

Análise da Mudança no Uso e Ocupação do Solo da Bacia dos Apertados - Londrina - PR, com ênfase em áreas de APP

Carolyne Bueno Machado¹
Gabriela Fernanda Silva¹
Liliana Cristina Malmegrin Puzzi¹
Ligia Flávia Antunes Batista¹

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR - Coord. Engenharia Ambiental
Avenida dos Pioneiros, 3131, CEP 86036-370 - Londrina - PR, Brasil
carolbueno@eaelab.org, gabrielafsilva_4@hotmail.com, lilipuzzi@hotmail.com,
ligia@utfpr.edu.br

Abstract: This paper emphasizes the temporal changes of land use and cover and undue occupation into the permanent preservation areas (PPA) of the Apertados Basin in Londrina - PR, which has outfall in Tibagi river, that is one of the most important rivers of the Parana. In addition, this basin contains a portion of one of the largest remaining forest in northern Paraná, the Godoy State Park. This analysis can provide information to support the protection of the rivers and can be used in the monitoring of PPA. Landsat 5 TM images of 1985 and 2011 years were used, and techniques of classification by pixel were applied. Areas of drainage and headwaters PPA were delimited according to the Forest Code of 1965, amended by Law 7.803/89, with buffer tool. An overall performance above 90% was obtained in classification accuracy. It was verified a great change at agricultural activities in the basin, such as the considerable increasing of the urban area and areas covered by dense vegetation, which was also evidenced inside the PPA. The percentage of inappropriate areas into the PPA was 84.7 % in 1985 and 45.3 % in 2011, showing an improvement in the environmental scenario in this basin, although some areas still need to be recovered in PPA.

Palavras-chave: remote sensing, sensoriamento remoto, land use, uso do solo, law, legislação, PPA, APP.

1. Introdução

A cada ano as atividades humanas vêm transformando as paisagens naturais em decorrência do desenvolvimento econômico e do aumento populacional.

De acordo com Rodrigues et al. (2003) que verificaram as porcentagens de área desmatada ocupada por agricultura e pecuária no Estado de Goiás, as atividades agrícolas e agropastoris são as maiores responsáveis pelo desmatamento e pela ocupação de Áreas de Preservação Permanente (APP) naquela região. A manutenção de APP é um desafio, principalmente para os pequenos produtores, por, muitas vezes, terem o conceito de estar perdendo a maior parte de suas propriedades, quando estão na verdade, protegendo o solo e evitando a contaminação e o assoreamento dos corpos d'água.

De acordo com a Lei nº 4.771/65, Código Florestal Brasileiro, alterada pela Lei nº 7.803/89, Área de preservação permanente é aquela mencionada em seus artigos 2º e 3º, 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 (CETESB, 2010). O artigo 2º do Código Florestal (Brasil, 1965; Brasil, 1989) considera áreas de preservação permanente as florestas e demais formas de vegetação natural situadas no entorno dos cursos d'água com largura variável; ao redor de lagos, lagoas e nascentes; no topo de morros, montes e em altas declividades, além de outras regiões de acordo com a necessidade.

Imagens de sensoriamento remoto aliadas a técnicas de geoprocessamento representam um mecanismo prático e eficiente no levantamento e fiscalização das APP, como demonstrado por Alves e Russo (2011) que realizaram uma análise temporal do desmatamento dentro de APP, utilizando imagens de satélite.

Este trabalho tem como objetivo fazer uma análise temporal da Bacia dos Apertados utilizando imagens dos anos de 1985 e 2011, visando identificar a mudança no uso e

ocupação do solo da região, com ênfase nas áreas de APP, para verificar se nesse período tais áreas têm sido mantidas e se existem muitas áreas ocupadas indevidamente. Nesta bacia hidrográfica situa-se uma fração do Parque Mata dos Godoy, criado pelo Decreto nº 5150 de 05 de junho de 1989 (IAP, 2002), o principal remanescente florestal do norte do Paraná, com um dos maiores índices de biodiversidade. Com este trabalho, será possível identificar também se esta área de proteção vem sendo modificada.

2. Materiais e Métodos

2.1. Área de estudo

A área de estudo deste trabalho situa-se em parte no município de Londrina, que está localizado no estado do Paraná, sul do Brasil, possuindo 506.701 habitantes e área 1.653,263 km²; e em parte no município de Arapongas, que faz divisa com o município de Londrina à oeste, possuindo área de 381,081 km² e 104.150 habitantes (IBGE, 2010). É referente, especificamente, à Bacia dos Apertados (Figura 1), com área de 325,2 km², sendo ocupada em grande parte com atividade agropecuária (Fávaro, 2003). A nascente do Ribeirão dos Apertados localiza-se no município de Arapongas, indo desaguar diretamente no rio Tibagi, uns dos principais rios do Paraná e umas das captações de água de Londrina, após percorrer aproximadamente 65 km no sentido oeste-leste. O Ribeirão dos Apertados atua como limite de diversas propriedades particulares e, também, como limite sul do Parque Estadual Mata dos Godoy (656 ha) (Figura 1). Devido ao seu tamanho a Mata dos Godoy é considerada uma fonte primária de dispersão de espécies de plantas e animais, sendo assim, manter a mata e a área em seu entorno (zona de amortecimento) em estado de equilíbrio, constitui um importante fator de conservação de outras florestas menores (Torezan, 2006).

2.2. Metodologia Aplicada

Para a análise temporal do uso e ocupação do solo na Bacia dos Apertados foram utilizadas imagens Landsat 5 sensor TM, órbita 222 ponto 076, do ano de 1985 e do ano de 2011, contendo as bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7, ambas referentes ao mês de Julho para evitar diferenças sazonais. As imagens foram primeiramente registradas, com o Software Spring 5.2.1, em referência à imagem Geocover corrigida da Nasa S22-20-2000 obtida a partir do *site* <<http://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>>.

A partir dos dados de altimetria Aster Gdem com resolução de 30 m, correspondente a escala 1:100.000, foram geradas as curvas de nível e o mapa de declividade. A partir das funções relacionadas a processos hidrológicos foram geradas as grades de direção e acumulação de fluxo, das quais obteve-se a representação da rede de drenagem. Com base nos divisores de água, identificados a partir das curvas de nível, e da rede de drenagem, foi feita a delimitação da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Apertados.

Para a delimitação das áreas de APP foi utilizada a hidrografia gerada pelos dados de altimetria, que se mostrou mais precisa que a hidrografia fornecida pelo Instituto de Terras Cartografia e Geociências (ITCG, 2012) com escala de 1:250.000. No entanto, quando a rede hidrográfica gerada foi comparada com as imagens de satélite registradas, percebeu-se que em grande parte a localização dos cursos d'água não eram compatíveis com o observado na imagem, possuindo erros de até 270m. Mas e Veja (2011) afirmam que mesmo Modelos Digitais de Elevação (MDE) de alta qualidade são aproximações da realidade e por isso possuem erros, devido aos dados de origem, equipamentos de captura, métodos de transformação dos pontos de controle, modelo matemático para construção da superfície, resolução da grade. Tais erros afetam a acurácia da rede de drenagem gerada (Oliveira et al., 2011). Há métodos para correção e geração de MDE hidrológicamente consistente (MDEHC) (Barbosa, 2007), os quais consideram o fluxo superficial da água no modelo matemático.

Neste trabalho, optou-se por fazer a correção por edição vetorial, utilizando as imagens registradas como referência.

Na sequência, foi necessária a definição da largura dos cursos d'água. Para tanto, fez-se uso das imagens *GeoEye* do *Google Earth* para verificar a largura de alguns pontos importantes dos rios da bacia. A Tabela 1 resume esses dados, juntamente com as classes de APP correspondentes. Associando-se esses atributos às linhas correspondentes aos rios, foram gerados os buffers de APP no software gvSIG 1.11. Estes foram então unidos em um único polígono.

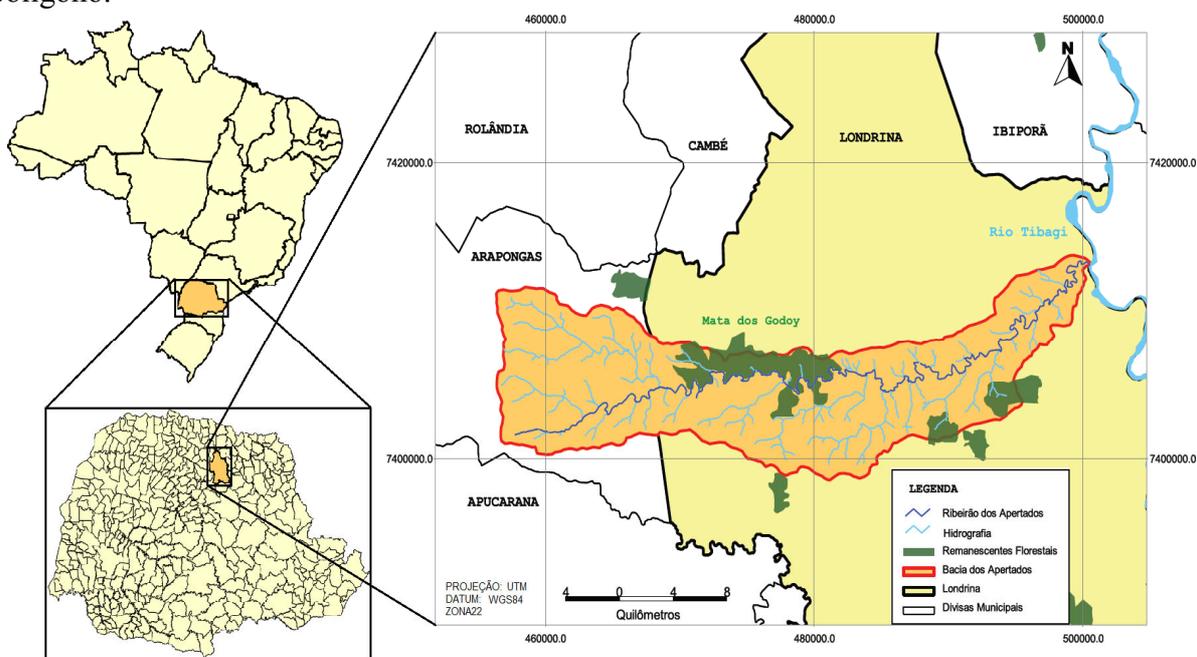


Figura 1: Mapa de localização da Bacia dos Apertados no Brasil.

Tabela 1: Classe das faixas de APP e correspondentes feições atribuídas.

Largura da APP	Características das feições	Feições atribuídas
30 metros	Rios com largura de 0 a 10 metros.	Todos os afluentes do Rib. dos Apertados.
		Rib. dos Apertados ao longo de 12 km.
50 metros	Nascentes.	Todas as nascentes da bacia.
	Rios com largura de 10 a 50 metros.	Rib. dos Apertados de 12 km percorridos até a foz.
100 metros	Rios com largura de 50 a 200 metros.	Intersecção do Rio Tibagi.

Foi realizada também a classificação supervisionada das imagens Landsat 5 de 1985 e de 2011 no software Spring 5.2.1. Os mesmos critérios de obtenção de amostras foram aplicados às duas imagens, utilizando o método de classificação por pixel, com o classificador máxima verossimilhança e limite de aceitação de 100%. As classes do uso e ocupação do solo foram divididas conforme as imagens apresentadas na Tabela 2. Foram utilizados como parâmetros as análises propostas por Prado (2009), que classificou uma imagem Landsat 5 TM de São Paulo e observou alguns tipos feições semelhantes com as estudadas neste trabalho. Também foram considerados conceitos presentes em Jensen (2010) e no Manual de Uso da Terra do IBGE (2006).

Para obtenção de uma classificação condizente com a ocupação do solo, foram monitorados o desempenho geral e a confusão média da amostragem, de forma que o desempenho superasse 90%. Para isso, analisou-se as amostras e retirou-se aquelas com confusão muito alta com as outras classes. Além disso, algumas correções manuais foram

necessárias, principalmente com a área urbana, que foi editada matricialmente, pois quando esta era adicionada à classificação na etapa de treinamento, havia grande confusão das classes. Foram calculados então o desempenho geral e a confusão média das classificações.

Tabela 2: Divisão das classes do uso e ocupação do solo na Bacia dos Apertados.

Classe	Definição e Características
Água	Pequenos lagos e rios (azul - preto azulado).
Vegetação densa	Mata ciliar e floresta primária (verde escuro).
Área urbana	Área de residências, asfalto, etc. (lilás com pontos brancos).
Solo exposto	Regiões de solo exposto ou que sofreram manejo recentemente (ciano - lilás claro).
Agricultura1	Cultivo, ou solo recém-preparado (roxo escuro).
Agropecuária1	Cultivo ou solo preparado (rosa escuro - lilás).
Agropecuária2	Cultivo ou pastagem (rosa claro - amarelado).
Agricultura2	Plantações (verde claro).

Após a obtenção dos mapas temáticos correspondentes ao uso e ocupação do solo da Bacia dos Apertados de 1985 e 2011, foram calculadas as áreas correspondentes de cada classe para cada ano, para a análise temporal da bacia. Após isto, foram calculadas as áreas ocupadas indevidamente dentro das APP, identificadas por classes que não correspondem a vegetação ou corpos d'água.

3. Resultados e Discussão

3.1. Correção da hidrografia

A correção da hidrografia gerada a partir dos dados Aster está exemplificada na Figura 2, que mostra a foz do Ribeirão dos Apertados no Rio Tibagi. Em azul está a hidrografia corrigida, e em amarelo a hidrografia original. Foi possível perceber que os locais de maior distorção se encontraram nas áreas mais planas - próximo ao exutório - podendo ser consequência da maior dificuldade do algoritmo para encontrar as discontinuidades em seções de relevo mais plano.

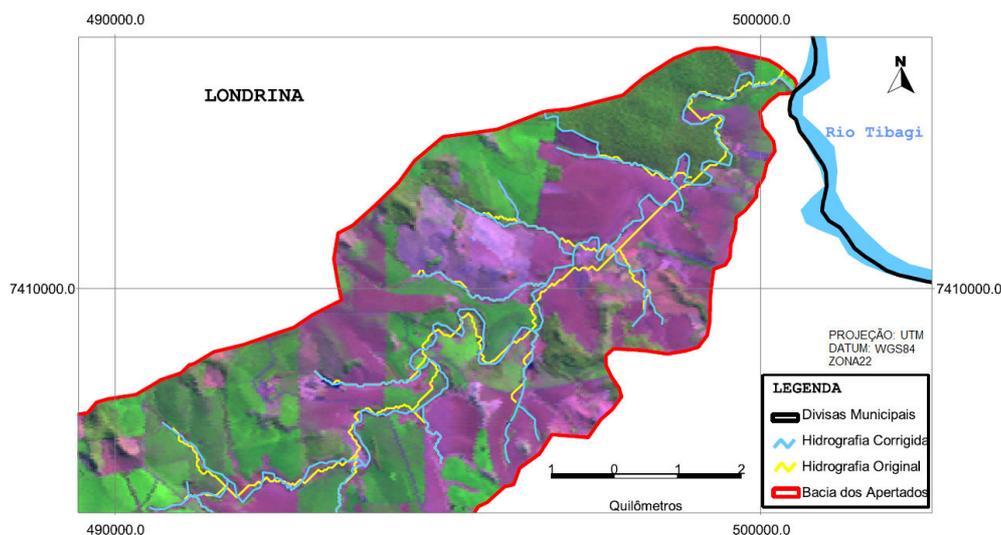


Figura 2: Exemplo da correção manual da hidrografia gerada pelos dados Aster Gdem.

3.2. Geração dos *buffers* de APP

Os *buffers* gerados a partir da rede de drenagem e das nascentes estão demonstrados na Figura 3, e totalizaram uma área de aproximadamente 23 km². É importante ressaltar que com

o mapa de declividade da bacia não foi encontrada nenhuma área com 45° para ser definida como APP, como indica a legislação.

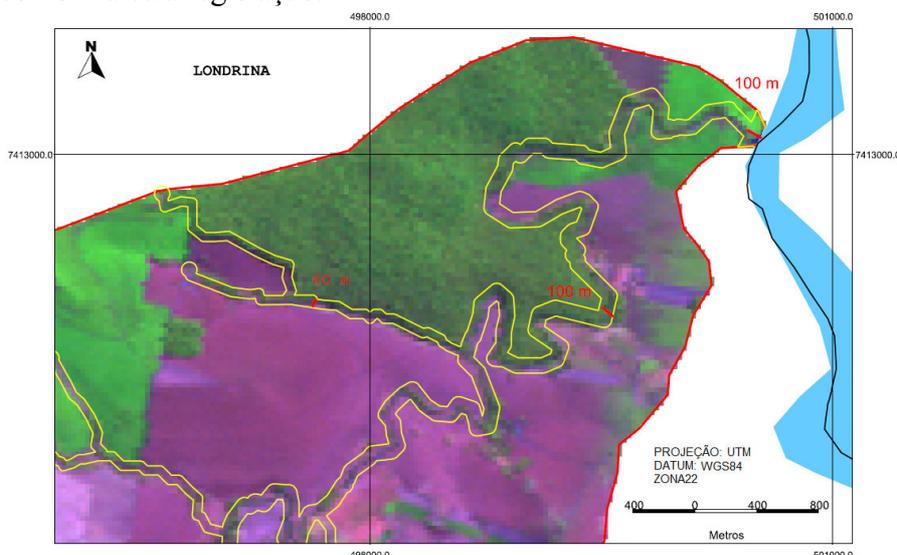


Figura 3: Exemplo dos *buffers* de APP na foz do Ribeirão dos Apertados.

3.3. Classificação das imagens

A acurácia da classificação para o ano de 1985 apresentou desempenho geral de 98.67% e confusão média de 1.33%, enquanto que para 2011 estes foram de 94.12% e de 5.88%, respectivamente.

Dentre as classes que mais geraram confusões quanto às respostas espectrais das outras classes estão: Agricultura2, confundida com Vegetação Densa e Solo Exposto, misturado com Agropecuária2. Tais confusões devem-se à semelhança da resposta espectral. Na etapa de treinamento, as amostras selecionadas para cada classe, identificadas por fotointerpretação, foram um pouco diferentes de uma imagem para outra. Isso se deve, além das próprias mudanças da cobertura do solo, aos distintos padrões de iluminação de cada cena. Devido a estes fatores, algumas regiões no ano de 2011 foram classificadas como Vegetação Densa, quando seriam de Agricultura 2, e alguns morros com sombra foram atribuídos como água.

Os mapas temáticos referentes ao uso e ocupação do solo dos anos de 1985 e 2011 estão apresentados na Figura 4 e 5. Foi possível verificar visualmente uma grande alteração no uso do solo, quanto aos tipos de cultivo agrícola. Como as duas imagens de satélite são do mês de Julho, não seriam mudanças sazonais de cultivo. Por outro lado, a rotação anual de culturas pode ser responsável por tais mudanças nas imagens. Nota-se também com as duas classificações (Figura 4 e 5) o caráter agropecuário da região de Londrina, que tem sua economia extremamente dependente do cultivo da terra.

Após classificadas as imagens de 1985 e 2011, calculou-se as áreas das classes (Tabela 3). Foi possível verificar uma grande mudança no manejo das atividades antrópicas dentro da Bacia dos Apertados de 1985 a 2011, mesmo considerando os percentuais de erro da classificação. Como exemplo, houve o aumento de plantações (Agricultura 2) e diminuição da Agropecuária 1 no ano de 2011, considerando toda a bacia, acompanhado de um grande aumento de áreas de vegetação densa, o que pode ser consequência de uma maior conscientização e adequação das propriedades à legislação. Este fato pode ser confirmado pelo aumento de área vegetada dentro das áreas consideradas de APP.

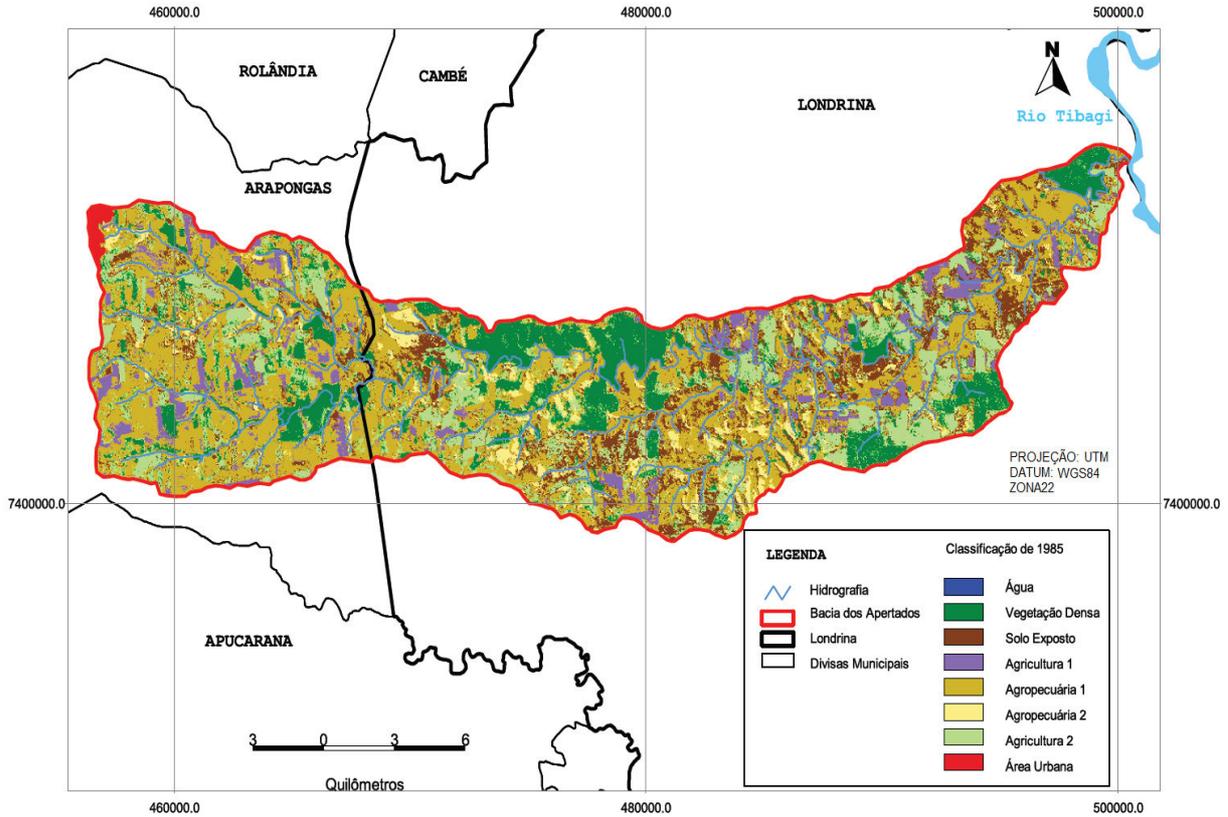


Figura 4: Mapa do uso e ocupação do solo da Bacia dos Apertados do ano de 1985.

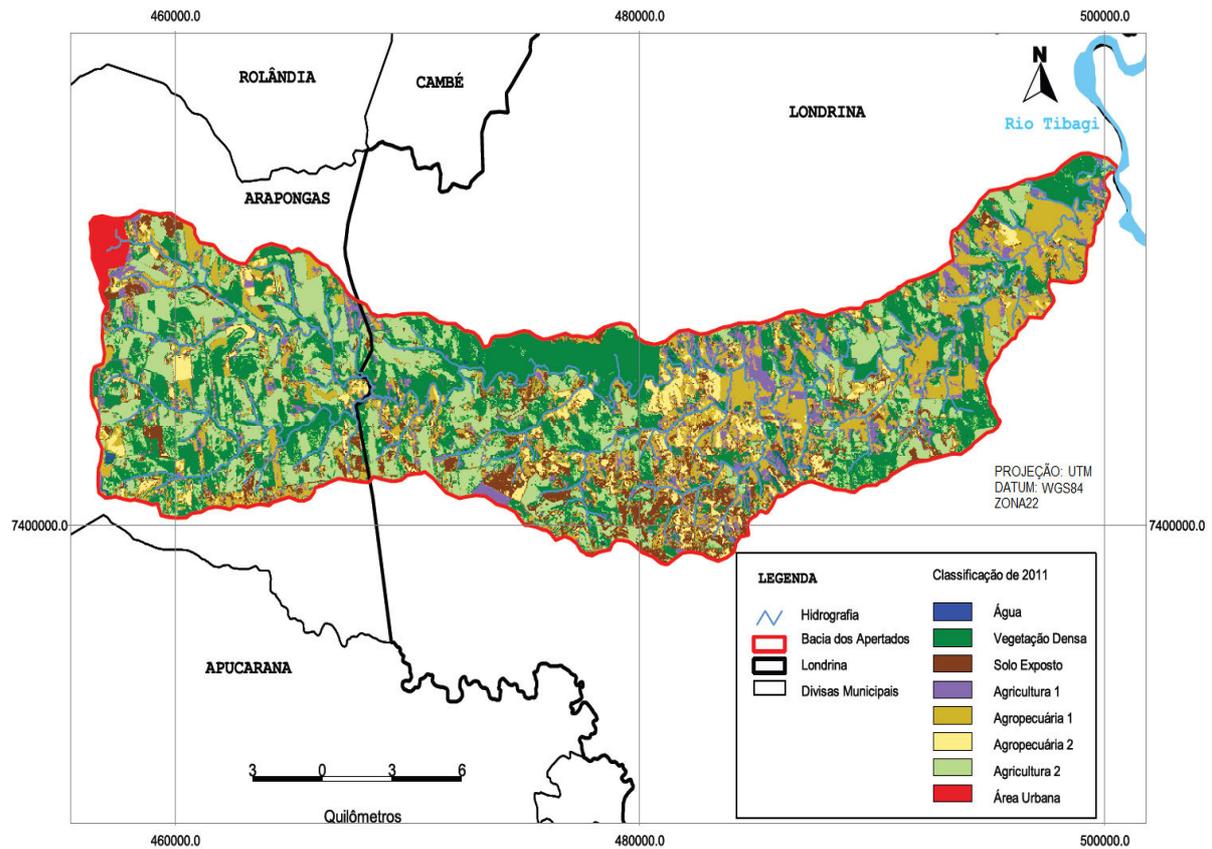


Figura 5: Mapa do uso e ocupação do solo da Bacia dos Apertados do ano de 2011.

Tabela 3: Cálculo das áreas de cada classe para o ano de 1985 e 2011 para a área total da bacia e para as áreas dos *buffers* de APP.

Classes	APP (km ²)		Área total da bacia (km ²)	
	1985	2011	1985	2011
Água	0.05	0.36	0.11	1.02
Vegetação Densa	4.02	12.78	51.30	108.15
Solo Exposto	4.04	0.77	49.13	33.03
Agricultura 1	0.59	3.71	19.12	27.59
Agropecuária 1	10.87	4.04	128.38	57.48
Agropecuária 2	0.97	0.26	17.83	18.20
Agricultura 2	3.00	1.50	58.34	76.95
Área Urbana	0.01	0.13	1.44	3.24
Total	23	23	325	325

É interessante notar também o aumento da área urbana da cidade de Arapongas dentro da bacia e conseqüentemente também dentro das áreas de APP, indicando crescimento populacional, e seu avanço sobre áreas inadequadas para ocupação residencial. Além disso, nota-se que em 1985 há um percentual de áreas ocupadas indevidamente dentro das APPs de 84,7 % em 1985 contra 45,3 % em 2011, que trata-se das classes diferentes de água e vegetação densa pelo total de APP, referente aos dados da Tabela 3.

Vale ressaltar que o remanescente florestal presente na área de estudo, o Parque Mata dos Godoy, teve aumento significativo de áreas de amortecimento ao redor do trecho ocupado em 1985. Tal aumento pode ser atribuído à regulamentação oficial dessa área como unidade de conservação, em 1989. Essas regiões são de grande importância para a preservação dos habitats, principalmente para os consumidores de altos níveis da cadeia alimentar, por necessitarem de maior espaço para sua sobrevivência.

4. Conclusões

Um importante resultado do presente trabalho refere-se à constatação do aumento de 37% das áreas de APP ocupadas por vegetação. Esse dado indica que nos últimos 26 anos a preocupação com a proteção ambiental pode ter resultado em maior área de cursos d'água protegida com mata ciliar na bacia.

De qualquer forma, apesar de ter aumentado a área de mata ciliar dentro das APP, ainda assim o percentual é baixo, de 54%, o que mostra que praticamente a metade dos cursos d'água da bacia não estão protegidos com vegetação ao seu redor. Isto é agravado pelo fato de o restante da área ser quase toda ocupada por atividades de agropecuária, que são altamente ofensivas às redes de drenagem, deixando-as vulneráveis ao assoreamento, erosão e depredação da qualidade da água. Estes fatores tem consequência direta sobre todo o ecossistema local.

Referências Bibliográficas

Alves, R. de. A. L.; Russo, D. **Análise multitemporal de imagens LANDSAT 5 no apoio a confecção de laudo pericial da Polícia Federal sobre desflorestamento.** Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.2959.

Aster. **Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer.** Nasa. Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology. Acesso em: 31.jul.2012

Barbosa, F. R. L.; et al. **Delimitação de ottobacias a partir de modelo digital de elevação hidrologicamente consistente para a bacia do Verde Grande**. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Florianópolis, SC, Brasil, 21 a 26 de abril de 2007, INPE p. 3271-3278.

Brasil. **Lei Nº 4.771 de 15 de Setembro de 1965**. Institui o Novo Código Florestal Brasileiro. Disponível em <www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L4771.htm>. Acesso em: 22.set.2012.

Brasil. **Lei nº 7.803 de 18 de Julho de 1989**. Altera a redação da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e revoga as Leis nºs 6.535, de 15 de junho de 1978, e 7.511, de 7 de julho de 1986. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7803.htm#art4>. Acesso em: 22.set.2012.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Saiba o que é APP – Área de Preservação Permanente**. Disponível em: < <http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/cetesb/app.asp>>. Acesso em: 18.set.2012

Fávaro, F. L. **Análise dos Remanescentes Florestais da Bacia do Ribeirão Dos Apertados, a partir de Imagens Landsat**. Revista Geografia (Londrina). v.12, n. 2. Londrina, 2003. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/6672/6019>>. Acesso em: 19.ago.2012.

IBGE. **Censo 2010**. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/home/>> Acesso em: 22.set.2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **Cidades@**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 05.ago.2012.

IBGE. Manuais Técnicos de Geociências. nº07. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 2ªed. Rio de Janeiro, 2006.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Catálogo de Imagens**. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 31.jul.2012.

IAP. Instituto Ambiental do Paraná. **Plano de manejo do Parque Estadual Mata dos Godoy**. Curitiba: IAP, 2002. Disponível em: < <http://www.uc.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=27>>. Acesso em: 15 nov. 2011.

ITCG. **Instituto de Terras, Cartografia e Geociências**. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Disponível em: < <http://www.itcg.pr.gov.br/>>. Acesso em:05.ago.2012

Jensen, R. J. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres**. Tradução Autorizada da Segunda Edição. Editora Parêntese. São José dos Campos, SP, 2009.

Mas, J.; Vega, A. P. **The impact of DEM errors on topographic parameters and landforms classification**. In: 10th International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences, 2011, Florianópolis. **Proceedings...** Florianópolis: AGNUS, 2011. Artigos, p. 339-344.

Oliveira, G. C. et al. **Evaluation of hydrological consistency of DEMs derived from SRTM and ASTER2 in three levels of interpolation**. In: 10th International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences, 2011, Florianópolis. **Proceedings...** Florianópolis: AGNUS, 2011. Artigos, p. 245-250. On-line. Disponível em: <<http://spatial-accuracy.org/CastroOliveiraAccuracy2012>>. Acesso em: 15 nov. 2011.

Prado, F. de A. **Sistema Hierárquico de Classificação para Mapeamento da Cobertura da Terra nas Escalas Regional e Urbana**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista – Campus Presidente Prudente. Presidente Prudente, 2009.

Rodrigues, E.; et al. **O Desmatamento Legal em Goiás para Atividades de Agricultura e Pecuária de 2000 a 2002**. Disponível em : < <http://www2.ucg.br/nupenge/pdf/0001.pdf>>. Acesso em: 06.nov.2012.

Torezan, J. M. D. **Ecologia Do Parque Estadual Mata Dos Godoy**. Editora Instituto De Tecnologia E Desenvolvimento Econômico E Social Itedes. Londrina, 2006.