

## **DIAGNÓSTICO DA OCUPAÇÃO IRREGULAR DE ÁREAS DE APP NA SUB-BACIA DO RIO DO PEIXE EM ITABIRA – MG E A RELAÇÃO COM A GERAÇÃO DE SEDIMENTOS**

*Letícia de Souza Perdigão<sup>1</sup>; Eliane Maria Vieira<sup>2\*</sup>; Roberto Cezar de Almeida Monte-Mor<sup>3</sup>  
Pedro Henrique Rodrigues Pereira<sup>4</sup>; Aline Copque Fialho do Bonfim<sup>5</sup>*

**Resumo** – A sub-bacia do rio do Peixe, que abrange principalmente a cidade de Itabira - MG, sofre uma série de prejuízos originados na ocupação irregular do solo, incluindo também a forte presença da atividade agrícola e os impactos diretos e indiretos da área urbana da cidade. Este estudo tem como objetivo analisar a ocupação irregular do solo em Áreas de Preservação Permanente (APP) e sua relação na redução de sedimentos e, conseqüentemente, o assoreamento dos rios, bem como examinar a conformidade destas áreas na bacia hidrográfica com a legislação vigente. O estudo também tem como objetivo analisar os processos hidrossedimentológicos utilizando o modelo SWAT (SoilandWaterAssessment Tools), a fim de relacioná-lo com a geração de sedimentos. Também foram utilizados os parâmetros de clima e qualidade da água obtidos de estações ao longo da sub-bacia, e mapas de uso da terra na região.

**Palavras-Chave** – Áreas de Preservação Permanente, SWAT, sedimento.

### **DIAGNOSIS OF ILLEGAL OCCUPATION IN PERMANENT PRESERVATION AREAS IN WATERSHED OF RIO DO PEIXE IN ITABIRA-MG AND THE RELATIONSHIP WITH SEDIMENTS GENERATION.**

**Abstract** – The subwatershed of rio do Peixe, which mainly covers the city of Itabira - MG, suffers a lot of damage originated in the wrong occupation of the soil, including also the strong presence of agricultural activity and direct and indirect impacts of the urban area of the city. This study aims to analyze the irregular soil occupation in Permanent Preservation Areas and its relationship in reducing sediment and consequently the rivers' silting, as well as examine the conformity of these areas in the watershed with the current legislation. The study also aims to analyze spatial hydrosedimentological processes using the SWAT model (SoilandWaterAssessment Tool) in order to relate it with the generation of sediment. Were used the parameters of climate and water quality obtained by stations along the subwatershed, and maps of land use in the region.

**Keywords** – Permanent Preservation Areas, SWAT, sediment.

### **INTRODUÇÃO**

O uso irregular do solo é um tema atual e relevante, que demonstra ser uma grande ameaça aos recursos naturais, e principalmente aos recursos hídricos. Porém, o histórico de ocupação inadequada do solo já vem de longa data. O processo de ocupação do Brasil caracterizou-se pela falta de planejamento e conseqüente destruição dos recursos naturais, pois ao longo da história a cobertura florestal nativa, representada pelos diferentes biomas, foi sendo fragmentada, cedendo espaço para culturas agrícolas, pastagens e cidades (Markus, 2003).

<sup>1</sup> Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI/Itabira CEP 35900-000 – Itabira - MG, Brasil. leticia.sperdigao@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI/Itabira CEP 35900-000 – Itabira - MG, Brasil. elianeveira@unifei.edu.br \*

<sup>3</sup> Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI/Itabira CEP 35900-000 – Itabira - MG, Brasil. rmontemor@unifei.edu.br

<sup>4</sup> Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI/Itabira CEP 35900-000 – Itabira - MG, Brasil. pedro.hrp90@gmail.com

<sup>5</sup> Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI/Itabira CEP 35900-000 – Itabira - MG, Brasil. aline.copque@gmail.com

Neste contexto, a conservação hídrica de bacias hidrográficas se faz presente para proteger e restaurar a qualidade ambiental, bem como quantidade de água substancial para o meio ambiente, representando o foco de ações e serviços necessários à prevenção e recuperação da disponibilidade da água e dos usos do solo.

Dentre os diversos fatores que auxiliam na conservação hídrica de bacias hidrográficas, as Áreas de Preservação Permanente (APP) apresentam grande importância. Nos termos da Lei Federal 12.651 de 2012, Área de Preservação Permanente é a área, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas. Ainda segundo a legislação, a área de APP é intocável e a supressão parcial ou total de sua vegetação só pode ser autorizada em caso de utilidade pública ou de interesse social, e quando tratar-se de APP em área rural, a sua supressão dependerá de autorização do órgão ambiental competente.

A importância das áreas de APP pode abranger desde fatores biológicos, como fornecer refúgio e alimento para a fauna, até fatores físicos, como a proteção contra assoreamento de rios e nascentes, evitando que o escoamento excessivo de água carregue partículas de solo e resíduos para os cursos d'água. Cada vez mais, as APPS estão submetidas a grandes extensões de degradação devido à intensificação das ações humanas sobre o ambiente, através da ocupação irregular de solo. Assim, paisagens naturais são substituídas por outros tipos de uso e ocupação, causando problemas ambientais e excesso de produção de sedimentos. (Peluzio *et. al.*, 20--?).

A avaliação do grau de interferência antrópica em uma bacia pode ser realizada por meio da instrumentação desta, onde parâmetros como precipitação, vazão dos cursos d'água, carreamento de sedimentos, entre outros, são monitorados ao longo do tempo. Contudo nem sempre é possível equipar e monitorar uma bacia hidrográfica de forma que se consiga analisar todos os processos que ocorrem nesta.

Uma forma de se avaliar processos hidrológicos e geração de sedimentos em bacias hidrográficas é através da modelagem hidrossedimentológica, permitindo, por exemplo, prever a deterioração de solos, o aumento na ocorrência de feições erosivas, a quantidade de sedimentos carreados, etc. Sendo assim, o uso de modelos matemáticos e de sistemas de informação geográfica tem se mostrado de grande relevância, visto que reduz o tempo empregado nas análises e nos custos destes estudos. Um dos modelos que vem sendo empregado pela comunidade científica é o modelo SWAT (Soil and Water Assessment Tool). Este modelo permite analisar os impactos das alterações no uso do solo sobre o escoamento, qualidade da água e sedimentação em bacias hidrográficas. É um modelo de simulação contínua no tempo e cujas variáveis de caracterização hidrológica são distribuídas no espaço.

Inserida na bacia do rio Piracicaba, a sub-bacia do rio do Peixe abrange os municípios de Itabira, Nova Era, Santa Maria de Itabira e outras. Essa sub-bacia é caracterizada por sofrer fortes impactos oriundos da atividade mineradora realizada na região, além de contar também com atividade agropecuária e presença de área urbana em certos trechos do rio. Parte desse impacto é mitigada pelo terreno acidentado da sub-bacia, fazendo com que o rio do peixe apresente-se encaixado e muito encachoeirado.

Levando em consideração a grande importância das APPs e as condições em que se encontram a sub-bacia do rio do Peixe, se torna importante uma investigação da ocupação irregular destas áreas. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é diagnosticar as ocupações em áreas de APP na sub-bacia do rio do Peixe.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Área de estudo

A sub-bacia do rio do Peixe ( $19^{\circ}44'0''S$ ;  $43^{\circ}01'0''W$ ) se encontra inserida na Bacia do rio Piracicaba, e localizada no leste de Minas Gerais, abrangendo os municípios de Itabira, Nova Era, Santa Maria de Itabira, dentre outros. Esta sub-bacia sofre bastante influência de atividade mineradora, de áreas urbanas e também de atividades agrícola e pecuária em suas margens (Figura 1).

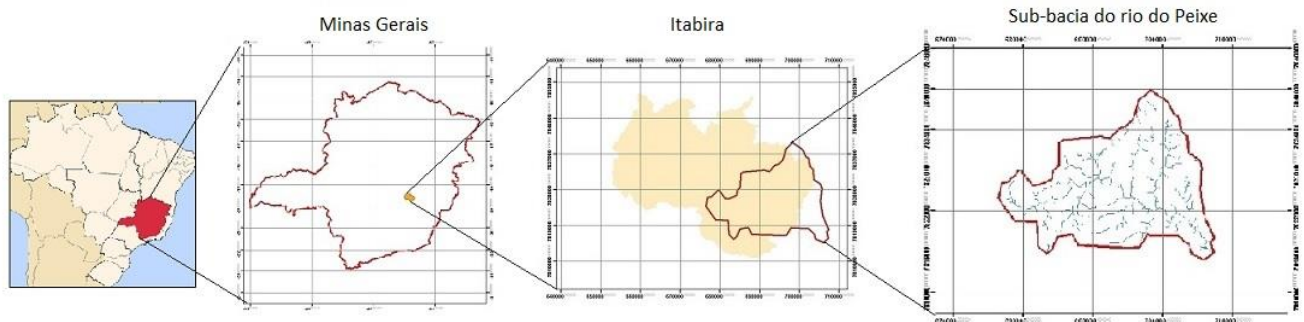


Figura 1- Localização da sub-bacia do rio do Peixe

### Materiais e métodos

Foi elaborado o mapa de uso e ocupação do solo atual, e para tanto foram utilizadas imagens Landsat da área de estudo (obtidas do site do INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), passando-as pelas etapas de georreferenciamento e digitalização. Foram coletados pontos de controle em campo para a realização da classificação do mapa gerado. Para tanto, utilizou-se o SIG (Sistemas de Informações Geográficas) ArcGIS/ESRI (versão 10.0).

Foi também criado um mapa de APP para a região da sub-bacia, englobando APPs de rios, nascentes, declividade e topos de morro. As áreas de preservação para cursos d'água foram obtidas através da ferramenta *Buffer* do ArcGis, correspondendo a 50m, como exigido pela Legislação Ambiental vigente no Brasil para cursos d'água de 10m a 50m de largura. Para nascentes, utilizou-se pontos previamente conhecidos na sub-bacia, gerando também um *Buffer* de 50m. As áreas de declividade seguiram a metodologia descrita por Peluzio et. al. (20--?), que consiste na obtenção da declividade também por meio do ArcGis, nas áreas de limite de declividade  $>100\%$  ou 45 graus. Para as áreas de topos de morro seguiu-se a metodologia descrita por Barbosa (2006), também através do ArcGis.

Após finalizados o mapa de uso e ocupação do solo e mapa de APP, estes foram unidos á fim de gerar um novo mapa onde as áreas delimitadas anteriormente como APP contivessem as classes de uso e ocupação do solo da bacia.

O modelo hidrológico SWAT (versão 10.0 beta), integrado ao ArcGis 10.0 foi utilizado para a alimentação e modelagem hidrossedimentológica, e é a ferramenta básica utilizada para estudar as variações da produção de sedimento na sub-bacia do rio do Peixe.

A etapa de utilização do modelo SWAT conta, primeiramente, com a inserção dos chamados Planos de Informações (PIs), que servem para alimentar o modelo durante a simulação, e que consistem no Modelo Numérico de Terreno (MNT), mapa de uso e ocupação do solo, mapa de solo, e dados tabulares (dados climáticos).

O mapa de solo empregado é resultante do levantamento realizado pelo Feam (Fundação Estadual do Meio Ambiente) e CETEC (Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais) em 2011

sobre o Estado de Minas Gerais e os dados climáticos foram obtidos de estações meteorológicas localizadas nas cidades de Conceição do Mato Dentro e Belo Horizonte, ambas em Minas Gerais.

Neste trabalho também foi simulado o cenário em que todas as áreas de APP's delimitadas estão intactas. Para a elaboração deste cenário os mapas de uso e ocupação do solo e mapa de APP foram unidos.

Quando os PIs são inseridos no SWAT, cria-se então o que se chamam de HRU's, ou Unidades de Respostas Hidrológicas, que são subdivisões automáticas da bacia em pequenas outras sub-bacias, que possuem uma única combinação de uso e manejo do solo, tipo de solo e declividade, sendo os resultados de escoamento, nutrientes e sedimentos compostos pela soma das HRU's dentro de cada bacia (Lubitz, 2009). Após a simulação, têm-se como resultado a geração de mapas de sedimentos, mapas de sub-bacias, dados de aporte de nutrientes, escoamento superficial, precipitação, dentre outros. Segundo Uzeika (2009), o SWAT calcula o aporte de sedimentos (SED\_YIELD) através da Equação Universal Modificada de Perda de Solo – MUSLE. Esta equação é aplicada em cada HRU que compõe as sub-bacias, onde o aporte de sedimento gerado pelas HRUs que compõem uma sub-bacia é o aporte de sedimentos total dessa sub-bacia.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O primeiro PI elaborado foi o mapa de uso e ocupação atual da bacia. Por meio da classificação supervisionada no ArcGis das imagens Landsat já georreferenciadas foram obtidas as classes de uso e ocupação do solo na sub-bacia. Tais classes são: agricultura, florestas, pastagem, solo exposto, urbano e água (lagos, represas). Neste mapa foram sobrepostos os limites das APP's geradas a fim de se identificar os usos dentro destes limites (Figura 2).

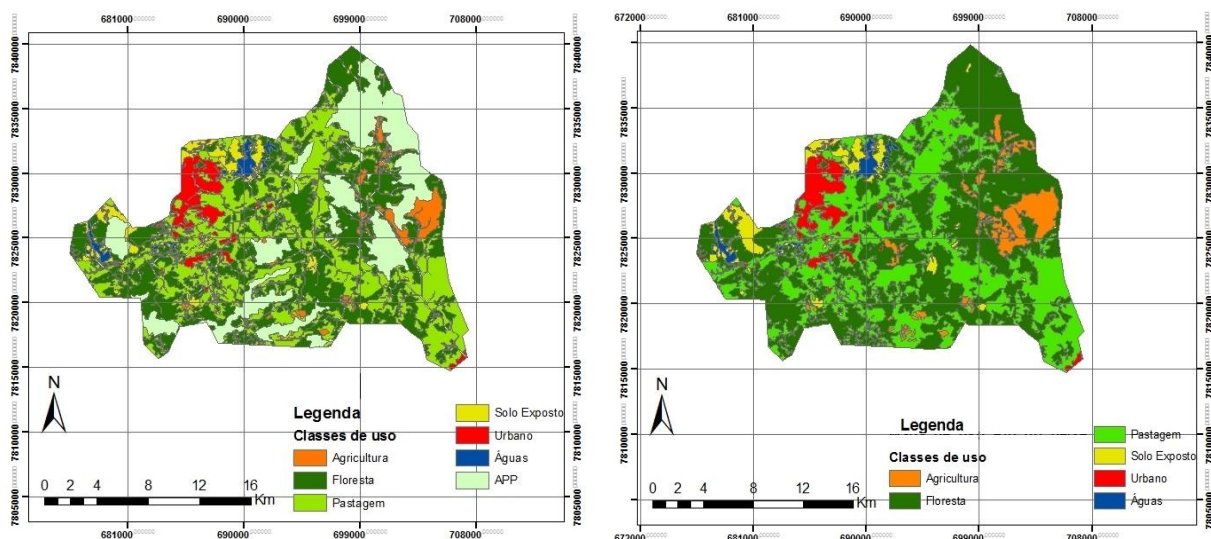


Figura 2 e 3: Mapa de uso e ocupação do solo para cenário fictício de APP e mapa de uso e ocupação do solo atual na sub-bacia do Rio do Peixe, respectivamente.

O mapa da Figura 2 foi utilizado como dado de entrada para alimentação do modelo SWAT, que ao final do processo, gerou dados de produção de sedimentos para 24 sub-bacias dentro da área de estudo, conforme descrito em Metodologia. O mapa da Figura 4 representa a produção média mensal de sedimentos por sub-bacia gerada, e através dele pode-se notar que uma das áreas com maior incide de sedimento possui a classe Pastagem como uso dominante, quando comparada com a Figura 2 e 3. As demais áreas, quando analisadas, demonstram possuir a maior parte de suas áreas cobertas por Pastagem e Florestas.



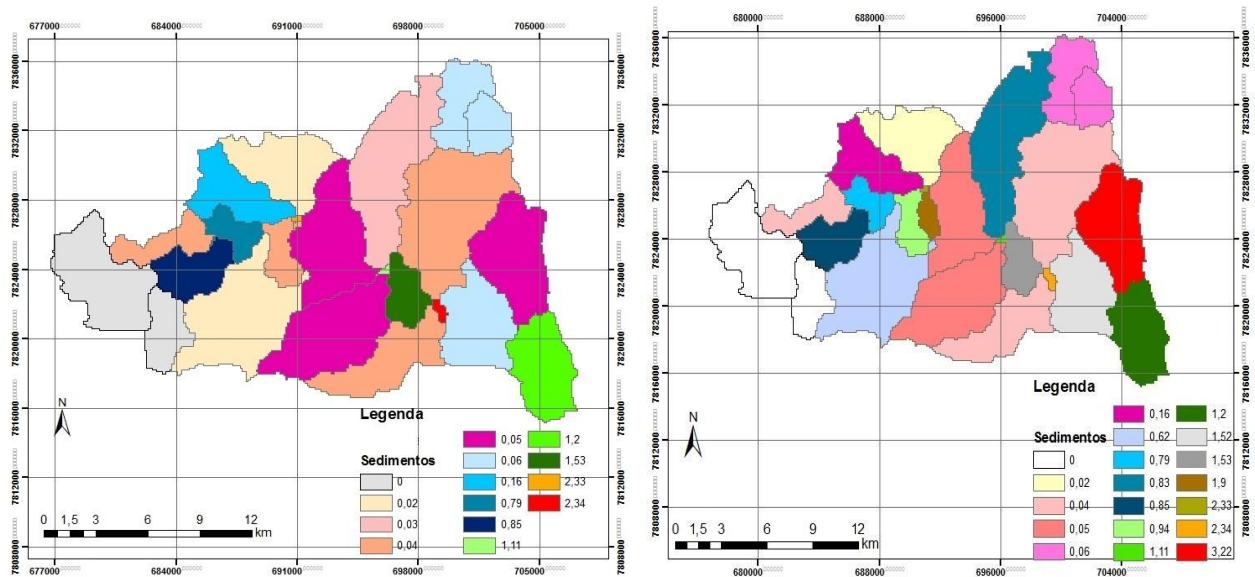


Figura 4 e 5: Mapa de sedimentos para cenário fictício de APP e mapa de sedimentos para cenário real da sub-bacia do rio do Peixe, respectivamente.  
(Projeção UTM Fuso 23S Datum WGS84)

Na Figura 5, que representa o cenário real, as áreas com maior índice de sedimentos possuem como classes de uso do solo mais comuns pastagem e agricultura. Conseqüentemente, áreas com menores valores são áreas com predomínio de classes florestas. Já na Figura 4, uma das áreas com maior índice de sedimento possui a classe pastagem como uso dominante, e as demais áreas, quando analisadas, demonstram possuir a maior parte de suas áreas cobertas por pastagem. Pode-se reparar, ainda, uma queda dos valores de sedimentos para as mesmas HRUs/sub-bacias, ilustrando a diferença entre a geração de sedimentos entre os dois cenários.

Dentro do universo do SWAT, um dos fatores mais correlacionados com a produção e transporte de sedimentos é o escoamento superficial (SURQ), uma vez que ele representa a quantidade de água que irá efetivamente escoar sobre a superfície, gerando o processo de desagregação e de transferência dos sedimentos para o canal aluvial (Uzeika, 2009). A Tabela 1 traz os valores de SURQ e sedimentos por HRUs, em uma média anual, para o cenário fictício de APP.

Tabela 1: Relação entre os sedimentos gerados e o escoamento superficial.

HRU/sub-bacias	Simulação de cenário com APP		HRU/sub-bacias	Simulação de cenário com APP	
	SURQ (mm)*	SED (ton/ha)*		SURQ (mm)*	SED (ton/ha)*
1	94.25	0.06	13	147.97	0.85
2	86.02	0.06	14	86.23	0.04
3	100.24	0.02	15	0.00	0.00
4	387.18	0.16	16	120.70	1.53
5	150.87	2.33	17	138.45	2.34
6	103.68	0.04	18	0.00	0.00
7	100.26	0.04	19	99.05	0.02
8	98.53	0.04	20	85.75	0.06
9	151.76	0.79	21	85.71	0.05
10	92.55	0.03	22	93.46	0.05

11	94.99	0.05	23	94.01	0.04
12	155.66	1.11	24	116.77	1.20

\*Média anual. SURQ(mm): escoamento superficial. SED: sedimentos.

Nota-se que, de uma forma geral os maiores valores de escoamento superficial vieram acompanhados de maiores valores de sedimentos por tonelada/hectare, uma vez que quanto maior o escoamento superficial, maior vai ser a geração e transporte de sedimentos. De certo modo a produção de sedimentos por sub-bacia foi pequena, ilustrando a relação entre maior presença da classe florestas e a geração de sedimentos. Dentre todas as sub-bacias, a número 5 traz o maior valor de sedimentos (ton/ha). Isto pode estar relacionado ao tipo de uso e ocupação do solo, uma vez que a classe pastagem ocupa a maior porcentagem de área nessa sub-bacia. Já a sub-bacia número 3 traz o menor valor para sedimentos em ambos os cenários, e o uso do solo em ambas com o maior valor de área é a classe florestas.

A Figura 6 evidencia a irregularidade da ocupação do solo nas áreas de APP, onde nota-se principalmente a presença de classes como agricultura, pastagem e solo exposto onde deveria haver vegetação. A área total calculada para as áreas de APP, que deveria ser inteiramente destinada para preservação, é de aproximadamente 10491 hectares. Dessa área total, apenas 68% (7126,17 hectares) está realmente preservada, ou seja, de acordo com o Código Florestal.

A Figura 7 demonstra realmente que a classe floresta representa a maior parte das áreas destinadas à preservação, porém nota-se um avanço de atividades agrícolas e de pastagem. Já a figura 8 ilustra as áreas ocupadas por cada classe de uso nas áreas de APP de nascente, topos de morro e rios.

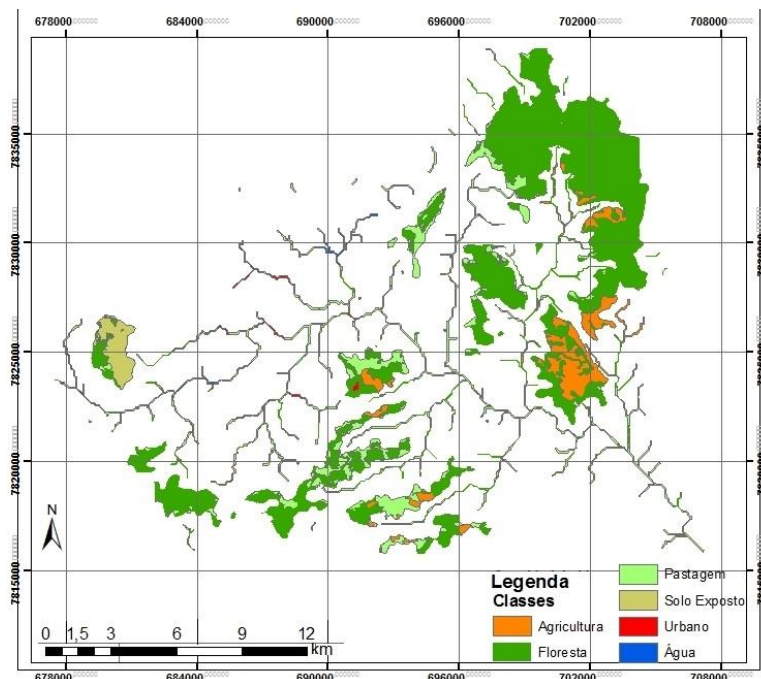


Figura 6- Mapa de APP com uso e ocupação atual do solo (Projeção UTM Fuso 23S Datum WGS84).

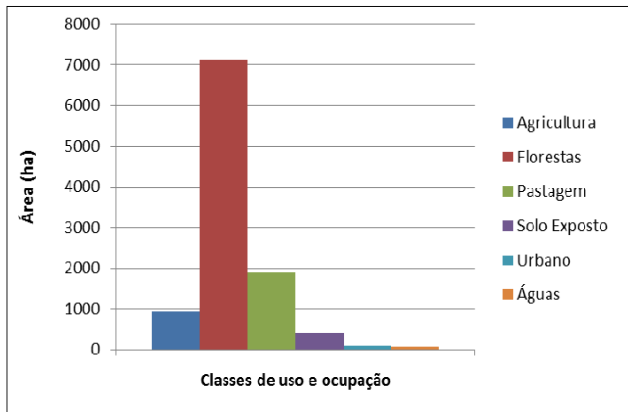


Figura 7: Classes de uso presentes nas áreas de APP.

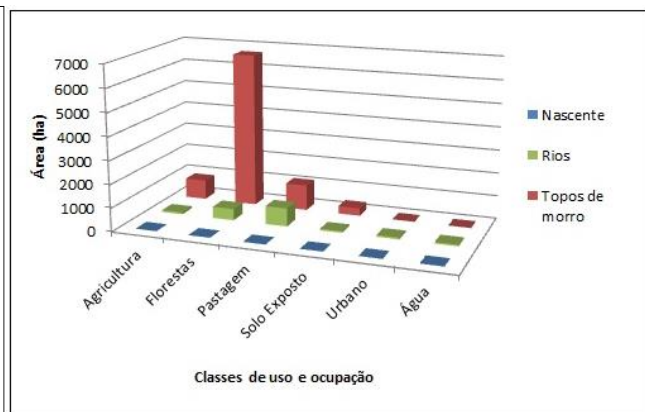


Figura 8: Classes de uso por tipos de áreas de APP.

É evidente que em áreas de topos de morro a classe floresta se destaca, ocupando cerca de 74% do total da área, enquanto agricultura e pastagem ocupam 9,5% e 12%, respectivamente. Já em áreas de APP de rios, a classe pastagem ocupa cerca de 50%, enquanto florestas ocupam 32%. Em APPs destinadas às nascentes, 55% da área encontra-se preservada enquanto 41% segue ocupada por áreas de pastagem.

## CONCLUSÕES

A aplicação do modelo SWAT, mesmo com incertezas relacionadas à falta de comparações com valores reais, pode auxiliar no gerenciamento correto das bacias hidrográficas, uma vez que fica claro diante dos resultados apresentados que o uso e manejo do solo devem passar por orientações precisas para correção da produção excessiva de sedimentos.

Ao analisar os resultados referentes aos sedimentos, pôde-se constatar que houve diferenças ao comparar os cenários de uso e ocupação atual e uso e ocupação fictício com APP, uma vez que o cenário de APP gerou uma quantidade menor de sedimentos por sub-bacia criada, se comparado ao cenário real da bacia.

Foi possível, também, obter uma compreensão global dos efeitos da implementação das práticas de conservação sobre os processos hidrossedimentológicos. Apesar da proteção das Áreas de Preservação Permanente ser assegurada por lei, verificou-se que os instrumentos legais nem sempre são respeitados, visto que grande parte das áreas de APP são ocupadas por outros tipos de uso e ocupação do solo. O não cumprimento do Código Florestal gera danos muitas vezes irreversíveis, tanto para o meio ambiente quanto para a saúde da população como um todo.

Contudo, pode-se afirmar que, baseado nos resultados encontrados neste projeto, o modelo SWAT gerou parâmetros adequados para possibilitar o estudo nos diferentes cenários, auxiliando na compreensão dos processos que ocorrem na sub-bacia do rio do Peixe e a relação destes com Áreas de Preservação Permanentes.

## AGRADECIMENTO

Agradecemos a Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, e à FAPEMIG e ao CNPq pelo financiamento da pesquisa de Iniciação Científica.

## REFERÊNCIAS

- BARBOSA, Christianne Louise Silva. (2006). *Geoprocessamento na identificação de Áreas de Preservação Permanente e na elaboração do respectivo Plano de Recuperação*. Belo Horizonte, 2006.
- BRASIL. Lei 12.651, de 25 de maio de 2012. Publicada no Diário Oficial da União em 28 de maio de 2012.
- LUBITZ, E. *Avaliação da aplicação do modelo hidrológico SWAT à bacia do Ribeirão Concórdia - Lontras, SC*. (2009). 125 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Programa de pósgraduação em engenharia ambiental, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2009. Disponível em: <[http://proxy.furb.br/tede/tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=706](http://proxy.furb.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=706)> Acesso em: 02/09/12.
- MARKUS, Marília. (2003) *Avaliação das Áreas de Preservação Permanente na microbacia do Ribeirão da Casa Branca - Brumadinho – MG*. Monografia (Especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências. Belo Horizonte, 2003.
- PELUZIO, Telma Machado de Oliveira; SANTOS, Alexandre Rosa; FIEDLER, Nilton Cesar. *et al. Mapeamento de Áreas de Preservação Permanente no ArcGis 9.3*. Mundo da geomática. [20--?]
- UZEIKA, Talita. (2009). *Aplicabilidade do modelo SWAT na simulação da produção de sedimentos em uma pequena bacia hidrográfica rural..* Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. UFRS, Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Porto Alegre, 2009. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/19124>> Acesso em: 01/09/12.