

## A dinâmica florestal no pólo agropecuário do nordeste paulista





ISSN 0103-7811

Dezembro, 2011

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Monitoramento por Satélite  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

## ***Documentos 86***

### **A dinâmica florestal no pólo agropecuário do nordeste paulista**

*Luciana Spinelli Araujo  
Célia Regina Grego  
Édson Luís Bolfe  
Oswaldo Tadatomo Oshiro*

Embrapa Monitoramento por Satélite  
Campinas, SP  
2011

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Monitoramento por Satélite**

Av. Soldado Passarinho, 303 – Fazenda Chapadão

CEP 13070-115 Campinas, SP

Telefone: (19) 3211-6200

Fax: (19) 3211-6222

www.cnpm.embrapa.br

sac@cnpm.embrapa.br

**Comitê Local de Publicações**

Presidente: *Cristina Criscuolo*

Secretária-Executiva: *Shirley Soares da Silva*

Membros: *Bibiana Teixeira de Almeida, Daniel de Castro Victoria, Davi de Oliveira Custódio, Graziella Galinari, Luciane Dourado e Vera Viana dos Santos*

Supervisão editorial: *Cristina Criscuolo*

Revisão de texto: *Graziella Galinari*

Normalização bibliográfica: *Vera Viana dos Santos*

Tratamento de ilustrações e editoração eletrônica: *Shirley Soares da Silva*

Foto(s) da capa: *Luciana Spinelli Araujo*

**1ª edição**

1ª impressão (2011): versão digital.

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
Embrapa Monitoramento por Satélite

---

Araujo, Luciana Spinelli

A dinâmica florestal no pólo agropecuário do nordeste paulista / Luciana Spinelli Araujo, Célia Regina Grego, Édson Luis Bolfe, Osvaldo Tadatomo Oshiro. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2011.

21 p.: il. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Documentos, 86).

ISSN 0103-7811.

1. Ambiente socioeconômico. 2. Legislação florestal. 3. Regeneração florestal. 4. Reserva florestal. 5. Uso da terra. I. Grego, Célia Regina. II. Bolfe, Édson Luis. III. Oshiro, Osvaldo Tadatomo. IV. Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento por Satélite (Campinas, SP). V. Título. VI. Série.

CDD 634.956

---

© Embrapa, 2011

## **Autores**

### **Luciana Spinelli Araujo**

Doutora em Ecologia Aplicada, Pesquisadora da  
Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas-SP  
spinelli@cnpm.embrapa.br

### **Célia Regina Grego**

Doutora em Energia na Agricultura, Pesquisadora da  
Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas-SP  
crgrego@cnpm.embrapa.br

### **Édson Luis Bolfe**

Doutor em Geografia, Pesquisador da  
Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas-SP  
bolfe@cnpm.embrapa.br

### **Oswaldo Tadatomo Oshiro**

Doutor em Engenharia Mecânica, Pesquisador da  
Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas-SP  
osvaldo@cnpm.embrapa.br

# Sumário

<b>Introdução</b> .....	7
<b>Hipóteses e objetivos</b> .....	8
<b>A dinâmica florestal no Estado de São Paulo</b> .....	8
<b>Material e métodos</b> .....	9
Área de estudo .....	9
Metodologia.....	10
Compilação de dados.....	10
Dinâmica do uso e cobertura da terra.....	11
Análise da regeneração florestal.....	11
Diagnóstico agro-socioeconômico .....	11
Integração dos dados.....	11
<b>Resultados e discussão</b> .....	12
Dinâmica do uso e cobertura da terra.....	12
A regeneração florestal .....	13
Diagnóstico socioeconômico.....	15
Integração dos dados .....	16
<b>Conclusão</b> .....	20
<b>Referências</b> .....	20

# A dinâmica florestal no pólo agropecuário do nordeste paulistas

---

*Luciana Spinelli Araujo*

*Célia Regina Grego*

*Édson Luís Bolfe*

*Oswaldo Tadatomo Oshiro*

## Introdução

No contexto do histórico de uso e ocupação das terras do Estado de São Paulo, que resultou na perda quase total de suas florestas originais e degradação dos remanescentes, as atividades agropecuárias são identificadas como potenciais condicionantes pela crescente expansão ocorrida nas últimas décadas. Por outro lado, levantamentos atuais, como o realizado pelo Instituto Florestal de São Paulo, demonstram um incremento na área mapeada como vegetação nativa do Estado (ZORZETTO, 2010), com curva ascendente similar às formulações recentes da Teoria da Transição Florestal (RUDEL, 1998; RUDEL et al., 2005). De acordo com essa Teoria, os estoques florestais mudam de modo previsível, com o decréscimo da taxa de desflorestamento e aumento da taxa de regeneração ocorrendo ao longo do tempo, associadas a mudanças na sociedade civil e regulações governamentais que facilitaríamos essa transição.

No Brasil, o Código Florestal de 1965 representou um importante instrumento disciplinador das atividades florestais (BORGES et al., 2009), bem como a Lei nº 6.938 de 1981, que dispôs sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), mas apenas com a promulgação da atual Constituição Brasileira, em 1988, o Direito Ambiental se consolidou. As especificações das Áreas de Preservação Permanente e de Reserva Legal foram dadas posteriormente pela Lei nº 7.803 de 1989 e Medida Provisória nº 2.166-67 de 2001, respectivamente.

Considerando as recentes demandas por certificações ambientais que incentivam o cumprimento da legislação ambiental, as adequações de propriedades voltadas às atividades agropecuárias poderiam refletir na dinâmica do uso e ocupação das terras e, conseqüentemente, na ampliação de áreas de vegetação, bem como nos indicadores socioeconômicos regionais. O entendimento da relação espacial entre essas variáveis – ambientais, sociais e econômicas – torna-se, portanto, essencial para embasar políticas públicas facilitadoras desse processo de regeneração florestal.

No nordeste do Estado de São Paulo, importante pólo do agronegócio, houve intensas alterações de uso da terra associadas às atividades agropecuárias no período entre os anos de 1988 e 2003, em que a área plantada de cana-de-açúcar praticamente dobrou ao mesmo tempo em que houve o declínio de áreas de pastagem (QUARTAROLI et al., 2006). Nesse ambiente diversificado, com áreas também de fruticultura, culturas anuais e manchas urbanas, foi identificado um incremento de vegetação no período, distribuído pelos municípios inclusos nessa região.

## Hipóteses e objetivos

Neste trabalho, foram explorados dados das alterações no uso e cobertura das terras no nordeste do Estado de São Paulo no período de 1988 a 2003 (QUARTAROLI et al., 2006) e informações secundárias oriundas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), visando identificar possíveis relações entre as alterações do uso da terra, especialmente de incremento de vegetação, e fatores agro-socioeconômicos dos municípios. Parte-se da hipótese de que seja possível identificar padrões que resultaram na regeneração florestal.

## A dinâmica florestal no Estado de São Paulo

O Estado de São Paulo tem seu histórico de cobertura florestal associado aos muitos ciclos econômicos - desde a exploração do pau-brasil, a mineração do ouro e diamantes, a criação de gado, as plantações de cana-de-açúcar e café, a industrialização, a exportação de madeira, restando atualmente em torno de 8% de sua área original de vegetação (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2009).

A partir da década de 1980, iniciaram-se os mapeamentos da Mata Atlântica pela Fundação SOS Mata Atlântica, visando identificar os remanescentes florestais desse bioma, e os levantamentos dos Inventários Florestais realizados pelo Instituto Florestal de São Paulo (IF), com o intuito de monitorar a cobertura da vegetação do Estado. Empregando tecnologias de sensoriamento remoto, esses estudos acompanharam um período de acentuada degradação da Mata Atlântica ao longo dos anos. Contudo, dados recentes deste Instituto Florestal demonstram um incremento de vegetação em torno de 25% nas duas últimas décadas (ZORZETTO, 2010).

As causas do desmatamento deste bioma vêm sendo constantemente discutidas (DEAN, 1995, YOUNG, 2005), no entanto os dados sobre quais seriam os agentes desencadeadores da conversão de outros usos da terra, incluindo as atividades agropecuárias, para área florestal ainda são incipientes. De acordo com a teoria da transição florestal, a mudança de comportamento seria um processo multiescalar, afetado por agentes sociais e econômicos em vários níveis, com implicações claras para a regulação do clima, a conservação da biodiversidade e a manutenção dos regimes hidrológicos, como consequência da disponibilidade de áreas com cobertura florestal. Para Lambin e Meyfroidt (2010), dados sociais e ecológicos parecem explicar melhor uma desaceleração do desmatamento e da estabilização da cobertura florestal, enquanto fatores socioeconômicos exógenos contariam mais para o reflorestamento.

Da mesma forma que a histórica devastação da Mata Atlântica esteve relacionada aos ciclos econômicos, esse processo de regeneração florestal pode também estar associado aos fatores socioeconômicos atuais, como as políticas ambientais. De acordo com dados da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, na última década, aproximadamente 280 mil hectares de Reserva Legal e Área Verde foram averbados e uma área de aproximadamente 45 mil hectares foi comprometida com o plantio de mudas (CARRASCOSA, 2008).

Esse tipo de obrigação ambiental poderia, assim, indicar uma alta relação espacial das áreas de transição florestal com outras variáveis, como por exemplo a distância da drenagem, considerando que eventualmente estariam situadas em áreas de preservação permanente. Ainda, os modernos sistemas mecanizados empregados na colheita de cana-de-açúcar podem motivar a concentração do plantio em áreas planas em detrimento de áreas de relevo acidentado também ocupadas anteriormente por esta e outras atividades, com possível relação espacial de áreas de transição florestal com a topografia.

Em relação à consolidação da regeneração, o processo de transição florestal possivelmente não seja decorrente apenas do abandono de seu uso anterior, mas igualmente da sua localização na paisagem local e regional, considerando que quanto mais isolado o fragmento, e reduzida a conectividade da paisagem e sua capacidade de facilitar os fluxos biológicos, menores as possibilidades de migração e recolonização de fragmentos onde houve extinção (METZER, 2007). Deste modo, a relação espacial de áreas abandonadas e passíveis de regeneração teria clara dependência com os tipos e intensidade de uso no entorno e proximidade com outros fragmentos.

Assim, tão importante quanto entender os processos de desmatamento da floresta é compreender o processo inverso que resulta na regeneração florestal e qual a dinâmica de uso e cobertura da terra que direciona para este incremento de vegetação. O conhecimento da transição florestal e seus possíveis agentes socioeconômicos e ambientais, entre outros, e da trajetória de uso da terra, especialmente das atividades agropecuárias, pode, a partir de políticas públicas direcionadas, contribuir para a continuidade do desenvolvimento da agricultura paulista aliado à sustentabilidade ambiental.

## Material e métodos

### Área de estudo

Com área aproximada de 51 mil km<sup>2</sup> e formada por 125 municípios (Fig. 1), dentre eles importantes pólos econômicos como Ribeirão Preto, Barretos e Franca, a área de estudo destaca-se principalmente pela alta produtividade agrícola e geração de renda e empregos, sendo uma região com alto crescimento econômico (QUARTAROLI et al., 2006).

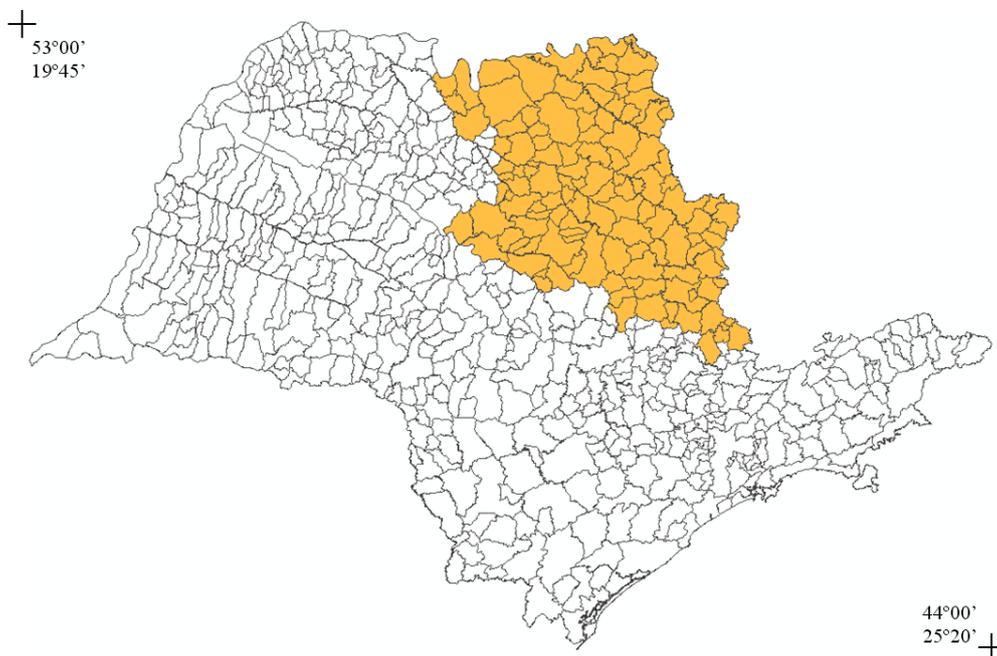


Fig. 1. Localização da área de estudo no Estado de São Paulo.

Na região, prevalecem a Floresta Estacional Semidecidual e o Cerrado (INSTITUTO FLORESTAL, 2005). A primeira, dominada por árvores em três estratos distintos (superior, intermediário e inferior), caracteriza-se pela dupla sazonalidade climática, com o período de intensas chuvas de verão seguido por estiagens acentuadas e com seca fisiológica provocada pelo inverno, com temperatura média de 15°C. No Cerrado se destacam arbustos e árvores de até seis metros de altura, que crescem em regiões planas com períodos de seca acentuada e solos pobres em nutrientes.

## Metodologia

A metodologia, apresentada na Fig. 2, abrange as etapas desenvolvidas no trabalho.

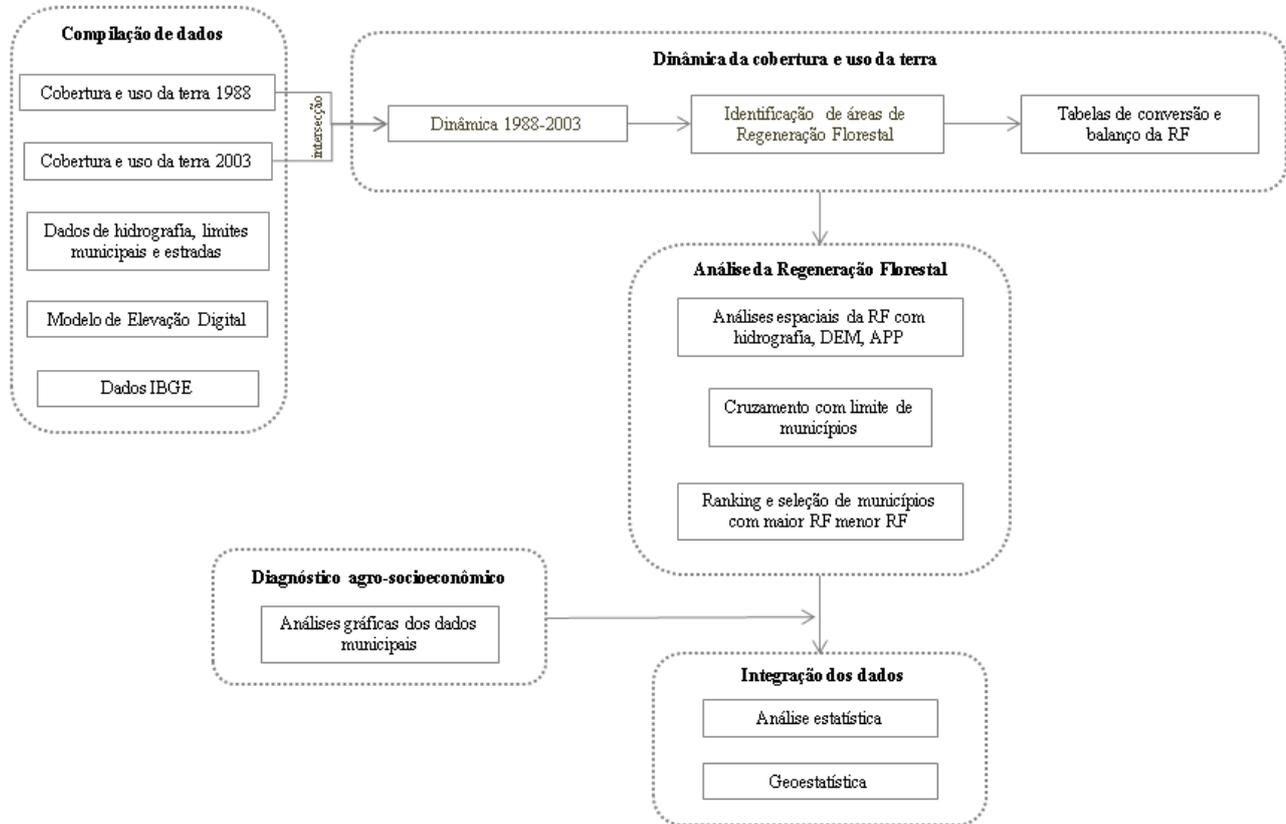


Fig. 2. Fluxograma da metodologia (RF = Regeneração Florestal).

## Compilação de dados

A etapa inicial compreendeu o levantamento e organização de dados secundários disponíveis e posteriormente a complementação desta base com a geração de dados primários. Os dados espaciais foram estruturados em um banco de dados geográficos no *software* ArcGIS, que também foi empregado para as análises espaciais. Os demais dados foram organizados de acordo com o tipo e origem, visando facilitar sua manipulação.

A metodologia do trabalho foi elaborada tendo como material base os arquivos digitais, formato *shapefile*, do mapeamento do uso e cobertura da terra da referida região nordeste do Estado de São Paulo, dos anos de 1988 e 2003, detalhado em Quartaroli et al. (2006), que incluíam 14 classes: cafeicultura, cana-de-açúcar, corpos d'água, cultura anual com pivôs de irrigação, cultura anual, fruticultura, pastagem, remanescentes de vegetação natural, seringueira, silvicultura, vegetação ripária, áreas urbanas, áreas de mineração e outros.

Também foram empregados arquivos digitais, como limites de municípios, hidrografia e estradas do Estado de São Paulo e o Modelo Digital de Elevação (DEM), gerado a partir de imagens ASTER (NASA, 2011). As informações agro-socioeconômicas foram compiladas a partir da base de dados do IBGE (2011).

## **Dinâmica do uso e cobertura da terra**

Os dados espaciais de uso e cobertura da terra de 1988 e 2003 foram processados por operações booleanas do tipo intersecção espacial, resultando na dinâmica de uso para este período. A partir desse dado, foram identificadas as áreas de não vegetação em 1988 convertidas a vegetação em 2003 (classe 'vegetação ripária' somada à classe 'remanescentes de vegetação natural'), denominadas de regeneração florestal. A dinâmica da cobertura e uso da terra resultou na identificação de quais atividades antecederam as áreas de regeneração, gerando tabelas de conversão e balanço da regeneração florestal.

## **Análise da regeneração florestal**

Sobre a base digital de regeneração florestal foram realizadas análises espaciais da localização desses polígonos em relação à hidrografia e estradas, posicionamento no DEM e em relação às Áreas de Preservação Permanente (APP), a fim de verificar possíveis padrões de ocorrência.

Posteriormente, o arquivo de limite de municípios foi sobreposto ao mapa de dinâmica, resultando em um ranking com percentual de regeneração florestal em relação à área municipal. Com base neste dado, foram definidos 20 municípios, sendo 10 com menor taxa de regeneração florestal e 10 com maior taxa, para os quais foram analisadas as informações agro-socioeconômicas.

## **Diagnóstico agro-socioeconômico**

Nesta etapa, foram organizadas as informações do IBGE (2011) para os municípios selecionados, incluindo dados socioeconômicos de 2000 - População Urbana, População Rural e Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), dados agropecuários de Produção em 2002 de soja, cana-de-açúcar e de bovino, além dos dados das principais classes de uso da terra dos levantamentos de 1988 e 2003.

As informações compiladas foram exploradas com geração de figuras e tabelas para visualização e compreensão dos dados referentes às variáveis socioeconômicas destes municípios.

## **Integração dos dados**

As análises foram realizadas em diferentes esferas de dados. Em uma primeira etapa, análises estatísticas visaram analisar a existência de possíveis correlações entre crescimento econômico e mudanças no uso e ocupação da terra. Essa análise foi realizada sobre o resultado da intersecção dos mapeamentos de uso e cobertura da terra e os dados do IBGE, empregando análise estatística multivariada de dados quantitativos e qualitativos, objetivando compreender como o crescimento socioeconômico da região contribui na modificação do uso e ocupação da terra no período analisado. A análise de agrupamento foi realizada visando organizar os dados em grupos para identificar padrões no conjunto de dados referentes aos municípios.

Adicionalmente, foram realizadas análises de correlação e de variabilidade espacial por meio de geoestatística, a fim de verificar a dependência espacial das variáveis selecionadas nas análises estatísticas. Para aquelas que apresentaram dependência espacial, os valores foram interpolados por krigagem, utilizando metodologia desenvolvida por Vieira (2000), com mapas de isolinhas obtidos no *ArcGIS*.

## Resultados e discussão

### Dinâmica do uso e cobertura da terra

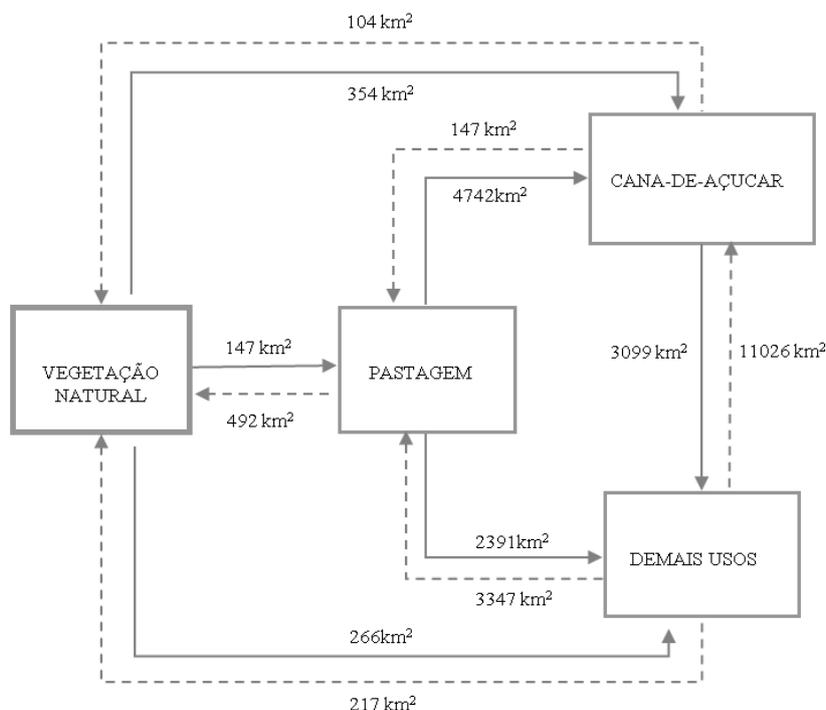
A operação de intersecção espacial dos dois mapeamentos resultou em um arquivo de dinâmica do uso e cobertura da terra para o período entre 1988 e 2003 e a matriz correspondente (Tabela 1). A partir desse dado foram quantificadas as áreas de regeneração florestal, em destaque na Tabela 1, que somaram 81,3 mil ha.

**Tabela 1.** Área (hectares) da dinâmica das classes de cobertura e uso da terra dos 125 municípios da região nordeste do Estado de São Paulo no período entre 1988 e 2003.

Área (ha)	2003													Total	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
1988	1	89600	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	89700
	2	100	700	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	900	
	3	6100	0	988200	11000	4500	2400	40000	700	14700	4800	800	500	10400	1084100
	4	3400	0	595200	134300	15900	7500	80600	2100	60200	1100	800	0	7500	908600
	5	0	0	4700	1400	19400	0	500	0	200	0	0	0	100	26300
	6	400	0	19200	4100	300	24900	3200	0	13700	300	0	0	1300	67400
	7	1400	0	157400	6800	1900	3300	294400	700	17600	1100	200	0	2900	487700
	8	0	0	0	0	0	0	0	200	0	0	0	0	200	
	9	15100	100	474200	62400	4500	19200	89100	100	672900	17500	1600	2900	49200	1408800
	10	500	100	14200	6600	1500	500	4700	100	3100	103400	0	100	4700	139500
	11	300	0	1300	100	0	0	100	0	600	0	69800	0	5200	77400
	12	0	0	100	100	0	0	100	0	100	0	2700	0	3200	
	13	1800	0	35400	2200	300	900	5900	900	14700	7300	7100	200	793900	870600
<b>Total</b>	<b>118700</b>	<b>900</b>	<b>2289900</b>	<b>229000</b>	<b>48300</b>	<b>58700</b>	<b>518600</b>	<b>4800</b>	<b>797900</b>	<b>135600</b>	<b>80400</b>	<b>6400</b>	<b>875200</b>	<b>5164400</b>	

1-Áreas Urbanas, 2-Áreas de mineração, 3-Cana-de-açúcar, 4-Cultura anual, 5-Cultura anual/pivôs, 6-Cafeicultura, 7-Fruticultura, 8-Seringueira, 9-Pastagem, 10-Silvicultura, 11-Corpos d' água, 12-Outros, 13-Vegetação.

A Tabela 1 demonstra que grande parte do incremento de vegetação foi oriunda da conversão de pastagens, seguida da cana-de-açúcar e cultura anual, sintetizada na Fig. 3.



**Fig. 3.** Balanço de conversões entre as principais classes de uso e cobertura da terra no período de 1988 a 2003.

## A regeneração florestal

A análise preliminar das áreas de regeneração florestal indicou que esses polígonos são de pequena dimensão, sendo aproximadamente 77% destes menores que 50 ha e menos que 2% maiores que 200 ha, como observado na distribuição de frequência apresentada na Fig. 4. Apesar dessa característica, deve-se considerar a importância destes remanescentes para a conectividade da paisagem, sendo possíveis pontos de apoio para fauna, interligando fragmentos maiores.

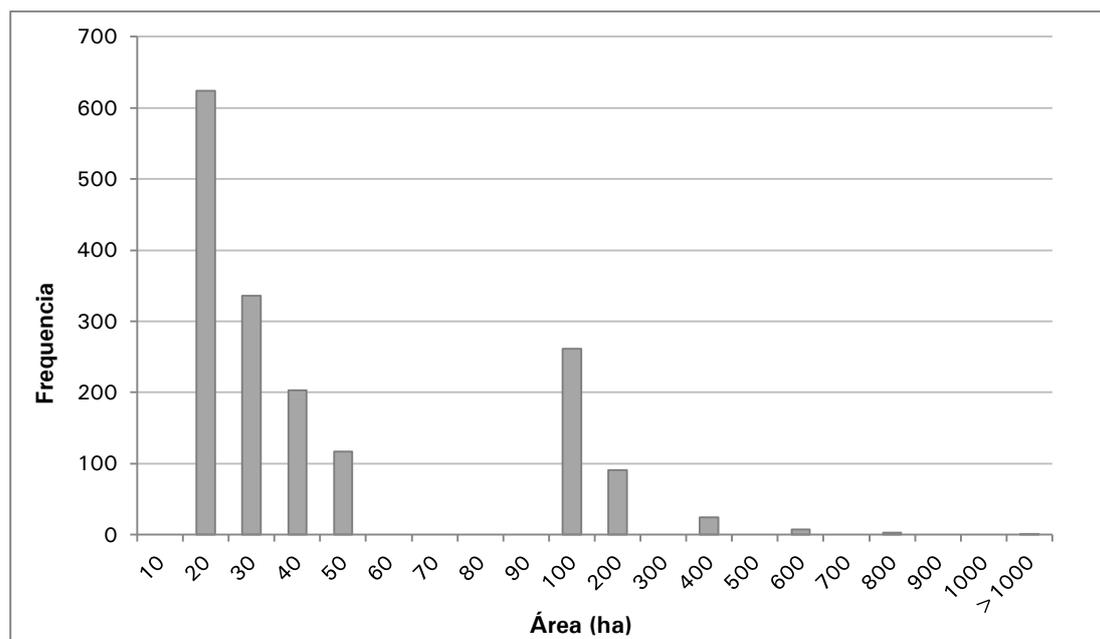


Fig. 4. Distribuição de frequência de tamanho dos polígonos de regeneração florestal considerando a área total.

De modo geral, a distribuição espacial desses polígonos não apresenta um padrão aleatório conforme análise com estatísticas espaciais, havendo uma probabilidade inferior a 1% que o padrão do grupo observado possa ser resultado do acaso. Apesar da provável distribuição agrupada, não foram observadas características similares de localização desses polígonos. Da área total de regeneração florestal, apenas 2,9% estão em Área de Preservação Permanente (30 m de curso d'água), aparentemente com baixa relação com a adequação à legislação ambiental.

Em relação à topografia analisada no DEM, a área caracteriza-se por um relevo pouco movimentado, com altitudes de 390 a 1,3 mil m. Grande parte dos polígonos de regeneração situa-se entre 300 e 700 m (68%) e entre 700 e 1 mil m (29%), com menos de 3% em altitudes maiores que 1 mil m e nenhum acima de 1,8 mil m de altitude, referência à outra categoria de Área de Preservação Permanente. A análise estatística desses dados não indicou um padrão, com a correlação da regeneração com a altitude e declividade de 0,02 e 0,10, respectivamente.

Ainda sobre o total regenerado, em relação às áreas de vegetação já existentes em 1988 que poderiam facilitar o processo de regeneração, apenas 1% dos polígonos de regeneração florestal encontra-se a uma distância menor que 1 km desses remanescentes e 1,3% a uma distância menor que 5 km. De um modo geral, quanto menor a distância entre fragmentos, maior a possibilidade de dispersão das espécies e processos facilitadores da regeneração.

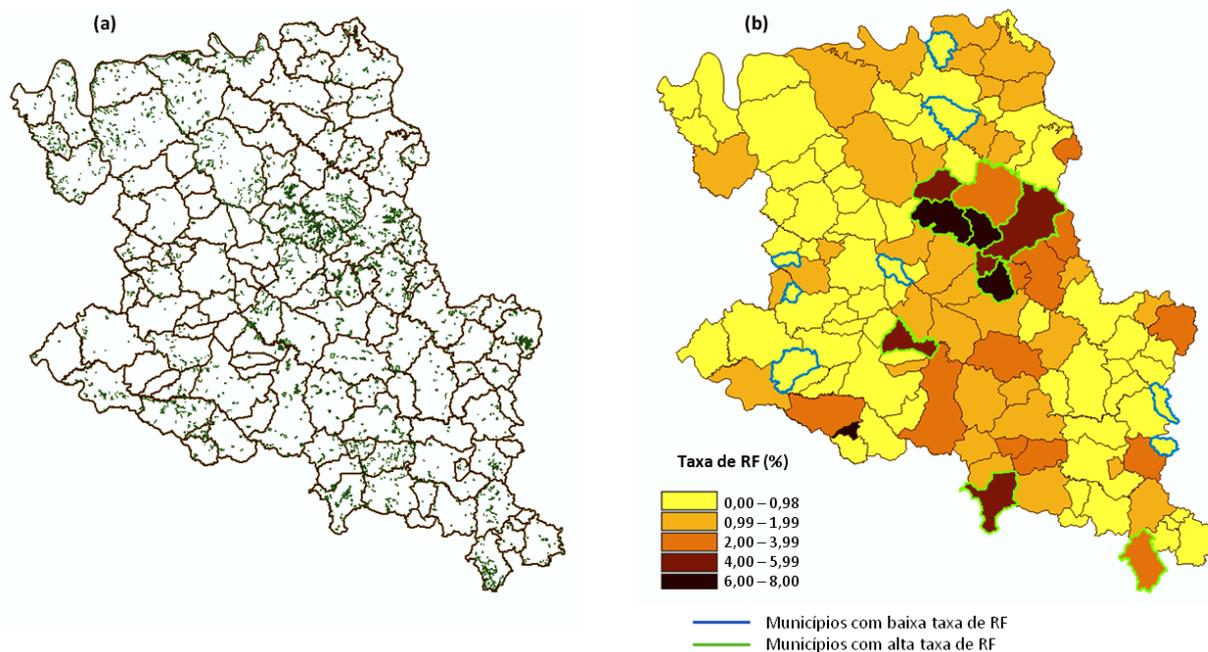
A análise das áreas de regeneração por município gerou um ranking e a seleção de 20 municípios com maior e menor taxa de conversão de demais usos da terra para vegetação (Tabela 2 e 3 e Fig. 5).

**Tabela 2.** Municípios selecionados com maior taxa de Regeneração Florestal (RF).

Ranking	Município	Área (ha) de RF	Área (%) de RF em relação à área do município
1	Brodosqui	2250,52	7,840
2	Serra Azul	1918,55	6,775
3	Jardinópolis	3425,33	6,761
4	Sales Oliveira	1560,82	5,136
5	Altinópolis	4465,26	4,782
6	Serrana	570,25	4,616
7	Rincão	1426,24	4,553
8	Rio Claro	2008,38	4,114
9	Amparo	1677,36	3,764
10	Batatais	2911,30	3,481

**Tabela 3.** Municípios selecionados com menor taxa de Regeneração Florestal (RF).

Ranking	Município	Área (ha) de RF	Área (%) de RF em relação à área do município
1	Lindóia	0,00	0,000
2	Nova Europa	0,00	0,000
3	Barrinha	0,26	0,002
4	Tabatinga	12,57	0,034
5	Águas da Prata	5,08	0,035
6	Candido Rodrigues	3,31	0,047
7	Santo Antonio do Jardim	14,47	0,135
8	Vista Alegre do Alto	14,46	0,157
9	Aramina	36,18	0,175
10	Guará	69,10	0,193



**Fig. 5.** Região nordeste do Estado de São Paulo com limites dos municípios e (a) as áreas de incremento de vegetação (em verde) no período de 1988 a 2003 e (b) a estratificação dos municípios em relação à taxa de regeneração florestal (%) com destaque para os 20 selecionados.

## Diagnóstico socioeconômico

A análise dos dados socioeconômicos não evidenciou um padrão na população urbana e rural que identificasse as diferentes condições de regeneração florestal, conforme ilustrado na Figura 6. As taxas de população representam a diferença da população no período entre 1991 e 2000. Tanto os municípios com baixa (à esquerda na figura) quanto com alta (à direita na figura) regeneração florestal tiveram, em diferentes escalas, decréscimo da população rural, possivelmente relacionado ao êxodo para áreas urbanas, que tiveram sua população aumentada no período. A exceção é referente ao município de Amparo, cujo aumento da população rural foi em torno de 82%. Em relação à população urbana, a taxa foi positiva em todos os municípios, indiferente da taxa de regeneração florestal, com variações aparentemente não padronizadas.

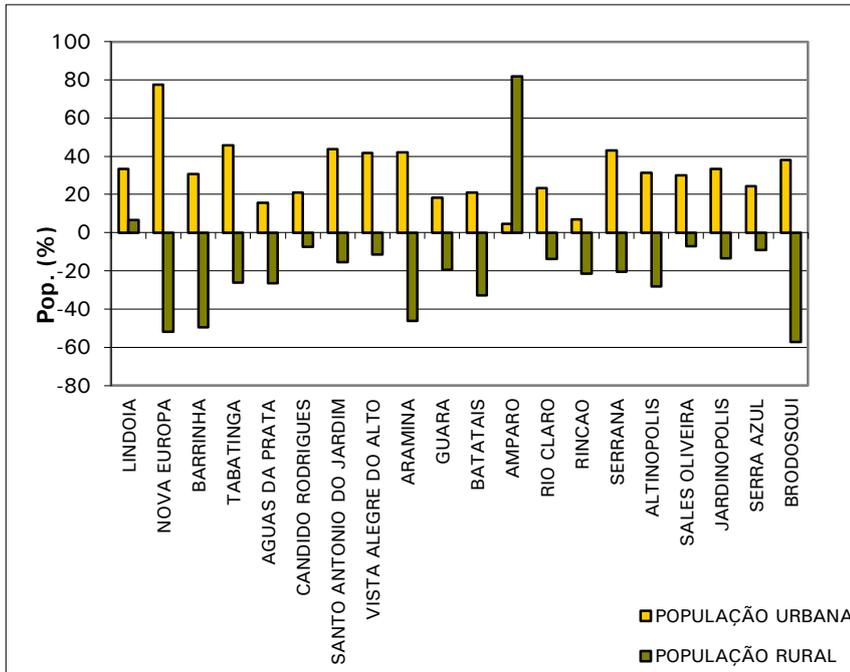
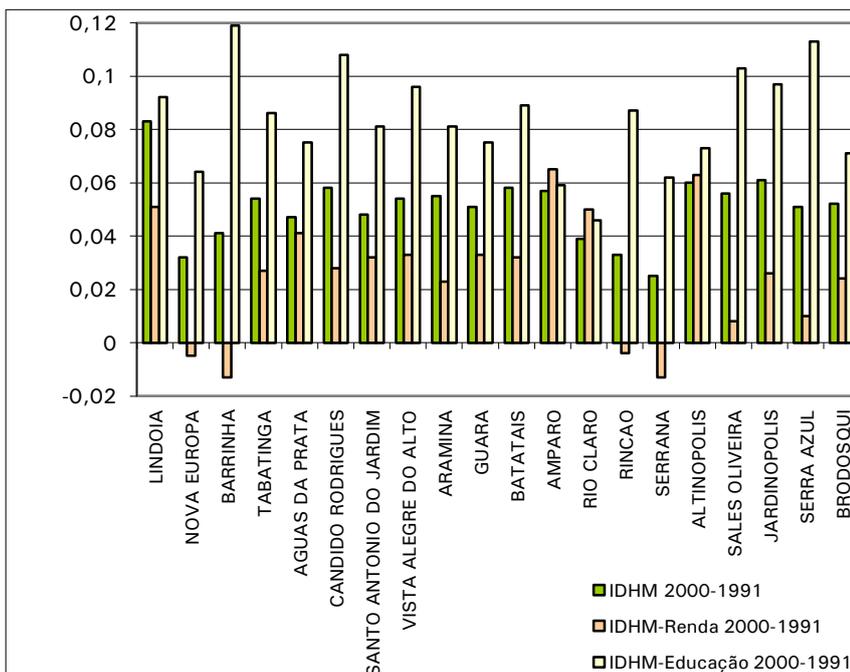


Fig. 6. Taxas de população urbana e rural dos 20 municípios analisados, no período de 1991 a 2000.

Na análise do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M), também não foi observada diferenças entre os dois grupos de municípios, conforme Figura 7. De acordo com o PNUD (2011), além de computar o PIB per capita, o IDH também leva em conta dois outros componentes, a longevidade e a educação.



Para aferir a longevidade, o indicador utiliza números de expectativa de vida ao nascer e o item educação é avaliado pelo índice de analfabetismo e pela taxa de matrícula em todos os níveis de ensino. Já a renda é mensurada pelo PIB per capita, em dólar PPC (paridade do poder de compra, que elimina as diferenças de custo de vida entre os países). Ainda segundo o PNUD (2011), essas três dimensões têm a mesma importância no índice, que varia de zero a um.

Fig. 7. Taxa do Índice de Desenvolvimento Humano dos 20 municípios analisados, no período entre 1991 e 2000.

## Integração dos dados

A integração dos dados foi realizada considerando os 20 municípios selecionados e os respectivos dados de cobertura e uso da terra, de dinâmica, de regeneração florestal e os dados agro-socioeconômicos. Inicialmente, foi realizada uma análise estatística a fim de verificar a existência de correlação da taxa de regeneração com alguns desses dados (Tabela 4). Foram observadas apenas duas correlações significativas a 5% - regeneração florestal com porcentagem de área de cana-de-açúcar em 1988 e com produção de cana-de-açúcar em 1990.

**Tab. 4.** Correlação da regeneração florestal (RF) com as demais variáveis.

Variáveis	Correlação com RF
Área de RF em APP (%)	-0,250
Taxa de população urbana em 2000 (%)	0,265
Taxa de população rural em 2000 (%)	-0,265
Densidade populacional em 2000	0,104
IDH de 2000	0,178
IDH-Renda de 2000	0,191
IDH-Educação de 2000	0,435
Área urbanizada em 1988 (%)	0,201
Área urbanizada em 2003 (%)	0,254
Cana-de-açúcar em 1988 (%)	0,623
Cana-de-açúcar em 2003 (%)	0,259
Cultura anual em 1988 (%)	0,132
Cultura anual em 2003 (%)	-0,231
Pastagem em 1988 (%)	0,219
Pastagem em 2003 (%)	0,164
Silvicultura em 1988 (%)	0,242
Silvicultura em 2003 (%)	0,214
Vegetação em 1988 (%)	0,152
Vegetação em 2003 (%)	0,214
Taxa de área urbanizada entre 1988-2003	0,343
Taxa de cana-de-açúcar entre 1988-2003	0,165
Taxa de cultura anual entre 1988-2003	-0,174
Taxa de pastagem entre 1988-2003	-0,182
Taxa de silvicultura entre 1988-2003	-0,064
Produção de soja em 1990 (ton/ha)	0,147
Produção de soja em 2002 (ton/ha)	0,141
Produção de cana-de-açúcar em 1990 (ton/ha)	0,483
Produção de cana-de-açúcar em 2002 (ton/ha)	0,235
Produção de bovino em 1990	0,215
Produção de bovino em 2002	0,258

Com base nessa primeira análise, onde a correlação da regeneração florestal ocorre com as variáveis relacionadas à cana-de-açúcar, foi realizada a análise de agrupamento com a geração do diagrama de árvore hierárquica (Figura 8) dos 20 municípios com as variáveis de porcentagem de área de cana-de-açúcar em 1988 e com produção de cana-de-açúcar em 1990.

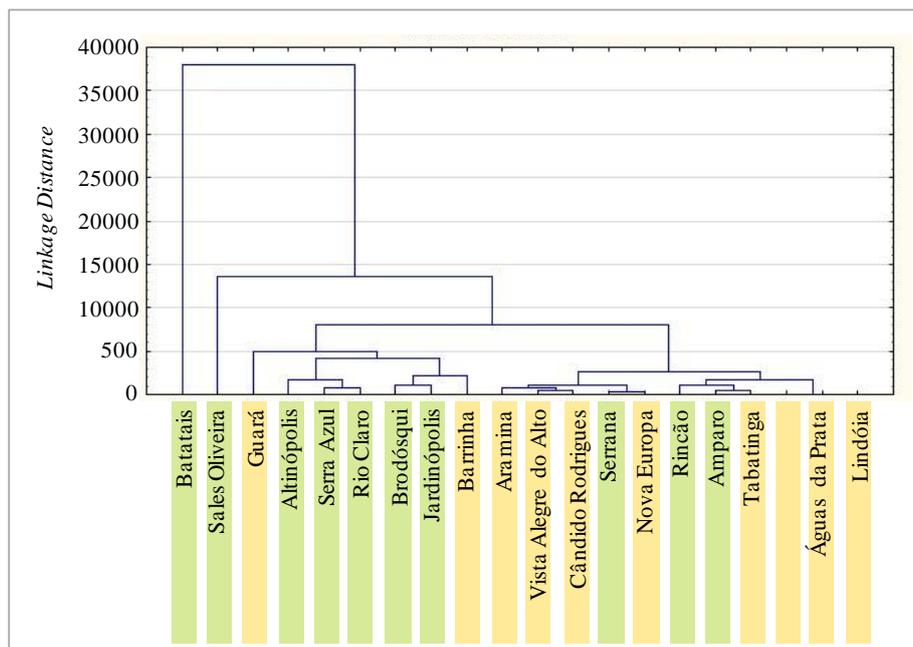


Fig. 8. Diagrama de municípios - em verde, com alta regeneração florestal e em laranja, com baixa regeneração florestal - considerando apenas variáveis relacionadas à cana-de-açúcar.

A análise de agrupamento visa organizar os dados observados em conjuntos com características comuns que ocorram neles, no caso, visando identificar padrões no conjunto de dados referentes aos municípios. Neste diagrama, observa-se uma provável formação de dois grandes grupos. À esquerda, o agrupamento de municípios selecionados no ranking como de maior regeneração florestal é mais acentuado, indicando uma maior probabilidade de agrupá-los em relação às informações de cana-de-açúcar, principalmente considerando os municípios de Altinópolis, Serra Azul, Rio Claro, Brodósqui e Jardinópolis. Já à direita, os grupos apresentam-se mais difusos, sendo o conjunto formado pelos municípios de Aramina, Vista Alegre do Alto e Cândido Rodrigues, com baixa regeneração florestal, o mais acentuado.

Considerando o indicativo de correlação entre a taxa de regeneração florestal e a cana-de-açúcar, foram realizadas as análises de estatística descritiva e geoestatística para as duas variáveis, incluindo os dados de todos os 125 municípios. Os resultados da estatística descritiva (Tabela 5) indicam alta variação nos dados, principalmente devido aos altos valores de coeficiente de variação ( $> 30\%$ ). A normalidade de distribuição de frequência pode ser verificada apenas para a variável cana, pois os valores de assimetria e curtose se aproximam de zero, o que não ocorreu com a regeneração florestal. Contudo, a normalidade dos dados não é um pré-requisito para a análise geoestatística, em que, mais importante do que a normalidade, é a ocorrência da dependência espacial a ser identificada no semivariograma.

Tab. 5. Estatística descritiva.

Variável	Média	Mediana	Desvio padrão	Variância	Curtose	Assimetria	Mínimo	Máximo	CV	Núm. de municípios
% RF	1.338	0.914	1.465	2.145	5.823	2.292	0.000	7.84	109.45	125
% Cana 88	24.004	16.573	23.757	564.396	-0.218	0.954	0.000	81.35	98.97	125

Os semivariogramas para as duas variáveis (Figura 9) apresentaram estrutura de dependência espacial e foram ajustados pelo modelo exponencial (regeneração florestal) e gaussiano (cana-de-açúcar), com os parâmetros de ajuste apresentados na Tabela 6. A dependência espacial foi classificada como forte nos dois casos e o alcance de dependência foi aproximadamente 50 mil m.

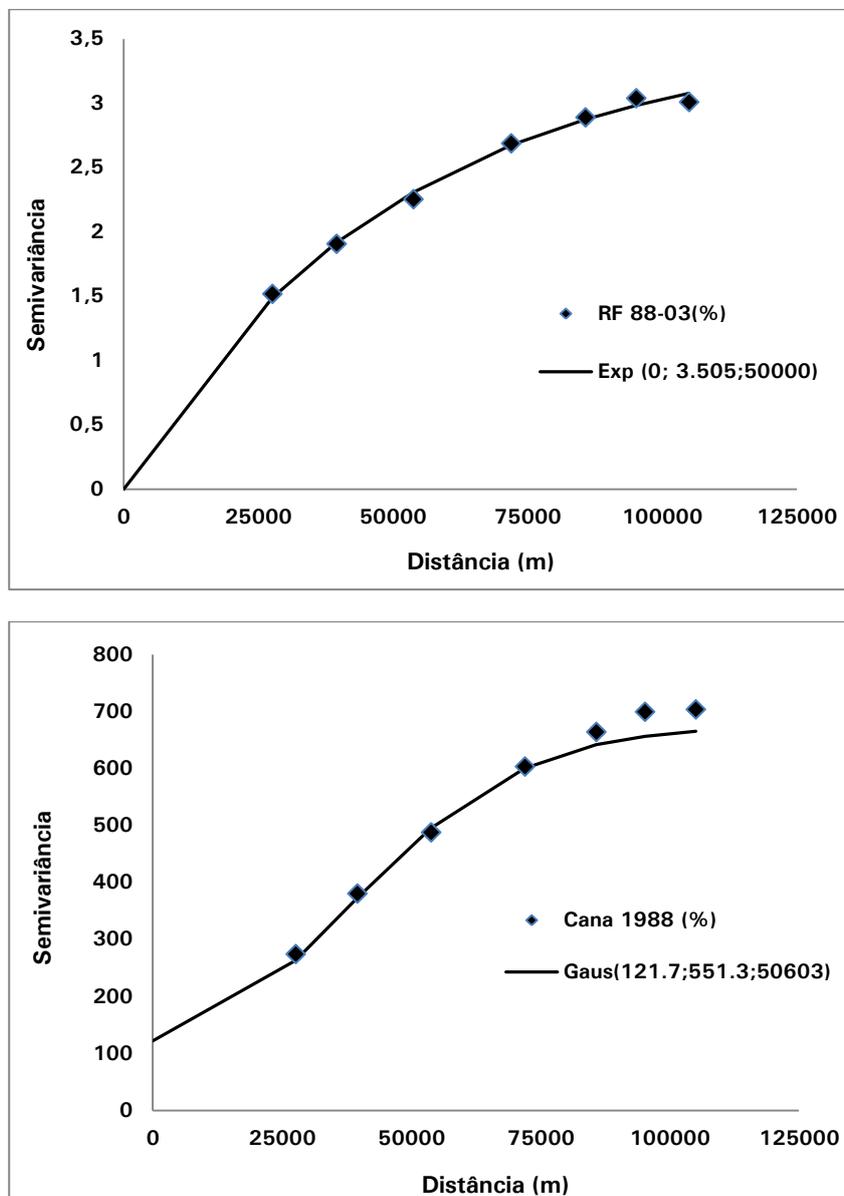


Fig. 9. Semivariograma para a regeneração florestal (RF-88-03) e para cana-de-açúcar (Cana 1988).

Verificada esta dependência, com possibilidade de ajuste dos semivariogramas, foi possível a interpolação de dados pela krigagem ordinária, que não apresenta tendência e possui variância mínima. O resultando foi expresso em mapas (Figura 10) demonstrando áreas com probabilidades de ocorrência das variáveis, expressas em porcentagem, com indicativo da relação espacial entre regiões de regeneração e cana-de-açúcar.

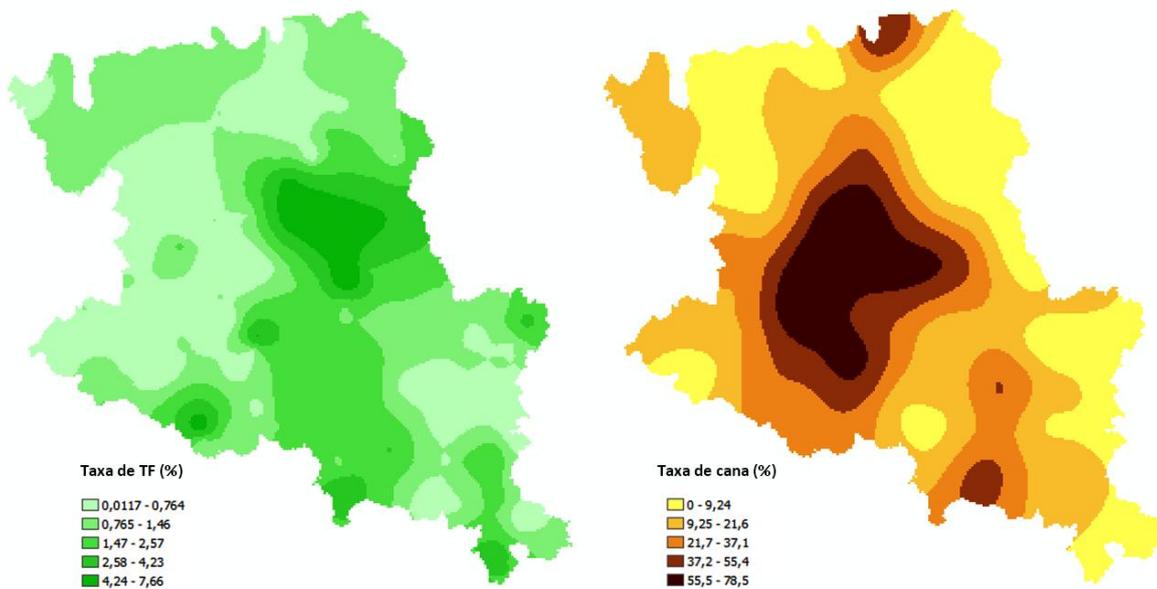


Fig. 10. Mapas derivados da krigagem ordinária referente à probabilidade de distribuição de regeneração florestal (a) e cana-de-açúcar (b).

Os resultados iniciais deste trabalho sugerem que, na região estudada, a maior ocorrência das atividades vinculadas à cana-de-açúcar poderia refletir no processo de regeneração em determinadas áreas. Este trabalho é um estudo preliminar visando discutir alguns tópicos da teoria da transição florestal bem como metodologia para estes estudos. Assim, ressalta-se a necessidade de continuidade das análises a fim de verificar, por exemplo, as relações entre os diversos usos da terra com outros fatores socioeconômicos que favoreceriam o abandono da terra para a recuperação florestal, especialmente relacionados a incentivos financeiros.

No caso, por exemplo, do Vale do Paraíba Paulista, caracterizado pela expansão da silvicultura do eucalipto e por um aumento significativo da cobertura florestal nativa a partir de 1990, conforme dados do Instituto Florestal, resultados preliminares de Farinaci (2010) indicam que as vantagens mercadológicas oferecidas pelas certificações ambientais incentivam o cumprimento da legislação ambiental por parte das empresas do setor de papel e celulose. Caso similar pode ocorrer com as extensas áreas de plantio das usinas de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, que em função da legislação e de certificações, estão tendo que adequar suas propriedades.

Deve-se ressaltar, contudo, que processos de regeneração florestal regionais, com o aumento de área com vegetação, podem não ser diretamente proporcionais à desaceleração do desmatamento, com possíveis deslocamentos e expansões de uso para novas áreas. Dados demonstram, por exemplo, que áreas de cultivo de cana-de-açúcar estão avançando em direção à região oeste do Estado, principalmente sobre terras de pastagens cultivadas (CAMARGO et. al, 2008). Contudo, deve-se também considerar que a área atualmente coberta por unidades de conservação integral é insuficiente para conservar muito da diversidade da Mata Atlântica e de demais biomas. Nesse caso, o setor privado poderia desempenhar um importante papel nesse panorama, com áreas particulares protegidas aumentando a conectividade e contribuindo para uma melhor representação das áreas prioritárias na rede dessas unidades de conservação (PINTO; BRITO, 2005).

## Conclusões

A região nordeste do Estado de São Paulo caracteriza-se pelo uso da terra bastante intensivo, vinculado às atividades agropecuárias. No entanto, no período entre 1988 e 2003, foram identificadas áreas onde houve incremento de vegetação. Apesar dos indicativos de distribuição agrupada das áreas de regeneração florestal, as análises espaciais não evidenciaram relação dessas áreas com as Áreas de Preservação Permanente e topografia. O diagnóstico agro-socioeconômico dos 20 municípios selecionados – 10 com maior taxa e 10 com menor taxa de regeneração –, também não evidenciou padrões relacionados a essas situações distintas. Nas análises estatísticas, as variáveis referentes à cana-de-açúcar – área de uso e produção por município – foram identificadas como de maior correlação com a taxa de regeneração florestal. As análises geoestatísticas e os mapas de krigagem ordinária gerados também direcionam para a relação das áreas de cana-de-açúcar, no caso de 1988, e as de regeneração florestal entre 1988 e 2003.

A metodologia empregada, baseando-se em mapeamentos de cobertura e uso da terra e dados do IBGE, mostrou-se adequada para este trabalho. Deve-se considerar, contudo, a possibilidade de dados mais detalhados, tanto em relação a mapeamentos refinados com imagens de melhor resolução que permitiriam o melhor delineamento das áreas de Preservação Permanente de curso d'água, quanto em relação a dados socioeconômicos oriundos de levantamentos locais contendo particularidades dos municípios que poderiam auxiliar no entendimento da dinâmica do uso da terra.

## Referências

- BORGES, L. A. C.; REZENDE, J. L. P.; PEREIRA, J. A. A. Evolução da legislação ambiental no Brasil. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 2, n. 3, p. 447-466, set./dez. 2009.
- CAMARGO, A. M. M. P.; CASER, D. V.; CAMARGO, F. P.; OLIVETE, M. P. A.; SACHS, R. C. C.; TORQUATO, S. A. Dinâmica e tendência da expansão da cana-de-açúcar sobre as demais atividades agropecuárias, Estado de São Paulo, 2001-2006. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 38, n. 3, mar. 2008. Disponível em: <[www.iea.sp.gov.br/out/bioenergia/textos/ie-0308.pdf](http://www.iea.sp.gov.br/out/bioenergia/textos/ie-0308.pdf)>. Acesso em: 19 jan. 2011.
- CARRASCOSA, H. Biodiversidade e produção de etanol de cana de açúcar. In: WORKSHOP PROJETO PPPP - Aspectos ambientais da cadeia do etanol de cana-de-açúcar, 2008, São Paulo, **Anais...**, São Paulo: APTA, 2008. Disponível em: <[http://www.apta.sp.gov.br/cana/anexos/apresentacao\\_painel\\_2\\_helena.pdf](http://www.apta.sp.gov.br/cana/anexos/apresentacao_painel_2_helena.pdf)>. Acesso em: 19 jan. 2011.
- DEAN, W. **A ferro e fogo: a história da devastação da Mata Atlântica Brasileira**. São Paulo: Companhia das Letras, 1995. 484 p.
- FARINACI, J. Transição florestal e modernização ecológica: afinidades teóricas, críticas e perspectivas. In: ENCONTRO DA ANPPAS, 5., 2010, Florianópolis, SC. **Anais...** Florianópolis: ANPPAS, 2010. Disponível em: <<http://www.anppas.org.br/encontro5/cd/resumos/GT10-284-196-0100519213157.pdf>>. Acesso em: 19 jan. 2011.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: período 2005-2008**. 2009. Disponível em: <<http://mapas.sosma.org.br/dados/>>. Acesso em: 19 jan. 2011.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica período 2008-2010: dados parciais dos estados avaliados até maio de 2010**. Disponível em: <<http://mapas.sosma.org.br/dados/>>. Acesso em: 19 jan. 2011.

IBGE. **Banco de Dados Agregados**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 19 jan. 2011.

INSTITUTO FLORESTAL. **Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo**. São Paulo: Imprensa oficial, 2005.

LAMBIN, E. F.; MEYFROIDT, P. Land use transition: social-ecological feedback versus socio-economic change. **Land Use Policy**, v. 27, p. 108-118, 2010.

METZER, J. P. **Uma visão global da fragmentação**. 2007. Disponível em: <<http://pagina22.com.br/index.php/2007/02/uma-visao-global-da-fragmentacao/>>. Acesso em: 12 jan.2011.

NASA. **ASTER - Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer**. Disponível em: <<http://asterweb.jpl.nasa.gov/>>. Acesso em: 19 jan. 2011.

PINTO, L. P.; BRITO, M. C. W. Dinâmica da perda da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira: uma introdução. In: GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I. G. (Ed.). **Mata Atlântica: biodiversidade, ameaças e perspectivas**. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica; Belo Horizonte: Conservação Internacional, 2005. p. 27-30. (State of the Hotspots, 1). Disponível em: <[www.conservation.org.br](http://www.conservation.org.br)>. Acesso em: 19 jan.2011.

PNUD. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Desenvolvimento Humano e IDH**. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/idh/#>>. Acesso em: 19 jan. 2011.

QUARTAROLI, C. F.; CRISCUOLO, C.; HOTT, M. C.; GUIMARAES, M. **Alterações no uso e cobertura das terras no nordeste do Estado de São Paulo no período de 1988 a 2003**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2006. (Documentos Embrapa, 55).

RUDEL, T. K. Is there a forest transition? Deforestation, reforestation, and development. **Rural Sociology**, v. 63, n. 4, p. 533-552, 1998.

RUDEL, T. K.; COOMES, O. T.; MORAN, E.; ACHARD, F.; ANGELSEN, A.; XU, J.; LAMBIN, E. Forest transitions: towards a global understanding of the land use change. **Global Environmental Change**, v. 15, p. 23-31, 2005.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, G. R. (Ed.) **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2000. v. 1. p. 1-54.

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. **Pesquisa FAPESP**, v. 170, p. 50-53, 2010.

YOUNG, C.E.F. Causas socioeconômicas do desmatamento da Mata Atlântica Brasileira. CONSERVATION INTERNATIONAL. In: GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I.G. (Ed.). **Mata Atlântica: biodiversidade, ameaças e perspectivas**. 2005. Disponível em: <[http://www.biodiversityhotspots.org/xp/hotspots/atlantic\\_forest/Pages/default.aspx](http://www.biodiversityhotspots.org/xp/hotspots/atlantic_forest/Pages/default.aspx)>. Acesso em: 12 jan.2011.

**Embrapa**

*Monitoramento por Satélite*

Ministério da  
**Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento**

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA