



Análise Temporal do Uso e Ocupação do Solo da Microbacia Hidrográfica em Piracicaba (SP), Brasil Temporal Analysis of Soil Use and Occupation of Stream Watershed in Piracicaba (SP), Brazil

Peterson Ricardo Fiorio¹; Érica Silva Nakai¹ & Bruna Batagin¹

¹Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Departamento de Engenharia de Biosistemas. Av. Pádua Dias, 11, 13.418-900, Piracicaba, São Paulo, Brasil
e-mail: fiorio@usp.br; ericanakai@usp.br; bbatagin@gmail.com
Recebido em: 05/10/2018 Aprovado em: 15/02/2019
DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2019_1_179_187

Resumo

A ocupação humana nas cidades progride com a preocupação direcionada às questões socioambientais. O crescente êxodo rural e a expansão urbana, aliados a uma dependência cada vez maior por matérias-primas e a ausência de um prévio planejamento, tem ocasionado ocupação de áreas de preservação permanente por área urbana, agricultura e pecuária. Objetivo deste estudo foi analisar o uso e ocupação do solo na microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu, no município de Piracicaba (SP), do período de 1940 até 2016. Neste período ocorreu a expansão urbana de Piracicaba, de uma população rural até urbana nos dias atuais. Foram utilizadas fotografias aéreas e imagens dos satélites RapidEye e Cbers-4 para uma classificação supervisionada. A partir dos mapas gerados, foi possível mensurar cada uso pela tabulação cruzada para cálculo do índice Kappa e exatidão global. Foram identificadas mudanças notáveis no uso e ocupação do solo, o avanço da urbanização foi de 207,72 ha e da cana de açúcar foi de 292,09 ha. Ao longo dos anos, houve aparecimento de uma nova classe: rodovia e desaparecimento da classe de fruticultura. Em 2016, houve diminuição das áreas de solo exposto (zero ha), pastagem (237,71 ha) e maciços arbóreos (143,23 ha). Os valores da exatidão global foram entre 28 % e 74%, os índices Kappa variaram entre valores -0.009 a 0,62 nas comparações entre os mapas. Essa metodologia foi satisfatória para a realização de uma análise temporal de uma microbacia hidrográfica.

Palavras-chave: Fotointerpretação; Análise temporal; Microbacia hidrográfica; Uso e ocupação do solo

Abstract

The human occupation in the cities develops simultaneously with concern directed to the social-environmental questions. Increasing rural exodus and urban expansion associated with addiction on raw materials and absence of prior planning, that have resulted in occupation of permanent preservation areas by urban area, agriculture, and livestock. The objective of this study was to analyze the soil use and occupation in the Itaperu/Itapocu stream micro watershed area in the city of Piracicaba (SP), from 1940 to 2016. In this period, the urban expansion of Piracicaba occurred from a rural to urban population. Aerial photographs and satellites images RapidEye and Cbers-4 were used for supervised classification. From the conceived maps, it was possible to measure each use by cross tabulation to calculate the Kappa index and global accuracy. Significant changes in soil use and occupation were identified, the urbanization advance was 207.72 ha and the sugarcane was 292.09 ha. Over the years, there were a new highway class and disappearance of the class of farming class. In 2016, areas of exposed soil (zero ha), pasture (237.71 ha) and vegetation (143.23 ha) decreased. The global accuracy values were between 28% and 74%, Kappa index ranged from -0.009 to 0.62 in maps compared. This methodology was satisfactory for the accomplishment of a temporal analysis of a micro watershed.

Keywords: Photointerpretation; Temporal analysis; Watershed drainage basin; Soil use and occupation

1 Introdução

A ocupação humana nas cidades progride com a preocupação direcionada às questões socioambientais. O crescente êxodo rural e a expansão urbana, aliados a uma dependência cada vez maior por matérias-primas e a ausência de um prévio planejamento, tem ocasionado situações de conflitos entre a ocupação antrópica e os recursos da natureza. Assim, diversas áreas verdes e de preservação permanente são indevidamente ocupadas por diversos tipos de usos do solo. Agricultura, pecuária, expansão urbana são alguns fatores que influenciam diretamente este processo (Mendoza *et al.*, 2011). Para mitigar esses problemas, torna-se imprescindível o monitoramento do uso e cobertura do solo, através de informações temporais (Mendoza *et al.*, 2011).

A utilização de Geotecnologias é uma ferramenta para monitorar essas mudanças ocorridas na paisagem. Bologna *et al.* (1997) utilizaram fotografias aéreas e imagens do satélite LANDSAT para analisar o adensamento e surgimento de novos loteamentos, a fim de efetuar o recadastramento e atualização de imóveis, no período de 1985 a 1991.

Na metade do século XVIII, a região de Piracicaba, interior de São Paulo, teve intensa exploração de áreas que apresentavam grande cobertura vegetal em virtude da oferta de solo fértil para cultivo agrícola e houve um incentivo de imigração para a região (Sparovek & Costa, 2004). O histórico da exploração resultou em problemas ambientais, como a erosão e assoreamento do sistema hídrico superficial. Isso evidencia a necessidade de restauração de áreas florestais, principalmente ao longo dos cursos d'água, para seguir as leis ambientais.

O objetivo deste trabalho foi analisar o uso e ocupação do solo ao longo de várias décadas, de 1940 a 2016, na microbacia hidrográfica do Itaperu/Itapocu, que se encontra no vetor da expansão urbana de Piracicaba (SP), por meio da interpretação de fotografias aéreas e imagens de satélites RapidEye e Cbers-4. Segundo IPPLAP (2014), neste período ocorreu a expansão urbana da cidade de Piracicaba, de população rural em 1940 a urbana no ano de 2016.

2 Material e Métodos

Piracicaba abrange uma área de 1.378,07 km² (IBGE, 2016), sendo 229,66 km² (17%) de área ur-

bana e 1.147,25 km² (83%) de área rural (IPPLAP, 2014). A população de Piracicaba é de 394.419, sendo o 17º município mais populoso do estado de São Paulo (IBGE, 2016).

A microbacia hidrográfica do córrego Itaperu/Itapocu, está localizada no município de Piracicaba, tendo como coordenadas: 22° 40' S de latitude e 47° 43' W de longitude. Situa-se na divisão do perímetro urbano com a zona rural e apresenta uma extensão de aproximadamente 900 hectares (ha) (Figura 1).

De acordo com o Plano Municipal de Recursos Hídricos de Piracicaba (2010), a região pertence ao Grupo Passa Dois, formação Corumbataí, com predomínio de colinas médias, morrotes alongados e espigões. A cobertura florestal ocupa 27.600 ha no município, sendo 22.100 ha, localizados fora dos limites de Áreas de Preservação Permanente (APP) e 5.500 ha dentro de APP. A vegetação é formada por Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Estacional Decidual.

Os anos 1940, 1978, 2000, 2005, 2011 e 2016 foram estabelecidos após uma busca de fotografias e imagens aéreas disponíveis e sem nuvens da região, de acordo com o histórico da área de estudo. As cartas topográficas do Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo (IGC) necessárias foram identificadas pelos códigos SF-23-Y-A-IV-2-50-A e SF-23-Y-A-IV-2-50-C, na escala 1:10.000, datadas de 1978, para o georreferenciamento da área de estudo. O mapa municipal estatístico, elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), na escala de 1:50.000 no ano 2000, com articulação 1/1, foi utilizado para delimitar a rede de drenagem da microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu.

Foram adquiridas fotografias aéreas pancromáticas dos anos de 1940, com medidas de 18x18 cm (tamanho da fotografia), e de 1978, com medidas de 23x23 cm (tamanho da fotografia), e fotos aéreas coloridas dos anos de 2000 e 2005. Além das fotografias, foram utilizadas uma imagem orbital do satélite RapidEye, de 16 de junho de 2011, com resolução espacial de 5 m, e outra do satélite Cbers-4, em 17 de abril de 2016, com resolução espacial de 5 m, sensor PAN.

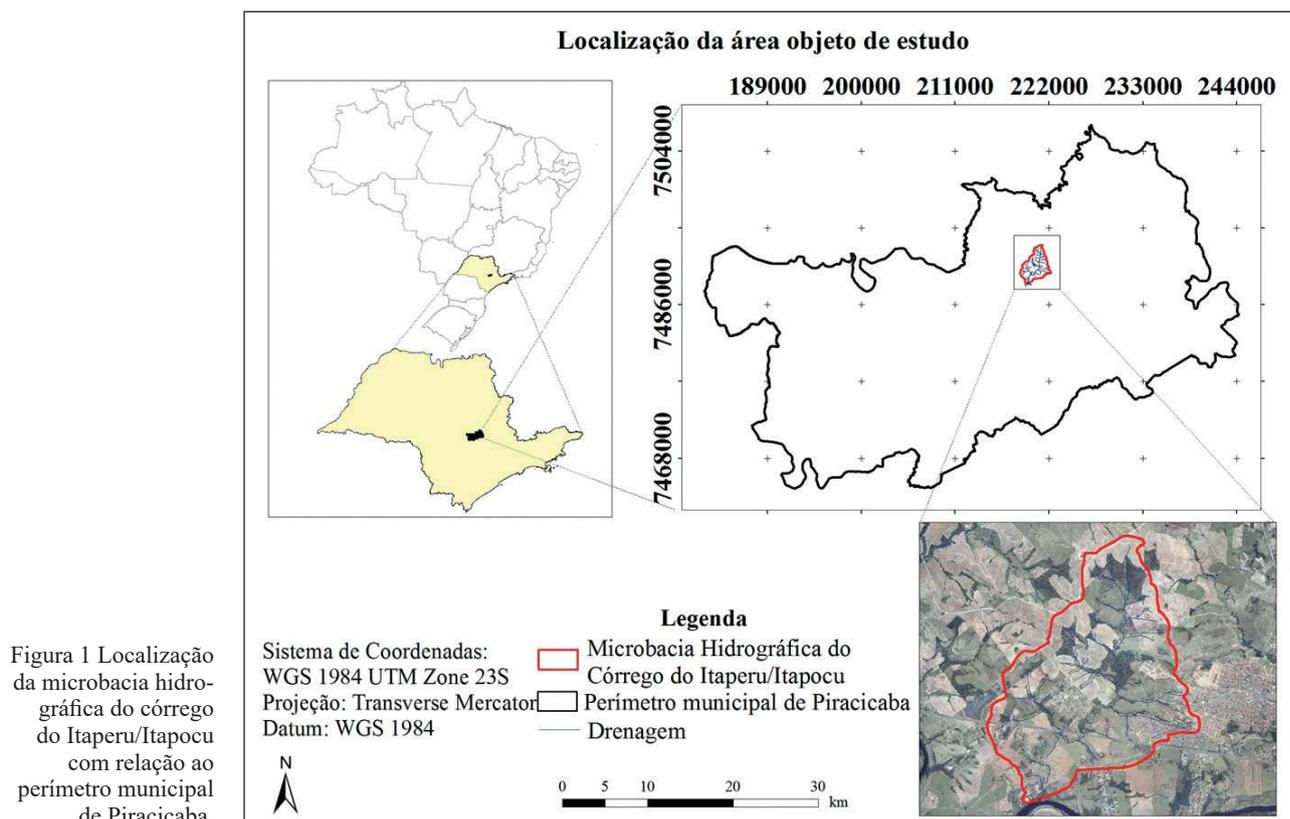


Figura 1 Localização da microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu com relação ao perímetro municipal de Piracicaba.

Para delimitação de diferentes classes de uso e ocupação do solo foi utilizado estereoscópio nas fotografias aéreas, em folhas de papel ultrafan, utilizando a técnica de overlay. Após essa etapa, foi feito o georreferenciamento das fotografias aéreas e seus respectivos overlays, sendo posteriormente digitalizados, para obter as áreas de cada classe de uso e ocupação do solo ao longo dos anos. A fotointerpretação das imagens digitais dos satélites RapidEye e Cbers-4 foi efetuada no software de geoprocessamento ArcGIS, versão 10.2. O processo de transição do uso e ocupação do solo da microbacia hidrográfica, entre os anos 1978 e 2000, foi verificado com testes de tabulação cruzada. Depois foram calculados índice Kappa e exatidão global (Landis & Koch, 1977). O valor do índice Kappa (tabela 1) permite analisar comparativamente os resultados da análise dos mapas resultantes, dentro de certas restrições. É uma medida da concordância real (indicado pelos elementos diagonais) menos a concordância por chance (indicado pelo produto total da linha e coluna), ou seja, é uma medida do quanto à classificação está de acordo com os dados de referência

(Congalton, 1991). A exatidão global (%) é calculada dividindo a soma da diagonal principal da matriz de erros pelo número total de amostras coletadas (Congalton & Green, 1999).

| Índice Kappa (k) | Qualidade do Mapa Temático |
|----------------------|----------------------------|
| $k < 0,00$ | Péssima |
| $0,00 < k \leq 0,20$ | Ruim |
| $0,20 < k \leq 0,40$ | Razoável |
| $0,40 < k \leq 0,60$ | Boa |
| $0,60 < k \leq 0,80$ | Muito boa |
| $0,80 < k \leq 1,00$ | Excelente |

Tabela 1 Valor do índice Kappa e qualidade do mapa representado

3 Resultados e Discussão

3.1 Uso e Ocupação do Solo entre 1940 e 1978

O município de Piracicaba e algumas cidades do seu entorno, na década de 1940, formaram um importante complexo canavieiro paulista (Terci & Peres, 2003). Verificou-se que 26,72% da área era constituída por cana-de-açúcar, 33,47% por maciços

arbóreos, que eram constituídos por formações florestais e plantios de eucalipto, 31,90% por pastagens e em 7,86% eram cultivadas espécies frutíferas. As áreas urbanizadas e as de solo exposto representavam 0,01% e 0,04%, respectivamente (Figura 2).

No ano de 1978, a cana-de-açúcar predominava com 46,67% da área da microbacia hidrográfica (Figura 2). Esse resultado foi devido à existência de uma usina de moagem nas proximidades dos limites da área e incentivo do governo com o Programa Nacional do Alcool (Proálcool). Na microbacia hidrográfica do Ceveiro, também houve a expansão da cana-de-açúcar (Fiorio *et al.*, 2000).

A pastagem ocupava 352,32 ha (39,36%), provavelmente por causa dos tipos de solos muito arenosos, pouco férteis, pedregosos, o que inviabilizam o cultivo de cana-de-açúcar (Barretto *et al.*, 2006). A área coberta por maciços arbóreos compreendia 110,54 ha (12,35%). Edificações abrangiam 4,43ha (0,49%) e áreas de solo exposto com 2,10 ha

(0,23%) (Figura 2). Uma nova classe, rodovia aparece com 7,96 ha (0,89%) (Figura 2). A partir da tabulação cruzada, a exatidão global foi de 28,53% e o índice Kappa foi -0,009 (péssima).

Ao comparar os dados obtidos em 1940 com 1978, houve expansão da cana-de-açúcar nas áreas de maciços arbóreos (133,36 ha), consequentemente, houve uma diminuição desses maciços. Tal avanço da cana refletiu também nas áreas de pastagem (144,28 ha) e de fruticultura (1,05 ha) existentes em 1940. Em 1978, apenas 58,36 ha de maciços arbóreos existentes em 1940 foram preservados e 110,20 ha de pastagem foram mantidos. Houve crescimento de áreas de pastagem (66,78 ha) em 1978 sobre os maciços arbóreos, cana-de-açúcar, fruticulturas e áreas urbanizadas e de solo exposto em relação a 1940.

Houve aumento de 54,38 % das áreas urbanizadas, possivelmente em virtude do aumento das oportunidades de trabalho (Terci & Peres, 2003). Em

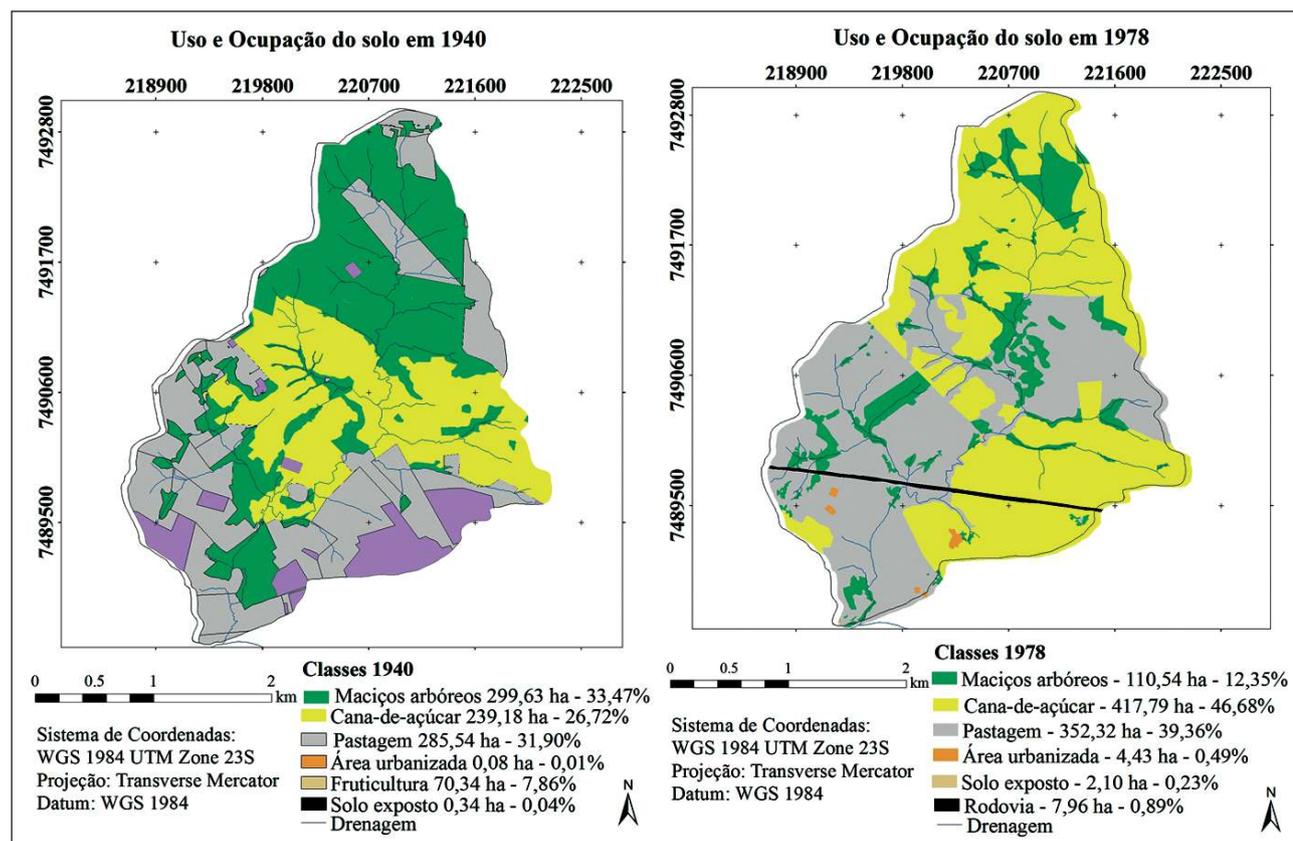


Figura 2 Transição do uso e ocupação do solo na microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu entre 1940 e 1978.

1978, as coberturas vegetais das regiões norte e oeste do município foram substituídas por construções e o vetor de crescimento urbano seguiu para a região noroeste (Costa, 2004), onde insere-se a área objeto de estudo.

3.2 Uso e Ocupação do Solo entre 1978 e 2000

No período de 1978 a 2000, observou-se um decréscimo de 83,89% (67,32 ha) nas áreas de cana-de-açúcar, por causa da fase de declínio do Proálcool (Michellon *et al.*, 2008). Apesar da redução das áreas de cana-de-açúcar, houve a devastação de 16,63% de maciços arbóreos nessa época.

Os locais com solo exposto em 1978 foram transformados em áreas de plantio de cana-de-açúcar (51,90%), de pastagem (21,90%) e regiões urbanizadas (20,95%), no ano 2000. A rodovia Geraldo de Barros – SP304 apresentou um aumento de 108,92% da sua área, ao compararmos os anos de 1978 e 2000. Esse aumento refletiu a instalação de acessos em alguns trechos dessa via, influenciado pela expansão urbana ocorrida no local (Figura 3).

De 1978 a 2000, houve um aumento de 1972% (82,93 ha) da área urbanizada. A região noroeste do município avançou 6,59 ha sobre os maciços arbóreos e de APP. Contrariamente, Casagrande (2005) observou um aumento de fragmentos florestais mesmo com crescimento urbano, na bacia hidrográfica do Ribeirão dos Marins, situada na região de Piracicaba. A partir da tabulação cruzada, a exatidão global foi de 49,37% e o índice Kappa foi 0,24 (razoável).

No ano 2000, 45,3% da área urbanizada não estava dentro dos limites do perímetro urbano da época e 39,55 ha eram ocupados por loteamentos em situação irregular. Portanto, a urbanização na região extrapolou seus limites definidos por lei e avançou sobre as áreas de cana-de-açúcar e de pastagem.

3.3 Uso e Ocupação do Solo entre 2000 e 2005

No ano de 2005, a área de pastagem predominou na microbacia hidrográfica ao ocupar 337,66 ha (37,72%), seguida de cana-de-açúcar com 304,36 ha (34%) (Figura 4). Veiga Filho & Ramos (2006)

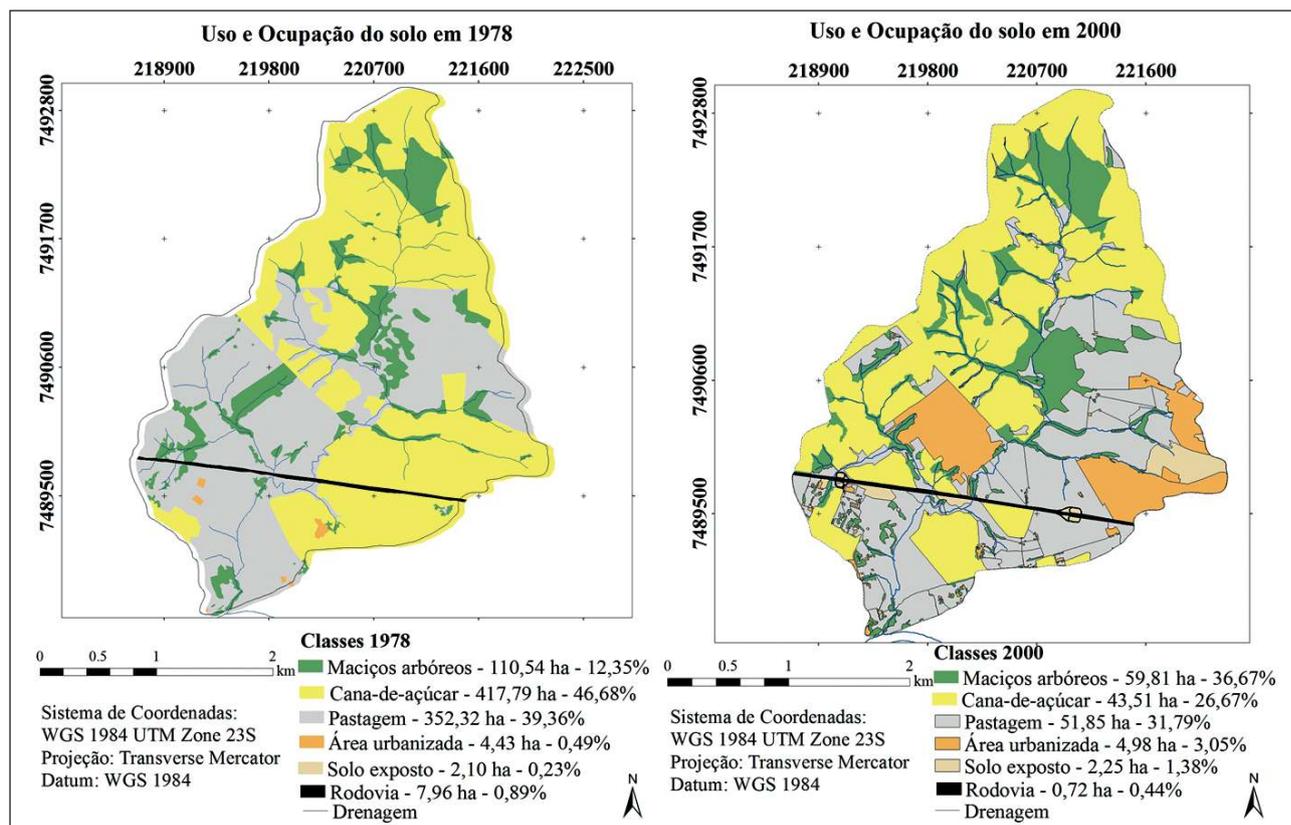


Figura 3 Transição do uso e ocupação do solo na microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu entre 1978 e 2000.

diagnosticaram uma alteração da fonte de renda dos pequenos proprietários, que costumavam arrendar suas terras as usinas de açúcar e álcool.

Os maciços arbóreos estavam presentes em 14,54% (130,14 ha) e a área urbanizada ocupava 11,51% (102,99 ha) (Figura 4). Em menores proporções estavam solo exposto e a rodovia Geraldo de Barros com 1,20% e 1,03%, respectivamente.

Durante 5 anos, de 2000 a 2005, foi verificada a diminuição de 5,21% dos maciços arbóreos, resultando em um déficit de 7,16 ha. Também ocorreu um decréscimo de cana-de-açúcar (13,16%), solo exposto (46,16 %) e maciços arbóreos (5,21 %). A partir da tabulação cruzada, a exatidão global foi de 73,33% e o índice Kappa foi 0,62 (muito boa).

O perímetro urbano foi ampliado pela Lei Complementar nº 118, de 24 de fevereiro de 2000, tomando o trecho leste da microbacia hidrográfica. De 2000 a 2005, o acréscimo de áreas urbanizadas

totalizou 102,99 ha, devido à conversão de 12,49% dos pastos em área urbanizada. O crescimento urbano tem preferências por áreas de pastagem e de culturas, como a cana-de-açúcar (Borges *et al.*, 1993).

3.4 Uso e Ocupação do Solo entre 2005 e 2011

No ano de 2011, as áreas de pastagem e de cana-de-açúcar ocupavam 296,43 ha e 193,33 ha, respectivamente, totalizando 54,72% da microbacia hidrográfica. Foi alterado o perímetro urbano por meio das Leis Complementares nº 261 e 287 e assim, as áreas urbanizadas correspondiam a 15,05% (134,72 ha). Os maciços arbóreos representavam 21,46%, ao longo de cursos d'água e nascentes (Figura 5).

De 2005 a 2011, houve avanço das áreas de pastagens e urbanas com detrimento da extinção do Proálcool. As áreas de cana-de-açúcar apresentaram uma redução de 36,48%. Em 2011, 22,96% (69,89 ha) da área de cana-de-açúcar existente em 2005 fo-

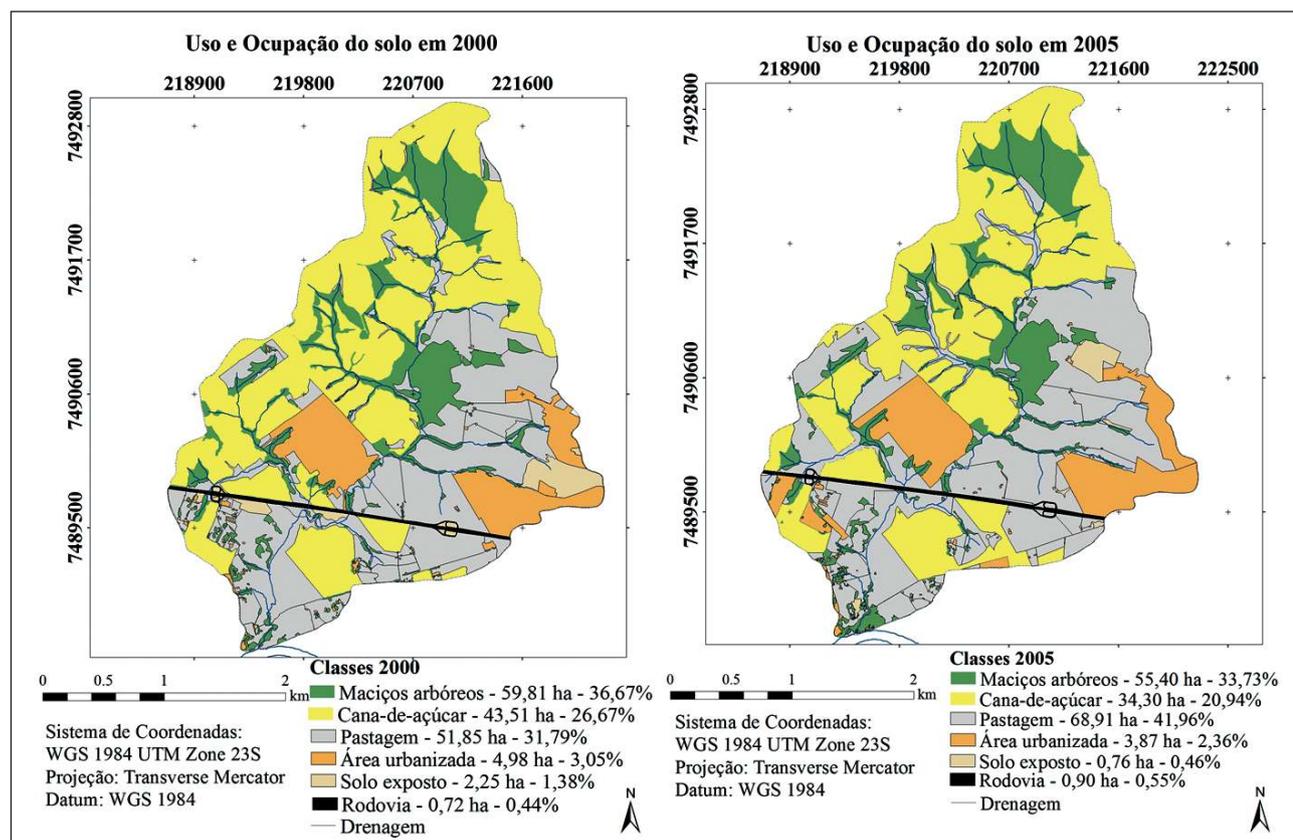


Figura 4 Transição do uso e ocupação do solo na microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu entre 2000 e 2005.

ram transformados em pastagem. As áreas com solo exposto apresentaram um aumento significativo de 510,16% (54,74 ha), que está relacionado ao avanço de loteamentos na área (Figura 5). A partir da tabulação cruzada, a exatidão global foi de 64,47% e o índice Kappa foi 0,53 (boa).

O aumento de 30,80% das áreas urbanizadas foi coincidente com a promulgação das Leis Complementares do município de Piracicaba nº 261 e 287, de 2010 e 2011, que ampliaram o perímetro urbano da cidade. A rodovia Geraldo de Barros utilizou de 3,86 ha de área de cana-de-açúcar para ampliar suas vias, visando atender as demandas do aumento do fluxo de veículos e do crescimento urbano.

Cerca de 19,11% (64,52 ha) das áreas de pastagem de 2005 foram transformadas em maciços arbóreos. O crescimento dos maciços arbóreos foi resultado da reestruturação do Grupo de Análise e Aprovação de Projetos Habitacionais do Estado de São Paulo, que exigia a restauração das APP.

3.5 Uso e Ocupação do Solo entre 2011 e 2016

Em 2016, a área urbanizada totalizou 207,72 ha (23,20%), por outro lado, as áreas de maciços arbóreos estavam presentes em 143,23 ha. Esse resultado foi diferente da microbacia do rio Vargem dos Pinheiros em Santa Catarina, que era ocupado em 79,35% por vegetação nativa e 1,43% por área urbanizada (Schmitt *et al.*, 2016).

Neste mesmo ano, as áreas de cana-de-açúcar e pastagem apresentaram 292,09 ha e 237,70 ha, respectivamente, demonstrando que mesmo com o crescimento urbano, a atividade agrícola ainda se encontrava presente. Oliveira (2012) verificou que 89,72% da área da microbacia do córrego Santo Inácio, em Minas Gerais, era ocupada por agricultura. Schmitt *et al.* (2016) identificaram 16,50% de uso agrícola na microbacia do rio Vargem dos Pinheiros.

Em cinco anos, cerca de 70,72 ha de maciços arbóreos foram transformados em áreas de ca-

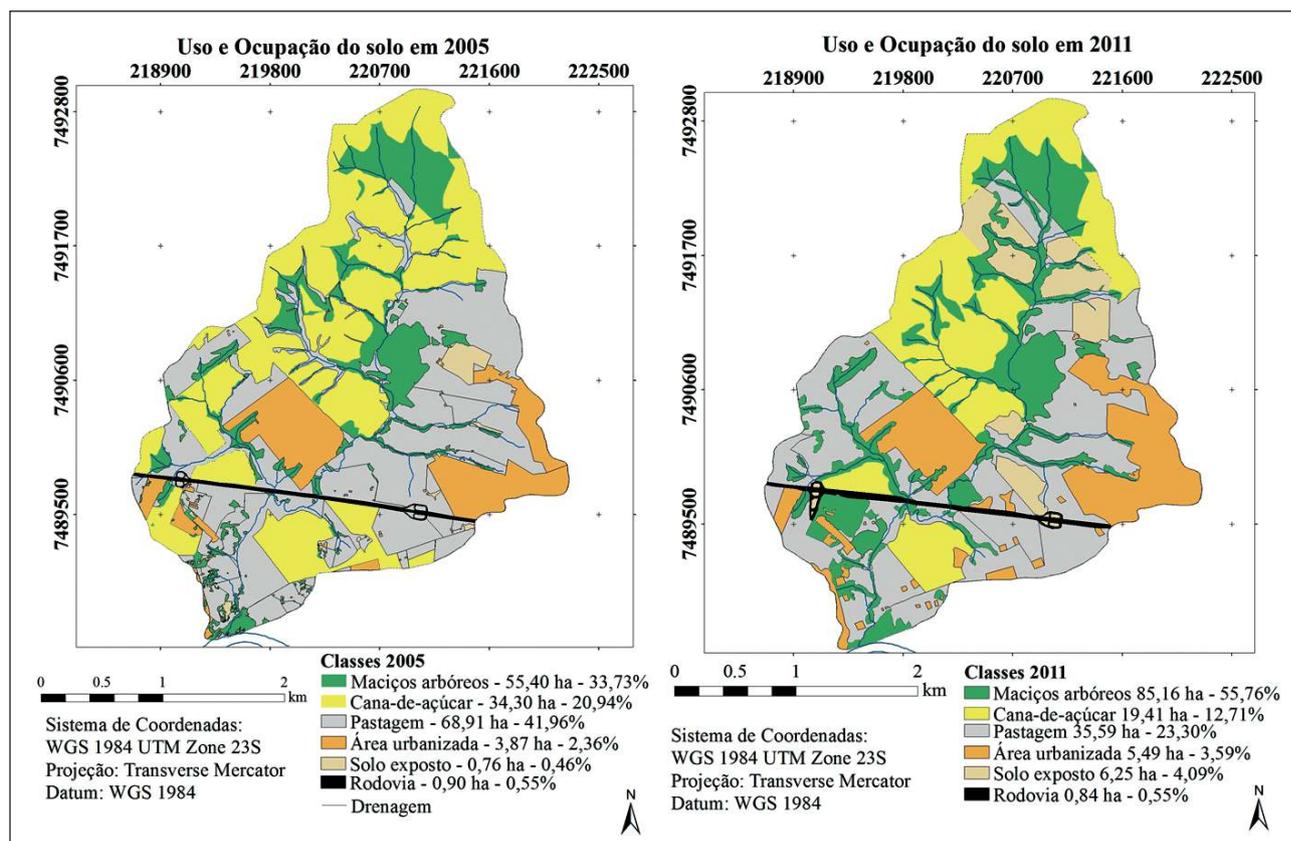


Figura 5 Transição do uso e ocupação do solo na microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu entre 2005 e 2011.

na-de-açúcar e de pastagem. A área urbana apresentou maior crescimento com 54,19%, sobre áreas de pastagem e com solo exposto, seguindo o padrão dos anos anteriores. A partir da tabulação cruzada, a exatidão global foi de 59,36% e o índice Kappa foi 0,47 (boa).

A cana-de-açúcar apresentou um acréscimo de 51,08%, que pode estar relacionado ao amplo mercado do álcool no atual cenário econômico brasileiro e internacional. Bastos *et al.* (2016) observaram que a média de produção era de 75,36 ton/ha em 2011 e aumentou para 99,54 ton/ha em 2014. A rodovia apresentou um pequeno aumento de área com obras que duplicaram suas vias.

A partir de 1940 até o ano de 2016, na microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu, verificou-se que houve aumento da área urbanizada de 0,8 ha (1940) para 207,72 ha (2016), de cana-de-açúcar (239,18 ha para 292,09 ha), uma nova classe com a construção de rodovia (14,40 ha), além da redução nas áreas de maciços arbóreos (299,63 ha

para 143,23 ha), pastagem (285,54 ha para 237,70 ha). Houve ainda desaparecimento da classe de fruticultura e de solo exposto. Portanto, é necessário que seja efetuado o planejamento do uso e ocupação do solo, por meio do poder público, não somente da zona urbana, mas da cidade como um todo.

4 Conclusões

A metodologia utilizada no presente trabalho foi satisfatória para a realização de uma análise temporal de uma microbacia hidrográfica, visando a proposição de medidas para a melhoria da gestão pública, principalmente na área de conservação, saneamento e conforto climático. No período de 1940 a 2016, a área passou de completamente rural para quase urbano, com aumento da área urbanizada (207,72 ha), de cana-de-açúcar (292,09 ha) e construção de rodovia (14,40 ha). Além disso, houve redução de maciços arbóreos (143,23 ha), pastagem (237,70 ha) e desaparecimento da classe de fruticultura e de solo exposto. Os valores da exatidão global foram entre

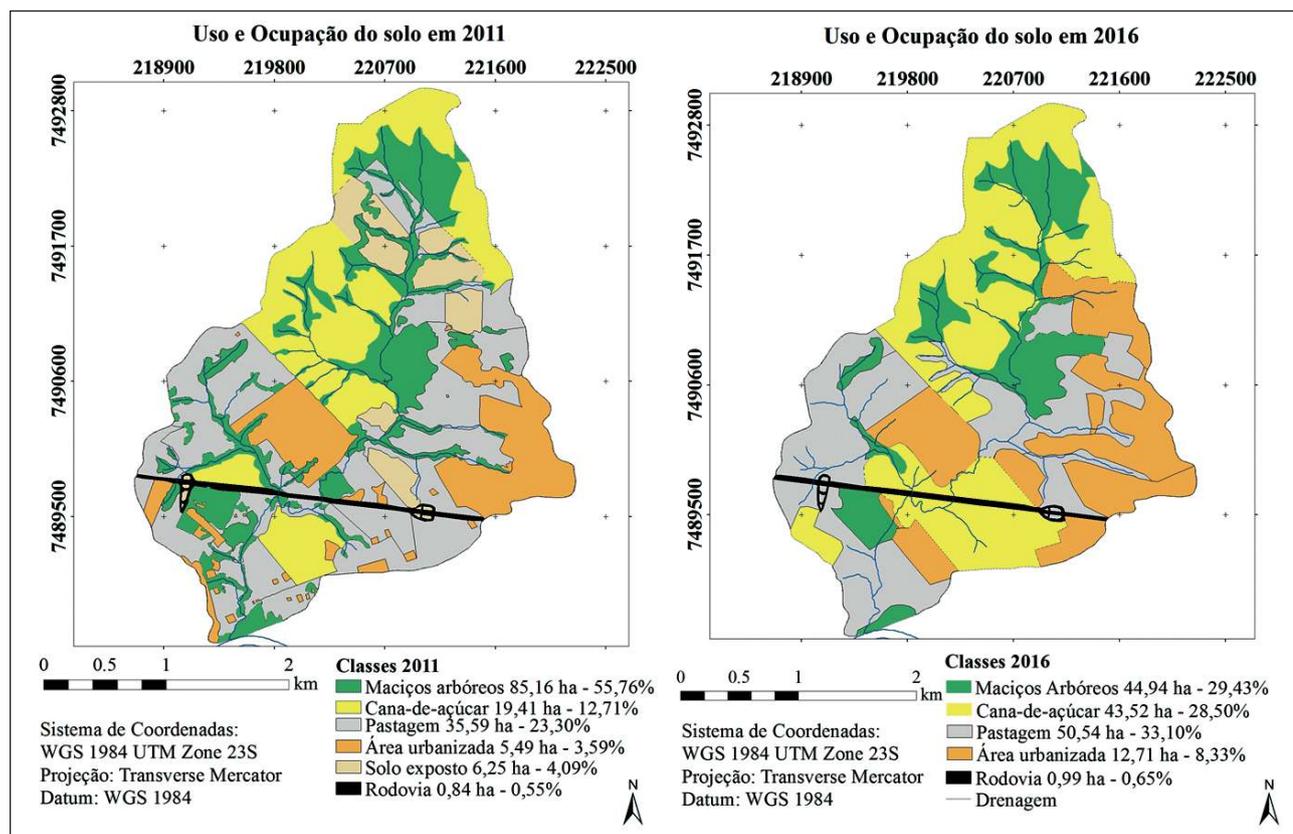


Figura 6 Transição do uso e ocupação do solo na microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu entre 2011 e 2016.

28 % e 74%, os índices Kappa variaram entre valores -0.009 a 0,62 nas comparações entre os mapas. Com relação à análise do uso e ocupação do solo, ficou evidente a constante alteração dos usos e ocupação do solo em períodos até mesmo inferiores a uma década. Tais modificações acarretam em impactos ambientais naquela região que não permitem a total adaptação do meio ambiente frente a essas mudanças.

5 Referências

- Barretto, A.G.O.P.; Sparovek, G. & Giannotti, M. 2006. *Atlas rural de Piracicaba*. Piracicaba, IPEF. 76p.
- Bastos, K.J.J.Z.; Landell, M.G.A. & Miranda, E.S. 2016. Influência da produtividade da cana-de-açúcar no custo do corte mecanizado. *Revista Pecege*, 2(4):42-59.
- Bologna, S.M.F.; Friggi Neto, J.; Kurkdjian, M.L.N.O.; Pereira, M.N.; BorgeS, M.H.; Pfeifer, R.M. & Demattê, J.A.M. 1993. Evolução e mapeamento do uso da terra, através de imagens aerofotogramétricas e orbitais em Santa Bárbara D'oeste (SP). *Scientia Agricola*, 50(3): 365-371.
- Casagrande, C.A. 2005. *Diagnóstico ambiental e análise temporal da adequabilidade do uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica do ribeirão dos Marins*. Programa de Pós-graduação em Ecologia de Agroecossistemas, Universidade de São Paulo, Dissertação de Mestrado, 136p.
- Congalton, R.G. 1991. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, 37: 35-46.
- Congalton, R.G.; Green, K. 1999. *Assessing the accuracy of remotely sensed data: Principles and practices*. New York: Lewis Publishers. 137p.
- Costa, F.P.S. 2004. *Evolução urbana e da cobertura vegetal de Piracicaba (1940-2000)*. Programa de Pós-graduação em Ecologia de Agroecossistemas, Universidade de São Paulo, Dissertação de Mestrado, 82p.
- Fiorio, P.R.; Dematte, J.A.M. & Sparovek, G. 2000. Cronologia e impacto ambiental do uso da terra na microbacia hidrográfica do Ceveiro, em Piracicaba, SP. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 35(4): 671-679.
- IBGE. 2016. *Perfil dos Municípios brasileiros*. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. 61p.
- IPPLAP - Instituto de Pesquisas e Planejamento de Piracicaba. 2014. Caderno de Estudos e Projetos para o desenvolvimento sustentável de Piracicaba e aglomeração urbana. *Mobilidade Urbana*, Piracicaba: IPPLAP, 124p.
- Landis, J.R. & Koch, G.G. 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33: 159-174.
- Mendoza, M.E.; Granados, E.L.; Geneletti, D.; Pérez-Salicrup, D.R. & Salinas, V. 2011. Analyzing land cover and land use change process at watershed level: A multitemporal study in the Lake Cuizteo Watershed, Mexico (1975-2003). *Applied Geography*, 31: 237-350.
- Michellon, E.; Santos, A.A.L. & Rodrigues, J.R.A. 2008. Breve descrição do Proálcool e perspectivas futuras para o etanol produzido no Brasil. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46, Rio Branco, 2008. *Anais*, Rio Branco, SOBER, p. 1-16.
- Oliveira, R.B. 2012. *Evolução da paisagem e ocupação humana da bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Inácio, MG*. Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Dissertação de Mestrado, 114p.
- Schimitt, A.L.; Ricce, W.S.; Braga, H.J.; Zamparetti, A.F. & Vieira, V.F. 2016. Proposta de zoneamento ambiental aplicado a microbacia do rio Vargem dos Pinheiros, Angelina, Sul do Brasil. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 5(1): 411-434.
- Sparovek, G.; Costa, F.P.S. 2004. Evolução urbana e da cobertura vegetal de Piracicaba - SP (1940-2000). *Caminhos de Geografia*, 5(13): 65-88.
- Terci, E.T. & Peres, M.T.M. 2003. Os impactos da expansão canavieira-açucareira no mercado de trabalho de Piracicaba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HISTÓRIA ECONÔMICA, 5, Caxambu, 2003. *Anais*, Caxambu, ABPHE, p.1-12.
- Veiga Filho, A.A. & Ramos, P. 2006. Proálcool e evidências de concentração na produção e processamento de cana-de-açúcar. *Informações Econômicas*, 36(7): 48-61.