

XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

www.meioambientepocos.com.br

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

ESTIMATIVA DE CARGAS DE POLUIÇÃO DIFUSA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO SABÃO, PASSOS-MG, ATRAVÉS DE MODELAGEM MATEMÁTICA

Danilo Junior Neto Araujo⁽¹⁾; Rômulo Amaral Faustino Magri⁽²⁾; Thais Cristina Souza Lima Magri⁽³⁾.

⁽¹⁾Estudante; Núcleo Acadêmico de Tecnologia e Engenharia; Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) – Unidade Passos; Passos, Minas Gerais; ambiental.araujo@gmail.com; ⁽²⁾Professor pesquisador; Núcleo Acadêmico de Tecnologia e Engenharia; UEMG – Unidade Passos; Passos, Minas Gerais; romulo.magri@uemg.br; ⁽³⁾Estudante; Núcleo Acadêmico de Tecnologia e Engenharia; UEMG – Unidade Passos; Passos, Minas Gerais; thaisc_souzalima@hotmail.com.

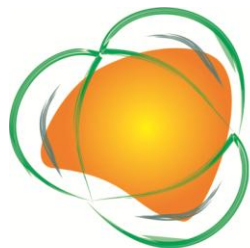
Eixo Temático: Gerenciamento de Recursos Hídricos e Energéticos

RESUMO: O uso e ocupação do solo estão cada vez mais intensos e predispostos para o desmatamento e expansão das áreas agropecuárias, e isso vem causando um aumento considerável das cargas de poluição difusa carregadas aos corpos aquáticos. Neste contexto, o presente trabalho visa estimar o aporte diário de cargas difusas nos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Córrego do Sabão, utilizando de um Modelo Matemático de Correlação Uso do Solo e Qualidade de Água (MQUAL 1.5). Os resultados alcançados mostram um aporte diário de 7,04 kg de fósforo total, 77,53 kg de nitrogênio total, 218,95 kg de DBO, 5095,31 kg de sólidos em suspensão e $1,75 \times 10^{12}$ kg de coliformes totais, para as águas da bacia, sendo que a maior contribuição se dá pelas atividades agrícolas.

Palavras-chave: Uso e ocupação do solo. Recursos hídricos. MQUAL. Geoprocessamento.

ABSTRACT: Land use is increasingly intense and prone to deforestation and expansion of agricultural areas, and this has caused a considerable increase in diffuse pollution loads carried to water bodies. In this context, this study aims to estimate the daily contribution of diffuse loads on water resources of the basin of SAPA stream using a Mathematical Model Correlation Land Use and Water Quality (MQUAL 1.5). The results obtained show a daily contribution of 7.04 kg total phosphorus, total nitrogen 77.53 kg, 218.95 kg of BOD, 5095.31 kg solids in suspension and $1,75 \times 10^{12}$ kg of total coliforms, for waters, with the largest contribution by agricultural activities.

Keywords: Land use. Water resources. MQUAL. Geoprocessing.



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

www.meioambientepocos.com.br

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

Introdução

Desde os primórdios da civilização humana, o homem necessita utilizar os recursos naturais que o circundam para obter seu sustento e de suas futuras gerações. Nos tempos atuais, estes processos estão cada vez mais intensos, requerendo uma maior atenção mediante utilização de práticas de conservação e manejo sustentável (ARAUJO e MAGRI, 2015).

Soares et al. (2011) observam a partir da grande demanda da população por produção de alimentos e bens e serviços, que a supressão da vegetação nativa para a expansão da fronteira agropecuária – ou a sua substituição por outros tipos de uso da terra – tem agravado o processo da fragmentação e diminuição florestal e ocasionado consequências negativas nos diferentes compartimentos e processos da natureza, principalmente nos ecossistemas fluviais.

Os corpos hídricos são atingidos por dois tipos de fontes poluentes, pontuais e não-pontuais, ou também chamada poluição difusa. As fontes pontuais de poluição, são caracterizadas por meio perceptível, confinado ou desviado de transporte de poluentes para as águas superficiais, são descargas de indústrias, rede de esgotos, e facilmente identificadas. As de fonte difusa, são aquelas advindas da superfície terrestre e atmosféricas, de maneira intermitente, dependente da duração e da intensidade das chuvas, e da área em que é drenada, estas por sua natureza, são mais difíceis de identificar, mensurar e controlar (OECD, 1986; PORTO, 1995; MANSOR et al., 2006).

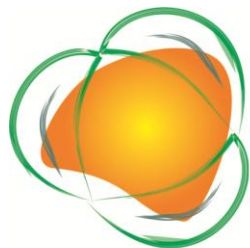
Neste contexto Morezzi et al. (2012), indicam que no gerenciamento da qualidade da água, os modelos matemáticos podem ser utilizados para estimar os focos de poluição existente nas bacias hidrográficas, fornecem estimativas que permitam a tomada de decisões sobre diferentes opções de gerenciamento e apoiar decisões voltadas ao planejamento ambiental em curto, médio e longo prazo.

Assim, este trabalho teve como objetivo estimar a carga de poluição difusa da bacia hidrográfica do Córrego do Sabão por meio da aplicação do modelo matemático MQUAL 1.5, o qual leva em consideração a caracterização do uso e ocupação do solo.

Material e Métodos

A área de estudo corresponde à bacia hidrográfica do Córrego do Sabão, situada no município de Passos-MG, com uma área de abrangência de aproximadamente 45 km², contida dentro da bacia hidrográfica do Ribeirão Bocaina, a qual pertence à bacia hidrográfica do Médio Rio Grande. O Córrego do Sabão tem suas nascentes na Serra das Posses (zona rural do município) e deságua no Ribeirão Bocaina (área urbanizada), sendo este ribeirão Bocaina a principal fonte de abastecimento de água do município, juntamente com a represa de Mascarenhas de Moraes.

O meio físico da área de estudo é caracterizado por pluviosidade anual de 1500 mm e temperatura média anual de 22°C, relevo constituído basicamente por colinas seguidas por uma pequena parte de morros, geologia com substrato rochoso dominante



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

www.meioambientepocos.com.br

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

de xisto/quartzito e gnaíse, e aquíferos gnáissico-granítico e xistoso, e solos de textura arenosa, de latossolos vermelhos e vermelhos amarelos e argissolos vermelhos amarelos.

A metodologia para a avaliação das cargas de poluição difusa ocorridas na bacia hidrográfica teve início com a elaboração do mapa de uso e ocupação do solo, realizado em plataforma SIG, no *software* ArcGIS 10, onde se possibilita obter informações de como esses espaços estão sendo ocupados, bem como, quantificá-los.

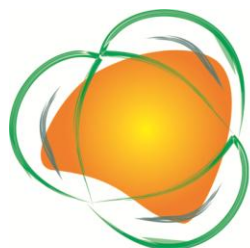
No processo de classificação do uso e ocupação do solo, foi utilizado uma imagem de satélite do sensor RapidEye, com resolução espacial de 5 metros, da data de novembro de 2013, aplicando-se uma composição colorida em falsa-cor 5R3G2B.

Utilizou-se o método de classificação supervisionada, que consiste na interpretação de imagens de sensoriamento remoto, quando são atribuídos significados a conjuntos de pixels, em função das características numéricas, onde o analista identifica os tipos específicos de cobertura do solo já conhecidos da área de estudo, ou seja, é necessário que se tenha conhecimento sobre as classes na imagem (ROSA, 2009).

Após a classificação supervisionada, o produto final sofreu ajustes manuais por meio de vetorização nas classes consideradas necessárias, para melhor aproximação com suas características reais observadas em campo.

Na avaliação e quantificação estimada das cargas difusas foi aplicado o Modelo Matemático de Correlação Uso do Solo e Qualidade de Água (MQUAL 1.5), desenvolvido pela Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo e adotado como instrumento técnico da Lei Estadual nº 12.233/2006, a qual se refere à Bacia do Guarapiranga (SMA, 2003). Este método se ampara em coeficientes de exportação (Equação 1), em que eles são alcançados através de observações sob condições hidrológicas médias em bacia hidrográfica, no ciclo anual, o quanto uma determinada área com atividade exportará de fósforo total, nitrogênio total, demanda bioquímica de oxigênio, sólidos em suspensão e coliformes totais para os ecossistemas fluviais, os rios, lagos e represas desta bacia hidrográfica (SVMA; IIEGA, 2009).

O MQUAL é constituído por três módulos, que representam o fenômeno de geração e autodepuração das cargas poluidoras dos mananciais em três ambientes distintos: a superfície do terreno (módulo 1 – Geração de cargas), os rios principais e seus afluentes (módulo 2 – Simulação dos principais tributários), e o reservatório (Simulação do reservatório) (BRANDÃO, 2013). A Tabela 1 apresenta os coeficientes de exportação e as referentes classes de uso e ocupação do solo propostas.



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

www.meioambientepocos.com.br

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

Tabela 1: Coeficientes de exportação (kg/km²/dia) relacionados aos diferentes tipos de uso e ocupação solo atribuídos pelo modelo MQUAL 1.5 (SMA, 2003).

Uso e ocupação do solo	Fósforo total	Nitrogênio total	DBO	Sólidos em Suspensão	Coliformes Totais
Atividade Agrícola	0,346	2,95	7,32	230	1,00E+11
Reflorestamento	0,039	0,6	1,2	20	1,00E+08
Pastagem	0,05	0,9	2,25	40	1,00E+09
Mata/Capoeirão/Mata galeria	0,039	0,6	1,2	20	1,00E+08
Capoeira/Campo	0,028	0,5	1,06	30	1,00E+08
Solo Exposto	0,034	1,27	5,54	50	1,00E+09
Chácaras	0,05	0,9	2,25	40	1,00E+09
Áreas Urbanas	0,034	1,27	5,54	50	1,00E+09

$$CD = A \cdot CE \quad (1)$$

onde:

CD = carga difusa (kg/dia);

A = área total de cada classe proposta de uso e ocupação do solo (km²);

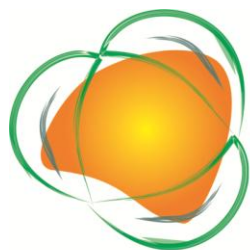
CE = coeficiente de exportação (kg/(km².dia)).

Neste trabalho foi utilizado apenas o primeiro módulo, de geração de carga, o qual indica a carga difusa diária através da multiplicação entre os coeficientes de exportação com a área total de cada classe proposta de uso e ocupação de solo na bacia do Córrego do Sabão.

Resultados e Discussão

O mapeamento do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do Córrego do Sabão está ilustrado na Figura 1, e quantificado na Tabela 2, por meio da álgebra de mapas, presentes no ArcGIS 10. As classes de uso e ocupação são determinadas pelo modelo MQUAL, entretanto, cada classe contém características específicas da área e foram adaptadas e reagrupadas nos conjuntos de classes predeterminadas pelo modelo.

A classe Atividade agrícola engloba culturas temporárias e perenes, como cana-de-açúcar, café, milho e predomínio de soja; a de Reflorestamento apenas a silvicultura de eucaliptos, as Pastagens compreendem as limpas e sujas; a de Mata/Capoeirão/Mata galeria são as matas nativas densas; Capoeira/Campo abrange a fitofisionomia de Campo rupestre e áreas alagáveis em épocas de cheias, próximas aos canais de drenagem e com vegetação rala e rasteira.



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

www.meioambientepocos.com.br

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

O Solo exposto também incluiu as estradas rurais de terra, visto à predisposição em carrear partículas de solo arenoso para os fundos de vales, acarretando o seu assoreamento, a classe Chácaras foi adicionada ao método MQUAL 1.5, devido à existência de muitas benfeitorias rurais na área, com áreas impermeabilizadas e de solo exposto, e a classe Área urbana, abrange todo o complexo construído (edificações, vias, terrenos, etc.).

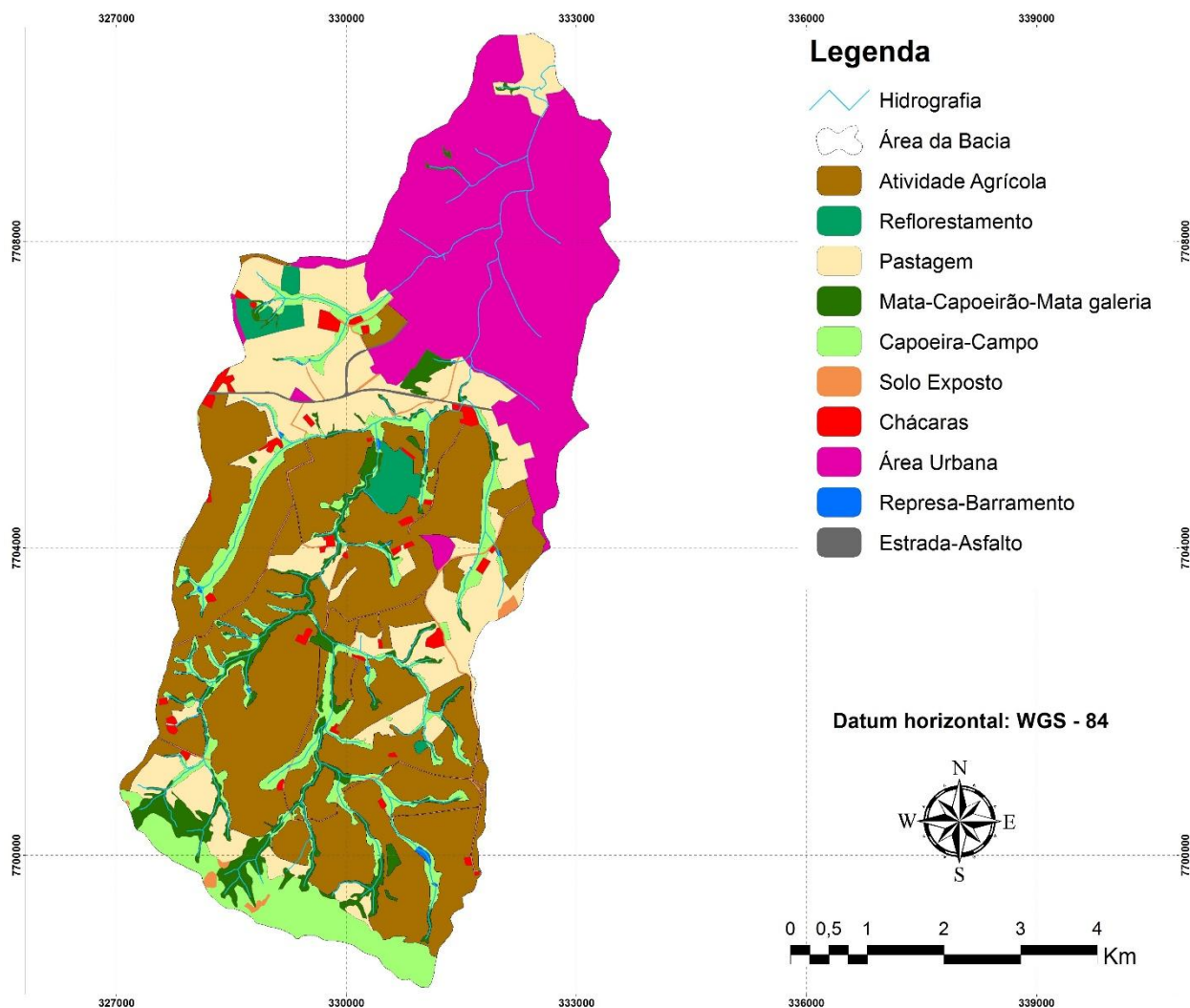
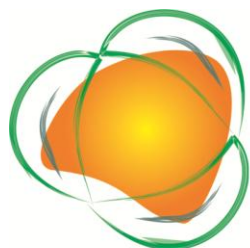


Figura 1: Mapa de Uso e Ocupação da bacia do Córrego do Sabão, no ano de 2013.



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

www.meioambientepocos.com.br

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

Tabela 2: Áreas e porcentagem das classes de uso e ocupação.

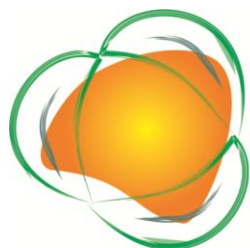
Tipos de Uso do solo	Área (km²)	%
Atividade Agrícola	17,29	38,19
Reflorestamento	0,77	1,71
Pastagem	7,37	16,27
Mata/Capoeirão/Mata galeria	2,48	5,47
Capoeira/Campo	4,78	10,55
Solo Exposto	0,49	1,09
Chácaras	0,59	1,31
Área Urbana	11,33	25,02
Represa - Barramento	0,07	0,15
Estrada/Asfalto	0,12	0,26
Área Total da bacia	45,29	100,00

Vale destacar que as frações de agricultura e pecuária, perfazem 54,46%, sendo 38,19% e 16,27% sequencialmente, da área total, e se retirar a área urbana desses cálculos, esses usos corresponderiam a 75% do espaço, configurando uma bacia hidrográfica extremamente antropizada com predomínio da agricultura.

A partir dos dados obtidos com a elaboração do mapa de uso e ocupação do solo e quantificação da área correspondente a cada classe, aplicou-se o método MQUAL 1.5, a (Equação 1), para determinação do aporte diário da poluição difusa na bacia. A Tabela 3 expõe seus resultados.

Os resultados da modelagem indicam que na bacia do Córrego do Sabão há o aporte diário de 7,04 kg de fósforo total, 77,53 kg de nitrogênio total, 218,95 kg de DBO, 5095,31 kg de sólidos em suspensão e $1,75 \times 10^{12}$ kg de coliformes totais devido ao atual uso e ocupação do solo desta bacia hidrográfica. E o maior contribuinte para tais resultados são às atividades agrícolas, compreendendo 85% do total de fosforo total, 65% de nitrogênio total, 58% de DBO, 78% de sólidos em suspensão, e 98% de coliformes totais, como também encontrado na pesquisa de Moruzzi et al., 2012, no córrego da Água Branca, Itirapina-SP, seus resultados foram parecidos, mesmo com área ocupada pelas atividades agrícolas não serem as maiores encontradas na bacia, caso que não ocorre na bacia do Córrego do Sabão, em que a classe atividade agrícola corresponde a 40% da área total da bacia.

Os métodos de cultivo agrícola, sem adoção de práticas de conservação do solo e o uso de insumos agrícolas podem acarretar em perdas na qualidade das águas. A alteração das condições naturais através da remoção da vegetação e a movimentação do solo para o cultivo agrícola, incorporado a irrigação e uso de fertilizantes fosfatados (NPK), corretivos do solo (calcários e fosfogesso) e pesticidas podem intensificar os



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

www.meioambientepocos.com.br

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

processos erosivos e carrear elementos nocivos aos ecossistemas lóticos (MORUZZI et al., 2012).

Tabela 3: Estimativa de cargas difusas (kg/dia) geradas na bacia do Córrego do Sabão.

Uso e ocupação do solo	Carga difusa (kg/km ² .dia)				
	Fósforo total	Nitrogênio total	DBO	Sólidos em Suspensão	Coliformes Totais
Atividade Agrícola	5,98	51,02	126,59	3977,57	1,73E+12
Reflorestamento	0,03	0,46	0,93	15,48	7,74E+07
Pastagem	0,37	6,63	16,57	294,62	7,37E+09
Mata/Capoeirão/Mata galeria	0,10	1,49	2,97	49,57	2,48E+08
Capoeira/Campo	0,13	2,39	5,06	143,31	4,78E+08
Solo Exposto	0,02	0,63	2,73	24,65	4,93E+08
Chácaras	0,03	0,53	1,33	23,71	5,93E+08
Área Urbana	0,39	14,39	62,76	566,41	1,13E+10
Represa - Barramento	*	*	*	*	*
Estrada/Asfalto	*	*	*	*	*
Total	7,04	77,53	218,95	5095,31	1,75E+12

*valores não calculados, não há coeficientes de exportação estipulados.

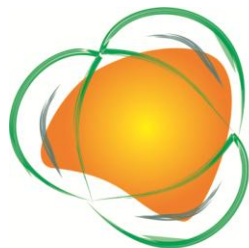
Conclusões

Por meio de técnicas de sensoriamento remoto foi possível caracterizar o uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Córrego do Sabão, foram encontradas as seguintes classes: atividades agrícolas, reflorestamento, pastagem, matas, capoeira, solo exposto, chacreamento, área urbana, represa e estrada pavimentadas. Sendo que a área de estudo é predominantemente antropizada por atividades rurais.

A maior fonte de poluição difusa da bacia do Córrego do Sabão foi a classe atividade agrícola, por sua grande extensão territorial e proporção, perfazendo 75% dos poluentes do total.

A modelagem matemática efetuada indicou que 7,04 kg de fósforo total, 77,53 kg de nitrogênio total, 218,95 kg de DBO, 5095,31 kg de sólidos em suspensão e 1,75x10¹² kg de coliformes totais são aportados diariamente para os recursos hídricos superficiais da bacia hidrográfica.

É necessário gerenciar melhor os espaços urbanos e rurais na bacia, principalmente aqueles destinados à proteção dos recursos naturais. Assim, a compreensão da dinâmica de ocupação do solo e de sua interferência nos processos naturais ocorrentes é algo imprescindível para o estabelecimento de ações para um bom planejamento socioambiental.



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

www.meioambientepocos.com.br

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS
21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

Agradecimentos

Agradecemos ao Programa Institucional de Apoio à Pesquisa - PAPq/UEMG pela concessão de bolsa ao primeiro autor e à UEMG – Unidade Passos pela infraestrutura concedida para realização deste trabalho.

Referências

ARAUJO, D. J. N.; MAGRI, R. A. F. Diagnóstico Ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego do Sabão (Passos - Mg) Através de Geotecnologias e Avaliação Rápida de Rios. Relatório Final: Programa Institucional de Apoio a Pesquisa – PAPQ, UEMG. Passos, 2015. 57p.

MANSOR, M. T. C.; FILHO, J. T.; ROSTON, D. M. Avaliação preliminar das cargas difusas de origem rural, em uma subbacia do Rio Jaguari, SP. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 10, n. 3, p. 715-723, 2006.

MORUZZI, R.B.; CONCEIÇÃO, F.T.; SARDINHA D.S.; HONDA, F.P.; NAVARRO, G.R.B. Avaliação de cargas difusas e simulação de autodepuração no Córrego da Água Branca, Itirapina (SP). São Paulo, UNESP, Geociências, v. 31, n. 3, p. 447-458, 2012.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. Water pollution by fertilizers e pesticides. Paris, 1986. 144 p.

PACHECO, J. B. Uso e ocupação da terra e a sustentabilidade ambiental da dinâmica fluvial das microbacias hidrográficas Zé Açu e Tracajá na Amazônia Ocidental. 2013, 210p. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília. Brasília, 2013.

PORTO, M. F. A. Aspectos Qualitativos do Escoamento Superficial Urbano. In: TUCCI, C. M et al. Drenagem urbana. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 1995. 428p.

ROSA, R. Introdução ao sensoriamento remoto. 7. ed. Uberlândia: EDUFU, 2009.

SMA. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. Versão 1.5 do Modelo de Correlação Uso do Solo/Qualidade de Água- MQUAL. São Paulo, SP. 2003.

SOARES, V. P.; MOREIRA, A. A.; RIBEIRO, C. A. A. S.; GLERIANI, J. M. Mapeamento das áreas de preservação permanente e dos fragmentos florestais naturais como subsídio à averbação de Reserva Legal em imóveis rurais. *Cerne* 2011; 17(4): 555-561.

SVMA. Secretaria Municipal do Verde e Meio Ambiente de São Paulo; IIEGA – Instituto Internacional de Ecologia e Gerenciamento Ambiental. Manual de gerenciamento de bacias hidrográficas. São Carlos: Cubo Multimídia, 2009, 134p.