INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS
ISSN 0100-3453

Mapeamento de uso e cobertura do solo da bacia do rio Piracicaba, SP: Anos 1990, 2000 e 2010

Paulo Guilherme Molin
Frederico Tomas de Souza e Miranda
Jéssica Villela Sampaio
Aline Aparecida Fransozi
Silvio Frosini de Barros Ferraz

CIRCULAR TÉCNICA

N° 207 FEVEREIRO 2015

http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/

CIRCULAR TÉCNICA IPEF
n. 207, p. 01-11, fevereiro de 2015

Mapeamento de uso e cobertura do solo da bacia do rio Piracicaba, SP: Anos 1990, 2000 e 2010

Land use / land cover mapping of the Piracicaba River Basin, SP: Years 1990, 2000 and 2010

Paulo Guilherme Molin[1], Frederico Tomas de Souza e Miranda[2], Jéssica Villela Sampaio[3], Aline Aparecida Fransozi[4] e Silvio Frosini de Barros Ferraz[5]

RESUMO: A bacia do rio Piracicaba passou por um grande desenvolvimento nos aspectos sociais, ambientais e econômicos na década de 70, superando em alguns casos até mesmo a região Metropolitana de São Paulo. Com uma área de 12.400km², a Bacia abrange um total de 61 municípios e 3,4 milhões de habitantes. Buscando compreender a dinâmica do uso da terra na região, o presente trabalho teve como objetivo principal quantificar o uso e cobertura do solo da bacia para os anos de 1990, 2000 e 2010, e como objetivo secundário, a elaboração dos mapas temáticos. Os mapas foram criados a partir de três cenas do satélite Landsat-5 TM, utilizando-se do método de classificação supervisionada e com validações através de imagens em alta resolução. As classes utilizadas foram: culturas anuais, vegetação nativa, plantios comerciais arbóreos, corpos de água, pastagens, zonas urbanas e culturas perenes. Os índices Kappa resultaram em valores finais de 76%, 85% e 85%, para cada respectivo ano. Observou-se a predominância de pastagens nos três anos (40,07%, 34,42% e 33,63%), seguido por culturas anuais (23,95%, 31,26% e 27,14%) e vegetação nativa (24,44%, 20,09% e 21,75%). Observou-se nos períodos estudados a ascensão das culturas anuais e a recessão das pastagens. Destaca-se ainda o pequeno incremento na vegetação nativa no segundo período (+1,67%), em comparação com a recessão no primeiro (-4,36%).

PALAVRAS-CHAVES: Sensoriamento remoto, mudança do uso e cobertura do solo, classificação supervisionada.

ABSTRACT: The Piracicaba river basin went through a notable development during the 1970's. Social aspects, as well as environmental and economic, increased in such ways that they are comparable and sometimes superior to the metropolitan region of São Paulo. With 12,400km² of area, the basin comprises a total of 61 municipalities and 3.4 million habitants. With the constant development and growth of the region, management acts, which assist decision-making and help comprehend land use dynamics, become more essential. The main objective of this study was to quantify land use / land cover for the Piracicaba River basin, for the years 1990, 2000 and 2010, while the secondary objective was to elaborate thematic maps. Maps were derived from three separate Landsat-5 TM scenes, using a supervised classification method and validated using high-resolution images. The land cover classes obtained were: Annual crops, Native vegetation, Commercial trees plantations, Water bodies, Pasture, Urban zones and Perennial crops. Kappa index resulted in acceptable values, of 76%, 85% and 85% for each respective year. We observed the predominance of pasture land in all three years (40.07%, 34.42% and 33.63%), followed by annual crops (23.95%, 31.26% and 27.14%) and native forests (24.44%, 20.09% and 21.75%). We observed the ascension of annual cultures and recession of pasture land throughout the studied periods. Also noteworthy was the small increase for native vegetation in the second period (+1.67%), as compared to its recession in the first (-4.36%).

KEYWORDS: Remote sensing, land use / land cover change, supervised classification.

[1]Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Recursos Florestais. USP – Universidade de São Paulo / ESALQ – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". E-mail: pgmolin@gmail.com
[2]Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Recursos Florestais. USP – Universidade de São Paulo / ESALQ – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". E-mail: fredtsmiranda@gmail.com
[3]Graduanda em Engenharia Ambiental. EEP/FUMEP – Escola de Engenharia de Piracicaba. E-mail: jessicavsampaio92@gmail.com
[4]Graduanda em Engenharia Florestal. USP – Universidade de São Paulo / ESALQ – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". E-mail: aline.fransozi@usp.br
[5]Professor. USP – Universidade de São Paulo – ESALQ – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Av. Pádua Dias 11, Caixa Postal 09, Piracicaba – SP. E-mail: silvio.ferraz@usp.br

INTRODUÇÃO

Historicamente, a região da bacia do rio Piracicaba foi colonizada por imigrantes europeus no início do século XVI. No século XIX, o café foi o principal uso do solo e fonte de renda na região. A partir da década de 1970, o Estado de São Paulo sofreu forte e intenso processo de urbanização e industrialização, que formou a Região Metropolitana de São Paulo e gerou, concomitantemente, o processo denominado interiorização do desenvolvimento econômico, que fortaleceu a região de Campinas. Nessa mesma década, a população da bacia do rio Piracicaba cresceu 5,1% ao ano, superior aos 3,5% de média paulista, atingindo uma taxa de urbanização de 85% (NEGRI, 1992).

Esse crescimento e desenvolvimento da bacia promoveu intensa e contínua mudança do uso e cobertura do solo, que consequentemente resultou na degradação de ambientes naturais.

Nesse âmbito, estudos relacionados à compreensão das mudanças do uso e cobertura do solo têm sido utilizados para o entendimento da dinâmica da paisagem em regiões antropizadas. Esse tipo de estudo foca na escala e velocidade com que as mudanças afetam os sistemas biológicos, econômicos, sociais e, principalmente, descobrir suas forças motrizes (SOARES-FILHO et al., 2002). O entendimento dessa dinâmica tem sido, por muitas vezes, inadequado devido à falta de dados acurados ou devido às diferentes metodologias na quantificação desses dados.

Levando em consideração a importância da dinâmica do uso do solo nos processos hidrológicos e biogeoquímicos da bacia do rio Piracicaba, o Projeto Piracena o quantificou para os anos de 1978, 1985, 1993 e 1997.

A Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo recentemente elaborou mapas de uso e cobertura do solo da Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) 5, a qual contempla a bacia do rio Piracicaba.

Tendo em vista a importância da continuidade de estudos na bacia do rio Piracicaba, o presente trabalho quantificou o uso e cobertura do solo para os anos 1990, 2000 e 2010. Como produto secundário, foram elaborados mapas temáticos metodologicamente idênticos.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A bacia do rio Piracicaba, com área de 12.400 $km^{2,}$ encontra-se em sua maior parte dentro do estado de São Paulo, sendo que cerca de 10% dessa área situa-se no estado de Minas Gerais (Figura 1). O estudo dessa região se justifica pela importância econômica e de biodiversidade encontrada na região, com presença de importantes fragmentos florestais de Mata Atlântica e de Cerrado (SILVA et al., 2007; RIBEIRO et al., 2009). Destaca-se ainda a importância da bacia como manancial de água para o Sistema Cantareira, que retira, em média, aproximadamente 31 $m^3.s^{-1}$ de água para o abastecimento da região metropolitana de São Paulo (MORAES et al., 1998).

O clima varia entre tropical e subtropical, com pluviosidade média de 1.405 mm. A bacia também se destaca pela alta densidade populacional de 341 $hab.km^{-2}$, com um total de 3,4 milhões de habitantes. A disponibilidade de água superficial gira em torno de 1.070 $m^3.hab^{-1}.ano^{-1}$, sendo considerada baixa.

O relevo é bastante variável, com a Serra da Mantiqueira ao Leste e a formação da Cuesta de Botucatu ao Oeste. Ao centro, encontramos regiões mais planas com formações de mar de morros.

Mapas temáticos de uso e cobertura do solo

Os mapas temáticos de uso e cobertura do solo foram elaborados a partir de imagens Landsat-5 sensor TM, disponibilizados pelo banco de dados e catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Foram gerados, no total, três mapas temáticos datados de 1990, 2000 e 2010 usando o software ERDAS Imagine 9.1. Os mapas foram elaborados e tratados para serem utilizados na escala 1:50.000, com o sistema de coordenadas *South American Datum 1969* e projeção *Albers Conical Equal Area.*

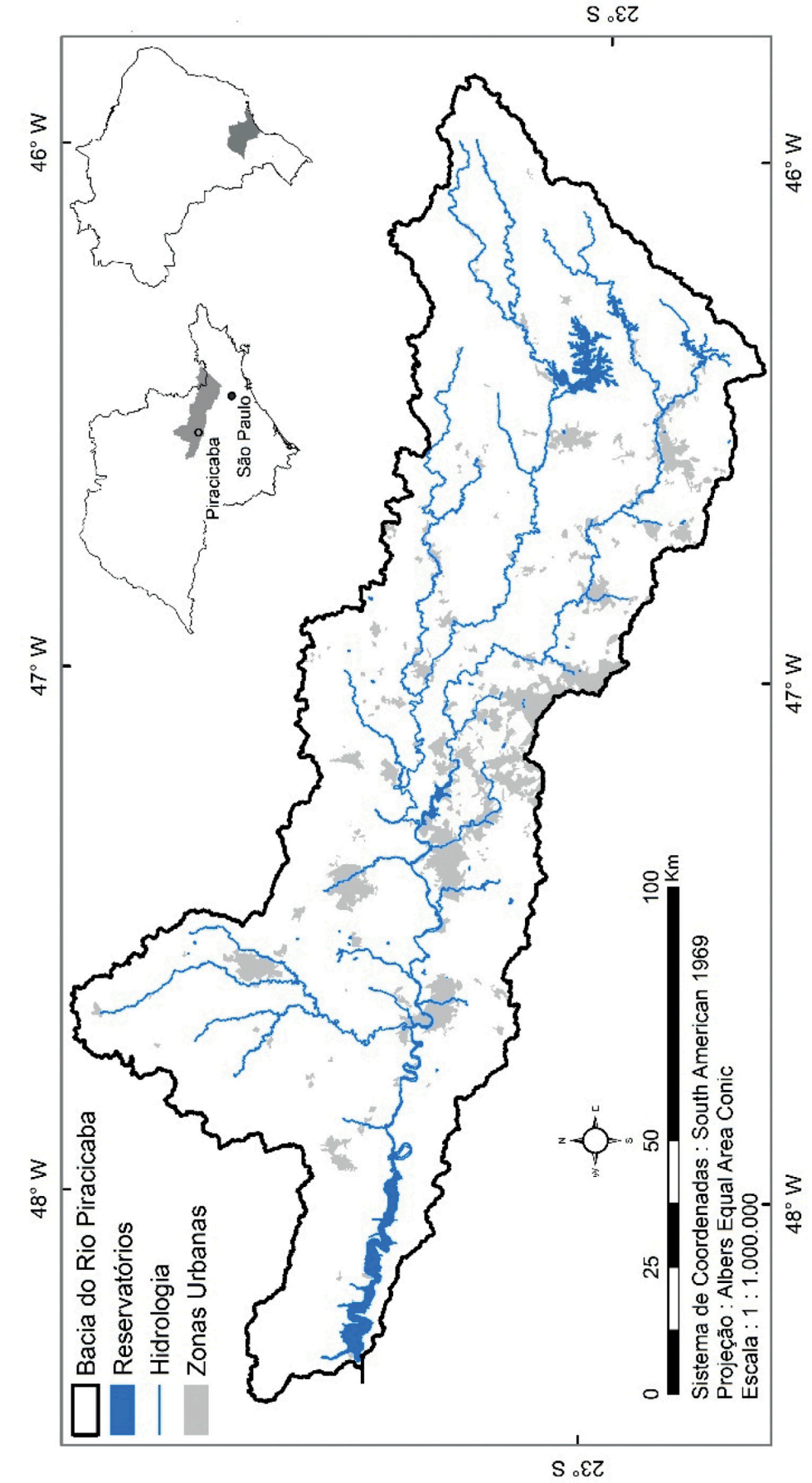

Figura 1. Localização da bacia do rio Piracicaba, principais redes de drenagem e manchas urbanas.
Figure 1. Location of the Piracicaba River basin, main rivers and urban patches.

Cada um dos três mapas finais é composto por um mosaico de três cenas do Landsat-5, sendo estas as cenas 220/75, 220/76 e 219/76. A princípio estabeleceu-se o intervalo máximo para as datas de passagem em dois meses, porém, algumas cenas excederam esse intervalo, como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1. Cenas do sensor Landsat-5/TM utilizadas para a elaboração dos mapas temáticos de uso do solo e as respectivas datas.
Table 1. Landsat-5/TM sensor scenes used for the land cover thematic maps elaboration and their respective dates.

Cenas	Ano	Mês
219/76	1990	Março
220/75	1990	Abril
220/76	1990	Abril
219/76	2000	Abril
220/75	2000	Junho
220/76	2000	Junho
219/76	2010	Agosto
220/75	2010	Agosto
220/76	2010	Agosto
*219/76	1990	Abril
*219/76	2000	Agosto

* Cenas utilizadas para preencher espaços com máscaras devido à presença de nuvens nas imagens originais.

A cena 219/76 dos anos 1990 e 2000 apresentou presença de nuvens em menos de 10% da área. Visando a sua reposição, foi realizada uma máscara sobre as respectivas nuvens, que foi substituída por recortes de mapas temáticos com datas de passagem próximas das originais, sendo elas de abril de 1990 e agosto de 2000.

Pré-processamento das imagens

Em estudos temporais de uso e cobertura do solo com imagens de satélite, são necessárias correções atmosféricas com o intuito de retirar os efeitos de absorção e refração (CHAVEZ JUNIOR et al., 1977; OTTERMAN; ROBINOVE, 1981). O método aplicado às imagens em questão foi o Dark Objetics Subtration (DOS), no qual não se leva em consideração a absorção (CHAVEZ JUNIOR, 1988; 1989).

Após as correções atmosféricas, foi realizada a composição das seis bandas espectrais. Esse processo foi realizado no ERDAS Imagine 9.1, resultando em imagens compostas com as bandas espectrais 1, 2, 3, 4, 5 e 7.

A correção geométrica de todas as cenas foi realizada utilizando-se a ferramenta AutoSync pertencente ao ERDAS Imagine 9.1. As imagens utilizadas como referência foram as do Projeto Global Land Survey 2005, que passaram por correções plani-altimétricas, e que, portanto, são confiáveis para essa finalidade (GUTMAN, 2008). Nesta etapa, foram comparados no mínimo 50 pontos entre as imagens referências e as cenas em estudo, cinco vezes mais que o recomendado por Pouncey et al. (1999), que no total somaram um erro residual menor ou igual a 0,5, valor inferior ao recomendado pelo INPE (2005). O modelo usado foi o Polinomial de 3ª ordem e o método de reamostragem foi o do vizinho mais próximo.

Classes de uso do solo

Com o intuito de realizar uma classificação supervisionada, foram selecionadas sete classes de uso do solo de interesse, com processo similar ao observado em Valente e Vettorazzi (2003). As classes utilizadas foram:

(1) Culturas anuais (CA): em sua grande parte, áreas com cobertura de cana-de-açúcar, ou que apresentava indícios de ter sido plantada com a mesma cultura (ex: resíduos de pós-colheita "palhada" ou solo exposto em grandes áreas) e as demais culturas agrícolas de temporalidade anual (ex: milho e feijão);

(2) Vegetação nativa (VN): áreas ocupadas por diferentes tipologias florestais nativas e manchas de cerrado existentes na bacia, desde fragmentos florestais em clímax até matas degradadas e áreas em regeneração. Também foram incluídos nesta classe fragmentos florestais antigos que possam conter resquícios de *Eucalyptus* ou *Pinus,* desde que não apresentem características de plantios comerciais (ex: plantio em linha);

(3) Plantios comerciais arbóreos (PC): áreas ocupadas com plantios de *Eucalyptus*, *Pinus* ou qualquer outra espécie florestal caracterizada como plantio comercial (ex: plantios em linha e homogêneos);

(4) Corpos de água (H2O): caracterizados por lagos, rios, represas, açudes com água presente na data de passagem da imagem;

(5) Pastagens (PA): áreas utilizadas pela pecuária intensiva e extensiva e também áreas cobertas por gramíneas sem uso definido;

(6) Zonas urbanas (ZU): caracterizadas por grandes centros urbanos e outros tipos de aglomerados de construções, com área igual ou maior que a resolução espacial das imagens (1:50.000);

(7) Culturas perenes (CP): caracterizadas principalmente pela fruticultura em plantios comerciais (ex: laranja e café).

Amostras de treinamento

O treinamento individual de cada cena foi realizado também através do software classificador ERDAS Imagine 9.1, utilizando-se do método de segmentação.

Para a execução da segmentação são necessários dois parâmetros: o limiar de similaridade e o limiar de tamanho, sendo que neste trabalho foram utilizados os valores de 16 e 625, respectivamente (OLIVEIRA et al., 2003).

O algoritmo de segmentação usado foi o de crescimento por região e foi escolhida a opção de oito vizinhos contíguos ao pixel "semente", aquele pixel escolhido para a aplicação da técnica de segmentação. Cada classe teve 25 amostras de treinamento distribuídas por toda a imagem, contabilizando uma amostragem por classe maior do que a proposta por Quartaroli e Batistella (2006). O algoritmo usado para a classificação supervisionada foi o da máxima verossimilhança.

Apesar de a técnica de classificação supervisionada ser empregada com facilidade, algumas classes não apresentaram diferenças. Foram constatadas dificuldades de classificação automática nas classes ZU, PC e CP, e, portanto, estas foram digitalizadas visualmente com o auxílio das próprias imagens Landsat-5 e de imagens de alta resolução disponibilizadas através do *Google Earth*. A digitalização usando o *Google Earth* como base foi verificada e aprovada por Lopes e Nogueira (2011). No caso das imagens Landsat-5, a interpretação foi feita com o emprego de pistas visuais, como tonalidade, textura, forma, padrão, e sua relação com outros objetos para identificar as diferentes classes.

A classe ZU foi digitalizada usando as próprias imagens Landsat-5 como base, pois era detectada visualmente com facilidade, possibilitando a geração dos polígonos em uma escala de 1:50.000.

As classes CP e PC para o ano 2010 foram digitalizadas utilizando como base imagens em alta resolução, disponibilizadas pelo *Google Earth,* utilizando-se uma escala compatível a 1:10.000. Para os anos de 2000 e 1990 foram utilizados os polígonos gerados no ano de 2010 projetados sobre imagens Landsat-5 de cada ano, realizando, portanto, uma comparação visual, com ajustes manuais, tanto de adição como subtração de áreas.

Tratamento pós-classificação

A etapa de filtragem pós-classificação teve como objetivo a retirada de ruídos ou pequenos grupos de pixels que não pertenciam a certa classe e que foram erroneamente classificados. Essa filtragem foi realizada utilizando o método *majority 3x3,* com todas as classes automaticamente filtradas, exceto para VN. A exceção para VN se deve porque é comum em um ambiente altamente antropizado a fragmentação de vegetação nativa, inclusive em fragmentos menores que o pixel utilizado (30m). Para minimizar a extinção de pequenos fragmentos dessa classe nos mapas finais, ela foi "recortada" e inserida novamente após a filtragem das outras classes, preservando a classificação original apenas dessa classe.

Por último, o mosaico foi organizado unindo as três cenas de cada ano para a formação do mapa temático da bacia do rio Piracicaba.

Validação dos mapas temáticos

O processo da verificação da acurácia das classificações realizadas se deu a partir da distribuição aleatória de 250 pontos por mapa (POUNCEY et al., 1999). Para a validação, utilizou-se o índice Kappa em conjunto com as imagens provenientes do *Google Earth* e as próprias imagens Landsat-5 como referência. Imagens de satélite de alta resolução disponibilizadas pelo *Google Earth* têm sido utilizadas com sucesso na validação das classificações automáticas (CHA; PARK, 2007; DORAIS; CARDILLE, 2011; HOLLER, 2013).

O índice Kappa é citado como um dos procedimentos mais utilizados para mensurar a exatidão das classificações temáticas por representar inteiramente a matriz de erros (LANDIS; KOCH, 1977; CONGALTON; GREEN, 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mapas temáticos de uso e cobertura do solo

O processamento das imagens Landsat-5 resultou em três mapas temáticos de uso e cobertura do solo, datados de 1990, 2000 e 2010 (Figura 2, 3 e 4, respectivamente). Os mapas finais se encontram em formato *raster* e vetorial na escala compatível de 1:50.000 e unidade mínima de mapeamento de 900m^2. Os levantamentos de 1990, 2000 e 2010 resultaram em coeficientes Kappa de 76%, 85% e 85%, ou ainda, "bom", "excelente" e "excelente", respectivamente, segundo classificação de Landis e Koch (1977). Apesar do ano de 1990 apresentar um coeficiente Kappa relativamente menor, os valores se mostraram aceitáveis. Tal valor se justifica pelo fato do ano de 1990 ser o mais difícil de validar devido à inexistência de imagens de alta resolução para comparação.

Análises quantitativas de mudança do uso do solo

A primeira informação recolhida dos mapas temáticos de uso do solo foi referente à quantidade total de área de cada classe. A distribuição de área para cada classe nos anos 1990, 2000 e 2010 pode ser observada na Tabela 2.

Tabela 2. Áreas totais e porcentuais das classes de uso e cobertura do solo.
Table 2. Totals area and percentage for land use and land cover.

Usos	1990		2000		2010	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Pastagens	503.254	40,07	432.195	34,41	422.381	33,63
Floresta Nativa	307.028	24,44	252.301	20,09	273.217	21,75
Culturas Anuais	300.836	23,95	392.579	31,26	340.892	27,14
Zonas Urbanas	71.904	5,72	83.814	6,67	91.914	7,32
Plantios Comerciais Arbóreos	29.164	2,32	43.597	3,47	53.080	4,23
Culturas Perenes	24.253	1,93	31.272	2,49	52.144	4,15
Corpos D'Água	18.119	1,44	18.798	1,50	20.854	1,66
Total	**1.255.999**	**100,00**	**1.255.999**	**100,00**	**1.255.901**	**100,00**

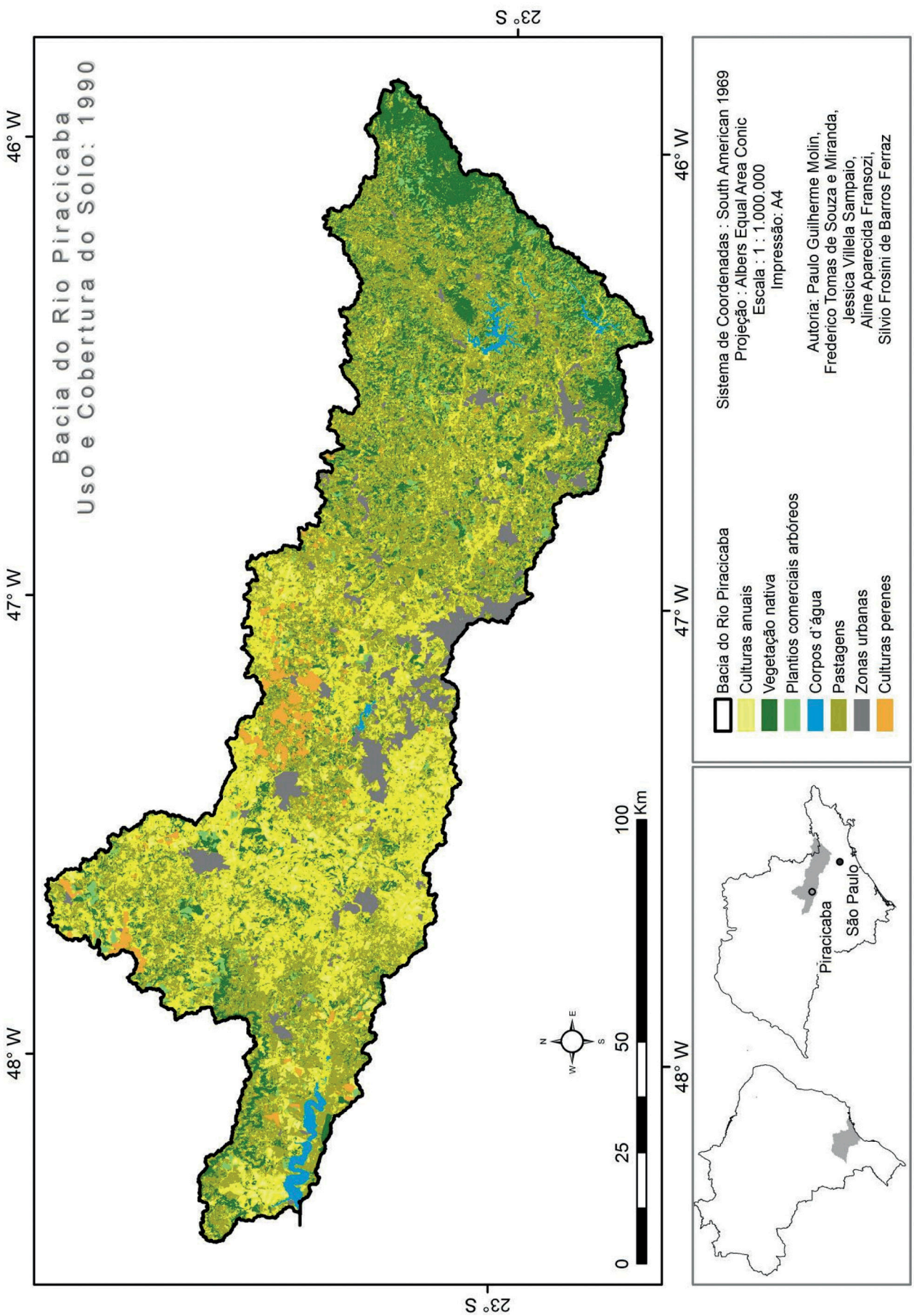

Figura 2. Mapa temático de uso do solo da bacia do rio Piracicaba para o ano de 1990.
Figure 2. Land cover thematic map of the Piracicaba River basin for the year 1990.

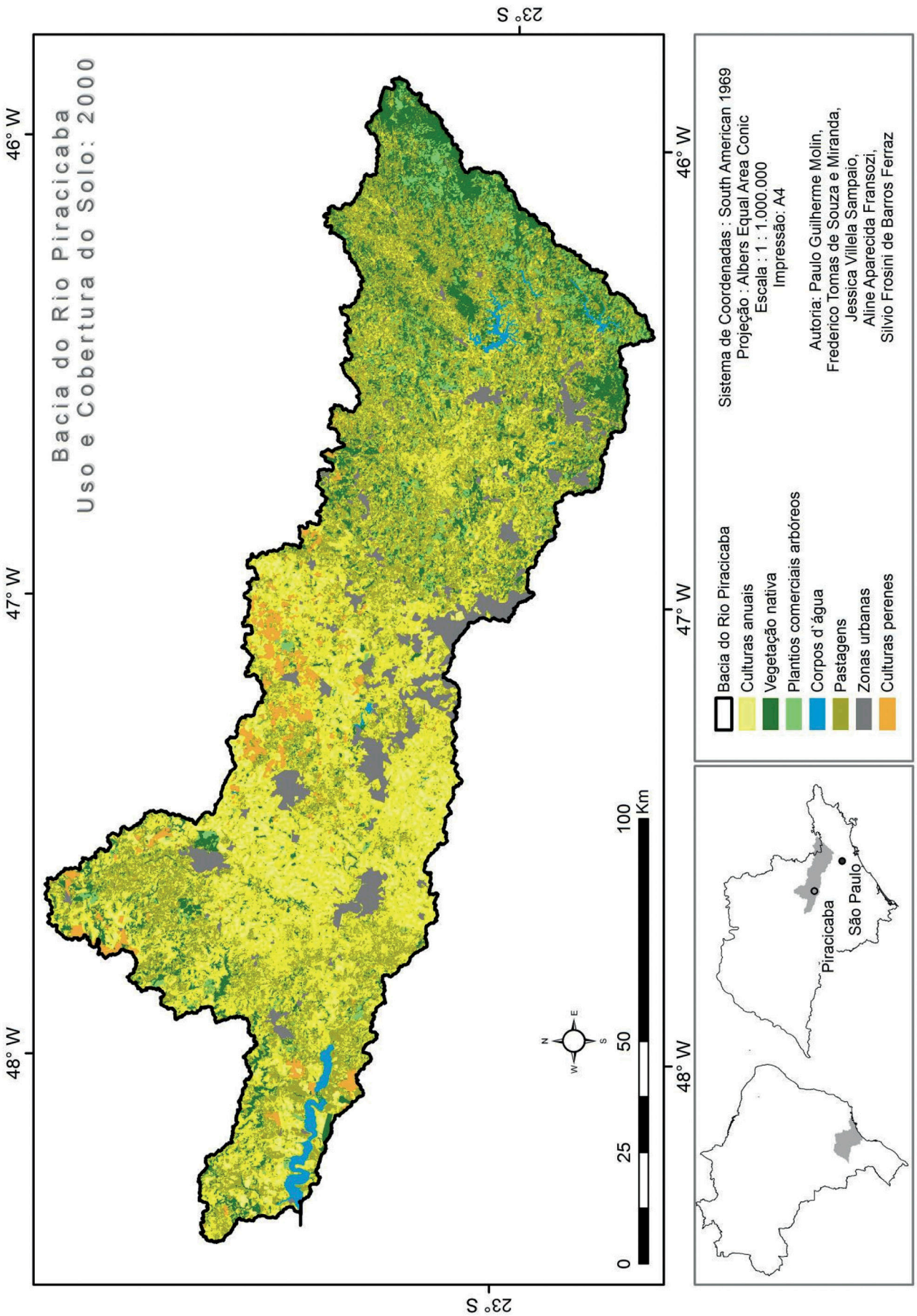

Figura 3. Mapa temático de uso do solo da bacia do rio Piracicaba para o ano de 2000.
Figure 3. Land cover thematic map of the Piracicaba River basin for the year 2000.

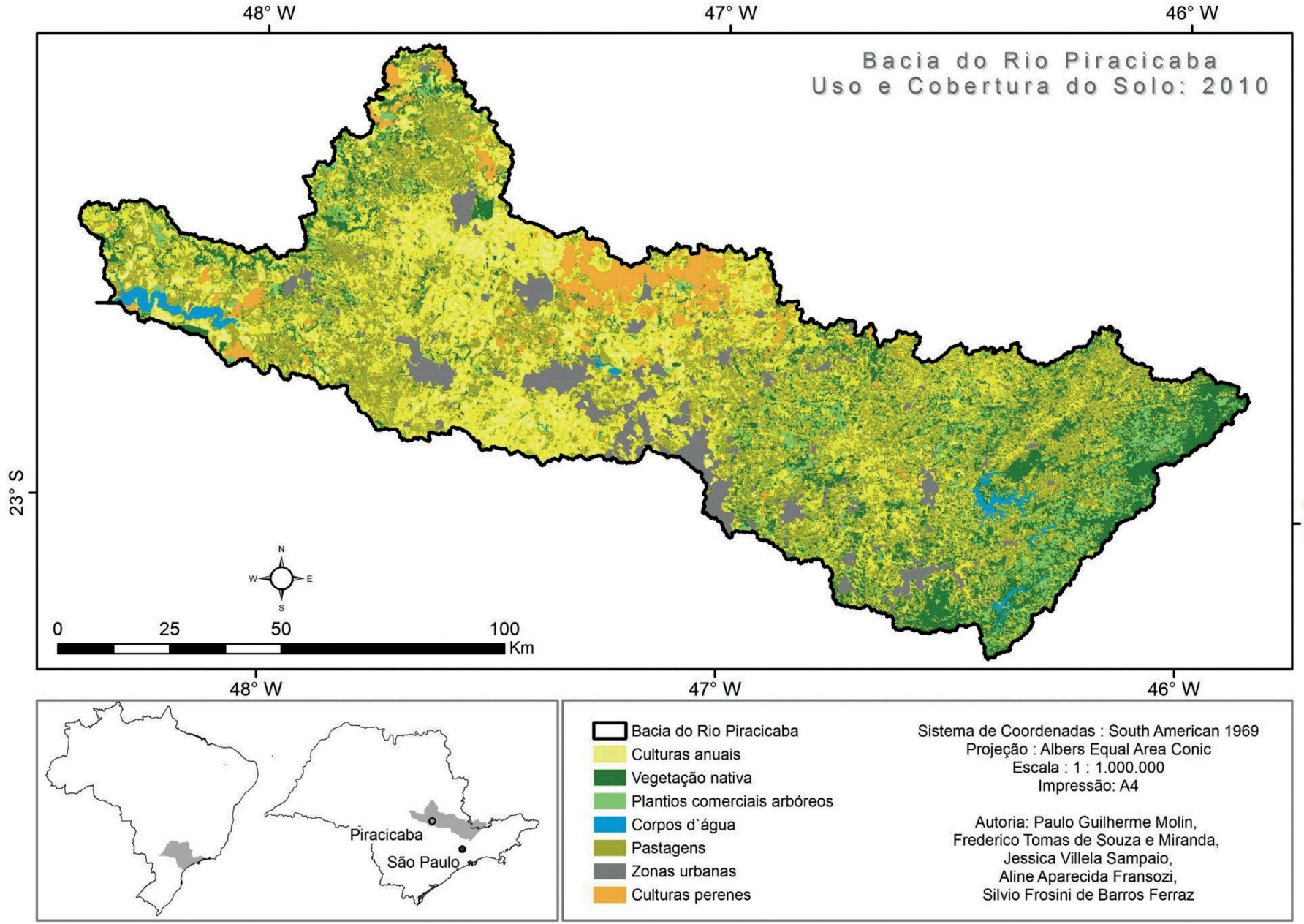

Figura 4. Mapa temático de uso do solo da bacia do rio Piracicaba para os anos de 2010.
Figure 4. Land cover thematic map of the Piracicaba River basin for the year 2010.

Em um primeiro momento, analisando a bacia como um todo, é possível observar que existe uma ocupação bastante diversa, mas com certa homogeneidade de acordo com altitude e relevos.

As PA, aqui representadas principalmente por pastagens de gado de corte e leiteiro, mas também por pastagens degradadas e áreas abandonadas, é predominante nos três anos estudados, com 40,07%, 34,42% e 33,63%, respectivamente. Em seguida, encontram-se as CA, representadas principalmente pela cana-de-açúcar, com 23,95%, 31,26% e 27,14, respectivamente. As VN se encontram na terceira posição de predominância, com 24,44%, 20,09% e 21,75%, respectivamente.

É possível observar que as PA sofreram uma queda no primeiro período (1990-2000) de -5,66 pontos percentuais (pp) e uma leve queda de -0,78 pp no segundo (2000-2010). CA sofreram um acréscimo no primeiro período, resultando em uma diferença de +7,30 pp com uma posterior queda de -4,11pp no segundo. A VN por sua vez sofreu uma forte queda no primeiro período, resultando em uma diferença de -4,36 pp e um leve acréscimo de +1,67 pp no segundo. ZU mantiveram uma taxa estável de crescimento com valores de +0,95 pp e +0,65 pp, respectivamente. PC tiveram um acréscimo no primeiro e segundo período, com valores de +1,15 pp e +0,76 pp, respectivamente. CP sofreram um leve acréscimo no primeiro período, com um saldo de +0,56 pp e um acréscimo mais acentuado no segundo, totalizando +1,66 pp. Por último, como esperado, H2O se mantiveram praticamente inalterados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A predominância de usos do solo na bacia hidrográfica do rio Piracicaba se manteve inalterada ao longo dos três anos, com pastagens a frente de culturas anuais e vegetação nativa.

As principais mudanças no uso do solo da bacia do rio Piracicaba nos dois períodos analisados foram o crescimento das culturas anuais, a redução das pastagens e pequeno ganho das vegetações nativas no segundo período.

Os resultados obtidos neste trabalho, de grande valia para a continuidade de estudos na bacia, oferecem, sem dúvida, informações imprescindíveis para iniciativas de planejamento e gestão sócio-ambiental da região. Apresentam-se assim três mapas temáticos de uso e cobertura do solo, metodologicamente idênticos, datados de 1990, 2000 e 2010, com coeficientes Kappa de 76%, 85% e 85%, disponibilizados para interessados na ampliação de estudos desta bacia hidrográfica.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão da bolsa de doutorado Processo nº 2010/19670-8.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHA, S.-Y.; PARK, C.-H. The utilization of Google Earth images as reference data for the multitemporal land cover classification with MODIS data of North Korea. **Korean Journal of Remote Sensing,** Seoul, v. 23, n. 5, p. 483-491, Jul. 2007.

CHAVEZ JUNIOR, P. S. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. **Remote Sensing of Environment,** New York, v. 24, n. 3, p. 459-479, 1988.

CHAVEZ JUNIOR, P. S. Radiometric calibration of Landsat thematic mapper multispectral images. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing,** Bethesda, v. 55, n. 9, p.1285-1294, 1989.

CHAVEZ JUNIOR, P. S.; BERLIN, G. L.; MITCHELL, W. B. Computer enhancement techniques of Landsat MSS digital images for land use/cover assessments. In: REMOTE SENSING OF EARTH RESOURCES SYMPOSIUM, 1977, Tahoma. **Proceedings…**Tahoma: NTRS, 1977. p. 259-275.

CONGALTON, R. G.; GREEN, K. **Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices**. Boca

Raton: Taylor & Francis, 2009. 192 p.

DORAIS, A.; CARDILLE, J. Strategies for Incorporating High-Resolution Google Earth Databases to Guide and Validate Classifications: Understanding Deforestation in Borneo. **Remote Sensing,** Basel, v. 3, n. 6, p. 1157-1176, Jun. 2011.

GUTMAN, G., R. BYRNES, J. MASEK, S. COVINGTON, S, C. JUSTICE, S. FRANKS, AND R. HEADLEY. Towards monitoring land cover and land-use changes at a global scale: The Global Land Survey 2005. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing,** Bethesda, v. 74, n. 1, p. 6-10, 2008.

HOLLER, W. Processo de validação da classificação automática de imagens de satélite para o Brasil no âmbito do FRA 2010. SIMPÓSIO NACIONAL DE INVENTÁRIO FLORESTAL, 2., 2013. Curitiba. **Anais...** Curitiba: IFN, 2013, p. 140.

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **SPRING:** Tutorial de Geoprocessamento. São José dos Campos, 2005. Disponível em: < http://www.dpi.inpe.br/spring/teoria/index.html >. Acesso em: 13 Jul. 2014.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. **Biometrics,** Raleigh, v. 33, n. 1, p. 159-174, Jan. 1977.

LOPES, E.; NOGUEIRA, R. E. Proposta Metodológica para Validação de Imagens de Alta Resolução do Google Earth para a Produção de Mapas. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011. Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: MCT/INPE, 2011. p.2308-2315.

MORAES, J.; PELLEGRINO, G. Q.; BALLESTER, M .V.; MARTINELLI, L. A.; VICTORIA, R. L.; KRUSCHE, A. V. Trends in Hydrological Parameters of a Southern Brazilian Watershed and its Relation to Human Induced Changes. **Water Resources Management,** v. 12, n. 4, p. 295-311,1998.

NEGRI, B. Urbanização e Demanda de Recursos Hídricos na bacia do rio Piracicaba, no Estado de São Paulo. In: SEMANA DE DEBATES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS E MEIO AMBIENTE. 1992, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: DAEE/ Fundap. 1992, p.65-77.

OLIVEIRA, J. C.; LUIZ, A. J. B.; FORMAGGIO, A. R.; EPIPHANIO, J. C. N. Avaliação e comparação quantitativa de segmentações por meio do índice IAVAS. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003. Belo Horizonte. **Anais…** São José dos Campos: INPE, 2003. p.2111-2117.

OTTERMAN, J.; ROBINOVE, C. J. Effects of the atmosphere on the detection of surface changes from Landsat multispectral scanner data. **International Journal of Remote Sensing,** London, v. 2, n. 4, p. 351-360, 1981.

POUNCEY, R.; SWANSON, K.; HART, K. **ERDAS field guide**. Atlanta: ERDAS, 1999. 672 p.

QUARTAROLI, C. F.; BATISTELLA, M. **Classificação Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto: Tutorial Básico**. Campinas: EMBRAPA Monitoramento por Satélite, 2006. 50 p.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation,** Kidlington, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, Jun. 2009.

SILVA, A. M. D.; NALON, M. A.; KRONKA, F. J. N.; ALVARES, C. A.; CAMARGO, P. B.; MARTINELLI, L. A. Historical land-cover/use in different slope and riparian buffer zones in watersheds of the state of São Paulo, Brazil. **Scientia Agricola,** Piracicaba, v. 64, n. 4, p. 325-335, fev. 2007.

SOARES-FILHO, B. S.; COUTINHO CERQUEIRA, G.; LOPES PENNACHIN, C. DINAMICA - a stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier. **Ecological Modelling,** Kidlington, v. 154, n. 3, p. 217-235, Jan. 2002.

VALENTE, R. D. O. A.; VETTORAZZI, C. A. Mapeamento de uso e cobertura do solo da Bacia do Rio Corumbataí, SP. **Circular Técnica IPEF**, n. 196, p. 1-10, 2003.

COMISSÃO EDITORIAL

Editor Chefe
Prof. Dr. Walter de Paula Lima
Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, Brasil

Conselho Editorial
Dr. Arno Brune – APSD Ghana, Adum Kumasi, Republica de Ghana
Dr. Dário Grattapaglia – EMBRAPA, Cenargen, Brasília, DF, Brasil
Prof. Dr. José Luiz Stape – North Caroline State University, Raleigh, USA
Dr. Niro Higuchi – INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, Brasil

Editor de Inglês / English Editor
Dr. Arno Brune – APSD Ghana, Adum Kumasi, Republica de Ghana

Editora Executiva
Kizzy França
Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, Piracicaba, SP, Brasil

Editoração e Diagramação
Luiz Erivelto de Oliveira Júnior
Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, Piracicaba, SP, Brasil

Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF)
Germano Aguiar Vieira (Eldorado Brasil) - Presidente
Aguinaldo José de Souza (Suzano Papel e Celulose S.A.) - Vice-Presidente

Empresas Associadas Mantenedoras / Partners
» Arauco Florestal Arapoti S.A.
» Arborgen Tecnologia Florestal Ltda
» Aperam BioEnergia Ltda
» ArcelorMittal BioFlorestas Ltda
» Alto Paraná S.A.
» Brasilwood Reflorestamento S.A.
» Celulose Nipo-Brasileira S/A - CENIBRA
» CMPC Celulose Riograndense
» Copener Florestal Ltda
» Duratex S/A
» Eldorado Brasil
» Eucatex S/A Indústria e Comércio
» Fibria Celulose S/A
» Forestal Oriental
» Gerdau S.A.
» International Paper do Brasil Ltda
» Jari Celulose, Papel e Embalagens S.A.
» Klabin S/A
» Lwarcel Celulose Ltda
» Montes Del Plata S.A.
» Ramires Reflortec S.A.
» Rigesa Celulose, Papel e Embalagens Ltda
» Stora Enso Florestal RS Ltda
» Suzano Papel e Celulose S.A.
» Vallourec
» Veracel Celulose S/A

INSTITUTO DE PESQUISAS
E ESTUDOS FLORESTAIS