

onde: K_c = coeficiente de compacidade (adimensional);

P = perímetro (km);

A = área (km²).

A Tabela 1 resume a susceptibilidade à enchente em função do coeficiente de compacidade.

TABELA 1. Classificação dos valores do coeficiente de compacidade.

| Valores de K_c | Interpretação |
|------------------------------------|---------------------------------|
| Menor que 1,2 | Totalmente sujeito a enchente |
| Entre 1,2 e 1,5 | Parcialmente sujeito a enchente |
| Maior que 1,5 | Não sujeito a enchente |

FONTE: OLIVEIRA (1997).

3.2.1.2.2. Fator de forma (K_f)

O fator de forma (K_f) indica a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia, sendo o comprimento medido da foz a cabaceira mais distante (VILLELA; MATTOS, 1975). Assim como o coeficiente de compacidade, o fator de

forma é um parâmetro que indica a tendência de enchentes na bacia. De acordo com WISLER e BRATER (1964) uma bacia com um fator de forma baixo é pouco propensa a enchentes, já uma bacia de mesma área, com um fator de forma elevado é mais propensa a enchentes.

O fator de forma é calculado através da seguinte equação:

$$F = \frac{A}{L^2}$$

onde: F = Fator de forma (adimensional);
A = área (km²);
L = comprimento do eixo principal (km).

3.2.1.2.3. Índice de Circularidade

De acordo com Cardoso et al. (2006), o índice de circularidade, juntamente ao coeficiente de compacidade, tende a unidade à medida que a bacia se aproxima do formato circular e diminui à medida que sua forma se torna alongada. O índice de circularidade é determinado pela fórmula:

$$IC = 12,57 \times \frac{A}{P^2}$$

onde: IC = índice de circularidade (adimensional);
A = Área (km²);
P = Perímetro (km).

3.2.1.3. Sistema de drenagem

O sistema de drenagem é constituído pelo rio principal e por seus tributários. O conhecimento do sistema de drenagem permite a determinação do maior ou menor tempo em que a água deixa a bacia hidrográfica.

O estudo do sistema de drenagem engloba dois parâmetros: o ordenamento dos canais e a densidade de drenagem.

3.2.1.3.1. Ordenamento dos canais

A ordem dos cursos d'água indica a relação dos tributários do sistema, ou seja, indica o grau de bifurcação dentro de uma bacia. A classificação de ordenamento dos cursos mais utilizada é a proposta por Horton (1945) e modificado por Strahler (1957), citados em Tucci (1993).

Neste sistema de classificação, os canais sem tributários são considerados canais de primeira ordem, mesmo sendo nascentes dos rios principais e afluentes; os canais de segunda ordem resultam da confluência de dois canais de primeira ordem; já os canais de terceira ordem são formados pela confluência de dois canais de segunda ordem, podendo, também receber afluentes de ordenação inferior e assim por diante. Segundo Bertoni e Lombardi Neto (2005) esta classificação permite o conhecimento da dinâmica global do sistema e a identificação de suas unidades formadoras.

3.2.1.3.2. Densidade de drenagem

A densidade de drenagem reflete o grau de desenvolvimento do sistema hidrográfico, este parâmetro é obtido através da divisão entre o comprimento total dos cursos d'água e a área total da bacia (VILLELA; MATTOS, 1975). Estes autores afirmam que a densidade de drenagem varia inversamente ao escoamento superficial, indicando a eficiência do sistema de drenagem. A densidade de drenagem é calculada através da seguinte equação:

$$Dd = \frac{Lt}{A}$$

onde: Dd = densidade de drenagem;
 Lt = comprimento total dos cursos d'água (km);
 A = área (km²).

Para Christofolletti (1974), o conhecimento da densidade de drenagem é importante, porque esta apresenta uma relação inversa com o comprimento dos rios, quando a bacia apresenta uma elevada densidade de drenagem ocorre uma diminuição, proporcional, ao tamanho dos cursos d'água.

Segundo Garcez (1974) citado em Borsato e Martoni (2004), uma baixa densidade de drenagem indica uma maior superfície de contribuição, conseqüentemente, o deflúvio demora a atingir os rios.

O clima influencia diretamente a densidade de drenagem através das mudanças no regime e na vazão dos cursos d'água. Segundo Morisawa (1968) citado em Pissara (1999), as características físicas da bacia, também, exercem influencia sobre a densidade de drenagem, pois o tipo de rocha e de solo indica o grau de suscetibilidade à erosão, além de considerar a formação topográfica e a existência do manejo conservacionista do solo. Portanto, o conhecimento da densidade de drenagem engloba

o estudo da formação e das condições atuais da microbacia hidrográfica. O autor, ainda, afirma que uma bacia de formação predominante de argilitos, apresenta alta densidade de drenagem, enquanto uma bacia que apresenta maior porcentagem de arenitos em sua formação são bacias com densidade de drenagem baixa.

A Tabela 2 apresenta a classificação dos valores de densidade de drenagem.

TABELA 2. Classificação dos valores de densidade de drenagem.

| Densidade de drenagem | Interpretação |
|-----------------------|------------------------------|
| Entre 0,5 e 3,4 | Drenagem pobre |
| Maior que 3,5 | Excepcionalmente bem drenada |

FONTE: VILLELA e MATTOS (1975).

3.2.1.3.3. *Extensão média do escoamento superficial*

A extensão média do escoamento superficial indica a distância média que a água da chuva teria que escoar sobre os terrenos da bacia, em linha reta, do ponto onde ocorreu a sua queda até o ponto mais próximo no leito de curso d'água qualquer (VILELLA; MATTOS, 1975). A bacia em estudo é transformada em retângulo de mesma área, no qual o lado maior é a soma dos comprimentos da bacia. Este parâmetro é calculado pela seguinte equação:

$$l = \frac{A}{4 * L}$$

onde: A = área (km²);

L = Comprimento do rio principal (km).

Devido a diversos fatores de influência este índice constitui uma indicação da distância média do escoamento superficial, portanto, a extensão do escoamento superficial que ocorre nos terrenos de uma bacia é diferente quando comparados ao valor obtido pela fórmula.

3.3. *Vazão*

Nos estudos hidrológicos, além de se considerar o sistema (bacia hidrográfica) é importante conhecer a disponibilidade por meio da hidrometria.

Como a disponibilidade de água sofre variação espacial e temporal, se torna necessária a quantificação dos recursos hídricos com a finalidade de prevenir vazões

futuras, contribuindo com o planejamento, projeto e operação de sistemas de controle e utilização de recursos hídricos (MENDONÇA, 2003).

A hidrometria é o estudo das medidas das variáveis hidrológicas e tem como objetivo obter dados de precipitações, níveis de água e vazões (SANTOS et al., 2001).

A vazão de um curso de água é definida como a quantidade da mesma que passa por uma determinada seção em um tempo definido. Para o estudo adequado dos cálculos de vazão, deve se levar em consideração algumas grandezas geométricas (largura, profundidade, etc) e as grandezas referentes ao fluxo de água, como a velocidade e a vazão (VANZELA, 2004).

A medição de vazão pode ser realizada por diversos métodos, porém para a escolha do método a ser utilizado, deve-se levar em consideração as características do corpo hídrico, como o fluxo d' água que passa pela seção. Os métodos utilizados são: método do flutuador, medição convencional com molinete hidrométrico (método da meia seção), método acústico, uso de flutuadores, método volumétrico, método químico, uso de dispositivos regulares e o método calha parshall, devendo a escolha do método dependente das condições locais e da disponibilidade de equipamentos e na diferença da precisão entre eles.

O método do molinete hidrométrico é muito utilizado e consiste em determinar a área da seção e a velocidade média do fluxo que passa nesta seção. A área é determinada por meio da medição da largura do rio e da profundidade em um número significativos de pontos ao longo da seção, nas quais também é realizada a medição da velocidade com o molinete em pontos significativos, estes valores de velocidade irão originar a velocidade média na vertical (SANTOS et al., 2001). Este método tem sido utilizado pela UNESP Ilha Solteira em vários trabalhos, como o desenvolvido por Franco (2008) ao realizar o monitoramento da qualidade de água e vazão na microbacia do Córrego do Coqueiro.

3.3.1. Regionalização de Vazão

As estações hidrométricas são essenciais no estudo da vazão e, de acordo com Ribeiro (2005), os custos de implantação, operação e manutenção são elevados, por isso se torna importante à otimização dos dados obtidos nestas estações, na região de estudo. O conhecimento dos dados de vazões, juntamente com a caracterização fisiográfica, permite o maior planejamento e controle sobre obras de engenharia, para o planejamento adequado dos recursos hídricos.

De acordo com Pruski et al. (2004), para o adequado planejamento e manejo integrado de bacias hidrográficas é de fundamental importância o conhecimento de vazões médias e mínimas para as frequências de interesse, pois este conhecimento proporciona principalmente a vazão máxima de escoamento superficial, a base para o planejamento de sistemas de drenagem, de obras para o controle de erosão e cheias.

Segundo Tucci (2002), a regionalização de dados hidrológicos é a transferência de informações de um local para outro, dentro de uma área com comportamento hidrológico semelhante.

A regionalização de dados se torna uma ferramenta preciosa nos estudos de hidrologia, porém deve se levar em consideração, também, a distância entre a estação hidrométrica e a região de interesse na qual ocorre escassez de dados, portanto, a distância permitida seria aquela que proporcionasse observar um comportamento hidrológico semelhante entre ambas as regiões.

De acordo com Fill (1987), em sentido amplo, regionalização hidrológica é qualquer processo de transferência de informações das estações plúvio e flúviométricas para outros locais, em geral, sem observações.

Para Peralta (2003), a regionalização hidrológica tem por finalidade determinar as regiões que apresentam comportamento semelhante em relação à distribuição da frequência e correlação das vazões, resultante da combinação de um grande número de fatores físicos e climáticos, denominada regiões homogêneas.

A regionalização de vazão, além de proporcionar o conhecimento das vazões médias e mínimas, objetiva, também, a obtenção das variáveis $Q_{95\%}$ (vazão de 95% da curva de permanência), $Q_{1,10}$ (vazão mínima de um mês consecutivo com período de retorno de 10 anos), Q_{pl} (vazão média plurianual) e $Q_{7,10}$ (vazão mínima de sete dias consecutivos com período de retorno de dez anos), esta é a vazão de referência utilizada para o pedido de Outorga do uso da água (Lei 9.034 de 27 de dezembro de 1994) no Estado de São Paulo.

Considerando que o noroeste paulista apresenta um elevado déficit hídrico (HERNANDEZ et al., 2003), o uso da irrigação é imprescindível para o estabelecimento de uma agricultura de alto nível, minimizando os riscos de seca ou veranico, e assim, a necessidade de cumprimento da legislação em vigor, torna imperativo o conhecimento e o estudo dos parâmetros ligados à regionalização de vazão.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área de estudo

O presente trabalho foi desenvolvido na microbacia hidrográfica do Córrego do Boi entre as coordenadas $20^{\circ}24'23''$ S e $50^{\circ}54'41''$ O e $20^{\circ}33'14''$ S e $50^{\circ}47'18''$ O (Figura 1), estando inserida nos domínios da bacia do São José dos Dourados e gerenciada pela Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do São José dos Dourados (UGRHI 18).

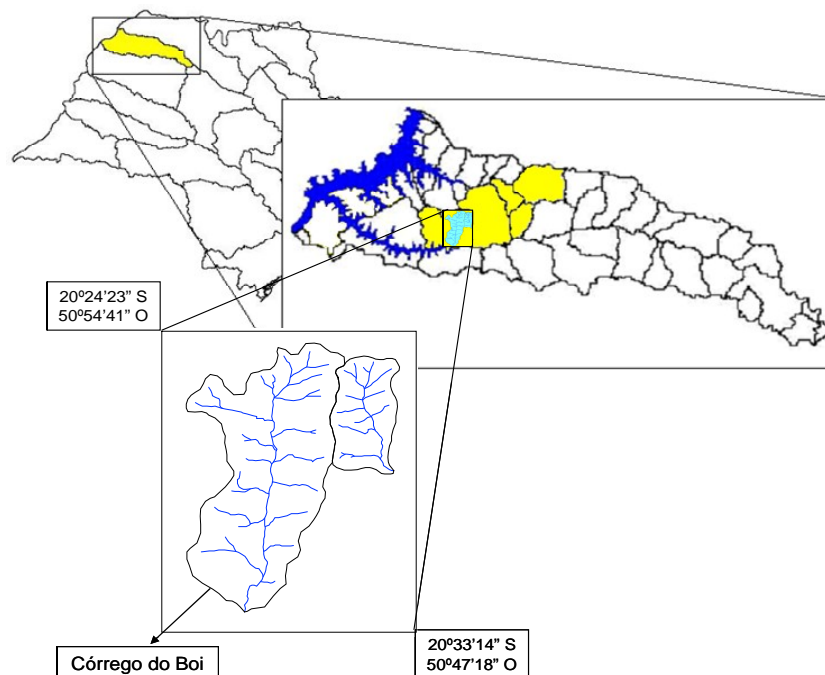


FIGURA 1. Localização da microbacia do Córrego do Boi.

Segundo o Comitê da Bacia do São José dos Dourados (2003), as unidades geológicas que afloram nesta bacia são as rochas ígneas basálticas do Grupo São Bento, Formação Serra Geral e as rochas sedimentares do Grupo Bauru, Formação Caiuá.

De acordo com a classificação de Koppen, o clima da região é subtropical úmido, Cwa, com inverno seco e ameno e verão quente e chuvoso.

Os dados climáticos foram obtidos através da estação agroclimatológica, que possui um datalogger Campbell CR-10X, localizada no município de Marinópolis (SP) e monitorada pela Área de Hidráulica e Irrigação UNESP Ilha Solteira. A Tabela 3 exibe a média mensal e a média das máximas para a evapotranspiração e a média das precipitações para o período de janeiro de 1998 a julho de 2007 em Marinópolis.

TABELA 3. Média mensal e média das máximas de evapotranspiração e média da precipitação no período de janeiro de 1998 a julho de 2007 em Marinópolis, SP.

| MESES | EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA | MÉDIA DAS MÁXIMAS | PRECIPITAÇÃO |
|--------------|------------------------------------|----------------------|--------------|
| | mm/mês | | mm/mês |
| Jan | 120,5 | 194,1 | 251 |
| Fev | 107,2 | 145,6 | 178 |
| Mar | 114,7 | 158,1 | 148 |
| Abr | 123,4 | 155,4 | 55 |
| Mai | 108,5 | 157,5 | 71 |
| Jun | 84,0 | 163,8 | 12 |
| Jul | 101,8 | 145,7 | 18 |
| Ago | 121,4 | 178,3 | 26 |
| Set | 113,6 | 167,4 | 55 |
| Out | 146,2 | 184,5 | 76 |
| Nov | 131 | 192,0 | 103 |
| Dez | 141,1 | 210,8 | 146 |
| Total | 1413,3 | - | 1140 |

FONTE: HERNANDEZ (2007).

4.2 Balanço Hídrico da região de Marinópolis

A Figura 2 ilustra o balanço hídrico da região de Marinópolis no período de outubro de 2006 a outubro de 2007.

De acordo com a figura pode-se observar que, de um modo geral, durante onze meses do período de estudo houve déficit hídrico e, que apenas o mês de janeiro apresentou um excedente hídrico de quase 300 mm.

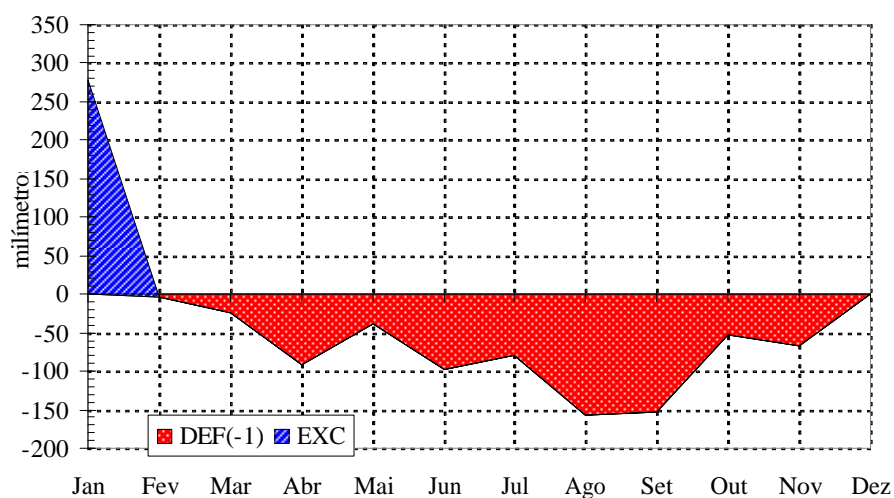


FIGURA 2. Extrato do Balanço Hídrico de Marinópolis, SP

A Tabela 4 contém os valores de precipitação e evapotranspiração Penman-Monteith (PN-M) registrados durante o período de monitoramento.

TABELA 4. Precipitação e evapotranspiração registradas no período de outubro de 2006 a outubro de 2007.

| | Precipitação (mm) | Evapotranspiração (PN-M) (mm/mês) |
|----------------|----------------------|--------------------------------------|
| Outubro/2006 | 59,7 | 145,7 |
| Novembro/2006 | 80,8 | 147 |
| Dezembro/2006 | 218 | 155 |
| Janeiro/2007 | 439,9 | 124 |
| Fevereiro/2007 | 99,5 | 131,6 |
| Março/2007 | 83,9 | 139,5 |
| Abril/2007 | 17,3 | 138 |
| Maio/2007 | 79 | 120,9 |
| Junho/2007 | 0 | 102 |
| Julho/2007 | 40,9 | 120,9 |
| Agosto/2007 | 0 | 158,1 |
| Setembro/2007 | 0 | 153 |
| Outubro/2007 | 78 | 176,7 |
| TOTAL | 1197 | 1812,4 |

A precipitação total e a evapotranspiração de referência Penman-Monteith foram de 1197 mm e 1812,4 mm, respectivamente. Isto indica que, neste período, houve déficit hídrico, devido a evapotranspiração ter sido maior do que a precipitação.

4.3 Determinação dos pontos na microbacia

Para realizar a coleta de dados de vazão, foram georreferenciados cinco pontos ao longo do leito principal do Córrego do Boi, de acordo com a metodologia adotada por VANZELA (2004), que prioriza os seguintes critérios: (1) Influência das características locais sobre a qualidade da água; (2) otimização dos métodos de medição de vazão; e (3) a subdivisão da microbacia em pontos equidistantes.

4.3.1. Ponto 1

O ponto 1 está localizado sob as coordenadas geográficas 20°25'45.3'' S e 50°51'00.3'' O (Figura 3), é o ponto mais próximo das nascentes e caracteriza-se pela presença de macrófitas aquáticas e por processo avançado de assoreamento.



FIGURA 3. Primeiro ponto de avaliação.

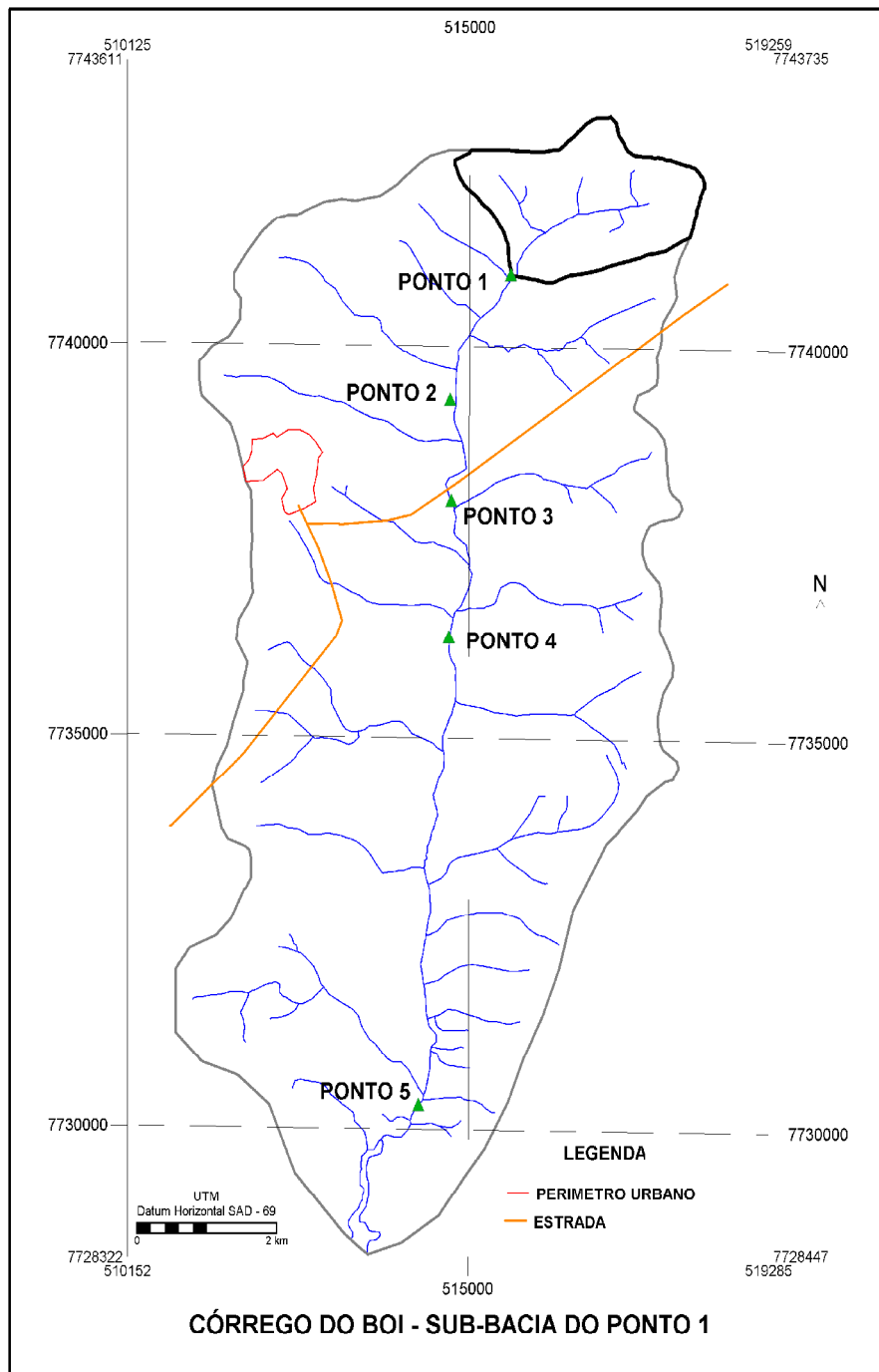


FIGURA 4. Área da sub-bacia do ponto 1.

4.3.2 Ponto 2

O ponto 2 (Figura 5) possui as coordenadas 20°26'46.6'' S e 50°51'00.3 O e está localizado a montante da estação de tratamento de esgoto da SABESP, distante 2 km do ponto 1. Nesse ponto não ocorre coleta de dados de vazão devido às características da calha e a presença de macrófitas aquáticas, que não permitiram traçar um perfil adequado para realizar a determinação pelo método do molinete hidrométrico.

Neste ponto pode-se observar alguns trechos com fragmentos de mata.



FIGURA 5. Segundo ponto de avaliação.

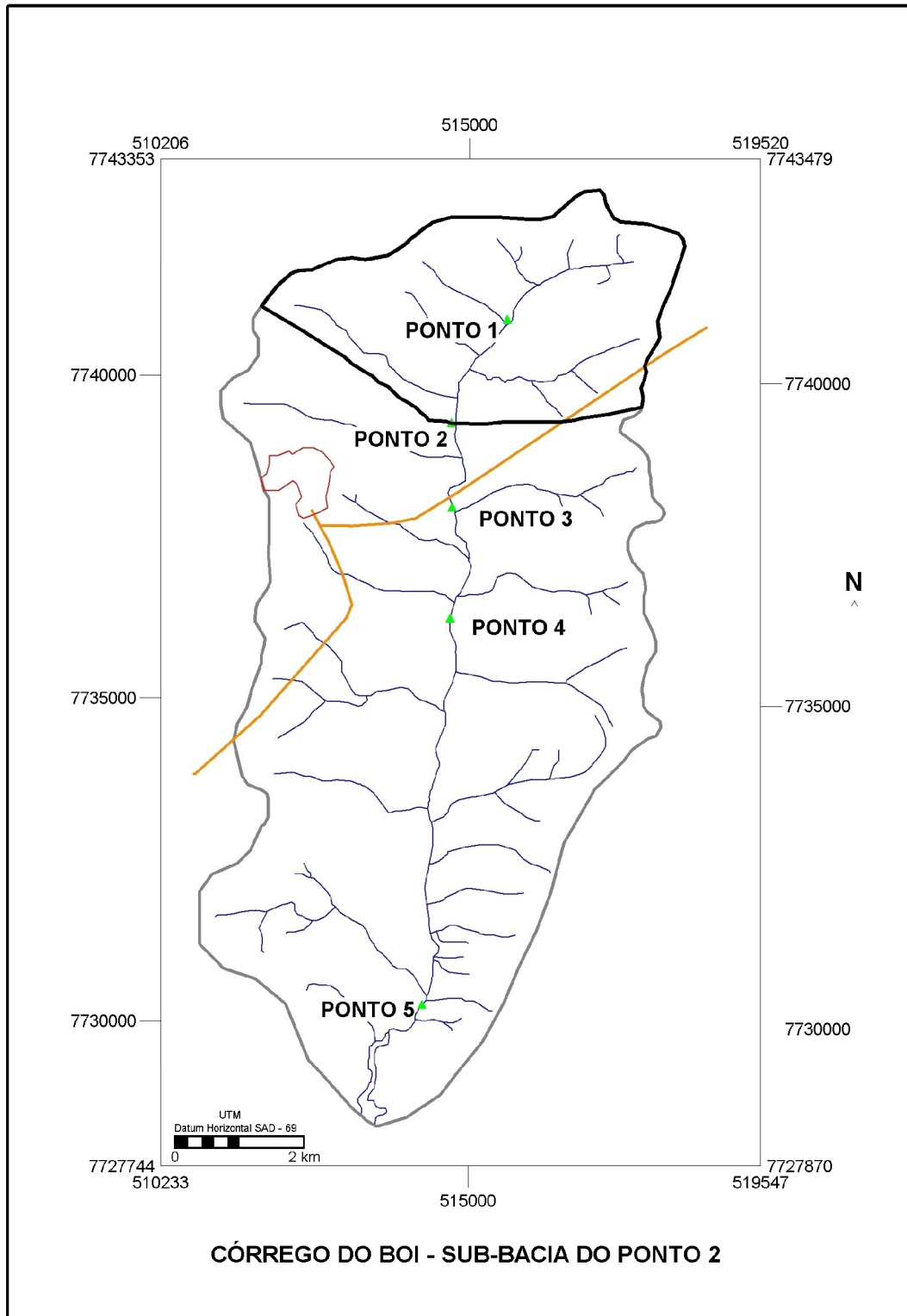


FIGURA 6. Área da sub-bacia do ponto 2.

4.3.3 Ponto 3

O terceiro ponto de avaliação está entre Latitude 20°27'16.3'' Sul e Longitude 50°51'33.2'' Oeste (Figura 7), localizado a jusante da lagoa de tratamento e próximo da Rodovia de acesso Dr. Euphly Jalles que liga Aparecida d'Oeste e Marinópolis.

Este ponto está distante 800 m do segundo ponto e, ainda, recebe o esgoto proveniente da estação de tratamento da SABESP e, de acordo com Cetesb (2005), o manancial recebe uma carga orgânica potencial de 198 kg/hab/dia. Neste ponto ocorre medição de vazão e, pode-se observar a presença de pastagens degradadas, ausência de mata cilia, presença de solo exposto e desbarrancamento de margem.



FIGURA 7. Terceiro ponto de avaliação.

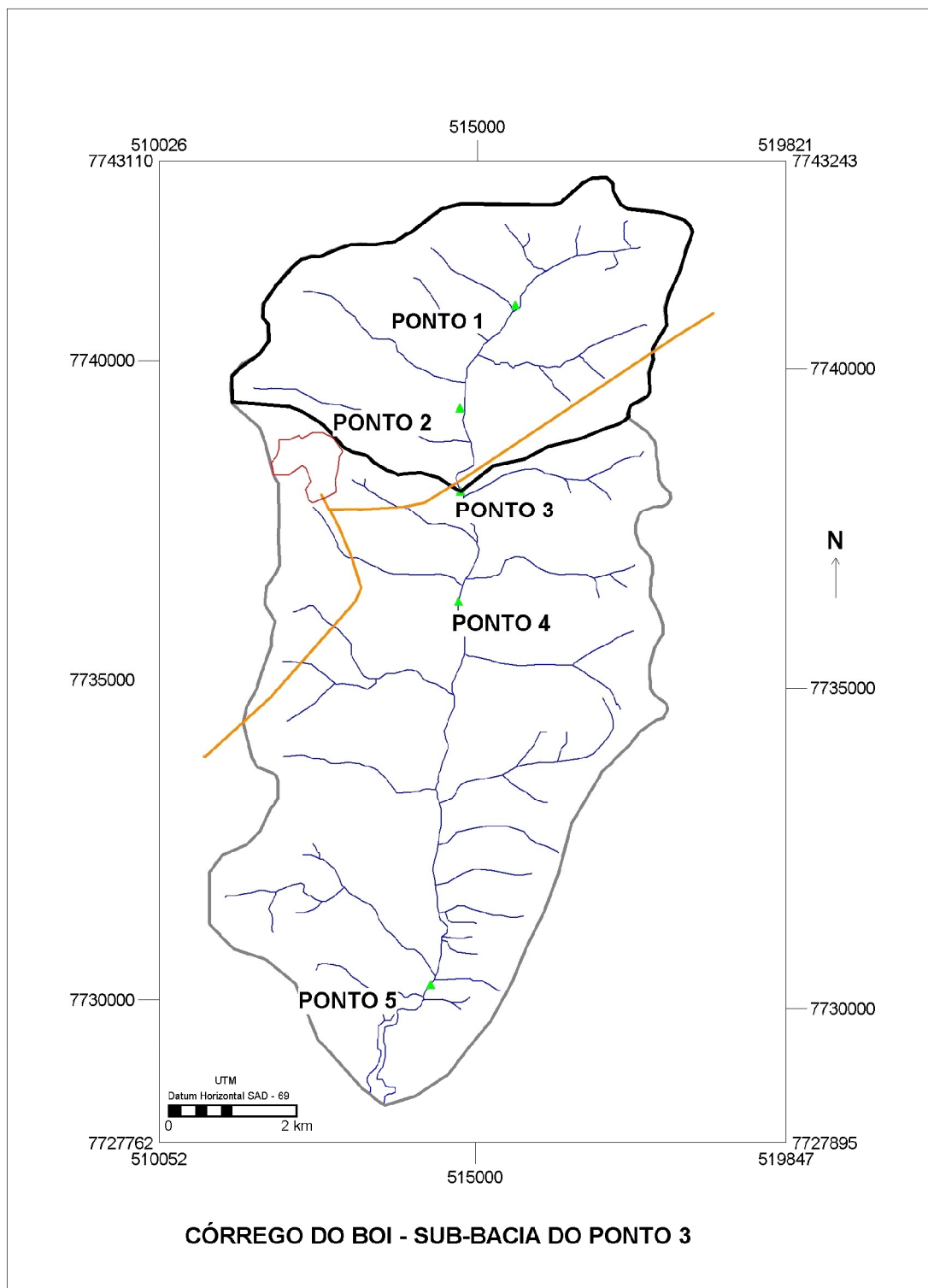


FIGURA 8. Área da sub-bacia do ponto 3.

4.3.4 Ponto 4

O quarto ponto de coleta (Figura 9) está localizado na Latitude 20°28'14.5'' Sul e Longitude 50°51'32.1'' Oeste. Neste ponto, assim como no ponto 2, não ocorre à medição de vazão porque as características de calha, fluxo de água reduzido e a grande presença de macrófitas impossibilitam o uso dos métodos disponíveis. Neste ponto, também, pode-se observar a ausência de mata ciliar.



FIGURA 9. Local do quarto ponto da microbacia.

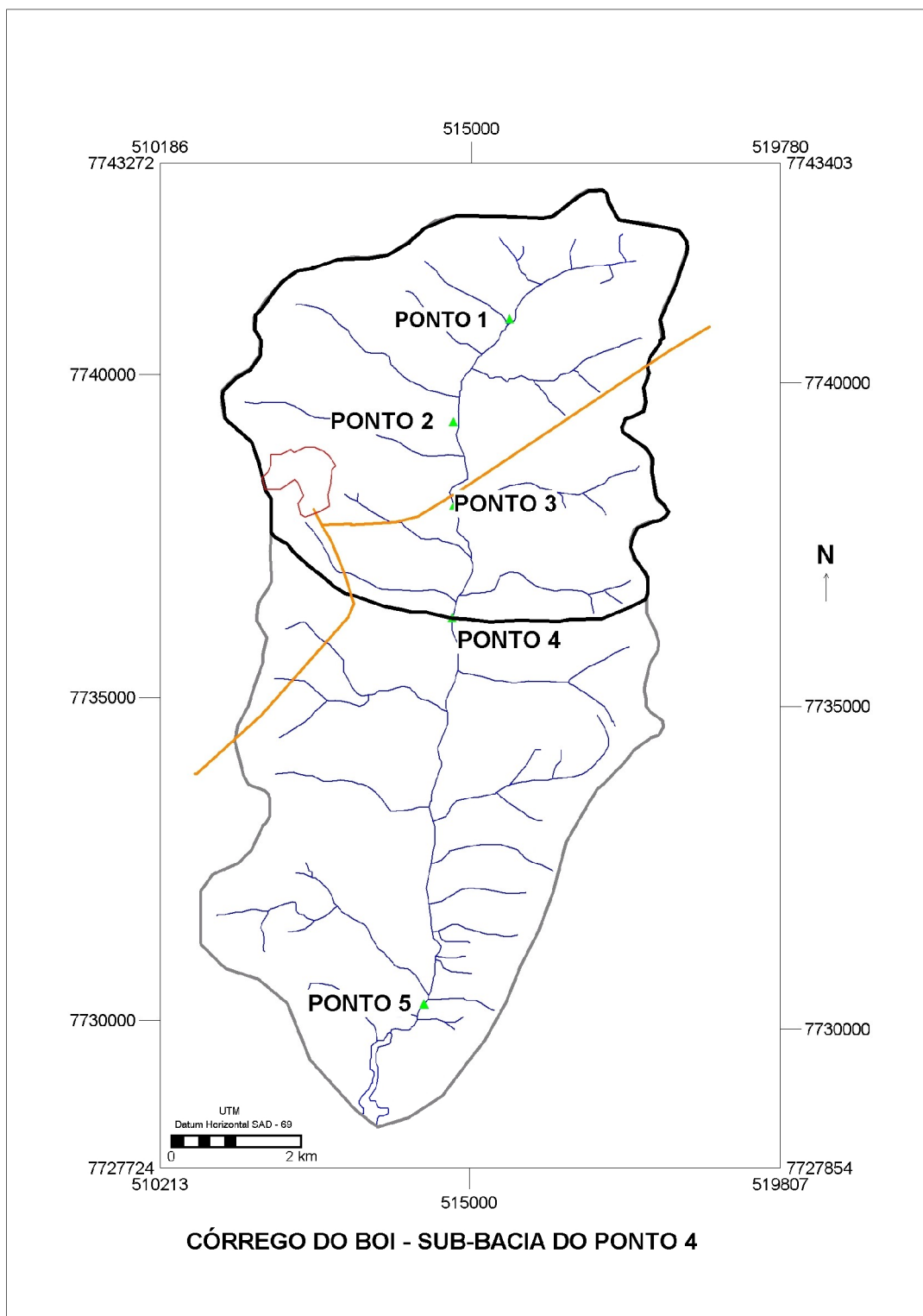


FIGURA 10. Área da sub-bacia do ponto 4.

4.3.5 Ponto 5

O ponto 5 está entre as coordenadas 20°28'14.3'' Sul e 50°51'31'' Oeste, neste ponto ocorre a influência do Rio São José dos Dourados, além de caracterizar-se pela presença de pequenos fragmentos de mata, pastagem degradada e macrófitas aquáticas (Figura 11).

A microbacia do Córrego do Boi apresenta uma característica muito importante em sua foz, pois apresenta uma área de influência do Rio São José dos Dourados esta área é de 0,240 km², o que corresponde a 0,33% da área total da microbacia e possui um comprimento de 1,48 km. Esta área de influência foi um importante fator na decisão do processo de escolha do ponto 5, pois, normalmente, o último ponto de monitoramento é bem próximo à foz, porém, não é o que ocorre na microbacia do Córrego do Boi.



FIGURA 11. Ponto 5 da microbacia

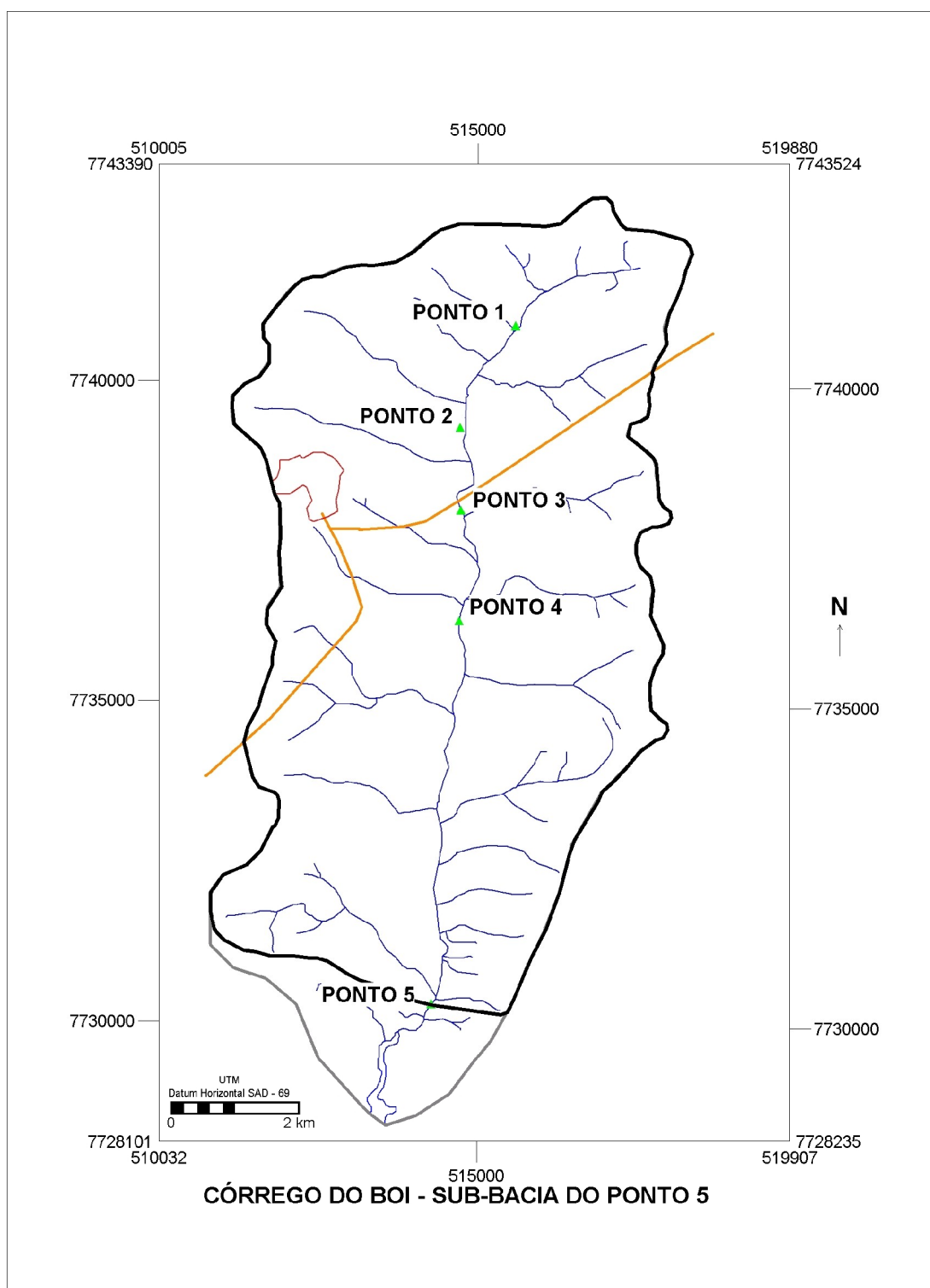


FIGURA 12. Área da sub-bacia do ponto 5.

4.4 Auxílio Computacional

A base cartográfica utilizada para o levantamento fisiográfico foi uma carta do IBGE com escala de 1:50.000, com a distância de 10 metros entre as curvas de nível. A imagem de satélite utilizada foi do satélite CBERS com passagem no dia 10 de setembro de 2007.

As características fisiográficas fundamentais, área e perímetro, para a microbacia do Córrego do Boi foram determinados através do Software ILWIS versão 3.4. O registro da imagem foi realizado e, após este processo ocorreu a importação da imagem para o programa, foram criados os layers de vetorização, em cima da imagem raster, para a construção da rede hidrográfica e do limite da bacia e sub-bacias, após este processo foi criado o arquivo de polígonos e, através deste obteve-se as informações de área e perímetro para a microbacia e as sub-bacias.

As bandas utilizadas para a visualização foram as 4, 2 e 1, para a melhor visualização da rede de drenagem, que correspondem ao infravermelho próximo, verde e azul, respectivamente, do sensor CCD, pertencente ao satélite CBERS 2.

Através dessas duas principais características foi calculado o coeficiente de compacidade, fator de forma, índice de circularidade, densidade de drenagem e extensão média do escoamento superficial.

4.5 Medição de vazão

As medições de vazão foram realizadas pelo método do molinete (método da meia seção) da marca Global Water, modelo FP101-FP201, sendo a determinação das velocidades do fluxo em diversas seções molhadas ao longo da largura do curso d'água. A vazão total foi determinada através da seguinte equação:

$$Q = v_1 * S_1 + v_2 * S_2 + \dots + v_n * S_n, \text{ onde:}$$

Q = Vazão do curso d'água (m^3/s);

v_1 = velocidade do fluxo da água na seção molhada 1 (m/s);

S_1 = área da seção 1 (m^2);

v_2 = velocidade do fluxo da água na seção molhada 2 (m/s);

S_2 = área da seção 2 (m^2);

v_n = velocidade do fluxo da água na seção molhada n (m/s);

S_n = área da seção n (m^2);

A medição de vazão ocorreu no período de 19 de outubro de 2006 a 26 de outubro de 2007, exceto no mês de janeiro de 2007 que não houve medição de vazão, totalizando 12 meses de coleta de dados. No período de monitoramento apenas o ponto 5 não obteve as doze medições de vazão, sendo a falta de dados nos meses de dezembro de 2006, abril e maio de 2007. Este fato é devido à falta de condições ideais para realizar a caracterização do perfil para medir a vazão, devido ao aumento do nível de água que ultrapassou a calha do rio.

4.6 Análise dos dados de vazão

A análise dos dados de vazão foi realizada por estatística descritiva (média, máximo e mínimo) com o auxílio de tabelas utilizadas no software Excel. Também, através do mesmo programa foi realizada a construção de gráficos que indicam a variabilidade temporal e espacial da vazão. Este gráfico relaciona os pontos (gráfico de linhas) com a vazão e a chuva acumulada (gráfico de barras).

Para realizar a regionalização dos dados foi utilizado o programa disponível no Sistema de Informações para Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SÃO PAULO, 2007), no qual são inseridas as coordenadas de cada ponto, a área e a precipitação média anual, no caso deste trabalho foi usada a média de 1140 mm, do município de Marinópolis, SP.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização Fisiográfica

Os valores das características fisiográficas área, perímetro, densidade de drenagem, extensão média do escoamento superficial (EMES), coeficiente de compacidade, fator de forma e índice de circularidade para a microbacia Córrego do Boi estão apresentados na Tabela 5. De acordo com a classificação de Wisler e Brater (1964), a microbacia é considerada de tamanho grande.

TABELA 5. Área, perímetro e características fisiográficas do córrego do Boi.

| Parâmetro | Unidade | Microbacia do Córrego do Boi |
|----------------------------|--------------------|-------------------------------------|
| Área | km ² | 72,6 |
| Perímetro | km | 39,6 |
| Densidade de drenagem | km/km ² | 1,08 |
| EMES | km | 1,16 |
| Coeficiente de Compacidade | adimensional | 1,30 |
| Fator de Forma | adimensional | 0,40 |
| Índice de circularidade | adimensional | 0,58 |

Em relação à forma, tanto o coeficiente de compacidade quanto o fator de forma indicam a maior ou menor propensão que a bacia apresenta a enchentes. O coeficiente de compacidade apresentou o valor de 1,30, portanto, um valor afastado da unidade, indicando que a bacia possui um formato mais irregular e não está muito propensa a enchentes. Tanto o fator de forma quanto o índice de circularidade confirmam o resultado obtido pelo coeficiente de compacidade, pois um fator de forma baixo indica

menor tendência a enchentes, o valor obtido para essas características foram de 0,40 e 0,58, respectivamente.

A rede de drenagem resultante da microbacia foi de 4º ordem de magnitude, este resultado indica que a mesma possui um alto grau de ramificação.

A densidade de drenagem da microbacia é de 1,08 km/km², portanto, é considerada como de drenagem pobre. E se considerarmos apenas a densidade de drenagem, a microbacia do córrego do Boi possui uma tendência a respostas hidrológicas lentas.

A extensão média do escoamento superficial é de 1,16 km, isto significa que, se o escoamento ocorresse em linha reta, a água da chuva teria que percorrer 1160 m desde o ponto no qual a chuva caiu até o ponto mais próximo no leito de um curso d'água qualquer.

A área da bacia é uma característica fundamental para definir sua potencialidade hídrica e sua resposta hidrológica, pois quanto maior a área, menos pronunciados serão os picos de enchentes (TUCCI, 1993). Porém, para avaliar os picos de enchentes deve-se levar em consideração a forma da microbacia. Os valores de área, perímetro e comprimento do leito principal, para cada ponto, estão apresentados na Tabela 6.

TABELA 6. Características fundamentais de cada ponto da microbacia.

| Pontos | Área (km²) | Perímetro (km) | Comprimento leito principal (km) |
|---------------|----------------------------------|---------------------------|---|
| Ponto 1 | 4,7 | 9,4 | 2,2 |
| Ponto 2 | 15,6 | 16,7 | 4,0 |
| Ponto 3 | 22,3 | 19,7 | 5,4 |
| Ponto 4 | 35,3 | 24,5 | 7,3 |
| Ponto 5 | 67,4 | 37,5 | 13,5 |

A área da sub-bacia do ponto 5 corresponde a 67,4 km², e comparando este valor com valores de área de bacias do município do Paraná, a sub-bacia do ponto 5 é bem maior, e de acordo com a classificação proposta por Wisler e Brater (1964), poderia ser englobada no conjunto de bacias de tamanho grande. Aplicando a afirmação de Tucci (1993), o ponto 5 como uma única bacia apresentaria uma resposta hidrológica lenta, como já foi confirmado considerando apenas a densidade de drenagem, pois o tempo para que toda a bacia contribua de uma só vez será maior, desconsiderando outros fatores.

Os resultados obtidos para as características relacionadas à forma da microbacia como, o coeficiente de compacidade, fator de forma e o índice de circularidade estão na tabela 7. O ponto 5 apresentou o maior valor para o coeficiente de compacidade que foi de 1,28, próximo ao valor obtido para a microbacia. Borsato e Martoni (2004) obteve um coeficiente de compacidade de 1,32 para a bacia do rio Maringá, ou seja, o ponto 5 quando comparado à bacia do rio Maringá, também, apresenta uma menor tendência a enchentes, considerando apenas esta característica, e apresentando uma forma mais alongada.

TABELA 7. Índices de forma para a microbacia do córrego do Boi.

| Pontos | Coeficiente de compacidade (adimensional) | Fator de forma (adimensional) | Índice de Circularidade (adimensional) |
|---------------|--|--------------------------------------|---|
| Ponto 1 | 1,21 | 0,97 | 0,70 |
| Ponto 2 | 1,18 | 0,98 | 0,74 |
| Ponto 3 | 1,16 | 0,77 | 0,67 |
| Ponto 4 | 1,15 | 0,66 | 0,72 |
| Ponto 5 | 1,28 | 0,37 | 0,60 |

Os pontos 2, 3 e 4 da microbacia estão totalmente sujeitos a enchentes, pois de acordo com Oliveira (1997), valores de Kc entre 1,0 e 1,2 indicam maior suscetibilidade a enchentes e o ponto 1 está parcialmente sujeito a enchentes. Com relação ao fator de forma, os mesmos, para cada ponto confirmam o resultado obtido pelo coeficiente de compacidade.

A densidade de drenagem é uma característica que reflete o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem. De acordo com a classificação proposta por Villela e Mattos (1975) todos os pontos da microbacia do córrego do boi apresentam uma baixa densidade de drenagem (Tabela 8). A densidade de drenagem indica, também, a maior ou a menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica, pelos valores obtidos para a microbacia do córrego do Boi pode-se concluir que a água deixa a microbacia em uma baixa velocidade.

A baixa densidade de drenagem pode ter sua origem em dois centros, pode ser porque os pontos apresentam uma área relativamente grande, assim, o fluxo proveniente da precipitação demora mais para atingir a área por inteiro, e pode ser porque o solo apresenta menor resistência à erosão e possui um relevo mais suave.

TABELA 8. Densidade de drenagem e extensão média do escoamento superficial para os pontos da microbacia.

| Pontos | Densidade de drenagem (km/km ²) | Extensão média do escoamento superficial (km) |
|---------|---|---|
| Ponto 1 | 0,96 | 0,53 |
| Ponto 2 | 0,99 | 0,98 |
| Ponto 3 | 0,92 | 1,03 |
| Ponto 4 | 0,98 | 1,21 |
| Ponto 5 | 1,09 | 1,25 |

Os valores para a extensão média do escoamento superficial foram aumentando de acordo com o aumento da área da microbacia, o ponto 5 apresentou o maior valor para esta característica, isto significa que a precipitação deveria percorrer uma distância média de escoamento sobre os terrenos da bacia de 1250 m.

5.2 Aspectos Quantitativos dos Recursos Hídricos

Dos cinco pontos, apenas os pontos 1, 3 e 5 foram monitorados para caracterização da vazão na microbacia. A Figura 13 apresenta o comportamento da vazão e chuva acumulada nos pontos monitorados

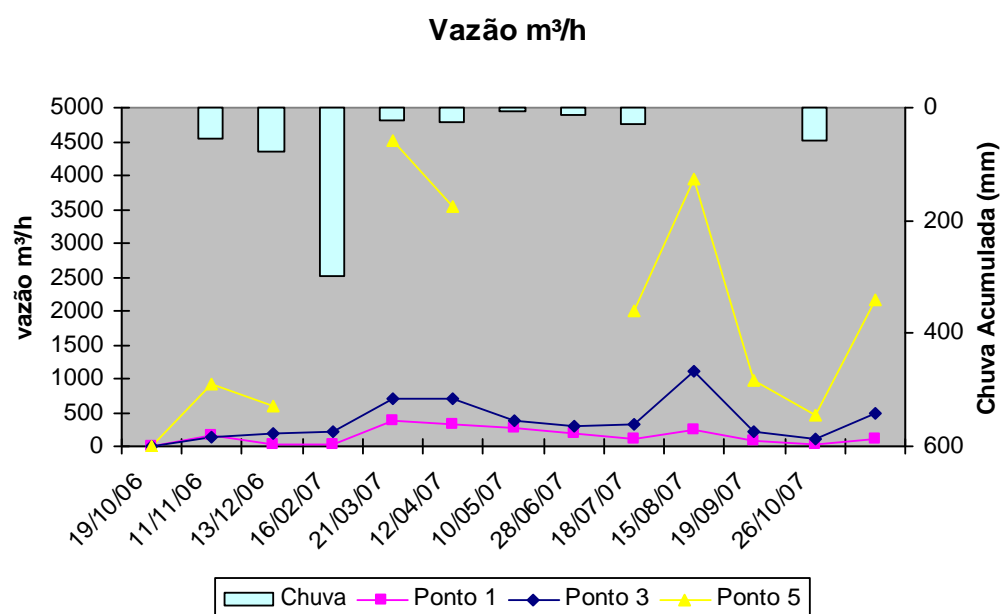


FIGURA 13. Variação espacial e temporal da vazão e da chuva no período de monitoramento.

No ponto 1, a vazão máxima registrada foi de 365,77 m³/h (0,102 m³/s) no dia 16 de fevereiro de 2007, neste mesmo dia foi registrada a maior vazão do ponto 5, sendo esta de 4514,08 m³/h (1,254 m³/s). O aumento da vazão no mês de Fevereiro é consequência da chuva acumulada registrada, desde o dia posterior a coleta do mês de janeiro até o dia que antecedeu a coleta do referido mês, que foi 299,40 mm.

De acordo com Carvalho (2000) citado por Vanzela (2004) este comportamento ocorre de forma natural, porque quanto maior a quantidade de chuvas e a área drenada pelo ponto, maior será a vazão.

Os valores médios, máximos e mínimos de vazão registrados no período de monitoramento podem ser observados na tabela 9.

TABELA 9. Vazão média, máxima e mínima para os pontos monitorados.

| Pontos | Vazão média (m ³ /h) | Erro padrão da média | Vazão máxima (m ³ /h) | Vazão mínima (m ³ /h) |
|---------|------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Ponto 1 | 162,91 | 35,2 | 365,77 | 15,93 |
| Ponto 3 | 403,81 | 84,3 | 1095,25 | 109,69 |
| Ponto 5 | 2123,18 | 512,9 | 4514,08 | 460,62 |

Como pode ser observado, os valores médios para os pontos 1, 3 e 5 foram 162 m³/h, 403,2 m³/h e 2124 m³/h, respectivamente. Nos meses de agosto e setembro de 2007 não foi registrada nenhuma precipitação, este comportamento climático refletiu diretamente na vazão dos pontos, pois os menores valores registrados para os pontos 3 e 5 foram de 109, 69 m³/h e 460, 62 m³/h, respectivamente, na coleta de 19 de Setembro de 2007.

Com o auxílio do software disponível no Sistema de Informações para Gerenciamento dos Recursos Hídricos foi calculado os parâmetros para a regionalização de vazão dos cinco pontos da microbacia. Os valores de regionalização de vazão para a microbacia do córrego do boi estão na tabela 10.

Tabela 10. Regionalização de vazão para a microbacia do Córrego do Boi.

| Pontos | Q _{pl} (m ³ /h) | Q _{95%} (m ³ /h) | Q _{1,10} (m ³ /h) | Q _{7,10} (m ³ /h) |
|---------|--|---|--|--|
| Ponto 1 | 111,6 | 36,0 | 32,4 | 25,2 |
| Ponto 2 | 367,2 | 115,2 | 108 | 86,4 |
| Ponto 3 | 529,2 | 165,6 | 154,8 | 122,4 |
| Ponto 4 | 831,6 | 262,8 | 241,2 | 194,4 |
| Ponto 5 | 1591,2 | 504,0 | 464,4A | 370,8 |

A vazão registrada para os meses de novembro e dezembro de 2006, no ponto 1, foi de 22,68 m³/h e 15,93 m³/h, respectivamente. Como pode-se observar (Tabela 10) são valores abaixo da vazão de referência ($Q_{7,10}$) e isto remete a uma preocupação tanto na disponibilidade hídrica quanto na falta de conservação do solo, pois este é um ponto que apresenta um avançado processo de assoreamento.

O mesmo fato ocorreu no mês de setembro nos pontos 1 e 3, com uma vazão registrada de 17,1 m³/h e 109,69 m³/h, respectivamente. O ponto 2, também, é caracterizado pela ausência de matas ciliares e isto reflete diretamente nos recursos hídricos.

De acordo com a Lei 9.034 de 27 de dezembro de 1994, que permite a Outorga do uso da água de até 50% da vazão de referência ($Q_{7,10}$), e ainda, considerando a evapotranspiração da média histórica de 3,8 mm, as áreas potencialmente irrigáveis em cada ponto da microbacia são de 10, 34, 48, 76 e 146 ha.

Esses valores obtidos

6. CONCLUSÃO

Através dos resultados pode-se concluir que:

A microbacia do Córrego do Boi possui um formato irregular e não está muito sujeita a enchentes;

Não é uma microbacia favorecida em recursos hídricos; e

Ações de preservação e conservação do solo e da água devem ser implantadas, pois como não é favorecida em recursos hídricos, esta poderá se tornar crítica em relação à oferta de água e uso dos recursos hídricos.

7. REFERÊNCIAS

ASSAD, E.D., SANO, E.E. **Sistema de Informação Geográfica: Aplicações na Agricultura**. Planaltina, EMBRAPA CPAC, 1993.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. 5 ed. **Conservação do Solo**. São Paulo: Ícone, 2005. 355p.

BORSATO, F.H; MARTONI, A. M. Estudo da fisiografia das bacias hidrográficas urbanas no Município de Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 26, n. 2, p.273-285, 2004.

CARVALHO, N. de O.; FILIZOLA JUNIOR, N.P.; SANTOS, P.M.C. dos; LIMA, J.E.F.W. **Guia de avaliação de assoreamento de reservatórios**. Brasília: ANEEL/Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2000. 132p.

CARDOSO, C.A; DIAS, H.C.T.; SOARES, C.P.B.; MARTINS, S.V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 241-248, 2006

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1974.

COMITÊ DA BACIA DO SÃO JOSÉ DOS DOURADOS. **Diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos e estabelecimento de diretrizes técnicas para a**

elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do São José dos Dourados. São Paulo, CBH - SJD, 2000. Disponível em : www.sigrh.sp.gov.br. Acesso em 17 maio 2008.

COMPANHIA TECNOLÓGICA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidades das águas interiores do estado de São Paulo 2004 / CETESB.** São Paulo: CETESB, 2005.

FILL, H. H. Informações Hidrológicas. In: BARTH, F.T.; POMPEU, C.T.; FILL, H.D.; TUCCI, C.E.M.; KELMAN, J.; BRAGA JÚNIOR, B.P.F. **Modelos para gerenciamento de recursos hídricos.** São Paulo: Nobel/ABRH, 1987. p. 95-210 (Coleção ABRH).

FRANCO, R.A.M. **Qualidade da água para irrigação na microbacia do Córrego do Coqueiro no Noroeste Paulista.** 2008. 84 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2008.

GROPPO, J.D. **Estudo de tendências nas séries temporais de qualidade de água de rios no Estado de São Paulo com diferentes graus de intervenção antrópica.** 2005. 72f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) - Escola Superior “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

HERNANDEZ, F.B.T. Análise agroclimática da área de influência do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, região noroeste do Estado de São Paulo. Ilha Solteira: UNESP, FEPISA e SEAP/PR (Convênio 80/2005), 2007, 27p. Disponível em: www.agr.feis.unesp.br/pdf/parque_aquicola_agroclimatologia_noroeste_sp.pdf . Acesso em 15 maio 2008.

HERNANDEZ, F.B.T.; SOUZA, S.A.V.; ZOCOLER, J.L.; FRIZZONE, J.A. Simulação e efeito de veranicos em culturas desenvolvidas na região de Palmeira d’Oeste, Estado de São Paulo. **Engenharia Agrícola.** Jaboticabal, v. 23, n. 1, p. 21-30, 2003.

HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Bulletim Geologic Society of America**, Colorado, v.56, n.3, p.275-370, 1945.

MENDONÇA, A. S. Introdução: Razões para quantificação. In: PAIVA, J. B.; PAIVA, E.M.C.D. **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, 2003.

OLIVEIRA, J. N. Classificação de características fisiográficas. Ilha Solteira, SP: UNESP, 1997. 5p. Texto básico para a disciplina “Hidrologia Básica”.

PERALTA, A.S. **Análise de regionalização de vazão máxima para pequenas bacias hidrográficas**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

PIROLI, E.L.; BECKER, E.L.S.; BOLFE, E.L.; PEREIRA, R.S. Análise do uso da terra na Microbacia do Arroio do Meio - Santa Maria - RS, por sistemas de informações geográficas e imagem de satélite. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 3, p. 407-413, 2002.

PISSARA, T.C.T. et al. Simetria de microbacias de primeira ordem de magnitude na Região de Ilha Solteira, SP. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 18, n. 4, p.123-131, 1999.

PRUSKI, F.F.; BRANDÃO, V.S.; SILVA, D.D. **Escoamento Superficial**. Viçosa: Editora UFV, 2.ed., 2004, 87p.

RIBEIRO, C.B.M.; MARQUES, F.A.; SILVA D.D. Estimativa e Regionalização de Vazões mínimas de referência para a bacia do Rio Doce. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 13, n. 2, p.103-117, 2005.

SANTOS, I et al. **Hidrometria Aplicada**. Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 2001. 372p.

SÃO PAULO (Estado). **Sistema de informações para o gerenciamento dos recursos hídricos do Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretária do Meio Ambiente 2007. p1. Disponível em www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/sigrh_index.exe?lwgactw=771.8270432582617 . Acesso em 15 maio 2008.

SILVA, A.M.; SCHULZ, H.E.; CAMARGO, P.B. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias hidrográficas**. São Carlos: RIMA, 2003.

SOUZA, A.R. **Caracterização e manejo integrado de bacias hidrográficas**. Belo Horizonte: EMATER, 2002. 124p.

STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transaction of America Geophysics Union**, New Haven, v.38, p.913-20, 1957.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: ABRH, 1993. 943p.

TUCCI, C.E.M. **Regionalização de Vazões**. Porto Alegre: Ed. Universidade / UFRGS, 2002. 256p.

TUNDISI, J.G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: Rima, 2003. 44p.

VANZELA, L.S. **Qualidade de água para a irrigação na Microbacia do Córrego Três Barras no município de Marinópolis, SP**. 2004. 91f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2004.

VILELLA, S. M.; MATOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: Editora McGraw-Hill, 1975.

WISLER, C.O.; BRATER, E.F. **Hidrologia**. Rio de Janeiro: Ao livro técnico, 1964.