

OCUPAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA DA MICROBACIA DO CÓRREGO IPANEMINHA, SOROCABA-SP

**Rafael Costa Pinheiro¹, Kelly Cristina Tonello², Roberta Oliveira Aversa Valente²,
Rafael Mingoti², Ivonir Piotrowski Santos³**

¹Discente Eng. Florestal, Universidade Federal de São Carlos – campus Sorocaba, Rodovia João Leme dos Santos, Km 110 - SP-264, Bairro do Itinga, Sorocaba - São Paulo – Brasil, CEP 18.052-780, rafamic_10@hotmail.com

²Prof. Dr. Universidade Federal de São Carlos – campus Sorocaba, Rodovia João Leme dos Santos, Km 110 - SP-264, Bairro do Itinga, Sorocaba - São Paulo – Brasil, CEP 18.052-780, kellytonello@ufscar.br; roavalen@ufscar.br; ramingoti@ufscar.br

³Técnico Florestal, Universidade Federal de São Carlos – campus Sorocaba, Rodovia João Leme dos Santos, Km 110 - SP-264, Bairro do Itinga, Sorocaba - São Paulo – Brasil, CEP 18.052-780, ivonir@ufscar.br

1 RESUMO

O entendimento das relações espaciais entre a vegetação florestal e água está intrinsecamente relacionado com as interações e as mudanças estruturais de uma microbacia hidrográfica. Neste contexto, este trabalho teve por objetivo: caracterizar o uso e cobertura do solo da microbacia do Córrego Ipaneminha, assim como iniciar o programa de monitoramento hidrológico por meio da análise morfométrica e dinâmica de três nascentes, em Sorocaba-SP. Para confecção do mapa de uso e cobertura do solo e determinação das características morfométricas foram utilizadas cartas planialtimétricas do IBGE e fotografia aérea digital do terreno, manipuladas no SIG Idrisi Kilimanjaro. O monitoramento das nascentes foi realizado semanalmente ao longo de 16 meses, com medições de vazão e classificação quanto ao tipo, persistência e estado atual de conservação. Constatou-se que na microbacia há o predomínio das pastagens, as quais ocupam 69,89% de sua área total. Desta, 12,26% é considerado área de preservação permanente, ainda com sinais de degradação. A microbacia foi caracterizada como levemente alongada e menos susceptível a enchentes. Sua ramificação é de quarta ordem, possui baixa drenagem (1,86 km/km²) e declividade média de 8,22% (relevo moderadamente ondulado). Duas das três nascentes são de encosta, intermitentes e encontram-se degradadas. As informações apresentadas neste estudo servirão como subsídio ao planejamento da ocupação e uso da área assim como o entendimento de sua relação com a dinâmica hidrológica da microbacia do córrego Ipaneminha.

Palavras-chave: Hidrologia Florestal; Morfometria; Nascentes

**PINHEIRO, R. C.; TONELLO, K. C.; VALENTE, R. O. A.; MINGOTI, R.; SANTOS,
I. P.**

**OCCUPATION AND HYDROLOGIC CHARACTERIZATION OF IPANEMINHA
WATERSHED, SOROCABA-SP**

2 ABSTRACT

The understanding of spatial relationships between forest vegetation and water is intrinsically

related to the interactions and the structural changes of a watershed. In this context, this study aimed to characterize the use and land cover of the watershed of the stream Ipaneminha, as well as launch the hydrological monitoring by means of morphological dynamics and three springs, Sorocaba-SP. To construct the map of land cover and soil and determination of morphometric features were used letters planialtimetric IBGE aerial photography and digital terrain, manipulated in the GIS Idrisi Kilimanjaro. The monitoring of the springs was carried out weekly over 16 months, with flow measurements and classification of the type, persistence and current state of conservation. It was found that the watershed there is a predominance of pastures, which occupy 69.89% of its total area. Thus, 12.26% is considered a permanent conservation area, still showing signs of degradation. The watershed was characterized as slightly elongated and less prone to flooding, fourth order, low drainage (1.86 km/km²) and a relief of 8.22% (moderately undulating relief). Two of the three springs are slopes, intermittent and are degraded. The information presented in this study will serve as support to the planning of the occupation and use of the area as well as the understanding of its relationship with the hydrological dynamics of Ipaneminha watershed.

Key-words: Forest Hydrology; Morphometric analysis; Springs

3 INTRODUÇÃO

Dentre os recursos naturais a água ocupa um lugar específico, sendo o mais importante deles. Constitui no componente mais abundante da Terra, mesmo estando disponível em diferentes quantidades e distribuída em diversos lugares. A água exerce uma função essencial tanto para o ambiente como para a vida humana, sendo um recurso insubstituível, visto que sua falta inviabiliza a vida (Donadio et al., 2005).

Em se tratando de recursos hídricos, a bacia hidrográfica é definida pela lei 9.433 de 1997 como a unidade de planejamento e gerenciamento ambiental. Essa metodologia não é recente e apresenta a vantagem de concentrar as ações numa área geográfica delimitada pelos divisores de água, de onde fluem as águas da chuva para as partes mais baixas do terreno, formando os cursos d'água. Esses, por sua vez, irão refletir conseqüências do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica.

Não somente a irregularidade da distribuição temporal das chuvas, mas também a degradação ambiental dos recursos naturais de uma bacia hidrográfica pode comprometer as reservas superficiais e subterrâneas. Assim, torna-se necessário conhecer em profundidade o funcionamento dos ecossistemas e os fatores que atuam sobre eles, a fim de obter referenciais que permitam utilizar esse recurso de forma racional e sustentável.

Segundo Pinto et al. (2004), a exploração desenfreada dos recursos naturais, o uso inadequado dos solos, o grande índice de desmatamento irracional e o uso inadequado de fertilizantes e agrotóxicos têm causado diversos impactos ambientais, especialmente em áreas de nascentes e ribeirinhas, acarretando na alteração da qualidade e quantidade da água que é drenada por determinada bacia hidrográfica.

A qualidade da água de uma microbacia sofre influência de muitos fatores, tais como clima, cobertura vegetal, geologia, topografia, além do uso e manejo do solo da bacia hidrográfica. Os diversos processos que determinam a qualidade da água de um manancial compõem um frágil equilíbrio, visto que mudanças de ordem química, física e climática, na bacia hidrográfica, podem alterar a sua qualidade (Arcova et al., 1998).

Pires e Santos (1995) salientam que a ausência da cobertura vegetal resulta na diminuição da precipitação local, da infiltração de água no solo e do estoque de água subterrânea, o que acaba por causar a erosão dos solos e o assoreamento dos corpos d'água, além de influenciar o padrão de vazões e volume desses cursos d'água.

De acordo com Calheiros et al. (2008), uma nascente ideal é aquela que fornece água de boa qualidade, abundante e contínua. Além da quantidade de água produzida pela nascente, é desejável que tenha boa distribuição no tempo, ou seja, a variação da vazão situe-se dentro de um mínimo adequado ao longo de um ano. Esse fato implica que, a bacia não deve funcionar como um recipiente impermeável, escoando em curto espaço de tempo toda a água recebida durante uma precipitação pluvial. Ao contrário, a bacia deve absorver boa parte dessa água através do solo, armazená-la em seu lençol subterrâneo e cedê-la, aos poucos, aos cursos d'água através das nascentes, inclusive mantendo a vazão, sobretudo durante os períodos de seca. Isso é fundamental, tanto para o uso econômico e social da água - bebedouros, irrigação e abastecimento público, como para a manutenção do regime hídrico do corpo d'água principal, garantindo a disponibilidade de água no período do ano em que mais se precisa dela.

Valente e Vettorazzi (2002) citam que o entendimento das relações espaciais entre a vegetação florestal e água, tanto em quantidade como em qualidade, está intrinsecamente relacionado com as interações e as mudanças estruturais de uma paisagem. A drenagem ocorrente nas bacias hidrográficas modela a paisagem, visto que os cursos d'água são agentes cruciais para transformá-la. As transformações paisagísticas são aceleradas pela ocupação desordenada do solo nas bacias hidrográficas, que agrava seus desequilíbrios (Guerra e Cunha, 1996). O conhecimento dos aspectos físicos e principalmente da morfologia de uma bacia torna-se indispensável para estudos que mostrem realmente sua dinâmica. Essas características são definidas por muitos fatores como clima, relevo, forma, tipo de drenagem, solos e declividade da bacia (Paes e Manzione, 2011; Tonello et al., 2006). O relevo de uma bacia hidrográfica, elencando sua declividade exerce grande influência na bacia, pois determina, por exemplo, a velocidade do escoamento superficial.

Dessa forma, este trabalho teve por objetivo caracterizar o uso e cobertura do solo assim como a morfometria da microbacia hidrográfica do Córrego Ipaneminha em Sorocaba-SP, de forma a subsidiar o programa de monitoramento hidrológico de três nascentes.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de Estudo

A região de estudo corresponde à microbacia do córrego Ipaneminha, que está dentro dos limites da Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba-SP, integrante da bacia hidrográfica do Rio Sorocaba e Médio Tietê. O município de Sorocaba está localizado no sudeste do Estado de São Paulo e encontra-se a aproximadamente nas coordenadas geográficas 23°34'40,02"S e 47°31' 17,80"W.

A região possui como vegetação original a Floresta Estacional Semidecidual, com traços de Cerrado e Floresta Ombrófila Densa. O clima é tropical quente e úmido com um inverno seco e um verão chuvoso. No verão, as médias térmicas são superiores a 22°C e a pluviosidade média é cerca de 200 mm; o inverno corresponde à estação seca, com temperatura média inferior a 18° C e índice pluviométrico mensal próximo a 30 mm. De

acordo com a classificação climática de Köppen, predomina o clima *Cwa* na depressão periférica e *Cwb* nas áreas mais elevadas.

4.2. Uso e cobertura do solo da microbacia hidrográfica do córrego Ipaneminha

4.2.1. Mapeamento do uso e cobertura do solo da microbacia hidrográfica do córrego Ipaneminha

Para a realização do mapa de uso e cobertura do solo da microbacia do Córrego Ipaneminha, foram utilizados: a folha de Salto de Pirapora da carta planialtimétrica do IBGE, escala 1:50.000, a qual foi impressa e depois digitalizada, e uma fotografia aérea digital (escala 1:20.000) datada do ano de 2006. A elaboração do mapa foi realizada por meio do SIG Idrisi – Kilimanjaro. Foi realizada a conversão do arquivo da carta do IBGE e da fotografia aérea para um formato compatível que permitisse sua utilização no SIG Idrisi. Em seguida, fez-se o georeferenciamento da carta planialtimétrica utilizando o grid de coordenadas UTM presente na carta. A carta estava na projeção UTM - Zona 23 Sul e datum SAD-69, características que foram utilizadas no restante do trabalho.

Na seqüência, foram identificados pontos de apoio cuja visualização estivesse fácil tanto na carta quanto na fotografia aérea. Estes pontos foram utilizados para georreferenciar a fotografia aérea. De posse da carta do IBGE georreferenciada, foi feita a digitalização do limite da microbacia em estudo.

4.2.2. Definição das classes de uso e cobertura do solo

A partir da fotografia aérea digital do terreno e visitas a campo, as classes de uso e cobertura do solo presentes na microbacia do Córrego Ipaneminha foram digitalizadas no SIG (*vector*), sendo definidas como:

- a) Pastagem: áreas utilizadas para pecuária, tanto intensiva como extensiva, além de áreas tomadas por gramíneas, sem uso do solo definido, estando sujeitas a uso futuro de determinada cultura ou à regeneração natural;
- b) Rede hidrográfica: abrange todos os cursos d'água existentes na microbacia, desde lagos, rios, córregos até áreas de nascentes;
- c) Cana-de-açúcar: áreas onde a cultura de cana-de-açúcar cobria ou mostrava indícios de ter ocupado o solo;
- d) Área urbana: áreas ocupadas por construções na microbacia, como estabelecimentos comerciais, condomínios residenciais (mais afastados dos centros urbanos), bairros rurais, entre outros;
- e) Malha viária: áreas ocupadas pelas estradas pavimentadas (ruas, rodovias, etc);
- f) Floresta nativa: áreas ocupadas pelas diferentes formações florestais nativas existentes na microbacia, sejam elas plantios de restauração de florestas nativas ou vegetação arbórea natural nos estágios inicial ou secundário de regeneração.

Todos os arquivos vetoriais foram convertidos para o formato *raster*, o que possibilitou o cálculo da área total, em hectares, de cada uso do solo dentro da microbacia.

4.2.3. Áreas de Preservação Permanente nas margens de rios e nascentes

Os arquivos vetoriais convertidos para *raster* também possibilitaram o cálculo da área de preservação permanente (APP) bem como o percentual de seu estado de ocupação. Para

tal, utilizou-se o cálculo de distâncias estabelecidas pela lei 4.771 de 1965 - Código Florestal Brasileiro, onde considera-se que: 30 metros de largura (*buffer*) em ambas as margens para cursos d'água inferiores a 10 metros de largura, e, 50 metros de raio (*buffer*) a partir das nascentes.

4.3 Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica do Córrego Ipaneminha

Estudos sobre a morfometria de bacias hidrográficas devem ser utilizados para subsidiar o planejamento para ocupação e uso da área (Pissarra et al., 2010).

Informações sobre a geometria da microbacia do Córrego Ipaneminha foram também analisadas, tais como: padrão de drenagem, ordem dos canais (Strahler, 1957), coeficiente de compacidade (Kc), índice de circularidade (IC), fator de forma (Kf), densidade de drenagem (Dd) e declividade.

4.3.1. Declividade

De posse da carta planialtimétrica do IBGE, foi realizada a digitalização das curvas de nível existentes na microbacia do Córrego Ipaneminha, o que permitiu gerar o Modelo Digital do Terreno (MDT) por triangulação. A partir de então, foi feito o cálculo da declividade do terreno em porcentagem (%). Estes valores foram divididos em classes de declividade segundo a escala proposta por Ramalho Filho e Beek (1995), os quais consideram o grau de limitação de uso do solo em função da susceptibilidade à erosão, sendo: plano (0 a 3%), suave ondulado (3 a 8%), moderadamente ondulado (8 a 13%), ondulado (13 a 20%), forte ondulado (20 a 45%) e montanhoso (maior que 45%).

4.4. Caracterização das nascentes e avaliação hidroambiental

Na área de estudo existem três nascentes de fácil acesso as quais possibilitam o monitoramento de suas vazões pelo método direto. Essas três nascentes foram caracterizadas quanto ao seu tipo e persistência de fluxo, onde também foi avaliado o seu estado de conservação, sendo estas classificadas como preservadas (quando da presença de vegetação nativa em um raio maior ou igual a 50 m), perturbadas (quando não apresentam 50 metros de vegetação nativa no seu entorno, mas se encontram em bom estado de conservação) e degradada (presença de eucalipto no entorno, estradas, erosões e assoreamentos). Metodologia semelhante foi realizada por Tonello et al. (2009), Santana et al. (2007) e Pinto et al. (2004).

As vazões foram obtidas semanalmente pelo método direto, aplicável nos casos de pequenas vazões. Este processo consiste em três ou mais medições diretas do volume de água contido em um recipiente de 20 litros, armazenado em 10 segundos contabilizados com auxílio de um cronômetro digital. A vazão das nascentes foi obtida pela equação:

$$\bar{Q} = \frac{\sum \left(\frac{V}{t}\right)}{3}$$

em que: \bar{Q} = vazão média (l/s); V = volume de água, em litros, t = tempo, em segundos.

Para iniciar os estudos sobre a reposta hidrológica e dinâmica das nascentes, buscou-se confrontar dados de chuva e vazão das três nascentes. Os dados de chuva (em mm) foram obtidos pela estação meteorológica existente na Faculdade de Tecnologia de Sorocaba (FATEC-Sorocaba).

5 Resultados e discussão

5.1 Caracterização morfológica

De acordo com os resultados da análise morfológica (Tabela 1), a microbacia do Córrego Ipaneminha possui área de 744,39 ha e perímetro de 12,44 km. O padrão de drenagem observado é o dendrítico e ordem de ramificação dos canais igual à quatro, indicando que o sistema de drenagem da bacia é pouco ramificado, corroborando com resultados observados por Pissarra et al. (2010), Torres et al. (2009).

A avaliação geométrica da microbacia aponta a forma levemente alongada. Esse fato pode ser comprovado pelos índices de Compacidade (Kc), Circularidade (IC) e Fator de Forma (Kf), que equivalem respectivamente a 1,28, 0,61 e 0,38. Dessa forma, pode-se inferir que os Kc e IC, não possuindo valores próximos à unidade, simultaneamente com um Kf próximo de zero, indicam que essa microbacia possui um maior tempo de concentração de água quando comparada a uma microbacia de forma circular e, por consequência, menor susceptibilidade à enchentes.

A Densidade de Drenagem (Dd) para a microbacia foi de 1,86 km/km², o que a classifica como de baixa drenagem. Verifica-se que de acordo com Villela e Mattos (1975) este índice pode variar de 0,5 km/km² para bacias com drenagem pobre a 3,5 ou mais para bacias excepcionalmente bem drenadas, indicando portanto, que a bacia em estudo apresenta baixa capacidade de drenagem. Valores baixos de densidade de drenagem estão geralmente associados a regiões de rochas permeáveis ou regiões cujo regime pluviométrico é caracterizado por chuvas de baixa intensidade ou pouca concentração da precipitação. Caracterizações semelhantes foram realizadas por Pissarra et al. (2010) na bacia hidrográfica do Rio Mogi-Guaçu-SP e Torres et al. (2009) no Ribeirão da Vida em Uberaba-MG

Tabela 1. Caracterização morfológica da microbacia do Córrego Ipaneminha, Sorocaba-SP.

Parâmetro	Descrição
Padrão de Drenagem	Dendrítica
Área (A)	744,39 ha
Perímetro (P)	12,44 km
Densidade de Drenagem (Dd)	1,86 km/km ²
Fator de Forma (Kf)	0,38
Índice de Circularidade (IC)	0,61
Índice de Compacidade (Kc)	1,28
Declividade Média	8,22%

De acordo com metodologia de Ramalho Filho e Beek (1995), a microbacia possui declividade média de 8,22% sendo classificada como relevo moderadamente ondulado. Essa informação é essencial quando se pretende verificar a relação entre uso e ocupação do solo, a precipitação, a susceptibilidade à erosão e o deflúvio. A influência do relevo é um fator importante na intensidade do processo erosivo principalmente pela declividade, pois terrenos com maiores declividades apresentam maiores velocidades do escoamento superficial e

conseqüentemente maior capacidade erosiva (Paes e Manzione, 2011). Ao detalhar as porções do terreno da microbacia, verifica-se ainda que parte do terreno (46,43%) corresponde ao relevo suave ondulado (classe de 3 – 8%), seguida pelo relevo moderadamente ondulado (27,11%) e pelo relevo plano (11,78%). Ou seja, 85,29% da área total possui declives que variam de 0 a 13%, restando uma área de apenas 109,46 hectares (14,71%) composta por relevo ondulado, forte ondulado e montanhoso. Isso mostra que a maior parte da microbacia possui terras que podem ser utilizadas na agricultura.

Tabela 2. Classes de declividade e relevo da microbacia do Córrego Ipaneminha, Sorocaba, SP, 2010.

Classes de declividade (%)	Relevo	Área do terreno (ha)	Área do terreno (%)
0 a 3	Plano	87,70	11,78
3 a 8	Suave ondulado	345,51	46,43
8 a 13	Moderadamente ondulado	201,72	27,11
13 a 20	Ondulado	77,93	10,47
20 a 45	Forte ondulado	29,93	4,02
> 45	Montanhoso	1,60	0,22
Total		744,39	100,00

De acordo com Ramalho Filho e Beek (1995), as áreas com relevo plano a moderadamente ondulado são indicadas e muito utilizadas para realização de plantios de culturas anuais, adotando-se práticas conservacionistas de solo a fim de controlar processos erosivos. Já as áreas com relevo ondulado são propícias para a exploração de culturas permanentes, visto que tal plantio garante uma maior proteção ao solo. Áreas com declive de 20 a 45% são mais indicadas para o desenvolvimento de atividades silviculturais e pecuaristas, além de servirem para se fazer a conservação ambiental. Classes com declividade superior a 20%, a acentuação do relevo aumenta o escoamento superficial na maior parte dos solos, fato que pode gerar sérios prejuízos com a erosão. Sendo assim, o relevo montanhoso apresenta extrema susceptibilidade à erosão e encontra-se inapropriado para atividades agrícolas, devendo-se manter sua cobertura vegetal e, assim, atender a exigência legal de se possuir APP nas encostas.

Nesse estudo, o uso e ocupação do solo da microbacia do Córrego Ipaneminha mostrou-se em grande parte destinada às pastagens, corroborando adequadamente com a indicação de Ramalho Filho e Beek (1995).

a. Uso e cobertura do solo da microbacia hidrográfica do córrego Ipaneminha

A área de estudo é ocupada predominantemente por pastagens em 70% da área total (Figura 1, Tabela 3), onde a vegetação nativa é representada por pequenos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual em diferentes estágios de regeneração. Assim, há um desequilíbrio do ecossistema ocasionado pela grande área de pastagem, fato este mencionado por Christofolletti (1980), o qual discorre que ao romper o equilíbrio do sistema natural, outros componentes do meio físico tendem a se modificar.

Ainda neste contexto, Valente e Vettorazzi (2002) ressaltam que a predominância de culturas agrícolas em determinada paisagem acaba por diminuir a área coberta por florestas naturais, contribuindo para o processo de fragmentação florestal.

A área representada por floresta nativa é aproximadamente de 117,14 ha (15,74%), constituindo a segunda maior área da microbacia. Essa área florestada está atualmente associada ao manejo do solo realizado na microbacia, onde percebe-se que o desmatamento foi intenso ao longo dos anos, tanto para a introdução de pastagens para criação de gado e lavouras, como para construções. Dentro destes 15,74%, as capoeiras representam 1,24% e o estágio secundário de regeneração. Dessa forma, se tais áreas forem manejadas corretamente sem sofrer qualquer ação antrópica devastadora, tendem a se tornarem florestas mais maduras nos próximos anos.

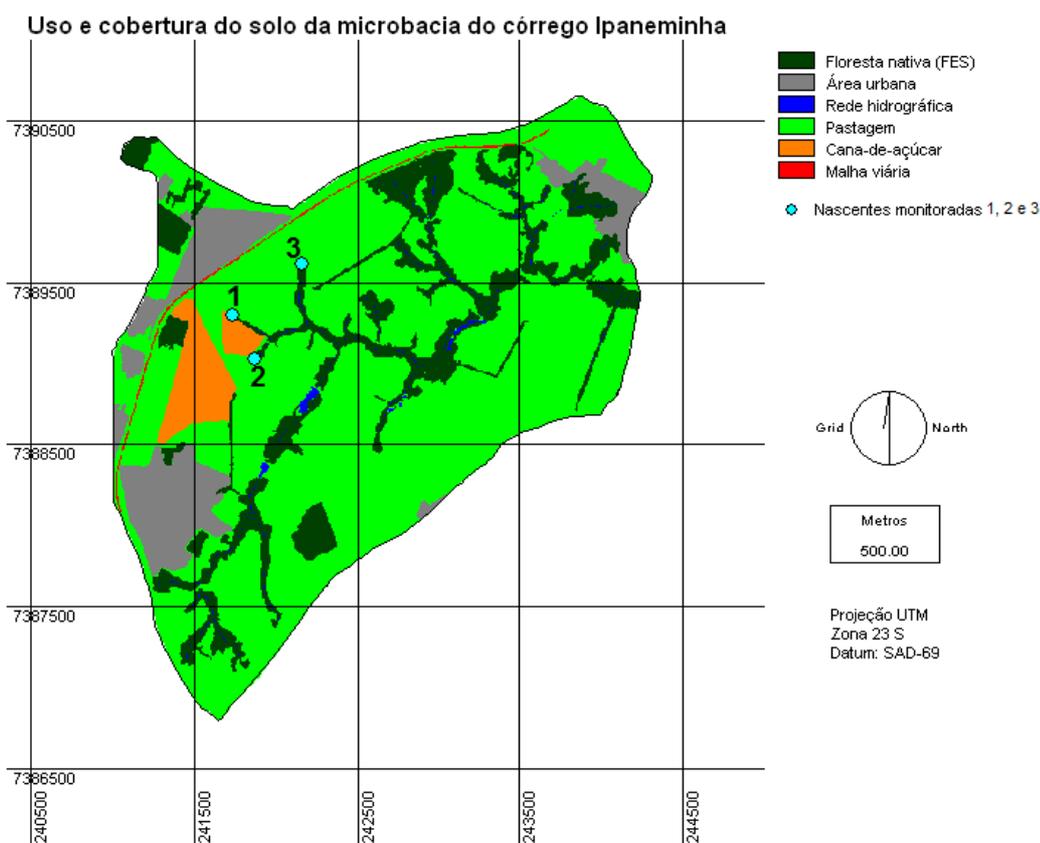


Figura 1. Uso e cobertura do solo da microbacia hidrográfica do Córrego Ipaneminha, Sorocaba, SP, 2010.

Tabela 3. Uso e cobertura do solo da microbacia do Córrego Ipaneminha, Sorocaba, SP, 2010.

Uso e ocupação do solo	Área na microbacia (ha)	Área na microbacia (%)
Pastagem	520,28	69,89
Floresta nativa (FES)	117,14	15,74
Área urbana	72,93	9,80
Cana-de-açúcar	25,75	3,46
Rede hidrográfica	4,78	0,64
Malha viária	3,51	0,47

Beltrame (1994), afirma ainda que a proteção dada ao solo por meio da vegetação nativa gera uma menor perda de água por escoamento superficial e aumenta sua capacidade de infiltração, principalmente em comparação ao solo sob culturas perenes ou desnudos.

A malha viária ocupa uma área considerável na microbacia (3,5 hectares), consistindo em um dos seus divisores topográficos. Em termos de manejo de bacias hidrográficas, a alocação de estradas em divisores de água minimiza os processos de escoamento superficial assim como erosão e assoreamentos. Há indícios de que o cultivo de cana-de-açúcar parecia ser mais freqüente na região anos atrás, ocupando atualmente a área de 3,46% da área da microbacia.

b. Áreas de Preservação Permanente (APPs) nas margens de rios e nascentes

Com relação às APPs, a microbacia do Córrego Ipaneminha possui 91,27 hectares (12,26%) de APP, sendo constituída em 67,83% por floresta nativa (Floresta Estacional Semidecidual), dos quais 4,21% estão em estágio inicial de regeneração (capoeiras) e os outros 63,62% encontram-se em estágio mais avançado. Existe também a representatividade de pastagem dentro do limite das APPs, com 25,23%. Esta é uma quantidade significativa para este uso do solo, podendo estar relacionado ao manejo inadequado da microbacia até então, o que pode acarretar um sério processo de degradação ambiental, levando à perda de biodiversidade, à compactação do solo e à contaminação dos cursos d'água.

Se somados, o restante das áreas dos outros usos e coberturas do solo dentro das APPs representa apenas 6,94% (cana-de-açúcar, malha viária e rede hidrográfica). Mesmo possuindo pouca área dentro das APPs, é importante ressaltar que o cultivo de cana (0,66%) pode representar uma grande ameaça no que diz respeito à contaminação das águas e ao assoreamento na microbacia, devido respectivamente à utilização de pesticidas agrícolas e de um preparo de solo mal conduzido.

Desse modo, verifica-se que há necessidade de recuperação das APPs de nascentes e cursos d'água, tornando necessário um melhor manejo da área, mantendo essas APPs, e reduzindo o desmatamento e outros fatores agravantes à microbacia, garantindo assim sua manutenção e equilíbrio ambiental.

c. Caracterização das nascentes

Com o monitoramento das nascentes, foi possível caracterizar a nascente 1 como degradada e intermitente, de forma a apresentar fluxo somente durante a estação chuvosa. Isto porque essa nascente secou totalmente durante vários dias ao longo do mês de julho de 2009. O mesmo comportamento foi observado para a nascente 3, a qual também foi classificada como degradada e intermitente. Já a nascente 2 foi diagnosticada como perturbada e apresentou vazão contínua ao longo de todo o ano, independente da estação, o que permitiu sua classificação como perene.

A Figura 2 ilustra a precipitação média (mm) e a vazão média (l/s) mensais ao longo de todo o período de estudo para a nascente 1, nascente 2 e nascente 3. Na avaliação do comportamento da nascente 1, observou-se que no mês de junho de 2009 ela secou, em decorrência da diminuição gradativa da precipitação, voltando o fluxo no mês seguinte. Já a vazão do mês de fevereiro de 2010 foi superior à precipitação devido, provavelmente, à recarga do lençol freático em virtude da grande quantidade de chuva nos meses de dezembro e janeiro.

Na nascente 2, observa-se que a vazão também acompanhou a tendência da precipitação média mensal em todos os meses de monitoramento. Porém, esta nascente é perene, apresentando vazão durante todos os meses do ano, mesmo que tal vazão fosse mínima. Dentre as três nascentes monitoradas, esta foi a que apresentou uma maior proteção e talvez esse fato tenha influenciado positivamente seu comportamento contínuo ao longo do trabalho.

A vazão média mensal da nascente 3 apresentou oscilações durante os meses de estudo, não acompanhando a tendência da precipitação média. Ou seja, em meses em que houve uma maior precipitação não houve aumento na vazão e vice-versa. Tal fato mostra que esta nascente encontra-se desregulada quando comparada às demais em relação ao seu regime de vazão. Uma das causas desse desregulamento pode ter acontecido em função da coleta imprecisa dos dados, em virtude da dificuldade de acesso e implantação da medição pelo método direto. Observa-se também que a nascente secou durante a estação seca do ano (vazão igual a zero), que compreende desde o mês de maio até o mês de agosto sendo, portanto, intermitente.

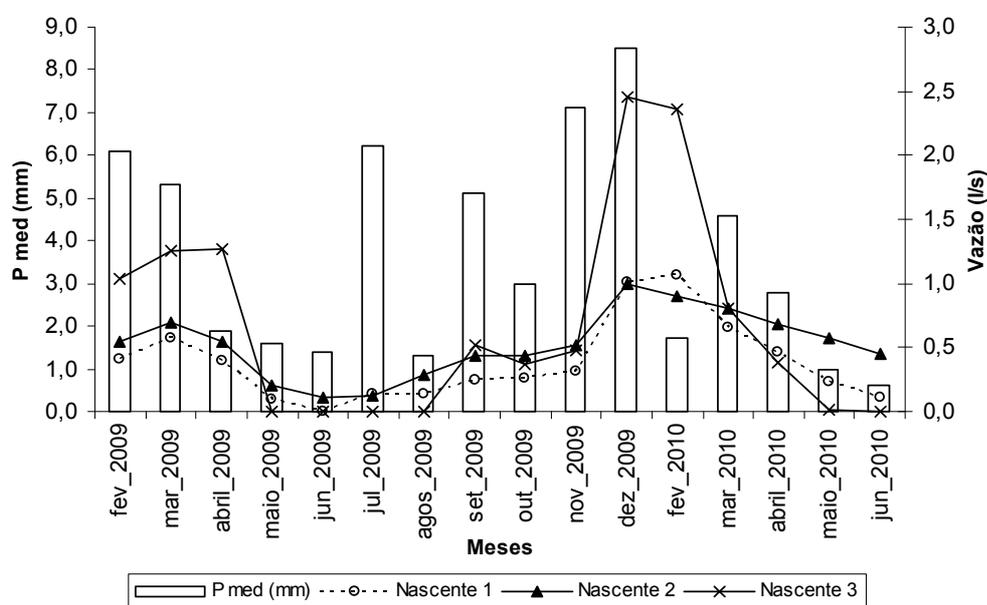


Figura 2. Precipitação média (P med, mm) e Vazão (l/s) da nascente 1, nascente 2 e nascente 3, ao longo do período de fevereiro de 2009 a junho de 2010. Sorocaba-SP.

De acordo com Castro e Goldenfum (2006), a diferença entre os tempos de retorno da vazão e precipitação pode ser causada pelas condições iniciais de umidade do solo, tipo de solo, uso e cobertura da bacia. Estes fatores contribuem diretamente para uma menor ou maior infiltração, o que acaba por influenciar a recarga do lençol freático.

Segundo Santos e Rizzi (2010), melhores condições do uso e cobertura do solo com vegetação arbórea em estágios sucessionais diferentes reduzem os impactos da erosão gerados por chuvas intensas, por meio do aumento da interceptação da água precipitada pela cobertura florestal. Essa interceptação diminui a variação da vazão ao longo do ano, reduzindo e atrasando o pico de cheias.

A maior vazão foi encontrada na nascente 1, de 3,2 l/s no mês de fevereiro de 2010, ao passo que a vazão da nascente 2 limitou-se a 1,0 l/s, com picos nos meses correspondentes à estação chuvosa.

6 CONCLUSÕES

Com vista à análise hidroambiental da microbacia hidrográfica do Córrego Ipaneminha, conclui-se que há necessidade de se adotar e realizar práticas de manejo sustentável dos recursos naturais existentes nesta, de modo a regularizar a vazão de suas nascentes e adequar a restauração das áreas degradadas em locais de recarga hídrica, contribuindo assim para o equilíbrio do ecossistema local e conservação do solo. Um planejamento de uso e ocupação do solo baseado nas características locais torna-se de fundamental importância. Por meio do geoprocessamento foi possível elaborar uma base cartográfica para a microbacia estudada, fato que contribuirá para futuros estudos na região, além de auxiliar no seu monitoramento. Neste contexto, este trabalho deu início ao programa de monitoramento e manejo adequado das áreas de nascentes pertencentes à microbacia do Córrego Ipaneminha.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCOVA, F. C. S.; CESAR, S. F.; CICCIO, V. Qualidade da água em microbacias recobertas por floresta de Mata Atlântica, Cunha, SP. **Revista do Instituto Florestal**, v. 10, n. 2, p. 185-196, 1998.

BELTRAME, A.V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: Modelo e aplicação**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994.

CALHEIROS, R.O.; TABAI, F.C.V.; BOSQUILIA, S.V.; CALAMARI, M. **Preservação e Recuperação das Nascentes** (de água e de vida). Piracicaba, SP. 2008. 40p.

CASTRO, A. S.; GOLDENFUM, J. A. Comparação entre o tempo de retorno da precipitação máxima e o tempo de retorno da vazão gerada pelo evento. In: AIDIS; Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Sección Uruguay. Rescatando antiguos principios para los nuevos desafíos del milenio. Montevideo, AIDIS, 2006, p.1-8.

CHRISTOFOLLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher. 1980.

DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J. A.; PAULA, R. C. de. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego Rico, São Paulo, Brasil. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.115-125, jan./abr. 2005.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 372 p.

PAES, R.; MANZIONE, L. Geração de mapas de declive e análise dos padrões geomorfológicos na bacia do Ribeirão da Onça, Brotas/SP a partir de dados topográficos em diferentes escalas. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, **Anais...** 2011, INPE p.5148.

- PINTO, L.V.A.; BOTELHO, S.A.; DAVIDE, A.C.; FERREIRA, E. Estudos das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. **Scientia Forestalis**, n.65, p.1-10, 2004.
- PIRES, J.S.R.; SANTOS, J.E. dos. Bacias hidrográficas: integração entre meio ambiente e desenvolvimento. **Ciência Hoje**, São Carlos, v.19, n.10, p.4-45, 1995.
- PISSARRA, T.C.T.; RODRIGUES, F.M.; POLITANO, W.; GALBIATTI, J.A. Morfometria de microbacias do Córrego Rico, afluente do Rio Mogi-Guaçu, Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.34, n.4, p.669-676, 2010.
- RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. L. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3 ed. ver. Rio de Janeiro: EMBRAPA, CNPS, 1995, 65p.
- SANTANA, J.R.O.; SOUSA, R.T.C.; MATTEUCCI, M.B.A. Diagnóstico ambiental das áreas de preservação permanente (APP) do córrego Capim Puba, Goiânia, Goiás, Brasil. In: XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS E 8º SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍGUA OFICIAL PORTUGUESA. 25 – 29 nov. São Paulo, **Proceedings...**São Paulo: ABRH, 2007. CD-ROOM.
- SANTOS, J. S.; RIZZI, N. E. Dinâmica de uso do solo da bacia hidrográfica do rio Luís Alves, sub-bacia do rio Itajaí, Santa Catarina, Brasil. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 40, n. 2, p. 335-344, 2010.
- STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Transactions of the American Geophysical Union, v.38, n.6, p.913-20, 1957.
- TONELLO, K. C.; DIAS, H.C.T.; SOUZA, A.L.; RIBEIRO, C.A.A.S.; LEITE, F.P. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões – MG. **Revista Árvore**, vol.30, n.5, Viçosa, 2006.
- TONELLO, K.C.; DIAS, H.C.T.; SOUZA, A.L.; RIBEIRO, C.A.A.S.; FIRME, J.D.; LEITE, F.P. Diagnóstico hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, município de Guanhões, MG, Brasil. **Revista Ambiente e Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, Taubaté, v.4, n.1, p. 156-168, 2009.
- TORRES, J.L.R.; SILVA, S.R.; PEDRO, C.A.S.; PASSOS, A.O.; GOMES, J.Q. Morfometria e qualidade da água da microbacia do Ribeirão da Vida em Uberaba-MG. **Gl. Sci. Technol.**, v. 02, n.01, p.01-09, jan/abr. 2009
- VALENTE, R.O.A.; VETTORAZZI, C.A. Análise da estrutura da paisagem na bacia do Rio Corumbataí, SP. **Scientia Forestalis**, 62, 114-129, 2002.
- VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.