

## Modelagem da dinâmica do uso e ocupação do solo (1985–2011) na sub-bacia hidrográfica do Rio Novo-SP: Land Change Modeler-LCM

Anderson Antonio da Conceição Sartori<sup>1</sup>

Vanessa Durante Polonio<sup>1</sup>

Rodrigo Navarro Argentin<sup>1</sup>

Célia Regina Lopes Zimback<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista - UNESP/FCA

Grupo de Estudos e Pesquisas Agrárias Georreferenciadas - GEPAG

Caixa Postal 237 - 18610-307 - Botucatu - SP, Brasil

sartori80@gmail.com, van\_polonio@hotmail.com, rodrigo.arginin@hotmail.com

czimback@gmail.com

**Abstract.** This paper had the objective to identify the processes of land use and cover changing by multitemporal analysis of Landsat TM images of 1985 and 2011 and through the Land Change Modeler module LCM-Idrisi Selva. It was observed during the 26 years the advancement of the urban area, the high demand of reforestation and reducing areas of native forest and pasture. In 1985 the urban area of Itatinga city was 134 ha, with urban sprawl had a gain totaling 166.3 ha 283.7 ha in 2011. The class was reforestation of 106.8 ha in 1985 rising to 598.5 ha in 2011. The results presented in this study, data gain, loss and persistence of classes of land use between the years studied, identified major changes in terms of quantity and spatial distribution. In this sense the Land Change Modeler module-LCM processes has the potential to predict when it relates to changes in land use and occupation. The temporal analysis from 1985 to 2011 enabled a better understanding of the environmental pressures to natural areas. This process proved to be of great importance since the change in complex and dynamic environments occur not only in its biological or natural, but also involves various aspects of anthropogenic and their interrelationships.

**Palavras-chave:** remote sensing, watershed, spatiotemporal changes, landscape, sensoriamento remoto, bacia hidrográfica, mudanças espaço temporal, paisagem.

### 1. Introdução

O conhecimento das dinâmicas de transformação do uso e cobertura do solo mostra-se cada vez mais importante para compreensão do espaço, possibilitando inferir tendências de cenários futuros (Brannstrom et al., 2008). No Brasil, grandes transformações em seu espaço foram decorrentes do desenvolvimento do setor agrícola, devido, principalmente, à abertura e estabilização da economia e à expansão do crédito (Helfand e Resende, 2003; IICA, 2007).

A preocupação com o uso da terra e com a mudança da cobertura vegetal vem crescendo rapidamente no meio científico, pois, as formas como as quais esses dois fatores estão sendo manipulados influenciam muito o modo de vida humano (Candido et al, 2010).

Com levantamentos do uso e cobertura do solo, os padrões de organização do espaço podem ser compreendidos e podem-se observar as consequências do uso inadequado da terra (Rosa, 2001). O uso do solo raramente permanece inalterado. Assim, existe a necessidade de atualização constante dos registros de uso e cobertura do solo, para que suas tendências possam ser analisadas (Loch, 1993).

Para obtenção e análise da caracterização dos padrões de mudanças de uso e cobertura de solo, mostra-se importante atrelar dados advindos de sensores remotos (Brannstrom et al., 2008). Esta tecnologia permite realizar medições da vegetação e cultivos em diferentes escalas temporais e espaciais. Dados provenientes de diferentes sensores orbitais e aerotransportados encontram-se disponíveis para pesquisas, onde se incluem a obtenção e análise de imagens multitemporais.

Em muitos estudos de análise temporal a periodicidade da aquisição dos dados tem sido determinada de acordo com a disponibilidade de imagens de satélite com qualidade aceitável (Coppin; Bauer, 1994). Porém, os avanços tecnológicos recentes indicam melhora contínua

nos procedimentos de captura e análise de informação sobre detecção de mudança no ecossistema utilizando-se imagens digitais de satélite (Coppin et al., 2004).

As técnicas de geoprocessamento inseridas no campo do sensoriamento remoto se mostra determinante para planejar e gerenciar o uso das áreas estudadas. Além disso, essas técnicas são imprescindíveis para se analisar as mudanças temporais do uso da terra e fornecer ao planejador informações importantes a cerca das tendências de ocupação de determinado território. O emprego de modelos matemáticos ajuda a entender o processo de mudanças no uso e cobertura da terra e a prever alterações futuras, gerando importantes contribuições científicas ao planejamento ordenado de uma área (Câmara e Monteiro, 2003).

A simulação pode antever prováveis eventos em uma determinada área de acordo com as suas peculiaridades e simular cenários futuros. Neste sentido, o propósito da modelagem dinâmica é simular as mudanças espaço-temporais atreladas a uma região, permitindo o entendimento das variáveis que influenciam a mudança, para assim ter uma visão de como a paisagem evoluiu (Dias, 2011).

Este trabalho teve como objetivo identificar os processos de mudanças no uso e ocupação do solo por meio de análises multitemporais utilizando as imagens Landsat TM dos anos de 1985 e 2011 e através do módulo *Land Change Modeler-LCM* do Idrisi Selva. O módulo foi utilizado principalmente no que diz respeito à predição de mudanças e ser um processo rápido com resultados confiáveis.

## 2. Material e Métodos

### 2.1 Área de estudo

O trabalho foi realizado na sub bacia do Rio Novo localizada no município de Itatinga – SP (Figura 1), entre os paralelos 23° 05' 00" S e 23° 08' 47" S e os meridianos 48° 37' 30" W.G. e 48° 33' 45" W.G. O clima local é do tipo mesotérmico úmido com verão quente (Cfa), segundo classificação de Koppen, com precipitação média mensal do mês mais seco entre 30 e 60 mm, precipitação média anual de 1635 mm. A umidade relativa média anual de 83,3% e a temperatura média anual é de 19,4°C (Vieira, 1998).

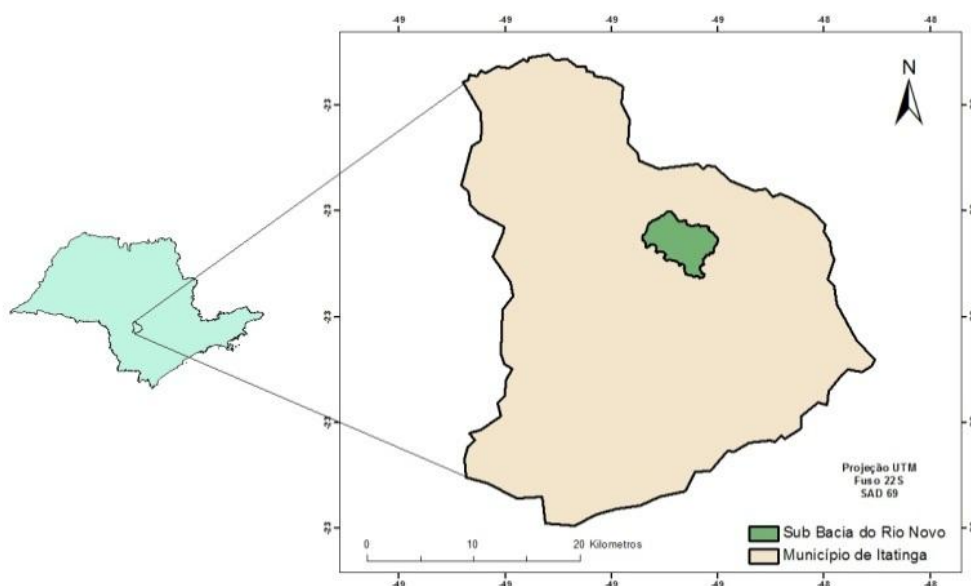


Figura 1. Localização da Bacia do Rio Novo no município de Itatinga, SP.

A vegetação do município de Itatinga, de uma maneira mais ampla, e classificada como Floresta Estacional Semidecidual, ecossistema pertencente predominantemente ao bioma Mata Atlântica, caracterizado pela dupla estacionalidade climática, apresentando verões quentes e úmidos seguidos invernos secos e frios (Pisani, 2009).

## **2.2 Material cartográfico**

Para a vetorização das curvas de nível, foram utilizadas as cartas planialtimétricas do IGC em escala 1:10.000, com equidistância vertical entre as curvas de nível de 05m. As cartas foram editadas em 1977 pelo Instituto Geográfico Cartográfico (IGC, 1977).

## **2.3 Imagens orbitais**

Para o processamento digital das imagens (PDI) foi utilizado o programa Idrisi Selva e imagens de satélite do sistema orbital TM/Landsat 5 com Órbita 220 e ponto 76, de 13/10/1985 e 19/09/2011. Ambas possuem 0% de cobertura de nuvens e foram adquiridas no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

## **2.4 Uso e cobertura do solo (1985 e 2011)**

O procedimento utilizado seguiu as seguintes etapas: registro de imagem, realce de contraste, classificação, saída de campo e classificação final, que serão descritas a seguir:

1) Registro de imagem: o processo de georreferenciamento da imagem compreende uma transformação geométrica que relaciona as coordenadas da imagem (linhas e colunas) com as coordenadas do sistema de referência utilizado, neste caso, o sistema Universal Transverse Mercator (UTM) de coordenadas métricas, com o Datum Horizontal SAD-69.

2) Realce de contraste: para uma melhor interpretação visual da imagem por parte de quem esta realizando o trabalho foi aplicado esse segmento no pré-processamento, ou seja, antes da extração das assinaturas espectrais, já que as imagens possuem um baixo contraste.

3) Classificação: foram digitalizados os polígonos em áreas específicas para caracterizar os diferentes tipos de uso e cobertura do solo que estão presentes na imagem de satélite, o método utilizado foi classificação em tela.

4) Saída de campo: para a classificação realizada com a imagem de 2011 foram realizadas saídas de campo para conferir se as informações que haviam sido geradas eram coerentes com a realidade encontrada no Sub Bacia do Rio Novo, município de Itatinga-SP. Para a imagem de 1985 foi utilizada fotografia aérea de 1985 para auxiliar na classificação.

5) Classificação Final: elaboração do mapa temático de vegetação e uso do solo de 1985 e 2011.

## **2.5 Modelo numérico do terreno**

O Modelo Digital de Elevação do Terreno (MDT) é utilizado para modelagem de informações de altimetria ou propriedades do solo, sendo importante, dentre outros fatores, para análises da superfície e subsuperfície do terreno.

Foram determinados os valores entre as curvas de nível através da interpolação dos dados, pelo método da modelagem *Triangulated Irregular Network* (TIN), sendo a estrutura mais comum utilizada para modelagem de superfícies contínuas usando dados vetoriais. Através da triangulação, os valores das altitudes foram utilizados como vértices na geração de triângulos, resultando na triangulação da área da bacia hidrográfica. Finalmente, foi gerado um modelo *raster* da superfície onde os topos de morros e depressões são modeladas de acordo com as tendências dos dados mais próximos.

## 2.6 Modelagem da mudança do uso e cobertura do solo

Foram elaborados os mapas de uso do solo, através da interpretação visual das imagens de satélites Landsat de 1985 e 2011. Os mapas gerados foram inseridos no módulo *Land Change Modeler*-LCM do Idrisi Selva, e esta geraram os mapas de ganho, perda e persistência das classes de uso do solo entre os anos estudados, bem como os mapas de transição e trocas entre classes de uso do solo no período considerado, o que permitiu identificar as mudanças no uso da terra, em termos de quantidade e na sua distribuição espacial.

## 3. Resultados e Discussão

Os mapas temáticos de uso e cobertura do solo dos anos de 1985 e 2011 (Figura 2) da Bacia do Rio Novo, Itatinga, SP foram elaborados para analisar a dinâmica de uso e cobertura vegetal, equivalente à área classificada de 2.269,6 ha. A partir da metodologia utilizada, foi identificada uma dinâmica de ganhos e perdas nas classes de uso, observado nas Figuras 3 e 4, e constatado pelos valores absolutos na Tabela 1.

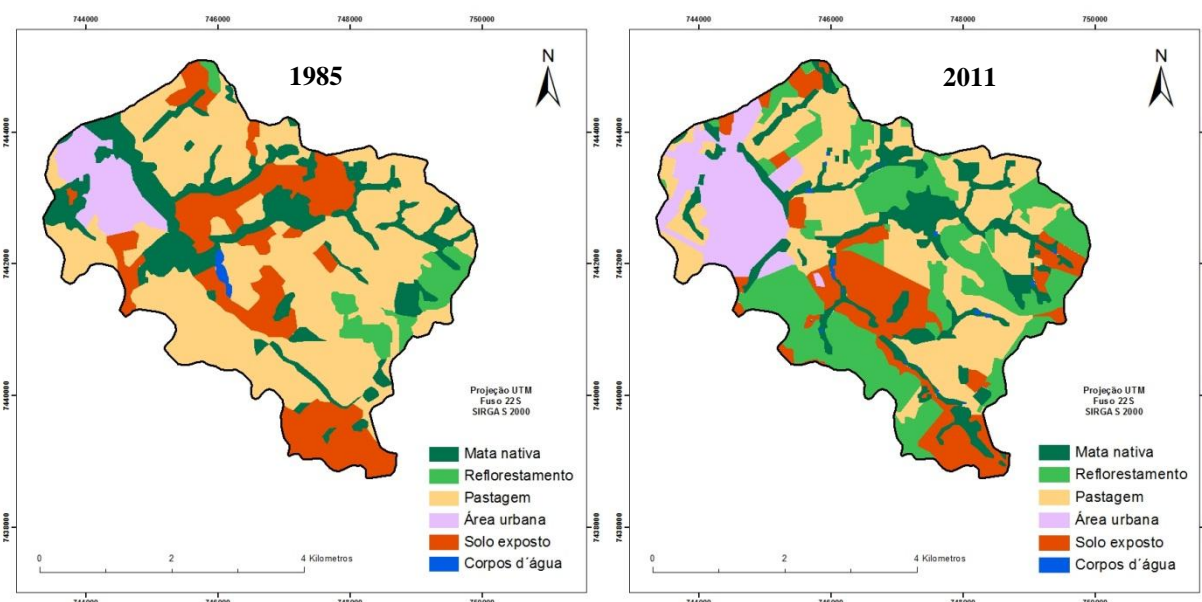


Figura 2. Uso e ocupação do solo nos anos de 1985 e 2011 da Bacia do Rio Novo, Itatinga, SP.

Analisando os mapas é possível perceber o avanço da área urbana, a grande demanda do reflorestamento e a redução de áreas de mata nativa e pastagem.

Em 1985 a área urbana do município de Itatinga era de 134 ha, com a expansão urbana teve um ganho de 166,3 ha totalizando 283,7 ha no ano de 2011, como mostra a Tabela 1. A expansão urbana esta relacionada às mudanças sociais, econômicas e ecológicas, que vem provocar mudanças na paisagem, resultando em impactos ambientais.

Geralmente esses impactos ambientais agregam vários fatores, ligados basicamente ao uso e ocupação informal do solo, ao crescimento da malha urbana sem o acompanhamento adequado de recursos de infraestrutura e a expansão imobiliária. Assim, áreas inadequadas, como APP's, são ocupadas pela população, acarretando o comprometimento dos recursos ambientais, com prejuízo para a sociedade como um todo, especialmente os que são obrigados a conviver dia a dia em situação precária (Carvalho e Pereira, 2006).

Outro tipo de ocupação que obteve um grande avanço neste período na sub-bacia do Rio Novo foi o reflorestamento em substituição as áreas de pastagem. A classe de reflorestamento era de 106,8 ha em 1985 passando para 598,5 ha em 2011.

O município de Itatinga e arredores, originalmente, eram ocupados por áreas de cerrado *sensu lato* e trechos de Floresta Estacional Semidecidual. Atualmente essas áreas constituem-se manchas isoladas, em situação onde o relevo ou as características do solo impediram o desenvolvimento da agricultura. A principal atividade econômica da região é o reflorestamento comercial com espécies exóticas, que vem aos poucos substituindo as antigas fazendas destinadas à pecuária. Essa região já é considerada como a de maior concentração de plantações de eucalipto do Estado (Ivanauskas et al., 2002)

No período analisado de 26 anos, classes de uso persistiram ao longo do tempo como mostra a Figura 3. Algumas classes como a pastagem, mata nativa e solo exposto além de perderem grande parte de sua área, foram às classes que mantiveram maior persistência. Segundo os dados da (Tabela 1) os valores de persistência foram: pastagem 483,6 ha, mata nativa 188,2 ha e solo exposto 164,3 ha.

Deve-se ressaltar que as persistências das classes de uso está diretamente ligada à manipulação e formas de manejo que o homem define o ambiente, onde as ações antrópicas definem o grau de dano que o ecossistema pode ser submetido, seja sobre o ponto de vista positivo buscando a produtividade ou negativo comprometendo a conservação dos recursos naturais.

A Figura 4 demonstra os ganhos e perdas das diferentes classes em relação à classe de mata nativa. Os valores estão quantificados na Tabela 1, onde os ganhos foram de 154 ha e perdas de 227,9 ha, resultando no índice negativo durante o período analisado. Um dos fatores que vem contribuindo para o aumento desse índice negativo, é a falta de conscientização dos pequenos e grandes produtores rurais que vem desmatando cada vez mais para aumentar sua área de cultivo.

Tabela 1. Área de uso e ocupação por classe nos dois períodos e suas análises de ganho, perda e persistência da Bacia do Rio Novo, Itatinga – SP.

Classes de uso	Área 1985 (ha)	Área 2011 (ha)	Ganhos	Perdas	Persistência
Mata nativa	416,1	342,2	154	227,9	188,2
Reflorestamento	106,8	598,5	572,8	81,1	25,7
Pastagem	1.153,3	694,6	211	669,7	483,6
Área urbana	134	283,7	166,3	16,6	117,4
Solo exposto	451	343,7	179,4	286,7	164,3
Corpos d'água	8,4	6,9	4,9	6,4	2
Total	2.269,6	2.269,6	1.288,4	1.288,4	981,2

Na Figura 5 estão quantificadas as principais classes de uso do solo que contribuíram para a perda e ganho das áreas de mata nativa na sub-bacia do Rio Novo. As classes que contribuíram para perda foram: classes de Área Urbana (70,2 ha), Pastagem (69,7 ha) e Reflorestamento (61,3 ha). As classes que contribuíram para o ganho foram: pastagem (83,3 ha) e solo exposto (47,3 ha).

A urbanização e o avanço das áreas agrícolas são os processos antrópicos que mais provocam impactos ao meio ambiente. Trata-se de um conjunto de ações que tem consequências preocupantes, tanto sociais quanto ambientais (Tucci e Bertoni, 2003).

A mata nativa cumpre funções ecológicas muito importantes para o equilíbrio ambiental. Ela protege o solo dos impactos das águas das chuvas, evitando o deslocamento das partículas do mesmo para o leito d'água. Sem cobertura vegetal podem ocorrer também outros problemas, como: perda da qualidade da água; erosão e perda de nutrientes do solo; assoreamento dos rios (contribuindo para ocorrência de enchentes); alteração do clima local (as plantas têm capacidade de absorção de calor); perda da biodiversidade, entre outros.

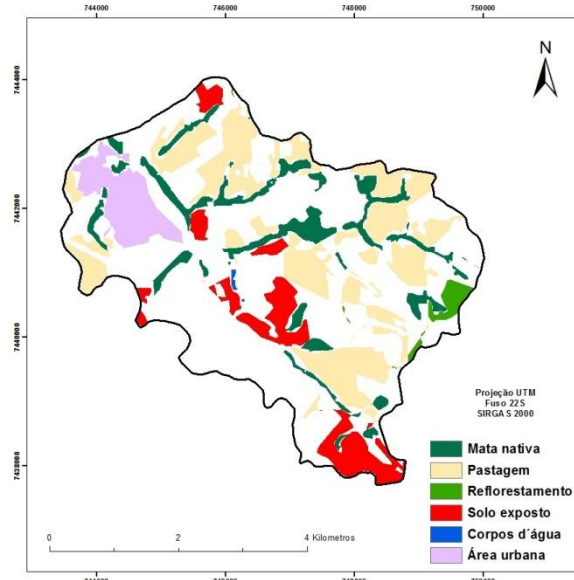


Figura 3. Mapa de persistência das classes de uso no período de 1985 a 2011 localizada na Bacia do Rio Novo, Itatinga – SP.

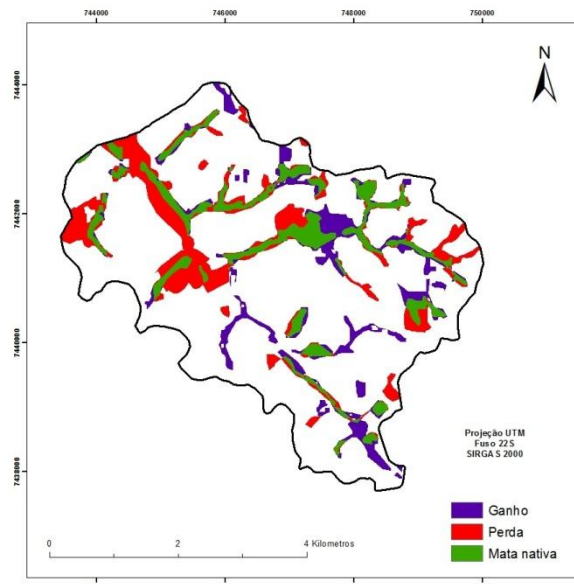


Figura 4. Mapa de ganho, perda e área persistente da classe de Mata Nativa entre o período de 1985 a 2011 localizada na Bacia do Rio Novo, Itatinga – SP.

As áreas de pastagem contribuíram para o ganho em mata nativa, pois existem muitas áreas de pastagem em níveis de degradação onde se encontram com espécies em regeneração, principalmente em áreas de borda dos fragmentos de floresta, com muitas espécies pioneiras, típica de capoeira.



Figura 5. Gráfico das áreas (ha) ocupadas pelas classes que contribuiram para a perda e ganho da Mata Nativa, respectivamente.

Uma das principais características dessas florestas secundária é que podem apresentar elevada densidade de espécies invasoras, especialmente cipós, capazes de inibir a regeneração das espécies arbustivo-arbóreas nativas (Tabarelli e Mantovani, 2000) pela alteração das condições ambientais causadas pela exploração da floresta, sobretudo, com relação à incidência de radiação solar pela abertura do dossel.

#### 4. Conclusões

Os resultados apresentados neste estudo, dados de ganho, perda e persistência das classes de uso do solo entre os anos estudados, permitiu identificar as principais mudanças, em termos de quantidade e na sua distribuição espacial. Neste sentido o módulo *Land Change Modeler-LCM* tem potencial para processos de predição no que se diz respeito às mudanças de uso e ocupação do solo, principalmente para pequenas áreas que possuem escassez de recursos, mas os dados de entrada devem ser cuidadosamente preparados para obterem-se resultados coerentes.

A análise temporal no período de 1985 á 2011 possibilitou um melhor entendimento das pressões ambientais às áreas naturais. Este processo mostrou-se de grande importância visto que a complexa e dinâmica modificação nos ambientes não apenas ocorrem em seus aspectos biológicos ou naturais, mas também envolve diversos aspectos antropogênicos e suas inter-relações. Sendo assim as modificações nos padrões da paisagem ao longo do tempo, na sub-bacia do Rio Novo município de Itatinga-SP esta relacionada ao histórico de ocupação da área e aos aspectos culturais da população.

Estudos subsequentes na sub-bacia são de grande importância para um maior esclarecimento das interfaces entre modificações da paisagem e a dinâmica biológica e cultural.

#### 5. Referências

- Brannstrom, C.; Jepson, W.; Filippi, A. M.; Redo, D.; Xu, S.; Ganesh, S. Land change in the Brazilian Savanna (Cerrado), 1986-2002: **Comparative analysis and implications for land-use policy**. In: Land Use Policy 25 (2008) 579-595.
- Câmara, G.; Monteiro, A.M.V. Introdução à modelagem dinâmica espacial. In: SBSR, Simp. Bras. Sens. Remoto. Belo Horizonte, 2003. **Anais...** Belo Horizonte: SBSR, 2003
- Candido, M. Z.; Calijuri, M. L.; Neto, R. F. M. Modelagem do uso, ocupação e desenvolvimento de uma região com a ferramenta Land Change Modeler (LCM) e imagens orbitais, 2010.
- Carvalho, I. M. M. De; Pereira, G. C. (org.) Como anda Salvador e sua Região Metropolitana. Salvador: Edufba, 2006.



Coppin, P.; Jonckheere, I.; Neckaerts, B.; Muys, B.; Lambin, E. Digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review. **International Journal of Remote Sensing**, v. 25, n. 9, p. 1565-1596, mai. 2004.

Coppin, P. R.; Bauer, M. E. Processing of Multitemporal Landsat TM Imagery to Optimize Etraction of Forest Cover Change Features. **IEEE Tansactions on Geoscienceand Remote Sensing**, v. 32, n. 4, p. 920-926, jul. 1994.

Dias, L. T. **Modelagem dinâmica espacial do uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Lago Paranoá – DF: 1998 – 2020**. Brasília, 2011. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília.

Helfand & Resende (2003). Mudanças na distribuição espacial na distribuição de grãos, aves e suínos no Brasil: o papel do Centro-Oeste. In: Padrões Regionais de Crescimento da produção de grãos no Brasil e Papel da Região Centro-Oeste Helfand & Resende (Org.), p. 13-56.

Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura – IICA. **Informe nacional da situação e das perspectivas da agricultura/ 2007**: Brasil, 2007. Disponível em [http://www.iica.org.br/Dosc/Noticias/IICAdivulgaDocumentosRefletemAgriculturaBrasil\\_InformeNacionalBrasil2007.pdf](http://www.iica.org.br/Dosc/Noticias/IICAdivulgaDocumentosRefletemAgriculturaBrasil_InformeNacionalBrasil2007.pdf). Acesso em: 03 de mar. 2009.

Ivanauskas, N. M; Rodrigues, R. R; Nave, A. G. Fitossociologia de um remanescente de Floresta Estacional Semidecidual em Itatinga-SP, para fins de restauração de Áreas Degradadas. **Revista Árvore**. v. 26, n. 1, p. 43-57, 2002.

Loch, C. A interpretação de imagens aéreas: noções básicas e algumas aplicações nos campos profissionais. 2.ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 1993. 120 p. (Série Didática).

Pisani, R. J. **Diagnóstico de ambiência na sub bacia do Rio das Pedras, Município de Itatinga - SP, visando o planejamento sócio conservacionista**, 2009. 173p Dissertação (Mestrado em Agronomia - Energia na Agricultura) - Universidade Estadual Paulista - UNESP, Botucatu. 2009.

Rosa, R. Introdução ao sensoriamento remoto. 4.ed. Uberlândia: Editora da Universidade Federal de Uberlândia, 2001. 210 p.

Tabarelli, M.; Mantovani, W. Gap-phase regeneration in a tropical montane forest: the effects of gap structure and bamboo species. *Plant Ecology*, 148(2): 149-155. 2000.

Tucci, C. E. M.; Bertoni, J. C. (2003). **“Águas urbanas”**. In: TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. (Orgs.). Inundacoes urbanas na America do Sul. Porto Alegre: Editora da Associacao Brasileira de Recursos Hidricos, p. 45. Disponível em: <<http://www.eclac.cl/>>. Acesso em: 18 out. 2012.

Vieira, S. A. **Efeito das plantações florestais (Eucalyptus sp.) sobre a dinâmica de nutrientes em região de Cerrado do estado de São Paulo**. Piracicaba, 1998. 73p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.