

Transformação antrópica da paisagem na bacia hidrográfica do rio Una, Ibiúna, São Paulo

Elfany Reis do Nascimento Lopes^{1,3}
José Carlos de Souza²
Jomil Costa Abreu Sales^{1,3}
Jocy Ana Paixão de Sousa²
Naia Godoy Padovanni²
Maria Cintia Matias de Moraes²
José Luiz Albuquerque Filho³
Roberto Wagner Lourenço²

¹ Universidade Estadual Paulista. Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Laboratório de Geoprocessamento e Modelagem Matemática Ambiental. Bolsista FIPT Novos Talentos. Avenida Três de Março, CEP 18087180. Sorocaba- São Paulo, Brasil. Email: elfany@posgrad.sorocaba.unesp.br.

² Universidade Estadual Paulista. Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Laboratório de Geoprocessamento e Modelagem Matemática Ambiental. Bolsista Avenida Três de Março, CEP 18087180. Sorocaba- São Paulo, Brasil.

³ Instituto de Pesquisa Tecnológica de São Paulo - IPT
Avenida Professor Almeida Prado, 532, Cidade Universitária. CEP 05508-901 São Paulo, São Paulo, Brasil.

Abstract. The landscape assessments are designed to draw a profile of the anthropic pressure, supporting policies and environmental management programs. Among the methods for diagnosis of landscape condition, the Anthropic Transformation Index (ATI) correlated with the spatial analysis proved the potential for data collection to characterize the anthropogenic scenarios. The study aimed to evaluate the anthropic transformation of Una Watershed, by combining the Anthropic Transformation Index, remote sensing and Geographic Information System. The mapping of land use and vegetation cover of the basin was carried out from the satellite image multispectral orthorectified RapidEye of the year November 2013. The ATI was calculated by assigned weights ranging from 1 to 10 for percentage each land use and vegetation cover. Thirteen units land use and vegetation cover was identified and classified into agricultural anthropic areas (50.85%), area non-agricultural anthropic (04.05%), anthropic area (5.75%), followed by natural vegetation area (38.10%) and water (25.1%). The higher prevalence of anthropic areas and the lowest percentage of vegetation areas can be explained, in terms, of the region be inserted in a sector with strong agricultural vocation and 11% of the basin comprises urban area. The ATI is consistent and contributes to detailed studies, including those initial characterization of the landscape to survey the occupation Watershed in scope the environmental planning and management.

Palavras-chave: Remote Sensing. Vegetation. Land Use. Geographic Information System. Sensoriamento Remoto. Vegetação. Uso do solo. Sistema de Informações Geográficas.

1. Introdução

A gestão e o planejamento de Bacias Hidrográficas envolvem o monitoramento do uso do solo e a caracterização desses ambientes, buscando compreender as principais intervenções antrópicas em um espaço temporal sobre os domínios físicos destes territórios.

As Bacias Hidrográficas são definidas por Postel e Thompson (2005) como uma área de terra que drena a água para um curso principal comum, abrangendo ecossistemas terrestres, aquáticos e costeiros, executando uma variedade de serviços, incluindo o abastecimento e purificação de água doce, a prestação de habitat, a diversidade biológica, o sequestro de carbono, a recreação e o turismo. Na linguagem da economia ecológica, bacias hidrográficas são ativos naturais que proporcionam um fluxo de bens e serviços para a sociedade.

Desde que se observou a Bacia Hidrográfica como uma unidade básica de planejamento pela uma inserção ao longo de cidades, estados, países, ou ainda, em perímetros urbanos ou rurais, essas unidade receberam destaque no âmbito no planejamento ambiental. Importante colocação é ainda, o fato das Bacias incorporarem os recursos hídricos, bem necessário à vida, e, portanto, com importância mundial no âmbito da conservação.

Sendo as Bacias Hidrográficas as unidades ambientais que integram os recursos hídricos, o seu primeiro reconhecimento se deu na França, adotando-a como unidade de gerenciamento dos recursos hídricos, a partir da Lei da água (Lei Francesa 64. 1245 de 16 de dezembro de 1964). Essa legislação idealizou um modelo de gerenciamento hídrico com estrutura descentralizada e participativa e definiu os limites espaciais das Bacias Hidrográficas, tornando-se um modelo de referência para os demais países.

No Brasil, esse reconhecimento se deu com a promulgação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) em 1997, estabelecendo parâmetros para a gestão eficiente da água no país, considerando seu uso múltiplo e domínio público. Esses parâmetros definiram também, seus limites independentes das divisões políticas ou administrativas.

Desde então, com a criação de uma Política, definição de comitês e conselhos, tem-se observado o crescente investimento e incorporação da avaliação e regulamentação dos usos e atividades que ocorrem sobre as Bacias Hidrográficas. Quanto maior a pressão antrópica sobre esse território, maior os desafios para a garantia da qualidade ambiental, já que, o aumento da demanda hídrica converge para grandes alterações e geram mudanças na vazão dos cursos de água, redução das áreas de infiltração das águas pluviais e escoamento superficial mais rápido, diminuindo a qualidade dos recursos hídricos e as condições de vida da população.

Considerando estes aspectos, avaliações da paisagem são concebidas para traçar um perfil da pressão antrópica, considerando-a como um potencial caminho para auxiliar políticas e programas de gestão ambiental. Dentre as metodologias para diagnóstico da condição da paisagem, o Índice de Exposição Antrópica no domínio da análise espacial tem se caracterizado como potencial para levantamento de dados de caracterização dos cenários antrópicos.

O Índice de Transformação Antrópica (ITA) foi desenvolvido por Lémechev (1982), buscando traçar um nível de exposição sobre a Bacia Hidrográfica considerando a taxa de atividades do uso do solo e da cobertura vegetal. A determinação do índice é dada através da atribuição de pesos que variam de 1 a 10 para cada atividade, sendo o valor 10 o maior grau de alteração antrópica. O ITA combinado com técnicas de sensoriamento remoto, geoprocessamento e SIG, fornecem condições oportunas de avaliação espacial da situação antropogênica local.

Nesta perspectiva, a gestão de recursos hídricos compreende uma etapa importante para promover a recuperação e a preservação qualitativa e quantitativa dos recursos das Bacias Hidrográficas. Essa gestão constitui-se como um conjunto de ações destinadas a regular o uso,

o controle e a proteção dos recursos hídricos, em conformidade com a legislação e normas pertinentes.

Este estudo objetivou avaliar a transformação antrópica da Bacia Hidrográfica do Rio Una, através da combinação do Índice de Transformação Antrópica com o sensoriamento remoto e o sistema de informações geográficas.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Área de estudo

O estudo foi desenvolvido na Bacia Hidrográfica do rio Una, localizado na cidade de Ibiúna, Estado de São Paulo. A Bacia pertence a 10ª Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Sorocaba e Médio Tietê (UGHRI 10). A Bacia é uma importante unidade territorial na localidade, pois contribui com o abastecimento local, geração de energia elétrica e praticas de turismo. A Bacia apresenta em sua cabeceira a APA da Serra do Mar, APA de Corumbataí, Botucatu e Tejupá, remanescentes da Mata Atlântica e proximidade com APA e o reservatório de Itupararanga.

2.2 Materiais

Foram utilizados no desenvolvimento deste estudo, os seguintes materiais: imagem satélite *RapidEye* do ano de 2013, equipamentos para trabalho de campo (receptor GPS Garmim E-trex e câmera fotográfica digital Samsung), programa de geoprocessamento ArcGIS 10.3.

2.3 Métodos

Foi realizado o mapeamento do uso do solo e da cobertura vegetal da Bacia a partir da imagem satélite multiespectral ortorretificada do *RapidEye* do ano de novembro de 2013, cedidas pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo através de convênio com o Ministério do Meio Ambiente (MMA), com validação das classes no ano de 2016.

Para o mapeamento, as bandas espectrais foram importadas para o *software* ArcGis 10.3 procedendo a composição das bandas espectrais para geração uma imagem em cor natural, utilizando os canais 3R2G1B, e a geração de uma segunda imagem em falsa cor, utilizando os canais 5R3G1B. Dessa forma, utilizou-se as bandas espectrais 1 (azul), 2 (verde), 3 (vermelho) e 5 (infravermelho próximo).

O mapeamento foi realizado alternando-se a consulta destas imagens, além de consultas ao Google Earth Pró, buscando realizar a classificação dos usos com base nas feições da forma, tamanho, padrão, altura, sombreamento, tonalidade, localização do objeto na paisagem e associação entre elementos que compõem a superfície terrestre (PANIZZA; FONSECA, 2011).

O mapeamento foi realizado em escala 1:25.000, empregando-se as coordenadas planas, datum SIRGAS 2000 e fuso 23S. As suas classes, subclasses e unidades de uso e cobertura vegetal foram determinadas conforme a adaptação do Manual Técnico de Uso da Terra e do Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012; 2013a).

A interpretação foi confirmada por campanhas de campo, com auxílio de receptor GPS e câmera digital, com checagem dos limites entre as classes de uso da área de estudo através da distribuição de uma malha de 35 pontos aleatórios, sendo feita as correções das classes quando necessário. Para o mapeamento foi adotado o Manual Técnico de Uso da Terra do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012; 2013).

A determinação do ITA, calculado com base na atribuição de pesos que variam de 1 a 10 para cada uso do solo, sendo o valor 10 o maior grau de alteração antrópica. O ITA é definido pela equação:

$$ITA = \sum (\%USO * PESO) / 100 \quad (1)$$

Onde:

Uso = área em valores percentuais da classe de uso do solo e cobertura vegetal;

Peso = peso determinado aos diferentes tipos de uso do solo e cobertura vegetal quanto ao grau de alteração antrópica.

Os pesos foram estabelecidos através de consultas aos especialistas do Laboratório de Geoprocessamento do Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, correspondente a biólogos, geógrafos e engenheiros ambientais, que já possuem conhecimento da área de estudo. Posteriormente, foi obtida a média ponderada dos pesos estimados para cada uso. Esses pesos em conjunto com os percentuais de usos foram utilizados para delimitar o ITA da Bacia do Una.

A classificação do ITA é realizada de acordo com a classificação apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação do ITA

Escore	Classificação
0 – 2.5	Pouco degradada
> 2.5 – 5	Regular
> 5 – 7.5	Degradada
> 7.5 – 10	Muito degradada

3 Resultados e Discussão

O quantitativo da área territorial ocupada por cada unidade mapeada pode ser observada na Tabela 2 e a sua distribuição espacial pode ser observado na Figura 2.

Tabela 2 - Quantitativo da área territorial ocupada por cada unidade do uso do solo e da cobertura vegetal.

Classe	Subclasse	Unidades	Área (ha)	Área (%)	
Área Antrópica	Área degradada	Campos Degradados	547.70	5.65	
		Solo Exposto	8.62	0.09	
Área Antrópica Agrícola	Cultura temporária	Cultivos Temporários Diversificados	3472.25	35.84	
	Pastagem	Pecuária de Animais de Grande Porte	108.29	1.12	
	Área rural	Silvicultura	Reflorestamento	313.45	3.24
		Aterro Sanitário		3.36	0.03
		Edificação Rural		1028.38	10.61
Área Antrópica Não-Agrícola	Área urbana	Estação de Tratamento de Efluentes	4.18	0.04	
		Edificação Urbana	388.16	4.01	
Água	Água	Hidrografia	42.13	0.43	
		Lago/Reservatório	81.48	0.84	
Área de Vegetação Natural	Vegetação com influência fluvial	Comunidade Aluvial	100.86	1.04	
		Área Florestal	Floresta Ombrófila Densa	3589.60	37.05
Total			9688.52	100	

A Bacia apresentou treze unidades de uso do solo e cobertura vegetal, classificadas em áreas antrópicas agrícolas (50.85%), área antrópica não-agrícola (4.05%), área antrópica (5.75%), seguida da área de vegetação natural (38.10%) e água (1.25%).

A maior prevalência de áreas antrópicas e o menor percentual de áreas de vegetação podem ser explicados em função de a região estar inserida em um setor com forte vocação agrícola, assim como a Bacia abrange aproximadamente 11% da área urbana da cidade de Ibiúna. O aumento sucessivo da produção agropecuária e da expansão urbana é intenso ao longo dos anos, conferindo uma maior taxa de supressão da vegetação e grau de fragilidade da Bacia. Essas percepções também foram observadas por Seabra et al. (2014) que além de identificar o maior percentual de área agrícola em uma Bacia Hidrografia na Paraíba, alertou sobre as problemáticas causadas ao setor hídrico devido a falta de estrutura para a conservação dos corpos hídricos decorrentes das mudanças bruscas no uso do solo e na cobertura vegetal.

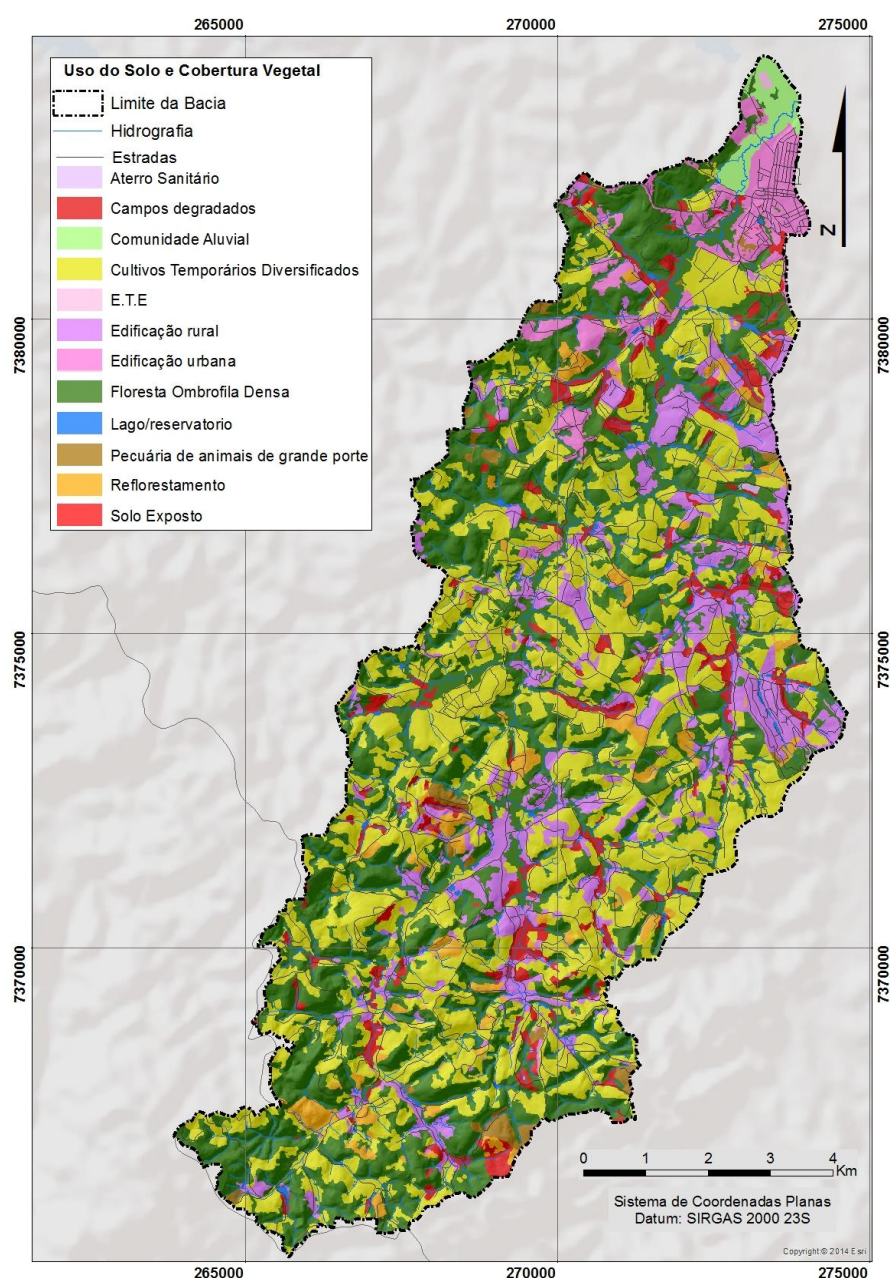


Figura 1 - Mapeamento do uso do solo e da cobertura vegetal.

A classe de área antrópica agrícola da Bacia do Una é caracterizada por cultivos temporários (35.84%) visando a comercialização de espécies vegetais hortícolas e de pequeno porte, dentre elas, a cenoura, tomate, cebola, batata doce, alface, gengibre, couve-flor, alface, coentro e salsa (Figura 3). A ocupação desse setor é representada também por edificação rural (10.61%), pastagem (1.12%) e de silvicultura (3.24%) (Figura 4 e 5).



Figura 3 - Cultivos temporários.



Figura 4 - Edificações rurais.



Figura 5 - Pastagem e pecuária.

A área antrópica não agrícola é caracterizada pelas edificações urbanas e a estação de tratamento de efluentes (4.14%). A área antrópica é representada pelo solo exposto (0.09%) e pelos campos degradados (5.65%). A área hídrica encontra-se definidas pelos cursos d'água com largura que não excede 1.5 m enquanto a cobertura vegetal natural apresenta uma fisionomia situada no bioma Mata Atlântica com vegetação com influência fluvial, denominada por Comunidade Aluvial (1.04%) e área florestal definida por Floresta Ombrófila Densa (37.05%) (Figura 6).



Figura 6 - Floresta Ombrófila Densa Montana.

Os valores obtidos para o ITA são apresentados de forma detalhada na Tabela 2.

Tabela 2 – ITA da Bacia do rio Una

Classe	Subclasse	Unidades	Media dos Pesos	% de Uso	ITA
Área Antrópica	Área degradada	Campos Degradados	8.2	5.65	0.46
		Solo Exposto	9	0.09	0.01
Área Antrópica Agrícola	Cultura temporária	Cultivos Temporários Diversificados	8.8	35.84	3.15
	Pastagem	Pecuária de Animais de Grande Porte	8.4	1.12	0.09
	Silvicultura	Reflorestamento	6.2	3.24	0.20
	Área rural	Aterro Sanitário	9.2	0.03	0.00
		Edificação Rural	8.2	10.61	0.87
Área Antrópica Não-Agrícola	Área urbana	E.T.E	8.2	0.04	0.00
		Edificação Urbana	8.2	4.01	0.33
Água	Água	Hidrografia	1.2	0.43	0.01
		Lago/reservatório	2.8	0.84	0.02
Área de Vegetação Natural	Vegetação com influência fluvial	Comunidade Aluvial	1.2	1.04	0.01
	Área florestal	Floresta Ombrófila Densa	1	37.05	0.37
Índice de Transformação Antrópica					5.54 (Degradada)

A Bacia rio Una foi classificada como uma paisagem degradada. Dentre as atividades, os cultivos temporários diversificados, por ser a maior área de ocupação na Bacia, contribuem significativamente com a classificação obtida para a Bacia. É preciso ressaltar, que o Brasil apresenta alta vocação para a atividade agropecuária, permanece entre os principais produtores mundiais, e muitas vezes, lidera a produção de culturas.

Em seguida, as edificações rurais respondem pela segunda posição, e sua contribuição elevada ao ITA pode ser justificada pelas formações de campos cultivados de pastagens e cultivos agrícolas com potencial econômico que induz a formação de residências, estufas e galpões de armazenamento dos produtos formando pequenos aglomerados rurais no entorno. Solo exposto, pastagens e o aterro sanitário também apresentam destaque na avaliação.

O resultado do ITA é condizente com os dados de uso do solo e cobertura vegetal, quando observado que 60% da Bacia apresenta atividade antrópica. O desenvolvimento agrícola instituído reflete a maior problemática da transformação antrópica, apresentando-se alto em relação às demais atividades.

Ainda assim, as áreas de vegetação natural e de recursos hídricos apresentam como as mais impactadas, seja pela redução das suas áreas para a ocupação humana ou devido a poluição dos recursos hídricos, com a deposição de poluentes agrícolas e esgotos domésticos em área urbana e rurais, trazendo danos irreversíveis devido a ausência de um planejamento ambiental adequado da Bacia (RODRIGUES et al., 2014).

4. Conclusões

A Bacia apresenta atividades agrícolas que respondem pelo intenso uso do território, que associadas às demais atividades antrópicas, corroboram para a utilização de mais da metade do território da Bacia (60%), ultrapassando a soma das áreas naturais que respondem por aproximadamente 40%. O padrão de utilização retrata o processo histórico de ocupação de áreas próximas à rede hidrográfica e da importância destes ambientes para a população, corroborando para uma transformação antrópica do tipo degradada. O ITA é consistente e contribui para estudos detalhados, inclusive naqueles iniciais de caracterização da paisagem para levantamento da situação de ocupação de Bacias Hidrográficas no âmbito do planejamento e gestão ambiental.

Agradecimentos

À Fundação de Apoio ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas (FIPT) pelo apoio financeiro na execução da pesquisa. Ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT) pela participação do primeiro e terceiro autor no Programa Novos Talentos.

Referências Bibliográficas

- Brasil. **Lei 7.661 de 16 de maio de 1988**. Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 1988.
- França. **Lei 64. 1245 de 16 de dezembro de 1964**. Institui a lei da água na França. 1964.
- Ibge. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: IBGE. 2012. 271p.
- Ibge. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de uso da terra**. 3ª Ed. Rio de Janeiro: IBGE. 2013. 171p.
- Lémechev, T. On hydrological heterogeneity catchment morphology and catchment response. **Journal of Hydrology**, v.100, p.357- 375, 1982.
- Panizza, A.C.; Fonseca, F.P. Técnicas de interpretação visual de imagens. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, n. 30, p. 30-43, 2011.
- Postel, S.L; Thompson JR, B.H. Watershed protection: Capturing the benefits of nature's water supply services. **Natural Resources Forum**, v. 29, p. 98-108, 2005.
- Rodrigues, L.C.; SILVA, S.M.A.; NEVES, R.J.; GALVANIN, E.A.S.; SILVA, S.J.V.. Avaliação do grau de transformação antrópica da paisagem da bacia do rio Queima-Pé, Mato Grosso, Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 32, p. 52-64, 2014.
- SEABRA, V.S.; XAVIER, R.A.; DAMASCENO, J.; DORNELLAS, P.C. Mapeamento do uso e cobertura do solo da bacia do rio Taperoá: região semiárida do estado da Paraíba. **Caminhos de Geografia**, v. 15, n. 50, p. 127-137, 2014.