

# ACURÁCIA DE MAPAS ALTIMÉTRICOS OBTIDOS POR MONITORES DE PRODUTIVIDADE<sup>1</sup>

L.C.M. CREMONINI<sup>2</sup>, J.P. MOLIN<sup>3</sup>

2º Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão  
Viçosa, MG – 12 a 14 junho de 2002

**RESUMO:** A adoção de técnicas de agricultura de precisão no Brasil vem sendo realizada de forma gradual, onde se busca a adaptação às condições brasileiras e maior estudo referente aos fatores de produção envolvidos. Este trabalho estudou a acurácia do posicionamento vertical de dois receptores de GPS de mercado bem como a acurácia de mapas altimétricos obtidos com DGPS em percursos simulando colheitas e o efeito da junção de diferentes mapas consecutivos. Primeiramente obteve-se a acurácia dos receptores de GPS em ensaios específicos, e na sequência foram obtidos dados em uma área agrícola simulando a operação de colheita de cereais. Estes dados foram comparados com aqueles obtidos de um levantamento realizado de forma convencional. Foi realizada a reprodução gráfica do modelo de elevação do terreno, com um, dois e três conjuntos de dados, representado respectivamente uma, duas e três colheitas. A junção de dados melhoram a qualidade da informação. Os mapas obtidos com DGPS têm qualidade suficiente para serem utilizados nas decisões de gerenciamento de áreas agrícolas e no estudo de correlações da altitude com outros fatores de produção.

**PALAVRAS-CHAVE:** agricultura de precisão, GPS, monitor de produtividade.

## ACCURACY OF ELEVATION MAPS FROM YIELD MONITOR

**ABSTRACT:** The adoption of precision agriculture techniques in Brazil has been with adaptation to Brazilian conditions and studies on yield factors involved. This work studied the accuracy of elevation generated with DGPS simulating harvesting operation and the effect of the joining different consecutive maps. Initially, a dynamic test was performed for accuracy determination in the sequence harvesting operations were simulated in the field. Data were compared with a conventional survey where a graphical reproduction of the elevation used as reference. Simulations involved on, two and three data sets, representing respectively one, two and three harvestes. Joining of data improved of data improves the quality of the information. Elevation maps generated with DGPS have quality necessary to be used for managing decisions and the studies of altitude related to other production factors.

**KEY WORDS:** precision agriculture, GPS, yield monitor.

**INTRODUÇÃO:** A partir da geração de mapas de produtividade é possível constatar a variabilidade espacial da produção, onde fica evidenciado que uma mesma área não é homogênea. A melhor compreensão dos fatores que podem influenciar a produtividade é essencial para o desenvolvimento da agricultura de precisão. Uma das variáveis de produção que podem estar influenciando a produtividade é a topografia, pois esta ligada a outros fatores como gênese do solo, textura, retenção de água, capacidade de campo, drenagem, microclima, entre outros. Obtenção de mapas altimétricos através da engenharia convencional são trabalhosos e dispendiosos. Recentemente passou-se a disponibilizar o uso de receptores

<sup>1</sup> Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor.

<sup>2</sup> Eng<sup>o</sup> Agrônomo, mestrando do curso de pós-graduação em Máquinas Agrícolas, Depto de Engenharia Rural, ESALQ/USP, Av. Pádua Dias, 09, Piracicaba-SP, (0xx19) 3429-4188, e-mail: lcmcremo@esalq.usp.br

<sup>3</sup> Eng<sup>o</sup> Agrícola, Prof. Dr, Depto. de Engenharia Rural, ESALQ/USP, e-mail: jpmolin@esalq.usp.br

de GPS para os produtores agrícolas, o que pode viabilizar a obtenção rápida de mapas altimétricos. Clark (1997), em levantamentos altimétricos realizados de modo cinemático com receptor GPS, obteve um número suficiente de dados, de forma rápida e que garantiu detalhamento necessário para manejo de áreas agrícolas. O método mostrou-se altamente viável para obtenção de mapas altimétricos para a agricultura de Precisão. Yao & Clark (2000) sugerem a realização de passadas múltiplas em uma mesma área para a obtenção de mapas com maior acurácia, sendo o número ideal acima de 5 para diluição do erro. Johansen (2001) analisaram a qualidade de mapas altimétricos obtidos com um receptor GPS com correção de sinal em tempo real, os mapas apresentaram correlação de 82% em relação aos dados obtidos de forma convencional. A obtenção de mapas altimétricos para serem utilizados no manejo das lavouras deve garantir uma qualidade mínima. Sua obtenção a partir do tráfego de máquinas equipadas com GPS durante as operações agrícolas tem um determinado nível de acurácia. Este trabalho visa estabelecer esta acurácia a partir de dados reais.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O trabalho foi realizado em duas etapas. Na primeira foi obtido o erro de posicionamento vertical de dois receptores de GPS de mercado. Foi utilizado o receptor modelo AG 114, marca Trimble, 12 canais, com correção de sinal em tempo real via satélite fornecido pela empresa Racal, denominado de receptor 1. O segundo receptor, modelo PRO XR, marca Trimble, 10 canais, correção de sinal pós-processada, é denominado de receptor 2. Os levantamentos foram realizados no Campus Luiz de Queiroz, em Piracicaba-SP. Previamente foram avaliados e escolhidos dois trechos de um terreno. O trecho denominado 1, com declividade de 3,4%, delimitado com 200 metros de comprimento e o trecho denominado 2, com declividade de 1,9%, com 100 metros de comprimento. Com auxílio de trena foram demarcados pontos equidistantes de 5 metros, onde foi realizada leitura das cotas através do método convencional com o auxílio de mira e régua. Foi realizada a leitura de um marco próximo aos perfis para geo-referenciamento dos pontos. Os dados foram analisados e foi realizada a reprodução gráfica em planilha eletrônica. Para a obtenção dos dados dos receptores GPS foi realizado o tráfego na área utilizando um trator agrícola com velocidade aferida para os deslocamentos de 1,1, 2,2 e 3,3  $\text{ms}^{-1}$ . Com base em resultados preliminares, a coleta dos dados se deu em quatro horários distintos, 10, 12, 14 e 16 horas de um mesmo dia. Os receptores de GPS foram instalados no trator e alimentados através de baterias de 12 V e as antenas foram fixadas no centro da capota do mesmo. O armazenamento dos dados do receptor 1 foi em um computador de mão, modelo Compaq, equipado com software de navegação Site Mate (Farm Works Software). Os dados obtidos com o receptor de GPS 2 foram armazenados em um coletor de dados que acompanha o equipamento. Os dados armazenados no computador de mão foram transferidos para um computador. Os arquivos gerados através do software em formato texto, foram trabalhados em planilha eletrônica, para comparação com os dados obtidos de forma convencional. Os dados obtidos pelo receptor de GPS 2, foram transferidos para um computador. Os arquivos tem a estrutura própria e só podem ser trabalhados em software específico que acompanha o receptor GPS. Os dados de posicionamento foram corrigidos por procedimento de pós-processamento através de informações geradas pelo Ciagri/USP em Piracicaba-SP, obtendo novos arquivos, que foram transformados para coordenadas UTM. Com os dados em UTM obteve-se o posicionamento dos dados no campo para comparação com os dados obtidos de forma convencional. Obteve-se assim os erros, sendo possível analisar a dispersão dos mesmos, frequência e frequência acumulada. A segunda etapa foi realizada em uma área agrícola, no Campus da USP, em Pirassununga, SP. Foi utilizado um trator agrícola com velocidade aferida em 1,6  $\text{ms}^{-1}$ , em um trecho plano de 100 metros de comprimento. Foi utilizado o receptor de GPS, modelo AG 114 Trimble, com correção de sinal em tempo real via satélite da empresa Racal, com antena fixada na capota do trator. Para a obtenção dos dados trafegou-se na área em passadas paralelas de 4 metros, simulando a operação de colheita de cereais, obtendo três conjuntos de dados, os arquivos foram gerados em dias e horários diferentes procurando reproduzir o que acontece na prática. Os dados armazenados no computador de mão foram transferidos e trabalhados em planilha eletrônica para eliminação de valores nulos e discrepantes. Após esta etapa os dados foram especializados no software SSTolls (SST Delelopment Group). Com base nos semivariogramas foi realizada a interpolação dos

mesmos através de krigagem com célula de 10 m. Para efeito de comparação, previamente foi realizado o levantamento topográfico convencional com o uso de estação total e os dados tiveram o mesmo tratamento. Comparando os dados coletados pelo receptor DGPS e aqueles obtidos de forma convencional, foi elaborada a dispersão dos erros e frequência.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Nas figuras 1 e 2 é mostrada a frequência dos erros nos dois trechos. Os erros de posicionamento vertical são, de modo geral, 1,5 vez maiores que os erros de posicionamento horizontal. Os fabricantes afirmam que os receptores utilizados são sub-métricos para posicionamento horizontal. De acordo com a acurácia dos receptores avaliados, no trecho de declividade 3,4% o receptor GPS 1 apresenta erros absolutos de até 2,0 m para cerca de 70% dos dados, chegando a erros de até 4,75m. O receptor GPS 2 apresenta cerca de 80% dos erros até 2,0 m, chegando a erros de até 3,1m. No trecho com declividade 1,9%, 80% dos erros estão até 2,0 m, com o mesmo comportamento para os dados obtidos com os dois receptores GPS, porém o receptor 1 apresenta erros em até 8m, enquanto o receptor 2 tem erros de até 3,75m.

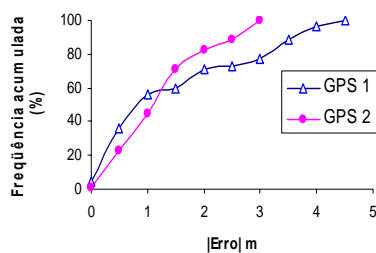


Figura 1. Frequência acumulada dos erros do trecho com declividade de 3,4%, obtidos com os dois receptores

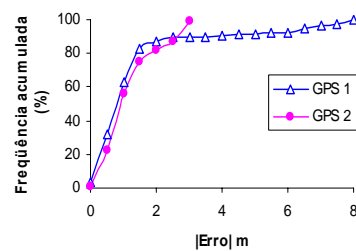


Figura 2. Frequência acumulada dos erros do trecho com declividade de 1,9%, obtidos com os dois receptores

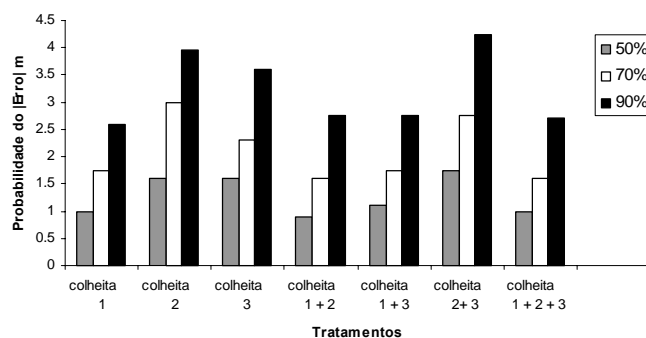


Figura 3. Representação gráfica da probabilidade do erro em módulo para as porcentagens de 50, 70 e 90% para as simulações analisadas

Na Figura 3 é apresentada a representação gráfica dos dados das simulações de colheitas obtidas em campo, mostrando os erros de posição vertical em relação à referência, que foi o levantamento altimétrico convencional. As diferenças na qualidade entre os conjuntos de dados pode estar associada aos horários e dias distintos da obtenção dos dados. A figura 4 mostra a representação gráfica do levantamento altimétrico convencional e da junção das três passadas que corresponderam às simulações de colheitas coletando dados com DGPS. A reprodução da toposequência do terreno aparece com intervalos semelhantes, porém com ruídos que degradam a qualidade da informação, causados pelos erros pontuais caracterizados na análise de dispersão. Mesmo assim observa-se que a informação da altimetria obtida desta forma pode ser utilizada para melhorar o gerenciamento nas áreas agrícolas, especialmente no Centro-Sul do Brasil, onde os relevos são mais acidentados. Uma das aplicações é a possibilidade de

proporcionar estudos que correlacionam a altitude do terreno com fatores de produção ligados ao relevo. Para áreas planas e para utilizações mais exigentes como em projetos de sistematização de terras, drenagem, irrigação e outros, é necessária maior acurácia que esta obtida com os receptores de DGPS utilizados nos monitores de produtividade das colhedoras.

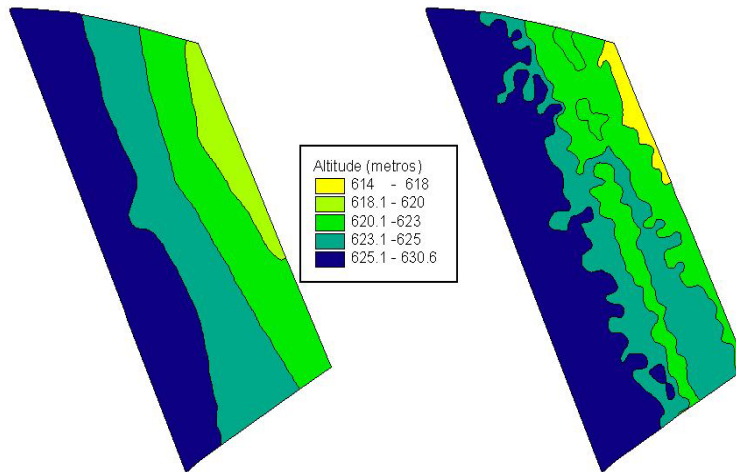


Figura 4. Representação gráfica do modelo de elevação do terreno, a esquerda de forma convencional e a direita com DGPS, simulação de três colheitas.

**CONCLUSÕES:** A sobreposição de informações de diferentes levantamentos melhoram a qualidade da informação. A confecção de mapas altimétricos através da utilização de DGPS é uma informação que tem qualidade necessária para melhorar o gerenciamento de áreas agrícolas com relevo acidentado. No entanto, para aplicações mais exigentes essa informação é pouco acurada.

**AGRADECIMENTOS:** Ao funcionário do Depto de Eng. Rural, Jesuíno Ferrari, no auxílio para a obtenção de dados de forma convencional; aos funcionários da secção agrícola da Faculdade de Zootecnia da USP, Campus Pirassununga; a Empresa Santiago & Cintra no empréstimo do receptor GPS AG 114; ao Ciagri/USP no empréstimo do receptor GPS PRO XR.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CLARK, R.L.; LEE, R. Development of topographic maps for precision farming with kinematic GPS. ASEA paper, n. 971035, Minneapolis, Minnesota, 1997.
- JOHNSEN, D.P., Selecting a DGPS for making Topography Maps. [www.ppi-far.org/ssmg](http://www.ppi-far.org/ssmg), pesquisa realizada em 24 de outubro de 2001.
- YAO, H. B.; CLARK, R.L.; Development of topographic maps for precision farming with medium accuracy GPS receiver. Applied Engineering in Agriculture, vol. 16(6), p. 629-636, St. Joseph, 2000.