

PAINEL AMOSTRAL GEOTECNOLÓGICO PARA ESTIMATIVA DE ÁREAS DE CITROS¹

Vagner Azarias Martins²

Mauricio Alves Moreira³

Marcos Adami⁴

RESUMO: Este estudo objetivou propor um método de estimativa de área plantada com citros por meio de um delineamento amostral estratificado probabilístico em multiestágios baseado em um painel amostral criado por meio de geotecnologias, o qual foi testado nas principais regiões produtoras do Estado de São Paulo. A metodologia deste trabalho foi dividida em três etapas: a) preparação dos dados - pré-processamento das imagens de satélites, definição das áreas amostrais, não amostrais, área de referência e controle; b) estratificação regional e por densidade de plantio; e c) estimativas e inferências. As estimativas foram obtidas por meio da expansão direta da área de citros interpretada nas unidades amostrais. A área estimada com citros na área de estudo foi 527 mil hectares, com um intervalo de confiança médio de 2%, o método estratificado proposto reduziu a variabilidade em torno de 80% se comparado a um modelo de amostragem aleatória simples, por estes resultados, o painel amostral tecnológico mostrou-se uma boa opção ao uso de listas e cadastros para estabelecer as unidades amostrais.

Palavras-chave: citros, sensoriamento remoto, amostragem, estimativa de área, geotecnologias.

GEO SAMPLING FRAME TO ESTIMATE A CITRUS AREA

ABSTRACT: This study aimed to propose a method for estimating a citrus-growing area through a multistage stratified probability sampling design, based on a sampling frame created by geotechnologies, which was tested in the main producing regions of São Paulo State. This study's methodology was divided into three steps: 1 - data preparation, this topic entailed the pre-processing the satellite images, definition of the sampling, non-sampling, reference and control areas; 2 - regional stratification and stratification through planting density; 3 - estimates and inferences. The estimates were obtained by direct expansion of the area of citrus interpreted in the sampling units. The estimated area under citrus in the study area was 527,000 hectares, with confidence intervals of approximately 2%, the stratified proposed method reduced the variability around 80% compared to a simple random sampling model, for these results, the geo sampling frame proved to be a good option to the use lists to establish sampling units.

Key-words: citrus, remote sensing, survey, area estimate, geotechnology.

JEL Classification: C13, Q15, Q16.

¹Registrado no CCTC, REA 19/2011.

²Estatístico, Mestre, Pesquisador Científico do Instituto de Economia Agrícola, São Paulo, SP, Brasil (e-mail: vagneram@iea.sp.gov.br).

³Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador e Professor do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, Brasil (e-mail: mauricio@dsr.inpe.br).

⁴Economista, Doutor, Bolsista do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, Brasil (e-mail: adami@dsr.inpe.br).

1 - INTRODUÇÃO E OBJETIVO

No Congresso Internacional de Estatística, realizado na Bélgica, em 1853, foi definido que os recenseamentos agrícolas teriam como objetivo indicar o resultado da estatística agrícola de cada país. No seguinte, em 1855, em Paris, ampliou-se o escopo, recomendando que se apurassem informações sobre o sistema de exploração rural, extensão das propriedades agrícolas classificadas por grupos de áreas, número das parcelas de cada exploração, valor das terras de várias espécies, taxas de arrendamento e, finalmente, extensão das estradas destinadas à agricultura (IBGE, 2008). Pino (1999) também cita diversos relatos desde o final do século XIX sobre a importância de se acompanhar vários aspectos da agricultura e acrescenta os dados de preços e exportação.

Nesse sentido, as primeiras pesquisas realizadas para se obter informações estatísticas no meio agrícola foram feitas mediante censos, cuja importância é ressaltada em diversos trabalhos (ALMEIDA, 2008; OLIVETTI; NOGUEIRA, 2006; PINO, 2006). Contudo, dado seu custo elevado e longo período para realização, os censos agropecuários passaram a ser realizados dentro de uma determinada periodicidade que, em alguns momentos, foi quinquenal e, em outros, decenal. Essa prática de levantamento foi adotada tanto em nível nacional quanto regional. Nos intervalos desses levantamentos, para suprir a necessidade de se acompanhar diversas variáveis agrícolas sistematicamente a um custo e tempo bem inferior, passou-se a utilizar levantamentos baseados em técnicas de amostragem.

Em geral, os levantamentos amostrais seguem duas linhas de pesquisa: probabilística e não probabilística. A primeira segue padrões probabilísticos de coleta de dados, em que cada elemento da população possui uma probabilidade não nula e conhecida de ser escolhido. Essa forma de levantamento possibilita inferências sobre a população, o que permite calcular medidas de variação (KISH, 1965; PINO, 1986; BOLFARINE; BUSSAB, 2005).

Esse método de coleta de dados não predomina entre as estatísticas oficiais de estimativa de área cultivada no Brasil, sendo os modelos fundamentados na intencionalidade e sem base probabilística os mais utilizados. A implementação e a coordenação dos modelos não probabilísticos na coleta de dados são mais simples em relação aos probabilísticos, no entanto, não permitem que se infira sobre suas medidas de variabilidade em relação a sua própria amostra, ou seja, não é possível associar tais medidas ao levantamento (KISH, 1965; PINO 1986; BOLFARINE; BUSSAB, 2005).

Independente de o levantamento amostral possuir ou não base probabilística, o painel de amostras geralmente é formado por cadastros ou listas. No setor agrícola há uma expressiva rotatividade de culturas e produtores, o que torna difícil mantê-los atualizados e sua desatualização pode acarretar em falta de acurácia nas estimativas. Além do uso desse sistema de referência em um esquema amostral probabilístico ou não, é possível, por meio de geotecnologias, criar unidades amostrais delimitadas e utilizar imagens de satélites de média resolução para mapear áreas de culturas agrícolas sem depender necessariamente de um cadastro *a priori* e tampouco de informações *in loco*. Exemplos da utilização de unidades amostrais criadas por geotecnologias podem ser observadas em Adami (2004) e Bingfang e Qiangzi (2004).

Assim, este trabalho objetiva utilizar um painel amostral formado por meio de geotecnologias e, a partir deste, estabelecer um sistema de amostragem para estimar área cultivada. A cultura que será utilizada para testar a viabilidade deste modelo será a de citros, dada a sua importância, sobretudo para o Estado de São Paulo, que é o maior produtor nacional. Sua relevância é verificada, por exemplo, na sua capacidade de geração de emprego no setor rural e nas agroindústrias (AMARO; VICENTE; BAPTISTELLA, 2001) e por sua grande participação no Produto Interno Bruto (PIB) paulista e brasileiro, principalmente com o suco de laranja concentrado congelado (SLCC) (NEVES et al., 2007).

2 - ÁREA DE ESTUDO E MATERIAL

2.1 - Área de Estudo

O Estado de São Paulo aparece em destaque em todos os setores econômicos. Especificamente no setor primário, o Estado se destaca como o principal produtor de diversas culturas, dentre elas as frutas cítricas, em especial, a laranja, que está difundida em grande parte de seu território e possui grande importância econômica. A área de estudo está apresentada na figura 1, que, segundo Neves et al. (2007), é a principal região produtora de citros. Sua localização geográfica aproximada é latitude 19° 35' S a 24° 45' S e longitude 45° 59' O a 51° 07' O, e compreende seis regiões administrativas (RAs), a saber: Barretos, Bauru, Campinas, Central, São José do Rio Preto e Sorocaba, em uma área total aproximada de 129.567 km² que contempla 349 municípios.

2.2 - Material

Para estabelecer o painel de amostragem e, ao mesmo tempo, obter a área de citros nos segmentos amostrados, foram necessárias 12 cenas do sensor Thematic Mapper (TM) do satélite Americano Landsat-5⁵, contidas nas órbitas 219 a 222. Seguindo as recomendações de Duarte et al. (2001) e para garantir imagens livres de cobertura de nuvens, optou-se por selecionar as cenas nos meses de menor precipitação pluviométrica (Tabela 1).

Para a montagem do painel amostral foram necessários os mapas temáticos⁶ de citros e de áreas urbanas no Estado de São Paulo em 2007 (MO-

REIRA et al., 2009), de cana-de-açúcar da safra 2007/08 (AGUIAR et al., 2009) e o limite de unidades de conservação e áreas indígenas (SÃO PAULO, 2005).

O aplicativo utilizado para o georreferenciamento e registro das imagens foi o ENVI 4.2 (RSI, 2006). Para os demais processamentos das imagens foram utilizados os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) SPRING 4.3.3 (CÂMARA et al., 1996) e ArcGIS 9.2 (ESRI, 2009). Durante os trabalhos de campo foi utilizado o aplicativo TrackMaker (FERREIRA JÚNIOR, 2008) como interface do aparelho GPS 12X (GARMIN, 1998). As análises estatísticas foram realizadas no software estatístico MATLAB r2009a (MATHWORKS, 2009).

3 - METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho foi dividida em três etapas:

- Preparação dos dados: consistiu no pré-processamento das imagens de satélites (restauração, georreferenciamento e registro), definição das áreas amostrais, não amostrais, área de referência de citros e da área de controle.
- Estratificação: a área de estudo foi estratificada por regiões em um primeiro nível e por um indicador de densidade de plantio no nível posterior e nesta etapa foi constituído o painel amostral.
- Estimativas e inferências: nesta etapa foi definido o tamanho amostral para as áreas de referência e de controle, e em cada segmento (unidade amostral) sorteado, foi feito o mapeamento da área de citros para obtenção das estimativas.

As dúvidas de interpretação foram dirimidas por meio de trabalho de campo, que, além desse objetivo, serviu também para checagem da precisão do mapeamento. O modelo estatístico empregado para estimar a área de citros foi o estimador de expansão direta (ADAMI et al., 2005). Por fim, foram calculados intervalos de confiança para o total estimado e também para verificar o efeito do planejamento amostral.

⁵Satélite americano em operação desde 1984, está a uma altitude de 705 km sincronizado com o sol e sua órbita é semipolar, o que permite um imageamento total da Terra. Sua resolução espacial nominal é de 30 m e opera em 7 faixas espectrais (MOREIRA, 2007).

⁶Mapa temático é uma representação visual georreferenciada ou não de informações geográficas de uma determinada variável de interesse para análise espacial (MOREIRA, 2007).

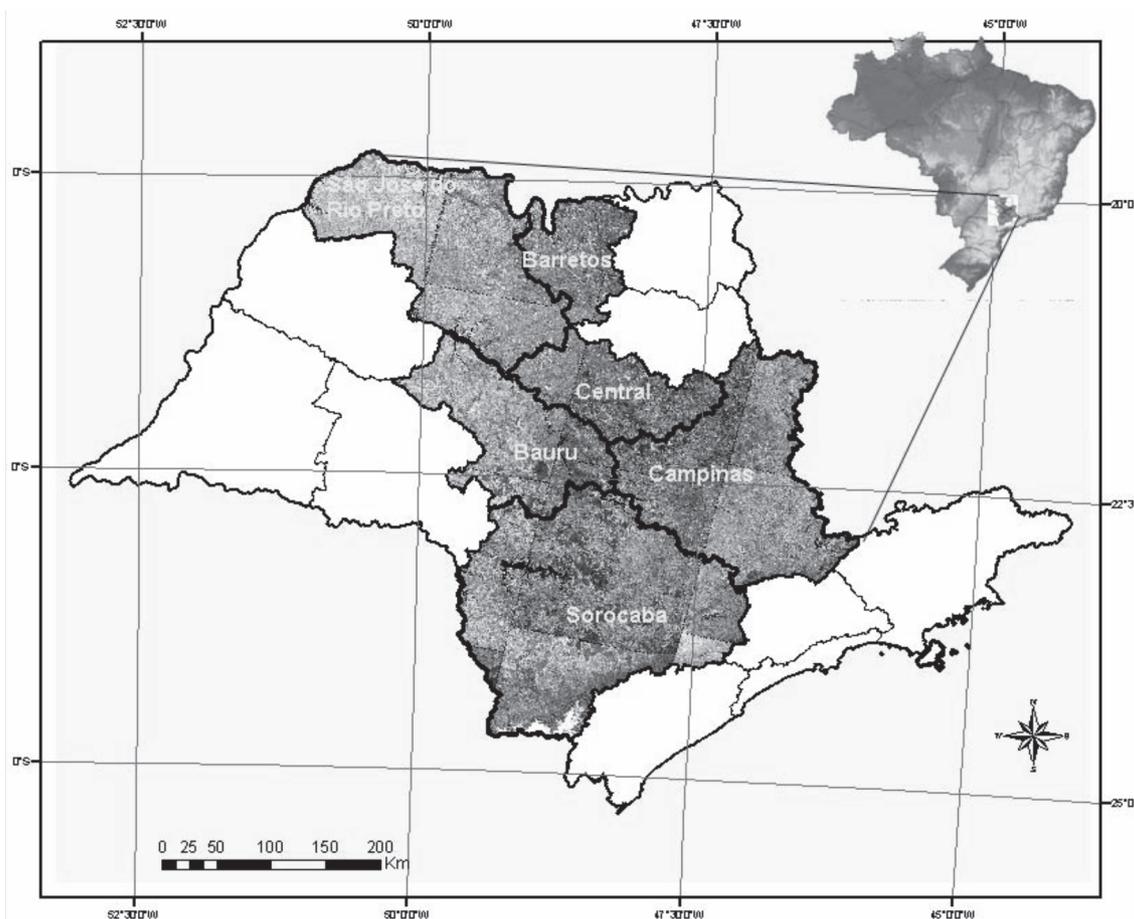


Figura 1 - Área de Estudo.

Fonte: Mapa elaborado com imagens Landsat/TM-5 (INPE, 2009).

Tabela 1 - Relação de Cenas TM Utilizadas na Área de Estudo com Órbita, Ponto e Data de Passagem do Satélite Landsat-5, Estado de São Paulo, 2008

Cena	Órbita	Ponto	Dia	Mês	Ano
1	219	75	17	Julho	2008
2	219	76	17	Julho	2008
3	219	77	17	Julho	2008
4	220	75	17	Julho	2008
5	220	76	17	Julho	2008
6	220	77	6	Junho	2008
7	221	74	15	Julho	2008
8	221	75	15	Julho	2008
9	221	76	15	Julho	2008
10	221	77	15	Julho	2008
11	222	74	22	Julho	2008
12	222	75	22	Julho	2008

Fonte: INPE (2009).

3.1 - Estratificação por Região Administrativa

O primeiro nível de estratificação do delineamento amostral deste trabalho foi realizado por RAs. Em outras palavras, o processo de seleção das RAs para compor a área de estudo foi fundamentado na análise da série histórica dos dados de áreas novas e em produção de citros em todas as 15 RAs do Estado de São Paulo para o período de 1998 a 2008. Considerando a limitação da resolução espacial das imagens utilizadas neste trabalho, as estimativas serão fornecidas em área de citros, em hectares, e não por suas variedades, portanto as principais variedades de frutas cítricas do Estado, laranja, limão, tangerina, murcote e poncã, foram agrupadas em único grupo denominado “citros”. Os dados de área e produção de citros, originalmente em número de pés, foram convertidos para hectare. Para a conversão utilizou-se a densidade de plantio obtida por Caser, Camargo e Amaro (2000) que é de 320 pés por hectare para a laranja, 285 pés para o limão e de 360 pés para as tangerinas. Os dados de áreas novas e em produção de citros foram somados, criando-se, assim, uma nova variável chamada “área total de citros”.

3.1.2 - Estratificação por densidade de plantio

A área de estudo deste trabalho contempla municípios que vão desde sem área cultivada com citros a outros com mais de 20.000 ha de área total de citros (IEA, 2009). Ainda segundo dados do Instituto de Economia Agrícola (IEA) a cana-de-açúcar ocupa aproximadamente 30.000 km², ou seja, quase ¼ da área de estudo. Como a estratificação nesse nível será realizada por meio de um indicador municipal de área de citros, essa extensa área destinada à cultura da cana-de-açúcar poderia influenciar diretamente na formação do indicador, distorcendo seus resultados. Portanto, a área de cana-de-açúcar foi subtraída da área municipal. Com isso, foi criada a variável “área municipal sem cana”, a qual, em conjunto com as variáveis “área nova de citros”, “área em produ-

ção de citros” e “área total de citros por município”, foi utilizada para homogeneizar a área de estudo, uma vez que este é um dos preceitos da amostragem estratificada. Com base nas variáveis acima citadas, foi criado o seguinte indicador de densidade representado por a equação 1:

$$I_{dens} = \frac{AP_{citros} + AN_{citros}}{AM_{s/cana}} \quad (1)$$

em que AP_{citros} é a variável área em produção municipal de citros; AN_{citros} indica a área nova municipal de citros; e $AM_{s/cana}$ é a área municipal sem cana. Os valores de I_{dens} foram utilizados para agrupar os municípios formados com base em um dendograma que utilizou o método de ligação de Ward. De acordo com Mingoti (2005), o método de ligação de Ward reduz a influência da variância a cada passo (fusão) do algoritmo. Como medida de distância entre conglomerados esse método utiliza o quadrado da distância euclidiana. Com base nesses agrupamentos, fez-se a estratificação da área de estudo.

3.2 - Processamento das Imagens

Para mapear a área de estudo são necessárias 12 órbitas/ponto do satélite TM/Landsat-5. Essas imagens nas bandas 3, 4 e 5 foram georreferenciadas e importadas para dentro de um banco de dados criado no aplicativo SPRING 4.3.3. Por abranger mais de uma órbita, o sistema de projeção adotado foi Policônica/SAD69, o retângulo envolvente do projeto está compreendido entre as latitudes 18° S e 26° S e longitudes 42° O e 54° O. Os dados vetoriais de divisão municipal e por região administrativa do Estado de São Paulo, o mapeamento de cana no Estado no ano safra 2007/08 (AGUIAR et al., 2009), o mapeamento de áreas urbanas (MOREIRA et al., 2009) e o limite de unidades de conservação e áreas indígenas (SÃO PAULO, 2005) também foram importados para o banco de dados.

3.2.1 - Restauração de imagens

O sensor TM do Landsat-5 está em operação desde 1984. Esse longo tempo de operação faz com que haja uma degradação da resolução espacial efetiva. De acordo com Fonseca (1998), essa degradação natural do sensor causa na imagem um efeito de filtro passabaixa (borramento), o que reduz o nível de detalhamento da cena. Uma alternativa para amenizar esse problema é a técnica de restauração de imagens (FONSECA, 1998; MATHER, 1999). Segundo Fonseca (1998), a restauração é realizada por um filtro linear. Os pesos do filtro são obtidos a partir das características do sensor para cada banda espectral e não de forma empírica, como é feito no caso dos filtros de realce tradicionais. Neste trabalho foi utilizada a restauração das imagens para uma resolução espacial de 10 m.

3.2.2 - Áreas amostrais e não amostrais

Segundo dados do IEA (2009), em 2007 a área total ocupada com a cultura de citros nas seis regiões administrativas estudadas foi de pouco mais de 7.240 km² (724.000 ha), aproximadamente 5,5% do total. Considerando que esse percentual é baixo, optou-se por excluir áreas em que havia o conhecimento, *a priori*, de outros usos do solo no ano estudado. Esse procedimento foi adotado para reduzir a variabilidade dos dados. Nessa situação, para construir o painel amostral, Mueller, Silva e Villalobos (1988) e FAO (1996) recomendam dividir a área de estudo em áreas amostrais e não amostrais. Portanto, incluiu-se em uma categoria não amostral a área ocupada com cana-de-açúcar do ano safra 2007/08 (AGUIAR et al., 2009), as unidades de conservação permanente e parques (APPs) (SÃO PAULO, 2005), os núcleos urbanos (MOREIRA et al., 2009) e os rios e lagos expressivos.

Portanto, a área não amostral foi obtida por meio do mosaico dos mapas existentes (cana-de-açúcar, APPs e núcleos urbanos) no formato matriz e do mapa resultante da classificação paralelepípedo

da banda 5⁷ de rios e lagos (MOREIRA, 2007). O detalhamento desse processo é apresentado na figura 2. Por outro lado, a área amostral consistiu do restante da área de estudo.

3.2.3 - Álgebra de mapas

Na construção do painel amostral é de fundamental importância a definição do tamanho da unidade amostral, em linhas gerais, as unidades amostrais em dados provenientes de imagens orbitais mais frequentemente utilizadas são pontos, ou seja, os próprios "pixels" da imagem como utilizado nas estimativas de áreas agrícolas realizadas por Luiz e Epiphanyo (2001) e por áreas de diversas formas e tamanhos, denominadas segmentos, utilizadas por Adami (2004) e Bingfang e Qiangzi (2004). Não há restrições estatísticas ao uso de nenhuma das duas formas de unidades amostrais. Neste trabalho, a unidade amostral é composta por segmentos regulares de 500 m x 500 m, conforme Martins (2009).

A partir da definição da unidade amostral, a malha de segmentos regulares foi montada sobre a área de estudo e foi atribuído valor 100 para as áreas amostrais e zero para as áreas não amostrais. O passo seguinte foi importar o arquivo com os limites da estratificação e obter a área mapeada com citros dentro de cada segmento para realizar o cálculo de média zonal disponível no SIG ArcGis, utilizando como referência o mapa de citros construído por Moreira et al. (2009).

3.3 - Área de Referência e de Controle

Para redução da variabilidade das estimativas dividiu-se as unidades amostrais em dois grupos.

⁷A banda 5 no sensor TM está situada espectralmente no intervalo de 1,55-1,75 micrômetros. Essa faixa do espectro eletromagnético possui grande sensibilidade a umidade, quando isolada é capaz de separar corpos d'água com grande precisão, por isso ela é utilizada na classificação denominada paralelepípedo.

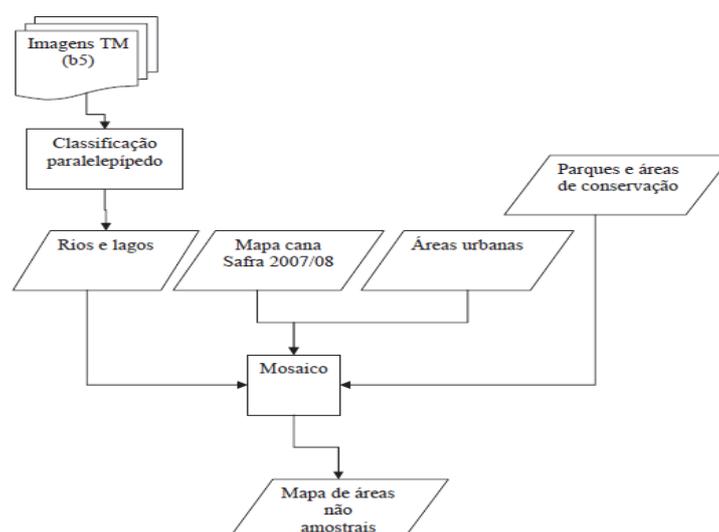


Figura 2 - Formação do Mapa de Áreas Não Amostrais

Fonte: Dados da pesquisa.

No primeiro grupo, intitulado “área de referência” estão as unidades amostrais com algum percentual de área de citros, conforme mapa referência. O segundo, denominado “área de controle”, é formado por unidades amostrais sem nenhum percentual de área de citros, porém sem restrições a ser ocupada por citros, portanto nesta área foi realizado um mapeamento, chamado de controle, para verificar possíveis áreas novas de citros.

3.3.1 - Definição do tamanho amostral na área de referência

De acordo com Cochran (1977), o tamanho amostral pode ser obtido com base em um valor esperado de coeficiente de variação (CV) da estimativa do total de uma dada característica de interesse. Para garantir um tamanho amostral adequado a um determinado CV, dado que estimativas de amostras estão sujeitas à variabilidade pertinente ao próprio processo aleatório, optou-se por realizar uma simulação de 10.000 totais populacionais para cada estrato de densidade de área pelo método de Monte Carlo. O total de amostras estimado foi distribuído pelo método de alocação de Neyman com n fixado (Equação 2).

$$n_h = n * \frac{N_h S_h}{\sum_{h=1}^H N_h S_h} \quad (2)$$

Sendo n_h o número de amostras no estrato h ; n o número total de amostras; N_h o número total de segmentos do estrato h ; e S_h a variância do estrato h .

3.3.2 - Definição do tamanho amostral na área de controle

Para o cálculo do tamanho da amostra na área de controle empregou-se a função binomial (COCHRAN, 1977; THOMPSON, 2002). A partir dessa função, o tamanho amostral é obtido por meio da proporção de unidades que pertencem a uma determinada característica. Com o objetivo de verificar possíveis áreas novas de plantio de citros nessa região, dado que é uma área potencialmente agricultável, atribuiu-se um valor de 0,5 para a característica área de citros. Segundo Thompson (2002), quando se determina um valor de 0,5 para a característica de interesse em

uma função binomial, obtém-se o tamanho amostral máximo. Para o cálculo do tamanho da amostra de controle utilizou-se a equação 3, em que n é o número total de unidades amostrais; $z_{\alpha/2}$ é a distribuição normal padrão a um determinado nível de significância; p é a exatidão desejada; q é o complementar de p ; e E é o erro desejado de amostragem. A distribuição dessa amostra pela área de estudo foi realizada pela alocação proporcional, portanto, o número de amostras foi proporcionalmente distribuído pelo número de segmentos nos estratos regionais e de densidade de plantio.

$$n = \frac{(z_{\alpha/2})^2 p * q}{E^2} \quad (3)$$

3.3.3 - Sorteio das amostras

A partir da definição do tamanho da amostra das áreas de referência e de controle e sua partição pelos dois níveis de estratificação, foram importados todos os segmentos regulares para uma planilha Excel. Em seguida foram sorteados segmentos para

compor a amostra nas áreas de referência e de controle, os quais foram exportados para o SIG SPRING para o mapeamento das áreas de citros. A sequência desse processo é apresentada na figura 3.

3.4 - Mapeamento

As áreas de citros contidas nos segmentos amostrais foram determinadas mediante a classificação denominada "mapeamento", realizada no interior dos segmentos; essa abordagem é feita por meio de interpretação visual utilizando-se uma função denominada "edição matricial". Para auxiliar no mapeamento, além das imagens TM/Landsat-5 (Tabela 1), foram utilizadas as imagens de alta resolução disponíveis no site Google Earth. Os percentuais de citros dentro dos segmentos foi calculado por meio da ferramenta "estatística de imagem por polígono", implementada no próprio SIG. Após a interpretação do uso e ocupação dentro de cada segmento da amostra, foi realizado um trabalho de campo para eliminar dúvidas de identificação e checar a precisão do mapeamento.

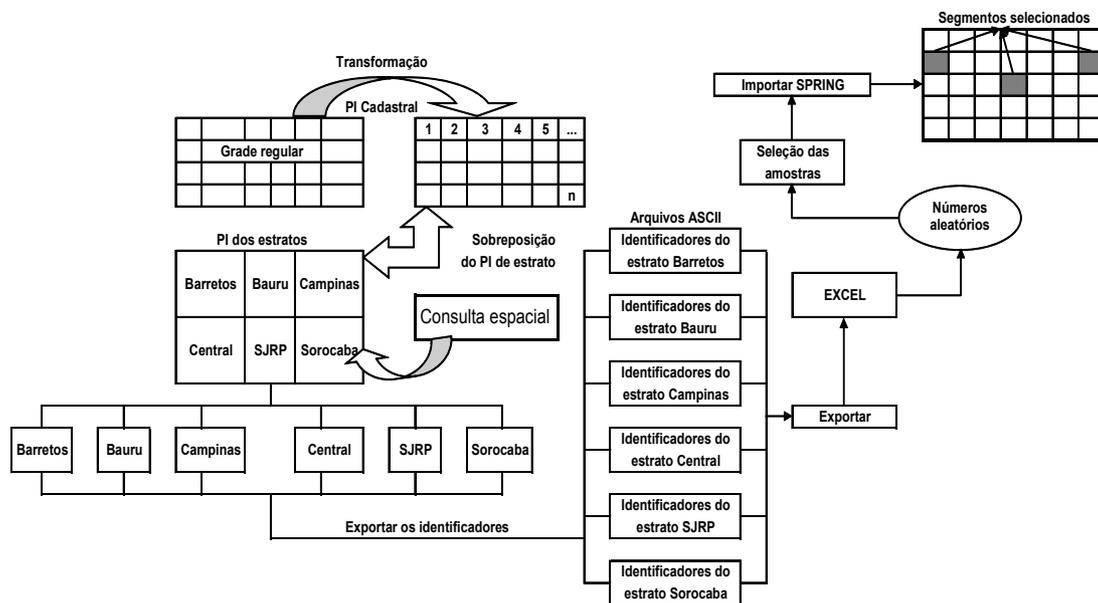


Figura 3 - Passo a Passo do Sorteio Amostral.

Fonte: Elaborada pelos autores com base em Adami (2003).

4 - RESULTADO E DISCUSSÃO

A área de estudo deste trabalho considerou as principais regiões produtoras de citros do Estado de São Paulo por RA, conforme dados IEA (2009). As seis regiões são: Barretos, Bauru, Campinas, Central, São José do Rio Preto e Sorocaba, que somadas foram responsáveis por aproximadamente 94% da área total de citros do Estado de São Paulo em 2009 (Tabela 2).

Observa-se que, em 2008, apenas 6% da área plantada de citros estava fora das seis regiões que compõem a área de estudo deste trabalho (Tabela 2). Quanto às taxas anuais de crescimento de cada uma das seis RAs, verifica-se que as de Bauru e Sorocaba apresentaram as maiores taxas de crescimento com, 9,40% e 7,40%, respectivamente, nessas duas RAs em 2008 havia as menores áreas plantadas com citros dentre as seis. Com isso pode-se inferir que essas áreas estão sendo ampliadas, em contrapartida, as

regiões tradicionais de citros não apresentam bons indicadores, a RA de Campinas no período analisado teve um baixo crescimento, com taxa de 0,40%, e as RAs de Barretos, Central e São José do Rio Preto apresentaram valores negativos (Tabela 3).

No segundo nível de estratificação, os estratos foram construídos a partir de um indicador de densidade que considerou as seguintes variáveis: área em produção de citros, área nova de citros e área municipal sem a área de cana-de-açúcar.

O estrato 1, com densidade de plantio de citros de até 0,061%, foi composto por 229 municípios, o que equivale a pouco mais de 60% da área de estudo. Os estratos 4 e 5, juntos, somam pouco mais de 10% do total de municípios analisados. Tal resultado indica que não há um intenso plantio de áreas de citros na grande maioria dos municípios paulistas (Tabela 4).

De acordo com o mapa de áreas não amostrais construído na pesquisa, pode-se verificar a

Tabela 2 - Número de Municípios, Participação Percentual Proporcional e Acumulada da Área Plantada com Citros, Estado de São Paulo, 2008

Estrato	RA	Área total de citros (ha)	Part. % propriedade	Part. % acumulada	N. de municípios
1	Barretos	99.810	0,14	0,14	19
2	Bauru	64.969	0,09	0,23	39
3	Campinas	189.236	0,26	0,49	90
4	Central	146.791	0,20	0,69	26
5	São José do Rio Preto	103.180	0,14	0,83	96
6	Sorocaba	79.272	0,11	0,94	79
Outras RAs	-	41.185	0,06	1,00	296
Total	-	724.442	-	-	645

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 3 - Taxa de Crescimento Anual Média das RAs em Estudo, Estado de São Paulo, 1998-2008

Estrato	RA	Taxa de crescimento (%)
1	Barretos	- 3,82
2	Bauru	9,40
3	Campinas	0,40
4	Central	-1,19
5	São José do Rio Preto	-5,11
6	Sorocaba	7,40

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 4 - Limites de Densidade de Plantio, Número de Municípios e Descrição dos Estratos, Estado de São Paulo, 2008

Estrato	Limites (%)	N. municípios	Descrição
1	>= 0 <= 0,061	229	Baixa densidade (BD)
2	>= 0,061 <= 0,1340	51	Média baixa densidade (MBD)
3	>= 0,1340 <= 0,2051	26	Média densidade (MD)
4	>= 0,2051 <= 0,3877	30	Média alta densidade (MAD)
5	>= 0,3877 <= 0,6531	13	Alta densidade (AD)
Total	-	349	-

Fonte: Dados da pesquisa.

grande presença do cultivo de cana-de-açúcar no Estado, por exemplo, a RA de Barretos localizada no norte do Estado (Figura 4). Na RA de Sorocaba há a maior área territorial dentre as seis RAs em estudo, por outro lado, proporcionalmente, possui a menor área não amostral (cana-de-açúcar, rios e lagos, parques e reservas e áreas urbanas), conforme pode ser visualizado na figura 4, essa situação torna menos eficiente o controle de variabilidade por meio da exclusão destes quatro usos de solo (área não amostral) da área total de estudo, devido à baixa densidade de de citros nessa região.

Considerando-se um coeficiente de variação de 5%, os tamanhos amostrais por estratos de densidade de citros foram definidos por meio da simulação de Monte Carlo. Conforme os resultados, para os estratos 1 e 2 o tamanho da amostra foi de 500 segmentos, estes dois estratos possuem uma menor densidade de área plantada com citros, os demais estratos (3, 4 e 5) possuem uma maior densidade de plantio e, portanto, uma variabilidade menor, com isso a exigência de amostras foi de 400 segmentos (Figuras 5, 6 e 7 e Tabelas 5 e 6). O total de amostras foi de 2.200 amostras, aproximadamente 4% do total de segmentos. Esse resultado é semelhante ao obtido por Giannotti, Francisco e Caser (2006), os quais obtiveram, na simulação de quatro diferentes estratificações de imóveis rurais produtores de laranja, o tamanho da amostra, que variou entre 2 e 4% do total da população de imóveis. Adami (2003), utilizando estratos por densidade de área, calculou um

tamanho amostral de 5,4 % na população de segmentos em uma estratificação regional de municípios. Portanto, diante do baixo percentual de área de citros perante o universo estudado e o tamanho amostral ser percentualmente semelhante ao obtido por outros autores, pode-se considerar que o tamanho amostral de 4% do total desses segmentos na área de referência é adequado.

A distribuição aleatória das amostras pelos estratos regionais seguiu a mesma metodologia aplicada na área de referência. O total de segmentos nessa área é de 411.851 ante 53.725 da área de referência, portanto o painel amostral é formado por 465.576 segmentos regulares de 25 ha, estando 88% dos segmentos na área de controle e 12% na área de referência. A alocação dos segmentos amostrais foi realizada proporcionalmente ao número de segmentos em cada estrato regional. Portanto, o estrato regional de Sorocaba concentra o maior número de amostras (132), ou seja, 34% do número total de amostras nessa área, por possuir a maior população de segmentos e, o estrato de Barretos, que concentra o menor número de segmentos, possui o menor tamanho amostral com 20 segmentos (Tabela 7).

As estimativas por estratos e totais de área de citros foram realizadas por meio da expansão direta dos resultados do mapeamento nos segmentos amostrais nas imagens TM-5 de 30 m restauradas para 10 m nas áreas de referência e de controle do painel amostral.

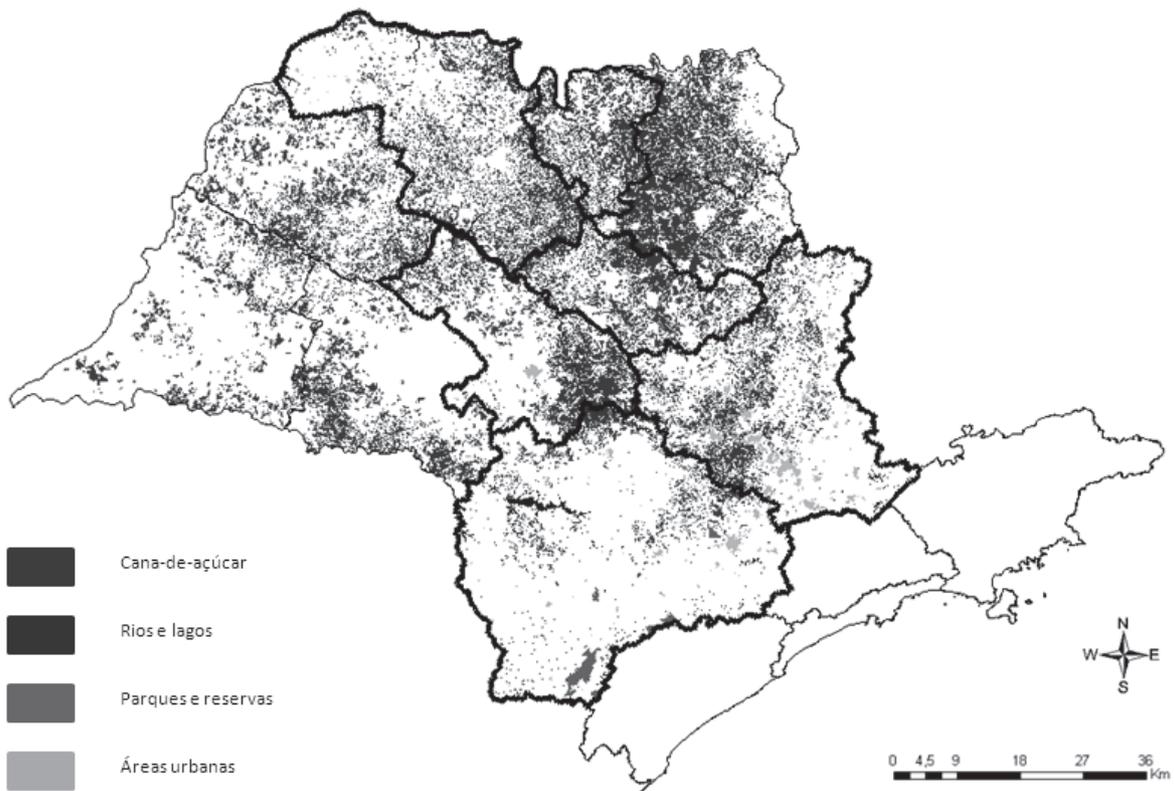


Figura 4 - Áreas Não Amostrais.

Fonte: Mapa elaborado pelos autores.

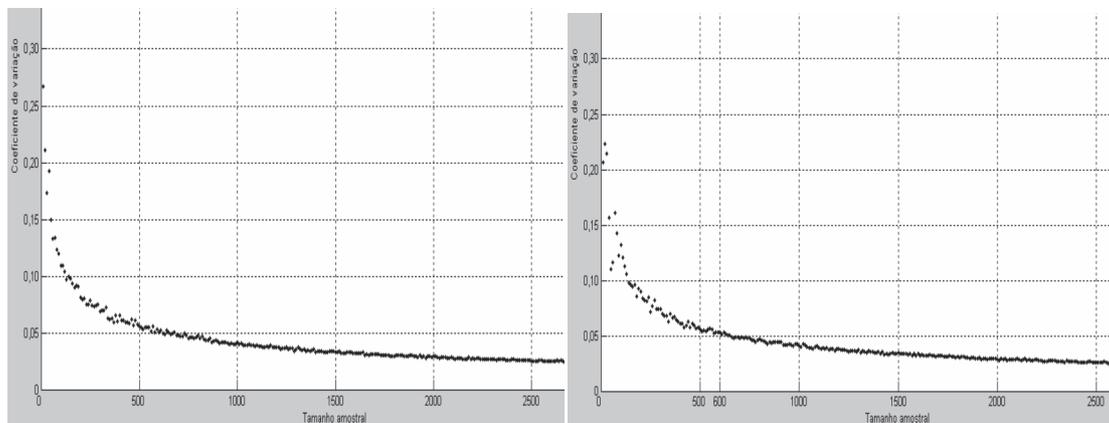


Figura 5 - Simulação do Tamanho Amostral dos Estratos 1 e 2.

Fonte: Dados da pesquisa.

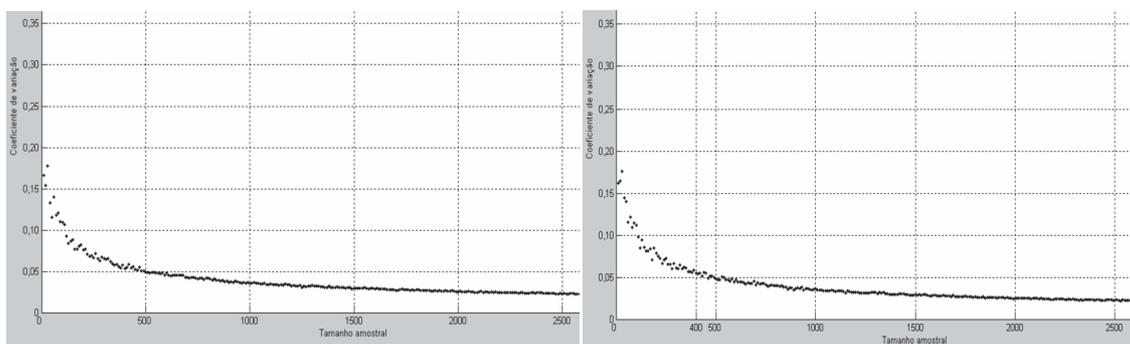


Figura 6 - Simulação do Tamanho Amostral dos Estratos 3 e 4.
Fonte: Dados da pesquisa.

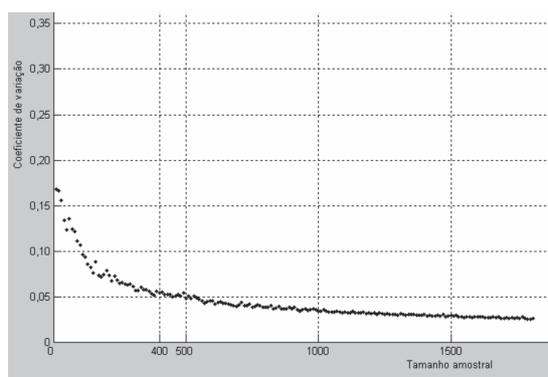


Figura 7 - Simulação do Tamanho Amostral do Estrato 5.
Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 5 - Tamanho da Amostra por Estrato de Densidade de Plantio, Estado de São Paulo, 2010

Estrato	Limites (%)	População (segmentos)	Amostra (segmentos)
1	$\geq 0 \leq 0,061$	12.918	500
2	$\geq 0,061 \leq 0,1340$	8.991	500
3	$\geq 0,1340 \leq 0,2051$	8.864	400
4	$\geq 0,2051 \leq 0,3877$	16.839	400
5	$\geq 0,3877 \leq 0,6531$	6.113	400
Total		53.725	2200

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 6 - Tamanho Amostral por Estrato de Densidade de Área e RA, Estado de São Paulo, 2010

Estrato	Estrato regional						População de segmentos	População (%)
	Barretos	Bauru	Campinas	Central	São José do Rio Preto	Sorocaba		
1	0	88	150	20	161	81	12.918	3,87
2	31	86	22	63	232	66	8.991	5,56
3	81	13	142	68	52	43	8.864	4,51
4	63	10	116	189	22	0	16.839	2,38
5	237	0	104	59	0	0	6.113	6,54
Total	412	197	534	399	467	190	53.725	4,09

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 7 - Tamanho Amostral e Alocação Proporcional por Estratos Regionais na Área de Controle, 2010

RA	Segmentos	Amostra	Part. (%)
Bauru	47.597	44	12
Barretos	21.461	20	5
Campinas	90.442	90	22
Central	31.487	30	8
São José do Rio Preto	82.447	80	20
Sorocaba	138.417	132	34
Total	411.851	396	100

Fonte: Dados da pesquisa.

Na imagem restaurada para pixels de 10 m x 10 m, o efeito de borrramento é bem menor quando comparado a uma imagem "original" com pixels de 30 m x 30 m. Dessa forma, facilita-se a identificação do uso do solo e principalmente os limites dos alvos (Figura 8).

Conforme Moreira (2007), para uma correta interpretação visual de imagens orbitais são utilizados alguns elementos fotointerpretativos como, por exemplo, forma, tamanho, tonalidade ou cor. Outro fator fundamental é o conhecimento das características de plantio da cultura em estudo, como o sistema de plantio e o formato dos talhões. Em geral, na cultura de citros utilizam-se dois tipos de talhões, o quadrado e o retangular, indicados em terrenos planos ou com pequena declividade (5% a 6%), uniformes e, portanto, pouco sujeitos à erosão. Em terrenos irregulares, com declividade maior e mais sujeitos à erosão, os talhões são formados respeitando as curvas de nível do terreno e, nesse caso, os talhões possuem um formato mais alongado e estreito (MATTOS JUNIOR et al., 2005). A diferença entre esses dois tipos de talhões pode ser visualizada em um plantio no município de Nova Europa no estrato regional Central (Figura 9).

As estimativas de áreas de citros foram obtidas por estratos de densidade de plantio e totalizadas por estratos regionais.

No estrato regional de Barretos verifica-se que a média regional é 8,9 hectares e o intervalo de confiança a um nível de significância de 5% é de 1,6 hectare, enquanto que para 1% é de 2,1 hectares.

Dentre a estratificação por densidade, o estrato 3 foi o que apresentou a maior variabilidade e, no estrato 2, a menor. Esse estrato regional não possui áreas de baixa densidade (BD) de citros (Tabela 8).

Dentre as regiões analisadas neste trabalho, a de Bauru destina menor área à cultura de citros, entretanto essa RA possui a maior taxa de crescimento anual entre as seis RAs (9,40%), considerando o período de 1998 a 2008 (Tabelas 2 e 3). Verifica-se, também, que a média regional 11,6 ha é maior do que a estimada em Barretos, de 8,9 hectares, e por estes dois resultados conclui-se que a região de Bauru a qual, entre as RAs em estudo possui a menor área, caracteriza-se por áreas maiores e mais concentradas, enquanto a região de Barretos possui, na média, áreas menores. Esse estrato não possui área de alta densidade de citros, sua variância dentro do estrato é de 72,1, maior do que a verificada no estrato de Barretos (57,2). Possivelmente, a menor variância verificada dentro do estrato de Barretos é influenciada pela ausência do estrato de baixa densidade, em geral, a dispersão de áreas de citros acarreta um alto valor de variância. O estrato de média densidade de plantio na região de Bauru apresenta a menor variância entre os estratos de densidade de área de citros, por outro lado, a média de 2,5 hectares está muito abaixo dos demais estratos, este resultado pode ter sido influenciado pela baixa população de segmentos, 249, o que acarretou em um tamanho de amostra de apenas 13 segmentos (Tabela 9).

A média estimada é de 10,2 ha para a RA de Campinas, sendo pouco menor que a obtida nas RAs de Bauru e Central (Tabela 10). A variância estimada dentro do estrato foi de 68,3, o intervalo de confiança a um nível de significância de 5% ficou entre 8,7 hectares e 11,7 ha e, a um nível de 1%, os limites mínimo e máximo foram de 8,2 hectares e 12,2 ha, respectivamente. Essa RA possui segmentos em todos os estratos de densidade de área e, segundo dados do IEA (2009), possui a maior área destinada ao plantio de citros.

Nos últimos anos, ocorre queda na área destinada ao plantio de árvores cítricas na RA Central;

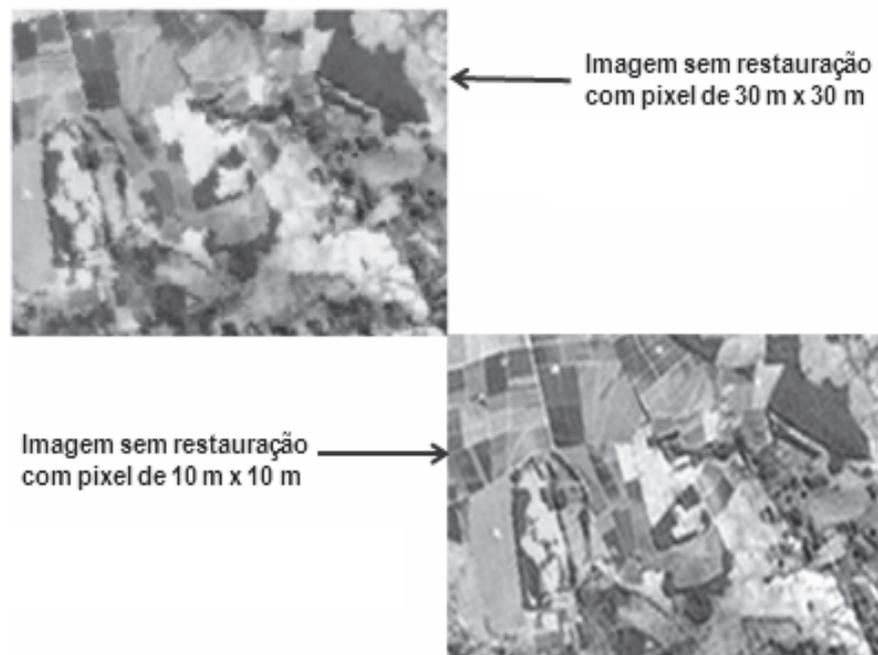


Figura 8 - Exemplo de uma Imagem TM-5 Restaurada para 10 m e uma de 30 m na Escala 1:25000.
Fonte: Dados da pesquisa.

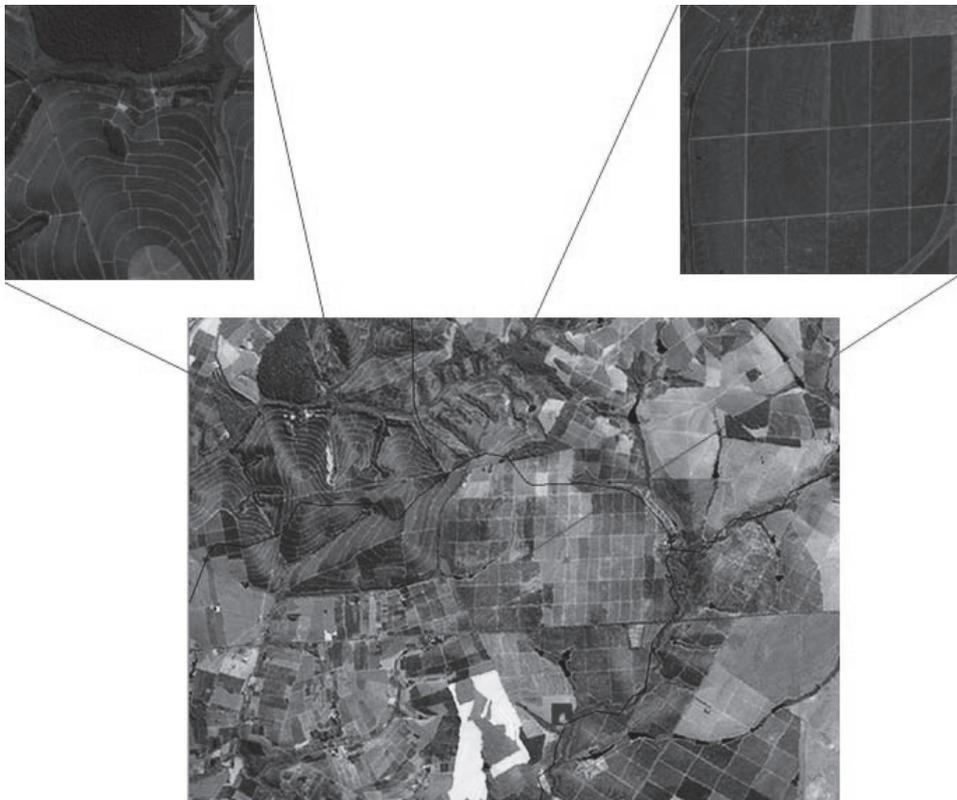


Figura 9 - Principais Formas de Talhões com Plantio de Citros.
Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 8 - Estimativa de Média, Variância e Intervalo de Confiança a 5% e 1%, RA de Barretos na Área de Referência, 2009

Estrato de área ¹	Amostra	Média	Variância	IC - 0,05	IC - 0,01
BD	-	-	-		
MBD	31	8,1	37,3		
MD	81	11,6	69,9		
MAD	63	7,7	58,8		
AD	237	8,6	52,6		
Total	412	8,9	57,2	1,6	2,1

¹BD = baixa densidade; MBD = média baixa densidade; MD = média densidade; MAD = média alta densidade; AD = alta densidade.

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 9 - Estimativa de Média, Variância e Intervalo de Confiança a 5% e 1%, RA de Bauru na Área de Referência, 2009

Estrato de área ¹	Amostra	Média	Variância	IC - 0,05	IC - 0,01
BD	88	13,3	75,1		
MBD	86	11,1	74,0		
MD	13	2,5	37,2		
MAD	10	11,7	74,0		
AD	-	-	-		
Total	196	11,6	72,1	2,6	3,4

¹BD = baixa densidade; MBD = média baixa densidade; MD = média densidade; MAD = média alta densidade; AD = alta densidade.

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 10 - Estimativa de Média, Variância e Intervalo de Confiança a 5% e 1%, RA de Campinas na Área de Referência, 2009

Estrato de área ¹	Amostra	Média	Variância	IC - 0,05	IC - 0,01
BD	150	11,4	82,9		
MBD	22	5,9	35,4		
MD	142	8,9	54,1		
MAD	116	11,8	75,7		
AD	104	7,6	58,8		
Total	535	10,2	68,3	1,5	2,0

¹BD = baixa densidade; MBD = média baixa densidade; MD = média densidade; MAD = média alta densidade; AD = alta densidade.

Fonte: Dados da pesquisa.

essa situação é ressaltada pela taxa de crescimento - anual de -1,19%, apurada entre os anos de 1998 a 2008 (Tabela 3). A área estimada nessa RA é de 11,1 ha, embora esta não seja a maior média entre todas regiões, destaca-se nessa RA o estrato de alta densidade que apresentou o valor médio de 16,1 ha por segmento, este valor indica a presença expressiva de grandes propriedades de citros nessa região. A variância nessa RA foi 69,0. O intervalo de confiança para a média estratificada a um nível de significância de 5% foi de 1,8 hectare, enquanto que para o nível de 1% foi de 2,3 hectares (Tabela 11).

A média estimada para a região de São José do Rio Preto foi de 7,8 hectares, a menor entre todos os estratos regionais. De acordo com Neves et al. (2007), na região norte e noroeste do Estado, onde se localiza essa RA, os citros estão sendo aos poucos substituídos por cana-de-açúcar. Em 2001 a área de cana-de-açúcar era o dobro da área de citros, em 2005 essa relação passou a ser praticamente três vezes superior. Apesar da variância no estrato de média alta densidade ser de 81,8, a mais alta se comparada com as demais, a variância média de 48,5 é a mais baixa entre os estratos regionais. Os valores dos intervalos

Tabela 11 - Estimativa de Média, Variância e Intervalo de Confiança a 5% e 1%, RA de Central na Área de Referência, 2009

Estrato de área ¹	Amostra	Média	Variância	IC - 0,05	IC - 0,01
BD	20	13,2	96,7		
MBD	63	12,3	91,7		
MD	68	11,4	98,9		
MAD	189	10,2	57,8		
AD	59	16,1	75,9		
Total	400	11,1	69,0	1,8	2,3

¹BD = baixa densidade; MBD = média baixa densidade; MD = média densidade; MAD = média alta densidade; AD = alta densidade.
Fonte: Dados da pesquisa.

de confiança para os níveis de significância de 5% e 1% foram 1,5 hectare e 1,9 hectare, respectivamente (Tabela 12).

Considerando a evolução da área de citros no período entre 1998 e 2007, com uma taxa positiva de crescimento anual de 7,40%, conclui-se que a região de Sorocaba em conjunto com a RA de Bauru estão em pleno crescimento e já são denominadas por "Eixo Castelo". Na RA de Sorocaba a média de área para o cultivo de citros foi de 9,2 hectares e variância de 74,7. Nessa RA o intervalo de confiança a um nível de significância de 5% para a média está entre 8,0 hectares e 10,4 ha e, para 1%, está entre 7,6 hectares e 10,8 ha; o intervalo de confiança desse estrato regional é o menor entre os seis (Tabela 13).

Na área de controle as estimativas foram calculadas pelo método de amostragem estratificada pelas proporções, conforme Cochran (1977) e Thompson (2002). Por esse método foi calculada a proporção de citros por segmento em cada estrato regional e o intervalo de confiança para o nível de significância de 5% e 1%. Os resultados mostraram intervalos de grande amplitude, o que indica grande variabilidade. A expressiva população de segmentos nos estratos regionais e a baixa presença de áreas de citros nessas regiões são possivelmente os responsáveis por intervalos tão amplos (Tabela 14). Ainda verifica-se que não há uma grande diferença de proporção de áreas de citros entre as RAs, sendo a menor proporção na RA de Bauru e a maior em São José do Rio Preto.

As estimativas de média regional por segmentos na área de referência e a proporção estratificada

para a área de controle foram expandidas pelo estimador de expansão direta para a obtenção da área de citros por região administrativa e para a área de estudo. O intervalo de confiança para a área de estudo a um nível de significância de 5% foi de 11.716,1 ha, este valor equivale a 2% do total estimado, enquanto que, para o nível de 1%, foi de 15.422,2 ha, valor que equivale a 3% do total estimado de citros na área de estudo (Tabela 15). A área estimada para as RAs de Campinas e Central são praticamente iguais, a diferença percentual entre elas em 2007 era de 0,02%, ou de 22,6 ha; conforme a tabela 2, a RA de Campinas possuía 35.492 ha a mais que a RA Central.

Os resultados obtidos pela expansão direta da proporção estimada em cada estrato regional indica que o intervalo de confiança para os dois níveis de significância é maior do que o total estimado, chegando a ser quatro vezes maior do que o estimado a um nível de significância de 5%, como ocorre na RA de Bauru (Tabela 16). Essa variabilidade é explicada pela grande extensão da área de controle e a quase ausência de citros nessa região, por outro lado, esse tipo de abordagem é importante quando se utiliza dados de sensoriamento remoto, pois a partir do resultado desse controle avalia-se a necessidade de mudança no painel amostral de referência. Nesse caso, o valor estimado nessa área equivale a pouco mais de 1% da área de referência e, portanto, não indicando necessidade de revisão da área de referência.

As estimativas obtidas pelas áreas de referência e de controle foram somadas, criando-se assim uma única estimativa. A tabela 17 é composta por resultados obtidos no painel amostral e no mapea-

Tabela 12 - Estimativa de Média, Variância e Intervalo de Confiança a 5% e 1%, RA de São José do Rio Preto na Área de Referência, 2009

Estrato de área ¹	Amostra	Média	Variância	IC - 0,05	IC - 0,01
BD	161	6,6	46,4		
MBD	232	9,1	50,2		
MD	52	5,6	30,5		
MAD	22	12,6	81,8		
AD	-	-	-		
Total	467	7,8	48,5	1,5	1,9

¹BD = baixa densidade; MBD = média baixa densidade; MD = média densidade; MAD = média alta densidade; AD = alta densidade.
Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 13 - Estimativa de Média, Variância e Intervalo de Confiança a 5% e 1%, RA de Sorocaba na Área de Referência, 2009

Estrato de área ¹	Amostra	Média	Variância	IC - 0,05	IC - 0,01
BD	81	8,2	72,0		
MBD	66	11,1	74,6		
MD	43	9,5	79,8		
MAD	-	-	-		
AD	-	-	-		
Total	190	9,2	74,7	1,2	1,6

¹BD = baixa densidade; MBD = média baixa densidade; MD = média densidade; MAD = média alta densidade; AD = alta densidade.
Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 14 - Estimativa de Proporção de Áreas de Citros por RA e Total e Intervalo de Confiança a 5% e 1% de Nível de Significância

Região administrativa	Proporção estimada	IC - 0,05	IC - 0,01
Barretos	0,0150	0,0359	0,0473
Bauru	0,0110	0,0457	0,0602
Campinas	0,0170	0,0267	0,0352
Central	0,0160	0,0449	0,0591
São José do Rio Preto	0,0180	0,0291	0,0384
Sorocaba	0,0150	0,0207	0,0273
Total	0,0160	0,0300	0,040

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 15 - Total Estimado da Área de Referência e de Controle por Estrato Regional e Total com Intervalo de Confiança a um Nível de Significância de 5% e 1%

Estrato	Total	IC - 5%	Mínimo	Máximo	IC - 1%	Mínimo	Máximo
Barretos	71.040,4	3.561,0	67.479,4	74.601,4	4.687,4	66.353,0	75.727,9
Bauru	44.166,4	2.742,0	41.424,4	46.908,3	3.609,3	40.557,0	47.775,7
Campinas	137.260,4	5.440,3	131.820,1	142.700,7	7.161,3	130.099,1	144.421,7
Central	137.283,0	7.454,6	129.828,5	144.737,6	9.812,7	127.470,4	147.095,7
São José do Rio Preto	94.064,8	4.619,3	89.445,5	98.684,1	6.080,5	87.984,3	100.145,3
Sorocaba	37.310,5	3.249,9	34.060,3	40.560,4	4.278,0	33.032,5	41.588,5
Total	521.125,5	11.716,1	509.409,4	532.841,6	15.422,2	505.703,3	536.547,8

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 16 - Total Estimado da Área de Controle por Estrato Regional e Área de Estudo com Intervalo de Confiança a 5% e 1%

Estrato	Área estimada	IC - 5%	IC - 1%
Barretos	714,0	1.709,5	2.250,3
Bauru	236,1	981,0	1.291,4
Campinas	1.537,5	2.415,4	3.179,6
Central	503,8	1.413,8	1.861,0
São José do Rio Preto	1.484,0	2.402,0	3.161,9
Sorocaba	2.076,3	2.870,2	3.778,2
Total	6.551,7	5.089,9	6.699,9

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 17 - Diferença entre a Área Estimada de Citros por RA pelo Modelo Estratificado para o Ano de 2008 e Censitário para o Ano de 2007

Estrato	Área estimada	Área censitária	Diferença (%)
Barretos	71.754,4	82.270,6	-12,8
Bauru	44.402,4	42.737,2	3,9
Campinas	138.797,9	133.205,8	4,2
Central	137.786,8	134.058,7	2,8
São José do Rio Preto	95.548,8	82.500,5	15,8
Sorocaba	39.386,7	41.994,6	-6,2
Total	527.677,2	516.767,5	2,1

Fonte: Dados da pesquisa.

mento censitário realizado por Moreira et al. (2009), essa tabela apresenta a diferença percentual entre esses dois métodos por RA e na área de estudo.

Embora possua uma defasagem de um ano entre os levantamentos, a diferença estimada de área de citros nas regiões estudadas entre os resultados obtidos pelo modelo estratificado e por Moreira et al. (2009) é de aproximadamente 2%. É importante ressaltar que essa diferença é composta em sua maioria pela área de controle, ou seja, a área onde não foi verificada a presença de citros no mapeamento realizado por Moreira et al. (2009), podendo ser considerado um incremento na área de citros, embora os resultados tenham sido obtidos por metodologias distintas.

Comparando-se a variabilidade do modelo estratificado aqui proposto com a de um modelo aleatório simples, o ganho do modelo estratificado em relação ao simples foi de 79%, ou seja, a variância do estimador foi reduzida em quase 80%. A área de

citros estimada por este trabalho é de aproximadamente 5% da área de estudo; além desse percentual não ser alto, as áreas de citros estão espalhadas em quase toda a área com diferentes densidades de plantio. Essa situação indica que a população em estudo é heterogênea e possui grande variabilidade. Portanto, dada as características e a extensão do plantio na área de estudo, verifica-se que a geração de boas estimativas depende fundamentalmente das técnicas utilizadas para a criação de estratos homogêneos.

5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

De forma geral, esta metodologia permitiu estimar a área de citros para a principal região produtora do Estado de São Paulo e reduzir significativamente sua variabilidade. Os resultados apresentados com intervalos de confiança a níveis de signi-

ficância de 5% e 1% podem ser considerados bons, pois o total estimado nas regiões de estudo varia em 2% e 3%, respectivamente, porém recomendam-se mais estudos relativos ao reconhecimento das áreas de citros novos para evitar possíveis subestimações nas estimativas.

A criação do painel amostral com base em mapas de áreas não amostrais e de referência censitária pode ser uma alternativa ao uso de listas e cadastros, porém é importante frisar que para uma boa estimativa é necessário a atualização sistemática dos mapas. Por fim, embora este estudo tenha sido realizado em áreas de citros, nada impede que esta metodologia seja aplicada para a estimativa de área de outras culturas.

LITERATURA CITADA

- ADAMI, M. **Estimativas de áreas agrícolas por meio de técnica de sensoriamento remoto, geoprocessamento e amostragem**. 2003. 183p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2003.
- _____. et al. Análise da eficiência dos estimadores de expansão direta e de regressão para áreas cultivadas com café, milho e soja no município de Cornélio Procopio, Estado do Paraná. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 51, n. 2, p. 5-13, jul./dez. 2004.
- _____. et al. Expansão direta na estimativa de culturas agrícolas por meio de segmentos regulares. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n. 57/01, p.22-27, abr. 2005.
- AGUIAR, D. A. et al. Expansão da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo: safras 2003/2004 a 2008/2009. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 9-16. DVD, Online.
- ALMEIDA, A. D. **Sem o novo censo agropecuário, agronegócio não pode planejar**. Brasília: CNA, 2008. Disponível em: <<http://www.cna.org.br/site/noticia.php?n=7458>>. Acesso em: jan. 2008.
- AMARO, A. A.; VICENTE, M. C. M.; BAPTISTELLA, C. da S. L. Citricultura paulista: tecnologia e mão de obra. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 35-48, out./2001.
- BINGFANG, W.; QIANGZI, L. Crop area estimation using remote sensing on two stage stratified sampling. In: INTERNATIONAL SOCIETY FOR PHOTOGRAMETRY AND REMOTE SENSING (ISPRS), 20., 2004, Istambul. **Proceedings...** Istambul: ISPRS, 2004. p.12-23.
- BOLFARINE, H.; BUSSAB, W. O. **Elementos de amostragem**. São Paulo: Edgard Blucher, 2005, 274p.
- CÂMARA, G. et al. Spring: integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. **Computers & Graphics**, Amsterdam, Vol. 20, Issue 3, pp. 395-403, may/jun. 1996.
- CASER, D. V. CAMARGO, A. M. M. P.; AMARO, A. A. Densidades de plantio em culturas perenes na agricultura paulista. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 30, n. 7, p.45-53, jul./2000.
- COCHRAN, W. G. **Técnicas de amostragem**. 2 ed. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1977, 555p.
- DUARTE, V. et al. Banco de informações agrícolas do Município de Itápolis - SP, utilizando imagens de satélite e sistema de informações geográficas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2001. p. 51-58. CD-ROM.
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE, INC. - ESRI. **ArcGis 9.2**. Redlands, 2009. Disponível em: <<http://www.esri.com/products/index.html>>. Acesso em: fev./2009.
- FERREIRA JÚNIOR, O. **GPS - TrackMaker® V. 13.5**: guia de referência. Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <<http://www.gpstm.com>>. Acesso em: 2 jul. 2009.
- FONSECA, L. M. G. **Método para restauração e reamostragem de imagens do sensor TM**. São José dos Campos: INPE, 1988, 15p.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO. **Multiple frame agricultural surveys: current survey based on area and list sampling methods**. Rome: FAO, 1996. v. 1.
- GARMIN Corporation. **GPS 12XL: owner's manual and reference**. Olathe: Garmin, 1998. 60p.
- GIANNOTTI, J. G.; FRANCISCO, V. L. F.; CASER, D. Amostras probabilísticas de imóveis rurais produtores de laranja no Estado de São Paulo. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 53, n. 2, p. 97-105, jul./dez. 2006.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo demográfico agropecuário: história do censo agropecuário**. Rio de Janeiro: IBGE, 2008. Disponível em: <http://censos2007.ibge.gov.br/hist_agro.shtm>. Acesso em: jan. 2008.
- INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA - IEA. **Área e produção dos principais produtos da agropecuária do Estado de São Paulo**. São Paulo: IEA, 2009. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/banco/menu.php>>. Acesso em:

maio 2009.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Catálogo de Imagens INPE**. São José dos Campos: INPE, 2009. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: abr. 2009.

KISH, L. **Survey sampling**. New York: John Wiley, 1965, 643p.

LUIZ, A. J. B.; EPIPHANIO, J. C. N. Amostragem por pontos em imagens de sensoriamento remoto para estimativa de área plantada por município. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2001. p. 111-118. CD-ROM.

MARTINS, V. A. **Amostragem probabilística e imagens de satélite para estimativa de área de citros**. 2009. 155p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2009.

MATHER, P. M. **Computer processing of remotely-sensed images: an introduction**. 2.ed. Chichester: John Wiley & Sons, 1999, 292p.

MATHWORKS, Inc. **Matlab: the language of technical computing**. Natick: Mathworks, 2009. Disponível em: <<http://www.mathworks.com/products>>. Acesso em: fev. 2009.

MATTOS JUNIOR, D. et al. **Citros**. São Paulo: Centro APTA Citros Sylvio Moreira, 2005, 929p.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: UFMG, 2005, 297p.

MOREIRA, M. A. et al. Emprego de imagens do TM/Landsat-5 e da abordagem de classificação híbrida para mapear áreas de citros no estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 309-316.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**, 3. ed. Minas Gerais: UFV, 2007, 320p.

MUELLER, C. C.; SILVA, G.; VILLALOBOS, A. G. Pesquisa agropecuária do Paraná: safra 1986/87 (Programa de Aperfeiçoamento de Estatísticas Agropecuárias). **Revista Brasileira de Estatística**, Rio de Janeiro, v. 49, n. 191, p. 55-84, 1988.

NEVES, M. F. et al. **Caminhos para a citricultura: uma agenda para manter a liderança mundial**. São Paulo: Atlas, 2007, 110p.

OLIVETTE, M. P. A.; NOGUEIRA, E. A. Geografia regional e planejamento rural: o papel do censo agropecuário. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 36, n. 11, p. 58-64, nov. 2006.

PINO, F. A. Detecção e correção de erros em levantamentos agrícolas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 9, p. 979-985, set. 1986.

_____. Estatísticas agrícolas para o século XXI. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 46, n. 2, p. 71-105, 1999.

_____. Quem tem medo do censo agropecuário? **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 1, n. 3, mar. 2006. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=4860>>. Acesso em: abr. 2009.

RESEARCH SYSTEMS, INC. - RSI. **Envi 4.3.**, Boulder: RSI 2006. 1 CD ROM.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Instituto Florestal. **Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo**. São Paulo: Imprensa Oficial, 2005. 200p.

THOMPSON, S. K. **Sampling**. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 2002. 343p.

Recebido em 09/09/2011. Liberado para publicação em 27/02/2012.