

Estimativa de áreas agrícolas de trigo nos municípios de Jaguapitã e Arapongas – PR – pelo método objetivo amostral e de análise de imagens

Daniela Brandão¹
Elizabeth Goltz¹
John Mauricio Arenas-Toledo¹
José Carlos Neves Epiphânio²
Antonio Roberto Formaggio²

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) – Av. dos Astronautas, 1758 - 12.227-010 –
São José dos Campos – SP – Brasil – Tel: + 55 12 3945-6425
{dany, goltz, john, epiphanio, formag}@dsr.inpe.br

¹Bolsistas/ Consultores do Projeto Geosafras; ²Pesquisadores Titulares;

Abstract

The estimate of crop area is important for planning purposes. However, this estimate is complex. There is an alternative and objective methodology developed by using remote sensing and statistical sampling. This paper describes an experiment in which the accuracy of this methodology is compared to the official, but subjective, estimate. Two municipalities were used in the experiment. The crop in which we were interested was wheat. The non-subjective estimate was done by checking the land use of the samples in the field; in addition two kinds of digital classifications were applied coupled to a CBERS and Landsat multitemporal analysis. The results showed that the estimates from the objective were much closer to the digital classification than to the official estimates. As a conclusion, the estimates based on statistical sampling designed based on remote sensing images and sampling design proved to be useful and trustful.

Palavras-chave: agriculture statistics, crop area, multitemporal analysis, remote sensing, satellite, estatística agrícola, estimativa de área, análise multitemporal, sensoriamento remoto, satélite.

1. Introdução

Com o intuito de aperfeiçoar as metodologias oficiais brasileiras de levantamentos agrícolas foi elaborado o projeto GeoSafras, uma ação conjunta entre diversas instituições públicas de âmbito estadual e nacional, cujo objetivo principal é desenvolver novas metodologias para estimativas de área agrícola e de produtividade estaduais com auxílio de dados de satélites.

A metodologia de estimativa de áreas agrícolas usada no projeto GeoSafras está apresentada em Epiphany et al. (2002) e Luiz (2003), com avaliações adicionais mostradas em Gürtler (2003), Sanchez (2004) e Crusco (2006). Para a estimativa estadual, tanto o método GeoSafras como o método oficial (LSPA – Levantamento Sistemático da Produção Agrícola) baseiam-se em dados municipais: o GeoSafras faz estimativas para alguns municípios segundo um delineamento amostral, e o LSPA (IBGE, 2005) fornece dados para todos os municípios. Como são duas metodologias distintas, é natural que haja discrepâncias entre elas, tanto para a estimativa estadual como para as estimativas naqueles municípios amostrados pelo GeoSafras. Diante disso, sempre que for possível complementar ou avaliar ambos os levantamentos pelo uso de um método alternativo, é aconselhável. Esse método alternativo a que se faz menção é uma análise de imagens de satélite do período de cultivo do trigo. Assim, o objetivo deste trabalho consistiu em fazer uma análise complementar àquelas feitas pela metodologia objetiva amostral e pelo levantamento subjetivo, a fim de avaliar a consistência da metodologia GeoSafras.

2. Municípios

No caso do trigo no Paraná, para a safra de 2006, foram amostrados 21 municípios para o GeoSafras. Desses, escolheram-se Jaguapitã e Arapongas para fazer essa avaliação alternativa. Decidiu-se por eles, em função de serem de tamanho não muito grande e por apresentarem uma certa discrepância entre o método amostral GeoSafras e o método tradicional e subjetivo do LSPA. Esse método alternativo a que se faz menção é uma análise de imagens de satélite do período de cultivo do trigo. Também lançou-se mão das informações de campo levantadas pelos entrevistadores durante a realização do GeoSafras. Como complemento à análise, apresentaram-se os dados preliminares de áreas agrícolas plantadas levantados subjetivamente pelo IBGE.

Os municípios de Jaguapitã e Arapongas localizam-se ao Norte do Paraná e possuem área de 46.550 e 37.000ha, respectivamente, como mostra a **Figura 1**.

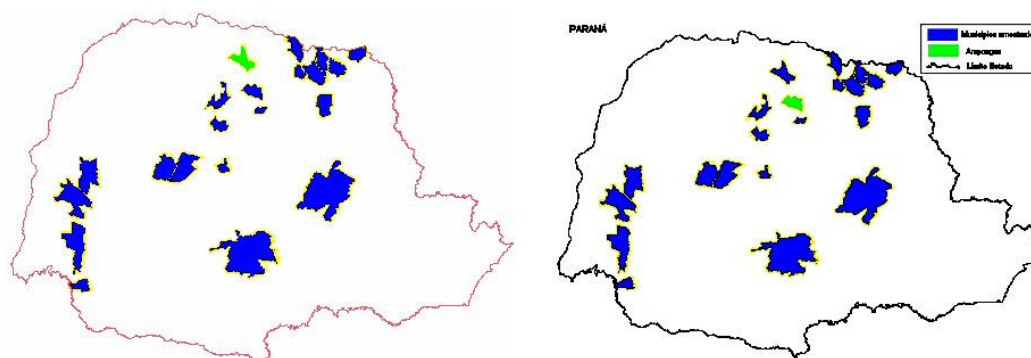


Figura 1 – Localização dos municípios de Jaguapitã e Arapongas – PR (destaque em verde).

3. Método objetivo amostral do GeoSafras

O método objetivo amostral baseia-se no uso de informações tabulares do IBGE e em imagens de satélite para a construção de painéis amostrais. A imagem sobreposta aos limites do município divide a sua superfície em pixels; neste processo, garante-se o recobrimento total e sem sobreposição da região de interesse. A população equivale à área do município e os elementos da população (e da amostra) são os pixels. Desta forma, como a probabilidade é proporcional à área, todo elemento tem a mesma chance de pertencer à amostra. A partir desses pontos amostrais definidos e distribuídos em cada município pertencente ao painel amostral, os técnicos vão a campo para identificar as culturas presentes em cada ponto.

O primeiro passo no projeto GeoSafras é a determinação da cultura e do Estado (Unidade Federativa) a serem estudados; em seguida, são extraídos os dados de área plantada e área municipal (ambas em hectares) a partir do site do IBGE (IBGE, 2005). Com a população definida, é feita a estratificação pela aplicação de um algoritmo de agrupamento (*clustering*). Neste método, os estratos são formados visando minimizar a variância interna de cada grupo, e maximizar a variância entre grupos. O número de estratos e municípios sorteados por estrato varia para cada par conjugado “Estado/ cultura”. A escolha do número de estratos é determinada a partir de uma análise de resultados simulados para cada caso. A alocação dos municípios por estrato é definida por meio da alocação de Neyman. Em seguida, é feito o sorteio aleatório dos municípios dentro de cada estrato que farão parte do painel amostral. E, por fim, o número de pontos é distribuído proporcionalmente com relação à área territorial amostrada de todos os estratos em conjunto. A geração da localização dos pontos amostrais é feita no programa Spring e, então, são elaboradas as imagens de campo, ou seja, cartas-imagem. Sobre cada uma delas põe-se uma transparência com o painel amostral de pontos, impressas em tamanho A4, as quais são enviadas aos técnicos de campo juntamente com uma planilha para serem preenchidas, em que deve ser identificada a cultura que se encontra em cada ponto amostral.

4. Planilhas de campo

O trabalho de campo no município de Jaguapitã foi realizado entre 21/09/2005 e 28/09/2005 e foram identificados 12 pontos de trigo. A partir desses dados, foi feita a tabulação e calculada a área de 5.586ha de trigo para este município pelo método Geosafra, como mostra a **Tabela 1**.

Tabela 1 – Estimativa das áreas agrícolas no município de Jaguapitã para os 100 pontos (Método GeoSafras).

Estimativa Anual									
OCUPAÇÃO	pontos	p	área (ha)	variância (p)	variância (área)	desvio padrão (área)	LI	LS	CV(%)
AVEIA	7	0,07	3.259	6,51	1.410.654	1.188	1.304,72	5.212,28	36,4%
CAFÉ	1	0,01	466	0,99	214.523	463	0,00	1.227,41	99,5%
CANA-DE-AÇÚCAR	28	0,28	13.034	20,16	4.368.475	2.090	9.595,80	16.472,20	16,0%
EUCALIPTO	1	0,01	466	0,99	214.523	463	0,00	1.227,41	99,5%
MATA	5	0,05	2.328	4,75	1.029.279	1.015	658,59	3.996,41	43,6%
MILHO SAFRINHA	8	0,08	3.724	7,36	1.594.840	1.263	1.646,58	5.801,42	33,9%
PALHA	11	0,11	5.121	9,79	2.121.398	1.457	2.724,55	7.516,45	28,4%
PASTAGEM	35	0,35	16.293	22,75	4.929.703	2.220	12.640,12	19.944,88	13,6%
POMAR	2	0,02	931	1,96	424.713	652	0,00	2.003,05	70,0%
SORGO	1	0,01	466	0,99	214.523	463	0,00	1.227,41	99,5%
TRIGO	12	0,12	5.586	10,56	2.288.249	1.513	3.097,62	8074,38	27,1%

Para o município de Arapongas, o trabalho de campo foi realizado entre 30/08/2005 e 02/09/2005 e foram identificados 37 pontos de trigo; e pela tabulação desses dados chegou-se a 13.690ha de trigo (**Tabela 2**).

Tabela 2 – Estimativa das áreas agrícolas no município de Arapongas para os 100 pontos (Método GeoSafras).

OCUPAÇÃO	pontos	p	Estimativa Anual						
			área (ha)	variância (p)	variância (área)	desvio padrão (área)	LI	LS	CV(%)
ÁREA URBANA	10	0,1	3.700	9,00	1 232 100	1.110	1. 874,05	5.525,95	30,0%
AVEIA	13	0,13	4.810	11,31	1 548 339	1.244	2.763,09	6.856,91	25,9%
CAFÉ	1	0,01	370	0,99	135 531	368	0,00	975,60	99,5%
ESTRADA	1	0,01	370	0,99	135 531	368	0,00	975,60	99,5%
MATA	13	0,13	4.810	11,31	1 548 339	1.244	2.763,09	6.856,91	25,9%
MILHO SAFRINHA	3	0,03	1.110	2,91	398 379	631	71,72	2.148,28	56,9%
PALHA	6	0,06	2.220	5,64	772 116	879	774,54	3.665,46	39,6%
PASTAGEM	11	0,11	4.070	9,79	1 340 251	1.158	2.165,60	5.974,40	28,4%
PLANTAS MEDICINAIS	3	0,03	1.110	2,91	398 379	631	71,72	2.148,28	56,9%
POMAR	3	0,03	1.110	2,91	398 379	631	71,72	2.148,28	56,9%
REFLORESTAMENTO	1	0,01	370	0,99	135 531	368	0,00	975,60	99,5%
SOLO EXPOSTO	4	0,04	1.480	3,84	525 696	725	287,29	2.672,71	49,0%
TRIGO	37	0,37	13.690	23,31	3.191.139	1.786	10.751,41	16.628,59	13,0%

5. Materiais e Métodos

Para a identificação das áreas das culturas via imagens de satélites foram utilizadas três imagens conforme a **Tabela 3**.

Tabela 3 - Imagens utilizadas para a análise multitemporal nos municípios de Jaguapitã e Arapongas.

Satélite/ Sensor*	Data	Bandas
CBERS/CCD	11/07/2005	2,3,4
Landsat/TM	30/07/2005	3,4,5
CBERS/CCD	27/09/2005	2,3,4

(*) CBERS/CCD: Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres / Câmera Imageadora de Alta Resolução. TM: Thematic Mapper.

Primeiramente foram testadas várias segmentações, com diferentes limiares de similaridade (intervalo de Número Digital - ND) e área (tamanho da janela), utilizando a imagem CBERS/CCD de 11 de Julho para as bandas 2, 3 e 4, e também para a banda 4 apenas. A segmentação que apresentou a melhor representatividade dos talhões e para as unidades de cobertura do município de Jaguapitã foi a que tinha valores de 25 para similaridade e 100 para área, enquanto que para Arapongas foi de 30 para similaridade e 200 para área. A **Figura 2** mostra um exemplo das segmentações escolhidas.

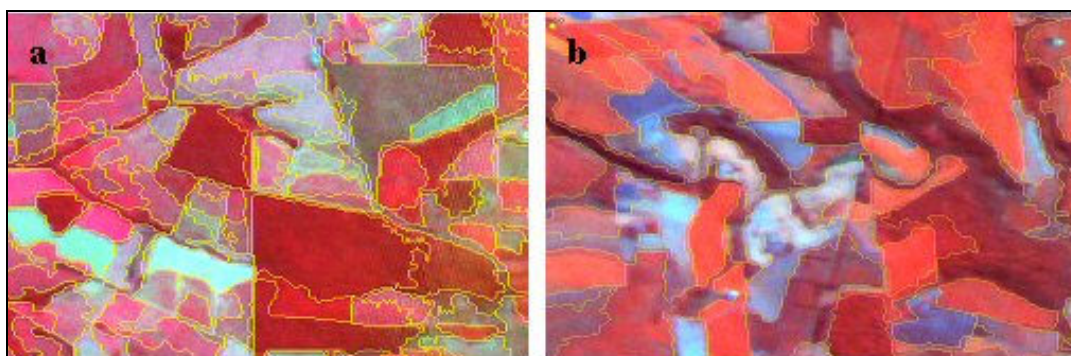


Figura 2 - Resultado da segmentação em uma porção da imagem CBERS/CCD (11/07/2005): a) Jaguapitã e b) Arapongas.

A partir desta segmentação-base geraram-se algumas classificações não-supervisionadas (isoseg) e uma classificação supervisionada utilizando o classificador Bhattacharya com limiar de aceitação de 90% disponível no software Spring. Para esta classificação é necessária a aquisição de amostras de treinamento para a geração das classes. Tais amostras foram obtidas a partir de dados de campo, com base nos pontos identificados pelos técnicos no município. Desta forma, foram geradas cinco classes temáticas: água, demais culturas, mata, solo exposto e trigo. A **Figura 3** apresenta exemplos de áreas de trigo nas três imagens utilizadas.

Todas as imagens, mais os resultados da segmentação e da classificação foram exportados para o software *Arcview* para a realização das edições matriciais.



Figura 3 - Áreas de trigo (a) imagem CBERS/CCD (11/07/2005), (b) Landsat/TM (30/07/2005) e (c) CBERS/CCD (27/09/2005).

A partir da série multitemporal (imagens CBERS/CCD de 11/07/2005, Landsat/TM de 30/07/2005 e CBERS/CCD de 27/09/2005) foi feita uma análise observando-se o zoneamento do município para a cultura de trigo na época de semeadura e no ciclo cultural do trigo (100 - 120 dias) a fim de eliminar as áreas de não-trigo, ou seja, áreas com água, mata, solo exposto e demais culturas. Para o município de Jaguapitã e Arapongas os períodos favoráveis de plantio estão entre os dias 31/03 e 20/05. Segundo esta análise, se na primeira imagem (do dia 11 de julho) aparecesse solo exposto ou início de germinação, na segunda (30 de julho) cultura implantada e, na terceira (27 de setembro), uma vegetação vigorosa, caracterizava-se o ponto como “demais culturas”, pois nesta fase, de acordo com o zoneamento, o trigo já foi colhido.

Algumas áreas de exclusão de culturas foram definidas pelos seguintes critérios: áreas com mesmo comportamento no decorrer das três datas, ou que apresentassem solo exposto na segunda imagem do dia 30/07, ou ainda, que apresentassem maior vigor vegetativo na última imagem do dia 27/09 (**Figura 4**).

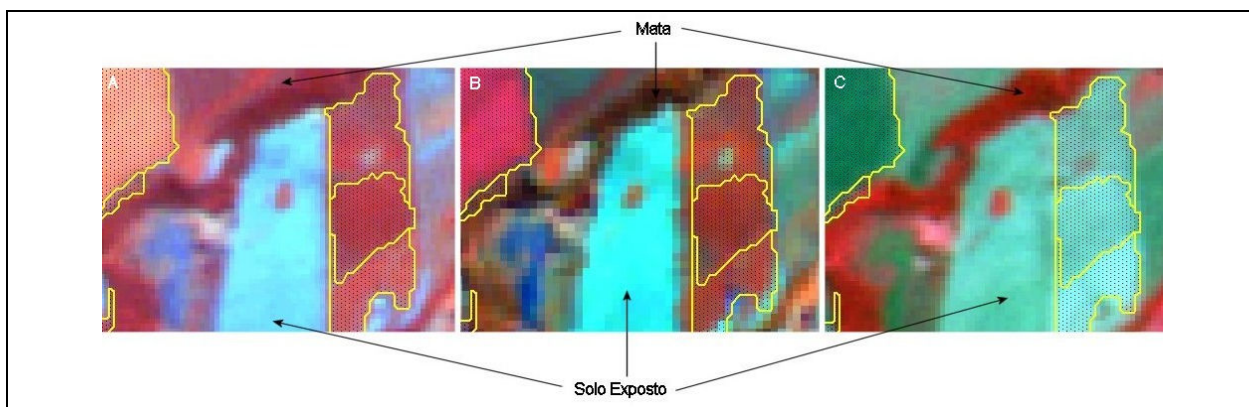


Figura 4 - Exemplos de áreas de exclusão de talhões. As setas indicam áreas que apresentaram o mesmo comportamento na primeira e última imagem, o que caracteriza áreas de não-trigo.

A Figura 5 apresenta um fluxograma com um resumo da metodologia adotada.

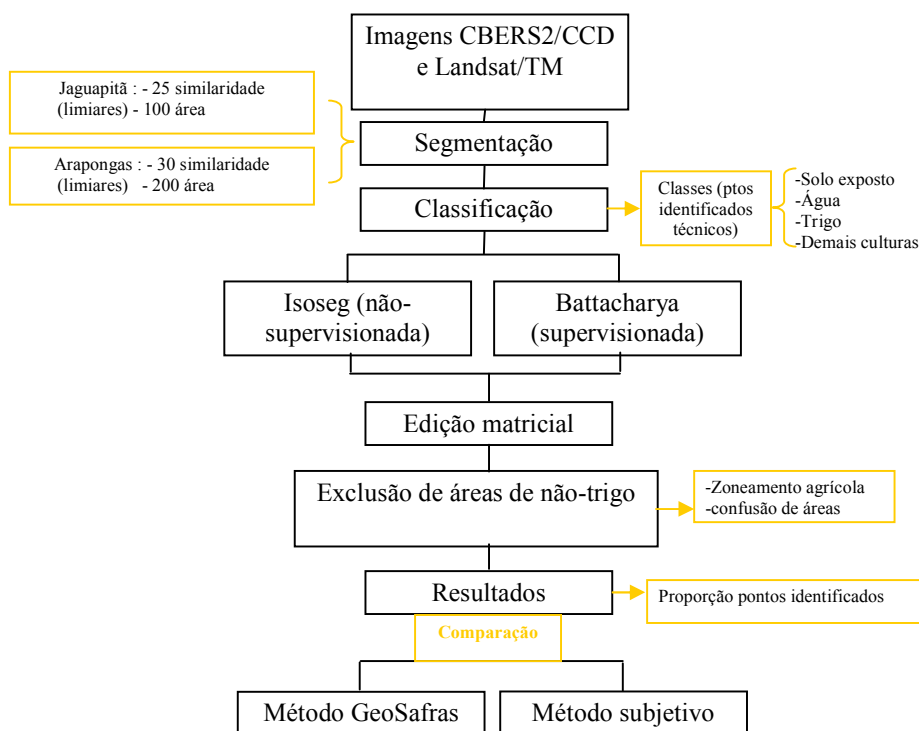


Figura 5 – Fluxograma da metodologia aplicada.

6. Resultados e Conclusões

Ao analisar a evolução espectro-temporal no município de Jaguapitã não foi possível distinguir algumas áreas de aveia e sorgo de algumas com trigo devido ao fato de aquelas culturas terem sido colhidas na mesma época. Caso semelhante ocorreu no município de Arapongas, porém com a confusão ocorrendo apenas entre a aveia e o trigo. Desta forma, foram somadas as áreas das

culturas de aveia e sorgo com as áreas de trigo para comparar com a tabulação dos dados (método GeoSafras); e o resultado encontra-se na **Tabela 4**.

Tabela 4 – Culturas conflitantes e soma das áreas na análise multitemporal nos municípios de Jaguapitã e Arapongas.

Municípios	Métodos	Soma das áreas (trigo + aveia e sorgo)
Jaguapitã	Áreas de trigo + sorgo + aveia (via imagens)	11.700 ha
	Áreas de trigo + sorgo + aveia (método GeoSafras)	9.311 ha
Arapongas	Áreas de trigo + aveia (via imagens)	18.010 ha
	Áreas de trigo + aveia (método GeoSafras)	18.500 ha

Dessa análise pode-se inferir que os dados de campo estão bem próximos dos dados obtidos pela análise da série multitemporal de imagens de satélite. Se for aplicada a proporção de pontos de trigo, sorgo e aveia determinada em campo pelos técnicos para o município de Jaguapitã, chega-se a 60% para trigo, 5% para sorgo e 35% para aveia. Se for aplicada esta proporção aos 11.700 ha determinados pela interpretação das imagens, chega-se a 7.020 ha para o trigo em Jaguapitã, estimados via imagens de satélite. Já no caso de Arapongas, se for feito um cálculo de ponderação entre as duas culturas (aveia + trigo), via pontos de campo do GeoSafras, o trigo representaria 74% e a aveia 26%. Portanto, 74% de 18.010 ha representam 13.327 ha na interpretação das imagens.

A aplicação da proporção de pontos levantados em campo pelos técnicos sobre a interpretação de imagens de satélite no município de Jaguapitã leva a uma área de trigo de 7.020 ha, que está bem próxima da estimativa via GeoSafras, a qual foi calculada como sendo 5.803 ha, mas bem diferente dos 1.174 ha levantados subjetiva e preliminarmente pelo LSPA.

Para o município de Arapongas, quando se aplicou a proporção de pontos amostrais levantados em campo pelos técnicos do GeoSafras sobre as análises das imagens CBERS e Landsat, chegou-se ao valor de 13.327 ha de trigo. Este valor está muito próximo dos 13.690 ha de trigo estimados pelo GeoSafras, mas razoavelmente distante dos 7.800 ha levantados preliminar e subjetivamente pelo LSPA. Embora mais análises pudessem ser feitas, particularmente para outros municípios, os resultados aqui apresentados, mostraram que o GeoSafras é um método consistente para os propósitos de levantamento de áreas agrícolas. Entre as vantagens do método GeoSafras pode-se citar que ele permite uma quantificação do erro associado às estimativas de área, o que lhe confere credibilidade; todo o processo pode ser auditado; e que ele permite uma repetitividade de execução, o que assegura um grau de transparência até então inexistente nas estimativas brasileiras de larga escala.

7. Referências bibliográficas

Crusco, N.A. **Sensoriamento remoto para análise multitemporal da dinâmica de áreas agrícolas**. 2006. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2006. No prelo.

Epiphanyo, J.C.N.; Luiz, A.J.B.; Formaggio, A.R. Estimativa de áreas agrícolas municipais, utilizando sistema de amostragem simples sobre imagens de satélite. *Bragantia*, v. 61, n. 2, p.187-197. 2002.

Gürtler, S. **Estimativa de área agrícola a partir de sensoriamento remoto e banco de pixels amostrais**. 2003. 179p. (INPE-9774_TDI/858). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. Disponível em: <sid.inpe.br/jeferson/2003/06.02.07.29>.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1612&z=p&o=18>, acesso em 12/07/2005.

Luiz, A.J.B. **Estatísticas agrícolas por amostragem auxiliadas pelo sensoriamento remoto**. 2003. 107p. (INPE-TDI/). Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2003.

Sanches, I. D. **Sensoriamento remoto para o levantamento espectro-temporal e estimativa de área de culturas agrícolas**. 2004. 172 p. (INPE-10290-TDI/909). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2004. Disponível na biblioteca digital URLib: <sid.inpe.br/jeferson/2004/05.14.10.59>.