

# **AVALIAÇÃO DO USO DA FOTOGRAMETRIA NO POSICIONAMENTO DOS VÉRTICES DE IMÓVEIS RURAIS PARA FINS CADASTRAIS CONFORME PRECISÃO DETERMINADA PELO INCRA**

**Ronaldo Aparecido de Oliveira, MSc.**  
**ENGEFOTO – Engenharia e Aerolevantamentos S.A.**  
**Supervisão dos Processos de Geomática**  
Rua Frei Francisco Mont'Alverne, 750 – Jardim Santa Bárbara  
Curitiba – PR CEP 81540-410  
Fone: 41 3071-4200  
[ronaldo@engefoto.com](mailto:ronaldo@engefoto.com)

## **RESUMO**

Este presente trabalho tem por objetivo mostrar os resultados obtidos na simulação da utilização da fotogrametria na determinação da posição espacial dos vértices de imóveis rurais, pois o INCRA, regulamentando a lei 10.267/01, determinou como técnica de posicionamento apenas o uso de rastreamento GPS. Nesta avaliação foram utilizados 330 imóveis rurais localizados no interior de Santa Catarina, de diferentes formas geométricas e áreas, cujas coordenadas foram determinadas por levantamento GPS. Como o erro que se comete no posicionamento da marca estereoscópica via estação fotogramétrica é da ordem de 2 pixels, pode-se afirmar que um GSD menor que 25 cm permitiria uma leitura dentro desta tolerância. Assim, foi simulada a inserção de erros aleatórios nas componentes x e y dos vértices. Foram realizadas duas simulações, inserindo erros entre 0 e  $\pm 50$  cm (caso 1) e  $\pm 50$  a  $\pm 100$  cm (caso 2), sendo este último para avaliar o impacto nas áreas caso a tolerância fosse o dobro. Após a inserção dos erros nos vértices, foram recriados os polígonos dos imóveis rurais em software CAD, fechando-os e medindo suas novas áreas para a realização de uma comparação entre as áreas originais (vértices levantadas por GPS) e as novas (vértices com erros). Foi verificado que as discrepâncias entre as áreas apresentaram valores muito pequenos, com uma média de 0,02% para as discrepâncias no caso 1 e 0,025% para o caso 2. Deste modo, tais resultados mostraram que a fotogrametria, realizada com controle dentro desta tolerância de 50 cm, pode ser utilizada como uma opção, além do uso do rastreamento GPS, no posicionamento espacial dos vértices de imóveis rurais.

Palavras chaves: mapeamento rural, mapeamento cadastral, cadastro rural

## **ABSTRACT**

This present study aims to show the results obtained in the simulation of the use of photogrammetry in determining the spatial position of the rural properties's vertices, as INCRA, according to the law 10.267/01, which only the use of GPS tracking was established as a technique for positioning. In this evaluation were used 330 rural parcels located at Santa Catarina's countryside, in different shapes and areas, whose coordinates were determined by GPS survey. Usually the error committed during a stereoscopic brand positioning, by photogrammetric station, is about 2 pixels. In face of that it can be said that a GSD less than 25 cm would allow a reading within this tolerance. Thus, we simulated the insertion of random errors in x and y components of the vertices. Two simulations were performed by inserting errors between 0 and  $\pm 50$  cm (case 1) and  $\pm 50$  to  $\pm 100$  cm (case 2), the last one was used to assess the impact in areas where the tolerance doubled. After insertion of the errors at the vertices, the polygons of rural parcels were recreated by CAD software, closing them and measuring their new areas to carry out a comparison between the original areas (vertices raised by GPS) and the new ones (vertices with errors). It was found that the discrepancies between the areas have very small values, with an average of 0.02% for the discrepancies in case 1 and 0.025% for case 2. Thus, these results showed that the photogrammetry, made within this tolerance of 50 cm, besides the use of GPS tracking, can be used as an option at the spatial position of the rural properties's vertices.

Keywords: rural mapping, cadastral mapping, rural cadastral

## 1 INTRODUÇÃO

A necessidade de organizar o espaço territorial para um melhor gerenciamento é cada vez mais demandada. Esta demanda gera outra, que é a obtenção de uma base cartográfica confiável e precisa. A precisão desta base cartográfica deve ser compatível com as aplicações e resultados que se deseja obter dela. Assim, a definição da escala e precisão das feições representadas é fundamental.

Com vistas a iniciar um processo de definição de um padrão mínimo de precisão para os mapeamentos de áreas rurais, o governo federal editou uma lei para regulamentar, em nível nacional, estas questões, ficando a cargo do INCRA normatizar a precisão mínima.

Inicialmente a tecnologia especificada inclui apenas levantamento por rastreamento GPS de dupla frequência, ou seja, apenas por levantamento geodésico. Mas como é sabido, existe uma gama grande de metodologias para a obtenção de coordenadas de pontos

na superfície e deste modo começou a haver questionamento para saber se é possível a utilização de outras metodologias. Uma destas metodologias que potencialmente poderia ser utilizada é a fotogrametria.

Assim, este trabalho tem o objetivo de apresentar a metodologia, os testes e os resultados obtidos de um conjunto de dados referentes a lotes rurais, de modo a verificar a influência e/ou impacto de erros nas coordenadas planas, dos vértices destas feições, na área final do respectivo lote.

## 2 METODOLOGIA

Inicialmente, foi selecionado um conjunto com 330 áreas rurais localizadas no interior de Santa Catarina. Estas áreas rurais possuem tamanhos e formas geométricas bem diferentes umas das outras, não tendo um comportamento sistemático ou homogêneo, conforme se observa nas figuras 1 e 2. Todas estas divisas foram levantadas por rastreamento GPS.



Fig. 1 – Forma e tamanhos dos lotes utilizados na pesquisa



Fig. 2 – Detalhe de lotes utilizados na pesquisa

Foram assumidas as seguintes condições nesta avaliação:

- 1) As áreas obtidas por GPS foram assumidas como verdades absolutas em termos de comparação com os testes de simulação com inserção de erros.
- 2) Os erros gerados foram independentes em suas componentes X e Y. Assim, um erro positivo em X não implica exatamente em um erro positivo em Y e vice-versa. A componente Z foi ignorada, não sendo considerada em nenhum momento nos testes.
- 3) Os lados dos polígonos formadores dos lotes rurais foram assumidos como segmentos de reta. Por se tratar de áreas pequenas, também não foi considerada a curvatura da terra no cálculo das áreas dos lotes rurais.

Com as coordenadas dos vértices dos lotes, foram desenhados os polígonos num software CAD e extraídas as áreas de cada polígono. Estas áreas foram assumidas como isentas de erros, uma vez que foram levantadas com GPS (condição “1” citada anteriormente).

Ainda utilizando os vértices, foram simulados erros em cada vértice de cada polígono de cada área (condição “2” anterior). Foram gerados dois conjuntos de dados com erros diferentes:

- Caso #1: erros planimétricos independentes em X e Y variando de 0 a 50 cm.
- Caso #2: erros planimétricos independentes em X e Y variando de 50 a 100 cm.

Para a simulação dos erros foi utilizada a função “aleatória” do Microsoft Excel utilizando as seguintes regras:

- a) um valor aleatório para cada componente responsável por definir o sinal do erro (positivo ou negativo). Se o valor aleatório fosse maior ou igual a 0,5, o erro a ser inserido na componente foi positivo, caso contrário, negativo.
- b) um valor aleatório para cada componente responsável por definir o valor absoluto do erro, já que o sinal foi dado pelo outro valor aleatório, conforme item “a”. Em cada caso foram definidas regras de modo que fosse garantido que os erros estariam dentro dos intervalos pré-determinados.
- c) cada valor de erro gerado foi somado ou subtraído à respectiva coordenada conforme o sinal determinado no parâmetro do item “a”.

A partir das novas coordenadas, os polígonos foram recriados conforme seus respectivos polígonos fontes e calculadas as áreas de cada lote.

### 3 RESULTADOS

A partir das áreas calculadas com os dados simulados e comparados com as áreas consideradas corretas foi gerada uma tabela contendo todas as áreas e as diferenças, em valores absolutos e percentagens.

Analisando os valores destas diferenças foi observado que menos de 0,05% das áreas simuladas nos

dois casos ficaram com diferenças acima de 1% entre a área assumida como verdadeira e a obtida com inserção de erros. Também se observou que lotes com áreas muito pequenas há maior potencial de apresentar uma discrepância mais acentuada; este comportamento é natural, uma vez que qualquer variação na posição dos vértices em áreas pequenas gerará, proporcionalmente falando, maior magnitude de discrepância na área resultante final.

Para facilitar uma avaliação mais genérica, foram definidas classes de intervalo de área e todas as áreas foram classificadas em apenas uma classe. As tabelas 1 e 2 mostram os resultados após esta agregação em classes. Nestas tabelas também estão indicadas a quantidade de área rurais dentro do intervalo para permitir analisar também o quão representativa é a classe.

TABELA 1 – Resultados do caso #1 por classes de áreas – erros simulados de 0 a 50 cm

Classe	Núm. Áreas	Estatística	Área correta (ha)	Área errada (ha)	Diferença (ha)	Diferença (%)
0 a 5 ha	33	Média	2,781	2,782	-0,001	-0,025%
		Desvio-padrão	1,755	1,755	0,008	0,698%
5 a 10 ha	34	Média	7,321	7,325	-0,004	-0,058%
		Desvio-padrão	1,440	1,440	0,011	0,152%
10 a 15 ha	37	Média	12,455	12,451	0,004	0,030%
		Desvio-padrão	1,311	1,309	0,021	0,168%
15 a 20 ha	32	Média	17,425	17,425	0,000	-0,003%
		Desvio-padrão	1,453	1,458	0,023	0,133%
20 a 25 ha	44	Média	22,718	22,721	-0,003	-0,013%
		Desvio-padrão	1,366	1,366	0,019	0,084%
25 a 30 ha	31	Média	27,274	27,274	0,000	-0,001%
		Desvio-padrão	1,395	1,397	0,022	0,080%
30 a 35 ha	22	Média	32,857	32,859	-0,002	-0,007%
		Desvio-padrão	1,430	1,428	0,025	0,077%
35 a 40 ha	11	Média	37,244	37,232	0,012	0,033%
		Desvio-padrão	1,411	1,422	0,043	0,116%
40 a 45 ha	14	Média	42,556	42,555	0,002	0,004%
		Desvio-padrão	1,530	1,534	0,027	0,063%
45 a 50 ha	14	Média	47,320	47,330	-0,010	-0,022%
		Desvio-padrão	1,384	1,390	0,033	0,069%
50 a 55 ha	13	Média	52,563	52,559	0,004	0,007%
		Desvio-padrão	1,503	1,521	0,029	0,054%
55 a 60 ha	3	Média	56,786	56,799	-0,013	-0,024%
		Desvio-padrão	1,629	1,612	0,018	0,032%
60 a 70 ha	6	Média	65,204	65,193	0,011	0,017%
		Desvio-padrão	3,469	3,452	0,029	0,045%
70 a 80 ha	6	Média	73,913	73,907	0,007	0,009%
		Desvio-padrão	2,188	2,193	0,033	0,045%
80 a 90 ha	6	Média	85,270	85,261	0,009	0,010%
		Desvio-padrão	3,223	3,239	0,027	0,032%
90 a 100 ha	7	Média	94,723	94,708	0,014	0,015%
		Desvio-padrão	3,441	3,439	0,037	0,038%
100 a 200 ha	12	Média	130,782	130,771	0,011	0,008%
		Desvio-padrão	29,220	29,218	0,041	0,031%
200 a 300 ha	2	Média	217,586	217,615	-0,028	-0,013%
		Desvio-padrão	11,298	11,407	0,109	0,049%
300 a 1000 ha	2	Média	589,300	589,223	0,077	0,013%
		Desvio-padrão	268,586	268,567	0,019	0,003%
1000 a 2000 ha	1	Média	2174,702	2174,889	-0,187	-0,009%
		Desvio-padrão	-	-	-	-

Classe	Núm. Áreas	Estatística	Área correta (ha)	Área errada (ha)	Diferença (ha)	Diferença (%)
Todas	330	Média	41,866	41,866	0,000	-0,016%
		Desv.-padrão	130,433	130,440	0,027	0,247%

TABELA 2 – Resultados do caso #2 por classes de áreas – erros simulados de 50 a 100 cm

Classe	Núm. Áreas	Estatística	Área correta (ha)	Área errada (ha)	Diferença (ha)	Diferença (%)
0 a 5 ha	33	Média	2,781	2,789	-0,008	-0,283%
		Desvio-padrão	1,782	1,787	0,024	1,609%
5 a 10 ha	34	Média	7,321	7,317	0,004	0,057%
		Desvio-padrão	1,462	1,477	0,041	0,556%
10 a 15 ha	37	Média	12,455	12,455	0,000	-0,003%
		Desvio-padrão	1,329	1,317	0,054	0,418%
15 a 20 ha	32	Média	17,425	17,415	0,010	0,056%
		Desvio-padrão	1,477	1,468	0,068	0,394%
20 a 25 ha	44	Média	22,718	22,720	-0,002	-0,008%
		Desvio-padrão	1,382	1,383	0,058	0,256%
25 a 30 ha	31	Média	27,274	27,283	-0,009	-0,035%
		Desvio-padrão	1,418	1,426	0,070	0,252%
30 a 35 ha	22	Média	32,857	32,860	-0,003	-0,009%
		Desvio-padrão	1,430	1,437	0,052	0,161%
35 a 40 ha	11	Média	37,244	37,288	-0,043	-0,117%
		Desvio-padrão	1,411	1,440	0,069	0,183%
40 a 45 ha	14	Média	42,556	42,559	-0,003	-0,006%
		Desvio-padrão	1,530	1,551	0,054	0,128%
45 a 50 ha	14	Média	47,320	47,277	0,042	0,089%
		Desvio-padrão	1,384	1,379	0,068	0,144%
50 a 55 ha	13	Média	52,563	52,582	-0,019	-0,037%
		Desvio-padrão	1,503	1,538	0,079	0,148%
55 a 60 ha	3	Média	56,786	56,798	-0,013	-0,022%
		Desvio-padrão	1,629	1,721	0,100	0,174%
60 a 70 ha	6	Média	65,204	65,195	0,010	0,015%
		Desvio-padrão	3,469	3,508	0,060	0,092%
70 a 80 ha	6	Média	73,913	73,918	-0,005	-0,007%
		Desvio-padrão	2,188	2,242	0,147	0,199%
80 a 90 ha	6	Média	85,270	85,228	0,042	0,049%
		Desvio-padrão	3,223	3,184	0,058	0,067%
90 a 100 ha	7	Média	94,723	94,706	0,017	0,018%
		Desvio-padrão	3,441	3,450	0,110	0,115%
100 a 200 ha	12	Média	130,782	130,759	0,023	0,018%
		Desvio-padrão	29,220	29,312	0,129	0,100%
200 a 300 ha	2	Média	217,586	217,464	0,123	0,056%
		Desvio-padrão	11,298	11,431	0,132	0,064%
300 a 1000 ha	2	Média	589,300	589,405	-0,105	-0,018%
		Desvio-padrão	268,586	268,461	0,125	0,033%
1000 a 2000 ha	1	Média	2174,702	2174,272	0,429	0,020%
		Desvio-padrão	-	-	-	-
Todas	330	Média	41,866	41,864	0,002	-0,025%
		Desv.-padrão	130,433	130,412	0,071	0,593%

Quando a análise é realizada por classe, as discrepâncias ficam menores ainda, pois todas as médias estão abaixo de 0,1% de discrepância entre a área real e as simuladas.

Os desvios-padrão associados a cada média também indicam uma dispersão pequena, implicando que os erros inseridos não geraram deformações acentuadas nas áreas.

#### 4 CONCLUSÃO

Com base nos dados apresentados acima, bem como nos resultados analisados, pode-se concluir que a utilização da fotogrametria pode ser aplicada. Para isso é necessário que haja uma garantia de que os erros cometidos estejam dentro das tolerâncias testadas.

Assim, os erros resultados não causarão diferenças acentuadas nas determinações das áreas dos lotes rurais. Isto significa que a utilização do rastreamento GPS ou da fotogrametria dentro deste nível de precisão garantem a mesma qualidade na determinação das áreas dos lotes rurais.

#### 5 CONSIDERAÇÕES

É importante frisar que não é qualquer cobertura aerofotogramétrica que pode ser utilizada para tal objetivo. Deve-se observar que a precisão de até 50 cm na determinação de um ponto necessita de vários controles. Assim a escala de voo ou GSD (ground sample distance) deve ser determinada pensando nesta limitação, bem como a orientação do sensor, tanto por levantamento de pontos em campo como por determinação direta, também deve satisfazer esta precisão mínima. Deste modo, a utilização de sensores inerciais para a orientação do sensor no momento da obtenção das imagens pode ser um fator relevante.

Vale salientar também que com a utilização da fotogrametria, além da determinação da localização dos vértices é possível também a caracterização da forma da área. Com a utilização apenas de topografia ou geodésia, há a determinação precisa da localização dos vértices, não é possível afirmar como são os lados das propriedades rurais, tendo-se que considerar que são lineares perfeitos. Esta injunção pode influenciar na precisão final da área calculada, o que não é desejado.

Se houver a necessidade de materialização de uma rede de referência com vértices posicionados geodésicamente, a fotogrametria permite que seja realizado um planejamento e a escolha de locais mais fáceis, tanto em termos de locação como de preservação.

Com a evolução dos sensores e das técnicas de obtenção de informações espaciais, não é difícil afirmar que outras técnicas poderão vir a ser utilizadas no futuro, sem comprometer a qualidade ou precisão dos resultados. Um exemplo típico desta evolução são os lasers scanners aerotransportados que permite a obtenção de uma nuvem de pontos que caracteriza com grande acurácia a superfície do terreno e dos elementos que estão na superfície. Combinando esta técnica com a fotogramétrica, é possível a obtenção de um produto cartográfico mais preciso ainda, possibilitando a geração de curvas de níveis com precisão muito melhor que 50 cm (considerando um produto 1:1.000 – PEC-A).

Deste modo, o importante não é a limitação da utilização de uma ou outra técnica no levantamento e sim a determinação da condição para aceitação ou não dos resultados, que pode ser uma precisão mínima na determinação dos vértices, uma tolerância na variação da área, ou mesmo a combinação destas ou outras determinadas.