

Transição florestal no estado de SP: artefato ou realidade?

Alice Maria Calado Melges^{1,2}
Leandro Reverberi Tambosi^{1,3}
Alexandre Toshio Igari^{1,4}
Thaís Nícia Azevedo^{1,5}
Jean Paul Metzger^{1,6}

¹ Universidade de São Paulo – USP / IB
Laboratório de Ecologia da Paisagem e Conservação
Rua do Matão, travessa 14, 321
CEP 05508-900 – São Paulo – SP, Brasil

² alice_mcm@hotmail.com

³ letambosi@yahoo.com.br

⁴ alexandre.igari@usp.br

⁵ thais.ecologa@gmail.com

⁶ jpm@ib.usp.br

Abstract. The Forest Transition (FT) represents the turning point on land use when reforestation becomes greater than deforestation. This phenomenon is driven by urbanization and industrialization, what would make agricultural labor more expensive and crops would consequently concentrate on more fertile lands. The less productive lands would then recover natural vegetation. According to two recent surveys conducted independently by Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) and Instituto Florestal (IF), São Paulo (SP) state, the more industrialized state in Brazil, would be going through FT. The surveys used different methods and the state-scale aggregated results suggested FT occurrence in SP. The aim of this study was to investigate if the convergence between the two surveys on aggregated state-scale results would be confirmed by a county-scale analysis. From a sample of 40 counties in the state, we performed a comparative analysis between changes in forest cover indicated by the IBGE in the period from 1995 to 2006, and those identified by the IF between 1990 and 2001. Most counties showed conflicting results between the results of the two surveys. Thus, the apparent convergence between the two surveys at state-scale results was not confirmed at county-scale analysis, what suggests that FT phenomenon in SP can in truth be an artifact from data aggregation.

Palavras-chave: forest transition, remote sensing, deforestation, forest cover change, transição florestal, sensoriamento remoto, desmatamento, mudanças na cobertura florestal.

1. Introdução

Em muitos países, o processo de industrialização e crescimento econômico se deu e permanece ocorrendo às custas de degradação ambiental, o que reflete uma aparente incompatibilidade entre desenvolvimento e preservação do meio ambiente, considerado apenas como um recurso abundante destinado à utilização econômica pela humanidade (Farley 2010).

Nas últimas décadas, o desenvolvimento das nações deixou de ser visto apenas sob a ótica do crescimento econômico e passou a ser discutido também em termos de atendimento das necessidades básicas, incremento na qualidade de vida da população e mitigação dos impactos ambientais decorrentes do crescimento econômico (Koop e Tole 2001). Dentre os principais impactos ambientais, a devastação florestal merece destaque, pois envolve aumento de risco de extinção de espécies, redução da biodiversidade e comprometimento de serviços ambientais, como o seqüestro de carbono, proteção dos corpos d'água, conservação dos solos, manutenção de polinizadores e organismos controladores de pragas em cultivos agrícolas (Bensusan 2008).

Na década de 1990, alguns analistas passaram a estudar as mudanças na cobertura florestal em função do processo de desenvolvimento e observaram que muitos países desenvolvidos, apresentavam um comportamento semelhante (Perz 2007). Nos países desenvolvidos da América do Norte e Europa, o processo de desenvolvimento se deu inicialmente às custas dos recursos florestais, com predomínio do desmatamento. Porém, a partir de um dado momento, denominado Transição Florestal, esta tendência foi revertida, fazendo com que estes países passassem a apresentar ganhos líquidos em sua cobertura florestal devido ao balanço favorável ao reflorestamento em relação ao desmatamento (Rudel 2005). Assim teve origem a Hipótese da Transição Florestal, segundo a qual países urbanizados e industrializados, apresentariam em algum momento de seu desenvolvimento esta inversão dos padrões de dinâmica florestal (Rudel et al. 2005).

Com o objetivo de melhor compreender os processos causadores deste fenômeno, Rudel et al. (2005) presumiram que para alguns países desenvolvidos, a industrialização e a urbanização teriam sido responsáveis pela migração da mão-de-obra do campo para as áreas urbanas, fazendo com que os proprietários rurais, em decorrência da escassez da mão-de-obra nas fazendas, direcionassem sua produção para as áreas mais produtivas, resultando em regeneração espontânea da vegetação nas áreas marginais, de menor produtividade. Rudel et al. (2005) sugeriram também que em outros países, a industrialização e a urbanização teriam causado uma escassez de recursos florestais, levando o Estado a incentivar programas de reflorestamento para equilibrar a oferta destes recursos, resultando no aumento da cobertura florestal destas localidades.

Na tentativa de identificar as forças motrizes da transição florestal e suas inter-relações, muitos estudiosos estabeleceram hipoteticamente quais as possíveis trajetórias que poderiam conduzir uma nação ou localidade à transição florestal. Complementando os modelos propostos por Rudel et al. (2005), Lambin e Meyfroidt (2009) apontaram cinco caminhos neste sentido, contemplando fatores como inovações tecnológicas, modernização da economia e mudanças socioeconômicas. Ressaltam ainda, que as forças motrizes indicadas em cada contexto atuariam de forma conjunta e sinérgica, evidenciando a multidimensionalidade que envolve o processo da transição florestal. Este fenômeno, inicialmente identificado com maior frequência nos países da América do Norte e Europa, também passou a ocorrer em países da América Latina, África e Ásia. Entretanto Lambin e Meyfroidt (2009) sugerem que a transição florestal em países em desenvolvimento apresentaria motivações distintas daquelas verificadas nos países desenvolvidos.

A investigação sobre os fatores determinantes da transição florestal em países em desenvolvimento envolve obrigatoriamente o Brasil, que abriga a maior parte da Floresta Amazônica, maior floresta tropical do planeta, além de *hotspots* de biodiversidade como a Mata Atlântica e o Cerrado (Myers et al. 2000). O país apresenta cerca de 55% de seu território coberto por florestas, mas tão representativo quanto seu percentual de cobertura florestal é o volume de desmatamento: o país perdeu de 2000 a 2005 cerca de 164.000 km², uma área equivalente a quase metade do território alemão (Hansen et al. 2010). Entretanto, os resultados sobre o monitoramento florestal realizado pela FAO (2010), indicam uma redução da taxa de desmatamento no Brasil, que passou de 29.000 km²/ano na década de 1990 para 26.000 km²/ano na última década.

Considerando a urbanização e industrialização, fatores apontados por Rudel et al. (2005) como determinantes para o processo de transição florestal, seria esperado que dentre os estados brasileiros, São Paulo fosse o estado com maior probabilidade de constatação do fenômeno da transição florestal, pois é o estado mais industrializado e

urbanizado do país, com índices de desenvolvimento semelhantes aos de países da Europa Ocidental (Biota 2010). De fato, dois estudos que abordam a dinâmica florestal no estado de SP, o Censo Agropecuário do IBGE e o levantamento de cobertura vegetal realizado pelo Instituto Florestal, partindo de metodologias distintas, chegaram a resultados que sugerem a ocorrência da transição florestal no estado de São Paulo.

O Censo Agropecuário estima a cobertura florestal apenas para as propriedades rurais do estado, baseando seu levantamento em informações declaradas pelo proprietário dos imóveis. Os resultados dos censos de 1970, 1985, 1995 e 2006 agregados em escala estadual sugerem que o ganho florestal passa a predominar sobre o desmatamento dentro das propriedades particulares a partir da década de 1990 (Fig. 1a). Por sua vez, o Instituto Florestal (IF), que avalia a cobertura florestal de todo o estado a a partir de técnicas de sensoriamento remoto, com base nos levantamentos de 1971, 1990, 2000 e 2008, também aponta um aumento florestal no estado de São Paulo (Fig. 1b).

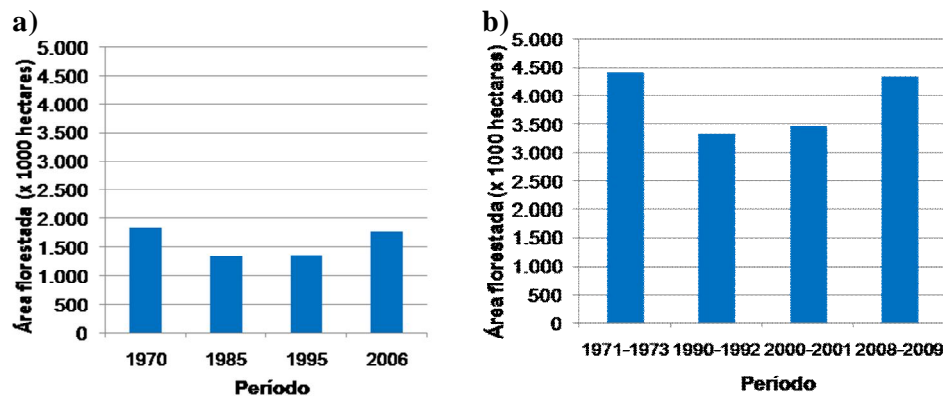


Figura 1. a) Cobertura Florestal das fazendas do estado de SP conforme dados do Censo Agropecuário. Fontes: IBGE (1970, 1985, 1995, 2006). **b)** Cobertura Florestal do Estado de SP conforme dados do Instituto Florestal. Fonte: SMA (2005) e Zorzetto (2010).

Muitos trabalhos assumem o pressuposto de que os resultados das duas metodologias seriam comparáveis (Perz 2007), utilizando frequentemente os dados de censos e de sensoriamento remoto de forma combinada (Rhemtulla et al. 2007). O estudo de caso conduzido por Baptista e Rudel (2006) em Santa Catarina até mesmo extrapola os dados referentes às propriedades rurais do Censo Agropecuário para estimar a cobertura florestal em âmbito estadual.

Entretanto, caso essas metodologias não sejam efetivamente comparáveis, é possível que estes estudos estejam introduzindo algum viés nos resultados. Com isso a convergência de resultados do censo agropecuário do IBGE e do IF seria explicada a partir da hipótese de que a agregação dos dados em escala estadual estaria de alguma forma mascarando ou até mesmo compensando divergências existentes em escala municipal. A transição florestal no estado de São Paulo seria confirmada a partir dos levantamentos florestais do Censo Agropecuário do IBGE e do Instituto Florestal em escala mais refinada (municipal)?

Assim, o objetivo deste estudo é avaliar se os resultados dos levantamentos do Censo Agropecuário e do Instituto Florestal seriam também convergentes em escala municipal, contribuindo para o delineamento de metodologias mais robustas na identificação do fenômeno da transição florestal.

2. Metodologia de trabalho

O foco do estudo em comparar os resultados dos levantamentos do IF e do censo agropecuário do IBGE sob a perspectiva da hipótese da transição florestal levou a restringir a área de estudo aos municípios paulistas no domínio de Mata Atlântica, uma vez que esse domínio é formado predominantemente por formações florestais ao contrário do cerrado, que tem grande contribuição de formações campestres.

Trata-se de um domínio com uma longa história de degradação, classificado atualmente como um dos vinte e cinco hotspots mundiais, por apresentar um elevado número de espécies, inclusive endêmicas, particularmente ameaçadas pelas atividades humanas (Myers et al. 2000). De acordo com Metzger (2009), a supressão desta vegetação esteve relacionada com a exploração econômica de diferentes commodities, resultando em uma vegetação predominantemente secundária e extremamente fragmentada.

Com relação aos levantamentos florestais, foram usados os dados declaratórios de mata nativa do Censo Agropecuário do IBGE relativos aos anos de 1995 e 2006 (IBGE 1995, IBGE 2006), e os dados de sensoriamento remoto de mata nativa do Instituto Florestal, datados de 1990 e 2001 (SMA 2005). Os quatro levantamentos considerados possuem informações detalhadas em nível municipal. Os dados do mapeamento do IF de 1990 estavam disponíveis em formato CAD, entretanto a conversão destes dados para o formato equivalente ao levantamento de 2001 resultou em distorções que inviabilizaram a comparação dos mapeamentos. Assim, tornou-se necessário refazer o mapeamento do IF de 1990 a partir das bases cartográficas do IBGE de 1989, o que foi realizado para uma amostra de municípios do domínio de Mata Atlântica.

Dos 383 municípios paulistas no domínio de Mata Atlântica, foi feita uma amostragem de 40 municípios. A partir da ordenação crescente dos 383 municípios de acordo com a variação de cobertura florestal nativa apontada pelos Censos Agropecuários de 1995 e 2006, foi feita a divisão dos municípios em cinco quantis, seguida de uma amostragem aleatória de municípios dentro de cada quantil. Para os quantis mais extremos, que são aqueles que apresentam os maiores ganhos e as maiores perdas de mata, foi feita uma amostragem de cinco municípios em cada quantil. Já para os quantis centrais, amostrou-se um número maior de municípios, totalizando dez para cada quantil. A menor amostragem nos quantis extremos objetivou minimizar a inclusão de municípios com variações extremas de vegetação, que poderia ter decorrido de alguma eventual distorção nos dados censitários do IBGE.

Em seguida, foi feito o mapeamento dos 40 municípios utilizando o software de geoprocessamento ArcGis (versão 9.2). Para tornar os mapeamentos de 1990 e 2001 comparáveis, ambos foram tratados excluindo os fragmentos menores que 4,0 hectares. Isso foi necessário pois o tamanho mínimo dos fragmentos do mapeamento de 2001 era 2,5 hectares, enquanto o tamanho mínimo confiável do mapeamento de 1990 era de 4,0 hectares.

Após os ajustes dos mapeamentos, foi realizada uma análise comparativa contrapondo as variações da cobertura florestal apontadas pelo Censo Agropecuário de 1995 a 2006 (IBGE 1995, IBGE 2006) com as do Instituto Florestal de 1990 a 2001 (SMA 2005). Estas variações foram calculadas em termos percentuais, a partir dos dados de vegetação do primeiro levantamento de cada período.

Outros ajustes foram feitos com relação aos dados do Instituto Florestal, a fim de permitir uma melhor comparação com os dados do Censo Agropecuário. Considerando que um município poderia ser representado pelas categorias: área urbana, área de fazendas, área de unidades de conservação e outros, pode-se dizer que o IBGE só diz respeito à categoria “área de fazendas”, ao contrário do IF que contemplaria todas as

categorias do município. Tendo em vista a necessidade de tornar comparáveis as áreas avaliadas pelos dois levantamentos e tomando como base esta categorização proposta para o uso das terras dos municípios, foram feitos alguns descontos com relação à vegetação mapeada pelo IF.

As áreas de vegetação detectadas pelo IF dentro de Unidades de Conservação foram descontadas do valor total de área florestada estimada pelo IF para o município, devido ao fato destas áreas não serem contemplados no censo agropecuário. Com relação à categoria “áreas urbanas”, assumiu-se o pressuposto de que para estes quarenta municípios, a vegetação mapeada pelo IF dentro de áreas urbanas seria irrelevante, assim nenhuma das duas metodologias incorporou esta categoria em suas estimativas florestais.

Em decorrência destes descontos, os valores de área florestada apontada pelo IF não dizem mais respeito ao município como um todo, mas sim a uma parcela do município, contemplado somente as categorias “áreas de fazenda” e “outros”. Esta última categoria consiste em outros usos do solo, relacionados por exemplo a propriedades particulares não amostradas pelo Censo e condomínios em área rural. Caso fosse possível descontar a vegetação detectada pelo IF para esta categoria, poder-se-ia equiparar a área avaliada pelo Censo Agropecuário com a do Instituto Florestal. E devido a esta limitação, com a finalidade de esclarecer possíveis divergências de resultados entre as metodologias, foi feito o cálculo de correlação de Spearman entre a categoria “outros” (que seriam áreas não contempladas pelo Censo Agropecuário e não descontadas do mapeamento do IF) e o módulo do desvio entre as variações de cobertura florestal apontadas pelas duas metodologias.

3. Resultados e Discussão

A comparação das variações da cobertura florestal do IBGE com as do IF, mostrou que os dois levantamentos indicaram resultados conflitantes para vinte três municípios, de um total de quarenta, o que significa dizer que, para este grupo de municípios, se um levantamento sugere recomposição florestal com ganho de mata, o outro indica o contrário, o predomínio de desmatamento com perda de mata (Tab.1).

Tabela 1. Comparação entre as tendências apontadas pelo Censo Agropecuário (IBGE) e Instituto Florestal (IF) com relação à dinâmica florestal dos quarenta municípios amostrados. Em destaque (*) está a quantidade de municípios que apresentaram tendências conflitantes entre os levantamentos.

		IF			
		Perda		Ganho	
IBGE	Ganho	(18)*		(9)	
		Álvares Machado Arujá Birigui Bom Jesus dos Perdões Ilha Solteira Itapirapuã Paulista	Jarinu Morungaba Nazaré Paulista Poá Potim Santa Albertina	Santa Gertrudes Santo Anastácio Santo André Severínia Tuiuti Valinhos	Cunha Iperó Irapuã Jambeiro Mesópolis
	Perda	(8)		(5)*	
		Bady Bassitt Cotia Euclides da Cunha Paulista Ourinhos	Rafard Santa Fé do Sul Tietê Urânia	Irapuru Jaci Pedrinhas Paulista	São Luís do Paraitinga Tupi Paulista

Analisando a variação da cobertura florestal apontada pelos dois levantamentos (IF e IBGE) e comparando suas magnitudes, constatou-se que mesmo quando os levantamentos convergem com relação às tendências apontadas (ganho ou perda de

vegetação), há uma grande discrepância entre as magnitudes das variações. A linha verde tracejada na figura 2 indica o resultado esperado se os dois levantamentos apontassem exatamente as mesmas tendências (ganho ou perda) e as mesmas magnitudes de variação. O resultado observado neste estudo é representado pela linha de tendência vermelha contínua, que expressa um resultado oposto ao esperado.

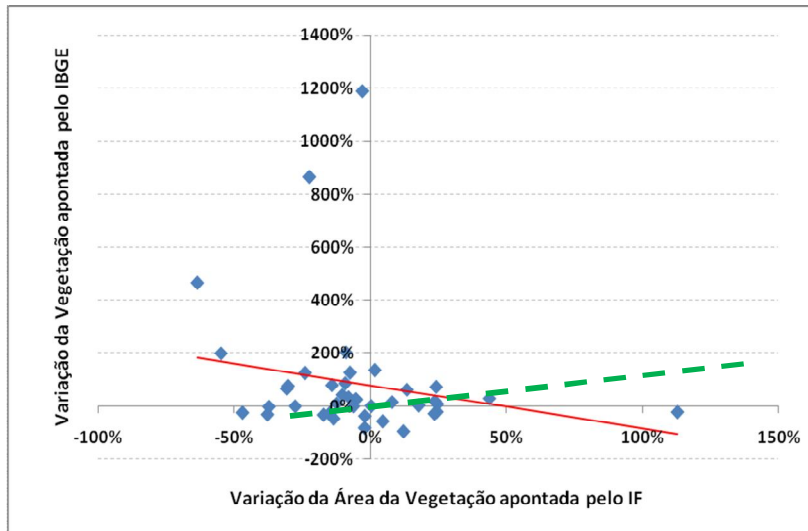


Figura 2: Comparação da variação de cobertura florestal em termos percentuais entre as metodologias do IBGE e do IF. Em vermelho contínuo, a linha de tendência mostrando a relação existente entre as metodologias, e em verde tracejado, os valores que seriam esperados para esta relação.

O estudo contemplou quarenta municípios do estado de SP, o que corresponde a 10% do total de municípios do domínio de Mata Atlântica, e tendo em vista os resultados obtidos, pode-se dizer que os levantamentos do Censo Agropecuário e do Instituto Florestal não apresentaram resultados convergentes com relação a dinâmica florestal dos municípios estudados.

A divergência entre os levantamentos poderia decorrer do fato do Instituto Florestal mapear áreas não contempladas pelo Censo Agropecuário, as quais poderiam apresentar uma dinâmica florestal bastante distinta daquela existente dentro das fazendas. Estas áreas estão denominadas como “outros” conforme a categorização proposta para o uso das terras dos municípios. Neste caso, seria esperado que municípios com grande percentual de ocupação agrícola apresentassem resultados semelhantes com relação aos levantamentos, pois nesta situação haveria uma grande sobreposição entre as áreas avaliadas. Porém, mesmo para este grupo de municípios, a convergência de resultados não foi verificada. A área do município classificada como “outros” (não representada por UCs, área urbana e área de propriedades rurais) não apresentou correlação significativa com o módulo do desvio entre a variação de vegetação florestal estimada pelo IBGE e pelo IF (0,16; $p > 0,05$).

Outro fator que poderia estar relacionado a esta divergência diz respeito à defasagem temporal existente entre os períodos considerados por cada levantamento. Uma diferença de cinco anos é pouco relevante em termos de formação florestal, porém é bastante significativa em termos de desmatamento. Se houvesse disponibilidade de levantamentos do IBGE e do IF com datas coincidentes de início e de fim, esse viés seria contornado.

É fundamental que os levantamentos de dinâmica florestal sejam realizados de forma sistematizada, o que não ocorreu nos levantamentos do Instituto Florestal no período analisado, pois a cada levantamento foram feitas alterações quanto à resolução das imagens, critérios de mapeamento, e quanto ao tamanho mínimo dos fragmentos analisados. Estas inovações tecnológicas, se por um lado melhoram a resolução das imagens, por outro podem introduzir algum tipo de viés nos resultados, não retratando de forma efetiva o comportamento da vegetação ao longo do tempo.

Os resultados deste estudo chamam a atenção para a possível distorção incorporada em trabalhos que extrapolam os dados do Censo Agropecuário (vegetação natural dentro de fazendas) para estimar o total de vegetação natural municipal ou estadual. Um dos trabalhos pioneiros sobre transição florestal no Brasil utiliza este recurso, pois para investigar a ocorrência deste fenômeno no estado de Santa Catarina, Baptista e Rudel (2006) utilizam os dados do censo agropecuário para inferir mudanças na cobertura florestal do estado.

Outros trabalhos utilizam de forma conjunta, dados baseados em censo e em sensoriamento remoto, como é o caso da FAO (Food and Agriculture Organization) que através do programa Global Forest Resources Assessment, faz o monitoramento da cobertura florestal de diversas nações, promovendo análises comparativas e ranqueando os países conforme sua situação em termos de preservação florestal. Perz (2007) critica este tipo de avaliação, devido a não equivalência entre as metodologias (dados declaratórios, sensoriamento remoto e outras) consideradas em cada nação. Neste sentido, para analisar a dinâmica florestal de Wisconsin, nos USA, Rhemtulla et al. (2007), também promovem esta mistura de metodologias, utilizando dados de sensoriamento remoto para datas mais recentes e dados semelhantes ao Censo Agropecuário para datas mais remotas.

Tendo em vista que este trabalho apontou divergências entre levantamentos que utilizam metodologias diferentes, a extrapolação dos dados de censo para escalas mais abrangentes e a mistura de metodologias baseadas em censos agrícolas e sensoriamento remoto, tornam-se questionáveis e podem introduzir um viés nas análises, devendo portanto ser evitadas.

4. Conclusões

Tomando como base os quarenta municípios analisados no estudo, a convergência dos resultados do Censo Agropecuário e do Instituto Florestal inicialmente observada para o estado, não foi verificada em escala municipal, o que indica que a agregação dos dados em escala estadual provavelmente mascara divergências existentes em escala mais refinada. Estes resultados revelam que os resultados das duas metodologias são bastante distintos, não recomendando que sejam usados fora de sua área original de estudo e de forma conjunta. A divergência dos resultados para a escala municipal não permite confirmar a hipótese de transição florestal no estado de São Paulo, relacionando a identificação deste fenômeno no estado a possíveis artefatos metodológicos.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer à FAPESP, CAPES e CNPQ pelo apoio financeiro a este estudo.

Referências bibliográficas

Baptista, S.R. and Rudel, T.K. A re-emerging Atlantic forest? Urbanization, industrialization and the forest transition in Santa Catarina, southern Brazil. **Environmental Conservation** v.33, n.3, p. 195 – 202, 2006. ok

Bensusan, N. **Seria Melhor mandar ladrilhar?: Biodiversidade - como, para que e por quê.** Brasília: Peirópolis, 2008. 418 p.

Biota/FAPESP Disponível em: <<http://www.biota.org.br/info/saopaulo/index>> Acesso em 10/ jun/2010

Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO
Disponível em: <<http://www.fao.org/forestry/fra/en/>> Acesso em 06/jun/2010

Farley, J. Conservation through economic lens. **Environmental Management** v.45, p. 26-38, 2010.

Hansen, M. C., Stehman, S.V. Potapov, P.V. Quantification of global gross forest cover loss. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 2009

IBGE **Censo Agropecuário** 1970. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE São Paulo, Brasil

IBGE **Censo Agropecuário** 1985. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE São Paulo, Brasil.

IBGE **Censo Agropecuário** 1995/96. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE São Paulo, Brasil: <http://www.ibge.gov.br>

IBGE **Censo Agropecuário** 2005/06. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE,. São Paulo, Brasil: <http://www.ibge.gov.br>

Koop, G. and Tole, L. Deforestation, distribution and development. **Global Environmental Change** v.11, n.3, p. 193 – 202, 2001.

Lambin, E.F. and Meyfroidt, P. Land use transitions: Socio-ecological feedback versus socio-economic change. **Land Use Policy** v. 27, p. 108–118, 2010

Metzger, J. P. Conservation issues in the Brazilian Atlantic forest. **Biological Conservation** v. 142, p. 1138 – 1140, 2009.

Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., da Fonseca, G.A.B. and Kent, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature** v. 403, p.853–858, 2000.

Perz, S. G. Grand Theory and Context-Specificity in the Study of Forest Dynamics: Forest Transition Theory and Other Directions. **The Professional Geographer** v. 59, n. 1, p. 105 – 114, 2007.

Rhemtulla, J. M., Mladenoff, D.J. and Clayton, M.K. Legacies of historical land use on regional forest composition and structure in Wisconsin, USA (mid-1800s–1930s–2000s) **Ecological Applications**, v. 19, n. 4, p. 1061–1078, 2009.

Rudel, T.K., Coomes, O., Moran, E., Achard, F., Angelsen, A., Xu, J. and Lambin, E. Forest transitions: towards a global understanding of the land use change. **Global Environmental Change** v. 15, p. 23–31, 2005.

SMA – Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Inventário florestal da vegetação natural do estado de São Paulo. Imprensa Oficial, São Paulo, Brasil, 200 pp, 2005.

Zorzetto, R. O verde clandestino: Vegetação nativa do estado de São Paulo cresce pela segunda década seguida e volta a ocupar área similar à dos anos 1970. **Revista FAPESP** - Edição 170, 2010 Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/?art=4102&bd=1&pg=1&lg=>>> Acesso em 20.abr.2010