

## Amostragem por pontos em imagens de sensoriamento remoto para estimativa de área plantada por município

ALFREDO JOSÉ BARRETO LUIZ<sup>1</sup>  
JOSÉ CARLOS NEVES EPIPHANIO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Embrapa Meio Ambiente (doutorando no INPE)

<sup>2</sup>INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil  
e-mail: {barreto; epiphani}@ltid.inpe.br

**Abstract** A sampling method based on remote sensing images is proposed. The method uses pixels as sampling units and hypergeometric distribution properties for the estimates. The development was done ad hoc for agricultural surveys specifically intended to estimate crop areas at municipal level. Considerations about minimal identifiable segment size related to agricultural characteristics and practices are presented. The sufficient sample size is dependent on the investigated area percentage occupied by the less frequent crop of interest. Simulations were done and some results are presented.

**Keywords:** crop area, agricultural survey, sampling techniques, remote sensing image.

### 1 Introdução

A agricultura, no sentido mais amplo do termo, abrange uma enorme quantidade de atividades, envolvendo várias centenas de espécies vegetais cultivadas. Entretanto, devido às condicionantes ambientais e culturais, em cada país, região ou município, apenas algumas espécies são consideradas como as mais importantes, segundo diversos critérios: ou por serem responsáveis pela maior parte da área cultivada, ou pelo maior número de empregos gerados, ou pelo maior potencial de dano ambiental, ou pelo maior valor da produção, ou por ser essencial na dieta alimentar dos habitantes locais, etc.

Devido às características inerentes às atividades agropecuárias, como a ampla dispersão espacial, o grande número de produtores, a variabilidade do tamanho das propriedades com muitas delas de pequeno porte, a inexistência ou fragilidade da associação entre produtores, etc., a obtenção de informação atualizada sobre este setor da economia é particularmente difícil. Segundo Ippoliti-Ramilo et al. (1999), o caráter multi-espectral, sinóptico, repetitivo e global dos dados orbitais indica esta tecnologia como uma grande aliada dos sistemas de estimativas agrícolas. Isso é corroborado pelo fato de que em muitos países, segundo a FAO (1998), já é corriqueiro o uso de imagens de sensoriamento remoto como auxiliares nos sistemas nacionais de estimativas agrícolas.

Atualmente, entretanto, apenas algumas culturas agrícolas podem ser efetivamente monitoradas através do sensoriamento remoto. São aquelas que ocupam a maior área, sendo cultivadas mecanicamente e, portanto, em talhões cujas dimensões mínimas geralmente superam uma dezena de hectares. Não por acaso, as espécies vegetais pertencentes a esse grupo geralmente são também aquelas que têm alto interesse econômico e são responsáveis pela geração de um grande número de empregos ao longo de sua cadeia produtiva. É para a estimativa

da área plantada com estas culturas, por município, que se propõe o presente método de amostragem por pontos (ou elementos de cena).

## 2 Tamanho e forma de segmentos

Entre outros, um dos motivos que dificultam o emprego do sensoriamento remoto no monitoramento de espécies vegetais cultivadas em áreas pequenas (menores de 10 hectares), é o problema da alta porcentagem de elementos de cena presentes na borda do segmento da imagem que representa o talhão do campo. Esses elementos da borda são geralmente impuros, ou seja, dentro da área que representam figuram mais de um tipo de alvo, com diferentes respostas espectrais, ocasionando um sinal contaminado. Para exemplificar a afirmação anterior, pode-se supor as três formas simples de arranjo de elementos de cena para a construção de um segmento representadas na **figura 1**: a) forma quadrada; b) forma retangular 2:1; e c) forma quadrada 45°.

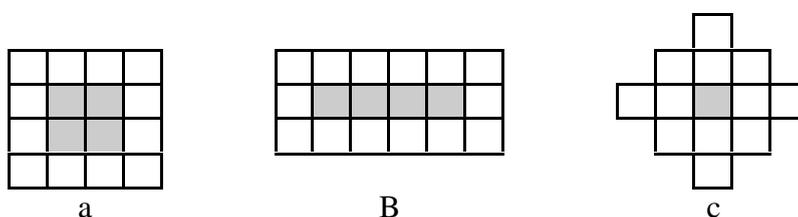


Figura 1 - Formas simples de segmentos de imagem

Nos casos acima, apenas os elementos centrais (mais escuros) podem ser considerados como interiores, sendo os restantes considerados como borda. É possível ajustar equações que permitem calcular, para segmentos com qualquer número de elementos de cena, a porcentagem de área ocupada pela borda. Resolvendo essas equações para determinadas áreas e assumindo uma resolução espacial de 30m x 30m obtêm-se os resultados apresentados na **tabela 1**, que permitem comparar as três formas usadas como exemplo.

Tabela 1 - Valores percentuais da área ocupada pelos elementos da borda em segmentos de imagem com diferentes formas e tamanhos

| Área do segmento<br>(ha) | Porcentagem de borda (%) |               |              |
|--------------------------|--------------------------|---------------|--------------|
|                          | Quadrado                 | Retângulo 2:1 | Quadrado 45° |
| 1                        | 84,00                    | 91,28         | 94,32        |
| 5                        | 46,46                    | 49,72         | 61,57        |
| 10                       | 34,35                    | 36,65         | 46,52        |
| 20                       | 25,03                    | 26,66         | 34,37        |
| 50                       | 16,25                    | 17,28         | 22,57        |
| 100                      | 11,64                    | 12,37         | 16,25        |

Como se pode observar, mesmo na forma mais simples que pode assumir um segmento em uma imagem, que é a forma quadrada, segmentos com 10 hectares ou menos têm mais de um terço de sua área representado por elementos da borda.

Qualquer dos dois outros arranjos, retangular ou quadrado 45°, ocasiona um aumento na área ocupada pelos elementos de borda. Como é de se supor que os segmentos que representam os talhões reais do campo raramente serão tão regulares e, frequentemente, assumirão formas muito mais complexas, o percentual de elementos de borda em áreas pequenas será ainda maior.

Com a melhoria da resolução espacial dos sensores, a influência dos elementos de borda diminui, como se pode observar na **tabela 2**; mas mesmo assim eles representam mais de 23% da área de um segmento quadrado de 10 hectares quando o elemento de cena assume dimensões de 20m x 20m, aproximadamente 18% com elementos de 15m x 15m, mais de 12% com elementos de 10m x 10m, e pouco mais de 6% com elementos de apenas 5m x 5m.

Tabela 2 - Valores percentuais da área de borda em segmentos de imagem quadrados com elementos de cena de diferentes tamanhos

| Área do segmento<br>(ha) | Percentagem de borda (%) |           |           |           |         |
|--------------------------|--------------------------|-----------|-----------|-----------|---------|
|                          | 30m x 30m                | 20m x 20m | 15m x 15m | 10m x 10m | 5m x 5m |
| 1                        | 84,00                    | 64,00     | 51,00     | 36,00     | 19,00   |
| 5                        | 46,46                    | 32,58     | 25,03     | 17,09     | 8,74    |
| 10                       | 34,35                    | 23,70     | 18,07     | 12,25     | 6,22    |
| 20                       | 25,03                    | 17,09     | 12,97     | 8,74      | 4,42    |
| 50                       | 16,25                    | 10,99     | 8,31      | 5,58      | 2,81    |
| 100                      | 11,64                    | 7,84      | 5,91      | 3,96      | 1,99    |

Como se vê, apesar de ser lícito esperar por uma melhoria na capacidade de monitoramento de atividades agrícolas, advinda do uso dos novos sensores com altíssima resolução espacial, ainda assim sempre haverá um limite para a área mínima contínua cultivada passível de monitoramento por sensoriamento remoto orbital, que em geral não será muito inferior aos já citados 10 hectares.

Por tudo isso, no âmbito municipal, onde os efeitos ambientais e da tradição agrícola locais são muito fortes, haverá apenas um pequeno número, quase sempre menor que uma dezena, de espécies vegetais que se enquadrem simultaneamente como mais importantes e passíveis de monitoramento pelo sensoriamento remoto.

### 3 Método proposto

Na maioria dos levantamentos estatísticos tradicionais, principalmente na área rural, onde geralmente os mapas e o acesso são precários ou inexistentes, uma das maiores dificuldades encontradas é devida às falhas de recobrimento. A grande vantagem do uso das imagens de sensoriamento remoto como instrumento auxiliar na construção de painéis amostrais por área é, portanto, a garantia de recobrimento total da região de interesse. O próprio processo de aquisição da imagem produz uma divisão imaginária da superfície terrestre em elementos de cena que a recobrem totalmente e sem sobreposição. Assumindo a área de um município qualquer como a região de interesse, existirá um número finito **N** de elementos de cena que representarão na imagem a sua superfície real, conforme a **equação 1**:

$$N = \frac{\text{área do município}}{\text{área do elemento de cena}} \quad (1)$$

Portanto, nos levantamentos por amostragem, a população é a área do município e os elementos da amostra correspondem exatamente aos elementos de cena. Como no caso de painéis amostrais por área a probabilidade de seleção de cada elemento da amostra é proporcional à sua área, e como a área de cada elemento de cena de uma imagem é constante, todo elemento da população tem garantida uma mesma e conhecida chance de pertencer à

amostra. Quando corretamente planejado, este tipo de levantamento assegura que não ocorram as falhas de cobertura.

No passado, uma das limitações ao uso de esquemas amostrais probabilísticos, por área, com elementos de dimensões arbitrariamente predefinidas, era a necessidade de identificar precisamente os seus limites físicos no terreno. Atualmente, a alta precisão, o baixo custo e a facilidade de operação dos aparelhos de GPS disponíveis, permitem o estabelecimento com precisão e rapidez, deste tipo de elemento amostral, inclusive com formas geométricas regulares, como no caso do elemento de cena.

O método aqui proposto para a estimativa da área plantada com uma determinada cultura  $x_1$  no município  $M_1$  combina os princípios estatísticos da teoria da amostragem com as características inerentes aos dados de sensoriamento remoto e obedece a pelo menos dois pressupostos básicos.

O primeiro deles é que um talhão agrícola é constituído por uma única cultura num determinado instante, ou seja, definido um segmento na imagem como correspondente a um talhão no campo, embora ele possa apresentar elementos de cena com valores variáveis dentro de cada banda espectral, todos os elementos de cena pertencentes ao segmento pertencerão a uma única categoria de cultura agrícola. Esta afirmação sustenta-se em fatos agronômicos que, para todos os efeitos práticos (e para as culturas passíveis de monitoramento por satélite, conforme já descrito anteriormente), impedem a existência de mistura de culturas agrícolas dentro de um mesmo talhão. Isso porque as culturas mecanizadas e tecnificadas exigem, cada uma, data própria para o plantio e para os tratos culturais; precisam de aplicação específica, em qualidade e quantidade, de insumos (fertilizantes, herbicidas, fungicidas, inseticidas, hormônios); apresentam ciclos distintos; são semeadas em espaçamentos diferenciados; necessitam de plataformas especiais para colheita, etc.

O segundo pressuposto é o de que existe uma tradição ou vocação agrícola municipal ou regional que impede uma alteração acentuada na área plantada com as principais culturas em um município em um curto período de tempo (Ortiz et al., 1997). Isso porque a mudança em larga escala exigiria alterações na oferta de produtos e serviços, como sementes, fertilizantes, agrotóxicos, máquinas e implementos, assistência técnica, rede de armazenamento e comercialização, estrutura de transporte, entre outros, que não são facilmente efetuadas. Essa tradição permite que se faça uma primeira estimativa de quais as culturas presentes em um determinado município e em que proporção, com base nos dados existentes para anos anteriores.

O método proposto é o da Amostragem Aleatória Simples (AAS), que consiste na seleção de uma amostra de  $n$  elementos de um total populacional de  $N$ , de tal forma que qualquer possível amostra de tamanho  $n$  tenha uma mesma probabilidade de ser escolhida. Na prática, enumera-se de 1 até  $N$  os elementos de cena que compõem a imagem da área de interesse e, através de um algoritmo de geração de números aleatórios, selecionam-se os  $n$  elementos da amostra.

Uma primeira consequência prática da escolha do elemento de cena como unidade básica de amostragem, derivada da aplicação do primeiro pressuposto, é que se um elemento de cena for escolhido para compor uma amostra, não é necessário localizar exatamente no campo a sua posição. Basta localizá-lo na imagem, identificar o segmento que o contém e, a seguir, localizar o segmento no campo (o que é muito mais fácil); então, ao definir-se a classificação deste segmento, o elemento é automaticamente classificado.

Aqui é importante considerar a variável a ser mensurada em cada elemento da amostra. Embora o interesse seja na área plantada com determinadas culturas agrícolas, como a unidade

amostral (o elemento de cena) tem área conhecida e constante em toda a região investigada, a proporção de ocorrência das classes de interesse na amostra equivale à proporção de área amostral ocupada pelas culturas, o que, por expansão, permite estimar as áreas totais no município. Assim, é necessária e suficiente a medição de apenas uma variável categórica em cada unidade amostral. Ou seja, no caso mais simples, de uma única cultura ( $x_1$ ), um elemento poderá ser classificado em apenas duas categorias: **C** se ele pertence a um segmento ocupado pela cultura  $x_1$ ; e se ele pertence a um segmento não ocupado pela cultura  $x_1$ . Para facilitar a exposição do método será assumida a seguinte notação:

**A** = número de elementos da classe **C** na população (**a** na amostra)

**P** = **A/N** = proporção de elementos da classe **C** na população (**p** = **a/n** na amostra)

**Q** = 1-**P** = proporção de elementos da classe na população (**q** = 1-**p** na amostra)

**f** = **n/N** = fração amostral ( $1/f = N/n$  = fator de expansão)

Considerando que a variável é categórica, o processo descrito para a obtenção da amostra é, segundo Johnson e Kotz (1969), a situação clássica que leva naturalmente a uma distribuição discreta do tipo hipergeométrica. Neste caso, segundo Cochran (1977), a estimativa amostral de **P** é dada diretamente por **p**, já a estimativa de **A** é obtida pela aplicação do fator de expansão, ou seja, **A** = **a**(1/**f**).

Supondo que para cada elemento da população existe uma variável  $y_i$  que assume valor 1 se o elemento pertence a classe **C**, ou valor 0 se o elemento pertence à classe , fica claro que o total para a população é obtido da **equação 2**:

$$Y = \sum_{i=1}^N y_i = A \quad (2)$$

e que as médias da população e da amostra podem ser calculadas pelas **equações 3 e 4**, respectivamente:

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^N y_i}{N} = \frac{A}{N} = P \quad (3)$$

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} = \frac{a}{n} = p \quad (4)$$

Conseqüentemente, o problema de obter **A** e **P** pode ser reduzido à simples estimativa do total e da média de uma população onde todo  $y_i$  é ou 1 ou 0. Sob estas condições pode-se afirmar que a proporção amostral **p** = **a/n** é uma estimativa não tendenciosa da proporção populacional **P** = **A/N**.

Na prática, nos casos onde a fração amostral não excede 5% ( $f < 0,05$ ), pode-se considerar que a variância da média amostral (ou seja, a variância de **p**) tem sua estimativa não tendenciosa dada pela **equação 5**:

$$S_p^2 = \frac{pq}{(n-1)} \quad (5)$$

O número estimado total de elementos da classe **C** na população é representado como  $\hat{A} = Np$ , e a estimativa não tendenciosa da sua variância pode ser obtida pela **equação 6**:

$$S_{Np}^2 = \frac{N(N-n)}{(n-1)}pq \quad (6)$$

Mas, quando se conhece a verdadeira distribuição de frequência dos dados, é possível, além da média e da variância, estimar-se ainda a probabilidade real de ocorrência de cada resultado possível para o processo de amostragem. Com isso pode-se obter uma boa indicação do tamanho de amostra adequado à identificação de eventos (culturas agrícolas no presente caso) com as mais variadas probabilidades de ocorrência na população.

#### 4 Simulação

A probabilidade individual de ocorrência de um determinado número **a** de sucessos em uma amostra de **n** unidades amostrais, extraída de uma população de **N** elementos, na qual pressupõe-se uma proporção real **P** de sucessos, pode ser exatamente calculada ou aproximada de diversas maneiras (Johnson e Kotz, 1969; Cochran, 1977).

Para se ter uma opinião abalizada sobre a influência da variação nos valores de **N**, **P** e **n** sobre a probabilidade de ocorrência de valores individuais de **a**, na escala de trabalho compatível com o objetivo de estimar a área plantada com uma grande cultura em um município, foram simuladas diversas combinações desses valores e calculadas as probabilidades correspondentes, utilizando para isso o aplicativo SAS (SAS, 1988). Foram simuladas todas as combinações dos seguintes valores: **N** = 100.000; 200.000; 300.000; 400.000; e 500.000; **n** = 100; 200; 300; 400; e 500; **a** = variando de 0 a **n**; e **P** = 0,01; 0,02; 0,03; 0,04; 0,05; 0,06; 0,07; 0,08; 0,09; 0,10; 0,20; 0,30; 0,40; e 0,50. Observe-se que no caso de **P** existe uma simetria que permite obter os valores das probabilidades também para **Q** = 1 - **P** diretamente, não sendo necessária uma nova simulação. Ou seja, os valores para **P** = 0,99; 0,98; ... ; 0,60, são simétricos aos de **P** = 0,01; 0,02; ... ; 0,40.

A apresentação dos resultados completos das simulações foge ao escopo deste documento, mas, a título de exemplo e para sustentar as discussões sobre o método proposto, foram selecionados dois tamanhos de município (**N** = 100.000 e 500.000, respectivamente 90km<sup>2</sup> e 450km<sup>2</sup>, supondo o elemento de cena de 30 x 30m), três tamanhos de amostras (**n** = 100, 300 e 500), e duas proporções de ocorrência da cultura de interesse (**P** = 0,01 e 0,20, respectivamente 1% e 20% da área total), para os quais as probabilidades calculadas dos resultados mais prováveis são apresentadas na **tabela 3**.

Para melhor compreender os resultados alcançados é preciso ter em mente alguns conceitos que, a primeira vista podem parecer contrários ao senso comum. O seguinte exemplo hipotético pretende auxiliar no esclarecimento e fixação destes conceitos. Suponha um município de 9.000 hectares de área total que tenha 1% da sua área cultivada com milho e sobre o qual distribuam-se aleatoriamente 100 áreas quadradas, equivalentes cada uma a um elemento de cena de 30m x 30m; neste caso tem-se **N** = (9.000 x 10.000) / (30 x 30) = 100.000; **P** = 0,01; e **n** = 100. Pensando no município como um todo, e aplicando a proporção **P** aos elementos de cena, conclui-se que dos 100 mil elementos que correspondem ao território municipal, mil deles equivalem à área plantada com milho; e, portanto, 99 mil são ocupados por outra cobertura

qualquer, que não milho. Embora a expectativa média seja a de se observar, entre os 100 elementos da amostra, um deles com milho (ou seja,  $a = 1$ ), é preciso ter em mente que é possível a obtenção de qualquer resultado para  $a$  entre 0 e 100; o que varia é a probabilidade de ocorrência de cada um desses resultados, sendo mais freqüente o resultado  $a = 1$  e muito improvável resultados com  $a > 4$  (**tabela 3**).

Tabela 3 - Probabilidade de obtenção de  $a$  elementos com a cultura de interesse, em amostras de tamanho variável ( $n = 100, 300$  ou  $500$ ), quando a cultura ocupa 1 ou 20% ( $P = 0,01$  ou  $0,20$ ) de uma área total hipotética de 90 ou 450 km<sup>2</sup> ( $N = 100.000$  ou  $500.000$ ).

| P     | n = 100 |                    |                     | n = 300 |                    |                     | n = 500 |                    |                     |
|-------|---------|--------------------|---------------------|---------|--------------------|---------------------|---------|--------------------|---------------------|
|       | a       | 90 km <sup>2</sup> | 450 km <sup>2</sup> | a       | 90 km <sup>2</sup> | 450 km <sup>2</sup> | a       | 90 km <sup>2</sup> | 450 km <sup>2</sup> |
| 0,01  | 0       | 0,36585            | 0,36600             | 0*-1    | 0,19720            | 0,19755             | 0**,-2  | 0,12275            | 0,12325             |
|       | 1       | 0,36991            | 0,36977             | 2-4     | 0,61917            | 0,61861             | 3-7     | 0,74545            | 0,74453             |
|       | 2       | 0,18496            | 0,18488             | 5-7     | 0,17228            | 0,17239             | 8-12    | 0,12995            | 0,13033             |
|       | 3       | 0,06097            | 0,06099             | 8-10    | 0,01108            | 0,01119             | 13-17   | 0,00184            | 0,00188             |
|       | 4       | 0,01490            | 0,01493             | 11-13   | 0,00026            | 0,00026             | >17     | 0,00001            | 0,00001             |
|       | >4      | 0,00341            | 0,00343             | >13     | 0,00001            | -                   |         |                    |                     |
| ..... |         |                    |                     |         |                    |                     |         |                    |                     |
| 0,20  | <13     | 0,02527            | 0,02531             | <38     | 0,00031            | 0,00031             | -       | -                  |                     |
|       | 13      | 0,02156            | 0,02158             | 38-40   | 0,00134            | 0,00135             | <68     | 0,00006            | 0,00006             |
|       | 14      | 0,03351            | 0,03353             | 41-43   | 0,00523            | 0,00526             | 68-72   | 0,00064            | 0,00065             |
|       | 15      | 0,04804            | 0,04806             | 44-46   | 0,01601            | 0,01609             | 73-77   | 0,00410            | 0,00416             |
|       | 16      | 0,06383            | 0,06383             | 47-49   | 0,03904            | 0,03914             | 78-82   | 0,01814            | 0,01828             |
|       | 17      | 0,07886            | 0,07885             | 50-52   | 0,07655            | 0,07662             | 83-87   | 0,05593            | 0,05613             |
|       | 18      | 0,09093            | 0,09090             | 53-55   | 0,12193            | 0,12191             | 88-92   | 0,12231            | 0,12238             |
|       | 19      | 0,09812            | 0,09808             | 56-58   | 0,15915            | 0,15901             | 93-97   | 0,19244            | 0,19219             |
|       | 20      | 0,09935            | 0,09931             | 59-61   | 0,17157            | 0,17137             | 98-102  | 0,22062            | 0,22019             |
|       | 21      | 0,09462            | 0,09458             | 62-64   | 0,15383            | 0,15367             | 103-107 | 0,18641            | 0,18614             |
|       | 22      | 0,08494            | 0,08491             | 65-67   | 0,11544            | 0,11539             | 108-112 | 0,11727            | 0,11731             |
|       | 23      | 0,07200            | 0,07198             | 68-70   | 0,07292            | 0,07297             | 113-117 | 0,05544            | 0,05562             |
|       | 24      | 0,05774            | 0,05774             | 71-73   | 0,03897            | 0,03906             | 118-122 | 0,01986            | 0,02000             |
|       | 25      | 0,04387            | 0,04388             | 74-76   | 0,01771            | 0,01778             | 123-127 | 0,00543            | 0,00550             |
|       | 26      | 0,03163            | 0,03164             | 77-79   | 0,00687            | 0,00691             | 128-132 | 0,00114            | 0,00116             |
| 27    | 0,02166 | 0,02168            | 80-82               | 0,00228 | 0,00231            | 133-137             | 0,00019 | 0,00019            |                     |
| >27   | 0,03408 | 0,03413            | >82                 | 0,00084 | 0,00085            | >137                | 0,00004 | 0,00004            |                     |

As linhas destacadas na **tabela 3** correspondem aos valores médios estimados pela equação 4. No caso de  $n > 100$ , é fornecido um intervalo de valores de  $a$  que contém o valor médio na posição central. Pode-se observar que o ganho na precisão cresce significativamente com o aumento do tamanho da amostra, mas isso é ainda mais notável para o menor valor de  $P$ . É

importante destacar a assimetria observada com relação ao valor médio, também mais visível para o menor valor de **P**; o que é um dos motivos pelos quais o ajuste dos dados a uma distribuição normal (gaussiana) não seria o mais adequado, podendo mesmo levar a graves distorções.

## 5 Conclusão

O percentual da área de um município ocupado por uma determinada cultura pode ser estimado de maneira rápida através do método de amostragem aleatória simples, cujas unidades amostrais sejam os elementos de cena de uma imagem de sensoriamento remoto, através da simples expansão da proporção de elementos da amostra classificados como pertencentes à categoria de interesse.

Dados categóricos provenientes de levantamentos amostrais do tipo aqui recomendado, ajustam-se exatamente à distribuição hipergeométrica, permitindo a predeterminação do tamanho amostral adequado e a construção de intervalos de confiança para as estimativas.

Para os valores que assume **N**, no caso de áreas típicas em escala municipal e para sensores de resolução em torno de 30m x 30m, as diferenças devidas à mudança no tamanho da população são insignificantes para quaisquer efeitos práticos, ou seja, a área total do município não é um fator determinante do tamanho de amostra capaz de proporcionar a desejada confiabilidade na estimativa do percentual de área ocupado pela cultura de interesse. O que mais influencia na detecção de uma cultura é a combinação entre tamanho de amostra e a proporção com que a categoria de interesse ocorre na população.

O método aqui proposto é adequado para estimar, no âmbito municipal ou similar, a área plantada com culturas que ocupem uma porcentagem significativa (acima de 1%) da região de interesse e que sejam cultivadas predominantemente em talhões com área superior a 10 hectares.

## Agradecimentos

À Fapesp (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pelo financiamento do projeto de número 99/09485-8, do qual se originou este trabalho.

## Referências

- Cochran, W.G. **Sampling Techniques**. 3ed. New York: John Wiley & Sons, 1977. 428p.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). **Multiple frame agricultural surveys**: volume 2 agricultural survey programmes based on area frame or dual frame (area and list) sample design. Rome: FAO, 1998. 242p. (FAO Statistical Development Series, 10)
- Ippoliti-Ramilo, G.A.; Epiphanió, J.C.N.; Shimabukuro, Y.E.; Formaggio, A.R. Sensoriamento remoto orbital como meio auxiliar na previsão de safras. **Agricultura em São Paulo**, v.46, n.1, p.89-101, 1999.
- Johnson, N.L.; Kotz, S. **Discrete Distributions**. New York: John Wiley & Sons, 1969. 328p.
- Ortiz, M.J.; Formaggio, A.R.; Epiphanió, J.C.N. Classification of croplands through integration of remote sensing, GIS, and historical database. **International Journal of Remote Sensing**, v.18,n.1, p.95-105, 1997.
- SAS INSTITUTE. **SAS language**: reference, version 6, First edition. Cary, NC, 1988. 1088p.